

Universidad de Costa Rica

Facultad de Ingeniería Civil

Escuela de Ingeniería Civil

“Evaluación del estado actual de los acueductos Barrio Jesús arriba, Barrio Jesús abajo y Concepción, ubicados en la parte media de la cuenca del río Abangares, y propuestas para su mejoramiento”

Trabajo de Graduación

Que para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil

Presenta:

Néstor Vargas López

Directora de Proyecto de Graduación:

Ing. Paola Vidal Rivera

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

Miembros del Tribunal Asesor

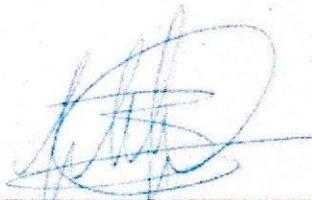


Ing. Paola Vidal Rivera

Directora de Proyecto de Graduación

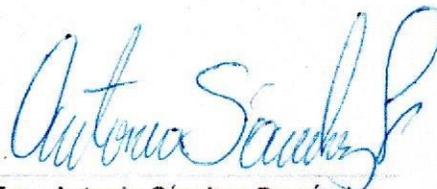


Néstor Vargas López



Ing. Freddy Bolaños Céspedes

Asesor de Proyecto de Graduación



Ing. Antonio Sánchez Fernández

Asesor de Proyecto de Graduación

Fecha: 2023, Febrero, 24

El suscrito, Néstor Vargas López, cédula 1-1681-0881, estudiante de la carrera de Licenciatura en Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica, con número de carné B57570, manifiesta que es autor del Proyecto Final de Graduación "Evaluación del estado actual de los acueductos Barrio Jesús arriba, Barrio Jesús abajo y Concepción, ubicados en la parte media de la cuenca del río Abangares, y propuestas para su mejoramiento", bajo la Dirección de la Ing. Paola Vidal Rivera, quien en consecuencia tiene derechos compartidos sobre los resultados de esta investigación. Asimismo, hago traspaso de los derechos de utilización del presente trabajo a la Universidad de Costa Rica, para fines académicos: docencia, investigación, acción social y divulgación.

Nota: De acuerdo con la Ley de Derechos de Autor y Derechos Conexos Nº 6683, Artículo 7 (versión actualizada el 02 de julio de 2001); "no podrá suprimirse el nombre del autor en las publicaciones o reproducciones, ni hacer en ellas interpolaciones, sin una conveniente distinción entre el texto original y las modificaciones o adiciones editoriales". Además, el autor conserva el derecho moral sobre la obra, Artículo 13 de esta ley, por lo que es obligatorio citar la fuente de origen cuando se utilice información contenida en esta obra.

A mi Familia, y en especial a mis padres,
quienes siempre me apoyaron.

Agradecimientos

Gracias a Dios, por este logro.

A mi padre, gracias por el apoyo, abrigo y sustento hasta el día de hoy, espero poder devolver un poco de lo recibido, gracias por siempre estar presente.

A mi madre, gracias por el apoyo, abrigo y amor incondicional, espero poder devolver un poco de lo recibido, gracias por siempre estar presente.

A mi directora, Paola Vidal, gracias por la oportunidad de desarrollar este proyecto y por todo el apoyo brindado.

A mis compañeros, Oscar Mondragón y Laura Vargas, por siempre apoyarme y estar presente en el desarrollo de mi carrera.

A los fontaneros y miembros de la ASADA, quienes me regalaron de su tiempo para ayudar a desarrollar el proyecto.

Vargas López, Nestor

Evaluación del estado actual de los acueductos Barrio Jesús arriba, Barrio Jesús abajo y Concepción, ubicados en la parte media de la cuenca del río Abangares, y propuestas para su mejoramiento.

Proyecto de Graduación – Ingeniería Civil – San José. C. R.:

N. Vargas L., 2023

xvi, 202, [45]; ils. col. – 29 refs.

RESUMEN

El presente informe abarca la evaluación del estado actual de los acueductos de Barrio Jesús Arriba, Barrio Jesús Abajo y Concepción, pertenecientes al cantón de Abangares. El mismo comprende la evaluación del estado de la infraestructura, la calidad del agua, el balance de consumo y producción de las fuentes, y administración de la ASADA respectiva.

La recolección de información se realizó mediante las visitas a los acueductos en estudio, donde se visitó la infraestructura existente y las fuentes de agua, de las cuales se tomaron muestras que fueron analizadas en el Laboratorio de Ambiental del departamento de Ingeniería de la Universidad de Costa Rica, además de esto, también se realizó un levantamiento de la tubería de conducción y distribución de cada acueducto, y se realizaron reuniones con miembros de cada ASADA, con el fin de indagar sobre la administración de estas.

Utilizando los datos recopilados, se lleva a cabo un análisis para evaluar la gestión del recurso hídrico destinado al suministro de agua potable, del cual se identifican las principales fortalezas y debilidades de los sistemas de los acueductos en estudio, y se proponen mejoras a corto, mediano y largo plazo, que permitan mejorar la eficiencia del sistema.

Los acueductos en estudio presentaron deficiencias similares, los principales problemas se deben al poco o nulo conocimiento sobre el manejo de un acueducto por parte de los miembros de la ASADA, además de ello, se presentan altos niveles de hierro en el agua de las fuentes de cada acueducto. Se determina que los acueductos en estudio poseen el suficiente recurso hídrico para abastecer a sus habitantes, tanto actualmente, como a futuro a 25 años.

Los sistemas de suministro de agua potable en las comunidades pequeñas no generan suficientes ingresos para financiar cambios significativos o mejoras costosas, y las opciones de préstamo son limitadas. En consecuencia, se necesita un mayor respaldo financiero y logístico por parte de las entidades gubernamentales.

EVALUACIÓN, ACUEDUCTO, BARRIO JESÚS ARRIBA, BARRIO JESÚS ABAJO, CONCEPCIÓN, ABANGARES, ASADAS, BALANCE HIDRICO, CALIDAD DEL AGUA.

Ing. Paola Vidal Rivera.

Escuela de Ingeniería Civil.

Índice

1. Capítulo 1: Introducción.....	1
1.1. Justificación.....	1
1.1.1. Problema específico.....	1
1.1.2. Importancia.....	2
1.2. Objetivos.....	2
1.2.1. Objetivo general.....	2
1.2.2. Objetivos específicos.....	2
1.3. Marco Teórico.....	3
1.3.1. Métodos de Proyección Poblacional.....	3
1.3.2. Dotación.....	5
1.3.3. Caudales de Diseño.....	6
1.3.4. Volúmenes de Diseño.....	8
1.3.5. Herramientas Tecnológicas.....	10
1.3.6. Índices de Calidad de Agua.....	12
1.3.7. Consecuencias de altos niveles de Dureza en el Agua.....	14
1.4. Marco legal.....	14
1.4.1. Reglamento para la Calidad del Agua Potable.....	14
1.4.2. Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de agua potable, de Saneamiento y Pluvial.....	15
1.4.3. Reglamentación nacional de ASADAS.....	15
1.4.4. Reglamentación nacional de protección contra incendios.....	15
1.4.5. Áreas de protección.....	15
1.5. Delimitación del problema.....	16
1.5.1. Alcance.....	16

1.5.2.	Limitaciones.....	17
1.6.	Metodología a utilizar	19
1.6.1.	Etapa 1: Investigación preliminar.....	19
1.6.2.	Etapa 2: Recolección de datos	20
1.6.3.	Etapa 3: Procesamiento de datos.....	20
1.6.4.	Etapa 4: Análisis de los resultados	21
2.	Capítulo 2: Aspectos generales de la zona de estudio	23
2.1.	Ubicación	23
2.2.	Clima	24
2.3.	Características socio-económicas.....	24
3.	Capítulo 3: Demanda del servicio hídrico	26
3.1.	Población abastecida y proyección.....	26
3.2.	Cálculo de Dotación.....	29
3.2.1.	Barrio Jesús Arriba.....	29
3.2.2.	Barrio Jesús Abajo.....	32
3.2.3.	Concepción	36
3.3.	Cálculo de la Demanda y Disponibilidad Hídrica	39
3.3.1.	Barrio Jesús Arriba.....	39
3.3.2.	Barrio Jesús Abajo.....	45
3.3.3.	Concepción	50
4.	Capítulo 4: Estado actual de la infraestructura	61
4.1.	Descripción de infraestructura existente.....	61
4.1.1.	Barrio Jesús Arriba.....	61
4.1.2.	Barrio Jesús Abajo.....	71
4.1.3.	Concepción	81
4.2.	Evaluación de la infraestructura existente.....	92

4.2.1.	Barrio Jesús Arriba.....	93
4.2.2.	Barrio Jesús Abajo.....	96
4.2.3.	Concepción	100
5.	Capítulo 5: Caracterización de la calidad del agua.....	105
5.1.	Resultados de pruebas de laboratorio	105
5.1.1.	Barrio Jesús Arriba.....	105
5.1.2.	Barrio Jesús Abajo.....	109
5.1.3.	Concepción	113
5.2.	Evaluación del riesgo de la calidad del agua	118
6.	Capítulo 6: Gestión administrativa.....	120
6.1.	Condición administrativa actual	120
6.1.1.	Barrio Jesús Arriba.....	120
6.1.2.	Barrio Jesús Abajo.....	125
6.1.3.	Concepción	133
7.	Capítulo 7: Recomendaciones de mejora para los acueductos.....	142
7.1.	Mejoras Generales	142
7.1.1.	Corto Plazo	142
7.1.2.	Mediano Plazo.....	143
7.1.3.	Largo Plazo.....	148
7.1.4.	Resumen de mejoras generales	150
7.2.	Mejoras Especificas	150
7.2.1.	Barrio Jesús Arriba.....	150
7.2.2.	Barrio Jesús Abajo.....	163
7.2.3.	Concepción	166
8.	Capítulo 8: Conclusiones y Recomendaciones.....	178
8.1.	Conclusiones Generales	178

8.2.	Conclusiones Especificas.....	179
8.2.1.	Barrio Jesús Arriba.....	179
8.2.2.	Barrio Jesús Abajo.....	184
8.2.3.	Concepción	188
8.3.	Recomendaciones Generales.....	193
8.4.	Recomendaciones Especificas.....	195
8.4.1.	Barrio Jesús Arriba.....	195
8.4.2.	Barrio Jesús Abajo	196
8.4.3.	Concepción	196
9.	Bibliografía.....	197
10.	Anexos	202

Índice de Figuras

Figura 1.	Metodología – GIRA.....	11
Figura 2.	Índices de Calidad de Agua – I.....	12
Figura 3.	Índices de Calidad de Agua – II.....	13
Figura 4.	Nivel de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano	13
Figura 5.	Metodología a seguir para el desarrollo del proyecto	19
Figura 6.	Mapa de Ubicación Zona de Estudio.....	23
Figura 7.	Distribución de Población	24
Figura 8.	Proyección Poblacional por método – Barrio Jesús Arriba	27
Figura 9.	Proyección Poblacional por método – Barrio Jesús Abajo	28
Figura 10.	Proyección Poblacional por método – Concepción.....	28
Figura 11.	Curva de Consumo – Barrio Jesús Arriba	30
Figura 12.	Curva de consumo – Barrio Jesús Abajo	34
Figura 13.	Curva de Consumo – Concepción	37
Figura 14.	Tanque de almacenamiento lleno.....	40
Figura 15.	Rebalse del Tanque de Almacenamiento.....	40
Figura 16.	Acueducto de Barrio Jesús Arriba	62

Figura 17. Naciente - Barrio Jesús Arriba.....	64
Figura 18. Interior Naciente – Barrio Jesús Arriba	64
Figura 19. Área de protección naciente – Barrio Jesús Arriba	65
Figura 20. Tanque de almacenamiento - Barrio Jesús Arriba	67
Figura 21. Fugas Tanque de almacenamiento - Barrio Jesús Arriba.....	67
Figura 22. Tanque de Almacenamiento Viejo – Barrio Jesús Arriba	68
Figura 23. Tramo de tubería expuesta – Barrio Jesús Arriba.....	70
Figura 24. Acueducto de Barrio Jesús Abajo	72
Figura 25. Pozo – Barrio Jesús Abajo	74
Figura 26. Área de protección Pozo – Barrio Jesús Abajo	75
Figura 27. Tanque de Almacenamiento Barrio Jesús Abajo.....	77
Figura 28. Tanque Viejo – Barrio Jesús Abajo	78
Figura 29. Clorador – Barrio Jesús Abajo.....	78
Figura 30. Macromedidor - Barrio Jesús Abajo	79
Figura 31. Tubería Expuesta Barrio Jesús Abajo	80
Figura 32. Acueducto de Concepción.....	81
Figura 33. Pozo 1 – Concepción.....	83
Figura 34. Pozo 2 – Concepción.....	84
Figura 35. Área de protección Pozo 1 – Concepción.....	85
Figura 36. Área de protección pozo 2 – Concepción.....	85
Figura 37. Croquis de Pozos.....	88
Figura 38. Tanques existentes – Concepción.....	89
Figura 39. Tanque de Almacenamiento en Uso – Concepción	90
Figura 40. Clorador – Concepción	91
Figura 41. Resultado del análisis por vulnerabilidad para el acueducto de Barrio Jesús Arriba	125
Figura 42. Vulnerabilidad Barrio Jesús Arriba	125
Figura 43. ASADA – Barrio Jesús Abajo	126
Figura 44. Resultado del análisis por vulnerabilidad y amenaza para el acueducto de Barrio Jesús Abajo	133
Figura 45. Vulnerabilidad Barrio Jesús Abajo.....	133
Figura 46. ASADA - Concepción	134

Figura 47. Resultado del análisis por vulnerabilidad para el acueducto de Concepción	141
Figura 48. Vulnerabilidad Concepción.....	141
Figura 49. Comparación de ubicación de las comunidades	151
Figura 50. Partes del Clorador	156
Figura 51. Métodos de Remoción de la dureza	171

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Porcentaje del Volumen Máximo Diario, para la estimación del Volumen de Almacenamiento	9
Cuadro 2. Principales actividades económicas y productivas de Abangar	25
Cuadro 3. Cantidad de previstas, fuentes y tipo de sistema de abastecimiento	26
Cuadro 4. Datos del INEC	26
Cuadro 5. Población actual según datos del INEC.....	26
Cuadro 6. Población con proyección a 25 años.....	29
Cuadro 7. Datos ChronoFlo – Barrio Jesús Arriba	30
Cuadro 8. Comparación de consumos entre comunidades.....	31
Cuadro 9. Comparación Caudal promedio diario – Barrio Jesús Arriba	31
Cuadro 10. Comparación Dotaciones – Barrio Jesús Arriba.....	32
Cuadro 11. Datos de Consumo – Barrio Jesús Abajo.....	32
Cuadro 12. Cálculo de Agua No Contabilizada	33
Cuadro 13. Dotación – Barrio Jesús Abajo	33
Cuadro 14. Datos ChronoFlo – Barrio Jesús Abajo	35
Cuadro 15. Comparación de Consumos – Barrio Jesús Abajo.....	35
Cuadro 16. Comparación Caudal promedio diario – Barrio Jesús Abajo.....	35
Cuadro 17. Datos de Consumo - Concepción	36
Cuadro 18. Dotación – Concepción	37
Cuadro 19. Datos ChronoFlo 2 - Concepción	38
Cuadro 20. Comparación Consumos – Concepción	38
Cuadro 21. Comparación Caudal Promedio Diario - Concepción	39
Cuadro 22. Datos aforo.....	41
Cuadro 23. Aforo – Barrio Jesús Arriba.....	41
Cuadro 24. Caudales de Diseño – Situación actual – Barrio Jesús Arriba.....	42

Cuadro 25. Volúmenes de Almacenamiento – Situación Actual – Barrio Jesús Arriba	42
Cuadro 26. Balance Hídrico – Situación Actual – Barrio Jesús Arriba	43
Cuadro 27. Caudales de Diseño – Situación a 25 años – Barrio Jesús Arriba	44
Cuadro 28. Volúmenes de Almacenamiento – Situación a 25 años – Barrio Jesús Arriba	44
Cuadro 29. Balance Hídrico – Situación a 25 años – Barrio Jesús Arriba	44
Cuadro 30. Características de la prueba de bombeo – Barrio Jesús Abajo.....	45
Cuadro 31. Datos base cálculo de la demanda hídrica – Situación Actual - Barrio Jesús Abajo	46
Cuadro 32. Caudales de Diseño – Situación Actual – Barrio Jesús Abajo.....	46
Cuadro 33. Volúmenes – Situación Actual – Barrio Jesús Abajo	47
Cuadro 34. Caudal proporcionado por tanque existente – Barrio Jesús Abajo	47
Cuadro 35. Balance Hídrico – Situación Actual – Barrio Jesús Abajo.....	48
Cuadro 36. Datos base cálculo de la demanda hídrica – Situación a 25 años - Barrio Jesús Abajo	48
Cuadro 37. Caudales de Diseño – Situación a 25 años – Barrio Jesús Abajo.....	49
Cuadro 38. Volúmenes – Situación a 25 años – Barrio Jesús Abajo	49
Cuadro 39. Balance Hídrico – Situación a 25 años – Barrio Jesús Abajo.....	50
Cuadro 40. Datos base para cálculo de la demanda hídrica – Dotación Bruta – Situación Actual - Concepción.....	51
Cuadro 41. Caudales de Diseño – Dotación Bruta – Situación Actual – Concepción.....	51
Cuadro 42. Volúmenes – Dotación Bruta – Situación Actual – Concepción	52
Cuadro 43. Caudal proporcionado por tanque existente – Concepción.....	52
Cuadro 44. Balance Hídrico – Dotación Bruta – Situación Actual – Concepción.....	52
Cuadro 45. Caudales de Diseño – ChronoFlo 2 – Situación Actual - Concepción	53
Cuadro 46. Dotación – ChronoFlo 2 – Situación Actual - Concepción	54
Cuadro 47. Volúmenes – ChronoFlo 2 – Situación Actual - Concepción.....	54
Cuadro 48. Balance Hídrico – ChronoFlo 2 – Situación Actual - Concepción	55
Cuadro 49. Datos base para cálculo de demanda hídrica – Dotación Teórica – Situación Actual - Concepción.....	55
Cuadro 50. Caudales de Diseño – Dotación Teórica – Situación Actual – Concepción	56
Cuadro 51. Volúmenes – Dotación Teórica – Situación Actual – Concepción	56
Cuadro 52. Balance Hídrico – Dotación Teórica – Situación Actual – Concepción	57

Cuadro 53. Comparación de Dotaciones	58
Cuadro 54. Datos base para cálculo de demanda hídrica – Dotación Teórica – Situación a 25 años - Concepción.....	59
Cuadro 55. Caudales de Diseño – Dotación Teórica – Situación a 25 años – Concepción.....	59
Cuadro 56. Volúmenes – Dotación Teórica – Situación Actual – Concepción	60
Cuadro 57. Balance Hídrico – Dotación Bruta – Situación a 25 años – Concepción	60
Cuadro 58. Información del tanque de almacenamiento – Barrio Jesús Arriba.....	66
Cuadro 59. Información tanque viejo – Barrio Jesús Arriba	68
Cuadro 60. Información tubería de Conducción – Barrio Jesús Arriba.....	69
Cuadro 61. Velocidad en Tubería de Conducción – Barrio Jesús Arriba	69
Cuadro 62. Información tubería Distribución – Barrio Jesús Arriba	70
Cuadro 63. Velocidad en Tubería de Distribución – Barrio Jesús Arriba.....	70
Cuadro 64. Datos del sistema de Bombeo – Barrio Jesús Abajo	76
Cuadro 65. Análisis del sistema de bombeo actual – Barrio Jesús Abajo	76
Cuadro 66. Información tubería de Distribución – Barrio Jesús Abajo.....	79
Cuadro 67. Velocidad en Tubería de Distribución – Barrio Jesús Abajo	80
Cuadro 68. Datos del sistema de Bombeo – Concepción	86
Cuadro 69. Análisis del sistema de bombeo actual	87
Cuadro 70. Dimensiones del tanque de almacenamiento - Concepción.....	89
Cuadro 71. Dimensiones tanque viejo - Concepción	90
Cuadro 72. Información tubería – Concepción	91
Cuadro 73. Velocidades en tubería de distribución - Concepción.....	92
Cuadro 74. Evaluación de Naciente – Barrio Jesús Arriba	93
Cuadro 75. Evaluación de Tanque de Almacenamiento – Barrio Jesús Arriba	94
Cuadro 76. Evaluación de Líneas de Conducción y Distribución – Barrio Jesús Arriba.....	95
Cuadro 77. Vulnerabilidad de la Infraestructura – Barrio Jesús Arriba	95
Cuadro 78. Evaluación Pozo – Barrio Jesús Abajo.....	97
Cuadro 79. Evaluación de Tanque de Almacenamiento – Barrio Jesús Abajo.....	98
Cuadro 80. Evaluación de Tubería de Conducción y Distribución – Barrio Jesús Abajo	99
Cuadro 81. Vulnerabilidad de la Infraestructura – Barrio Jesús Abajo.....	100
Cuadro 82. Evaluación Pozo 1 - Concepción.....	101
Cuadro 83. Evaluación Pozo 2 - Concepción.....	101

Cuadro 84. Evaluación del Tanque de Almacenamiento - Concepción.....	102
Cuadro 85. Evaluación de Tubería de Conducción y Distribución.....	103
Cuadro 86. Vulnerabilidad de la Infraestructura - Concepción.....	104
Cuadro 87. Control Operativo – Barrio Jesús Arriba	106
Cuadro 88. Nivel Primero – Barrio Jesús Arriba	107
Cuadro 89. Nivel Segundo – Barrio Jesús Arriba	108
Cuadro 90. Nivel Tercero – Barrio Jesús Arriba	108
Cuadro 91. Nivel Cuarto – Barrio Jesús Arriba.....	109
Cuadro 92. Parámetros viejos del Control Operativo – Barrio Jesús Abajo	109
Cuadro 93. Parámetros viejos del Nivel Primero – Barrio Jesús Abajo.....	110
Cuadro 94. Control Operativo – Barrio Jesús Abajo	111
Cuadro 95. Nivel Primero – Barrio Jesús Abajo.....	112
Cuadro 96. Nivel Segundo – Barrio Jesús Abajo	112
Cuadro 97. Nivel Tercero – Barrio Jesús Abajo.....	113
Cuadro 98. Nivel Cuarto – Barrio Jesús Arriba.....	113
Cuadro 99. Control Operativo - Concepción	114
Cuadro 100. Nivel Primero - Concepción.....	116
Cuadro 101. Nivel Segundo – Concepción.....	117
Cuadro 102. Nivel Tercero - Concepción.....	117
Cuadro 103. Nivel Cuarto - Concepción	118
Cuadro 104. Resumen del Índice de Riesgo para la Calidad del agua	119
Cuadro 105. Vulnerabilidad Operativa – Barrio Jesús Arriba	122
Cuadro 106. Vulnerabilidad Administrativa – Barrio Jesús Arriba.....	123
Cuadro 107. Vulnerabilidad Sanitaria – Barrio Jesús Arriba.....	124
Cuadro 108. Análisis económico	127
Cuadro 109. Tarifa de consumo.....	127
Cuadro 110. Vulnerabilidad Operativa – Barrio Jesús Abajo.....	130
Cuadro 111. Vulnerabilidad Administrativa – Barrio Jesús Abajo	131
Cuadro 112. Vulnerabilidad Sanitaria – Barrio Jesús Abajo	132
Cuadro 113. Análisis económico – Concepción	135
Cuadro 114. Tarifa de consumo – Concepción	135
Cuadro 115. Vulnerabilidad Operativa – Concepción.....	138

Cuadro 116. Vulnerabilidad Administrativa – Concepción	139
Cuadro 117. Vulnerabilidad Sanitaria - Concepción	140
Cuadro 118. Concentración de Hierro por comunidad	143
Cuadro 119. Eficiencia y condición de uso de los métodos de remoción del Hierro	144
Cuadro 120. Ventajas y desventajas de los métodos de remoción del Hierro (I).....	145
Cuadro 121. Ventajas y desventajas de los métodos de remoción del Hierro (II)	146
Cuadro 122. Costo y usos de los métodos de remoción del Hierro	147
Cuadro 123. Cuadro Resumen de Mejoras Generales.....	150
Cuadro 124. Presupuesto Micro-medición	153
Cuadro 125. Presupuestos de materiales de Clorador por pastilla	155
Cuadro 126. Presupuesto Herramientas	155
Cuadro 127. Sistema de Cloración por pastilla.....	156
Cuadro 128. Medidor de Cloro	157
Cuadro 129. Análisis de calidad del agua.....	158
Cuadro 130. Tubería de Rebalse, Limpieza y Señalización	159
Cuadro 131. Cerramiento perimetral, acera y desagüe de nacimiento – Barrio Jesús Arriba...	159
Cuadro 132. Cerramiento perimetral, acera y desagüe del tanque de almacenamiento – Barrio Jesús Abajo	161
Cuadro 133. Presupuesto de materiales para reparación de fugas	162
Cuadro 134. Costo de nueva tubería de distribución	162
Cuadro 135. Resumen de mejoras específicas – Barrio Jesús Arriba.....	163
Cuadro 136. Bomba de repuesto	165
Cuadro 137. Presupuesto Tanque de Almacenamiento de 15 m ³	165
Cuadro 138. Resumen de mejoras específicas – Barrio Jesús Abajo	166
Cuadro 139. Costo de prueba de Bombeo	166
Cuadro 140. Análisis de calidad del agua - Concepción	167
Cuadro 141. Cerramiento perimetral, acera y desagüe del Tanque de almacenamiento - Concepción.....	168
Cuadro 142. Costo de pintura impermeabilizante	169
Cuadro 143. Sistema de Computo.....	169
Cuadro 144. Bomba de repuesto	170
Cuadro 145. Cerramiento perimetral del pozo 1	170

Cuadro 146. Ventajas y limitantes del Intercambio iónico	172
Cuadro 147. Ventajas y limitantes de la Ósmosis inversas.....	173
Cuadro 148. Ventajas y limitantes del Ablandamiento Químico.....	174
Cuadro 149. Comparación entre Intercambio Iónico y Osmosis Inversa	175
Cuadro 150. Presupuesto Tanque de almacenamiento de 20 m ³	176
Cuadro 151. Costo de nueva tubería de distribución – Concepción.....	177
Cuadro 152. Resumen de mejoras específicas – Concepción	177

1. Capítulo 1: Introducción

Evaluación del estado actual de los acueductos Barrio Jesús arriba, Barrio Jesús abajo y Concepción, ubicados en la parte media de la cuenca del río Abangares, y propuestas para su mejoramiento.

1.1. Justificación

1.1.1. Problema específico

Durante el pasar de los años la zona de Abangares se ha caracterizado por ser un sector agrícola, minero y ganadero, siendo estas actividades la principal fuente de ingresos económicos de la mayoría de familias de la zona, no obstante, dichas actividades han afectado negativamente las fuentes de abastecimiento hídrico de las comunidades, esto debido a un mal uso de productos agroquímicos utilizados comúnmente en el sector agrícola, los cuales dañan los suelos y sus desperdicios no son tratados correctamente, terminando comúnmente en los ríos de las comunidades, asimismo, la utilización de productos químicos en las actividades mineras de la zona y los desperdicios generados por la ganadería, contaminan en gran medida tanto suelos como ríos de las comunidades de Abangares. (Municipalidad de Abangares, 2012)

La zona de Abangares presenta una estación seca y lluviosa bien definida durante el año, las cuales, según el Instituto Meteorológico Nacional, se encuentra entre Noviembre y Abril, es importante aclarar que el cantón de Abangares y en general la provincia de Guanacaste, presentan estaciones secas bien pronunciadas, lo cual repercute negativamente en la disponibilidad de agua en las fuentes de abastecimiento de las comunidades en estudio, pudiendo provocar un posible faltante de agua durante dicha época.

Asimismo, el estado de los acueductos de Barrio Jesús Arriba, Barrio Jesús Abajo y Concepción, tanto en materia administrativa, como en infraestructura, puede impedir el correcto abastecimiento de los habitantes de dichas comunidades. Cabe destacar que las comunidades son pequeñas y poseen pocos recursos, lo cual dificulta realizar mejoras del sistema de abastecimiento, además de ello, las comunidades cuentan con escasa o ninguna información sobre la calidad del recurso hídrico, por lo tanto, se pone en riesgo la salud de los habitantes. Por último, en los tres acueductos en estudio, tanto el tanque de almacenamiento, como las fuentes de abastecimiento, se encuentran en propiedad privada, lo cual dificulta el poder realizar mejoras del sistema.

Es por esto que se destaca la importancia del desarrollo de un análisis de los acueductos de las comunidades de Barrio Jesús Arriba, Barrio Jesús Abajo y Concepción, de manera que se pueda tener certeza de la calidad del recurso hídrico, así como de las medidas que se recomienda seguir para lograr un adecuado abastecimiento de los habitantes y además una apropiada protección de las fuentes de abastecimiento.

1.1.2. Importancia

El agua es un recurso de vital importancia en la vida de las personas, dado que este es fundamental para el desarrollo económico y social de las comunidades, además de que es un derecho constitucional de todo ser humano el poder tener acceso al agua potable, es por ello que las organizaciones que administran dicho recurso deben velar por el cuidado de las fuentes hídricas así como por la infraestructura de los acueductos, de tal modo que se proteja dicho recurso de cualquier contaminante exterior, además de que se garantice tanto la calidad del producto como el abastecimiento de las comunidades.

Para ello el trabajo que se pretende realizar, permitirá conocer las condiciones de los acueductos de las comunidades de Barrio Jesús Arriba, Barrio Jesús Abajo y Concepción, de manera que se pueda evaluar tanto la parte administrativa del acueducto como su infraestructura, así como la disponibilidad de recurso hídrico aprovechado, permitiendo determinar recomendaciones con el fin de que se utilice como insumo por las comunidades, para la toma de decisiones con respecto a la mejora del servicio brindado a la población.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Efectuar una evaluación del estado actual de los acueductos Barrio Jesús Arriba, Barrio Jesús Abajo y Concepción, ubicados en la parte media de la cuenca del río Abangares.

1.2.2. Objetivos específicos

- Evaluar la disponibilidad del agua en cantidad y calidad en las fuentes, sistemas de almacenamiento y en la red de distribución de los acueductos en estudio, mediante las normas establecidas en el "Reglamento para la Calidad del Agua Potable".
- Determinar el estado actual de la infraestructura existente en los acueductos en estudio, mediante pruebas de campo y análisis visual.
- Examinar las medidas implementadas en la planificación y mantenimiento de los acueductos, aplicadas por sus organizaciones administrativas.

- Recomendar posibles mejoras para los acueductos, tanto en infraestructura como en temas administrativos.

1.3. Marco Teórico

1.3.1. Métodos de Proyección Poblacional

Según López Cualla (2010) en su libro Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados, la determinación del número de habitantes para los cuales ha de diseñarse el acueducto es un parámetro básico en el cálculo del caudal de diseño para la comunidad, para lo cual se utilizan algunos de los siguientes métodos para la estimación de la población futura.

1.3.1.1. Crecimiento lineal

Si el aumento de la población es constante e independiente del tamaño de esta, el crecimiento es lineal. Con templando que P es población y T es tiempo, se tiene lo siguiente:

$$k_a = \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}} \quad (1)$$

en donde:

k_a = pendiente de la recta

P_{uc} = población de último censo

T_{uc} = año del último censo

P_{ci} = población del censo inicial

T_{ci} = año del censo inicial

Además, se puede tomar un k_a promedio entre los censos o un k_a entre el primer censo y el último censo disponible, dado ello, se tiene que:

$$P_f = P_{uc} + k_a * (T_f - T_{uc}) \quad (2)$$

Donde:

P_f = población proyectada

T_f = año de la población proyectada

El método de proyección lineal es un método completamente teórico y rara vez se da el caso de que una población presente este tipo de crecimiento.

1.3.1.2. Crecimiento geométrico

El crecimiento será geométrico si el aumento de población es proporcional al tamaño de ésta. En este caso, el patrón de crecimiento es el mismo que el del interés compuesto, el cual se expresa así:

$$P_f = P_{uc} * \quad (3)$$

Donde:

r = tasa de crecimiento anual

P_f = población proyectada

T_f = año de la población proyectada

P_{uc} = población de último censo

T_{uc} = año del último censo

1.3.1.3. Crecimiento logarítmico

El método implica que la población tiene un crecimiento exponencial. Con respecto a la tasa de crecimiento a utilizar (k_g), se determina entre cada censo con la siguiente ecuación:

$$k_g = \ln(P_{cp}) - \ln \quad (4)$$

Donde:

P_{cp} : Población del censo posterior

P_{ca} : Población del censo anterior

T_{cp} : Año del censo posterior

T_{ca} : Año del censo anterior

Seguidamente, se debe calcular una tasa de crecimiento promedio (k'_g), por ultimo la población proyectada se obtiene de la siguiente ecuación:

$$P_f = P_{ci} * e^{k'_g * (T_f - T_{ci})} \quad (5)$$

Donde:

P_f : Población proyectada

P_{ci} : Población base

k'_g : Tasa de crecimiento promedio

T_f : Año de proyección

T_{ci} : Año base

1.3.2. Dotación

1.3.2.1. Dotación Neta

La dotación neta se define como la cantidad mínima de agua requerida para satisfacer las necesidades de una población o un habitante en un determinado tiempo, esta puede ser expresada en términos de litros por habitante por día. La dotación neta no contempla las pérdidas que ocurran en el sistema de acueducto (agua no contabilizada). (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2021)

Cuando se tengan datos de los patrones de consumos y demandas de la localidad en estudio, se utilizarán los datos reales de los usuarios para estimar la dotación neta del acueducto. En aquellos acueductos existentes que dispongan de medición, debe solicitarse a la ASADA un registro del consumo de una muestra representativa de viviendas durante un año, para verificar la dotación real del sistema.

$$D_{neta} \left(\frac{l}{hab.* día} \right) = \frac{Consumo promedio \left(\frac{m^3}{vivienda * mes} \right) * 1000 \left(\frac{l}{m^3} \right)}{\left(\frac{30 días}{mes} \right) * Hacinamiento \left(\frac{hab.}{vivienda} \right)} \quad (6)$$

1.3.2.2. Agua no Contabilizada

Cuando se determine la dotación neta de una población específica mediante registros por micromedición (consumos que ingresan efectivamente a los domicilios), es necesario adicionar el gasto de agua debido al agua no contabilizada. (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2021)

El agua no contabilizada corresponde a la suma de las pérdidas de agua que se generan en fugas detectables o no. Las pérdidas pueden ser en líneas de conducción y redes de distribución, reboses o infiltraciones en los tanques de almacenamiento y quiebra gradiente, pérdida de agua por conexiones fraudulentas, errores en la medición de los micromedidores, entre otras causas que generan la no facturación del agua.

Cuando no se disponga de elementos de macromedición y micromedición que permitan estimar los índices o porcentajes reales de agua no contabilizada, al consumo por casa debe agregársele como mínimo un 30% más por agua no contabilizada.

1.3.2.3. Dotación Bruta

La dotación bruta es la cantidad máxima de agua requerida para satisfacer las necesidades de una población o un habitante en un determinado tiempo, considerando en su cálculo las pérdidas por agua no contabilizada que ocurran en el sistema. (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2021)

$$D_{bruta} \left(\frac{l}{hab.* día} \right) = \frac{D_{neta} \left(\frac{l}{hab.* día} \right)}{\left(1 - \frac{ANC(\%)}{100} \right)} \quad (7)$$

1.3.3. Caudales de Diseño

1.3.3.1. Caudal promedio

Según López Cualla, es el caudal promedio obtenido de un año de registros y es la base para la estimación del caudal máximo diario y máximo horario. El mismo se obtiene de la siguiente expresión:

$$QPD \left(\frac{l}{s} \right) = \frac{D_{bruta} \left(\frac{l}{hab * día} \right) * Pd(hab)}{86400 \left(\frac{s}{día} \right)} \quad (8)$$

Donde:

QPD = Caudal Promedio Diario

D_{bruta} = Dotación bruta

P_d = Población de diseño

1.3.3.2. Caudal máximo diario

Corresponde a la máxima demanda que se presenta en un día del año, es decir, representa el día de mayor consumo en el año y se estima según la siguiente ecuación (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2021):

$$QDM = QPD * FMD \quad (9)$$

Donde:

QMD = Caudal Máximo Diario

QPD = Caudal Promedio Diario

FMD = Factor Máximo Diario

1.3.3.3. Caudal máximo horario

Corresponde a la demanda máxima que se presenta en una hora durante un año, sin considerar el caudal de incendio. Se estima según la siguiente ecuación (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2021):

$$QMH = QMD * FMH \quad (10)$$

Donde:

QMH = Caudal Máximo Horario

QMD = Caudal Máximo Diario

FMH = Factor Máximo Horario con relación al Máximo Diario

1.3.4. Volúmenes de Diseño

1.3.4.1. Tanque de Almacenamiento para sistemas por gravedad

- Volumen de regulación

Se debe determinar mediante la utilización de curvas de consumo reales, no obstante, cuando no se disponga de la información de la curva de consumo y si el caudal de alimentación del tanque es constante, se debe aplicar un equivalente al 14 % del volumen máximo diario en el periodo de diseño y para el sector a abastecer a partir del tanque de almacenamiento.

$$V_{reg}(m^3) = \frac{QMD \left(\frac{l}{s}\right) * 86400 \left(\frac{s}{día}\right) * 1 \frac{(día) * 14\%}{100}}{1000 \left(\frac{l}{m^3}\right)} \quad (11)$$

Donde:

V_{reg} : Volumen de regulación

QMD = Caudal Máximo Diario

- Volumen de reserva por interrupciones

Para el volumen de reserva por interrupciones, se debe considerar mínimo un periodo de 4 horas del caudal máximo diario del periodo de diseño.

$$V_f(m^3) = \frac{QMD \left(\frac{l}{s}\right) * 86400 \frac{\left(\frac{s}{día}\right) * 1}{6} (día)}{1000 \left(\frac{l}{m^3}\right)} \quad (12)$$

Donde:

$V_{int.}$: Volumen diario de reserva por interrupciones

QMD = Caudal Máximo Diario

- Volumen de reserva para incendios

El volumen de reserva para incendios ($V_{inc.}$) solo se estima en aquellos casos en los cuales el tanque de almacenamiento abastezca algún hidrante.

- Volumen Total de almacenamiento

$$V_{alm.}(m^3) = V_{reg}(m^3) + V_{inc.}(m^3) + V_f.(m^3) \quad (13)$$

Donde:

$V_{alm.}$: Volumen de almacenamiento

$V_{reg.}$: Volumen de regulación

$V_{inc.}$: Volumen de reserva para incendios

$V_{int.}$: Volumen diario de reserva por interrupciones

1.3.4.2. Tanque de Almacenamiento para sistemas por Bombeo

- Volumen de regulación – sistemas por bombeo

Se debe determinar mediante la utilización de curvas de consumo, no obstante, en caso de no contar con dicha información, el AyA establece porcentajes determinados mediante una curva de consumo general, en la cual se establece una condición de dos periodos de bombeo, separados uniformemente a lo largo del día. En el Cuadro 1. Porcentaje del Volumen Máximo Diario, para la estimación del Volumen de Almacenamiento se detalla el porcentaje del volumen máximo diario a utilizar según la cantidad de horas que se bombea.

Cuadro 1. Porcentaje del Volumen Máximo Diario, para la estimación del Volumen de Almacenamiento

Período de Bombeo (Horas de Bombeo)	Porcentaje del Volumen Máximo Diario (%)
	2 periodos iguales distribuidos simétricamente en el día
1 – 2	95
3 – 5	59
6 – 8	46
9 – 11	38
12 – 14	34
15 – 17	27
18 – 20	20
21 – 24	14

Fuente: (Acueductos y Alcantarillados (AyA), 2020)

$$V_{reg}(m^3) = \frac{QMD \left(\frac{l}{s}\right) * 86400 \left(\frac{s}{día}\right) * 1 \frac{(día) * VMD\%}{100}}{1000 \left(\frac{l}{m^3}\right)} \quad (14)$$

- Volumen de reserva para incendios - sistemas de bombeo

El volumen de reserva para incendios ($V_{inc.}$) solo se estima en aquellos casos en los cuales el tanque de almacenamiento abastezca algún hidrante.

- Volumen Total de almacenamiento

$$V_{alm.}(m^3) = V_{reg}(m^3) + V_{inc.}(m^3) \quad (15)$$

Donde:

$V_{alm.}$: Volumen de almacenamiento

$V_{reg.}$: Volumen de regulación

$V_{inc.}$: Volumen de reserva para incendios

1.3.5. Herramientas Tecnológicas

1.3.5.1. Gestión Integral de Riesgos de Asadas (GIRA)

La herramienta GIRA, tiene como fin, el análisis de vulnerabilidades, la identificación, valoración, administración y comunicación de los riesgos que pueden afectar la prestación de servicios que brinda la ASADA, así como desarrollar los mecanismos de respuesta y recuperación ante los impactos (Paniagua Alfaro & Rodriguez Alfaro, 2019).

❖ Metodología Utilizada

La herramienta GIRA utiliza una metodología que analiza las necesidades de la ASADA para elaborar planes de acción en materia de gestión de riesgos. En la Figura 1 se puede observar la metodología utilizada en dicha herramienta.



Figura 1. Metodología – GIRA

Fuente: (Paniagua Alfaro & Rodríguez Alfaro, 2019)

La metodología de la herramienta GIRA se detalla a continuación:

1. Caracterización del sistema: Se realiza una descripción detallada de los componentes de infraestructura de la ASADA y un mapa que grafica su distribución y ubicación en el entorno natural y de la comunidad
2. Análisis de vulnerabilidades: se procede una autoevaluación de los diferentes aspectos que debe velar la ASADA, dentro de cuatro categorías: sanitaria, administrativa, operativa y de infraestructura.
3. Análisis de amenazas de la cuenca: Se identifica la existencia de amenazas, la probabilidad de afectación sobre las subcuencas donde se ubica la ASADA y el nivel de consecuencia de estas amenazas sobre los componentes de la infraestructura y servicios de agua. Además, se evalúa el grado de preparación ante una emergencia que tiene la ASADA.
4. Valoración del riesgo y prioridades: Se consolidan los resultados de los análisis anteriores, para luego valorar según la probabilidad y la consecuencia de cada situación, el nivel de riesgo que representa para la ASADA. Según este resultado se priorizan las medidas correctivas y preventivas que integrarán el plan de gestión de riesgos.
5. Administración de riesgos: Se define una ruta de acción para cada medida correctiva y preventiva, que detalle los montos de inversión, las fuentes de financiamiento, fechas y responsables. Además, se incorpora un instrumento de monitoreo y evaluación de los planes de acción.

6. Documentación del plan: Se generan documentos resumen de cada etapa, con el fin de documentar el proceso.

1.3.6. Índices de Calidad de Agua

Para simplificar el análisis de las pruebas de laboratorio existen índices de calidad de agua (ICA) el cual reduce una gran cantidad de parámetros a una expresión simple, siendo este un número único que expresa la calidad del recurso hídrico mediante la integración de las mediciones de determinados parámetros de calidad del agua. (Torres, Cruz, & Patiño, 2009)

Índices de Calidad de Agua Internacionales

Algunos de los índices que más se utilizan internacionalmente, se pueden observar en la Figura 2 y Figura 3, los mismos se dividen en grupos dependiendo de los parámetros que toman en cuenta para el cálculo del índice.

Grupo	Índice	Ecuación	Observaciones
1	ICA NSF (EU) ICA Dinius (EU) IQA CETESB (Brasil) ICA Rojas (Colombia) ICAUCA (Colombia)	$ICA_m = \prod_{i=1}^n I_i^{W_i}$	Promedio geométrico ponderado: Wi: peso o porcentaje asignado al i-ésimo parámetro Ii: subíndice de i-ésimo parámetro
2	CCME-WQI (Canadá) DWQI (EU)	$ICA = 100 - \left(\frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1.732} \right)$	El índice incorpora tres elementos: Alcance (F1): porcentaje de parámetros que exceden la norma. Frecuencia (F2): porcentaje de pruebas individuales de cada parámetro que excede la norma. Amplitud (F3): magnitud en la que excede la norma cada parámetro que no cumple
3	UWQI (Europa)	$UWQI = \sum_{i=1}^n W_{iI}$	Promedio aritmético ponderado: Wi: peso o porcentaje asignado al i-ésimo parámetro Ii: subíndice de i-ésimo parámetro
4	ISQA (España)	$ISQA = T (DQO + SS + OD + Cond)$	T: Temperatura DQO: Demanda Química de Oxígeno OD: Oxígeno Disuelto Cond: Conductividad SS: Sólidos suspendidos A partir de 2003 el ISQA se empezó a calcular reemplazando la DQO por el carbono orgánico total (COT en mg/l)

Figura 2. Índices de Calidad de Agua – I

Fuente: (Torres, Cruz, & Patiño, 2009)

Grupo	Índice	Ecuación	Observaciones
5	IAP (Brasil)	$IAP = ISTO \times IQA \text{ CETESB}$ $ISTO = ST \times SO$ $ST = \text{Min-1} (q_1, q_2, \dots, q_n) \times \text{Min-2} (q_1, q_2, \dots, q_n)$ $SO = \text{Media Aritmética} (q_a, q_b, \dots, q_n)$	Donde: IQA: Índice de Calidad del Agua adaptado del ICA NSF para las condiciones de Brasil ISTO: Índice de Sustancias Tóxicas y Organolépticas ST: Ponderación de los dos subíndices mínimos más críticos del grupo de sustancias tóxicas SO: Ponderación obtenida a través de la media aritmética de los subíndices del grupo de sustancias organolépticas

Figura 3. Índices de Calidad de Agua – II

Fuente: (Torres, Cruz, & Patiño, 2009)

Índice de Riesgo de Calidad de Agua (IRACH)

Con el fin de interpretar fácilmente el Reglamento para la Calidad del Agua Potable, el Laboratorio Nacional de Aguas ideó el Índice de Riesgo de Calidad de Agua para Consumo Humano (IRACH), de manera que se pueda analizar cuantitativamente la calidad del agua en los Acueductos del país, dado que el índice permite valorar la gravedad del incumplimiento de los parámetros, para determinar si el agua suministrada es potable o no potable. En la Figura 4 se puede observar el nivel del riesgo según el puntaje obtenido por el IRACH, así como la calidad del agua, acciones y recomendaciones.

Clasificación IRACH	Nivel de riesgo	Código de colores	Calidad del agua	Acciones y recomendaciones
$x \leq 5$	Riesgo muy bajo (RMB)	Azul	Apta para ingesta	Continuar suministro de manera normal, continuar control o vigilancia de la calidad del agua.
$5 < x \leq 10$	Riesgo bajo (RB)	Verde	Apta para ingesta, pero susceptible al deterioro de la calidad	Continuar suministro, implementar o mejorar control de la calidad del agua.
$10 < x \leq 20$	Riesgo intermedio (RI)	Amarillo	No apta para ingesta, rechazo por parte de los consumidores debido a las características organolépticas.	Seguir Protocolo de Atención a Problemas de Calidad de Agua por Contaminación Química.
$20 < x \leq 30$	Riesgo alto (RA)	Naranja	No apta para ingesta	Seguir Protocolo de Atención a Problemas de Calidad de Agua por Contaminación Química y/o el Procedimiento de Inspecciones Ordinarias.
$x > 30$	Riesgo muy alto (RMA)	Rojo	No apta para ingesta	Seguir Protocolo de Atención a Problemas de Calidad de Agua por Contaminación Química, Procedimiento de Inspecciones Ordinarias, Procedimiento de Inspección para Emergencias de Brotes y/o el Procedimiento de Inspección para Emergencias Químicas.

Figura 4. Nivel de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano

Fuente: (LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS, 2018)

En el Anexo A, se puede observar el puntaje que se le da a cada variable de los diferentes niveles del Reglamento para la Calidad del Agua Potable.

1.3.7. Consecuencias de altos niveles de Dureza en el Agua

El grado de dureza del agua es determinado por la OMS como factor de rechazo para la ingesta del agua. Sin embargo, desde el punto de vista de la operación del abastecimiento interesa evaluar si presenta condiciones corrosivas e incrustantes. Según la OMS, la aceptación de la dureza del agua por el público puede ser muy variable. El umbral del sabor de ión calcio es del orden de 100 a 300 mg/L, y el de magnesio es probablemente inferior al de calcio. Aguas con concentraciones superiores a 125mg/L de $MgCO_3$ tienen efectos laxantes.

El agua con dureza superior a 200mg/L puede causar incrustaciones en el sistema de distribución. Este fenómeno está asociado con el pH efectivo y el pH saturación del agua. Este último se define "como aquel para el que un agua de idéntica alcalinidad y dureza estará en equilibrio con el $CaCO_3$ sólido". Además, de la dureza de calcio y la alcalinidad, para calcular el pH de saturación se tienen en cuenta la saturación del total de sólidos disueltos y la temperatura. Las aguas con pH efectivo superior a su pH saturación (índice de Langelier positivo) están sobresaturadas de $CaCO_3$ y, por lo tanto, tienden a formar incrustaciones. En el caso contrario (índice de Langelier negativo), están subsaturados con respecto al $CaCO_3$, por lo que se consideran corrosivos. Por lo tanto, en ambos fenómenos participan varios elementos como complemento a las concentraciones de dureza total ($CaCO_3 + MgCO_3$). (Mora Alvarado & Alfaro Herrera , 1999)

1.4. Marco legal

1.4.1. Reglamento para la Calidad del Agua Potable

Establece los parámetros del agua máximos y mínimos que se deben cumplir en los sistemas de abastecimiento de agua potable, con el fin de determinar la calidad del recurso hídrico disponible.

El Reglamento para la Calidad del Agua Potable, establece Niveles de Control del Agua y Parámetros de Análisis Obligatorios, los cuales se distribuyen en el Control Operativo, el Nivel Primero, Nivel Segundo, Nivel Tercero y Nivel Cuarto. Es importante destacar que el nivel cuarto se utiliza en casos especiales.

1.4.2. Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de agua potable, de Saneamiento y Pluvial

La norma establece tanto requisitos como recomendaciones para el diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, el mismo establece el marco técnico-normativo conceptual y metodológico, para el diseño y construcción de proyectos tanto públicos como privados, y son la base para la revisión y aprobación de estos proyectos por parte del AyA. (Acueductos y Alcantarillados (AyA), 2017)

Dentro de la normativa se establece una velocidad máxima de 3 m/s en tuberías de distribución y 5 m/s en tuberías de conducción, así mismo se establece 100 mm como diametro minimo de las tuberías de los sistemas de abastecimiento de agua, por ultimo se establece un periodo de diseño de 25 años para las captaciones, tanques de almacenamiento y tuberías de conducción. Dichos parámetros son utilizados para la evaluación tanto de la infraestructura, como del recurso hídrico necesario.

1.4.3. Reglamentación nacional de ASADAS

El reglamento nacional de ASADAS (Gobierno de Costa Rica, 2020), presenta la normativa que rige a las Asociaciones administradoras de los Sistemas de Acueductos y Alcantarillados comunales en Costa Rica, el mismo, facilita la creación de nuevas ASADAS, así como la regulación de las mismas. Asimismo, el reglamento establece los criterios para los casos de fusión o integración de ASADAS. Dicha reglamentación será utilizada como base para la evaluación del ente administrador de los acueductos en estudio.

1.4.4. Reglamentación nacional de protección contra incendios

El reglamento nacional de protección contra incendios, establece la normativa que rige los hidrantes del país, en el cual se establece cuando y donde son necesarios dichos hidrantes, además de ello, se establece en el reglamento tanto los caudales que debe tener los hidrantes, así como la presión mínima con la que se debe contar, asimismo, se establece el volumen de incendio mínimo necesario, en caso de ser necesario un hidrante de succión.

1.4.5. Áreas de protección

1.4.5.1. Nacientes

La Ley N° 276, Ley de Aguas, establece un perímetro de reserva no menor a un radio de 100 metros, para captaciones o tomas para abastecer agua potable a las comunidades, además, prohíbe destruir bosques o arboles a 70 metros de manantiales.

Cabe destacar que el perímetro aumenta cuando la naciente esta captada para uso poblacional, de tal manera que en estos casos se debe aplicar un retiro no menor de 200 metros de radio, esto según lo establecido en el artículo 3 de la ley de Aguas No. 276.

1.4.5.2. Pozos

En el Reglamento de Perforación de Subsuelo para la Exploración y Aprovechamiento de Aguas Subterráneas, se establece que en conformidad con los supuestos del artículo 8º de la Ley de Aguas Nº 276 del 26 de agosto de 1942, se debe establecer una distancia de retiro de operación del pozo de hasta 40 metros, entendida esta como la distancia inmediata al pozo que debe mantenerse para permitir el acceso al sistema del pozo, así como brindar seguridad y protección al acuífero sobre actividades aledañas al mismo.

La distancia de retiro puede ser menor si se aporta por parte del gestionante, un estudio técnico de tránsito de contaminantes donde se sustente tener certeza de la inocuidad de las actividades desarrolladas para con el acuífero. Corresponde a la Dirección de Agua del MINAET definir esta distancia de retiro, conforme el estudio presentado.

1.5. Delimitación del problema

1.5.1. Alcance

El proyecto comprende la evaluación de los acueductos de las comunidades de Barrio Jesús arriba, Barrio Jesús abajo y Concepción, ubicados en la parte media de la cuenca del rio Abangares, además, el análisis estipulado, así como las recomendaciones finales en el presente proyecto, pretenden ser específicas para las comunidades ya mencionadas.

Para la realización del proyecto se parte de la información disponible generada por los acueductos, así mismo se pretenden realizar inspecciones de campo, de manera que se pueda obtener información de manera visual como física, esto mediante el reconocimiento de las fuentes de abastecimiento y la infraestructura, además de reuniones con los administradores de los acueductos en estudio, cabe destacar que el proyecto no abarcara cambios presentados después de la última visita hecha en las comunidades.

Durante las visitas de campo, se hará recolección de muestras del recurso hídrico, de manera que se pueda contar con la información suficiente para evaluar las condiciones del agua, se debe tener en claro, que las muestras son representativas para las comunidades que abarcan los acueductos en estudio, además de esto, el análisis de las muestras de agua, están ligadas

únicamente a las normas establecidas en el Reglamento para la Calidad del Agua Potable, de Costa Rica.

Asimismo, durante las reuniones con los administradores de los acueductos a evaluar, se recolectará información sobre la población a abastecer, de tal manera que mediante dicha información se realizará una estimación de la demanda del recurso hídrico con las proyecciones a futuro estipuladas por el AyA.

El fin del proyecto, es evaluar las condiciones de los acueductos ya mencionados, de tal manera que se puedan generar recomendaciones para solventar los problemas reconocidos durante el análisis de los acueductos, no obstante, si dentro de las recomendaciones se estipula el desarrollo de nueva infraestructura, el proyecto no abarcará el diseño de la misma.

1.5.2. Limitaciones

La falta de estudios en las comunidades de Barrio Jesús arriba, Barrio Jesús abajo y Concepción, limita la velocidad con que se recopila información, quedando sujeto el proyecto a las visitas realizadas en dichas comunidades.

El desarrollo del proyecto quedo sujeto a la cooperación por parte de los administradores de los acueductos, así como de la información con la que ellos cuenten, en el caso del acueducto de Concepción no se cuenta con planos de la red de distribución, además de ello la ASADA cuenta con datos de micro medición, no obstante más adelante se analiza la posibilidad de que dichos datos no sean representativos del acueducto, respecto al acueducto de Barrio Jesús Abajo, el mismo no cuenta con planos de la red de distribución, además de ello, la ASADA cuenta con datos de micro medición del acueducto, por último, respecto al acueducto de Barrio Jesús Arriba, el mismo no cuenta con planos de la red de distribución, de igual forma la comunidad no cuenta con micromedidores instalados, por lo cual actualmente no se puede llevar acabo un registro de los consumos en el acueducto.

Para la estimación del caudal proporcionado por las fuentes, es necesario contar con aforos de la misma durante la época seca y lluviosa, respecto a ello, el acueducto de Concepción posee dos pozos, los cuales no cuentan con su respectiva prueba de bombeo, en el caso del acueducto de Barrio Jesús Abajo, se cuenta con un pozo al cual ya se le han realizado pruebas de bombeo, las mismas analizadas por un geólogo, por último, con respecto al acueducto de Barrio Jesús Arriba, el mismo cuenta con una naciente como fuente de abastecimiento, no obstante la

captación de la misma no fue correctamente diseñada, por lo cual no se puede efectuar un aforo correctamente.

La estimación de las características del agua para establecer si es potable o no, se limita a las pruebas que se puedan desarrollar en las instalaciones del laboratorio de Ambiental de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Costa Rica, así como a las pruebas microbiológicas del INISA.

1.6. Metodología a utilizar

La metodología propuesta para el desarrollo del proyecto, es representada por el diagrama de la Figura 5.

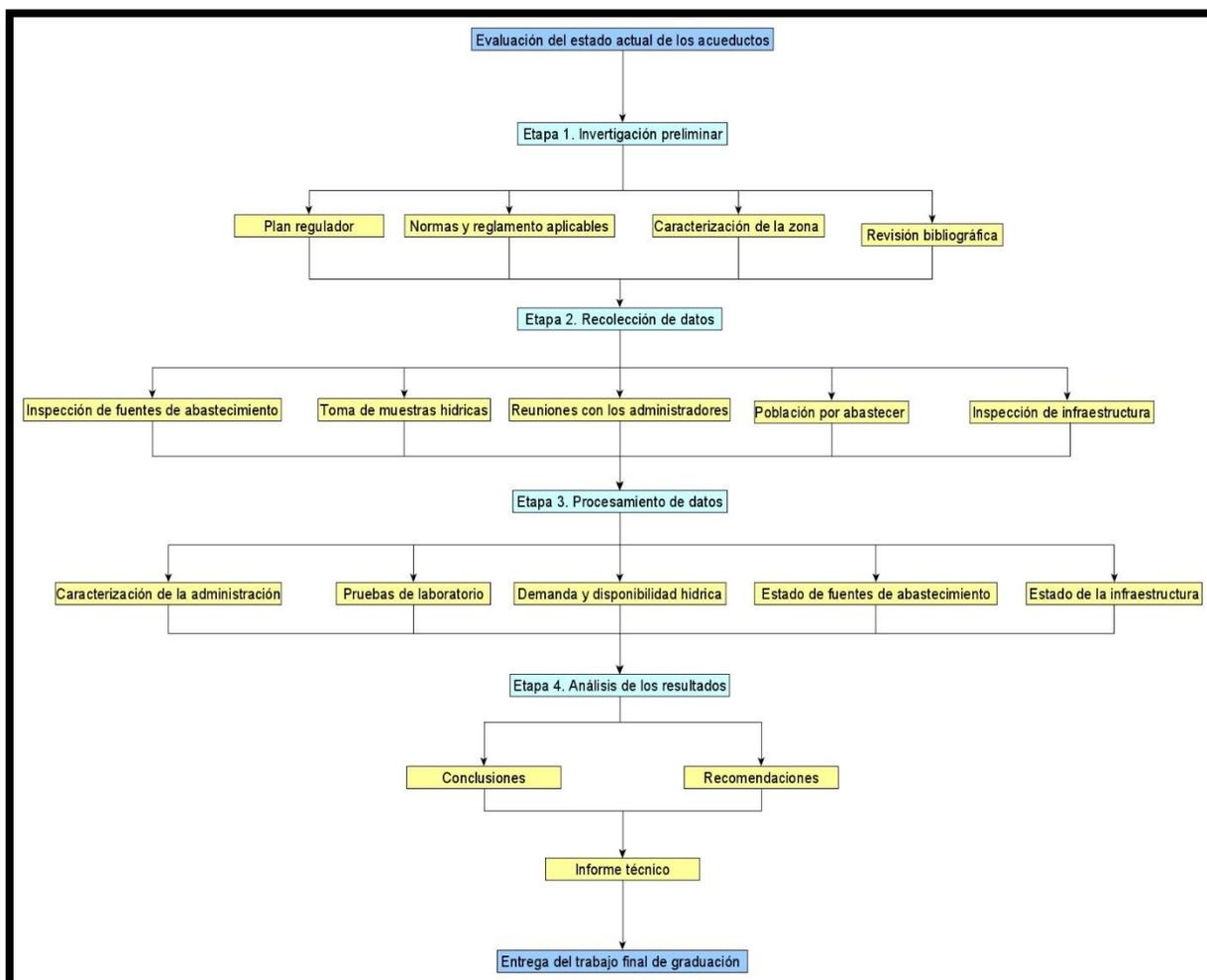


Figura 5. Metodología a seguir para el desarrollo del proyecto

1.6.1. Etapa 1: Investigación preliminar

Para el desarrollo del proyecto se debe tener en claro las diferentes normas y reglamentos que rigen el control y calidad de los recursos hídricos, así como los reglamentos que rigen a las instituciones administrativas de dicho recurso. Por ello para esta etapa se realizará una recopilación de información necesaria para llevar a cabo el proyecto, esto toma en cuenta el Reglamento para la Calidad del Agua Potable, reglamentos y normas establecidos por el AyA, entre otros.

Asimismo, en esta etapa se realizará un análisis de las características geológicas, hídricas, uso de suelo, clima, actividades socio-económicas de las zonas de estudio, mediante la utilización del plan regulador de Abangares, así como de estudios ya realizados en comunidades cercanas a las zonas de estudio e información generada por los acueductos.

1.6.2. Etapa 2: Recolección de datos

Durante esta etapa se realizarán giras de manera que se pueda hacer un recorrido de los acueductos de las comunidades en estudio, con el fin verificar los datos facilitados por los acueductos, así como hacer una evaluación visual de las estructuras de dichos acueductos, asimismo se pretende realizar reuniones con los administradores de los acueductos de manera que se pueda recopilar información sobre la población, consumo de agua, fuentes de abastecimiento, principales problemas de las comunidades, planos de los acueductos, así como información de dicha organización.

En las visitas a las comunidades se harán recorridos de las fuentes de abastecimiento, permitiendo de este modo la recolección de muestras de agua, para ello se ocupará tanto botellas desinfectadas como una hielera para su conservación. Además de esto, se hará una recopilación de información mediante fotos, de manera que se pueda analizar visualmente el estado de las fuentes de abastecimiento, así como las captaciones de las mismas. Por último, se realizará mediciones de las curvas de consumo de los acueductos en estudio, mediante el uso del ChronoFlo 2.0, mismo facilitado por la Universidad de Costa Rica.

1.6.3. Etapa 3: Procesamiento de datos

En esta etapa se hace uso de los datos recolectados durante las giras a las comunidades de los acueductos en estudio, mediante la información obtenida sobre las organizaciones administrativas de dichos acueductos, se hará una evaluación mediante la comparación del funcionamiento observado en ASADAS, con respecto a lo que establece las normas de Acueductos y Alcantarillados (AyA).

Seguidamente, con las muestras de agua tomadas en las diferentes fuentes de abastecimiento, se procederá a hacer uso de las instalaciones del Laboratorio de Ambiental de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Costa Rica, de manera que se puedan estimar los parámetros para determinar si el agua abastecida es potable, esto mediante la evaluación de dichos parámetros con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable de Costa Rica.

Además de determinar la potabilidad del recurso hídrico, se procederá a estimar el caudal disponible en las fuentes de agua mediante el uso de la información de aforos recolectada en la época seca y lluviosa, asimismo se estimará teóricamente el caudal necesario para abastecer la población, esto mediante la información recolectada durante las giras a las zonas de estudio.

Por último, haciendo uso de la información visual de las estructuras de los acueductos, así como de las fuentes de abastecimientos, se diagnosticará el estado de la infraestructura de los acueductos, mediante la comparación de los requerimientos básicos establecidos por el AyA, asimismo, se analizará el estado de las fuentes de abastecimiento, evaluando las condiciones en la que se encuentra y comparando dichas condiciones con lo que se establece en la Ley Forestal N° 7575.

1.6.4. Etapa 4: Análisis de los resultados

En esta etapa se analiza los resultados obtenidos después del procesamiento de todos los datos recolectados en las giras, con el fin de evaluar los siguientes aspectos:

- Disponibilidad del Recurso Hídrico
- Capacidad de almacenamiento
- Estado de las infraestructuras
- Calidad del Recurso Hídrico
- Gestión administrativa de los acueductos

Se analizará la disponibilidad del recurso hídrico, con respecto los aforos de las fuentes y a los consumos de las comunidades, tomando en cuenta las normas y parámetros establecidos por la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, Saneamiento y Pluvial, asimismo mediante dicha normativa se analizara si los acueductos cuentan con el almacenamiento necesario para abastecer correctamente a la comunidad, de tal manera que en caso de que la comunidad lo requiera, se plantearan las siguientes mejoras:

- Aumento del volumen de almacenamiento
- Búsqueda de nuevas fuentes de abastecimiento

Además de esto, se describirá y evaluará la vulnerabilidad del estado actual de la infraestructura de los acueductos mediante la utilización de la herramienta GIRA, más específicamente se evaluará el estado de: las fuentes de abastecimiento, los tanques de almacenamiento, las tuberías de conducción y distribución. Asimismo, en caso de que la

comunidad posea un sistema de bombeo, se evaluará la condición de la bomba y si esta tiene la potencia necesaria para abastecer correctamente a la comunidad. Cabe destacar que, para la evaluación de las medidas de protección de las fuentes de almacenamiento, se analizará dichas medidas con respecto a lo establecido en la Ley Forestal N° 7575. Por último, en caso de que la comunidad lo requiera, se plantearán mejoras en los siguientes aspectos:

- Estructura de los componentes del sistema
- Mantenimiento de las infraestructuras
- Adquisición de nuevos componentes de sistema
- Protección de los componentes del sistema

En cuanto a la calidad del agua, se evaluará los resultados de las pruebas de laboratorio de las muestras recolectadas durante las giras a las comunidades en estudio, con respecto a los parámetros de control establecidos por el Reglamento para la Calidad del Agua Potable, asimismo, con el fin de clasificar la gravedad del incumplimiento de los distintos parámetros de calidad establecidos por dicho reglamento, se hará uso del Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano en Costa Rica (IRCACH). Finalmente, en caso de que la comunidad lo requiera, se plantearán las mejoras necesarias para mejorar la calidad del recurso hídrico.

Por último, mediante el seguimiento del Reglamento de las Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Comunes, se analizará la gestión administrativa y operacional de los acueductos en estudio, asimismo, mediante la aplicación de la herramienta GIRA, se evaluará la vulnerabilidad Administrativa, Operacional, Estructural y Sanitaria del acueducto. De tal manera que en caso de que el acueducto lo requiera, se plantearán mejoras en los siguientes aspectos:

- Capacitaciones para la gestión de acueductos
- Personal calificado para la gestión de un acueducto
- Adquisición de terrenos donde se ubican los componentes del sistema

Cabe destacar que, en caso de que una comunidad no cuente con una ASADA, se procederá a brindar recomendaciones para la creación de una ASADA o integración a una ASADA ya existente, mediante el seguimiento del reglamento.

2. Capítulo 2: Aspectos generales de la zona de estudio

2.1. Ubicación

La zona de estudio se ubica en las comunidades de Barrio Jesús Arriba, Barrio Jesús Abajo y Concepción, mismas pertenecientes a los distritos de Las Juntas (Barrio Jesús Arriba, Barrio Jesús Abajo) y Colorado (Concepción), los cuales pertenecen al cantón de Abangares, en la provincia de Guanacaste, Costa Rica.

El cantón de Abangares limita al norte con Tilarán, al sur con Puntarenas, al este con San Ramón y Puntarenas, al noroeste con Cañas y al suroeste con el Golfo de Nicoya. Las coordenadas geográficas medias del cantón de Abangares están dadas por $10^{\circ} 15'12''$ latitud norte y $84^{\circ} 59'51''$ longitud oeste. La anchura máxima es de cincuenta y seis kilómetros, en dirección noreste a suroeste, desde la confluencia del río San Gerardo y el caño Negro hasta unos 1.200 metros al noroeste de la desembocadura del estero Piedras, en el litoral del golfo de Nicoya. (Municipalidad de Abangares, 2017)

En la Figura 6 se puede observar el un mapa con la ubicación del cantón de Abangares, los distritos de las Juntas y Colorado, así como la ubicación de las tres comunidades en estudio.

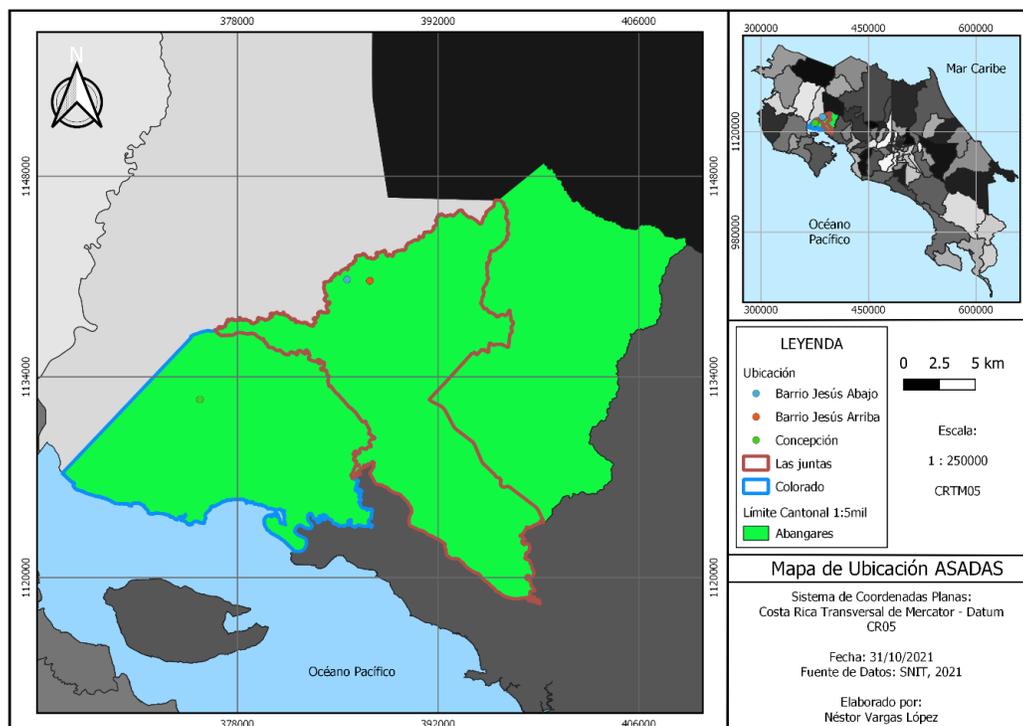


Figura 6. Mapa de Ubicación Zona de Estudio

2.2. Clima

En la cuenca del río Abangares se presenta un clima con características muy típicas, dado que se mantiene la presencia de un régimen de precipitación de tipo Pacífico, el cual se caracteriza por presentar un período seco y otro lluvioso bien definidos durante todo el año. (Instituto Meteorológico Nacional, 2011)

Según el Instituto Meteorológico Nacional (IMN), el período seco se registra normalmente entre mediados de noviembre e inclusive hasta el mes de abril. En cuanto a la estación lluviosa, esta se inicia en mayo y finaliza a mediados del mes de noviembre. Por último, en los meses de julio y agosto la precipitación desciende considerablemente e inclusive se experimenta en algunos años con déficit hídrico, dado por la influencia de la aparición de los veranillos de medio año.

2.3. Características socio-económicas

Como se puede observar en la Figura 7, el territorio de Abangares está habitado por 18039 habitantes según el censo del 2011. La mitad (50%) de la población corresponde a las mujeres (9024 Mujeres y 9015 hombres.). La densidad poblacional es de 26,69 habitantes por kilómetro cuadrado, se puede considerar una baja densidad poblacional en relación a nuestro país que presenta una densidad de 87 por cada kilómetro cuadrado. En cuanto a la distribución de la población por zona de residencia se encuentra que el 70 % de la población reside en zona rural y un 30% en zona urbana. El porcentaje de personas que viven en zona rural disminuyó un 4% en relación a lo presentado en el censo 2000 (74%). El proceso de urbanización es un fenómeno que se está dando muy lentamente en Abangares. (Municipalidad de Abangares , 2014)

Provincia, cantón y distrito	Total	Urbano	Rural
Abangares	18 039	5 476	12 563
Las Juntas	9 482	3 927	5 555
Sierra	2 351	-	2 351
San Juan	1 585	263	1 322
Colorado	4 621	1 286	3 335

Figura 7. Distribución de Población

Fuente: INEC, 2011

En el Cuadro 2, se presentan las principales actividades económicas del cantón de Abangares, dentro de las actividades productivas la que mayormente predomina dentro de la zona es la Agricultura y la ganadería, seguida de la industria manufacturera, además de estas, la minería es una actividad que forma parte importante de las actividades económicas del cantón.

Cuadro 2. Principales actividades económicas y productivas de Abangar

Actividades Económicas y Productivas del Cantón	Cantidad de Trabajadores	% Trabajadores
Total	4426	100
Agricultura y ganadería	1327	30.0
Pesca	104	2.3
Minas	257	5.9
Industria manufacturera	642	14.5
Electricidad, gas y agua	39	0.9
Construcción	275	6.2
Comercio y reparación	517	11.7
Hoteles y restaurantes	227	5.1
Transporte y comunicación	195	4.4
Intermediación financiera	46	1.0
Inmobiliaria y Empresarial	58	1.3
Administración pública	163	3.6
Enseñanza	227	5.1
Salud y atención social	107	2.4
Servicios comunitarios	95	2.1
Hogar con servicio	147	3.3

Fuente: (Municipalidad de Abangares, 2017)

Cabe destacar que Abangares es un cantón que se caracteriza por su bajo índice de desarrollo social, parte de esta problemática es su falta de fuentes de trabajo. Las Juntas como su distrito central es el que claramente tiene más población empleada ya que la mayoría de entidades gubernamentales se encuentran en él, le siguen el distrito de Colorado que con sus dos macro empresas privadas CEMEX y COONAPROSAL proporcionan una importante cantidad de empleo en la zona. (Municipalidad de Abangares , 2014)

3. Capítulo 3: Demanda del servicio hídrico

3.1. Población abastecida y proyección

Se presenta a continuación en el Cuadro 3, la cantidad de previstas en cada comunidad en estudio, misma que se utilizará para el cálculo de población abastecida, así como para el cálculo de la proyección de la población, lo cual permitirá calcular la demanda hídrica en las comunidades, tanto en la situación actual como con una proyección poblacional a 25 años.

Cuadro 3. Cantidad de previstas, fuentes y tipo de sistema de abastecimiento

Comunidad	Sistema de abastecimiento	Fuentes	Previstas
Barrio Jesús Arriba	Gravedad	1	17
Barrio Jesús Abajo	Bombeo	1	54
Concepción	Bombeo	2	92

Según la normativa del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), se debe utilizar para el cálculo de la población, el último censo de población de distrito, por lo cual en el Cuadro 4, se observa el promedio de ocupantes por casa, así como el crecimiento poblacional de la zona. Cabe recalcar que las comunidades de Barrio Jesús Arriba y Barrio Jesús Abajo pertenecen al distrito de Las Juntas, mientras que la comunidad de Concepción forma parte del distrito de Colorado.

Cuadro 4. Datos del INEC

Provincia	Cantón	Distrito	Promedio de ocupantes/casa	Crecimiento poblacional
Guanacaste	Abangares	Las Juntas	3,36	0,60%
Guanacaste	Abangares	Colorado	3,60	0,70%

Fuente: INEC, 2011

Haciendo uso de los datos recopilados presentes en el Cuadro 3 y mediante los datos del INEC del Cuadro 4, se calcula la población actual abastecida en cada comunidad, misma que se puede observar en el Cuadro 5. En el Anexo D, se puede observar la memoria de cálculo.

Cuadro 5. Población actual según datos del INEC

Comunidad	Población actual
Barrio Jesús Arriba	58
Barrio Jesús Abajo	182
Concepción	332

Por último, según la normativa del AyA se debe considerar un periodo de diseño de 25 años para el caudal de captación de una naciente, debido a ello, para el cálculo de la demanda hídrica se considerará la proyección poblacional a 25 años, misma que se realiza mediante un análisis estadístico, en el cual se consideró el método lineal, geométrico y logarítmico, para el cálculo de las proyecciones.

Como se puede observar en la Figura 8, los métodos que presentan una mayor similitud en la comunidad de Barrio Jesús Arriba, son el método geométrico y el logarítmico, por lo cual, se concluye que estos son los más adecuados para determinar la proyección poblacional de la comunidad de Barrio Jesús Arriba.

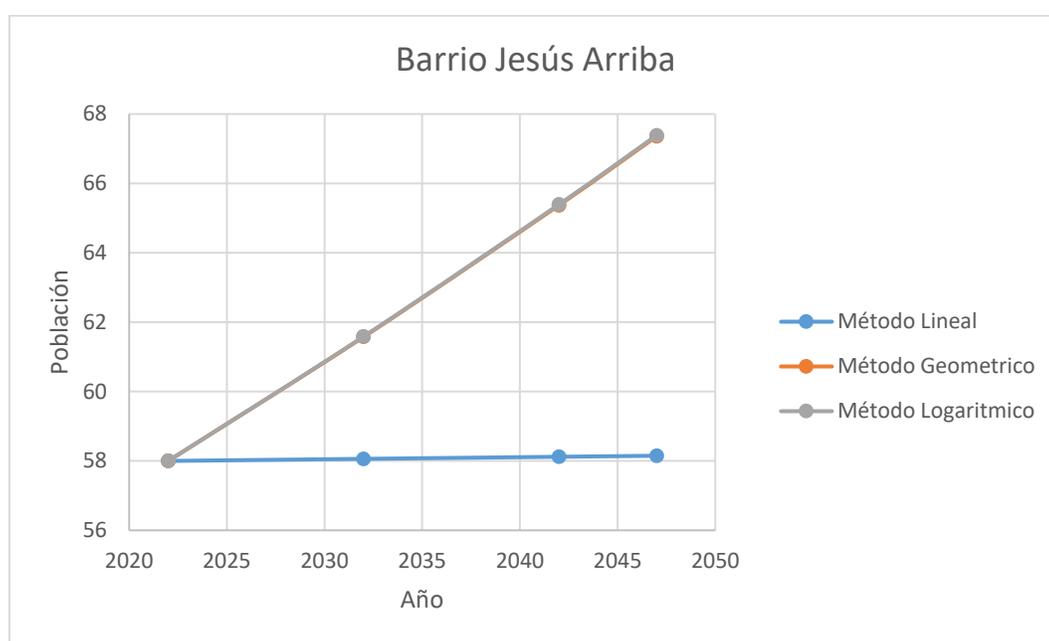


Figura 8. Proyección Poblacional por método – Barrio Jesús Arriba

De igual manera, como se puede observar en la Figura 9, los métodos que presentan una mayor similitud en la comunidad de Barrio Jesús Abajo, son el método geométrico y el logarítmico, por lo cual, se concluye que estos son los más adecuados para determinar la proyección poblacional de la comunidad de Barrio Jesús Abajo.

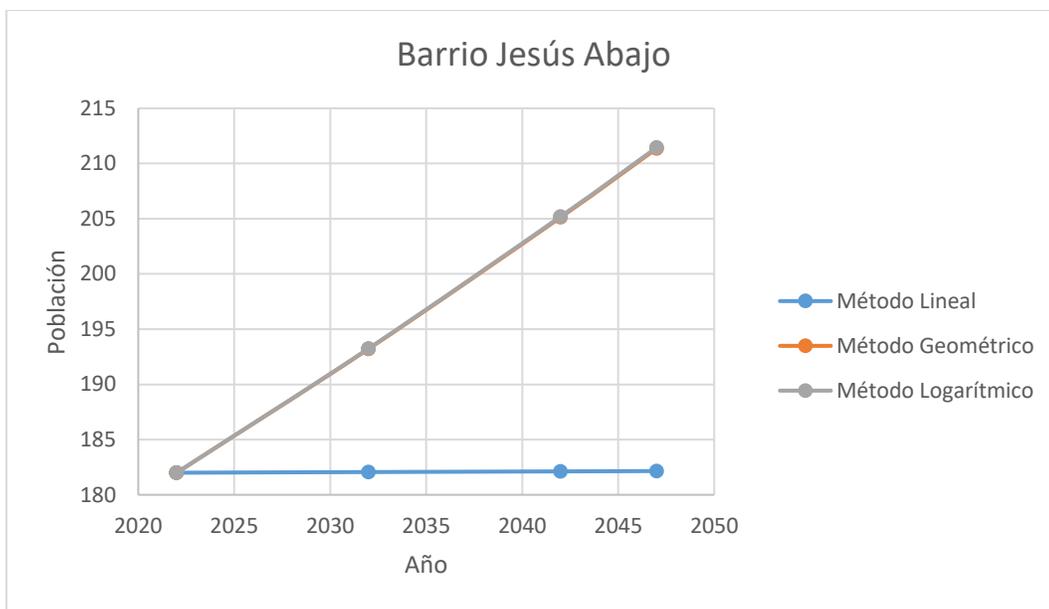


Figura 9. Proyección Poblacional por método – Barrio Jesús Abajo

Por último, como se puede observar en la Figura 10, los métodos que presentan una mayor similitud en la comunidad de Concepción, son el método geométrico y el logarítmico, por lo cual, se concluye que estos son los más adecuados para determinar la proyección poblacional de la comunidad de Concepción.

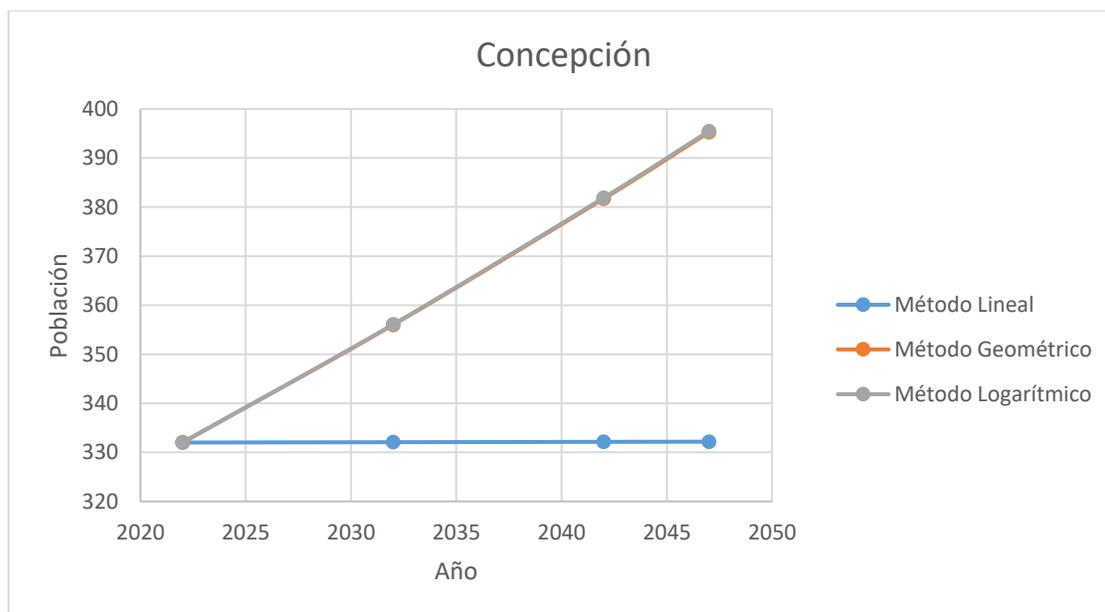


Figura 10. Proyección Poblacional por método – Concepción

Finalmente, en el Cuadro 6 se puede observar la proyección poblacional de las comunidades de Barrio Jesús Arriba, Barrio Jesús Abajo y Concepción, en un periodo máximo de 25 años. En el Anexo D, se puede observar la memoria de cálculo.

Cuadro 6. Población con proyección a 25 años

Comunidad	Año			
	2022	2032	2042	2047
Barrio Jesús Arriba	58	62	66	68
Barrio Jesús Abajo	182	194	206	212
Concepción	332	357	382	396

3.2. Cálculo de Dotación

3.2.1. Barrio Jesús Arriba

La comunidad de Barrio Jesús Arriba no cuenta con micro-medición dentro de su acueducto, debido a ello se debe hacer uso de la dotación teórica, establecida en la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, de Saneamiento y Pluvial, la cual establece una dotación teórica de 200 l/hab./día para las comunidades rurales del país. No obstante, mediante la utilización del ChronoFlo 2, herramienta proporcionada por la UCR, la cual se midió el consumo por minuto del día 6 de mayo del 2022, de 11:05 a.m a 6:02 p.m, permitiendo así, obtener consumos reales de la comunidad.

Se puede observar en la Figura 11, que gran parte del día se mantienen consumos con una tendencia constante, esto se da debido a que en la comunidad no se tiene una tarifa para el consumo de agua, por lo cual los habitantes tienden a dejar los grifos abiertos. Esta tendencia se puede observar de 1:00 p.m a 2:00 p.m aproximadamente, donde se mantiene un consumo promedio de 0,15 l/s, además de esto, se puede observar que de 2:30 p.m a 6:00 p.m se mantiene una tendencia constante, con un consumo promedio de 0,26 l/s.

Además, como se puede observar, el consumo más alto se da a las 11:09 a.m, siendo este consumo de 0,75 l/s, se debe destacar que no se toman los datos de la mañana, por lo cual existe la posibilidad de que se estén omitiendo picos de consumo importantes.

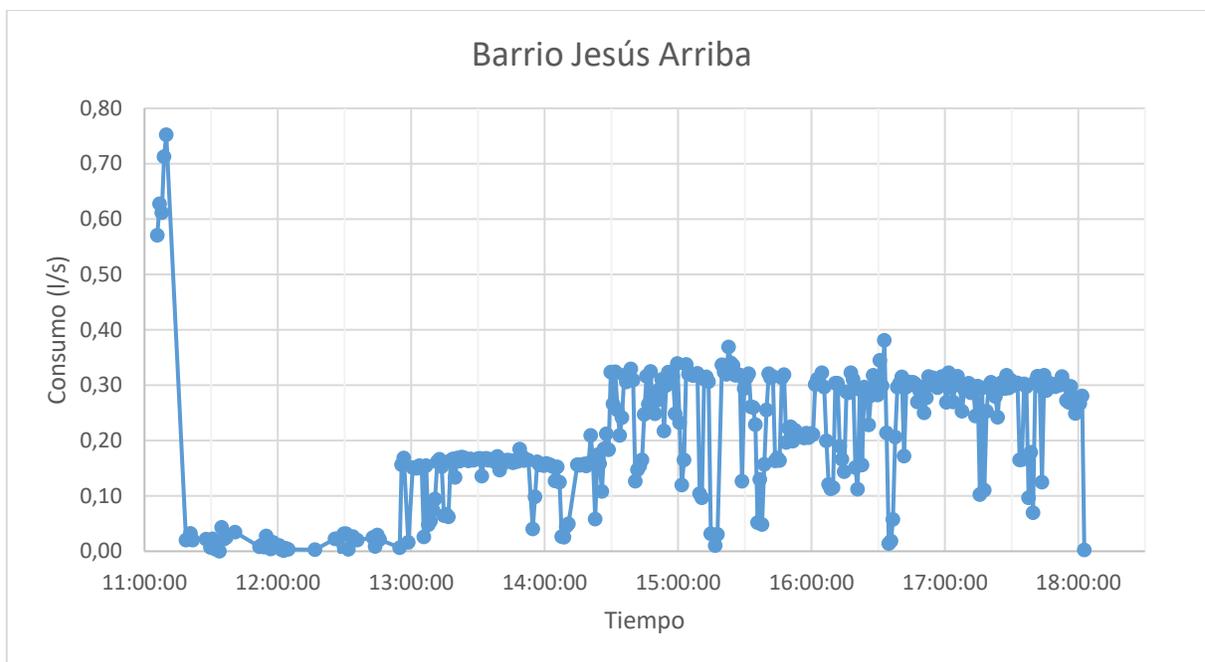


Figura 11. Curva de Consumo – Barrio Jesús Arriba

En el Cuadro 7 , se puede observar algunos de los datos más importantes obtenidos mediante la medición de consumos por minuto, es importante aclarar que durante toda la medición existieron caudales negativos en algunos minutos, esto debido a que en dichos minutos no se presentan consumos por parte de la comunidad, por lo cual es probable que en esos momentos el agua se devolviera, dando por consiguiente una medición negativa, por lo tanto, se procedió a eliminar la información negativa de la curva, dando como resultado un tiempo efectivo de medición del consumo de 20760 s.

Cuadro 7. Datos ChronoFlo – Barrio Jesús Arriba

Tiempo (hr.)	11:05 a.m - 6:02 p.m
Tiempo efectivo (seg)	20760
Consumo (l)	4231,15
Consumo (m ³)	4,23
Qpromedio (l/s)	0,20

En el Cuadro 8, se puede observar la comparación entre los datos obtenidos mediante el ChronoFlo 2, donde se puede observar que el consumo promedio de la comunidad de Barrio Jesús Arriba, es superior al consumo promedio de Barrio Jesús Abajo, esto se da debido a que la comunidad de Barrio Jesús Arriba no posee una tarifa para el consumo de agua, por lo cual

es muy probable que los habitantes mantengan los grifos abiertos durante gran parte del día. Cabe destacar que en la comunidad de Barrio Jesús Arriba, fue donde se midió los consumos por un mayor periodo de tiempo, con respecto a las demás comunidades, por lo cual sus datos son más representativos, asimismo, se puede observar que la dotación calculada mediante los datos del ChronoFlo es superior a la dotación teórica, lo cual coincide con el hecho de que no se cuente con una tarifa para el servicio de distribución de agua.

Cuadro 8. Comparación de consumos entre comunidades

Comunidad	Barrio Jesús Arriba	Barrio Jesús Abajo	Concepción
Tiempo (hr.)	11:05 a.m - 6:02 p.m	1:16 p.m - 7:08 p.m	9:50 a.m - 1:17 p.m
Tiempo efectivo (s)	20760	19200	9180
Previstas	17	54	92
Consumo (l)	4231,15	3693,86	2828,85
Consumo (m ³)	4,23	3,69	2,83
Qpromedio (l/s)	0,20	0,19	0,31
Dotación (l/hab./día)	297,90	90,48	80,87
Dotación Teórica (l/hab./día)	200		

En el Cuadro 9, se presentan los caudales promedio, uno calculado mediante la Dotación Teórica, y el otro mediante la medición de los consumos que se llevó a cabo mediante el ChronoFlo 2. Como se puede observar el consumo promedio calculado mediante la Dotación Teórica, es menor al calculado mediante los consumos medidos, esto dado a que la Dotación Teórica establecida por la normativa está contemplada para comunidades que facturan el consumo, debido a que en las comunidades donde no se cuenta con una tarifa, los consumos tienden a ser muy altos.

Cuadro 9. Comparación Caudal promedio diario – Barrio Jesús Arriba

Qpromedio (l/s)	Datos Teóricos	Datos ChronoFlo
	0,13	0,20

Por último, en el Cuadro 10 se presenta una comparación entre la Dotación Teórica y la Dotación calculada mediante los datos medido por el ChronoFlo 2, como se puede observar la Dotación Teórica es menor, esto debido a como ya se estableció anteriormente, las comunidades sin tarifa suelen tener consumos sumamente elevados. Por lo tanto, se concluye que, para la determinación del caudal requerido para la comunidad, así como el volumen de

almacenamiento necesario, se determinara mediante la utilización de una dotación de 297,9 l/hab./día.

Cuadro 10. Comparación Dotaciones – Barrio Jesús Arriba

Dotación Teórica (l/hab./día)	200
Dotación ChronoFlo 2 (l/hab./día)	297,9

En el Anexo E se pueden apreciar los datos originales medidos mediante el ChronoFlow 2.

3.2.2. Barrio Jesús Abajo

El acueducto de Barrio Jesús Abajo cuenta con micro-medidores instalados, con los cuales la ASADA mide mes a mes, el consumo de los abonados del acueducto. Dicha información es proporcionada por la ASADA, con el fin de llevar a cabo el cálculo de la dotación de la comunidad. En el Cuadro 11 se muestran los consumos reales totales de los meses de Enero a Octubre del 2021, a los cuales les acompaña el consumo promedio con base en el total de previstas del Acueducto en cada mes y su respectiva dotación asociada. Cabe destacar que la información de consumos y previstas, fue facilitada por la secretaria de la ASADA.

Cuadro 11. Datos de Consumo – Barrio Jesús Abajo

Mes	Consumo (m ³)	Total de previstas	Consumo promedio (m ³ /casa)	Dotación (l/hab./día)
ene-21	773	53	14,58	144,6
feb-21	760	53	14,34	142,3
mar-21	727	53	13,72	136,1
abr-21	796	53	15,02	149,0
may-21	721	54	13,35	132,5
jun-21	790	54	14,63	145,1
jul-21	726	54	13,44	133,4
ago-21	750	54	13,89	137,8
sep-21	753	54	13,94	138,3
oct-21	750	54	13,89	137,8

En el Cuadro 12 se procede a determinar el porcentaje de agua no contabilizada correspondiente a la comunidad, no obstante, los datos existentes son reducidos, además de que existe una gran diferencia entre el porcentaje de agua no contabilizada del mes de Septiembre y el mes de Octubre, debido a ello, no se logra determinar el porcentaje real de agua no contabilizada.

Cuadro 12. Cálculo de Agua No Contabilizada

Fecha	Datos Macro-medidor		Consumo Macro-medidor	Consumo Micro-medidor	% ANC
	Inicio de mes	Final de mes			
ago-21	-	22574	-	-	-
sep-21	22574	25557	2983	753	74,76
oct-21	25557	26631	1074	750	30,17

En el Cuadro 13, se muestra la dotación promedio mensual real, producida en el Acueducto de Barrio Jesús Abajo en el año 2021, donde se obtiene una dotación promedio general (Dotación Neta) de 139,7 l/hab./día. Dado que los datos de macro-medición de la comunidad no son constantes y poseen ciertas incongruencias (como se puede observar en el Cuadro 12), se hace uso de la reglamentación del AyA, la cual indica que se debe tomar un 30% de aguas no contabilizadas en los acueductos donde no se posea macro-medición, debido a ello, se obtiene una Dotación Bruta de 199,6 l/hab./día.

Cuadro 13. Dotación – Barrio Jesús Abajo

Dotación	
Dotación Neta (l/hab./día)	139,7
Agua no Contabilizada (%)	30
Dotación Bruta (l/hab./día)	199,6
Dotación Teórica (l/hab./día)	200

Además de los datos de consumos proporcionados por la ASADA, se llevó a cabo una medición de consumos el día 7 de diciembre del 2021, desde la 1:16 p.m hasta las 7:08 p.m, esto mediante el ChronoFlo 2, herramienta proporcionada por la UCR, con el fin de determinar los consumos reales durante un día normal en la comunidad de Barrio Jesús Abajo, en la Figura 12 se pueden apreciar la curva de consumo graficada mediante los datos proporcionados por el ChronoFlo 2.

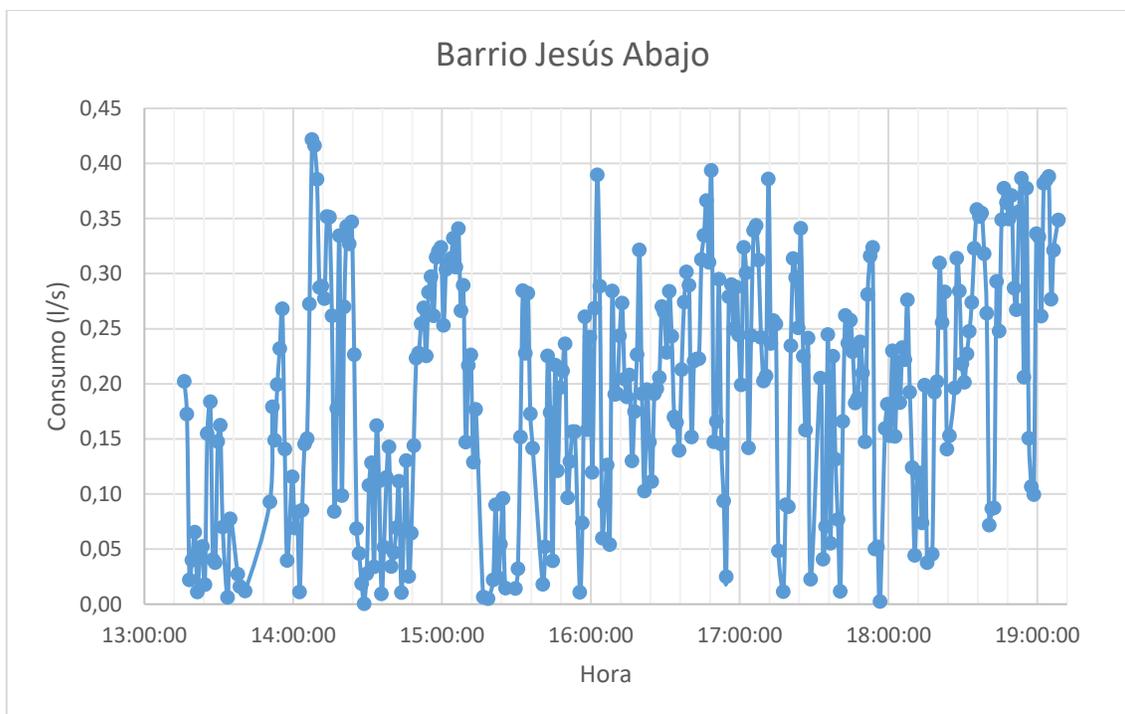


Figura 12. Curva de consumo – Barrio Jesús Abajo

Cabe destacar que los datos de consumos medidos no representan el consumo de un día completo, dado que la medición se llevó a cabo de 1:16 p.m a 7:08 p.m, teniendo un tiempo efectivo de 5.33 horas (19200 segundos), además de que se inició las mediciones después de medio día, por lo cual existe la posibilidad de que no se hayan medido los picos de consumo más altos de la comunidad.

En el Cuadro 14 se puede observar el consumo total medido mediante el ChronoFlo 2, así como el caudal promedio de dicha medición. Es importante aclarar que durante toda la medición existieron caudales negativos en algunos minutos, esto debido a que en dichos minutos no se presentan consumos por parte de la comunidad, por lo cual es probable que en esos momentos el agua se devolviera, dando por consiguiente una medición negativa, por lo tanto, se procedió a eliminar la información negativa de la curva, dando como resultado un tiempo efectivo de medición del consumo de 19200 s.

Cuadro 14. Datos ChronoFlo – Barrio Jesús Abajo

Tiempo (hr.)	1:16 p.m - 7:08 p.m
Tiempo efectivo (s)	19200
Consumo (l)	3693,86
Consumo (m3)	3,69
Qpromedio (l/s)	0,19

Al comparar el consumo diario calculado mediante los datos proporcionados por la ASADA y el consumo medido mediante el ChronoFlo 2, se puede destacar que el consumo medido por el ChronoFlo 2 es solo un 10,18 % del consumo diario (según datos de ASADA), debido a ello es probable que gran parte del consumo faltante se da en las horas de la mañana que no se midieron. En el Cuadro 15 se detallan el consumo promedio diario calculado mediante los datos de la ASADA y el consumo medido mediante el ChronoFlo.

Cuadro 15. Comparación de Consumos – Barrio Jesús Abajo

Consumos		%
Consumo (24 horas - ASADA) (l)	36288	100
Consumo (5,33 horas - ChronoFlo) (l)	3693,86	10,18

Además, en el Cuadro 16 se puede observar los caudales promedio calculados tanto con los datos proporcionados por la ASADA, así como mediante las mediciones del ChronoFlo, cabe destacar que el primero, es más del doble que el segundo, esto debido a que no se midió el consumo que se da durante la mañana, siendo este el de mayor magnitud, según los datos disponibles. Por lo tanto, se concluye que, para la determinación del caudal requerido para la comunidad, así como el volumen de almacenamiento necesario, se determinará mediante la utilización de una dotación de 199,6 l/hab./día, siendo esta la calculada mediante los datos de consumo proporcionados por la ASADA.

Cuadro 16. Comparación Caudal promedio diario – Barrio Jesús Abajo

Qpromedio (l/s)	ASADA	ChronoFlo
	0,42	0,19

En el Anexo E se pueden apreciar los datos originales medidos mediante el ChronoFlow 2.

3.2.3. Concepción

El acueducto de Concepción cuenta con micro-medidores instalados, con los cuales la ASADA mide mes a mes, el consumo de los abonados del acueducto. Dicha información es proporcionada por la ASADA, mediante la cual se lleva a cabo el cálculo de la dotación de la comunidad. En el Cuadro 17 se muestran los consumos reales totales de los meses de Noviembre del 2020 a Noviembre del 2021, a los cuales les acompaña el consumo promedio con base en el total de previstas del Acueducto en cada mes y su respectiva dotación asociada. Cabe destacar que la información de consumos y previstas, fue facilitada por el presidente de la ASADA.

Cuadro 17. Datos de Consumo - Concepción

Mes	Consumo (m3)	Total de previstas	Consumo promedio (m ³ /casa)	Dotación (l/hab./día)
nov-20	5761	90	64,01	592,7
dic-20	5899	90	65,54	606,9
ene-21	5761	90	64,01	592,7
feb-21	6038	90	67,09	621,2
mar-21	6316	90	70,18	649,8
abr-21	4910	90	54,56	505,1
may-21	3504	91	38,51	356,5
jun-21	4741	91	52,10	482,4
jul-21	4888	91	53,71	497,4
ago-21	5963	92	64,82	600,1
sep-21	4867	92	52,90	489,8
oct-21	3771	92	40,99	379,5
nov-21	6253	92	67,97	629,3

En el Cuadro 18, se muestra la dotación promedio mensual real, producida en el Acueducto de Concepción en el año 2021, donde se obtiene una dotación promedio general (Dotación Neta) de 538,7 l/hab./día. Dado que no se poseen datos de macro-medición, se hace uso de la reglamentación del AyA, la cual indica que se debe tomar un 30 % de aguas no contabilizadas en los acueductos donde no se posea macro-medición, debido a ello, se obtiene una dotación Bruta de 769,6 l/hab./día.

Cuadro 18. Dotación – Concepción

Dotación	
Dotación Neta (l/hab./día)	538,7
Agua no Contabilizada (%)	30%
Dotación Bruta (l/hab./día)	769,6
Dotación Teórica (l/hab./día)	200

Además de los datos de consumos proporcionados por la ASADA, se llevó a cabo una medición de consumos el día 8 de diciembre del 2021, desde la 9:50 p.m hasta la 1:17 p.m, esto mediante el ChronoFlo 2, herramienta proporcionada por la UCR, con el fin de determinar los consumos reales durante un día normal en la comunidad de Concepción, en la Figura 13 se pueden apreciar la curva de consumo graficada mediante los datos proporcionados por el ChronoFlo 2.

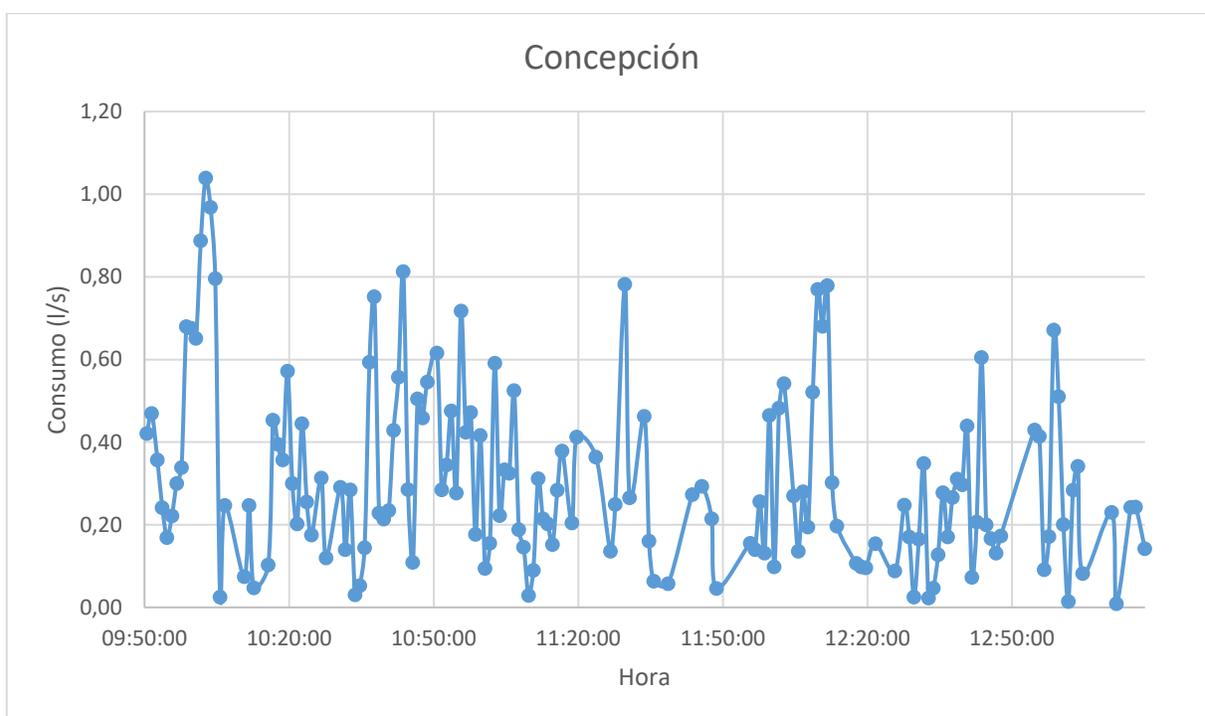


Figura 13. Curva de Consumo – Concepción

Los datos de consumos medidos no representan el consumo de un día completo, dado que la medición se llevó a cabo de 9:50 a.m a 1:17 p.m, teniendo un tiempo efectivo de 2,55 horas (9180 segundos), además se inició la medición durante la mañana, teniendo un pico de consumo a las 10:02 a.m de 1,04 l/s, no obstante, existe la posibilidad de que no se hayan

medido los picos de consumo más altos de la comunidad, dado que la medición del consumo se llevó a cabo durante muy poco tiempo.

En el Cuadro 19, se puede observar el consumo total medido mediante el ChronoFlo 2, así como el caudal promedio de dicha medición. Es importante aclarar que durante toda la medición existieron caudales negativos en algunos minutos, esto debido a que en dichos minutos no se presentan consumos por parte de la comunidad, por lo cual es probable que en esos momentos el agua se devolviera, dando por consiguiente una medición negativa, por lo tanto, se procedió a eliminar la información negativa de la curva, dando como resultado un tiempo efectivo de medición del consumo de 9180 s.

Cuadro 19. Datos ChronoFlo 2 - Concepción

Tiempo (hr.)	9:50 a.m - 1:17 p.m
Tiempo efectivo (s)	9180
Consumo (l)	2828,85
Consumo (m3)	2,83
Qpromedio (l/s)	0,31

Al comparar el consumo diario calculado mediante los datos proporcionados por la ASADA y el consumo medido mediante el ChronoFlo 2, se puede destacar que el consumo medido por el ChronoFlo 2 es solo un 1,11 % del consumo diario (según datos de la ASADA), debido a ello es probable que gran parte del consumo faltante se da en las horas de la mañana y la tarde, mismas que no se midieron, no obstante la gran diferencia entre porcentajes de consumo, evidencia un posible error en los datos proporcionados por la ASADA. En el Cuadro 20 se detallan el consumo promedio diario calculado mediante los datos de la ASADA y el consumo medido mediante el ChronoFlo 2.

Cuadro 20. Comparación Consumos – Concepción

Consumo		%
Consumo (24 horas) (l)	255744,00	100
Consumo (2,55 horas) (l)	2828,85	1,11

Por lo tanto, debido a que los datos proporcionados por la ASADA tienen indicios de error dado que según dichos datos el caudal máximo diario es superior al caudal que pueden proporcionar las fuentes, lo cual ocasionaría interrupciones en el sistema, además cabe destacar que, según

el presidente de la ASADA, en la comunidad no se presentan interrupciones de la distribución del recurso hídrico, por lo cual se concluye que los datos proporcionados por la ASADA, presentan errores. Debido a ello, se hará una comparación del consumo requerido por la comunidad, mediante la implementación de la dotación bruta calculada mediante los datos proporcionados por la ASADA, la dotación teórica establecida por el AyA y el caudal promedio determinado por el Chronoflo 2. En el Cuadro 21 se puede observar una comparación de los caudales promedio calculados con las dotaciones anteriormente mencionadas.

Cuadro 21. Comparación Caudal Promedio Diario - Concepción

Qpromedio (l/s)	Datos ASADA	Datos ChronoFlo	Datos Teóricos
		2,96	0,31

En el Anexo E se pueden apreciar los datos originales medidos mediante el ChronoFlow 2.

3.3. Cálculo de la Demanda y Disponibilidad Hídrica

3.3.1. Barrio Jesús Arriba

3.3.1.1. Aforos

El acueducto no cuenta con un registro de aforos, ya que la comunidad no cuenta con los conocimientos técnicos para llevar a cabo un aforo, además cabe destacar que la captación de la naciente está mal construida, ya que no cuenta con una tubería de salida extra para poder realizar aforos.

Es por ello que el aforo efectuado en la comunidad de Barrio Jesús Arriba el día 13 de octubre del 2021, se realizó en el tanque de almacenamiento, el mismo se encontraba lleno como se observa en la Figura 14. Para llevar a cabo la medición, primeramente, se mide el nivel del agua por unos minutos para verificar si este permanece constante o no, una vez que se verifica que el tanque de almacenamiento permanece con un nivel de agua constante se procede a iniciar con las mediciones.



Figura 14. Tanque de almacenamiento lleno

Debido a que el Tanque de Almacenamiento se encuentra lleno y con un nivel constante, el rebalse del mismo también permanece con un caudal de salida constante como se observa en la Figura 15, por lo cual se procede a llenar un recipiente de 2,5 litros, el mismo duro un tiempo de 8,02 segundos, dando como resultado un caudal de salida del rebalse de 0,31 l/s.



Figura 15. Rebalse del Tanque de Almacenamiento

Por último, se procede a cerrar el ingreso de agua al tanque, así como la salida de agua debido al rebalse, de tal manera que la única tubería de salida de agua es la de distribución, de este

modo se puede observar cuanto baja el nivel del agua en un pequeño periodo de tiempo, por lo cual una vez obtenido el nivel que se perdió, se puede calcular el volumen de agua perdido, el caudal correspondiente a dicha perdida, y a su vez el caudal correspondiente a la tubería de distribución. En el Cuadro 22 se puede observar las dimensiones del tanque, así como el nivel que se perdió y el tiempo.

Cuadro 22. Datos aforo

Largo del Tanque (m)	3,35
Ancho del Tanque (m)	2,99
Grosor paredes del Tanque (m)	0,10
Nivel perdido (m)	0,004
Tiempo (min)	3

En el Cuadro 23 se detalla los resultados del aforo llevado a cabo, por lo cual se concluye que la naciente tiene una producción de 0,51 l/s, no obstante, es importante aclarar, que el aforo llevado a cabo no se efectúa de forma correcta, ya que el mismo se debe de realizar en la fuente, pero esto se ve impedido, debido a que la captación no cuenta con una tubería de salida para realizar un aforo, por lo cual la medición efectuada únicamente es una posible aproximación del recurso hídrico existente en la comunidad. Cabe destacar que esta medición es posible únicamente en invierno, debido a que en estas fechas la producción es tan elevada que ocasiona que el tanque permanezca lleno.

Cuadro 23. Aforo – Barrio Jesús Arriba

Volumen Perdido Tanque (l)	35,15
Caudal Perdido (l/s)	0,20
Caudal Rebalse (l/s)	0,31
Caudal Naciente(l/s)	0,51

En el Anexo D, se puede apreciar la memoria de cálculo.

3.3.1.2. Balance Hídrico Actual

En cuanto al cálculo de la demanda hídrica, dado la dotación calculada mediante los datos de consumo del ChronoFlo 2 y la población de diseño, en el cabe destacar que el caudal de incendio necesario según el Reglamento nacional de protección contra incendios es de 32 l/s, no obstante, debido a que la comunidad de Barrio Jesús Arriba no cuenta con la disponibilidad hídrica solicitada en el reglamento, la norma establece que se debe construir hidrantes de succión, los cuales se conectaran a un tanque con reserva mínima para incendio. En cuanto a

la reserva mínima, el reglamento nacional de protección contra incendios, establece que para un residencial horizontal se debe contemplar un volumen mínimo de 57 m³.

Cuadro 24 se puede observar los caudales de diseño de la comunidad de Barrio Jesús Arriba, cabe destacar que el caudal de incendio necesario según el Reglamento nacional de protección contra incendios es de 32 l/s, no obstante, debido a que la comunidad de Barrio Jesús Arriba no cuenta con la disponibilidad hídrica solicitada en el reglamento, la norma establece que se debe construir hidrantes de succión, los cuales se conectarán a un tanque con reserva mínima para incendio. En cuanto a la reserva mínima, el reglamento nacional de protección contra incendios, establece que para un residencial horizontal se debe contemplar un volumen mínimo de 57 m³.

Cuadro 24. Caudales de Diseño – Situación actual – Barrio Jesús Arriba

Caudales	
Caudal Promedio Diario (l/s)	0,20
Caudal Máximo Diario (l/s)	0,24
Caudal Máximo Horario (l/s)	0,43
Caudal de Incendio (l/s)	32,00

En el Anexo D, se puede apreciar la memoria de cálculo.

Con respecto al volumen de almacenamiento necesario para la comunidad, en el Cuadro 25, se pueden observar los volúmenes de diseño para la comunidad de Barrio Jesús Arriba, además, se puede observar que el volumen de almacenamiento necesario es mucho menor que el volumen de almacenamiento existente en el acueducto. Es importante aclarar que el volumen de reserva para incendios lo establece el reglamento nacional de protección contra incendios, el mismo se contempla como un tanque de almacenamiento aparte al existente, utilizado únicamente para suministrar el caudal de incendio establecido por el reglamento.

Cuadro 25. Volúmenes de Almacenamiento – Situación Actual – Barrio Jesús Arriba

Volúmenes	
Volumen de regulación (m ³)	2,90
Volumen de reserva para incendios (m ³)	57,00
Volumen de reserva por interrupciones (m ³)	3,46
Volumen Total de Almacenamiento necesario (m ³) (a)	6,36
Volumen de almacenamiento existente (m ³)	15,64

En el Anexo D, se puede apreciar la memoria de cálculo.

(a) El volumen total no contempla el volumen de reserva para incendios

Por último, dado que la comunidad cuenta con el volumen de almacenamiento necesario para abastecer correctamente a la población, el caudal necesario para abastecer a la comunidad de Barrio Jesús Arriba correspondería al Caudal Máximo Diario, por lo tanto, en el Cuadro 26, se puede observar el cálculo del balance hídrico.

Cuadro 26. Balance Hídrico – Situación Actual – Barrio Jesús Arriba

Balance Hídrico	
Caudal Disponible (l/s)	0,51
Caudal Necesario (l/s)	0,24
Caudal sobrante (l/s)	0,27

En el Anexo D, se puede apreciar la memoria de cálculo.

Tomando en cuenta que el caudal disponible en la fuente es 0,51 l/s, y que el Acueducto de Barrio Jesús Arriba, necesita un Caudal Máximo Diario de 0,24 l/s, se concluye que el Acueducto si posee la disponibilidad hídrica para abastecer a la comunidad en la situación actual, no obstante, no se cuenta con la disponibilidad hídrica solicitada por el reglamento nacional de protección contra incendios, por lo tanto se procede a recomendar la construcción de un tanque de almacenamiento con una reserva mínima para incendios de 57 m³, misma establecida por dicho reglamento.

3.3.1.3. Balance Hídrico a 25 años

En cuanto al cálculo de la demanda hídrica, dado la dotación calculada mediante los datos medidos por el ChronoFlo 2 y la población de diseño para la situación a 25 años, en el Cuadro 27 se puede observar los caudales de diseño de la comunidad de Barrio Jesús Arriba, cabe destacar que el caudal de incendio necesario según el Reglamento nacional de protección contra incendios es de 32 l/s, no obstante, debido a que la comunidad de Barrio Jesús Arriba no cuenta con la disponibilidad hídrica solicitada en el reglamento, la norma establece que se debe construir hidrantes de succión, los cuales se conectaran a un tanque con reserva mínima para incendio. En cuanto a la reserva mínima, el reglamento nacional de protección contra incendios, establece que para un residencial horizontal se debe contemplar un volumen mínimo de 57 m³.

Cuadro 27. Caudales de Diseño – Situación a 25 años – Barrio Jesús Arriba

Caudales	
Caudal Promedio Diario (l/s)	0,23
Caudal Máximo Diario (l/s)	0,28
Caudal Máximo Horario (l/s)	0,50
Caudal de Incendio (l/s)	32,00

En el Anexo D, se puede apreciar la memoria de cálculo.

Con respecto al volumen de almacenamiento necesario para la comunidad, en el Cuadro 28, se pueden observar los volúmenes de diseño para la comunidad de Barrio Jesús Arriba, además, se puede observar que el volumen de almacenamiento necesario es mucho menor que el volumen de almacenamiento existente en el acueducto. Es importante aclarar que el volumen de reserva para incendios lo establece el reglamento nacional de protección contra incendios, el mismo se contempla como un tanque de almacenamiento aparte al existente, utilizado únicamente para suministrar el caudal de incendio establecido por el reglamento.

Cuadro 28. Volúmenes de Almacenamiento – Situación a 25 años – Barrio Jesús Arriba

Volúmenes	
Volumen de regulación (m3)	3,39
Volumen de reserva para incendios (m3)	57,00
Volumen de reserva por interrupciones (m3)	4,03
Volumen Total de almacenamiento (m3) (a)	7,42
Volumen de almacenamiento existente (m3)	15,64

En el Anexo D, se puede apreciar la memoria de cálculo.

(a) El volumen total no contempla el volumen de reserva para incendios

Por último, dado que la comunidad cuenta con el volumen de almacenamiento necesario para abastecer correctamente a la población, el caudal necesario para abastecer a la comunidad de Barrio Jesús Arriba correspondería al Caudal Máximo Diario (0,28 l/s), por lo tanto, en el Cuadro 29, se puede observar el cálculo del balance hídrico.

Cuadro 29. Balance Hídrico – Situación a 25 años – Barrio Jesús Arriba

Balance Hídrico	
Caudal Disponible (l/s)	0,51
Caudal Necesario (l/s)	0,28
Caudal sobrante (l/s)	0,23

En el Anexo D, se puede apreciar la memoria de cálculo.

Tomando en cuenta que el caudal disponible en la fuente es 0,51 l/s, y que el Acueducto de Barrio Jesús Arriba, necesita un Caudal Máximo Diario de 0,19 l/s, se concluye que el Acueducto si posee la disponibilidad hídrica para abastecer a la comunidad en la situación a 25 años, no obstante, no se cuenta con la disponibilidad hídrica solicitada por el reglamento nacional de protección contra incendios, por lo tanto se procede a recomendar la construcción de un tanque de almacenamiento con una reserva mínima para incendios de 57 m³, misma establecida por dicho reglamento.

3.3.2. Barrio Jesús Abajo

3.3.2.1. Aforos

En el acueducto de Barrio Jesús Abajo se llevó a cabo una prueba de bombeo en el pozo existente, el día 14 de julio del 2020, la misma tuvo una duración de 24 horas, con el fin de determinar el caudal que puede ser extraído por la fuente, en el Cuadro 30 se detallan las características de dicha prueba de bombeo.

Cuadro 30. Características de la prueba de bombeo – Barrio Jesús Abajo

Prueba a caudal	Variable, (24 horas, 1440 minutos)
Profundidad de la bomba	32,9 metros
Equipo de bombeo	2 HP
Tubo de descarga	2 pulgadas
Nivel Estático	6,17 metros
Nivel Dinámico final	20,75 metros
Caudal Extraído	Escalonada de 1,00 l/s y 0,50 l/s

Cabe destacar que los resultados de la prueba de bombeo fueron analizados por un Geólogo, inscrito en el Colegio de Geólogos de Costa Rica, el cual recomendó que se extrajera del pozo un caudal de 1,5 l/s, debido a que si se trata de explotar el pozo con caudales mayores a 1,5 l/s, se estaría poniendo en riesgo la operación de la bomba, debido a que se está cerca del límite de subsunción de la bomba, lo cual puede generar fibrilación del bombeo por estar encendiendo y apagando la bomba por la propia caída del nivel. Debido a ello recomiendan en la prueba de bombeo, un abatimiento no mayor a los 20 metros de profundidad.

Además de esto, también se generan otras recomendaciones en la prueba de bombeo:

- Se recomienda el cambio de la bomba a una de menor caballaje de 1,5 HP

- Se recomienda la realización de una nueva prueba de bombeo en época seca (Abril a Mayo), con el fin de determinar el potencial hídrico del pozo en época de estrés hidrológico

Por último, es importante aclarar, que la ASADA está en proceso de realizar la perforación de un nuevo pozo, para reforzar el recurso hídrico disponible en la comunidad.

3.3.2.2. Balance Hídrico Actual

Para el cálculo de la demanda hídrica en la situación actual, se debe contemplar la dotación bruta, la población de diseño y las horas de bombeo, en el Cuadro 31 se pueden observar dichos datos calculados anteriormente.

Cuadro 31. Datos base cálculo de la demanda hídrica – Situación Actual - Barrio Jesús Abajo

Datos	Valor	Unidades
Dotación Bruta	199,6	l/hab./día
Población de diseño	182	Hab.
Horas de bombeo	6,5	Horas

Para la determinación del caudal necesario para abastecer correctamente a la comunidad de Barrio Jesús Abajo, se debe calcular el caudal promedio, el caudal máximo diario y el caudal máximo horario, cabe destacar que el caudal de incendio necesario según el Reglamento nacional de protección contra incendios es de 32 l/s, no obstante, debido a que la comunidad de Barrio Jesús Abajo no cuenta con la disponibilidad hídrica solicitada en el reglamento, la norma establece que se debe construir hidrantes de succión, los cuales se conectaran a un tanque con reserva mínima para incendio. En cuanto a la reserva mínima, el reglamento nacional de protección contra incendios, establece que para un residencial horizontal se debe contemplar un volumen mínimo de 57 m³. En el Cuadro 32 se pueden observar los caudales de diseño de la comunidad de Barrio Jesús Abajo.

Cuadro 32. Caudales de Diseño – Situación Actual – Barrio Jesús Abajo

Caudales	
Caudal Promedio Diario (l/s)	0,42
Caudal Máximo Diario (l/s)	0,50
Caudal Máximo Horario (l/s)	0,90
Caudal de Incendio (l/s)	32,00

En el Anexo D, se puede apreciar la memoria de cálculo.

En cuanto al volumen de almacenamiento necesario en la comunidad, debido a que el sistema se abastece mediante bombeo, se requiere para la determinación del volumen de almacenamiento total, calcular el volumen de regulación y el volumen de incendio, cabe destacar que se bombea agua durante aproximadamente 6,5 horas, por lo cual, para la estimación del volumen de regulación, se debe contemplar el 46% del volumen máximo diario según lo establecido en el Cuadro 1. Es importante aclarar que el volumen de reserva para incendios lo establece el reglamento nacional de protección contra incendios, el mismo se contempla como un tanque de almacenamiento aparte al existente, utilizado únicamente para suministrar el caudal de incendio establecido por el reglamento. En el Cuadro 33 se puede observar el volumen de almacenamiento necesario para el acueducto de Barrio Jesús Abajo, así como el volumen existente en la comunidad.

Cuadro 33. Volúmenes – Situación Actual – Barrio Jesús Abajo

Volumen de regulación (m ³)	19,87
Volumen de reserva para incendios (m ³)	57,00
Volumen de Almacenamiento necesario (m ³) (a)	19,87
Volumen de Almacenamiento existente (m ³)	10

En el Anexo D, se puede apreciar la memoria de cálculo.

(a) El volumen total no contempla el volumen de reserva para incendios

Debido a que el volumen de almacenamiento necesario es mayor al volumen de almacenamiento existente, se debe determinar el caudal que puede proporcionar dicho almacenamiento existente. En el Cuadro 34 se detallan el caudal máximo diario y el caudal máximo horario que puede proporcionar el tanque de almacenamiento existente.

Cuadro 34. Caudal proporcionado por tanque existente – Barrio Jesús Abajo

Volumen de Almacenamiento existente (m ³)	10
Caudal Máximo Diario (l/s)	0,25
Caudal Máximo Horario (l/s)	0,45

En el Anexo D, se puede apreciar la memoria de cálculo.

Finalmente, se calcula el caudal necesario para la comunidad tomando en cuenta los caudales proporcionados por el tanque de almacenamiento existente y los caudales de diseño calculados para la comunidad, esto con el fin de realizar el balance hídrico en el Acueducto. En el Cuadro 35 se puede apreciar el caudal necesario en el acueducto, así como el caudal que puede proporcionar el pozo existen y el balance hídrico correspondiente.

Cuadro 35. Balance Hídrico – Situación Actual – Barrio Jesús Abajo

Caudal necesario (l/s)	0,70
Caudal pozo (l/s)	1,50
Balance Hídrico (l/s)	0,80

En el Anexo D, se puede apreciar la memoria de cálculo.

Tomando en cuenta que el caudal disponible en la fuente es 1,50 l/s, y que el Acueducto de Barrio Jesús Abajo, necesita para abastecer correctamente a la comunidad, un Caudal de 0,70 l/s, se concluye que el Acueducto posee la disponibilidad hídrica para abastecer a la comunidad en la situación actual, no obstante, como se determinó anteriormente, el Acueducto no posee volumen de almacenamiento necesario por la comunidad, teniendo un faltante aproximado de 10 m³. Por último, la comunidad no cuenta con la disponibilidad hídrica solicitada por el reglamento nacional de protección contra incendios, por lo tanto, se procede a recomendar la construcción de un tanque de almacenamiento con una reserva mínima para incendios de 57 m³, misma establecida por dicho reglamento.

3.3.2.3. Balance Hídrico a 25 años

Para el cálculo de la demanda hídrica en la situación a 25 años, se debe contemplar la dotación bruta, la población de diseño con proyección a 25 años y las horas de bombeo, en el Cuadro 36 se pueden observar dichos datos calculados anteriormente.

Cuadro 36. Datos base cálculo de la demanda hídrica – Situación a 25 años - Barrio Jesús Abajo

Datos	Valor	Unidades
Dotación Bruta	199,6	l/hab./día
Población de diseño	212	Hab.
Horas de bombeo	6,5	Horas

En el Anexo D, se puede apreciar la memoria de cálculo.

Para la determinación del caudal necesario para abastecer correctamente a la comunidad de Barrio Jesús Abajo, se debe calcular el caudal promedio, el caudal máximo diario y el caudal máximo horario, cabe destacar que el caudal de incendio necesario según el Reglamento nacional de protección contra incendios es de 32 l/s, no obstante, debido a que la comunidad de Barrio Jesús Abajo no cuenta con la disponibilidad hídrica solicitada en el reglamento, la norma establece que se debe construir hidrantes de succión, los cuales se conectaran a un tanque con reserva mínima para incendio. En cuanto a la reserva mínima, el reglamento nacional de protección contra incendios, establece que para un residencial horizontal se debe

contemplar un volumen mínimo de 57 m³. En el Cuadro 37 se pueden observar los caudales de diseño de la comunidad de Barrio Jesús Abajo.

Cuadro 37. Caudales de Diseño – Situación a 25 años – Barrio Jesús Abajo

Caudales	
Caudal Promedio Diario (l/s)	0,49
Caudal Máximo Diario (l/s)	0,59
Caudal Máximo Horario (l/s)	1,06
Caudal de Incendio (l/s)	32,00

En el Anexo D, se puede apreciar la memoria de cálculo.

En cuanto al volumen de almacenamiento necesario en la comunidad, debido a que el sistema se abastece mediante bombeo, se requiere para la determinación del volumen de almacenamiento total, calcular el volumen de regulación y el volumen de incendio, cabe destacar que se bombea agua durante aproximadamente 6,5 horas, por lo cual, para la estimación del volumen de regulación, se debe contemplar el 46% del volumen máximo diario según lo establecido en el Cuadro 1. Es importante aclarar que el volumen de reserva para incendios lo establece el reglamento nacional de protección contra incendios, el mismo se contempla como un tanque de almacenamiento aparte al existente, utilizado únicamente para suministrar el caudal de incendio establecido por el reglamento. En el Cuadro 38 se puede observar el volumen de almacenamiento necesario para el acueducto de Barrio Jesús Abajo, así como el volumen existente en la comunidad.

Cuadro 38. Volúmenes – Situación a 25 años – Barrio Jesús Abajo

Volumen de regulación (m ³)	23,45
Volumen de reserva para incendios (m ³)	57,00
Volumen de Almacenamiento necesario (m ³) (a)	23,45
Volumen de Almacenamiento existente (m ³)	10,00

En el Anexo D, se puede apreciar la memoria de cálculo.

(a) El volumen total no contempla el volumen de reserva para incendios

Debido a que el volumen de almacenamiento necesario es mayor al volumen de almacenamiento existente, se debe determinar el caudal que puede proporcionar dicho

almacenamiento existente. En el Cuadro 34 se detallan el caudal máximo diario y el caudal máximo horario que puede proporcionar el tanque de almacenamiento existente.

Finalmente, se calcula el caudal necesario para la comunidad tomando en cuenta los caudales proporcionados por el tanque de almacenamiento existente y los caudales de diseño calculados para la comunidad, esto con el fin de realizar el balance hídrico para el Acueducto. En el Cuadro 39 se puede apreciar el caudal necesario en el acueducto, así como el caudal que puede proporcionar el pozo existen y el balance hídrico correspondiente.

Cuadro 39. Balance Hídrico – Situación a 25 años – Barrio Jesús Abajo

Caudal necesario (l/s)	0,86
Caudal pozo (l/s)	1,50
Balance Hídrico (l/s)	0,64

En el Anexo D, se puede apreciar la memoria de cálculo.

Tomando en cuenta que el caudal disponible en la fuente es 1,50 l/s, y que el Acueducto de Barrio Jesús Abajo, necesita para abastecer correctamente a la comunidad, un Caudal de 0,86 l/s, se concluye que el Acueducto posee la disponibilidad hídrica para abastecer a la comunidad con una proyección poblacional de 25 años, no obstante, como se determinó anteriormente, el Acueducto no posee volumen de almacenamiento necesario por la comunidad, teniendo un faltante aproximado de 13,45 m³. Por último, la comunidad no cuenta con la disponibilidad hídrica solicitada por el reglamento nacional de protección contra incendios, por lo tanto, se procede a recomendar la construcción de un tanque de almacenamiento con una reserva mínima para incendios de 57 m³, misma establecida por dicho reglamento.

3.3.3. Concepción

3.3.3.1. Aforos

El acueducto de Concepción cuenta con 2 pozos en funcionamiento, los mismos trabajan con una bomba de 3 HP cada una, pudiendo bombear en total 3,15 l/s, cabe destacar que se bombea entre 6 a 7 horas por día.

Con respecto a los estudios de bombeo realizados, la ASADA no tiene información sobre si se han llevado a cabo estudios de bombeo en el acueducto, por lo cual no se cuenta con estudios que justifiquen el caudal extraído en la fuente. En el capítulo 4, se analiza con más profundidad las bombas utilizadas.

3.3.3.2. Balance Hídrico – Dotación Bruta – Situación Actual

Para el cálculo de la demanda hídrica en la situación actual, se debe contemplar la dotación bruta, la población de diseño y las horas de bombeo, en el Cuadro 40 se pueden observar dichos datos calculados anteriormente.

Cuadro 40. Datos base para cálculo de la demanda hídrica – Dotación Bruta – Situación Actual - Concepción

Datos	Valor	Unidades
Dotación Bruta	769,6	l/hab./día
Población de diseño	332	Hab.
Horas de bombeo	7	Horas

Para la determinación del caudal necesario para abastecer correctamente a la comunidad de Concepción, se debe calcular el caudal promedio, el caudal máximo diario y el caudal máximo horario, cabe destacar que el caudal de incendio necesario según el Reglamento nacional de protección contra incendios es de 32 l/s, no obstante, debido a que la comunidad de Concepción no cuenta con la disponibilidad hídrica solicitada en el reglamento, la norma establece que se debe construir hidrantes de succión, los cuales se conectaran a un tanque con reserva mínima para incendio. En cuanto a la reserva mínima, el reglamento nacional de protección contra incendios, establece que para un residencial horizontal se debe contemplar un volumen mínimo de 57 m³. En el Cuadro 41 se pueden observar los caudales de diseño de la comunidad de Concepción.

Cuadro 41. Caudales de Diseño – Dotación Bruta – Situación Actual – Concepción

Caudales	
Caudal Promedio Diario (l/s)	2,96
Caudal Máximo Diario (l/s)	3,55
Caudal Máximo Horario (l/s)	6,39
Caudal de Incendio (l/s)	32,00

En el Anexo D, se puede apreciar la memoria de cálculo.

En cuanto al volumen de almacenamiento necesario en la comunidad, debido a que el sistema se abastece mediante bombeo, se requiere para la determinación del volumen de almacenamiento total, calcular el volumen de regulación, el volumen de reserva por interrupciones y el volumen de incendio, de igual manera dado que se bombea por menos de 20 horas, no es necesario el cálculo del volumen de reserva para interrupciones, además, cabe

destacar que se bombea agua durante aproximadamente 7 horas, por lo cual, para la estimación del volumen de regulación, se debe contemplar el 46% del volumen máximo diario según lo establecido en el Cuadro 1. Es importante aclarar que el volumen de reserva para incendios lo establece el reglamento nacional de protección contra incendios, el mismo se contempla como un tanque de almacenamiento aparte al existente, utilizado únicamente para suministrar el caudal de incendio establecido por el reglamento. En el Cuadro 42 se puede observar el volumen de almacenamiento necesario para el acueducto de Concepción, así como el volumen existente en la comunidad.

Cuadro 42. Volúmenes – Dotación Bruta – Situación Actual – Concepción

Volumen de regulación (m ³)	141,09
Volumen de reserva para incendios (m ³)	57,00
Volumen de Almacenamiento necesario (m ³) (a)	141,09
Volumen de Almacenamiento existente (m ³)	27,44

En el Anexo D, se puede apreciar la memoria de cálculo.

(a) El volumen total no contempla el volumen de reserva para incendios

Debido a que el volumen de almacenamiento necesario es mayor al volumen de almacenamiento existente, se debe determinar el caudal que puede proporcionar dicho almacenamiento existente. En el Cuadro 43 se detallan el caudal máximo diario y el caudal máximo horario que puede proporcionar el tanque de almacenamiento existente.

Cuadro 43. Caudal proporcionado por tanque existente – Concepción

Volumen de Almacenamiento existente (m ³)	27,44
Caudal Máximo Diario (l/s)	0,69
Caudal Máximo Horario (l/s)	1,24

En el Anexo D, se puede apreciar la memoria de cálculo.

Finalmente, se calcula el caudal necesario para la comunidad tomando en cuenta los caudales proporcionados por el tanque de almacenamiento existente y los caudales de diseño calculados para la comunidad, esto con el fin de realizar el balance hídrico en el Acueducto. En el Cuadro 44 se puede apreciar el caudal necesario en el acueducto, así como el caudal que puede proporcionar los pozos existentes y el balance hídrico correspondiente.

Cuadro 44. Balance Hídrico – Dotación Bruta – Situación Actual – Concepción

Caudal necesario (l/s)	5,84
------------------------	------

Caudal pozo (l/s)	3,15
Balance Hídrico (l/s)	-2,69

En el Anexo D, se puede apreciar la memoria de cálculo.

Tomando en cuenta que el caudal disponible en la fuente es 3,15 l/s, y que el Acueducto de Concepción, necesita para abastecer correctamente a la comunidad, un Caudal de 5,84 l/s, se concluye que el Acueducto no posee la disponibilidad hídrica para abastecer a la comunidad en la situación actual, no obstante, como se determinó anteriormente, el Acueducto no posee volumen de almacenamiento necesario por la comunidad, teniendo un faltante aproximado de 113,65 m³. Por último, la comunidad no cuenta con la disponibilidad hídrica solicitada por el reglamento nacional de protección contra incendios, por lo tanto, se procede a recomendar la construcción de un tanque de almacenamiento con una reserva mínima para incendios de 57 m³, misma establecida por dicho reglamento.

3.3.3.3. Balance Hídrico – Caudal ChronoFlo2 – Situación Actual

Los datos medidos por el ChronFlo 2 reflejan el consumo de un pequeño periodo de tiempo del día 8 de diciembre del 2021, estos fueron tomados de 9:50 a.m a 1:17 p.m, de esta medición se determina que el consumo promedio en la comunidad fue de 0,31 l/s. En cuanto al caudal de incendio, el Reglamento nacional de protección contra incendios establece que se debe contar con un caudal de 32 l/s, no obstante, debido a que la comunidad de Concepción no cuenta con la disponibilidad hídrica solicitada en el reglamento, la norma establece que se debe construir hidrantes de succión, los cuales se conectaran a un tanque con reserva mínima para incendio. En cuanto a la reserva mínima, el reglamento nacional de protección contra incendios, establece que para un residencial horizontal se debe contemplar un volumen mínimo de 57 m³. En el Cuadro 45 se puede observar los caudales de diseño de la comunidad de Concepción en la situación actual.

Cuadro 45. Caudales de Diseño – ChronoFlo 2 – Situación Actual - Concepción

Caudal Máximo Horario (l/s)	0,67
Caudal Máximo Diario (l/s)	0,37
Caudal Promedio Diario (l/s)	0,31
Caudal de incendio (l/s)	32,00

En el Anexo D, se puede apreciar la memoria de cálculo.

Para el cálculo de la dotación, se hace uso de la población que actualmente se está abasteciendo, así como el Caudal Promedio Diario de la comunidad. En el Cuadro 46 se puede

observar la población que actualmente se está abasteciendo, así como la dotación correspondiente a la comunidad de Concepción.

Cuadro 46. Dotación – ChronoFlo 2 – Situación Actual - Concepción

Población (Hab.)	332
Dotación (l/Hab./día)	80,7

En el Anexo D, se puede apreciar la memoria de cálculo.

Con respecto al Volumen de almacenamiento necesario para la comunidad, debido a que el sistema se abastece mediante bombeo, se requiere para la determinación del volumen de almacenamiento total, calcular el volumen de regulación, el volumen de reserva por interrupciones y el volumen de incendio. Dado que se bombea por menos de 20 horas, no es necesario el cálculo del volumen de reserva para interrupciones, además, cabe destacar que se bombea agua durante aproximadamente 7 horas, por lo cual, para la estimación del volumen de regulación, se debe contemplar el 46% del volumen máximo diario según lo establecido en el Cuadro 1. Es importante aclarar que el volumen de reserva para incendios lo establece el reglamento nacional de protección contra incendios, el mismo se contempla como un tanque de almacenamiento aparte al existente, utilizado únicamente para suministrar el caudal de incendio establecido por el reglamento. En el Cuadro 47 se puede observar el volumen de almacenamiento necesario para el acueducto de Concepción, así como el volumen existente en la comunidad.

Cuadro 47. Volúmenes – ChronoFlo 2 – Situación Actual - Concepción

Volumen de regulación (m3)	23,05
Volumen de reserva para incendios (m3)	57,00
Volumen de Almacenamiento necesario (m3) (a)	23,05
Volumen de Almacenamiento existente (m3)	27,44

En el Anexo D, se puede apreciar la memoria de cálculo.

(a) El volumen total no contempla el volumen de reserva para incendios

Como se puede observar en el Cuadro 47, el volumen necesario es menor al volumen existente en la comunidad, debido a ello el caudal necesario para abastecer correctamente a la

comunidad de Concepción corresponde al Caudal Máximo Diario. En el Cuadro 48 se puede observar el Balance Hídrico del Acueducto de Concepción.

Cuadro 48. Balance Hídrico – ChronoFlo 2 – Situación Actual - Concepción

Caudal necesario (l/s)	0,37
Caudal pozo (l/s)	3,15
Balance Hídrico (l/s)	2,78

En el Anexo D, se puede apreciar la memoria de cálculo.

Tomando en cuenta que el caudal disponible en la fuente es 3,15 l/s, y que el Acueducto de Concepción, necesita para abastecer correctamente a la comunidad, un Caudal de 0,37 l/s, se concluye que el Acueducto si posee la disponibilidad hídrica para abastecer a la comunidad en la situación actual, no obstante, no se cuenta con la disponibilidad hídrica solicitada por el reglamento nacional de protección contra incendios, por lo tanto se procede a recomendar la construcción de un tanque de almacenamiento con una reserva mínima para incendios de 57 m³, misma establecida por dicho reglamento.

Es importante aclarar que debido al corto periodo de tiempo en el que se toman los datos de consumos, existe la posibilidad de que no se hayan medido los picos de consumo del acueducto.

3.3.3.4. Balance Hídrico – Dotación Teórica – Situación Actual

Para el cálculo de la demanda hídrica en la situación actual, se debe contemplar la dotación teórica, la población de diseño y las horas de bombeo, en el Cuadro 49 se pueden observar dichos datos calculados anteriormente.

Cuadro 49. Datos base para cálculo de demanda hídrica – Dotación Teórica – Situación Actual - Concepción

Datos	Valor	Unidades
Dotación Bruta	200	l/hab./día
Población de diseño	332	Hab.
Horas de bombeo	7	Horas

Para la determinación del caudal necesario para abastecer correctamente a la comunidad de Concepción, se debe calcular el caudal promedio, el caudal máximo diario y el caudal máximo horario, cabe destacar que el caudal de incendio necesario según el Reglamento nacional de protección contra incendios es de 32 l/s, no obstante, debido a que la comunidad de Concepción no cuenta con la disponibilidad hídrica solicitada en el reglamento, la norma establece que se debe construir hidrantes de succión, los cuales se conectarán a un tanque con reserva mínima para incendio. En cuanto a la reserva mínima, el reglamento nacional de protección contra incendios, establece que para un residencial horizontal se debe contemplar un volumen mínimo de 57 m³. En el Cuadro 50 se pueden observar los caudales de diseño de la comunidad de Concepción.

Cuadro 50. Caudales de Diseño – Dotación Teórica – Situación Actual – Concepción

Caudales	
Caudal Promedio Diario (l/s)	0,77
Caudal Máximo Diario (l/s)	0,92
Caudal Máximo Horario (l/s)	1,66
Caudal de Incendio (l/s)	32,00

En el Anexo D, se puede apreciar la memoria de cálculo.

En cuanto al volumen de almacenamiento necesario en la comunidad, debido a que el sistema se abastece mediante bombeo, se requiere para la determinación del volumen de almacenamiento total, calcular el volumen de regulación, el volumen de reserva por interrupciones y el volumen de incendio. Dado que se bombea por menos de 20 horas, no es necesario el cálculo del volumen de reserva para interrupciones, además, cabe destacar que se bombea agua durante aproximadamente 7 horas, por lo cual, para la estimación del volumen de regulación, se debe contemplar el 46% del volumen máximo diario según lo establecido en el Cuadro 1. Es importante aclarar que el volumen de reserva para incendios lo establece el reglamento nacional de protección contra incendios, el mismo se contempla como un tanque de almacenamiento aparte al existente, utilizado únicamente para suministrar el caudal de incendio establecido por el reglamento. En el Cuadro 51 se puede observar el volumen de almacenamiento necesario para el acueducto de Concepción, así como el volumen existente en la comunidad.

Cuadro 51. Volúmenes – Dotación Teórica – Situación Actual – Concepción

Volumen de regulación (m ³)	36,56
Volumen de reserva para incendios (m ³)	57,00
Volumen de Almacenamiento necesario (m ³)	36,56
Volumen de Almacenamiento existente (m ³)	27,44

En el Anexo D, se puede apreciar la memoria de cálculo.

(a) El volumen total no contempla el volumen de reserva para incendios

Debido a que el volumen de almacenamiento necesario es mayor al volumen de almacenamiento existente, se debe determinar el caudal que puede proporcionar dicho almacenamiento existente. En el Cuadro 43 se detallan el caudal máximo diario y el caudal máximo horario que puede proporcionar el tanque de almacenamiento existente.

Por último, se calcula el caudal necesario por la comunidad tomando en cuenta los caudales proporcionados por el tanque de almacenamiento existente y los caudales de diseño calculados para la comunidad, esto con el fin de realizar el balance hídrico en el Acueducto. En el Cuadro 52 se puede apreciar el caudal necesario en el acueducto, así como el caudal que puede proporcionar el pozo existen y el balance hídrico correspondiente.

Cuadro 52. Balance Hídrico – Dotación Teórica – Situación Actual – Concepción

Caudal necesario (l/s)	1,11
Caudal pozo (l/s)	3,15
Balance Hídrico (l/s)	2,04

En el Anexo D, se puede apreciar la memoria de cálculo.

Tomando en cuenta que el caudal disponible en la fuente es 3,15 l/s, y que el Acueducto de Concepción, necesita para abastecer correctamente a la comunidad, un Caudal de 1,11 l/s, se concluye que el Acueducto si posee la disponibilidad hídrica para abastecer a la comunidad en la situación actual, no obstante, como se determinó anteriormente, el Acueducto no posee volumen de almacenamiento necesario por la comunidad, teniendo un faltante aproximado de 9,12 m³. Por último, la comunidad no cuenta con la disponibilidad hídrica solicitada por el reglamento nacional de protección contra incendios, por lo tanto, se procede a recomendar la construcción de un tanque de almacenamiento con una reserva mínima para incendios de 57 m³, misma establecida por dicho reglamento.

3.3.3.5. Balance Hídrico – Comparación

En el Cuadro 53, se puede observar la gran diferencia entre la dotación bruta calculada con los datos proporcionados por la ASADA y la calculada mediante el consumo promedio medido por

el ChronoFlo 2, esto evidencia la existencia de un error por parte de la ASADA, en el cálculo para de determinar los consumos de cada mes, mismos que fueron utilizados para el cálculo de la Dotación Neta y la Dotación Bruta.

Cuadro 53. Comparación de Dotaciones

Dotación (l/Hab./día)	Teórica	Datos ASADA	ChronoFlo 2
	200	769,6	80,67
Caudal Promedio Diario (l/s)	0,77	2,96	0,48
Caudal Máximo Diario (l/s)	0,92	3,55	0,58
Caudal Máximo Horario (l/s)	1,66	6,39	1,04
Volumen Necesario (m ³)	36,56	141,09	23,05
Volumen existente (m ³)	27,44		
Caudal Necesario (l/s)	1,11	5,84	0,58
Caudal Pozo (l/s)	3,15		
Balance Hídrico (l/s)	2,04	-2,69	2,57

Es importante destacar que el presidente de la ASADA afirma que en el acueducto no se presentan interrupciones de la distribución del recurso hídrico, ocasionado por la falta de este, debido a ello existe una alta probabilidad de que los datos de consumos proporcionados por la ASADA no representen los verdaderos consumos en el Acueducto, esto debido a algún tipo de error a la hora de transferir los datos físicos a un documento digital de Excel o debido a un error a la hora de tomar los datos de los micro-medidores.

Debido a ello y a la falta de datos representativos, se hace uso de la dotación teórica establecida por el AyA para comunidades rurales, para la evaluación del Recurso Hídrico tanto actual como a 25 años.

3.3.3.6. Balance Hídrico – Dotación Teórica – a 25 años

Para el cálculo de la demanda hídrica en la situación a 25 años, se debe contemplar la dotación teórica, la población de diseño con proyección a 25 años y las horas de bombeo, en el Cuadro 54 se pueden observar dichos datos calculados anteriormente.

Cuadro 54. Datos base para cálculo de demanda hídrica – Dotación Teórica – Situación a 25 años - Concepción

Datos	Valor	Unidades
Dotación Bruta	200	l/hab./día
Población de diseño	396	Hab.
Horas de bombeo	7	Horas

Para la determinación del caudal necesario para abastecer correctamente a la comunidad de Concepción, se debe calcular el caudal promedio, el caudal máximo diario y el caudal máximo horario, cabe destacar que el caudal de incendio necesario según el Reglamento nacional de protección contra incendios es de 32 l/s, no obstante, debido a que la comunidad de Concepción no cuenta con la disponibilidad hídrica solicitada en el reglamento, la norma establece que se debe construir hidrantes de succión, los cuales se conectarán a un tanque con reserva mínima para incendio. En cuanto a la reserva mínima, el reglamento nacional de protección contra incendios, establece que para un residencial horizontal se debe contemplar un volumen mínimo de 57 m³. En el Cuadro 55 se pueden observar los caudales de diseño con una proyección a 25 años de la comunidad de Concepción.

Cuadro 55. Caudales de Diseño – Dotación Teórica – Situación a 25 años – Concepción

Caudales	
Caudal Promedio Diario (l/s)	0,92
Caudal Máximo Diario (l/s)	1,10
Caudal Máximo Horario (l/s)	1,98
Caudal de Incendio (l/s)	32,00

En el Anexo D, se puede apreciar la memoria de cálculo.

En cuanto al volumen de almacenamiento necesario en la comunidad, debido a que el sistema se abastece mediante bombeo, se requiere para la determinación del volumen de almacenamiento total, calcular el volumen de regulación, el volumen de reserva por interrupciones y el volumen de incendio. Dado que se bombea por menos de 20 horas, no es necesario el cálculo del volumen de reserva para interrupciones, además, cabe destacar que se bombea agua durante aproximadamente 7 horas, por lo cual, para la estimación del volumen de regulación, se debe contemplar el 46% del volumen máximo diario según lo establecido en el Cuadro 1. Es importante aclarar que el volumen de reserva para incendios lo establece el reglamento nacional de protección contra incendios, el mismo se contempla como un tanque

de almacenamiento aparte al existente, utilizado únicamente para suministrar el caudal de incendio establecido por el reglamento. En el Cuadro 56 se puede observar el volumen de almacenamiento necesario para el acueducto de Concepción con una proyección a 25 años, así como el volumen existente en la comunidad.

Cuadro 56. Volúmenes – Dotación Teórica – Situación Actual – Concepción

Volumen de regulación (m ³)	43,72
Volumen de reserva para incendios (m ³)	0
Volumen de Almacenamiento necesario (m ³)	43,72
Volumen de Almacenamiento existente (m ³)	27,44

En el Anexo D, se puede apreciar la memoria de cálculo.

Debido a que el volumen de almacenamiento necesario es mayor al volumen de almacenamiento existente, se debe determinar el caudal que puede proporcionar dicho almacenamiento existente. En el Cuadro 43 se detallan el caudal máximo diario y el caudal máximo horario que puede proporcionar el tanque de almacenamiento existente.

Por último, se calcula el caudal necesario para la comunidad tomando en cuenta los caudales proporcionados por el tanque de almacenamiento existente y los caudales de diseño calculados para la comunidad, esto con el fin de realizar el balance hídrico en el Acueducto con una proyección poblacional de 25 años. En el Cuadro 57 se puede apreciar el caudal necesario en el acueducto, así como el caudal que puede proporcionar el pozo existen y el balance hídrico correspondiente.

Cuadro 57. Balance Hídrico – Dotación Bruta – Situación a 25 años – Concepción

Caudal necesario (l/s)	1,43
Caudal pozo (l/s)	3,15
Balance Hídrico (l/s)	1,72

En el Anexo D, se puede apreciar la memoria de cálculo.

Tomando en cuenta que el caudal disponible en la fuente es 3,15 l/s, y que el Acueducto de Concepción, necesita para abastecer correctamente a la comunidad, un Caudal de 1,43 l/s, se concluye que el Acueducto si posee la disponibilidad hídrica para abastecer a la comunidad en

la situación a 25 años, no obstante, como se determinó anteriormente, el Acueducto no posee volumen de almacenamiento necesario por la comunidad, teniendo un faltante aproximado de 16,28 m³. Por último, la comunidad no cuenta con la disponibilidad hídrica solicitada por el reglamento nacional de protección contra incendios, por lo tanto, se procede a recomendar la construcción de un tanque de almacenamiento con una reserva mínima para incendios de 57 m³, misma establecida por dicho reglamento.

4. Capítulo 4: Estado actual de la infraestructura

4.1. Descripción de infraestructura existente

A continuación, se describe específicamente para cada comunidad, el estado actual de la infraestructura de los Acueductos de las comunidades de Barrio Jesús Arriba, Barrio Jesús Abajo y Concepción, se analizará la capacidad de las tuberías para transportar agua, así como la capacidad de la bomba existe, de igual manera se analizará el estado de tanques de almacenamientos, captaciones, tuberías, bombas y pozos. Por último, se realizará una evaluación de la vulnerabilidad de las infraestructuras existentes, mediante la aplicación de la herramienta GIRA.

4.1.1. Barrio Jesús Arriba

La comunidad de Barrio Jesús Arriba cuenta con un sistema de abastecimiento de agua el cual abastece a 17 previstas, de las cuales 2 corresponden a la escuela y a la iglesia, las 15 previstas restantes son de las casas de la comunidad. Dicho sistema se abastece por gravedad, esto debido a que la fuente de abastecimiento presente en la comunidad es una naciente, por lo cual la infraestructura principal que conforma dicho sistema de abastecimiento corresponde a:

- Captación de Naciente
- Tubería de Conducción
- Tubería de Distribución
- Tanque de Almacenamiento

En la Figura 16 se puede observar el croquis del acueducto existente.

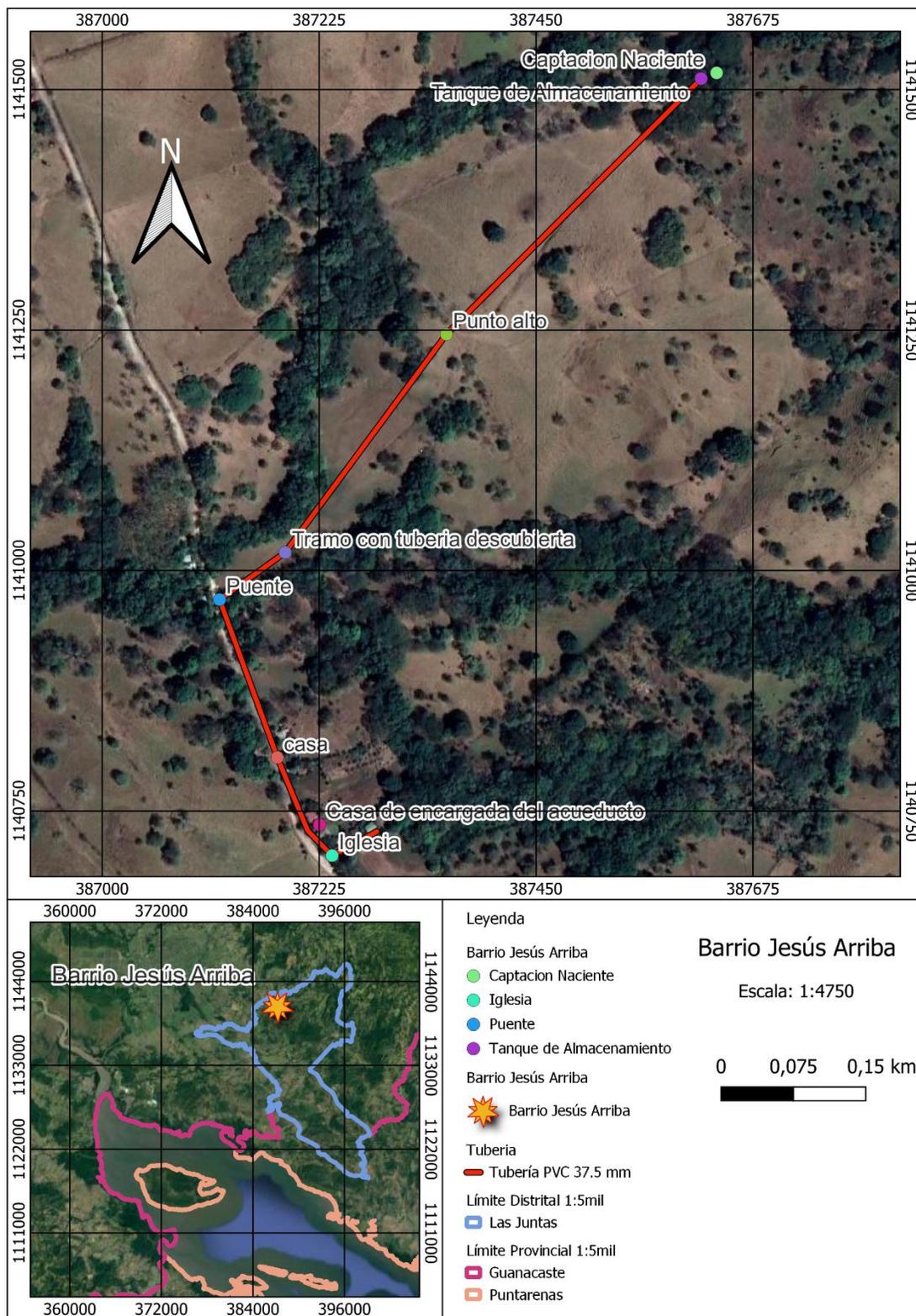


Figura 16. Acueducto de Barrio Jesús Arriba

A continuación, se describen las características de la infraestructura existente y en uso en la comunidad.

4.1.1.1. Captación de Naciente

La fuente de abastecimiento de la comunidad de Barrio Jesús Arriba, se encuentra captada mediante una estructura de concreto, la misma se halla en condiciones aceptables, eso debido a que no se presentan grietas o fugas de agua, no obstante, la captación no cuenta con una valla alrededor de la zona, para que la proteja de personas o animales, debido a esto los habitantes de la comunidad, cubren con un plástico negro la captación para tratar de evitar en cierta medida la contaminación de la fuente. Es importante aclarar que los encargados del acueducto no cuentan con la fecha en la cual se construyó la captación, pero se sabe que fue hace más de 30 años.

Con respecto a la estructura de la captación, esta cuenta con una tapa de concreto sin seguro, por lo tanto, los encargados del mantenimiento colocan rocas pesadas sobre la tapa de la captación, esto como medida de seguridad. Además de esto la captación carece de tubería de rebalse y de limpieza lo cual puede llegar a afectar negativamente la estructura en caso de que el tanque de almacenamiento este totalmente lleno, además de que no se puede aforar correctamente la fuente, también se debe aclarar, que la captación no cuenta con acera perimetral lo cual dificulta el acceso a la naciente, asimismo no cuenta con canales perimetrales para desviar el agua de escorrentía.

En la Figura 17 se puede observar la captación de la naciente que abastece la comunidad de Barrio Jesús Arriba.



Figura 17. Naciente - Barrio Jesús Arriba

Se debe destacar que dentro de la captación se acumulan muchas raíces pertenecientes a la vegetación alrededor de la captación, debido a ello, los encargados de la limpieza del tanque de almacenamiento aprovechan cada vez que realizan la limpieza del mismo, para recolectar las raíces que se encuentren dentro de la captación. En la Figura 18 se puede observar el interior de la captación.



Figura 18. Interior Naciente – Barrio Jesús Arriba

En cuanto a la zona donde se ubica la captación de la naciente, esta se caracteriza por contar con muchos árboles y vegetación alrededor, por lo cual en gran parte del área donde se ubica la captación, se presentan muchas hojas desprendidas, lo cual indica que no se realizan labores de limpieza del terreno cerca a la captación, también cabe destacar que dicha zona es utilizada para pastorear ganado, siendo esto una amenaza a para la conservación de la naciente. Por

último, se debe aclarar, que en las cercanías de la captación no se presentan aguas estancadas que puedan llegar a representar un peligro para la potabilidad de la naciente.

Respecto al área de protección de la naciente, se puede observar en la Figura 17 y en la Figura 19, la captación de la naciente no cuenta con un área de protección que satisface lo establecido en la Ley N° 276, Ley de Aguas, en la cual se establece que se debe mantener un área de protección de un radio mínimo de 200 metros, medidos horizontalmente. Como se puede observar en la Figura 19, dentro del área de protección predomina una poca cobertura vegetal, principalmente pastizales, además de ello, no se ubica ninguna casa, ninguna calle, no obstante, los terrenos donde se ubica la naciente, son utilizados para el pastoreo de ganado, por lo cual dentro de dicha área se puede contar con presencia de animales así como los desechos de los mismos, asimismo, la naciente está protegida únicamente por una cerca la cual no evita el acceso a personas o animales, debido a ello, existe el riesgo de contaminación del recurso hídrico.

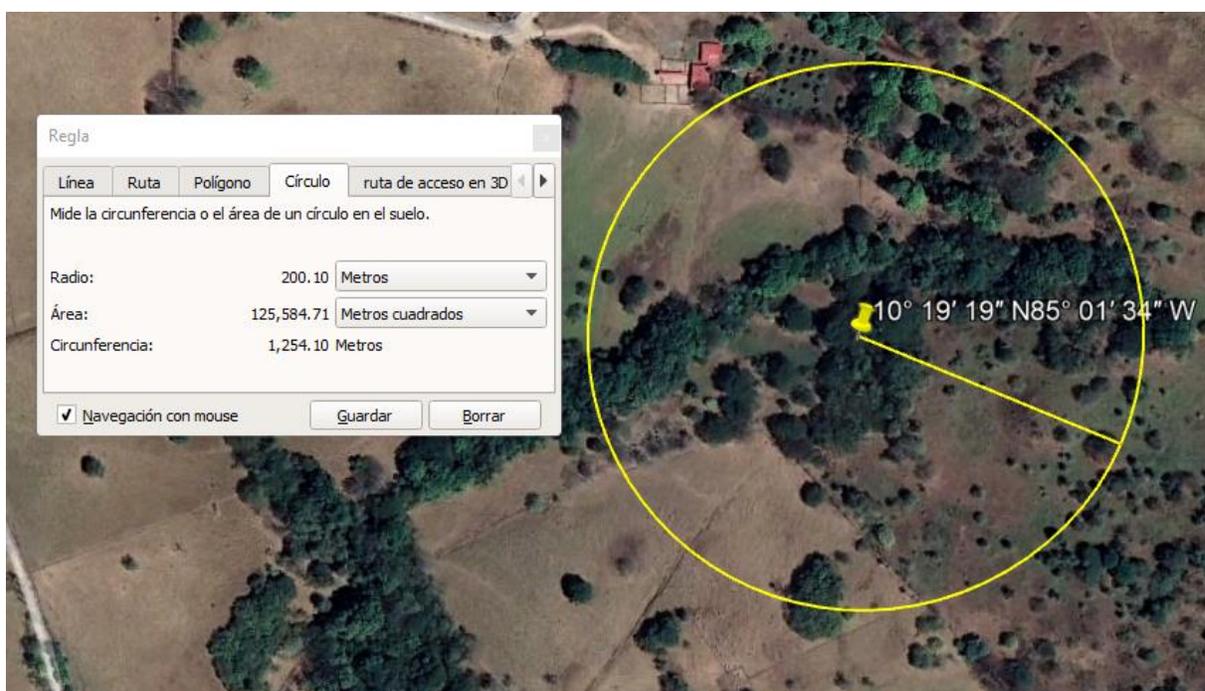


Figura 19. Área de protección naciente – Barrio Jesús Arriba

Fuente: Google earth, 2022

Además de esto, así como todos los componentes del sistema, la captación no se encuentra debidamente rotulada, debido a que en la comunidad no se lleva ningún tipo de orden en el

sistema de abastecimiento, es importante destacar que la propiedad tanto del tanque como de la naciente, no le pertenece a la comunidad, sino a los ganaderos de la zona, y que dicha naciente no ha sido concesionada ante el MINAE.

4.1.1.2. Tanque de Almacenamiento

La comunidad en estudio cuenta con un tanque de almacenamiento de concreto, construido mediante mampostería, de aproximadamente 15,64 m³, en el Cuadro 58 se detallan las dimensiones de dicho tanque, el mismo se puede observar en la Figura 20. Se debe destacar, que el tanque de almacenamiento se encuentra en condiciones deterioradas, ya que como se observa en la Figura 21, el tanque presenta filtración de agua por las paredes de concreto, es importante aclarar que los encargados del acueducto no saben si el tanque fue impermeabilizado en algún momento, además se puede observar algunas zonas cubiertas con musgo, dichas deficiencias indican que el tanque es muy viejo y no se le ha dado el mantenimiento adecuado. Cabe destacar que al igual que la captación de la naciente, los encargados del acueducto no cuentan con la fecha en la que fue construido el tanque de almacenamiento, no obstante, se sabe que tiene más de 20 años.

Cuadro 58. Información del tanque de almacenamiento – Barrio Jesús Arriba

Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Espesor de paredes (m)
3,35	2,99	1,98	0,1
Volumen Externo (m ³)			
19,83			
Volumen Interno (m ³)			
15,64			

Con respecto a la estructura del tanque de almacenamiento, este cuenta con una tapa de concreto, la cual a simple vista no aparenta ser higiénica, además de esto la tapa no presenta un sistema de cierre seguro, por otro lado, el tanque de almacenamiento cuenta con una tubería de rebalse sin rejilla, la cual evita el paso de insectos o animales pequeños dentro del tanque, además de esto se debe destacar que el tanque no cuenta con un clorador, por lo cual debido a estos factores se compromete la calidad del recurso hídrico. Cabe mencionar, que el tanque nunca ha sido pintado, presenta musgo y cuenta con un gran número de hojas encima, lo cual implica la inexistencia de la limpieza y el mantenimiento de la estructura exterior del tanque.



Figura 20. Tanque de almacenamiento - Barrio Jesús Arriba

Es importante aclarar, que el tanque de almacenamiento en uso, únicamente tiene 3 tuberías conectadas, la de conducción, la de distribución y la de rebalse, siendo esta última de 25 mm.



Figura 21. Fugas Tanque de almacenamiento - Barrio Jesús Arriba

En cuanto a la zona donde se ubica el tanque de almacenamiento, esta no cuenta con una valla protectora, que evite el paso de animales y personas ajenas a la comunidad, de manera que esto representa una amenaza en cuanto a la protección del recurso hídrico. Además de esto, la zona donde se ubica el tanque de almacenamiento, se caracteriza por contar con muchos árboles, debido a ello, dicha área presenta muchas hojas desprendidas, cabe destacar, que las fincas cercanas al tanque de almacenamiento, son utilizadas para pastorear ganado, lo

cual representa una amenaza a la calidad del recurso hídrico, no obstante, a simple vista no se logra destacar alguna fuente de contaminación que actualmente ponga en peligro la calidad del agua.

Además del tanque de almacenamiento existente y en uso, la comunidad también cuenta con un tanque de almacenamiento viejo de aproximadamente 2.81 m³, en el Cuadro 59 se detallan las dimensiones de dicho tanque. Se debe destacar que el tanque no se encuentra en uso, debido a múltiples daños que presenta, en la Figura 22 se puede observar el deterioramiento del tanque descrito.

Cuadro 59. Información tanque viejo – Barrio Jesús Arriba

Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Espesor de paredes (m)
1,93	1,18	1,86	0,1
Volumen Externo			
4,24			
Volumen Interno			
2,81			



Figura 22. Tanque de Almacenamiento Viejo – Barrio Jesús Arriba

4.1.1.3. Tubería de Distribución y Conducción

La tubería de conducción presente en el acueducto, es de PVC, se encuentra en su totalidad enterrada, además dicha tubería posee un diámetro de 50 mm. Respecto a la cedula de la

tubería, esta es desconocida por los encargados del acueducto, además como se puede observar en el Cuadro 60, la longitud aproximada de dicha tubería es de 17,11 m.

Cuadro 60. Información tubería de Conducción – Barrio Jesús Arriba

Tubería de Conducción			
Material	Longitud (m)	Diámetro (mm)	SDR
PVC	17,11	50	-

Respecto a la velocidad en la tubería de conducción, esta es de 0,12 m/s, siendo esta muchísima menor que la velocidad máxima de 5,00 m/s, permitida en la Normativa del AyA. En el Cuadro 61 se puede observar el diámetro de la tubería de conducción, así como el caudal de necesario para la comunidad en la situación actual, la velocidad correspondiente al diámetro existente y la velocidad máxima permitida por la normativa vigente.

Cuadro 61. Velocidad en Tubería de Conducción – Barrio Jesús Arriba

Diámetro (mm)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)	Velocidad Máxima (m/s)
50	0,24	0,12	5,00

En cuanto a la tubería de distribución del sistema de abastecimiento, esta se conforma por una tubería de PVC de 37,5 mm, con una cedula 32,5, cabe destacar que el acueducto no cumple con el diámetro mínimo (100 mm) establecido por el AyA, así como el diámetro mínimo (150 mm) en caso de que se requiera colocar un hidrante. Además de esto se debe destacar que gran parte de la tubería de distribución se encuentra al aire libre, de manera que no se cumple con la profundidad mínima de 0,80 metros, establecida por el AyA, asimismo, la exposición a la luz solar representa un riesgo para la vida útil del PVC debido a que este se daña, esto se puede observar en la Figura 23. En el Cuadro 62 se detalla la información de la tubería de distribución existente.



Figura 23. Tramo de tubería expuesta – Barrio Jesús Arriba

Cuadro 62. Información tubería Distribución – Barrio Jesús Arriba

Tubería de Distribución			
Material	Longitud (km)	Diámetro (mm)	SDR
PVC	1032,52	37,5	32,5

Respecto a la velocidad en la tubería de distribución, esta es de 0,22 m/s, siendo esta muchísima menor que la velocidad máxima de 3,00 m/s, permitida en la Normativa del AyA. En el Cuadro 63 se puede observar el diámetro de la tubería de conducción, así como el caudal de necesario para la comunidad en la situación actual, la velocidad correspondiente al diámetro existente y la velocidad máxima permitida por la normativa vigente.

Cuadro 63. Velocidad en Tubería de Distribución – Barrio Jesús Arriba

Diámetro (mm)	Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)	Velocidad Máxima (m/s)
37,5	0,24	0,22	3,00

Respecto a las fugas en las tuberías, tanto para la tubería de conducción, como para la tubería de distribución, no se logró visualizar alguna fuga en el sistema, además de esto, es importante aclarar que la comunidad no cuenta con un fontanero, por lo cual, no se cuentan con los conocimientos técnicos para operar y dar mantenimiento correctamente al acueducto. Cabe

destacar que, en la comunidad no existe interrupciones en el servicio de distribución del recurso hídrico, siendo esto un indicador positivo sobre la disponibilidad hídrica en la comunidad.

La comunidad no tiene planos del acueducto, lo cual limita la operación del mismo, no obstante en el Anexo C se presenta un croquis del sistema de abastecimiento de agua potable de la comunidad, cabe destacar que el mismo se realizó mediante la obtención de datos mediante GPS, en el Anexo B se pueden observar las coordenadas de los puntos tomados durante el recorrido de la comunidad, cabe destacar que los datos del GPS tienen una precisión que ronda los ± 5 metros, por lo cual en caso de que se requiera realizar un análisis hidráulico de las tuberías, no se cuenta con la información base para llevar a cabo dicho análisis.

Por último, la red de distribución carece del cloro residual recomendado por el reglamento para la calidad del agua potable dado que no cuentan con cloración en el sistema, debido a ello se pone en riesgo la calidad del recurso hídrico en la comunidad de Barrio Jesús Arriba.

4.1.2. Barrio Jesús Abajo

La comunidad de Barrio Jesús Abajo cuenta con un sistema de distribución de agua, el cual abastece a 54 previstas de la comunidad, de las cuales todas son tratadas como previstas domiciliarias. En cuanto al bastecimiento, el mismo se lleva a cabo mediante un sistema de bombeo, esto debido a que la fuente de abastecimiento presente en la comunidad es un pozo, por lo cual la infraestructura principal que conforma dicho sistema de abastecimiento corresponde a:

- Pozo
- Tubería de impulsión
- Bomba Hidráulica sumergible
- Tanque de almacenamiento
- Clorador
- Macromedidor
- Tubería de distribución

En la Figura 24 se puede observar el croquis del sistema de abastecimiento.

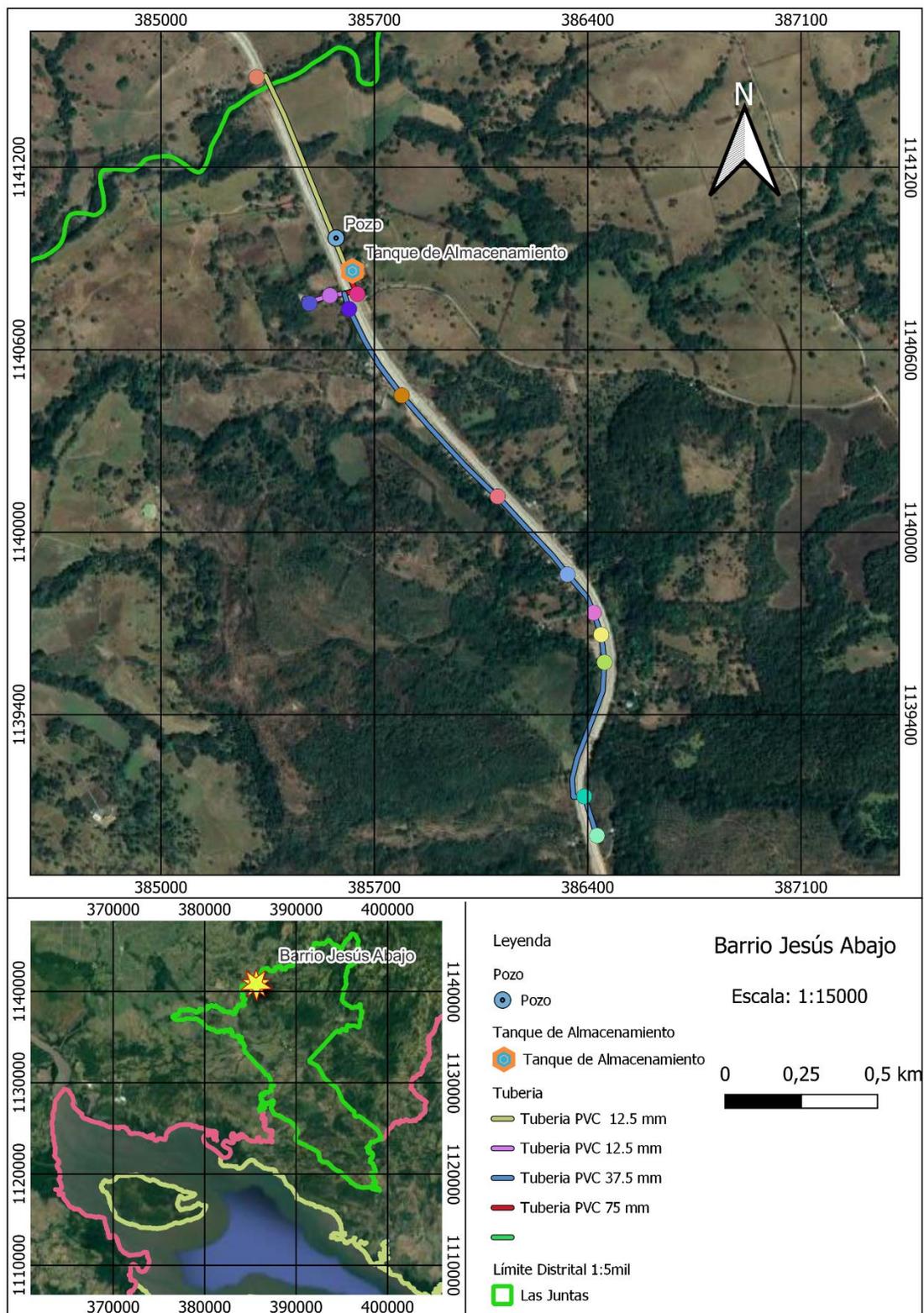


Figura 24. Acueducto de Barrio Jesús Abajo

Se debe destacar la existencia de una nueva red de distribución de 100 mm de polietileno de alta densidad, la cual está siendo financiada por la construcción de la nueva carretera, no obstante, debido a que dicha tubería aún no está en funcionamiento, no se realiza un análisis de la misma.

A continuación, se describen las características de la infraestructura existente y en uso en la comunidad.

4.1.2.1. Pozo y Tubería de Impulsión

En la Figura 25 se puede observar el terreno y la estructura que alberga el pozo que abastece la comunidad, el mismo posee una profundidad de 32,9 m, en cuanto a la tubería de impulsión, esta cuenta con un diámetro de 37,5 mm SDR 26. Cabe destacar que el pozo fue construido en el año 1978 por el Comité de Emergencia Nacional, el mismo se encuentra concesionado desde dicha época.

En cuanto al terreno que alberga el pozo, este se ubica a menos de 20 metros de la carretera principal, además de que cuenta con un área de aproximadamente 15 m², y se encuentra rodeado por fincas utilizadas para el pastoreo de ganado, asimismo dichos terrenos se encuentran enmontados lo cual puede propiciar un hábitat ideal para roedores o serpientes, cabe destacar que no se observan estancamientos de agua cerca del pozo, ni existen letrinas o tanques sépticos a menos de 40 metros de este.

Con respecto a la protección del pozo, este cuenta con una malla de protección, además de contar con un candado que impide el paso de personas ajenas a la comunidad, protegiendo así la bomba y el pozo, por otro lado, se debe destacar que no se cuenta con un canal de desagüe, que permita desviar las aguas debidas a la escorrentía.



Figura 25. Pozo – Barrio Jesús Abajo

Por último, es importante destacar, que la ASADA se encuentra en proceso de perforar un nuevo pozo, de manera que se va a reforzar el recurso hídrico disponible en la comunidad, así como contar con una fuente de agua alternativa en caso de que uno de los pozos falle. En cuanto a los estudios o datos del nuevo pozo, aun no se ha llevado a cabo ningún estudio que permita determinar la capacidad del pozo, así como otras características del mismo.

En la Figura 26, se puede observar como el pozo no cuenta un área de protección que satisface lo establecido en el Reglamento de Perforación de Subsuelo para la Exploración y Aprovechamiento de Aguas Subterráneas, donde se establece que en conformidad con los supuestos del artículo 8º de la Ley de Aguas N° 276 del 26 de agosto de 1942, se debe establecer una distancia de retiro de operación del pozo de hasta 40 metros, y como se puede observar en la Figura 26 dentro de dicha área de protección se tiene una de las carreteras nacionales, por la cual transita una gran cantidad de vehículos durante el día y la noche, así como estructuras cercanas al pozo, además, los terrenos cercanos al pozo son utilizados para pastorear ganado, por lo cual se compromete la integridad de la fuente de abastecimiento.

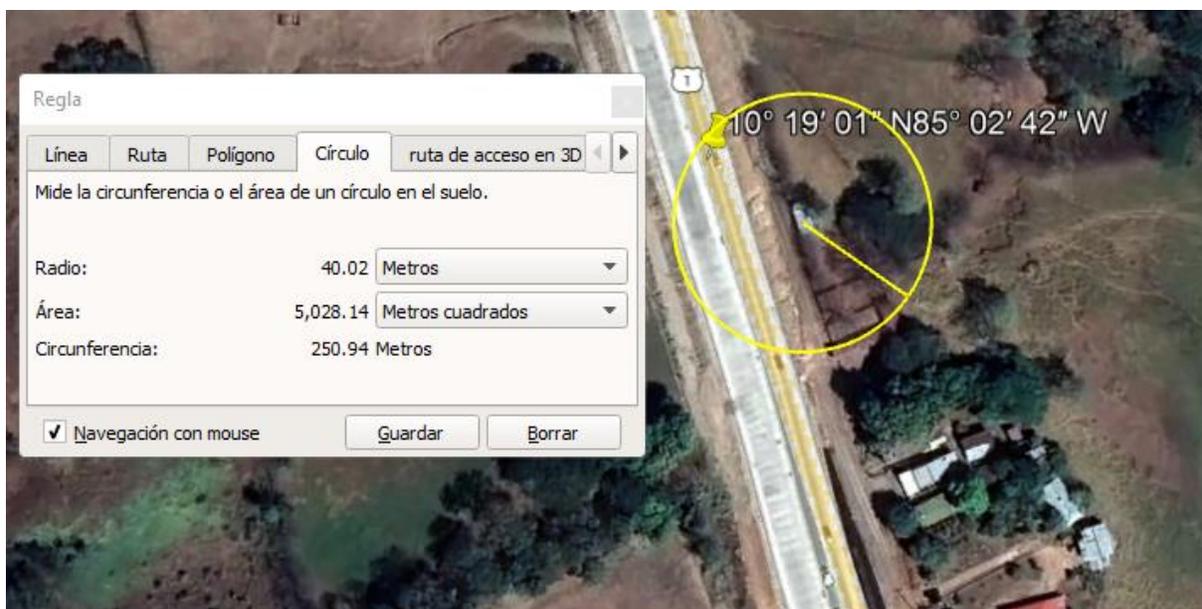


Figura 26. Área de protección Pozo – Barrio Jesús Abajo

Fuente: Google earth, 2022

Además de esto, así como todos los componentes del sistema, el pozo no se encuentra debidamente rotulado, debido a que en la comunidad no se lleva ningún tipo de orden en cuanto a señalización del sistema de abastecimiento. Es importante destacar que la propiedad tanto del tanque como del pozo, no le pertenece a la ASADA, sino a uno de los integrantes de la misma, no obstante, la ASADA se encuentra en proceso para pedir dichas propiedades como donación. Respecto a la concesión del pozo, este se encuentra concesionado.

4.1.2.2. Bomba Hidráulica

La bomba hidráulica existente en el acueducto de Barrio Jesús Abajo, se encuentra en buenas condiciones dentro del pozo, la misma se puede describir como una bomba sumergible ZETA ST-1814-20, con una potencia de 2,5 HP, la cual permite bombear un caudal de 1,5 l/s, cabe destacar que dicha bomba fue comprada en Marzo del 2022, debido a que se quemó la anterior bomba, asimismo la ASADA mantiene un constante mantenimiento de la bomba mediante la contratación de un técnico especialista en mantenimiento de bombas, dicha contratación se realiza cada 2 meses. En el Cuadro 64 se puede observar los datos del sistema de bombeo, así como el caudal bombeado actualmente, y el caudal necesario para la población actual, según el análisis hídrico del Capítulo 3.

Cuadro 64. Datos del sistema de Bombeo – Barrio Jesús Abajo

Caudal Bombeado Actualmente	1,5	l/s
Horas de Bombeo Actual	6,5	horas
Caudal Necesario	0,7	l/s
Pozo		
Longitud de bombeo	159,8	m
Altura de bombeo sin Hf	54,75	m
Diámetro de impulsión	37,5	mm

En cuanto a la situación actual del sistema de bombeo, en el Cuadro 65 se puede observar el análisis del sistema de bombeo actual, como se detalla en dicho cuadro, actualmente la comunidad bombea un caudal de 1,5 l/s durante un total de 6,5 horas aproximadamente, teniendo en cuenta dichos datos, así como la altura total de bombeo (Ht) y considerando una eficiencia en la bomba del 70 %, se determina que actualmente que el pozo, necesitan una potencia de mínima 1,56 HP. Por lo tanto, se concluye que actualmente el pozo posee la suficiente potencia en la bomba existente, para bombear 1,5 l/s, sin poner en riesgo el funcionamiento de la bomba, no obstante, debido a que actualmente se posee una bomba con más potencia de la necesaria, se puede estar generando un mayor consumo energético.

Cuadro 65. Análisis del sistema de bombeo actual – Barrio Jesús Abajo

Pozo	Horas	Qb (l/s)	Ht (m)	Potencia actual (HP)	Potencia (HP)
1	6,5	1,5	54,75	2,5	1,56

4.1.2.3. Tanque de Almacenamiento, Clorador y Macromedidor

El tanque de almacenamiento presente en la comunidad de Barrio Jesús Abajo, fue elaborado con polietileno de alta densidad, el mismo fue comprado en abril del 2021, además cuenta con un volumen de 10 m³. Dicho tanque, se encuentra elevado a una altura de aproximadamente 10 m, esto debido a que la zona no presenta mucha diferencia de altura, por ello, se presenta la necesidad de elevar el tanque, de manera que el sistema funcioné correctamente, en la Figura 27 se puede observar el tanque de almacenamiento elevado. Cabe destacar, que el tanque cuenta con una tubería de rebalse de 6,25 mm, una tubería de limpieza de 75 mm, y una tubería de salida (distribución) de 75 mm.

En cuanto al estado del tanque de almacenamiento elevado, este no presenta grietas ni golpes en su pared, además, cuenta con un mantenimiento constante de la estructura, ya que la

misma se encuentra libre de hojas y musgo. Por otro lado, el sistema de abastecimiento, cuenta con un clorador, el mismo, permite eliminar posibles contaminantes del recurso hídrico, cabe mencionar, que dentro del tanque no se presentan sedimentos o contaminantes de ningún tipo.

Con respecto a la seguridad del tanque de almacenamiento, el lote donde se encuentra el mismo, está cubierto por una malla de protección, en la cual, la entrada se encuentra asegurada mediante un candado evitando así la entrada de personas ajenas a la comunidad. Por último, se debe destacar, que la única fuente de contaminación cercana al tanque de almacenamiento son las viviendas que se encuentran a no más de 20 metros aproximadamente.



Figura 27. Tanque de Almacenamiento Barrio Jesús Abajo

Además del tanque de almacenamiento anteriormente descrito, el acueducto cuenta con un segundo tanque, el cual se encuentra en el mismo lote del tanque de almacenamiento elevado, el mismo es de aproximadamente 5 m³ (según presidente de la ASADA), este segundo tanque es de concreto y actualmente se encuentra deshabilitado, dado a su estado deteriorado. En la Figura 28 se puede observar el tanque descrito.



Figura 28. Tanque Viejo – Barrio Jesús Abajo

Por último, en torno al clorador y al macromedidor, estos se encuentran en el mismo lote del tanque de almacenamiento, además de que se observan en buen estado y en una zona segura. Respecto al clorador, este se encuentra conectado al tanque de almacenamiento, además de ello, el mismo funciona mediante pastillas, cabe destacar que para la dosificación de cloro en la red, la ASADA mantiene una dosis de dos pastillas cada 15 días. El clorador y el macromedidor se pueden observar respectivamente en la Figura 29 y la Figura 30.



Figura 29. Clorador – Barrio Jesús Abajo



Figura 30. Macromedidor - Barrio Jesús Abajo

4.1.2.4. Tubería de Distribución

La tubería de distribución existente es de PVC, además cuenta con diámetros diferentes a lo largo de la red de distribución, en el Cuadro 66 se detallan los diferentes diámetros existentes, así como su longitud aproximada y la cedula correspondiente. Con respecto al estado de la tubería, esta no presenta fugas ni golpes visibles, cabe mencionar que es muy poco frecuente que el servicio de distribución de agua sea interrumpido, lo cual es un indicador positivo del estado de la línea de distribución, así como de la disponibilidad hídrica en el acueducto.

Cuadro 66. Información tubería de Distribución – Barrio Jesús Abajo

Tubería de Distribución			
Material	Longitud (m)	Diámetro (mm)	SDR
PVC	121,39	75	26
	2389,14	37,5	
	880,13	12,5	

Respecto a las velocidades en la tubería de distribución, en el Cuadro 67, se presenta los diámetros existentes en el sistema, así como la cantidad máxima de previstas que abastece cada tubería, el caudal correspondiente a dichas previstas, la velocidad determinada y la velocidad máxima establecida por la normativa. Se debe destacar, que todas las velocidades de las tuberías son inferiores a la máxima establecida por la normativa del AyA.

Cuadro 67. Velocidad en Tubería de Distribución – Barrio Jesús Abajo

Diámetro	Previstas máximas que abastece	Caudal	Velocidad	Velocidad máxima
75	54	0,90	0,20	3
37,5	47	0,79	0,72	
12,5	5	0,08	0,65	

El mantenimiento de la tubería se da mediante la existencia de un fontanero, no obstante, dicho fontanero no cuenta con experiencia ni capacitaciones, debido a que no hace mucho tiempo inició en dicho puesto.

La ASADA no cuenta con planos esquemáticos del Sistema de Abastecimiento, lo cual dificulta en gran medida llevar una correcta administración y operación del sistema de abastecimiento, no obstante, en el Anexo C, se puede observar un croquis del sistema de abastecimiento, cabe destacar que dicho croquis se basa en los datos obtenidos mediante GPS, los mismos se pueden observar en el Anexo B, es importante aclarar que dichos datos tienen una precisión que ronda los ± 5 metros.

Aparte de ello, gran parte de la tubería de distribución se encuentra expuesta, lo cual representa un riesgo para la vida útil de la tubería, debido a que esta se daña al exponerse al sol indefinidamente, además de esto, se facilita el acceso a la tubería a personas ajenas a la comunidad, aumentando la probabilidad de que se conecten ilegalmente a la red, o incluso contaminar el recurso hídrico, en la Figura 31 se puede observar esta problemática.



Figura 31. Tubería Expuesta Barrio Jesús Abajo

4.1.3. Concepción

La comunidad de Concepción cuenta con un sistema de distribución de agua, el cual abastece a 92 viviendas de la comunidad, de las cuales todas son viviendas domiciliarias. En cuanto al abastecimiento, el mismo se lleva a cabo mediante un sistema de bombeo, esto debido a que la fuente de abastecimiento presente en la comunidad es un pozo, por lo cual la infraestructura principal que conforma dicho sistema de abastecimiento corresponde a:

- Pozo
- Tubería de impulsión
- Bomba Hidráulica sumergible
- Tanque de almacenamiento
- Clorador
- Tubería de distribución

En la Figura 32, se puede observar un croquis del sistema de abastecimiento de la comunidad de Concepción.

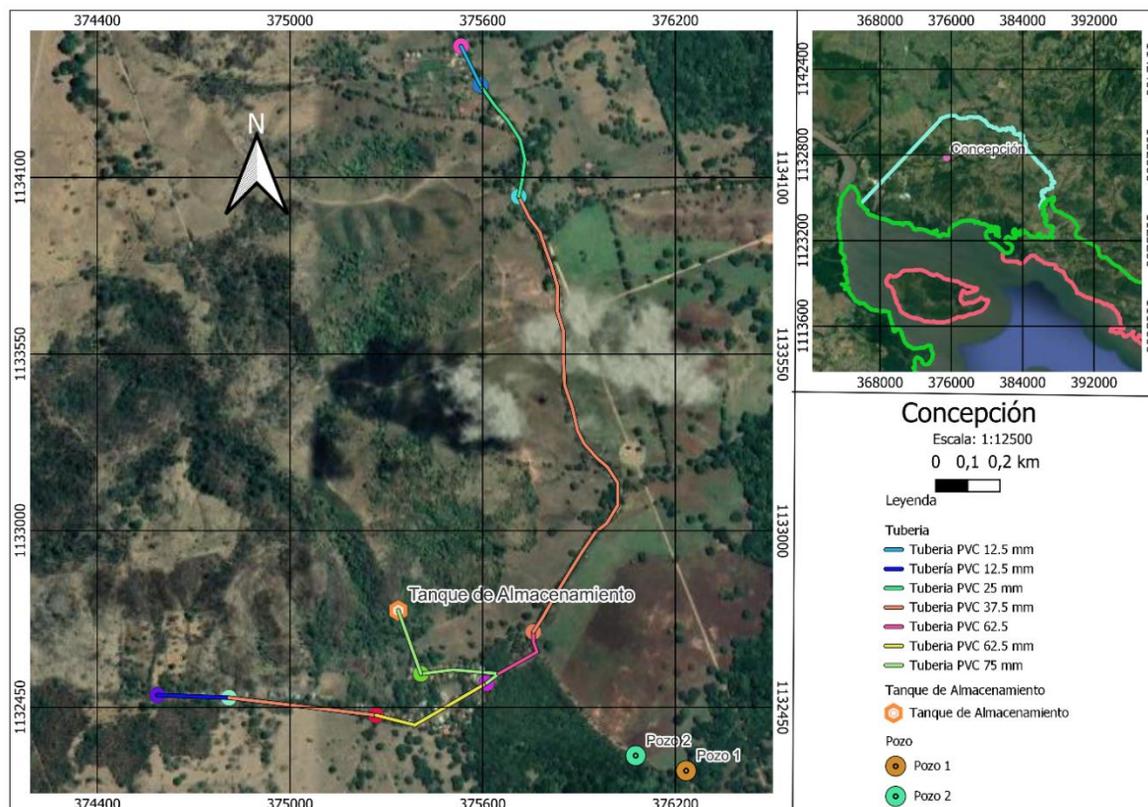


Figura 32. Acueducto de Concepción

A continuación, se describen las características de la infraestructura existente en la comunidad.

4.1.3.1. Pozo y tubería de impulsión

La comunidad de Concepción, cuenta con dos pozos como fuentes de abastecimiento, en la Figura 33 y la Figura 34 se muestran dichos pozos, los cuales cuentan con una profundidad de 30 metros y 39 metros respectivamente, además, se tiene una bomba de 3 caballos de fuerza (HP) en cada pozo. En cuanto a la tubería de impulsión de los pozos, en las dos fuentes se una tubería de 75 mm para la impulsión del recurso hídrico. Es importante aclarar, que la ASADA no cuenta con registros de la fecha en la que fueron construidos los dos pozos, no obstante, se sabe que tienen más de 30 años.

Con respecto a la estructura del pozo 1, este no cuenta con un canal de desagüe que permita evacuar correctamente la escorrentía superficial, además de esto, la caseta de bombeo no cuenta con una malla de protección, de manera que en el terreno donde se ubica el pozo, pueden acceder personas ajenas a la comunidad o animales, aumentando el riesgo de contaminación del recurso hídrico o hurto de los componentes del sistema. Cabe destacar, que la caseta de bombeo se encuentra en buen estado, la misma cuenta con un piso de concreto y paredes de concreto, no obstante, se observa musgo en los alrededores de la caseta, lo cual indica el bajo o inexistente mantenimiento y limpieza que se le da a los alrededores de la caseta de bombeo.

En cuanto a la seguridad sanitaria del pozo 1, no se observa la existencia de letrinas o tanques sépticos a menos de 40 metros de distancia del mismo, además de esto, no se observan contaminantes cercanos al pozo, ni se observa estancamiento de aguas en las cercanías de este, cabe destacar, que el pozo no se encuentra expuesto a la contaminación ambiental.

Por último, el terreno donde se ubica el pozo, limita con fincas que se encuentran enmontadas, así como con un río, por lo cual, es probable que exista presencia de roedores u otros animales cerca del pozo.



Figura 33. Pozo 1 – Concepción

Con respecto a la estructura del pozo 2, este no cuenta con un canal de desagüe que permita evacuar correctamente la escorrentía superficial, además de esto, la caseta de bombeo cuenta con una malla de protección, resguardando la fuente de abastecimiento de personas ajenas a la comunidad y animales, lo cual disminuye el riesgo de contaminación del recurso hídrico, así como del hurto de los componentes del sistema. Cabe destacar, que la caseta de bombeo se encuentra en buen estado, la misma cuenta con un piso de concreto y paredes de concreto.

En cuanto a la seguridad sanitaria del pozo 2, no se observa la existencia de letrinas o tanques sépticos a menos de 30 metros de distancia del mismo, además de esto, no se observan contaminantes cercanos al pozo, ni se observa estancamiento de aguas en las cercanías de este, cabe destacar, que el pozo no se encuentra expuesto a la contaminación ambiental.

Por último, el terreno donde se ubica el pozo, limita con fincas que se encuentran enmontadas, así como con un río, por lo cual, es probable que exista presencia de roedores u otros animales cerca del pozo, además de ello, en los pozos se da el desprendimiento de sedimentos, lo cual puede llegar a afectar negativamente la calidad del recurso hídrico, así como dañar el equipo de bombeo.



Figura 34. Pozo 2 – Concepción

Con respecto al área de protección de los pozos, en la Figura 35 y la Figura 36, se puede observar cómo los pozos no cuentan con un área de protección que satisfice lo establecido en el Reglamento de Perforación de Subsuelo para la Exploración y Aprovechamiento de Aguas Subterráneas, donde se establece que en conformidad con los supuestos del artículo 8º de la Ley de Aguas N° 276 del 26 de agosto de 1942, se debe establecer una distancia de retiro de operación del pozo de hasta 40 metros, y como se puede observar en la dichas figuras, dentro del área de protección se tiene una carretera que corresponde a una de las entradas a la comunidad, por lo cual es muy probable que en dicha zona se dé mucho tránsito tanto de personas, como de vehículos, además, los terrenos cercanos al pozo son utilizados para agricultura, por lo cual se compromete la integridad de la fuente de abastecimiento.

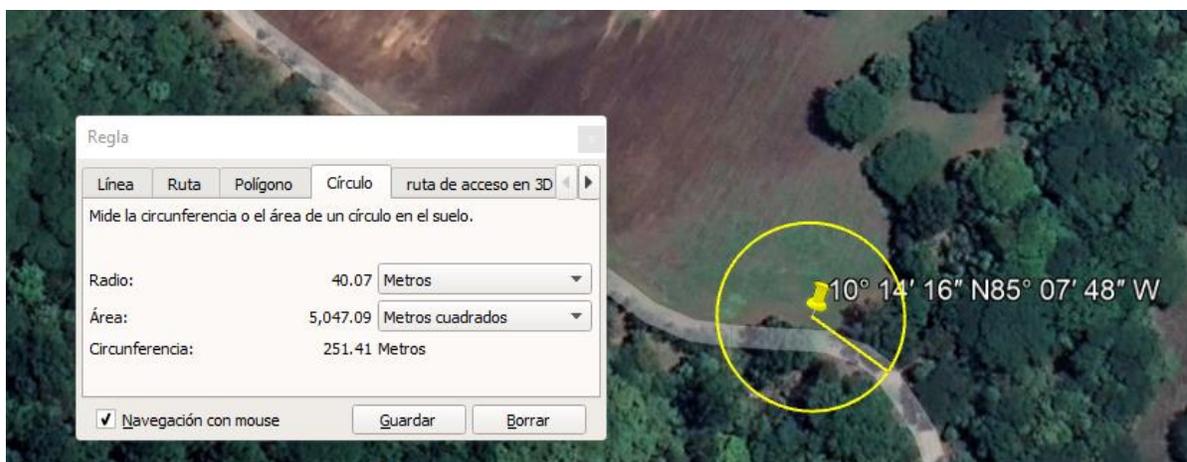


Figura 35. Área de protección Pozo 1 – Concepción

Fuente: Google earth, 2022



Figura 36. Área de protección pozo 2 – Concepción

Fuente: Google earth, 2022

Además de esto, así como todos los componentes del sistema, los pozos no se encuentran debidamente rotulados, debido a que en la comunidad no se lleva ningún tipo de orden en cuanto a señalización del sistema de abastecimiento. Es importante destacar que la propiedad tanto del tanque como de los pozos, no le pertenecen a la ASADA, dichos terrenos son propiedad de un empresario que no pertenece a la comunidad, lo cual puede dificultar la comunicación, aun así, la ASADA actualmente se encuentra en proceso para pedir dichas propiedades como donación. Respecto a las concesiones de los pozos, la ASADA no está totalmente segura si los pozos se encuentran debidamente concesionados.

En cuanto a la zona de recarga del pozo, la comunidad no tiene identificado dicha zona, además de esto la ASADA no cuenta con estudios de bombeo analizados por un geólogo, de manera que no se cuenta con los caudales que pueden explotar del pozo sin provocar la sobreexplotación del mismo.

4.1.3.2. Bomba Hidráulica

Las bombas hidráulicas utilizadas en los dos pozos son sumergibles, las mismas se ubican a una profundidad aproximadamente de 20 metros y 29 metros en el pozo 1 y 2 respectivamente, además de ello, ambas bombas poseen una potencia de 3 HP (caballos de fuerza), las mismas bombean actualmente un caudal de 25 galones por minuto, obteniendo un total de 50 galones por minuto (3,15 l/s); dichas bombas se mantienen en funcionamiento aproximadamente un total de 7 horas durante el día, cabe destacar, que durante la noche las bombas permanecen apagadas debido a que los tanques se mantienen llenos.

En el Cuadro 68 se puede observar los datos base para el análisis del sistema de bombeo, es importante aclarar que según el análisis hídrico realizado en el Capítulo 3, actualmente se necesita un caudal de 1,11 l/s, por lo cual es necesario obtener de ambos pozos un caudal de 0,56 l/s, cabe destacar que dicho caudal necesario fue determinado mediante la dotación teórica, por lo cual los cálculos, no reflejan la situación real del acueducto.

Cuadro 68. Datos del sistema de Bombeo – Concepción

Caudal Bombeado Actualmente Total			3,15		l/s
Caudal Bombeado Actualmente Pozo 1			1,58		l/s
Caudal Bombeado Actualmente Pozo 2			1,58		l/s
Horas de Bombeo Actual			7		horas
Caudal Necesario			1,11		l/s
Pozo 1			Pozo 2		
Longitud de bombeo	1199,32	m	Longitud de bombeo	1035,75	m
Caudal Necesario	0,56	l/s	Caudal Necesario	0,56	l/s
Altura de bombeo sin hf	85	m	Altura de bombeo sin hf	94	m
Diámetro de impulsión	75	mm	Diámetro de impulsión	75	mm

En el Cuadro 69 se puede observar el análisis de la situación actual del sistema de bombeo, como se detalla en dicho cuadro, actualmente la comunidad bombea un caudal de 1,58 l/s durante un total de 7 horas aproximadamente, teniendo en cuenta dichos datos, así como la altura total de bombeo (Ht) y considerando una eficiencia en las bombas del 70 %, se determina que actualmente que los pozos 1 y 2, necesitan una potencia de mínimo 2,56 y 2,83 HP respectivamente. Por lo tanto, se concluye que actualmente ambos pozos poseen la suficiente potencia en las bombas existentes, para bombear un total de 3,15 l/s, sin poner en riesgo el funcionamiento de la bomba. Es importante aclarar, que debido a que no se cuenta con ningún tipo de estudio en el pozo, no se sabe con exactitud la disponibilidad hídrica del mismo, por lo cual se podría estar sobre explotando el pozo sin tener conocimiento de ello.

Cuadro 69. Análisis del sistema de bombeo actual

Pozo	Horas	Qb (l/s)	Ht (m)	Potencia actual (HP)	Potencia (HP)
1	7	1,58	85	3	2,56
2	7	1,58	94	3	2,83

Respecto al consumo eléctrico de las bombas, el presidente de la ASADA indica que se paga aproximadamente 170 mil colones mensuales en electricidad, además de ello, el presidente de la ASADA también indica que dichas bombas son remplazadas por bombas nuevas cada año, debido a que el sedimento presente en los pozos daña las bombas. Cabe destacar que, en el Capítulo 5, se detalla el contenido de sólidos disueltos en el agua, el cual se encuentra muy elevado, concordando esto con los sedimentos que han dañado a la bomba.

Dicha sedimentación se puede estar dando debido al tipo de suelo donde se construyeron los pozos, dado que no se realizó ningún tipo de estudio para la perforación de los mismos, por lo cual no se conoce los tipos de suelos en los que se ubican las fuentes de abastecimiento, además de ello, el arrastre de sedimento por parte de la bomba, se puede estar dando debido a dos motivos, el primero sería una deficiente construcción del pozo, más específicamente una deficiente construcción del filtro del pozo, en la Figura 37 se puede observar un croquis representativo de un pozo perforado. Asimismo, el segundo motivo por el cual se podría estar dando el arrastre de sedimentos, es debido a una sobre explotación del pozo, lo que ocasiona que el abatimiento del mismo baje hasta el nivel del filtro, en este caso el agua se escurre tan rápido por la rejilla del filtro, provocando un mayor arrastre de sedimentos, dicha suposición

es debida a que la ASADA no cuenta con un estudio de bombeo que justifique el caudal de extracción de agua actual.

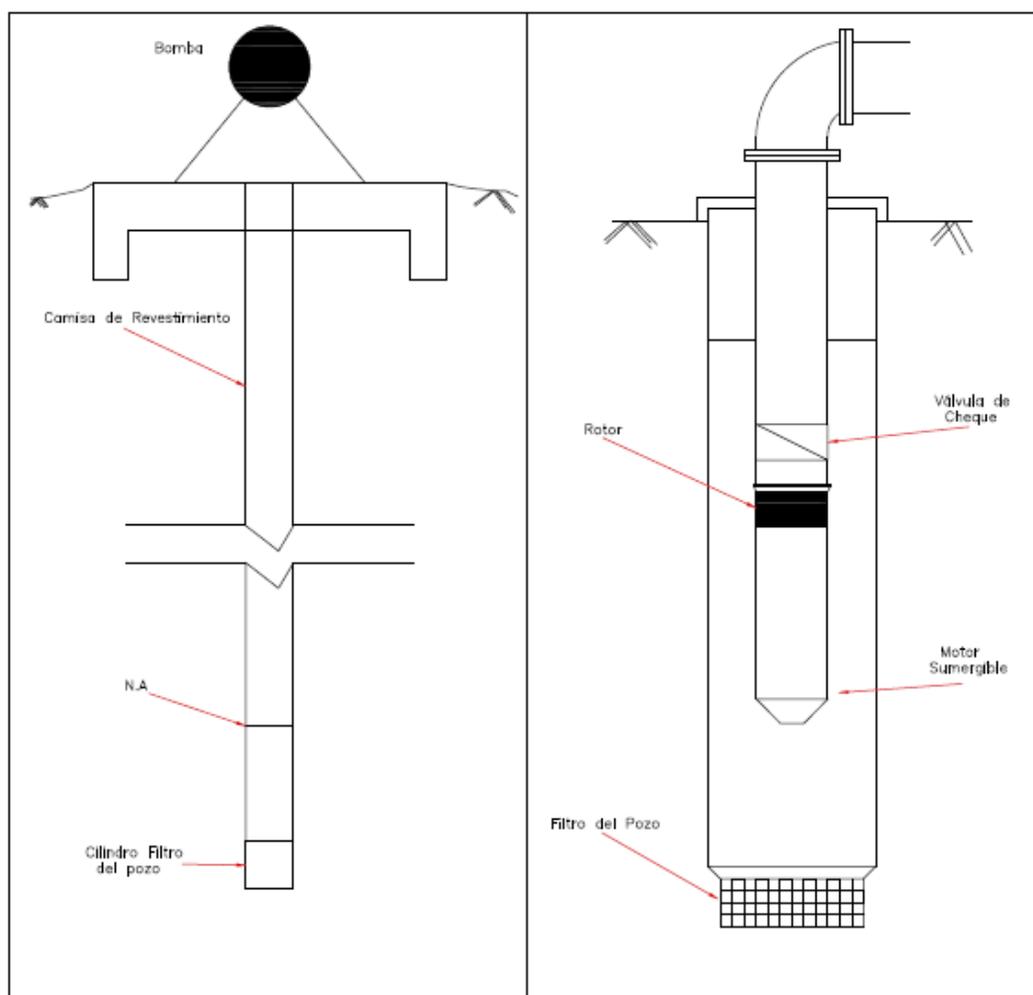


Figura 37. Croquis de Pozos

Fuete: (López Cualla, 2003)

4.1.3.3. Tanque de Almacenamiento y clorador

En la Figura 38 se puede observar los dos tanques existentes en la comunidad, no obstante, solo uno de ellos se encuentra en uso debido a la falta de mantenimiento, en la Figura 39 se puede observar más específicamente el tanque de almacenamiento en uso, dicho tanque es de concreto y tiene un volumen de aproximadamente $27,44 \text{ m}^3$, en el Cuadro 70 se detallan las dimensiones del tanque. Respecto a la edad de los tanques de almacenamiento, la ASADA no cuenta con registros sobre la fecha de su construcción, no obstante, se sabe que tienen más de 30 años. Respecto a las tuberías del rebalse y limpieza del tanque de almacenamiento,

este cuenta con una tubería de rebalse de PVC 75 mm SDR 32,5, así como una tubería de limpieza de PVC 75 mm SRD 32,5.



Figura 38. Tanques existentes – Concepción

En cuanto a la estructura del tanque de almacenamiento, esta no presenta grietas en sus paredes, ni en su losa superior; en cuanto a la tapa del tanque, esta es metálica, y cuenta con un candado como medida de seguridad. Cabe destacar, que la estructura externa del tanque de almacenamiento carece de mantenimiento, ya que como se puede observar tanto en la Figura 38 como en la Figura 39, el tanque no cuenta con pintura, ni se sabe si ha sido impermeabilizado, además de esto, el tanque se encuentra cubierto de musgo y dentro del mismo se da la presencia de sedimentos, esto debido a que en los pozos se da el desprendimiento de los mismos.

Cuadro 70. Dimensiones del tanque de almacenamiento - Concepción

Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Espesor de paredes (m)
4	4	1,9	0,1
Volumen Externo (m ³)			
30,40			
Volumen Interno (m ³)			
27,44			

Con respecto a la seguridad del tanque, el terreno donde se ubica el tanque de almacenamiento, no cuenta con una malla protectora, que evite la presencia de individuos

ajenos a la comunidad o animales, lo cual pone en riesgo la calidad del recurso hídrico, no obstante, la tapa del tanque de almacenamiento cuenta con un candado, de tal manera que se protege de la contaminación en cierta medida, además de esto, el tanque de almacenamiento cuenta con una tubería de rebalse, sin embargo, la misma no cuenta con rejillas de protección. Por último, no se observan fuentes de contaminación cercanas al tanque.



Figura 39. Tanque de Almacenamiento en Uso – Concepción

En cuanto al segundo tanque, se puede observar en la Figura 38, que este se encuentra totalmente cubierto de musgo debido a la falta de mantenimiento, no obstante, el tanque no se observa lo suficientemente deteriorado como para ser inservible, de tal forma que en un futuro en caso que la comunidad lo necesite, se puede reparar dicho tanque. En el Cuadro 71 se detallan las dimensiones del tanque, donde se puede observar que el tanque tiene un volumen aproximadamente de 12,35 m³.

Cuadro 71. Dimensiones tanque viejo - Concepción

Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Espesor de paredes (m)
2,75	2,75	1,9	0,10
Volumen Externo (m ³)			
14,37			
Volumen Interno (m ³)			
12,35			

Por último, en la Figura 40 se puede observar el clorador utilizado por la comunidad de Concepción, el mismo se ubica encima del tanque de almacenamiento en uso. Dicho clorador funciona mediante pastillas, y la ASADA aplica una dosis de dos pastillas cada quince días.



Figura 40. Clorador – Concepción

4.1.3.4. Tubería de Distribución

En el acueducto de Concepción, se presenta mucha variedad en cuanto a los diámetros de la tubería de distribución, cabe destacar que el acueducto no cuenta con el diámetro mínimo (100 mm) establecido por el AyA, de igual forma tampoco se cuenta con el diámetro mínimo (150 mm) necesario en caso de que se requiera colocar un hidrante. En el Cuadro 72 se puede observar los diferentes diámetros presentes en el acueducto, así como la longitud aproximada de dichas tuberías.

Cuadro 72. Información tubería – Concepción

Tubería de Distribución			
Material	Longitud (m)	Diámetro (mm)	SDR
PVC	435,33	75	32,5
	568,42	62,5	
	1737,31	37,5	
	31,02	32,5	
	394,12	25	
	610,94	12,5	

Respecto a las velocidades en la tubería de distribución, en el Cuadro 73, se presenta los diámetros existentes en el sistema, así como la cantidad máxima de previstas que abastece cada tubería, el caudal correspondiente a dichas previstas y la velocidad determinada. Se debe destacar, que todas las velocidades de las tuberías son inferiores a la velocidad máxima de 3,00 m/s establecida por la normativa del AyA.

Cuadro 73. Velocidades en tubería de distribución - Concepción

Diámetro	Previstas máximas abastecidas	Caudal (l/s)	v (m/s)
75	92	1,66	0,38
62,5	52	0,94	0,31
37,5	18	0,32	0,29
32,5	11	0,2	0,24
25	14	0,25	0,51
12,5	12	0,12	0,98

En cuanto a las fugas de agua presentes en la red, no se visualizó ninguna, no obstante, el presidente de la ASADA afirma que existe una zona, en la cual comúnmente se tienen fugas de agua, cabe destacar que la ASADA no tiene contratado un fontanero fijo, por lo cual, no se cuentan con los conocimientos técnicos para solucionar correctamente dicho problema. Cabe destacar que dicha fuga, solo afecta el sector de la comunidad conocido como "Los pájaros", asimismo, es importante aclarar, que cuando no existe fugas en la red, no se dan interrupciones en el servicio de distribución del recurso hídrico, siendo esto un indicador positivo de la disponibilidad hídrica en el acueducto.

Además de esto, la ASADA no tiene planos del acueducto, lo cual limita la administración y la operación del mismo, no obstante, en el Anexo C, se puede observar un croquis del sistema de abastecimiento, cabe destacar que dicho croquis se basa en los datos obtenidos mediante GPS, los mismos se pueden observar en el Anexo B, es importante aclarar que dichos datos tienen una precisión que ronda los ± 5 metros.

4.2. Evaluación de la infraestructura existente

Seguidamente se hará uso de la herramienta GIRA, para evaluar la vulnerabilidad sanitaria de las infraestructuras de los acueductos en estudio.

4.2.1. Barrio Jesús Arriba

4.2.1.1. Fuente de abastecimiento

En el Cuadro 74 se puede visualizar las preguntas utilizadas para la evaluación de la naciente existente, donde se puede observar las múltiples deficiencias que presenta la captación de la naciente, entre las cuales se puede destacar la inexistencia de una malla protectora, para evitar que animales y personas ajenas a la comunidad tengan acceso a la fuente de abastecimiento, así como la existencia de raíces dentro de la captación, otro punto importante a destacar, es la inexistencia de un cierre seguro para la captación, permitiendo que cualquier persona pueda acceder al recurso hídrico, de manera que se pone en peligro la calidad del agua, por lo tanto, se concluye que la vulnerabilidad sanitaria de la captación de la naciente es ALTA.

Cuadro 74. Evaluación de Naciente – Barrio Jesús Arriba

Evaluación de Naciente - Naciente	Respuesta	Evaluación
¿Está la naciente sin malla de protección que impide el acceso de animales y personas?	Sí	10%
¿Está la naciente desprotegida, abierta a la contaminación ambiental (sin caseta o sin tanque de captación)?	No	0%
¿Está la tapa de captación construida en condiciones no sanitaria y sin cierre seguro (candado o tornillo)?	Sí	10%
¿Están las paredes y la losa superior de captación con grietas?	No	0%
¿Carece de canales perimetrales para desviar el agua de escorrentía?	Sí	10%
¿Carece la captación de respiraderos o tubería de rebalse con rejilla de protección?	Sí	10%
¿Se encuentran plantas, raíces, hojas, algas dentro de la captación de la naciente?	Sí	10%
¿Existen aguas estancadas sobre o alrededor de la captación?	No	0%
¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor de la captación (letrinas, animales, viviendas, basura)?	Sí	10%
¿Se encuentra la captación ubicada en zonas con actividad agrícola o industrial?	Sí	10%
	Resultado	70%
	Vulnerabilidad	ALTA

4.2.1.2. Tanque de Almacenamiento

En el Cuadro 75 se puede visualizar las preguntas utilizadas para la evaluación del tanque de almacenamiento existente, donde se puede observar las múltiples deficiencias que presenta

dicho tanque, entre las cuales se puede destacar la falta de un clorador que permita desinfectar el recurso hídrico, además, la existencia de grietas en los muros del tanque, así como un inexistente cierre seguro para la tapa del tanque, además de ello, el terreno donde se ubica el tanque no cuenta con una malla de protección, que evite el ingreso de animales y personas ajenas a la comunidad, de modo que se pone en peligro la calidad del recurso hídrico, por lo tanto, se concluye que la vulnerabilidad sanitaria del tanque de almacenamiento es MUY ALTA.

Cuadro 75. Evaluación de Tanque de Almacenamiento – Barrio Jesús Arriba

Evaluación de Tanque de Almacenamiento	Respuesta	Evaluación
¿Están las paredes agrietadas (concreto) o herrumbradas (metálico)?	Sí	10%
¿Están las tapas del tanque de almacenamiento, construida en condiciones no sanitarias?	Sí	10%
¿Carece la estructura externa de mantenimiento (pintura, limpieza, libre de hojas, musgo)?	Sí	10%
¿Está ausente o fuera de operación el sistema de cloración?	Sí	10%
¿Está el nivel de agua menor que un cuarto que el volumen del tanque y las escaleras internas herrumbradas?	No	0%
¿Existen sedimentos, algas, hongos dentro del tanque?	No	0%
¿Está ausente o defectuosa la malla de protección?	Sí	10%
¿Carece la tapa de un sistema de cierre seguro (candado, cadena, tornillo)?	Sí	10%
¿Carece el tanque de respiraderos o tuberías de rebalse con rejillas de protección?	Sí	10%
¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor del tanque (letrinas, animales, viviendas, basura)?	Sí	10%
	Resultado	80%
	Vulnerabilidad	MUY ALTA

4.2.1.3. Tubería de Distribución y Conducción

En el Cuadro 76 se puede visualizar las preguntas utilizadas para la evaluación de la tubería de conducción y la tubería de distribución existentes, donde se puede observar las múltiples deficiencias que presentan, específicamente en la tubería de distribución, entre las cuales se puede destacar la falta de cloro residual en la red, el cual permite desinfectar el recurso hídrico, además, la comunidad carece de un fontanero, por lo cual no cuentan con el conocimiento técnico para llevar un correcto mantenimiento de la red, de manera que se pone en peligro la calidad del recurso hídrico, así como la vida útil de la tubería de distribución, asimismo, la línea

de distribución no cuenta con sistemas para purgar tanto el aire como el sedimento que se pueda acumular dentro de las tuberías, por lo tanto, se concluye que la vulnerabilidad sanitaria de la tubería de conducción y la tubería de distribución es MODERADA.

Cuadro 76. Evaluación de Líneas de Conducción y Distribución – Barrio Jesús Arriba

Evaluación de Líneas de conducción y distribución	Respuesta	Evaluación
¿Existe alguna fuga en la línea de conducción?	No	0%
¿Carecen los tanques quiebra gradientes de tapas sanitarias?	No	0%
¿En los tanques quiebra gradientes se observan rajaduras, grietas, fugas, raíces?	No	0%
¿Se observan fugas visibles en alguna red de distribución?	No	0%
¿Existen variaciones significativas de presiones en la red de distribución?	No	0%
¿Carece de cloro residual alguna zona de la red principal de distribución?	Sí	10%
¿Existen interrupciones constantes en el servicio de distribución de agua?	No	0%
¿Carece de sistemas para purgar la tubería de distribución?	Sí	10%
¿Carece de un fontanero o encargado de mantenimiento de la red?	Sí	10%
¿Carece de un esquema del sistema de distribución (planos o croquis)?	Sí	10%
	Resultado	40%
	Vulnerabilidad	MODERADA

4.2.1.4. Vulnerabilidad de la infraestructura

Por último, en cuanto a la vulnerabilidad de la infraestructura en general, en el Cuadro 77 se puede visualizar las preguntas utilizadas para la evaluación general de la infraestructura, donde se puede observar las múltiples deficiencias que presentan, entre las cuales se puede destacar el desconocimiento de la edad de la mayoría de los componentes del sistema, asimismo, el tanque de almacenamiento existente se encuentra deteriorado y sin mantenimiento adecuado, por lo cual es posible que ya no se encuentre dentro de su vida útil, además, gran parte de la tubería de distribución se encuentran en zonas vulnerables, debido a que se encuentra desenterrada, poniendo en peligro tanto el estado de la tubería como la calidad del recurso hídrico, por lo tanto, se concluye que la vulnerabilidad sanitaria de la infraestructura en general es ALTA.

Cuadro 77. Vulnerabilidad de la Infraestructura – Barrio Jesús Arriba

Vulnerabilidad en Infraestructura	Respuesta	Evaluación
¿Posee el detalle del catastro de los componentes del sistema (ubicación, profundidad, especificaciones técnicas)?	No	14,3%
¿Conoce el material, edad y condición de las tuberías y otros elementos del sistema?	No	14,3%
¿Todos los componentes del sistema se encuentran dentro su vida útil?	No	14,3%
¿Tiene identificadas las áreas dentro del sistema propensas a inundaciones?	No	14,3%
¿Tiene identificadas dentro del sistema posibles fuentes de materia fecal que se encuentren cerca de la tubería o fuentes?	No	14,3%
¿El sistema está libre de fugas?	Sí	0%
¿Los componentes del sistema están localizados en zonas de baja vulnerabilidad, y si no es así, se ha identificado que la ubicación correcta del componente para proyectar su traslado?	No	14,3%
	Resultado	85,8%
	Vulnerabilidad	ALTA

4.2.2. Barrio Jesús Abajo

4.2.2.1. Fuente de abastecimiento

En el Cuadro 78 se puede visualizar las preguntas utilizadas para la evaluación del pozo existente, donde se puede observar que la fuente de abastecimiento existente se encuentra resguardada ante personas ajenas o animales mediante una malla, no obstante, se presentan algunas deficiencias alrededor del pozo, entre las cuales se puede destacar la inexistencia de un desagüe que permita evacuar correctamente la escorrentía superficial debida a las lluvias, además de ello los alrededores del pozo se encuentran enmontados, lo cual puede propiciar un habitat adecuado para roedores y serpientes, pudiendo estos animales al ser tan pequeños ingresar por la malla de protección de la fuente, por lo tanto, se concluye que la vulnerabilidad sanitaria de la captación de la naciente es BAJA.

Cuadro 78. Evaluación Pozo – Barrio Jesús Abajo

Evaluación de POZO - Pozo 1 (10 pts c/u)	Respuesta	Evaluación
¿Carece el pozo de un canal de desagüe?	si	10
¿Carece el pozo de una malla de protección?	no	0
¿Carece el pozo de un piso de concreto que rodee?	no	0
¿Existen letrinas o tanque séptico a menos de 30 m de distancia del pozo?	no	0
¿Está la letrina o tanque séptico más cercano en un nivel más arriba del pozo?	no	0
¿Existen otras fuentes de contaminación alrededor o arriba del pozo (animales, vivienda, basura, actividad agrícola)?	si	10
¿Hay estancamiento de agua sobre la loza o en los alrededores del pozo?	no	0
¿Está el pozo excavado expuesto a la contaminación ambiental?	no	0
¿Están los alrededores del pozo enmontados?	si	10
Si existe bomba, ¿Está floja en la unión a su base?	no	0
	Resultado	30
	Vulnerabilidad	BAJA

4.2.2.2. Tanque de Almacenamiento

En el Cuadro 79 se puede visualizar las preguntas utilizadas para la evaluación del tanque de almacenamiento existente, donde se puede observar que la ASADA mantiene un estricto control y mantenimiento del tanque de almacenamiento, únicamente el inconveniente que se presenta, es la existencia de viviendas en los alrededores del tanque de almacenamiento, no obstante el tanque de almacenamiento es elevado y se encuentra protegido por una malla con candado, resguardando en gran medida el tanque de almacenamiento ante alguna contaminación, por lo tanto, se concluye que la vulnerabilidad sanitaria del tanque de almacenamiento es MUY BAJA.

Cuadro 79. Evaluación de Tanque de Almacenamiento – Barrio Jesús Abajo

Evaluación de Tanque de Almacenamiento - Tanque de Almacenamiento (10 pts c/u)	Respuesta	Evaluación
¿Están las paredes agrietadas (concreto) o herrumbradas (metálico)?	no	0
¿Están las tapas del tanque de almacenamiento, construida en condiciones no sanitarias?	no	0
¿Carece la estructura externa de mantenimiento (pintura, limpieza, libre de hojas, musgo)?	no	0
¿Está ausente o fuera de operación el sistema de cloración?	no	0
¿Está el nivel de agua menor que un cuarto que el volumen del tanque y las escaleras internas herrumbradas?	no	0
¿Existen sedimentos, algas, hongos dentro del tanque?	no	0
¿Está ausente o defectuosa la malla de protección?	no	0
¿Carece la tapa de un sistema de cierre seguro (candado, cadena, tornillo)?	no	0
¿Carece el tanque de respiraderos o tuberías de rebalse con rejillas de protección?	no	0
¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor del tanque (letrinas, animales, viviendas, basura)?	si	10
	Resultado	10
	Vulnerabilidad	MUY BAJA

4.2.2.3. Tubería de Distribución y Conducción

En el Cuadro 80 se puede visualizar las preguntas utilizadas para la evaluación de la tubería de conducción y la tubería de distribución existentes, donde se puede observar que la ASADA mantiene en muy buenas condiciones dichas tuberías, no obstante cabe destacar que gran parte de la tubería de distribución se encuentra expuesta a los rayos del sol, por lo cual se pone en riesgo la vida útil de la misma, de igual forma es importante aclarar que en la comunidad se instaló una nueva tubería de 100 mm en polietileno de alta densidad, no obstante esta aún no se encuentra en uso. Por otro lado, las deficiencias presentes en la tubería evaluada, corresponden a la baja o nula existencia de cloro residual en varias zonas de la red, así como la inexistencia de sistemas de purga, que permitan evacuar tanto el aire como el sedimento que se pueda llegar a acumular dentro de las tuberías.

Es importante aclarar, que la comunidad cuenta con un fontanero, sin embargo, este no cuenta capacitación ni experiencia, esto debido, a que dicho fontanero no hace mucho tiempo inicio en dicha labor, por lo cual no cuentan con el conocimiento técnico para llevar un correcto mantenimiento de la red, poniendo en riesgo la vida útil del sistema de abastecimiento, por lo

tanto, se concluye que la vulnerabilidad sanitaria de la tubería de conducción y la tubería de distribución es BAJA.

Cuadro 80. Evaluación de Tubería de Conducción y Distribución – Barrio Jesús Abajo

Evaluación de Líneas de conducción y distribución - Conducción y Distribución (10 pts c/u)	Respuesta	Evaluación
¿Existe alguna fuga en la línea de conducción?	no	0
¿Carecen los tanques quiebra gradientes de tapas sanitarias?	no	0
¿En los tanques quiebra gradientes se observan rajaduras, grietas, fugas, raíces?	no	0
¿Se observan fugas visibles en alguna red de distribución?	no	0
¿Existen variaciones significativas de presiones en la red de distribución?	no	0
¿Carece de cloro residual alguna zona de la red principal de distribución?	si	10
¿Existen interrupciones constantes en el servicio de distribución de agua?	no	0
¿Carece de sistemas para purgar la tubería de distribución?	si	10
¿Carece de un fontanero o encargado de mantenimiento de la red?	no	0
¿Carece de un esquema del sistema de distribución (planos o croquis)?	si	10
	Resultado	30
	Vulnerabilidad	BAJA

4.2.2.4. Estado de la infraestructura

Por último, en cuanto a la vulnerabilidad de la infraestructura en general, en el Cuadro 81 se puede visualizar las preguntas utilizadas para la evaluación general de la infraestructura, donde se puede observar las deficiencias de la ASADA en materia administrativa, debido a que físicamente todas las estructuras del acueducto se encuentran en buen estado, no obstante, no se cuenta con un detalle del catastro de los componentes del sistema, además de que gran parte de la tubería se encuentra desenterrada, lo que aumenta el riesgo de que se reduzca la vida útil de la tubería, además de que se aumenta el riesgo de que personas ajenas a la comunidad accedan al recurso hídrico, poniendo en peligro tanto el servicio de distribución así como la calidad del recurso hídrico, por lo tanto, se concluye que la vulnerabilidad sanitaria de la infraestructura en general es MODERADA.

Cuadro 81. Vulnerabilidad de la Infraestructura – Barrio Jesús Abajo

Vulnerabilidad en Infraestructura (14.3% cada una)	Respuesta	Evaluación
¿Posee el detalle del catastro de los componentes del sistema (ubicación, profundidad, especificaciones técnicas)?	no	14,3
¿Conoce el material, edad y condición de las tuberías y otros elementos del sistema?	si	0
¿Todos los componentes del sistema se encuentran dentro su vida útil?	si	0
¿Tiene identificadas las áreas dentro del sistema propensas a inundaciones?	si	0
¿Tiene identificadas dentro del sistema posibles fuentes de materia fecal que se encuentren cerca de la tubería o fuentes?	no	14,3
¿El sistema está libre de fugas?	si	0
¿Los componentes del sistema están localizados en zonas de baja vulnerabilidad, y si no es así, se ha identificado que la ubicación correcta del componente para proyectar su traslado?	no	14,3
	Resultado	42,9
	Vulnerabilidad	MODERADA

4.2.3. Concepción

4.2.3.1. Fuente de abastecimiento

En el Cuadro 82 y el Cuadro 83 se puede visualizar las preguntas utilizadas para la evaluación de los pozos existentes en la comunidad de Concepción, donde se puede observar que el pozo 1 es más vulnerable que el pozo 2, debido a que este último si cuenta con una malla de protección, la cual evita el acceso a la fuente de abastecimiento de animales y personas ajenas a la comunidad, aparte de ello, los dos pozos se encuentra en condiciones similares, dado que los dos se encuentran rodeados de terrenos enmontados, así como terrenos utilizados con fines agrícolas, por lo cual se aumenta el riesgo de contaminación del recurso hídrico. Por lo tanto, se concluye que la vulnerabilidad sanitaria de la captación del pozo 1 es MODERADA y la vulnerabilidad sanitaria del pozo 2 es baja.

Cuadro 82. Evaluación Pozo 1 - Concepción

Evaluación de POZO - Pozo 1 (10 pts c/u)	Respuesta	Evaluación
¿Carece el pozo de un canal de desagüe?	si	10
¿Carece el pozo de una malla de protección?	si	10
¿Carece el pozo de un piso de concreto que rodee?	no	0
¿Existen letrinas o tanque séptico a menos de 30 m de distancia del pozo?	no	0
¿Está la letrina o tanque séptico más cercano en un nivel más arriba del pozo?	no	0
¿Existen otras fuentes de contaminación alrededor o arriba del pozo (animales, vivienda, basura, actividad agrícola)?	si	10
¿Hay estancamiento de agua sobre la loza o en los alrededores del pozo?	no	0
¿Está el pozo escavado expuesto a la contaminación ambiental?	no	0
¿Están los alrededores del pozo enmontados?	si	10
Si existe bomba, ¿Está floja en la unión a su base?	no	0
	Resultado	40
	Vulnerabilidad	MODERADA

Cuadro 83. Evaluación Pozo 2 - Concepción

Evaluación de POZO - Pozo 2 (10 pts c/u)	Respuesta	Evaluación
¿Carece el pozo de un canal de desagüe?	si	10
¿Carece el pozo de una malla de protección?	no	0
¿Carece el pozo de un piso de concreto que rodee?	no	0
¿Existen letrinas o tanque séptico a menos de 30 m de distancia del pozo?	no	0
¿Está la letrina o tanque séptico más cercano en un nivel más arriba del pozo?	no	0
¿Existen otras fuentes de contaminación alrededor o arriba del pozo (animales, vivienda, basura, actividad agrícola)?	si	10
¿Hay estancamiento de agua sobre la losa o en los alrededores del pozo?	no	0
¿Está el pozo escavado expuesto a la contaminación ambiental?	no	0
¿Están los alrededores del pozo enmontados?	si	10
Si existe bomba, ¿Está floja en la unión a su base?	no	0
	Resultado	30
	Vulnerabilidad	BAJA

4.2.3.2. Tanque de Almacenamiento

En el Cuadro 84 se puede visualizar las preguntas utilizadas para la evaluación del tanque de almacenamiento existente, donde se puede observar las múltiples deficiencias que se presentan en dicho tanque, entre las cuales se puede destacar el poco o nulo mantenimiento que se le da al tanque de almacenamiento, debido a que este se encuentra cubierto de musgo en toda la losa superior del tanque, de igual forma, cabe destacar que dentro del tanque se da la presencia de sedimentos debido al bombeo de agua en los pozos, además de ello, el tanque no está protegido por una malla que evite el acceso de animales y personas ajenas a la comunidad, por lo cual se pone en riesgo la vida útil del tanque, así como la calidad del recurso hídrico. Por lo tanto, se concluye que la vulnerabilidad sanitaria del tanque de almacenamiento es ALTA.

Cuadro 84. Evaluación del Tanque de Almacenamiento - Concepción

Evaluación de Tanque de Almacenamiento - Tanque de Almacenamiento (10 pts c/u)	Respuesta	Evaluación
¿Están las paredes agrietadas (concreto) o herrumbradas (metálico)?	no	0
¿Están las tapas del tanque de almacenamiento, construida en condiciones no sanitarias?	si	10
¿Carece la estructura externa de mantenimiento (pintura, limpieza, libre de hojas, musgo)?	si	10
¿Está ausente o fuera de operación el sistema de cloración?	no	0
¿Está el nivel de agua menor que un cuarto que el volumen del tanque y las escaleras internas herrumbradas?	no	0
¿Existen sedimentos, algas, hongos dentro del tanque?	si	10
¿Está ausente o defectuosa la malla de protección?	si	10
¿Carece la tapa de un sistema de cierre seguro (candado, cadena, tornillo)?	no	0
¿Carece el tanque de respiraderos o tuberías de rebalse con rejillas de protección?	si	10
¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor del tanque (letrinas, animales, viviendas, basura)?	si	10
	Resultado	60
	Vulnerabilidad	ALTA

4.2.3.3. Tubería de Distribución y Conducción

En el Cuadro 85 se puede visualizar las preguntas utilizadas para la evaluación de la tubería de conducción y la tubería de distribución existentes, donde se puede observar que la ASADA mantiene en muy buenas condiciones dichas tuberías, no obstante, las deficiencias presentes en la tubería evaluada, corresponden a la baja o nula existencia de cloro residual en varias zonas de la red, así como la inexistencia de sistemas de purga, que permitan evacuar tanto el aire como el sedimento que se pueda llegar a acumular dentro de las tuberías. Asimismo, la inexistencia de un fontanero capacitado, limita el mantenimiento que se le pueda dar a la red, debido a que la ASADA no cuenta con el conocimiento técnico para llevar un correcto mantenimiento de las tuberías, poniendo en riesgo la vida útil del sistema de abastecimiento, por lo tanto, se concluye que la vulnerabilidad sanitaria de la tubería de conducción y la tubería de distribución es MODERADO.

Cuadro 85. Evaluación de Tubería de Conducción y Distribución

Evaluación de Líneas de conducción y distribución (10 pts c/u)	Respuesta	Evaluación
¿Existe alguna fuga en la línea de conducción?	no	0
¿Carecen los tanques quiebra gradientes de tapas sanitarias?	no	0
¿En los tanques quiebra gradientes se observan rajaduras, grietas, fugas, raíces?	no	0
¿Se observan fugas visibles en alguna red de distribución?	no	0
¿Existen variaciones significativas de presiones en la red de distribución?	no	0
¿Carece de cloro residual alguna zona de la red principal de distribución?	si	10
¿Existen interrupciones constantes en el servicio de distribución de agua?	no	0
¿Carece de sistemas para purgar la tubería de distribución?	si	10
¿Carece de un fontanero o encargado de mantenimiento de la red?	si	10
¿Carece de un esquema del sistema de distribución (planos o croquis)?	si	10
	Resultado	40
	Vulnerabilidad	MODERADO

4.2.3.4. Estado de la infraestructura

Por último, en cuanto a la vulnerabilidad de la infraestructura en general, en el Cuadro 86 se puede visualizar las preguntas utilizadas para la evaluación general de la infraestructura, donde se puede observar las deficiencias de la ASADA en materia administrativa, debido a que físicamente todas las estructuras del acueducto se encuentran en buen estado, no obstante, no se cuenta con un detalle del catastro de los componentes del sistema, además de ello, la ASADA no mantiene un registro con las fechas en las que se construyó el tanque de almacenamiento, así como las fechas en las que se dio la perforación de los pozos existentes, lo cual limita el análisis del sistema de abastecimiento, por lo tanto, se concluye que la vulnerabilidad sanitaria de la infraestructura en general es MODERADA.

Cuadro 86. Vulnerabilidad de la Infraestructura - Concepción

Vulnerabilidad en Infraestructura (14.3% cada una)	Respuesta	Evaluación
¿Posee el detalle del catastro de los componentes del sistema (ubicación, profundidad, especificaciones técnicas)?	no	14,3
¿Conoce el material, edad y condición de las tuberías y otros elementos del sistema?	no	14,3
¿Todos los componentes del sistema se encuentran dentro su vida útil?	si	0
¿Tiene identificadas las áreas dentro del sistema propensas a inundaciones?	no	14,3
¿Tiene identificadas dentro del sistema posibles fuentes de materia fecal que se encuentren cerca de la tubería o fuentes?	no	14,3
¿El sistema está libre de fugas?	si	0
¿Los componentes del sistema están localizados en zonas de baja vulnerabilidad, y si no es así, se ha identificado que la ubicación correcta del componente para proyectar su traslado?	si	0
	Resultado	57,2
	Vulnerabilidad	MODERADA

5. Capítulo 5: Caracterización de la calidad del agua

5.1. Resultados de pruebas de laboratorio

En esta sección se analizará las pruebas de laboratorios de las muestras de agua obtenidas de las comunidades en estudio, con el fin de analizar la potabilidad del recurso hídrico disponible en los acueductos de Concepción, Barrio Jesús Arriba y Barrio Jesús Abajo, es importante mencionar que dichas comunidades cuentan con escasa o ninguna información sobre la calidad del agua, debido a ello, se procede a realizar giras a las comunidades en estudio con el fin de levantar la información necesaria para el análisis del recurso hídrico.

5.1.1. Barrio Jesús Arriba

El acueducto de Barrio Jesús Arriba a diferencia de los otros dos acueductos, no cuenta con una ASADA establecida, lo cual dificulta la toma de decisiones administrativas, así como la organización de actividades de mantenimiento, respecto a esto último la comunidad realiza cada mes y medio, la limpieza del tanque de almacenamiento y la naciente, dicha limpieza se lleva a cabo mediante la contratación de un miembro de la comunidad para que realice las labores de limpieza correspondientes. En cuanto al análisis de calidad del agua, la comunidad no cuenta con información sobre dichos análisis, asimismo los encargados del acueducto no tienen conocimiento sobre si en algún momento alguna institución pública o privada ha llevado a cabo algún análisis de la potabilidad del recurso hídrico en la comunidad.

Con respecto a las muestras de agua tomadas, durante la realización del estudio, se realizaron 3 giras a la comunidad de Barrio Jesús Arriba para obtener dichas muestras, esto con el fin de analizar y determinar, los diferentes parámetros tanto del Control Operativo, así como de los 4 Niveles de control establecidos por el Reglamento para la Calidad del Agua Potable, cabe destacar que las muestras de agua recolectadas, fueron tomadas de la casa de la encargada del acueducto. En cuanto a las giras, estas se realizaron en los meses de Marzo, Julio y Octubre del 2021.

A continuación, se analiza los resultados de las pruebas de laboratorio de las muestras de agua recolectadas, comparando dichos resultados con los parámetros para el Control Operativo, el Nivel Primero, el Nivel Segundo, el Nivel Tercero y el Nivel Cuarto, mismos establecidos en el Reglamento para la Calidad del Agua Potable.

5.1.1.1. Control Operativo

En el Cuadro 87 se puede observar tanto los parámetros establecidos en el Reglamento para la Calidad de Agua Potable, así como los resultados de las muestras de agua obtenidos del análisis en laboratorio, para el Control Operativo. En dicho cuadro se puede observar que tanto los parámetros de Turbiedad, como de Olor, se encuentran por debajo del Valor Máximo Admisible, no obstante, el valor del Cloro residual libre en el acueducto es de 0,00 mg/l, el cual está por debajo del límite aceptable dentro de la red, esto debido a que el acueducto no cuenta con un clorador existente, lo cual pone en riesgo la calidad del recurso hídrico.

Cuadro 87. Control Operativo – Barrio Jesús Arriba

Fecha	Marzo 2021	Julio 2021	Octubre 2021	Reglamento
Punto de muestreo	DIST.	DIST.	DIST.	
Parámetro	Control Operativo			
Turbiedad (NTU)	0,390	0,480	1,120	5
Olor	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Cloro residual libre (mg/l)	0	0	0	0,3 -1,0

(a) Dist.: Distribución

5.1.1.2. Nivel Primero

En cuanto al Nivel Primero, en el Cuadro 88 se detallan los parámetros establecidos en el Reglamento para la Calidad del Agua Potable, además de los resultados de laboratorio de las diferentes muestras obtenidas. Del cuadro se puede observar que el parámetro del mes de Julio para el color aparente en el agua está por encima del valor máximo admisible, siendo esto un primer indicador sobre la presencia de materia orgánica en la red, además de la existencia de metales como Hierro y Cobre. Cabe destacar que, en los meses de marzo y octubre, el parámetro de color aparente en el agua se encuentra por debajo del valor máximo admisible.

Con respecto a las pruebas microbiológicas del agua, estas se midieron únicamente para los meses de Julio y Octubre del 2021, las mismas indica que los parámetros de Coliformes fecales y Escherichia coli en el agua se encuentran por encima del valor máximo admisible en el Reglamento, lo cual implica la presencia de contaminantes el agua, poniendo en peligro la salud de las personas abastecidas, debido a que el acueducto no cuenta con un sistema de desinfección, con el cual eliminar dichos contaminantes.

Por último, los resultados de la Conductividad del agua, indican que dicho parámetro se encuentra por debajo del valor máximo admisible, asimismo, los resultados del pH en el agua se encuentran entre los valores máximos y mínimos establecidos por el Reglamento. Respecto a la temperatura del agua, en los meses de Marzo y Octubre del 2021, esta se encuentra por debajo del parámetro mínimo admitido por el reglamento, no obstante, en el mes e Julio del 2021 dicha temperatura bajo un poco por debajo del valor mínimo admisible.

Cuadro 88. Nivel Primero – Barrio Jesús Arriba

Fecha	Marzo 2021	Julio 2021	Octubre 2021	Reglamento
Punto de muestreo	DIST.	DIST.	DIST.	
Parámetro	Nivel Primero			
Color aparente (U-Pt-Co)	0	134	0	15
Conductividad (µS/cm)	78,82	0,08	75,45	400
Coliforme fecal (NMP/100 ml)	-	2.1×10^2	1.7×10^2	No Detectable
Escherichia coli (NMP/100 ml)	-	68	2	No Detectable
Cloro residual combinado (mg/l)	0	0	0	1,0 -1,8
Temperatura (°C)	20,4	15,20	20,10	18 - 30
pH	7,612	7,641	7,200	6 - 8

5.1.1.3. Nivel Segundo

En el Cuadro 89, se detallan los parámetros del Nivel Segundo establecidos en el Reglamento de Calidad de Agua Potable, y los resultados de laboratorio de las muestras extraídas en la comunidad. Como se puede observar, en las muestras de agua únicamente se analizó la Dureza Total, el contenido de Hierro y Cobre.

En cuanto a los valores de Dureza Total y Cobre en la muestra, estos se encuentran por debajo del Valor Máximo Admisible, así como del Valor Recomendado en el Reglamento. Siendo esto un indicador positivo de la calidad del agua en la comunidad. No obstante, el nivel de Hierro en el agua de los meses de Marzo y Octubre del 2021, se encuentra un poco por encima del Valor Máximo Admisible, esto debido probablemente a altos contenidos de Hierro en la naciente, lo cual representa un riesgo a la salud de la comunidad, dado que en concentraciones superiores a los 0,3 mg/L se puede llegar a producir bacterias ferruginosas, además de esto,

dado que el contenido de Hierro en la comunidad es de 0,55 mg/L, existe la probabilidad de que el agua manche la ropa.

Cuadro 89. Nivel Segundo – Barrio Jesús Arriba

Fecha	Marzo 2021	Julio 2021	Octubre 2021	Reglamento
Punto de muestreo	DIST.	DIST.	DIST.	
Parámetro	Nivel Segundo			
Dureza Total (mg/L CaCO ₃)	151	120	71	400
Hierro (mg/L Fe)	1,54	0,04	1,41	0,3
Cobre (mg/L Cu)	0,1	0	0,23	2

5.1.1.4. Nivel Tercero

En el Cuadro 90, se detallan los parámetros establecidos para el Nivel tercero en el Reglamento para la Calidad de Agua Potable, así como los resultados de las pruebas de laboratorio, cabe destacar que, en las muestras extraídas de la comunidad, únicamente se analizó el contenido de Nitrato y de Nitrito de las mismas. De los resultados obtenidos se puede destacar que los valores tanto de Nitrato como de Nitrito, están por debajo del Valor Máximo Admisible establecido en el Reglamento, siendo esto, un indicador positivo de la calidad del agua.

Cuadro 90. Nivel Tercero – Barrio Jesús Arriba

Fecha	Marzo 2021	Julio 2021	Octubre 2021	Reglamento
Punto de muestreo	DIST.	DIST.	DIST.	
Parámetro	Nivel Tercero			
Nitrato (NO ₃ -)	2	0,3	1,6	50
Nitrito (NO ₂ -)	0,003	0,006	0,004	0,1

5.1.1.5. Nivel Cuarto

Por último, en el Cuadro 91 se pueden apreciar los parámetros del Nivel Cuarto establecidos por el Reglamento para la Calidad del Agua Potable, además de los resultados de laboratorio, cabe destacar que, en las muestras analizadas, se obtuvieron únicamente el contenido de Sólidos Totales Disueltos en el agua. Como se observa el nivel de Sólidos totales disueltos en todas las muestras obtenidas en la comunidad de Barrio Jesús Arriba, están por debajo del Valor Máximo Admisible, lo cual indica que las muestras tienen un bajo contenido de materia orgánica disuelta.

Cuadro 91. Nivel Cuarto – Barrio Jesús Arriba

Fecha	Marzo 2021	Julio 2021	Octubre 2021	Reglamento
Punto de muestreo	DIST.	DIST.	DIST.	
Parámetro	Nivel Cuarto			
Solidos totales disueltos (mg/L)	40,00	60,00	80,00	1000

5.1.2. Barrio Jesús Abajo

El acueducto de Barrio Jesús Abajo actualmente cuenta con una ASADA ya establecida, la misma mantiene actividades constantes de mantenimiento del sistema de abastecimiento, entre las que se puede destacar limpieza de tanque de almacenamiento, cloración de tanque y de línea de distribución, análisis de calidad de agua. A diferencia de los otros dos acueductos, el acueducto de Barrio Jesús Abajo, cuenta con análisis de calidad del agua, el mismo fue realizado en Noviembre del 2020 por la empresa llamada Bioanalítica, en el Cuadro 92 y el Cuadro 93, se pueden observar los parámetros del Control Operativo, y el Nivel primero respectivamente. Cabe destacar que en Enero del 2022 la ASADA realizó otro análisis de calidad del agua mediante la contratación de la misma empresa, dichos resultados se analizarán con los resultados de las pruebas de laboratorio de las muestras obtenidas durante las giras.

En el Cuadro 92 se puede observar tanto los parámetros del Control Operativo establecidos en el Reglamento para la Calidad de Agua Potable, así como los resultados del análisis de calidad del agua llevado a cabo por la ASADA en Noviembre del 2020. En dicho cuadro se puede observar que tanto los parámetros de Turbiedad, como de Olor, se encuentran por debajo del Valor Máximo Admisible, asimismo, el valor del Cloro residual libre en el acueducto se encuentra entre el límite máximo y mínimo, siendo esto un indicador positivo de la calidad del recurso hídrico.

Cuadro 92. Parámetros viejos del Control Operativo – Barrio Jesús Abajo

Fecha	Noviembre 2020					Norma
Punto de muestreo	POZO	TA	Dist. 1	Dist. 2	Dist. 3	
Parámetro	Control Operativo					
Turbiedad (NTU)	0,05	0,01	-	-	0,01	5
Olor	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Cloro residual libre (mg/l)	-	0,42	0,63	0,48	0,43	0,3 -1,0

En el Cuadro 93, se puede observar tanto los parámetros del Nivel Primero establecidos en el Reglamento para la Calidad de Agua Potable, así como los resultados del análisis de calidad del agua llevado a cabo por la ASADA en Noviembre del 2020. En dicho cuadro se puede observar que tanto los parámetros de Conductividad, como los de Coliformes fecales y Escherichia coli se encuentran por debajo del Valor Máximo Admisible establecido por el reglamento, asimismo, los parámetros de temperatura y pH del agua, se encuentran entre el límite máximo y mínimo establecido por el reglamento, siendo esto un indicador positivo de la calidad del recurso hídrico.

Cuadro 93. Parámetros viejos del Nivel Primero – Barrio Jesús Abajo

Fecha	Noviembre 2020					Norma
	POZO	TA	Dist. 1	Dist. 2	Dist. 3	
Punto de muestreo						
Parámetro	Nivel Primero					
Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	265,5	266	266	266	265	400
Coliforme fecal (NMP/100 ml)	No Detectable	No Detectable	-	-	-	No Detectable
Escherichia coli (NMP/100 ml)	No Detectable	No Detectable	-	-	-	No Detectable
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	29,3	28,3	28,3	29,3	28,3	18 - 30
pH	6,49	6,62	6,59	6,52	6,73	6 - 8

Con respecto a las muestras de agua tomadas, durante la realización del estudio, se realizaron 2 giras a la comunidad de Barrio Jesús Abajo para obtener dichas muestras, esto con el fin de analizar y determinar, los diferentes parámetros tanto del Control Operativo, así como de los 4 Niveles de control establecidos por el Reglamento para la Calidad del Agua Potable, cabe destacar que la muestra de agua recolectada en Marzo del 2021, se tomó de un grifo perteneciente a la pulpería de la comunidad, en cuanto a la muestra de Julio del 2021, está se obtuvo del grifo de la casa frente al tanque de almacenamiento.

A continuación, se analiza tanto los resultados de las pruebas de laboratorio de las muestras de agua recolectadas, así como los resultados del análisis de calidad del agua realizado por la ASADA en Enero del 2022, comparando dichos resultados con los parámetros para el Control Operativo, el Nivel Primero, el Nivel Segundo, el Nivel Tercero y el Nivel Cuarto, mismos establecidos en el Reglamento para la Calidad del Agua Potable.

5.1.2.1. Control Operativo

En el Cuadro 94, se puede apreciar los parámetros admisibles del Control Operativo establecidos en el Reglamento para la Calidad del Agua Potable, además de los resultados de laboratorio. Según los datos observados los niveles de Turbiedad y Olor del agua, están por debajo del parámetro establecido en el Reglamento, asimismo, se puede observar que tanto en Octubre del 2021 y en Enero del 2022, el contenido de Cloro residual libre en el Acueducto se encuentra entre el límite máximo y mínimo, establecido por el Reglamento para la Calidad del Agua Potable, siendo esto un indicador positivo de la calidad del recurso hídrico.

Cuadro 94. Control Operativo – Barrio Jesús Abajo

Fecha	Julio 2021	Octubre 2021	Enero 2022	Norma
Punto de muestreo	DIST.	DIST.	TA	
Parámetro	Control Operativo			
Turbiedad (NTU)	0,320	0,280	0,100	5
Olor	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Cloro residual libre (mg/l)	-	0,33	0,41	0,3 -1,0

5.1.2.2. Nivel Primero

En el Cuadro 95 se detallan los parámetros del Nivel Primero establecidos por el Reglamento para la Calidad del Agua Potable, además de los resultados de las pruebas de laboratorio. Como se puede observar los valores de Color aparente, Conductividad, Coliforme fecal y Escheria coli, se encuentran por debajo del Valor Máximo Admisible establecido para cada parámetro por dicho reglamento.

Con respecto al Cloro residual combinado, este fue medido únicamente en Octubre del 2021, por lo cual no se puede de concluir con exactitud, que los bajos contenidos de cloro residual combinado, sean debido a una baja dosificación, o a un defecto del clorador, dado los pocos datos con los que se cuentan, no obstante, como ya se mencionó anteriormente, el contenido de cloro residual libre se encuentra dentro de los parámetros establecidos por el reglamento, por lo cual se puede concluir que actualmente el clorador funciona correctamente.

Por último, el pH del agua, se encuentran entre el límite máximo y mínimo establecido por el reglamento, siendo esto un indicador positivo de la calidad del recurso hídrico. En cuanto a la temperatura del agua, se puede observar que tanto en el mes de Julio del 2021 y el mes de Enero del 2022, la temperatura se salió del límite mínimo y máximo, respectivamente.

Cuadro 95. Nivel Primero – Barrio Jesús Abajo

Fecha	Julio 2021	Octubre 2021	Enero 2022	Norma
Punto de muestreo	DIST.	DIST.	TA	
Parámetro	Nivel Primero			
Color aparente (U-Pt-Co)	6	6	-	15
Conductividad ($\mu\text{S/cm}$)	0,01	192,2	241	400
Coliforme fecal (NMP/100 ml)	No Detectable	No Detectable	No Detectable	No Detectable
Escherichia coli (NMP/100 ml)	No Detectable	No Detectable	No Detectable	No Detectable
Cloro residual combinado (mg/l)	-	0,12	-	1,0 -1,8
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	17	19,2	30,9	18 - 30
pH	7,7	7,09	6,4	6 - 8

5.1.2.3. Nivel Segundo

En cuanto al Nivel Segundo, en el Cuadro 96 se describen tantos los parámetros establecidos en el Reglamento para la Calidad del Agua Potable, como los resultados de laboratorio de las muestras recolectadas en la comunidad. Cabe destacar que las pruebas de laboratorio realizadas, analizan únicamente la Dureza Total en el agua, así como los contenidos de Hierro y Cobre.

Como se puede observar, la Dureza Total del agua está por debajo del Valor recomendado, así como el nivel de Cobre, no obstante, el nivel de Hierro en el agua se encuentra un poco por encima del Valor Máximo Admisible, esto debido probablemente a altos contenidos de Hierro en el pozo, lo cual representa un riesgo a la salud de la comunidad, dado que en concentraciones superiores a los 0,3 mg/L se puede llegar a producir bacterias ferruginosas, además de esto, dado que el contenido de Hierro en la comunidad es de 0,55 mg/L, existe la probabilidad de que el agua manche la ropa.

Cuadro 96. Nivel Segundo – Barrio Jesús Abajo

Fecha	Julio 2021	Octubre 2021	Norma
Punto de muestreo	DIST.	DIST.	
Parámetro	Nivel Segundo		
Dureza Total (mg/L CaCO_3)	160	111	400
Hierro (mg/L Fe)	0,55	0,73	0,3
Cobre (mg/L Cu)	0	0	2

5.1.2.4. Nivel Tercero

En el Cuadro 97 se detallan los parámetros establecidos para el Nivel Tercero del Reglamento para la Calidad del Agua Potable, además de los resultados de laboratorio, se debe destacar que en el laboratorio solo se analizaron los contenidos de Nitrato y de Nitrito en las muestras de agua, de las cuales se puede observar que se encuentran por debajo tanto del Valor Máximo Admisible, siendo esto un indicador positivo de la calidad del agua en la comunidad.

Cuadro 97. Nivel Tercero – Barrio Jesús Abajo

Fecha	Julio 2021	Octubre 2021	Norma
Punto de muestreo	DIST.	DIST.	
Parámetro	Nivel Tercero		
Nitrato (NO ₃ -)	0,2	0,6	50
Nitrito (NO ₂ -)	0,007	0,003	0,1

5.1.2.5. Nivel Cuarto

En el Cuadro 98 se establecen los parámetros del Nivel Cuarto detallados en el Reglamento para la Calidad del Agua Potable, además de los resultados de Laboratorio, cabe destacar que dichos resultados de laboratorio solo analizan el contenido de Sólidos totales disueltos en el agua. Con respecto a los resultados de laboratorio, se puede observar que el nivel de Sólidos totales disueltos está por debajo del Valor Máximo Admisible.

Cuadro 98. Nivel Cuarto – Barrio Jesús Arriba

Fecha	Julio 2021	Octubre 2021	Norma
Punto de muestreo	DIST.	DIST.	
Parámetro	Nivel Cuarto		
Sólidos totales disueltos (mg/L)	0	240	1000

5.1.3. Concepción

El acueducto de Concepción actualmente cuenta con una ASADA ya establecida, la misma mantiene actividades constantes de mantenimiento del sistema de abastecimiento, entre las que se puede destacar limpieza de tanque de almacenamiento, cloración del tanque de almacenamiento y de la línea de distribución. En cuanto a análisis de calidad del agua, la ASADA no cuenta con información sobre dichos análisis, asimismo los miembros de la Junta Directiva

no tienen conocimiento sobre si en algún momento, alguna institución pública o privada ha llevado a cabo algún análisis de la potabilidad del recurso hídrico en la comunidad.

Con respecto a las muestras de agua tomadas, durante la realización del estudio, se realizaron 4 giras a la comunidad de Concepción para obtener dichas muestras, esto con el fin de analizar y determinar, los diferentes parámetros tanto del Control Operativo, así como de los 4 Niveles de control establecidos por el Reglamento para la Calidad del Agua Potable, cabe destacar que las muestras de agua recolectadas, fueron tomadas de la casa del presidente de la ASADA. En cuanto a las giras, estas se realizaron en los meses de Marzo, Junio, Julio y Octubre del 2021.

A continuación, se analiza los resultados de las pruebas de laboratorio de las muestras de agua recolectadas, comparando dichos resultados con los parámetros para el Control Operativo, el Nivel Primero, el Nivel Segundo, el Nivel Tercero y el Nivel Cuarto, mismos establecidos en el Reglamento para la Calidad del Agua Potable.

5.1.3.1. Control Operativo

En el Cuadro 99, los parámetros del Control Operativo en el Acueducto, los cuales son establecidos por el Reglamento para la Calidad del Agua Potable, además de los resultados de Laboratorio de las muestras recolectadas en la comunidad de Concepción. De dicho cuadro se puede observar que tanto la Turbiedad de la muestra, así como el Olor de la misma, cumplen con el Valor Máximo Admisible establecido en el Reglamento, no obstante, los resultados de Cloro residual libre en la red se encuentran por debajo del parámetro establecido, esto debido probablemente a una baja dosificación por parte de la ASADA.

Cuadro 99. Control Operativo - Concepción

Fecha	Marzo 2021	Junio 2021	Julio 2021	Octubre 2021	Norma
Punto de muestreo	DIST.	DIST.	DIST.	DIST.	
Parámetro	Control Operativo				
Turbiedad (NTU)	0,670	0,620	1,060	0,370	5
Olor	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
Cloro residual libre (mg/l)	0,22	0,33	-	0,04	0,3 -1,0

5.1.3.2. Nivel Primero

En el Cuadro 100 se establecen los parámetros del Nivel Primero, detallados en el Reglamento para la Calidad del Agua Potable, además de los resultados de laboratorio de las muestras obtenidas en la comunidad. Es importante aclarar, que la medición de cloro residual combinado, se llevó a cabo en el tanque de almacenamiento.

Como se puede observar en el cuadro, el Color aparente en las muestras de agua de los meses de Junio y Julio del 2021, se encuentra por encima del valor máximo admisible por el Reglamento, lo cual indica un contenido significativo de materia orgánica, así como de metales como Hierro, Cobre, entre otros, siendo esto un primer indicador de riesgo de la calidad del recurso hídrico. Asimismo, la conductividad de las muestras de agua de los meses de Marzo, Junio y Octubre del 2021, se encuentran por encima del valor máximo admisible permitido por el Reglamento, lo cual puede indicar un alto contenido de material ionizante en el agua, siendo esto un indicador de que el agua tienen contacto con sustancias que contienen sales y ácidos de donde puede surgir dicha carga iónica, cabe destacar, que según el Laboratorio Nacional de Agua, los valores entre (400-1000) $\mu\text{S}/\text{cm}$ no representan un riesgo a la salud, indica irregularidades o posibles contaminaciones.

Respecto a las pruebas microbiológicas, únicamente se llevaron a cabo para los meses de Junio, Julio y Octubre del 2021, de las mismas se puede destacar que los contenidos de Coliformes fecales y *Escherichia coli* en las muestras son menores a lo establecido en el Reglamento. Asimismo, el pH del agua, se encuentran entre el límite máximo y mínimo establecido por el Reglamento, siendo esto un indicador positivo de la calidad del recurso hídrico.

Por último, en cuanto a las mediciones del cloro residual combinado, este únicamente se midió en el mes de Octubre del 2021, dando como resultado una concentración de 0,1 mg/l, lo cual es inferior al límite mínimo establecido por el reglamento. Dicho resultado puede estar dado por una baja dosificación en el clorador.

Cuadro 100. Nivel Primero - Concepción

Fecha	Marzo 2021	Junio 2021	Julio 2021	Octubre 2021	Reglamento
Punto de muestreo	DIST.	DIST.	DIST.	DIST.	
Parámetro	Nivel Primero				
Color aparente (U-Pt-Co)	7	17	53	0	15
Conductividad ($\mu\text{S/cm}$)	578,7	605,18	0,00	478,80	400
Coliforme fecal (NMP/100 ml)	-	No Detectable	No Detectable	No Detectable	No Detectable
Escherichia coli (NMP/100 ml)	-	No Detectable	No Detectable	No Detectable	No Detectable
Cloro residual combinado (mg/l)	-	-	-	0,1	1,0 -1,8
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	20,2	24,80	16,90	19,50	18 - 30
pH	7,509	7,550	7,570	6,970	6 - 8

5.1.3.3. Nivel Segundo

En el Cuadro 101 se detallan los parámetros del Nivel Segundo establecidos en el Reglamento para la Calidad del Agua Potable, además de los resultados de Laboratorio de las muestras recolectadas en la comunidad, cabe mencionar que de las muestras recolectadas únicamente se analizó la Dureza Total del agua, así como el contenido de Hierro y Cobre. Dado esto, se puede observar que tanto la Dureza Total, así como el contenido de Cobre en el agua, están por debajo del Valor Máximo Admisible por el Reglamento.

Con respecto al nivel de Hierro en el agua, en el cuadro se puede observar que para todos los meses donde se tomaron muestras de agua, la concentración de Hierro en el agua se encuentra por encima del Valor Máximo Admisible, esto debido probablemente a altos contenidos de Hierro en el pozo, lo cual representa un riesgo a la salud de la comunidad, debido a que en concentraciones superiores a los 0,3 mg/L se puede llegar a producir bacterias ferruginosas, asimismo, dado que el contenido de Hierro en la comunidad es de 0,44 mg/L, existe la probabilidad de que el agua llegue a machar la ropa. Además de esto, el alto contenido de Hierro en la muestra afecta la medición del Color aparente en el agua.

Por último, la dureza del agua, aunque no sobre pase el valor máximo admisible, la misma se encuentra muy elevada, debido a ello se pueden llegar a dar incrustaciones de sedimentos en

las tuberías, esto dependiendo de varios aspectos como el pH efectivo del agua, pH de saturación, el Índice de Langelier y la concentración de carbonatos de calcio y magnesio, lo cual puede producir procesos de incrustación de sedimentos en las tuberías, siendo esto un riesgo para el funcionamiento del clorador, dado que dicha sedimentación puede llegar a saturar las tuberías del clorador, disminuyendo la eficiencia de este.

Cuadro 101. Nivel Segundo – Concepción

Fecha	Marzo 2021	Junio 2021	Julio 2021	Octubre 2021	Norma
Punto de muestreo	DIST.	DIST.	DIST.	DIST.	
Parámetro	Nivel Segundo				
Dureza Total (mg/L CaCO ₃)	303	338	340	162	400
Hierro (mg/L Fe)	1,53	1,15	0,44	0,57	0,3
Cobre (mg/L Cu)	0,06	0,67	0,23	0,07	2

5.1.3.4. Nivel Tercero

En el Cuadro 102, se especifican los parámetros del Nivel Tercero del Reglamento para la Calidad del Agua Potable, además de los resultados de laboratorio de las muestras recolectadas en la comunidad, cabe destacar, que el análisis de laboratorio contemplo únicamente los contenidos de Nitrato y Nitrito en la muestra de agua. Como se puede observar, dichos resultados de laboratorio indican que los niveles tanto de Nitrato, así como los de Nitrito, se encuentra por debajo del Valor Máximo Admisible, establecidos por el Reglamento.

Cuadro 102. Nivel Tercero - Concepción

Fecha	Marzo 2021	Junio 2021	Julio 2021	Octubre 2021	Norma
Punto de muestreo	DIST.	DIST.	DIST.	DIST.	
Parámetro	Nivel Tercero				
Nitrato (NO ₃ -)	0,4	0,8	0,1	0,4	50
Nitrito (NO ₂ -)	0,008	0,002	0,001	0,004	0,1

5.1.3.5. Nivel Cuarto

En el Cuadro 103 se detallan los parámetros del Nivel Cuarto establecidos por el Reglamento para la Calidad del Agua Potable, además de los resultados de laboratorio de las muestras recolectadas en la comunidad, se debe destacar, que únicamente se analizó en laboratorio, el contenido de Sólidos totales disueltos en la muestra de agua, se puede observar que dicho

nivel de Sólidos totales disueltos en el agua se encuentra por debajo del Valor Máximo Admisible, no obstante, el contenido es superior al Valor Recomendado por el Reglamento.

El contenido de Sólidos totales disueltos en la muestra, indica un bajo contenido de materia orgánica disuelta en el agua, asimismo, este resultado al igual que el contenido de Hierro en la muestra, son los causantes del alto nivel de Color aparente en el agua.

Cuadro 103. Nivel Cuarto - Concepción

Fecha	Marzo 2021	Junio 2021	Julio 2021	Octubre 2021	Norma
Punto de muestreo	DIST.	DIST.	DIST.	DIST.	
Parámetro	Nivel Cuarto				
Sólidos totales disueltos (mg/L)	310,00	360,00	300,00	440,00	1000

5.2. Evaluación del riesgo de la calidad del agua

Para la evaluación de la calidad del agua potable, se aplica el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano en Costa Rica (IRCACH), con el fin de clasificar la gravedad de los incumplimientos al Reglamento para la Calidad de Agua Potable. En el Cuadro 104 se presenta un resumen del índice de riesgo correspondientes a las diferentes muestras de agua tomadas en las comunidades en estudio.

Respecto al nivel de calidad del agua de la comunidad de Barrio Jesús Arriba, en el Cuadro 104 se puede observar que para los meses de Junio y Julio del 2021, el índice es de 38, lo cual indica un nivel de riesgo de la calidad del agua muy alto, esto debido principalmente a los altos niveles de coliformes fecales en las muestras de agua, cabe destacar que para la muestra obtenida en Marzo del 2021, no se realizó el análisis microbiológico del agua, dando como resultado un índice de 17. Por lo tanto, se concluye que el nivel de riesgo de la calidad del agua de la comunidad de Barrio Jesús Arriba es muy alto, lo cual implica que el agua no es apta para la ingesta, cabe destacar, que esta situación se resolvería con la instalación de un clorador, con el cual eliminar los contaminantes del agua.

Por otro lado, para la comunidad de Barrio Jesús Abajo, se debe aclarar, que las mediciones realizadas en Noviembre del 2020 y Enero del 2022, se llevaron a cabo por la empresa llamada Bioanalítica, misma que fue contratada por la ASADA, debido a ello, para las muestras de dichos meses, únicamente se analizaron los parámetros del Control Operativo y el Nivel Primero, por

lo cual no se puede comparar satisfactoriamente los resultados, debido a que a diferencia de las mediciones realizadas por la ASADA, en las muestras obtenidas durante las giras se analizó el contenido de hierro en el agua, el cual es el parámetro responsable del alto nivel de riesgo en los meses de Julio y Octubre del 2021. Por lo tanto, se concluye que el agua en la comunidad cuenta con un nivel de riesgo intermedio, dado que no es apta para la ingesta, debido a las características organolépticas del agua.

Cuadro 104. Resumen del Índice de Riesgo para la Calidad del agua

IRCACH			
Fecha	Barrio Jesús Arriba	Barrio Jesús Abajo	Concepción
Noviembre 2020	-	0	-
Marzo 2021	17	-	20
Junio 2021	38	-	18
Julio 2021	38	11	19
Octubre 2021	-	11	20
Enero 2022	-	1	-

En el Anexo A, se pueden observar los parámetros y el cálculo del IRCACH, para cada comunidad y para cada muestra de agua.

Por último, en cuanto al índice de riesgo de calidad del agua de la comunidad de Concepción, en el cuadro se puede observar que para las 4 muestras obtenidas se tiene un índice de riesgo similar, del cual se puede concluir que el recurso hídrico de la comunidad de concepción, mantiene un nivel de riesgo intermedio, lo cual implica que el agua en la comunidad no es apta para la ingesta, debido a las características organolépticas del agua. Este resultado se da, debido a los altos contenidos de hierro en el agua, asimismo, a los altos niveles de solidos totales disuelto, dado que aumentan el color aparente en el agua, lo cual repercute en el aumento del índice de riesgo.

6. Capítulo 6: Gestión administrativa

6.1. Condición administrativa actual

En este capítulo, se detalla y se analiza específicamente por comunidad, la condición administrativa de los organismos encargados de administrar los acueductos en estudio, esto mediante el análisis de aspectos como: existencia del convenio de delegación, constitución de la ASADA, concesiones de las fuentes de abastecimiento, aspectos económicos del acueducto, morosidad, planes de mantenimiento del sistema, planes para la gestión del riesgo de los acueductos, planes para la gestión ambiental, entre otros aspectos relevantes para la administración de los acueductos en estudio. Asimismo, se evalúa la vulnerabilidad administrativa, operacional, de infraestructuras, y sanitaria de los acueductos es estudio, mediante la aplicación de la herramienta GIRA.

6.1.1. Barrio Jesús Arriba

6.1.1.1. Descripción del ente administrador

Gestión Organizacional

La comunidad de barrio Jesús Arriba no cuenta con una ASADA para que administre y opere el acueducto, dado que, al inicio la creación del acueducto tenía como objetivo proveer del recurso hídrico a los trabajadores del dueño de la propiedad donde se encuentra ubicada la naciente. No obstante, al pasar los años, las familias de los trabajadores se asentaron y empezaron a desarrollar una comunidad, que hoy en día se conoce como Barrio Jesús Arriba.

Gestión Comercial y Administrativa

Hoy en día la comunidad de Barrio Jesús Arriba cuenta con 17 previstas de las cuales 15 son previstas domiciliarias, y las dos restantes corresponden a la escuela y a la iglesia, además es importante aclarar, que la comunidad no cuenta con el conocimiento técnico para organizarse y conformar una ASADA. Actualmente la comunidad cuenta con una encargada del acueducto, la cual no recibe ningún tipo de compensación, únicamente funge como contacto con la municipalidad de Abangares.

Se debe destacar que la comunidad no cuenta con una tarifa para el consumo de agua de los pobladores, esto debido a que en un inicio el dueño de las fincas donde se ubica la naciente, tenía la noción de que el acceso al agua fuera gratis para los trabajadores, dado esto, aun hoy en día se mantiene una tarifa cero, no obstante esto representa un problema para la

comunidad, ya que no se cuenta con un presupuesto para reparaciones ni para mejoras, lo que ocasiona que en el momento donde se presente la necesidad de realizar una reparación o una mejora, se debe organizar una colecta entre todos los habitantes de la comunidad, para poder costear una reparación o una mejora.

Gestión en Mantenimiento y Operación

En cuanto al mantenimiento del sistema, el acueducto no cuenta con cloración, siendo esto un aspecto básico del mantenimiento del sistema, cabe destacar que la comunidad mantiene una constante limpieza del tanque de almacenamiento y la captación de la naciente, siendo esta su única actividad de mantenimiento, para ello la comunidad contrata a uno de sus habitantes cada mes y medio, para que este realice la limpieza tanto del tanque de almacenamiento, como de la captación de la naciente.

No obstante, dicha persona, nunca ha recibido ningún tipo de capacitación para llevar a cabo correctamente las actividades de mantenimiento, lo cual aumenta el riesgo de deterioro de los componentes del sistema de abastecimiento. Respecto a las capacitaciones recibidas o por recibir de la comunidad, actualmente ningún miembro de la comunidad ha recibido capacitaciones en temas administrativos, operacionales o de mantenimiento de acueductos, asimismo, no se tiene programado en un futuro cercano, alguna capacitación por parte del AyA o de otra institución pública.

Gestión del Riesgo

La comunidad de Barrio Jesús Arriba no cuenta con ningún plan de emergencia, dado que no se cuenta con los conocimientos técnicos para el desarrollo del mismo, además de esto, no se ha conformado alguna alianza entre comunidades u otras organizaciones, asimismo no se forma parte de un comité comunal de emergencias, ni se cuenta con un plan de comunicación ante emergencias.

Gestión Ambiental

La comunidad de Barrio Jesús Arriba no cuenta con ningún plan sobre gestión ambiental, además de esto, es importante aclarar que la en la comunidad no cuenta con un hidrante.

6.1.1.2. Análisis del ente administrador

Con el fin de analizar la condición del ente administrador del Acueducto de Barrio Jesús Arriba, se utiliza la herramienta GIRA, mediante la cual se evaluará la vulnerabilidad Operativa, la vulnerabilidad Administrativa y Vulnerabilidad Sanitaria, esto se detalla en los Cuadros 105, 106 y 107, respectivamente.

En el Cuadro 105 se puede observar las preguntas utilizadas para evaluar la Vulnerabilidad Operativa del Acueducto, las cuales dejan claro la ineficiencia con la que opera el Acueducto de Barrio Jesús Arriba debido a la inexistencia de desinfección del agua, así como contar con un fontanero con los conocimientos técnicos para darle mantenimiento eficientemente al sistema, poniendo en peligro la vida útil tanto de las Tuberías como del Tanque de Almacenamiento y la Captación, además de esto, también se pone en peligro la potabilidad del recurso hídrico. Por lo tanto, se concluye que la vulnerabilidad Operativa del acueducto es ALTA.

Cuadro 105. Vulnerabilidad Operativa – Barrio Jesús Arriba

Vulnerabilidad Operativa	Respuesta	Evaluación
¿Existe más oferta de agua que la demandada por la comunidad, o al menos está balanceada?	Sí	0%
¿El acueducto cuenta con desinfección continua?	No	12,5%
¿Se conoce la zona de recarga de las fuentes de agua subterráneas?	No	12,5%
¿Se poseen procedimientos operativos de control de presiones?	No	12,5%
¿Se poseen procedimientos operativos de control de fugas?	No	12,5%
¿Se poseen procedimientos operativos de control de las instalaciones de tuberías y nuevas conexiones?	No	12,5%
¿Se llevan bitácoras con fecha, lugar y fotografía, de las mejoras o mantenimientos realizados al sistema?	No	12,5%
¿Se busca mejorar los procedimientos de control y mantenimiento en el sistema?	No	12,5%
	Resultado	87,5%
	Vulnerabilidad	MUY ALTA

En el Cuadro 106, se detallan las preguntas utilizadas para evaluar la Vulnerabilidad Administrativa de la comunidad de Barrio Jesús Arriba, de ello se puede observar que la comunidad cuenta con muchas deficiencias administrativas, esto debido a que no se cuenta con un plan de trabajo que permita definir objetivos a alcanzar, además no se cuenta con un

correcto control financiero, dado que al no tener tarifa para el consumo de agua en la comunidad, no se cuenta con ingresos, por lo cual, no se puede llevar dicho control, además de esto la comunidad no cuenta con los conocimientos técnicos necesarios para administrar correctamente el acueducto, por lo tanto, se concluye que la vulnerabilidad Administrativa del acueducto es MUY ALTA.

Cuadro 106. Vulnerabilidad Administrativa – Barrio Jesús Arriba

Vulnerabilidad Administrativa	Respuesta	Evaluación
¿Cuenta con estados financieros actualizados?	No	12,5%
¿El dinero de la ASADA es custodiado en una cuenta bancaria?	No	12,5%
¿Se poseen fondos de capitalización (dinero acumulado para utilizarse en reparación y ampliación del sistema)?	No	12,5%
¿El porcentaje de morosidad de los abonados es menor a 10%?	Si	0
¿La ASADA ofrece el servicio de pago por Internet o depósito bancario?	No	12,5%
¿Cuenta con Sistemas Informáticos de Gestión para las ASADAS?	No	12,5%
¿La ASADA sigue un plan de trabajo anual?	No	12,5%
¿Cuenta con un Plan de Transparencia y Rendición de Cuentas?	No	12,5%
	Resultado	88,5%
	Vulnerabilidad	MUY ALTA

En el Cuadro 107, se detallan las preguntas utilizadas para evaluar la Vulnerabilidad Sanitaria de la comunidad de Barrio Jesús Arriba, como se puede observar la comunidad no cuenta con los conocimientos técnicos para llevar a cabo un buen control sanitario del sistema, cabe destacar que los planes de mantenimiento realizados en la fuente y el tanque de almacenamiento no se llevan a cabo mediante personal calificado. Por lo tanto, se concluye que la vulnerabilidad sanitaria del acueducto es Alta.

Cuadro 107. Vulnerabilidad Sanitaria – Barrio Jesús Arriba

Vulnerabilidad Sanitaria	Respuesta	Evaluación
¿Posee planes de mantenimiento planificados y realizados para cada una de las fuentes de agua? (15pts)	Sí	15
¿Posee planes de mantenimiento planificados y realizados para la limpieza de tanques y redes? (10 pts)	Sí	10
¿Se realizan estudios diarios del cloro residual en la red para mantenerla dentro de los parámetros de la norma, con su respectiva bitácora? (10 pts.)	No	0
¿Se organizan anualmente programas de educación ambiental a la comunidad como: talleres, campañas de limpieza de calles o ríos, videos informativos, reforestación, entre otras? (10 pts.)	No	0
¿Se informa a la comunidad los resultados del control de calidad de agua potable por medios como: boletines, recibos de cobro mensual, oficina de acueducto, sitios públicos, redes sociales? (2,5 pts.)	No	0
¿Realiza el Control Operativo con la frecuencia establecida en el Reglamento para la Calidad de Agua Potable (Decreto Ejecutivo N.38924-S)? (20pts)	No	0
¿Todas las fuentes y los tanques se encuentran rotulados y con pintura en buen estado? (Puntuación para la gradación de estrellas)	No	N/A
	Resultado	25
	Evaluación	37%
	Vulnerabilidad	ALTA

Por último, en la Figura 41 y en la Figura 42, se detalla el resultado del análisis por vulnerabilidad del acueducto de Barrio Jesús Arriba, en donde se clasifica la vulnerabilidad del acueducto como MUY ALTA, dado la gran cantidad de deficiencias que se presentan en la comunidad, tanto en el ámbito operativo, administrativo y sanitario. Cabe destacar que este análisis también contempla la vulnerabilidad sanitaria de las infraestructuras y la vulnerabilidad en general de las infraestructuras.

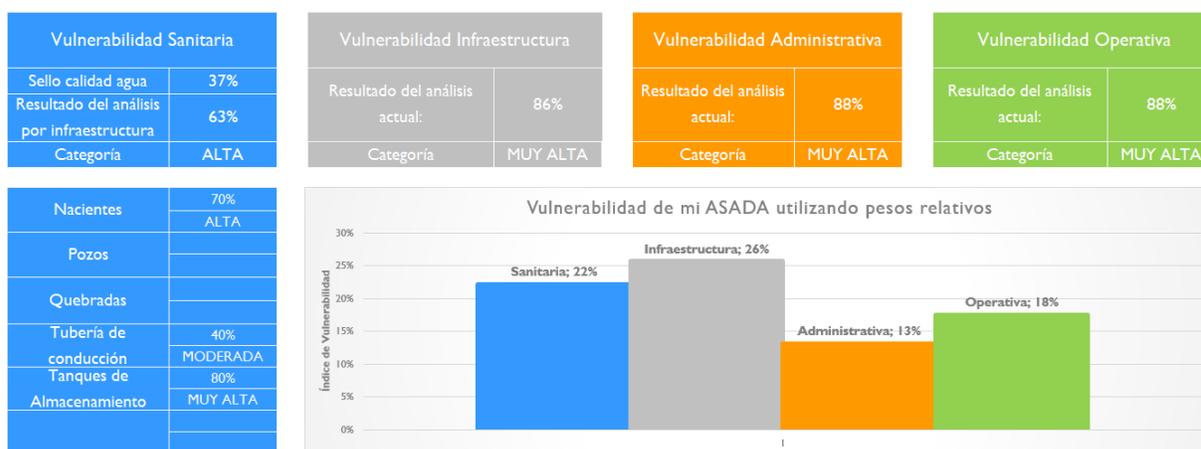


Figura 41. Resultado del análisis por vulnerabilidad para el acueducto de Barrio Jesús Arriba

ASADA	Vulnerabilidad	
BARRIO JESÚS ARRIBA	Resultado	79%
	Categoría	MUY ALTA

Figura 42. Vulnerabilidad Barrio Jesús Arriba

6.1.2. Barrio Jesús Abajo

6.1.2.1. Descripción del ente administrador

Gestión Organizacional

El organismo administrador del acueducto de Barrio Jesús Abajo se encuentra establecido como una ASADA, la misma lleva fungiendo como tal por 15 años en total, dado que primeramente duro 11 años con la personería vigente, luego de que se venciera duró un tiempo sin renovarse, hasta hace 4 años con la Junta Directiva actual, asimismo, actualmente la ASADA tiene el convenio de delegación firmado, no obstante, la ASADA cuenta con la personería vencida, sin embargo, se mantienen en proceso para renovarla.

El acueducto brinda el servicio a 54 abonados de la comunidad, no obstante, en la comunidad muchos habitantes cuentan con pozos propios o nacientes propias, debido a ello no se le brinda el servicio al 100 % de la población de Barrio Jesús Abajo. En cuanto a la composición de la ASADA, esta cuenta con un presidente, un fiscal, una tesorera, una secretaria y 3 vocales, como miembros de dicha organización, cabe mencionar que la ASADA, no cuenta con una oficina propia, debido a ello para llevar a cabo reuniones de la Asamblea, se hace uso del salón

comunal ubicado cerca de la escuela, cabe destacar que se realizan dichas reuniones cada mes. En la Figura 43 se puede observar el organigrama de la ASADA.



Figura 43. ASADA – Barrio Jesús Abajo

Gestión Comercial y Administrativa

El comité administrativo actual de la ASADA lleva en función 4 años, los mismos en ese periodo de tiempo han recibido capacitaciones tanto para administrar y operar un acueducto, además de ello se siguen capacitando para mejorar los procesos administrativos y operacionales del acueducto, cabe destacar que la ASADA realiza un plan de trabajo anual, en donde se planifican tantas las actividades de mantenimiento, operación, así como las administrativas, aparte de esto la organización cuenta con un plan de transparencia y rendición de cuentas, para el cual se realiza un informe general cada 6 meses y un informe de contabilidad cada 3 meses, mismos son entregados a cada abonado. Es importante aclarar que la ASADA no hace uso de los servicios de un profesional en administración.

La ASADA cuenta con un sistema de cómputo el cual es utilizado para la gestión del acueducto, no obstante, la utilización de dicha herramienta se lleva efectuando desde hace muy poco tiempo, por lo cual el mismo no cuenta con un registro de datos, causando que la información que actualmente puede proporcionar dicho sistema sea nula, aun así, la implementación del programa de cómputo permitirá llevar un mayor orden administrativo del acueducto.

Con respecto a los aspectos económicos de la ASADA, en el Cuadro 108 se puede observar los gastos mensuales que tiene la ASADA, así como el monto mensual que percibe la misma debido

a la prestación del servicio de distribución de agua, de lo cual se puede concluir que actualmente la ASADA de Barrio Jesús Abajo, cuenta con más entradas que salidas de dinero, lo cual es un aspecto positivo de la Organización, de tal manera que se puede contar con fondos económicos para la reparación o mantenimiento de los componentes del sistema, así como para la expansión del mismo. Cabe destacar que la ASADA cuenta con los servicios de un contador, debido a ello, los estados financieros de la organización se mantienen actualizados, además de ello, la comunidad no cuenta con morosidad, no obstante, debido a la pandemia de Covid-19, se ha dado tiempo a algunos abonados que no podían pagar.

Cuadro 108. Análisis económico

Entradas	Monto
Pago de abonados por consumo de agua	₡ 527 585,94
Gastos	
Pago de Luz	₡ 61 415,00
Fontanero	₡ 55 000,00
Gasolina	₡ 5 100,00
Técnico Bomba	₡ 198 428,00
Monto Total	₡ 319 943,00
Monto Sobrante	₡ 207 642,94

Montos aproximados facilitados por la secretaria de la ASADA

Entre los métodos de pago utilizados por los abonados, la ASADA ofrece el servicio de pago por internet o por depósito bancario, así como en efectivo, además, con respecto a las tarifas utilizadas por la organización, en el Cuadro 109 se pueden observar las tarifas impuestas por ARESEP, misma que son utilizadas por la ASADA. En cuanto al dinero de la ASADA, este es recaudado y protegido en el banco, de manera que se cuenta con un fondo utilizado tanto para la reparación como para ampliación del sistema.

Cuadro 109. Tarifa de consumo

Tarifa	
Consumo (m3)	Tarifa ARESEP (₡)
0 - 10	363
10 - 30	417
30 - 60	521

Gestión en Mantenimiento y Operación

En torno a la operación del acueducto, como ya se detalló en el Capítulo 3, el acueducto cuenta con más oferta que demanda de agua, siendo esto favorable para la comunidad, ya que permite el desarrollo de la misma, no obstante, la comunidad no cuenta con planos esquemáticos del sistema de abastecimiento de agua, lo cual dificulta la administración de todas las tuberías y accesorios existentes en el acueducto, además, en caso de requerir un análisis hidráulico de las tuberías, no se contaría con la información necesaria para llevarlo a cabo. Se debe destacar que la ASADA hace uso de una bitácora desde hace 4 años, en la cual se anota la fecha de las mejoras o mantenimientos realizados al sistema, la misma no cuenta con ninguna sistematización, es realizada en papel y se mantiene al cuidado de la secretaria de la ASADA.

Para el mantenimiento y operación del acueducto, se utilizan los servicios de un fontanero, el cual cuenta con muy pocos conocimientos sobre control de fugas, así como de instalación de tuberías y nuevas conexiones, esto debido a que apenas está iniciando en dicho trabajo, por lo cual aún no ha podido recibir capacitaciones, además de esto, la ASADA de Barrio Jesús Abajo busca mejorar los procedimientos de control y mantenimiento en el sistema, mediante la ayuda de instituciones como la UCR y el AyA, por medio de capacitaciones. Asimismo, para el mantenimiento de la bomba, se contratan los servicios de un técnico cada 2 meses. Es importante aclarar que la ASADA no le paga seguro al Fontanero, debido a que este aún se encuentra iniciando en sus labores, por lo cual la ASADA tuvo un acuerdo con el fontanero en asegurarlo hasta que el mismo ya esté capacitado.

Con respecto a los terrenos donde se ubica el pozo y el taque de almacenamiento, estos son propiedad de uno de los integrantes del comité, no obstante, se está en proceso para realizar el traspaso. En cuanto al pozo existente, este se encuentra concesionado desde el año 1978.

La ASADA se mantiene realizando mantenimiento y mejoras en el acueducto, con el fin de impulsar el desarrollo de la comunidad, entre las mejoras que se pueden mencionar, se destaca la nueva tubería de 100 mm financiada por la construcción de la nueva carretera, la misma ya ha sido instalada, no obstante, aún no se encuentra en funcionamiento. Asimismo, la ASADA mantiene el interés de perforar un nuevo pozo dado que ya tienen definido donde se va a perforar, esto con el fin de aumentar la disponibilidad hídrica en el acueducto, además de contar con fuentes de abastecimiento alternativas en caso de alguna emergencia. Por otro lado, dentro de la comunidad, se quiere llevar a cabo un proyecto de 29 casas y 6 quintas, el

mismo se encuentra en evaluación por parte del AyA, debido a que la ASADA solicitó ayuda por parte de dicha institución para evaluar la factibilidad de dicho proyecto en el acueducto.

En cuanto a las medidas utilizadas por la ASADA para garantizar la potabilidad del recurso hídrico, esta tiene en uso un clorador, el cual permite la desinfección continua del agua, cabe destacar, que durante las mediciones de cloro realizadas en la comunidad, se determinó que dichas mediciones cumple con la normativa vigente, no obstante, no se realiza el Control Operativo con la frecuencia que establece el reglamento para la calidad de agua, por lo cual no se mantiene una supervisión continua del contenido de cloro en el agua, además cabe destacar que los últimos análisis de calidad del agua que se realizaron en la comunidad, son de Enero del 2022.

Gestión del Riesgo

La ASADA no cuenta con ningún plan de emergencia, dado que en la comunidad no es muy común que se presenten desastres naturales, además de esto, no se ha conformado alguna alianza entre comunidades u otras organizaciones, asimismo no se forma parte de un comité comunal de emergencias, ni se cuenta con un plan de comunicación ante emergencias.

Gestión Ambiental

La ASADA no cuenta con un plan de gestión ambiental, no obstante, si tienen planes de reunirse con el MINAE para trabajar en dicho ámbito. Es importante aclarar que actualmente la ASADA no cuenta con un hidrante en funcionamiento, no obstante, debido a la instalación de la nueva tubería de 100 mm, también se dio la instalación de un nuevo hidrante, cabe destacar, que dicha tubería e hidrante, no se encuentran en funcionamiento actualmente.

6.1.2.2. Análisis del ente administrador

Con el fin de analizar la condición del ente administrador del Acueducto de Barrio Jesús Abajo, se utiliza la herramienta GIRA, mediante la cual se evaluará la vulnerabilidad Operativa, la vulnerabilidad Administrativa y la vulnerabilidad Sanitaria, esto se detalla en los Cuadros 110, 111 y 112, respectivamente.

Como se puede observar en el Cuadro 110, el Acueducto de Barrio Jesús Abajo, cuenta con procedimientos operativos aceptables para el correcto control y mantenimiento tanto de

Tuberías como del Tanque de Almacenamiento y el Pozo, además de esto la ASADA mantiene un constante monitoreo mediante bitácoras tanto para mejoras como para mantenimiento. Por lo tanto, se concluye que la vulnerabilidad operativa del acueducto es MUY BAJA.

Cuadro 110. Vulnerabilidad Operativa – Barrio Jesús Abajo

Vulnerabilidad Operativa (12,5% cada una)	Respuesta (si/no)	Evaluación
¿Existe más oferta de agua que la demandada por la comunidad, o al menos está balanceada?	si	0 %
¿El acueducto cuenta con desinfección continua?	si	0 %
¿Se conoce la zona de recarga de las fuentes de agua subterráneas?	si	0 %
¿Se poseen procedimientos operativos de control de presiones?	no	12,5 %
¿Se poseen procedimientos operativos de control de fugas?	si	0 %
¿Se poseen procedimientos operativos de control de las instalaciones de tuberías y nuevas conexiones?	si	0 %
¿Se llevan bitácoras con fecha, lugar y fotografía, de las mejoras o mantenimientos realizados al sistema?	si	0 %
¿Se busca mejorar los procedimientos de control y mantenimiento en el sistema?	si	0 %
	Resultado	12,5 %
	Vulnerabilidad	MUY BAJA

En cuanto a la vulnerabilidad administrativa, en el Cuadro 111 se puede observar que la ASADA de Barrio Jesús Abajo, cuenta con medidas aptas para lograr una correcta administración del acueducto, dado que cuentan con estados financieros actualizados, sistemas informáticos de gestión para ASADAS, además cuenta con un plan de trabajo anual, con el cual definen actividades administrativas, operacionales y de mantenimiento del acueducto, asimismo se realiza la elaboración de informes de contabilidad, los mismos se realizan cada 3 meses, y un informe sobre la gestión general del acueducto, el cual se realiza cada 6 meses, esto como parte del plan de transparencia y Rendición de Cuentas de la ASADA. Por lo tanto, se concluye que la vulnerabilidad administrativa del acueducto es MUY BAJA.

Cuadro 111. Vulnerabilidad Administrativa – Barrio Jesús Abajo

Vulnerabilidad Administrativa (12.5% cada una)	Respuesta	Evaluación
¿Cuenta con estados financieros actualizados?	si	0 %
¿El dinero de la ASADA es custodiado en una cuenta bancaria?	si	0 %
¿Se poseen fondos de capitalización (dinero acumulado para utilizarse en reparación y ampliación del sistema)?	si	0 %
¿El porcentaje de morosidad de los abonados es menor a 10%?	si	0 %
¿La ASADA ofrece el servicio de pago por Internet o depósito bancario?	si	0 %
¿Cuenta con Sistemas Informáticos de Gestión para las ASADAS?	si	0 %
¿La ASADA sigue un plan de trabajo anual?	si	0 %
¿Cuenta con un Plan de Transparencia y Rendición de Cuentas?	si	0 %
	Resultado	0 %
	Vulnerabilidad	MUY BAJA

En el Cuadro 112, se detallan las preguntas utilizadas para evaluar la Vulnerabilidad Sanitaria de la comunidad de Barrio Jesús Abajo, como se detalla en el cuadro, la ASADA cuenta con planes de mantenimiento planificados y realizados por personal de la ASADA que ha sido capacitado, esto tanto para el tanque de almacenamiento y las redes, en cuanto al mantenimiento del pozo, se da la contratación de un técnico para realizar el mantenimiento del mismo, no obstante la ASADA no lleva un correcto control en cuanto a la verificación de la calidad del recurso hídrico, debido a que no se realizan pruebas de cloro diarias, ni se lleva a cabo el control operativo con la frecuencia estipulada en el Reglamento para la Calidad del Agua Potable. Cabe destacar la evaluación de la vulnerabilidad sanitaria del acueducto, también contempla la evaluación sanitaria de las estructuras. Por lo tanto, se concluye que la vulnerabilidad sanitaria del acueducto es BAJA.

Cuadro 112. Vulnerabilidad Sanitaria – Barrio Jesús Abajo

Vulnerabilidad Sanitaria	Respuesta	Evaluación
¿Posee planes de mantenimiento planificados y realizados para cada una de las fuentes de agua? (15pts)	si	15
¿Posee planes de mantenimiento planificados y realizados para la limpieza de tanques y redes? (10 pts)	si	10
¿Se realizan estudios diarios del cloro residual en la red para mantenerla dentro de los parámetros de la norma, con su respectiva bitácora? (10 pts.)	no	0
¿Se organizan anualmente programas de educación ambiental a la comunidad como: talleres, campañas de limpieza de calles o ríos, videos informativos, reforestación, entre otras? (10 pts.)	no	0
¿Se informa a la comunidad los resultados del control de calidad de agua potable por medios como: boletines, recibos de cobro mensual, oficina de acueducto, sitios públicos, redes sociales? (2,5 pts.)	si	2,5
¿Realiza el Control Operativo con la frecuencia establecida en el Reglamento para la Calidad de Agua Potable (Decreto Ejecutivo N.38924-S)? (20pts)	no	0
¿Todas las fuentes y los tanques se encuentran rotulados y con pintura en buen estado? (Puntuación para la gradación de estrellas)	no	N/A
	Resultado	27,5
	Evaluación	41%
	Vulnerabilidad	BAJA

Por último, en la Figura 44 y en la Figura 45, se detalla el resultado del análisis por vulnerabilidad del acueducto de Barrio Jesús Abajo, en donde se clasifica la vulnerabilidad del acueducto como BAJA, debido a que la ASADA mantiene un gran esfuerzo para administrar, operar y mantener el acueducto correctamente. Cabe destacar que este análisis también contempla la vulnerabilidad sanitaria de las infraestructuras y la vulnerabilidad en general de las infraestructuras.

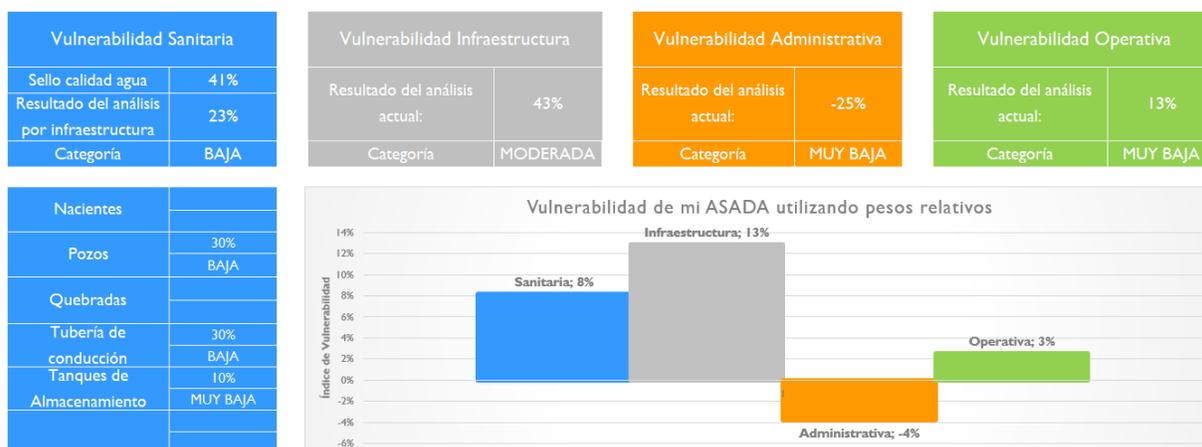


Figura 44. Resultado del análisis por vulnerabilidad y amenaza para el acueducto de Barrio Jesús Abajo

ASADA	Vulnerabilidad	
BARRIO JESÚS ABAJO	Resultado	20%
	Categoría	BAJA

Figura 45. Vulnerabilidad Barrio Jesús Abajo

6.1.3. Concepción

6.1.3.1. Descripción del ente administrador

Gestión Organizacional

La Organización administradora del Acueducto de la comunidad de Concepción, está conformada como una ASADA (cedula jurídica: 3002599149) desde hace 10 años, la misma permanece actualmente con la personería vigente, libros legales al día, así como el convenio de delegación firmado. La ASADA está compuesta por un presidente, una vicepresidente, una secretaria, un tesorero, una vocal y un fiscal, como parte de la junta directiva y la fiscalía, es importante mencionar que hoy en día la organización les brinda el servicio a 92 abonados de la comunidad de Concepción. En la Figura 46 se puede observar un organigrama de la organización administradora del acueducto de Concepción.



Figura 46. ASADA - Concepción

Gestión Comercial y Administrativa

La ASADA realiza 1 reunión de la Junta Directiva cada mes, esto debido a la pandemia de Covid-19, dado que antes de ello, se realizaban de 2 a 3 reuniones por mes, dichas reuniones son llevadas a cabo en un pequeño local que alquilan, no obstante, la ASADA ya cuenta con un lote para construir una oficina propia. Es importante destacar que la ASADA no cuenta con los servicios de un profesional con conocimiento en administración, como según los establece el reglamento de ASADAS.

En cuanto a las capacitaciones de los miembros de la ASADA, estos las han recibido por medio del AyA, no obstante, actualmente se les complica recibirlas, debido a que estas se imparten mediante clases virtuales, esto a causa de la pandemia, y dentro de la comunidad de Concepción la señal telefónica no es buena, por lo cual los asociados no siempre pueden recibir las capacitaciones.

Con respecto a los aspectos económicos de la ASADA, en el Cuadro 113 se puede observar algunos de los gastos mensuales que tiene la ASADA, así como el monto mensual que percíbelo la misma debido a la prestación del servicio de distribución de agua, de lo cual se puede concluir que actualmente la ASADA de Concepción, cuenta con más entradas que salidas de dinero, lo cual es un aspecto positivo de la Organización, de tal manera que se puede contar con fondos económicos para la reparación o mantenimiento de los componentes del sistema, así como para la expansión del mismo. Cabe destacar que la ASADA cuenta con los servicios de un contador, debido a ello, los estados económicos de la organización se mantienen actualizados. Además, la ASADA no presenta morosidad por parte de los abonados, cabe destacar, que debido a la pandemia ocasionada por el COVID-19, algunas personas de la comunidad han

tenido problemas para pagar, no obstante, se dio tiempo para que se saldaran las deudas, además algunas personas pidieron arreglos de pago.

Cuadro 113. Análisis económico – Concepción

Entradas	Monto
Pago de abonados por consumo de agua	₡ 800 000,00
Gastos	
Pago de Luz	₡ 170 000,00
Técnico Bomba	₡ 198 428,00
Monto Total	₡ 368 428,00
Monto Sobrante	₡ 431 572,00

Montos aproximados, facilitados por el presidente de la ASADA

Entre los métodos de pago utilizados por los abonados, la ASADA ofrece el servicio de pago mediante SINPE Móvil, ya que la organización cuenta con su propio número de teléfono celular ligado a la cuenta de banco de la misma, asimismo, el pago puede ser realizado mediante efectivo, el cual es recibido por la tesorera de la ASADA para luego ser depositado al banco por ella. Respecto a los pagos realizados por los abonados, a estos se les entrega recibos de papel con el consumo de agua y el montón correspondiente, además de esto, con respecto a las tarifas utilizadas por la organización, en el Cuadro 114 se pueden observar la tarifa impuesta por ARESEP, siendo esta la que se aplica en la comunidad. En cuanto a todo el dinero de la ASADA, este es recaudado y protegido en una cuenta bancaria, de manera que se cuenta con un fondo utilizado tanto para la reparación como para la ampliación del sistema de abastecimiento.

Cuadro 114. Tarifa de consumo – Concepción

Tarifa ARESEP	
Consumo (m3)	Tarifa ARESEP (₡)
0 - 10	417
10 - 30	521
30 - 60	363

Respecto a los planes de inversión de la ASADA, actualmente no cuentan con un plan para realizar mejoras o aplicaciones en el sistema, debido a que los terrenos donde se ubican los pozos y el tanque de almacenamiento no es propiedad de la ASADA, por lo tanto, la organización se encuentra en proceso para pedir que se les done dichos terrenos. Cabe destacar que la junta directiva de la ASADA no sabe si los pozos se encuentran concesionados.

Por último, la Organización administradora, realiza trimestralmente un informe sobre la gestión de la ASADA, el mismo se les entrega a todos los abonados del acueducto, esto como parte del plan de transparencia y rendición de cuentas, además de esto la ASADA realiza un plan de trabajo cada año, donde se define todas las actividades en temas administrativos, operacionales y de mantenimiento del acueducto.

Gestión en Mantenimiento y Operación

En torno a la operación del acueducto, como ya se detalló en el Capítulo 3, el acueducto cuenta con más oferta que demanda de agua, siendo esto favorable para la comunidad, ya que permite el desarrollo de la misma, no obstante, la comunidad no cuenta con planos esquemáticos del sistema de abastecimiento de agua, lo cual dificulta la administración de todas las tuberías y accesorios existentes en el acueducto, asimismo, en caso de requerir un análisis hidráulico de las tuberías, no se contaría con la información necesaria para llevarlo a cabo. Además, la ASADA no hace uso de una bitácora, para llevar un control de las mejoras o mantenimientos realizados al sistema.

Para el mantenimiento y operación del acueducto, no se cuenta con un fontanero fijo, dado que la ASADA contrata a un fontanero por un pequeño periodo de tiempo cuando se necesita realizar mantenimiento del sistema, además de esto, la ASADA de Concepción busca mejorar los procedimientos de control y mantenimiento en el sistema, mediante la ayuda de instituciones como la UCR y el AyA, por medio de capacitaciones.

Además, para el mantenimiento de los componentes del sistema, en los pozos existentes se realiza un mantenimiento constante llevando a cabo actividades de limpieza en los alrededores de los pozos, de igual manera se da la contratación de un técnico para darle mantenimiento a las bombas de los pozos, dicha contratación se realiza cada mes y medio. Por otro lado, el tanque de almacenamiento carece de mantenimiento, debido a que se observa la losa superior del tanque, totalmente cubierta por musgo, no obstante, la ASADA tiene intenciones de repellar y pintar el tanque.

En cuanto a las medidas utilizadas por la ASADA para garantizar la potabilidad del recurso hídrico, esta tiene en uso un clorador, el cual permite la desinfección continua del agua, no obstante, mediante las mediciones realizadas durante la gira a la comunidad, se determinó que no se cumple con el contenido de cloro residual, ni cloro libre establecido en la normativa

vigente, además de ello no se realizan evaluaciones diarias del cloro residual en la red mediante el equipo de la ASADA, asimismo, no se realiza el Control Operativo con la frecuencia que establece el reglamento para la calidad del agua potable, por lo cual no se mantiene una supervisión continua de la calidad del recurso hídrico, además cabe destacar que la ASADA no cuenta con información sobre la calidad del agua en la comunidad.

Gestión del Riesgo

La ASADA no cuenta con ningún plan de emergencia, además de esto, no se ha conformado alguna alianza entre comunidades u otras organizaciones, asimismo no se forma parte de un comité comunal de emergencias, ni se cuenta con un plan de comunicación ante emergencias.

Gestión Ambiental

La ASADA no cuenta con ningún plan sobre gestión ambiental, no obstante, se han realizado conversaciones con la municipalidad, para en un futuro cercano trabajar en temas ambientales. Además de esto la ASADA tampoco cuenta con hidrantes dentro del acueducto, debido a que no se tiene dentro del sistema, el diámetro mínimo para la colocación de un hidrante, por lo cual no se tiene previsto la instalación de hidrantes.

6.1.3.2. Análisis del ente administrador

Con el fin de analizar la condición del ente administrador del Acueducto de Concepción, se utiliza la herramienta GIRA, mediante la cual se evaluará la vulnerabilidad Operativa, la vulnerabilidad Administrativa y la vulnerabilidad sanitaria, esto se detalla en los Cuadros 115, 116 y 117, respectivamente.

En el Cuadro 115, se puede observar las preguntas utilizadas para evaluar la vulnerabilidad operativa de la ASADA. Entre las deficiencias operativas que presenta la ASADA se puede destacar la falta de información sobre los pozos existentes, debido a que no se cuenta con estudios hidrológicos ni de bombeo, con los cuales poder evaluar correctamente las fuentes de abastecimiento, además de esto, la falta de personal calificado (fontanero) para operar correctamente el acueducto, pone en riesgo la vida útil del sistema de abastecimiento. Cabe destacar que la ASADA no lleva un registro mediante una bitácora, de las de las mejoras o mantenimientos realizados al sistema. Por lo tanto, se concluye que la vulnerabilidad operativa del acueducto es MODERADA.

Cuadro 115. Vulnerabilidad Operativa – Concepción

Vulnerabilidad Operativa (12,5% cada una)	Respuesta (si/no)	Evaluación
¿Existe más oferta de agua que la demandada por la comunidad, o al menos está balanceada?	si	0 %
¿El acueducto cuenta con desinfección continua?	si	0 %
¿Se conoce la zona de recarga de las fuentes de agua subterráneas?	no	12,5 %
¿Se poseen procedimientos operativos de control de presiones?	no	12,5 %
¿Se poseen procedimientos operativos de control de fugas?	si	0 %
¿Se poseen procedimientos operativos de control de las instalaciones de tuberías y nuevas conexiones?	si	0 %
¿Se llevan bitácoras con fecha, lugar y fotografía, de las mejoras o mantenimientos realizados al sistema?	no	12,5 %
¿Se busca mejorar los procedimientos de control y mantenimiento en el sistema?	si	0 %
	Resultado	37,5 %
	Vulnerabilidad	MODERADA

En cuanto a la vulnerabilidad administrativa, en el Cuadro 116 se puede observar que la ASADA de Concepción, cuenta con medidas aptas para lograr una correcta administración del acueducto, dado que cuentan con estados financieros actualizados, cuenta con un plan de trabajo anual, con el cual definen actividades administrativas, operacionales y de mantenimiento del acueducto, asimismo se realiza la elaboración de informes sobre la gestión general del acueducto, los mismos los realizan cada 3 meses, esto como parte del plan de transparencia y Rendición de Cuentas de la ASADA. Por lo tanto, se concluye que la vulnerabilidad administrativa del acueducto es MUY BAJA.

Cuadro 116. Vulnerabilidad Administrativa – Concepción

Vulnerabilidad Administrativa (12,5% cada una)	Respuesta	Evaluación
¿Cuenta con estados financieros actualizados?	si	0 %
¿El dinero de la ASADA es custodiado en una cuenta bancaria?	si	0 %
¿Se poseen fondos de capitalización (dinero acumulado para utilizarse en reparación y ampliación del sistema)?	si	0 %
¿El porcentaje de morosidad de los abonados es menor a 10%?	si	0 %
¿La ASADA ofrece el servicio de pago por Internet o depósito bancario?	si	0 %
¿Cuenta con Sistemas Informáticos de Gestión para las ASADAS?	no	12,5 %
¿La ASADA sigue un plan de trabajo anual?	si	0 %
¿Cuenta con un Plan de Transparencia y Rendición de Cuentas?	si	0 %
	Resultado	12,5 %
	Vulnerabilidad	MUY BAJA

En el Cuadro 117, se detallan las preguntas utilizadas para evaluar la Vulnerabilidad Sanitaria de la comunidad de Concepción, como se detalla en el cuadro, la ASADA cuenta con planes de mantenimiento planificados y realizados por personal de la ASADA que ha sido capacitado, esto tanto para el pozo como para el tanque y las redes, no obstante la ASADA no lleva un correcto control en cuanto a la verificación de la calidad del recurso hídrico, debido a que no se realizan pruebas de cloro diarias, ni se lleva a cabo el control operativo con la frecuencia estipulada en el Reglamento para la Calidad del Agua Potable. Cabe destacar la evaluación de la vulnerabilidad sanitaria del acueducto, también contempla la evaluación sanitaria de las estructuras. Por lo tanto, se concluye que la vulnerabilidad sanitaria del acueducto es MODERADA.

Cuadro 117. Vulnerabilidad Sanitaria - Concepción

Vulnerabilidad Sanitaria	Respuesta	Evaluación
¿Posee planes de mantenimiento planificados y realizados para cada una de las fuentes de agua? (15pts)	si	15
¿Posee planes de mantenimiento planificados y realizados para la limpieza de tanques y redes? (10 pts)	si	10
¿Se realizan estudios diarios del cloro residual en la red para mantenerla dentro de los parámetros de la norma, con su respectiva bitácora? (10 pts.)	no	0
¿Se organizan anualmente programas de educación ambiental a la comunidad como: talleres, campañas de limpieza de calles o ríos, videos informativos, reforestación, entre otras? (10 pts.)	no	0
¿Se informa a la comunidad los resultados del control de calidad de agua potable por medios como: boletines, recibos de cobro mensual, oficina de acueducto, sitios públicos, redes sociales? (2,5 pts.)	si	2,5
¿Realiza el Control Operativo con la frecuencia establecida en el Reglamento para la Calidad de Agua Potable (Decreto Ejecutivo N.38924-S)? (20pts)	no	0
¿Todas las fuentes y los tanques se encuentran rotulados y con pintura en buen estado? (Puntuación para la gradación de estrellas)	no	N/A
	Resultado	27,5
	Evaluación	41%
	Vulnerabilidad	MODERADA

Por último, en la Figura 47 y en la Figura 48, se detalla el resultado del análisis por vulnerabilidad de la ASADA de Concepción, en donde se clasifica la vulnerabilidad del acueducto como MODERADA, debido a que se mantienen muy buenas medidas administrativas, no obstante, se presentan deficiencias en el sector sanitario y operativo, lo cual influye en la vulnerabilidad general del acueducto. Cabe destacar que este análisis también contempla la vulnerabilidad sanitaria de las infraestructuras y la vulnerabilidad en general de las infraestructuras.

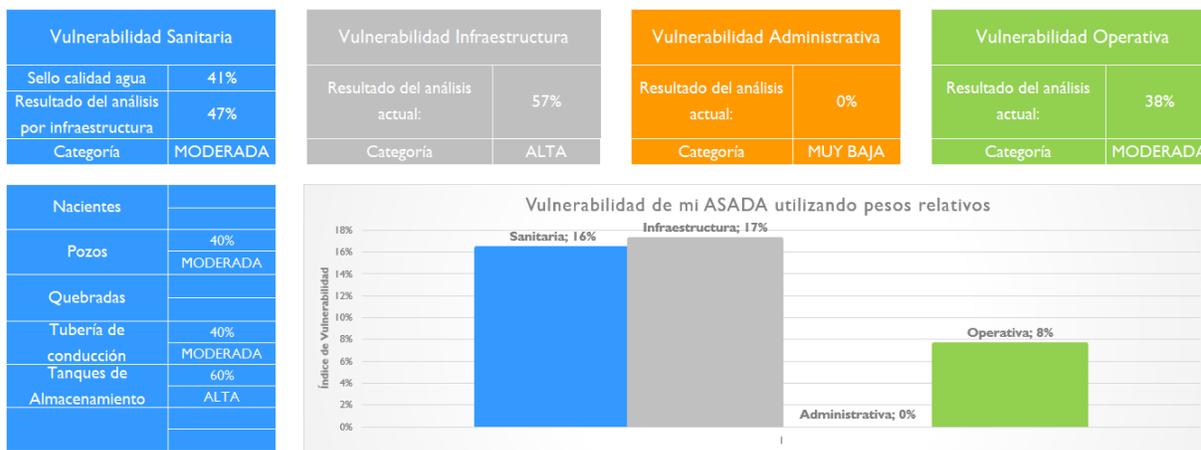


Figura 47. Resultado del análisis por vulnerabilidad para el acueducto de Concepción

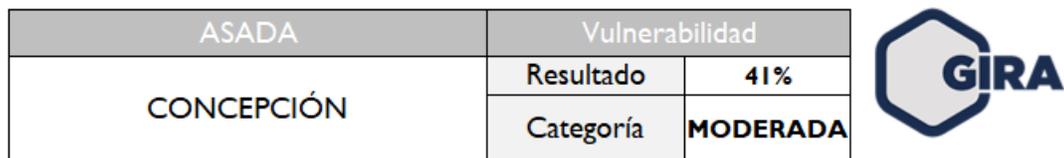


Figura 48. Vulnerabilidad Concepción

7. Capítulo 7: Recomendaciones de mejora para los acueductos

7.1. Mejoras Generales

7.1.1. Corto Plazo

7.1.1.1. Zonas de Protección

Se debe delimitar el área o la zona de protección de las fuentes de abastecimiento existentes en los acueductos en estudio, con el fin de que dicha zona sea protegida de cualquier contaminación que pueda llegar a afectar negativamente la calidad del recurso hídrico, para ello se debe tomar en cuenta que el área de protección de nacientes y pozos debe tener un perímetro de reserva no menor a un radio de 200 m y 40 m respectivamente. De igual manera es importante la instalación de una malla protectora tanto en nacientes, pozos, como en el tanque de almacenamiento, de manera que se evite el acceso a dichas estructuras a animales y personas ajenas a la comunidad.

7.1.1.2. Capacitación en administración, operación y mantenimiento de un acueducto

Con el fin de adquirir y mejorar los conocimientos básicos para llevar a cabo una correcta gestión administrativa, operacional y de mantenimiento del sistema de abastecimiento, las ASADAS deben velar por la capacitación de sus miembros, por lo cual se debe de solicitar apoyo por parte del AyA o la municipalidad de Abangares, para que se les brinde capacitaciones, talleres, charlas, etc. Asimismo, el uso de manuales de operación y mantenimiento de acueductos, son herramientas esenciales, para los encargados de llevar a cabo dichas actividades.

7.1.1.3. Adquisición de Terrenos

Es de gran importancia que los administradores de los acueductos en estudio adquieran las propiedades donde se ubican tanto las fuentes de abastecimiento, como los tanques de almacenamiento, de tal manera que se puedan llevar a cabo mejoras sin tener que pedir permiso a dueños externos, asimismo, la adquisición de los terrenos le permitirá a las ASADAS evitar tener inconvenientes con futuros dueños externos a la comunidad, es por ello que se deben iniciar por parte de las ASADAS las negociaciones de los terrenos lo más pronto posible.

7.1.2. Mediano Plazo

7.1.2.1. Monitoreo y remoción del Hierro

En el capítulo 5 se detalló el análisis de la calidad del recurso hídrico, en el cual se destaca que los 3 acueductos en estudio cuentan con altos contenidos de hierro en el agua, debido a ello, se debe implementar en las comunidades, un mecanismo o sistema para la eliminación del hierro, para ello en el Cuadro 119 se puede observar algunos de los métodos que se utilizan para la remoción del hierro en el agua. Es importante destacar, que antes de realizar cualquier mejora, se debe realizar un monitoreo de la concentración de Hierro en el agua, con el fin de asegurarse que los altos contenidos perduran con el tiempo y que no son debido a una contaminación esporádica en la fuente, en el Cuadro 118 se puede observar la concentración de hierro en el agua de cada comunidad.

Cuadro 118. Concentración de Hierro por comunidad

Comunidad	Fecha			
	23/3/2021	15/6/2021	28/7/2021	14/10/2021
	Concentración de Hierro (mg/L)			
Barrio Jesús Arriba	1,54	-	0,04	1,41
Barrio Jesús Abajo	-	-	0,55	0,73
Concepción	1,53	1,15	0,44	0,57

En el caso de que las altas concentraciones de hierro persistan, se debe iniciar la búsqueda de un método acorde con la calidad de la fuente, la facilidad de operación y mantenimiento y los costos, de tal manera que se garantice la sostenibilidad de los sistemas diseñados y construidos. Es importante aclarar que los métodos a utilizar, deben ser operados por la comunidad, con el fin de bajar los costos de operación.

En cuanto a la utilidad de los métodos en los acueductos en estudio, primeramente, se debe verificar las condiciones de uso en cada método, de lo cual se puede determinar que tanto el método de Electrocoagulación y el de Oxidación/filtración, dependen del pH del agua, por lo cual en acueductos como Concepción (pH: 6,97 – 7,57) y Barrio Jesús Abajo (pH: 6,4 -7,7), en los cuales se tuvieron mediciones de pH muy variable, dichos métodos podrían no ser los más efectivos. Por otro lado, los métodos de Intercambio Iónico y Adsorción no dependen de parámetros del agua como el pH. En el Cuadro 119 se puede observar la eficiencia con la que se elimina el hierro del agua y las condiciones de uso de cada método.

Cuadro 119. Eficiencia y condición de uso de los métodos de remoción del Hierro

Método	Eficiencia de eliminación (%)	Condición de uso
Método de electrocoagulación (EC)	95-99	Densidad de corriente de 0,01 a 0,04 A/m ² , el pH debe ser ligeramente básico, aproximadamente 7,5. Método muy rápido y eficaz para el agua que contiene hierro en concentraciones de bajas a muy altas.
Método de oxidación/filtración	80-90	El pH debe estar en el rango de 7.5 a 8.5.
Intercambio iónico (IE)	90	Efectivo para agua que contiene menos de 25 mg/L de Fe/Mn disuelto
Adsorción	84-92	Operado en condiciones anóxicas que suprimen la oxidación del hierro ferroso y el hierro se elimina mediante filtración por adsorción

Fuente: (Shalini & Pragnesh N., 2012)

Seguidamente, se debe verificar tanto las ventajas como las desventajas de los sistemas de remoción del hierro en el agua, con el fin de distinguir posibles problemas y beneficios de la aplicación de los métodos en los acueductos en estudio. Respecto al método de electrocoagulación, este es útil en zonas rurales, debido a que el mismo puede realizar su función mediante paneles solares en casos donde no se tenga electricidad disponible, no obstante, dicha ventaja puede llegar a ser una desventaja ya que se tendría que considerar los costos del mantenimiento del panel solar, asimismo en cuanto a la vida útil del método, este depende de los electrodos de sacrificio, los cuales se disuelven poco a poco para poder llevar a cabo el proceso de electrocoagulación, debido a ello, en caso de que se considere el uso de este método, se debe mantener un estricto monitoreo del sistema de tratamiento.

Por otro lado, el método de oxidación/filtración es un sistema de tratamiento el cual si se utiliza el oxígeno como material oxidante, no se ocupa de mucha supervisión, debido a que no se está utilizando productos químicos que puedan llegar a alterar la calidad del recurso hídrico debido a una mala dosificación de los mismos, asimismo, la utilización del oxígeno reduce los costos de operación del sistema de tratamiento ya que los mismos dependen del material oxidante a utilizar, sin embargo, se debe tomar en cuenta que este método puede llegar a corroer piezas del sistema, reduciendo la vida útil del mismo, por lo cual se debe realizar un

constante mantenimiento de los componentes del sistema de tratamiento. En el Cuadro 120 se puede observar las ventajas y desventajas de los métodos para la remoción del Hierro.

Cuadro 120. Ventajas y desventajas de los métodos de remoción del Hierro (I)

Método	Ventaja	Desventaja
Método de electrocoagulación (EC)	EC requiere un equipo simple y es fácil de operar con suficiente latitud operativa para manejar la mayoría de los problemas que se encuentran en funcionamiento. La técnica EC se puede usar convenientemente en áreas rurales donde no hay electricidad disponible, ya que un panel solar conectado a la unidad puede ser suficiente para llevar a cabo el proceso.	Los electrodos de sacrificio se disuelven en las corrientes de aguas residuales como resultado de la oxidación y deben reemplazarse regularmente.
Método de oxidación/filtración	La mayoría de los sistemas de tratamiento del hierro emplean procesos de oxidación/filtración. El oxidante oxida químicamente el hierro (formando una partícula) y mata las bacterias del hierro y cualquier otra bacteria causante de enfermedades que pueda estar presente. Un método de bajo costo para proporcionar oxidación es usar el oxígeno del aire como agente oxidante.	El oxidante es difícil de almacenar o transportar de forma segura y las piezas del sistema pueden degradarse por la corrosión. La reacción de oxidación da como resultado un compuesto de manganeso sólido que puede interferir con el funcionamiento del sistema.

Fuente: (Shalini & Pragnesh N., 2012)

Respecto al método de intercambio iónico, a diferencia de los demás métodos a considerar, este no depende de la calidad del agua como el pH o la alcalinidad, evitando así los costos necesarios para regular las características del agua. En cuanto a su vida útil, este método depende de la resina suavizante, la cual se puede rejuvenecer y reutilizar, por lo cual únicamente se debe mantener un constante mantenimiento de la estructura del sistema. Se debe destacar que este método es útil para acueductos con concentraciones de hierro menores a los 25mg/L, debido a que se disminuye la probabilidad de que se produzcan obstrucciones debido a la oxidación.

En cuanto al método de Adsorción, este se efectúa mediante un sistema de filtración, el cual se debe llevar a cabo en condiciones anóxicas, por lo cual es un sistema el cual no requiere de supervisión para realizar el proceso de remoción del hierro en el agua, no obstante, se debe mantener un constante mantenimiento del medio filtrante, debido a que la vida útil del sistema depende de dicho filtro. Es importante destacar que este método es muy recomendado para

pozos. En el Cuadro 121 se puede observar las ventajas y desventajas de los métodos para la remoción del Hierro.

Cuadro 121. Ventajas y desventajas de los métodos de remoción del Hierro (II)

Método	Ventaja	Desventaja
Intercambio iónico (IE)	Puede eliminar el hierro que se une a los compuestos orgánicos. La resina suavizante se puede rejuvenecer y reutilizar. La calidad del agua como el pH o la alcalinidad no son importantes en el funcionamiento del IE	Se usa solo para pequeñas cantidades de hierro y manganeso porque existe el riesgo de que se obstruya rápidamente si ocurre alguna oxidación durante el proceso, el precipitado resultante puede cubrir y ensuciar el medio. Entonces sería necesario limpiar con ácido o bisulfato de sodio.
Adsorción	Corridas de filtración más largas debido a un desarrollo más lento de la pérdida de carga Mejor calidad de filtrado. Menor tiempo de maduración y menor requerimiento de agua de retrolavado.	Ión ferroso adsorbido en el medio filtrante que se limpia con agua rica en oxígeno o con oxidante.

Fuente: (Shalini & Pragnesh N., 2012)

Por último, se debe verificar el costo inicial de los métodos en conjunto con los costos de operación de los mismos, de manera que se seleccione la opción más eficiente entre los métodos expuestos, se puede destacar que el Método de electrocoagulación, posee costos de operación más altos que los demás métodos. Asimismo, se debe verificar que el sistema de tratamiento sea adecuado a la fuente de abastecimiento, dado que el método de Adsorción es más útil en aguas superficiales como pozos. Por lo tanto, se concluye que para los acueductos de Barrio Jesús Abajo y Concepción se puede hacer uso de los métodos de intercambio iónico y el de Adsorción, los cuales son aptos para pozos, no dependen de la calidad del agua y poseen costos bajos, por otro lado, para el acueducto de Barrio Jesús Arriba se concluye que se puede hacer uso de los métodos de oxidación/filtración e Intercambio iónico, los cuales son aptos para aguas superficiales y poseen bajos costos. En el Cuadro 122 se puede observar los costos y usos de los métodos de remoción del Hierro.

Cuadro 122. Costo y usos de los métodos de remoción del Hierro

Método	Costo	Usos
Método de electrocoagulación (EC)	Aprox. 6,05 US\$/m ³	Adaptable para uso doméstico
Método de oxidación/filtración	Aprox. 4,05 US\$/m ³	En áreas rurales
Intercambio iónico (IE)	\$0.05 a \$0.20 por barril	Uso para aguas subterráneas y superficiales. Adaptable donde el uso de agua es mínimo
Adsorción	Bajo costo	Útil para aguas superficiales como pozos

Fuente: (Shalini & Pragnesh N., 2012)

Respecto a la ubicación de las mejoras, antes de contratar el diseño y la construcción, se debe verificar el espacio que requerirá el sistema de remoción, de tal manera que se tome en cuenta para la selección de los métodos los costos provenientes a la ubicación de la mejora. Asimismo, es importante mencionar que el diseño y construcción de los sistemas para la eliminación del hierro en el agua, deben ser realizados por profesionales en el tema, de manera que lleve a cabo la implementación del sistema de tratamiento correctamente, por ello se recomienda solicitar apoyo por parte de instituciones públicas como la UCR, el AyA o la municipalidad de Abangares, para llevar a cabo la mejora y recibir capacitación para la operación de la misma.

7.1.2.2. Inventario de materiales y equipos

El desarrollo de inventarios permite llevar un correcto control de la disponibilidad tanto de materiales, como de equipos existentes, utilizados para realizar mantenimiento e inclusive ampliación del sistema de abastecimiento, esto con el fin de mejorar la gestión administrativa del acueducto.

7.1.2.3. Implementación de una Bitácora

Es importante implementar dentro de la comunidad, el uso de una bitácora con la cual llevar un registro de todas las mejoras que se lleven a cabo, así como del mantenimiento que se le brinde al sistema de abastecimiento, esto con el fin de llevar un control del mantenimiento que se realiza, así como documentar los fallos del sistema, de manera que en futuros estudios se pueda analizar dicha información, con el fin de realizar una evaluación más detallada del acueducto.

7.1.2.4. Planos del Acueducto

Los planos del acueducto permiten llevar un mayor control del sistema de abastecimiento de la comunidad, los mismos deben de incluir detalles de todas las estructuras y accesorios del sistema de abastecimiento, de igual forma dicho plano debe ser realizado con información topográfica precisa, de preferencia realizar un levantamiento topográfico con estación total. Dicha información topográfica es importante para la realización de futuros estudios que se realicen en el acueducto, así como para la realización de un análisis hidráulico de las tuberías.

Es importante recalcar que el AyA establece que se debe mantener planos actualizados de los sistemas de abastecimiento, donde se incluyan cada uno de los componentes de los mismos, también se debe contar con un catastro de las redes. Es importante destacar que los planos del sistema de abastecimiento son indispensables para las inscripciones de la fuente de abastecimiento, propiedades e inmuebles, de igual forma los planos permiten limitar la zona de protección de la naciente, así como realizar una mejor planificación de las mejoras en el acueducto. Por otro lado, los planos permiten realizar una mejor gestión en cuanto a las zonas donde se puede dar un mayor crecimiento, entre otros aspectos.

7.1.3. Largo Plazo

7.1.3.1. Plan de gestión ante emergencias

Las ASADAS debe contar con un Plan de Gestión de Riesgos, así como un Plan para la Atención de Emergencias y desastres naturales, para evitar cualquier afectación a la prestación de los servicios. Dichos planes se deben realizar siguiendo la guía establecida por el AyA para tal efecto. El Plan deberá considerar la atención de emergencias y desastres naturales, tales como terremotos, incendios, erupciones volcánicas, tormentas, derrumbes, inundaciones o sequías, que pudieran afectar la continuidad de la prestación del servicio. Al acontecer la emergencia o desastre, deberá informar con la mayor oportunidad al AyA sobre las afectaciones que se le presenten con el propósito de que el AyA le brinde la asesoría, apoyo, acompañamiento y asistencia técnica a la comunidad. Asimismo, es importante que la comunidad mantenga contacto con comités locales de emergencia, con el fin apoyar y recibir apoyo de otras comunidades, en caso de una emergencia.

7.1.3.2. Plan de gestión ambiental

Las ASADAS debe contar con un Plan de Gestión Ambiental en forma quinquenal, el mismo debe contar con acciones afines a la protección del recurso hídrico, así como para la protección

de los alrededores. Para la realización de dicho plan, se puede hacer uso la guía establecida por la Subgerencia de Sistemas Comunales para tal efecto.

Dentro del plan de gestión ambiental se debe de implementar acciones de vigilancia y control de alteraciones del ambiente o de contaminaciones que afecten el recurso hídrico asignado, incluyendo nacientes y áreas de recarga de acuíferos. De igual manera, con el fin de proteger el recurso hídrico, la comunidad debe implementar en conjunto con el Benemérito Cuerpo de Bomberos, acciones correspondientes a los programas, planes nacionales de prevención y control de incendios forestales, para las zonas de protección, áreas de recarga y terrenos donde se ubiquen las fuentes y los componentes de los sistemas de abastecimiento de agua potable.

7.1.3.3. Plan de Crecimiento

Las ASADAS deben contar con su respectivo plan de crecimiento, de tal manera que se plantee los objetivos y las estrategias a seguir durante un periodo de tiempo determinado, con el fin de expandir la red de distribución, aumentar la capacidad de las tuberías existentes, aumentar el volumen de los tanques actuales, así como mejorar las medidas de protección tanto de las fuentes de abastecimientos, como de tanques de almacenamiento y tuberías , asimismo, el plan de crecimiento puede modificarse a lo largo del tiempo según las circunstancias y novedades que se produzcan en los acueductos en estudio.

7.1.3.4. Evaluación Hidráulica de la tubería

Se debe llevar a cabo una evaluación hidráulica de las tuberías existentes en el acueducto, con el fin de analizar el funcionamiento de las mismas, de manera que se pueda solventar problemas debido al deficiente o inexistente diseño de la red de distribución, así como para planificar nuevas mejoras necesarias para el acueducto.

7.1.4. Resumen de mejoras generales

Cuadro 123. Cuadro Resumen de Mejoras Generales

Corto Plazo (0 – 5 años)	Zonas de Protección
	Capacitación en administración, operación y mantenimiento de un acueducto
	Adquisición de Terrenos
Mediano Plazo (5 – 10 años)	Monitoreo y remoción del Hierro
	Inventario de materiales y equipos
	Implementación de una Bitácora
	Planos del Acueducto
Largo Plazo (10 – 15 años)	Plan de gestión ante emergencias
	Plan de gestión ambiental
	Plan de Crecimiento
	Evaluación Hidráulica de la tubería

7.2. Mejoras Específicas

7.2.1. Barrio Jesús Arriba

7.2.1.1. Corto Plazo

7.2.1.1.1. Creación de ASADA o Integración de la comunidad con la ASADA de Barrio Jesús Abajo

La comunidad debe tomar una decisión respecto al rumbo de la organización, debido que, para llevar una correcta gestión del acueducto según la normativa vigente, se debe establecer una ASADA como ente administrador del acueducto, cabe destacar que se cumplen con algunos de los criterios utilizados por el AyA para autorizar tanto la inscripción de la ASADA ante el Registro de Asociaciones y la firma del convenio de delegación, así como unirse a una ASADA cercana ya existente, entre los criterios que se pueden mencionar:

- No existe un ente operador del acueducto legalmente habilitado para la prestación del servicio de abastecimiento de agua.
- Existe una fuente de agua viable para abastecer a la comunidad.

Sin embargo, actualmente la comunidad cuenta con apenas 17 abonados, siendo esto un cantidad muy reducida de usuarios, lo cual puede dificultar la conformación de la ASADA, por lo tanto, en caso que la comunidad no cuente con la disponibilidad o el interés de sus habitantes, de conformar y gestionar una ASADA, se puede optar por solicitar la fusión o integración a una ASADA cercana, en este caso se recomienda la integración a la ASADA de

Barrio Jesús Abajo, en la Figura 49 se puede observar la ubicación de la comunidad de Barrio Jesús Arriba y Barrio Jesús Abajo, entre las cuales existe una distancia aproximada de 1,6 km. Es importante mencionar, que esta fusión o integración, implicaría que la ASADA nueva conformada, contaría con un total de 71 abonados.

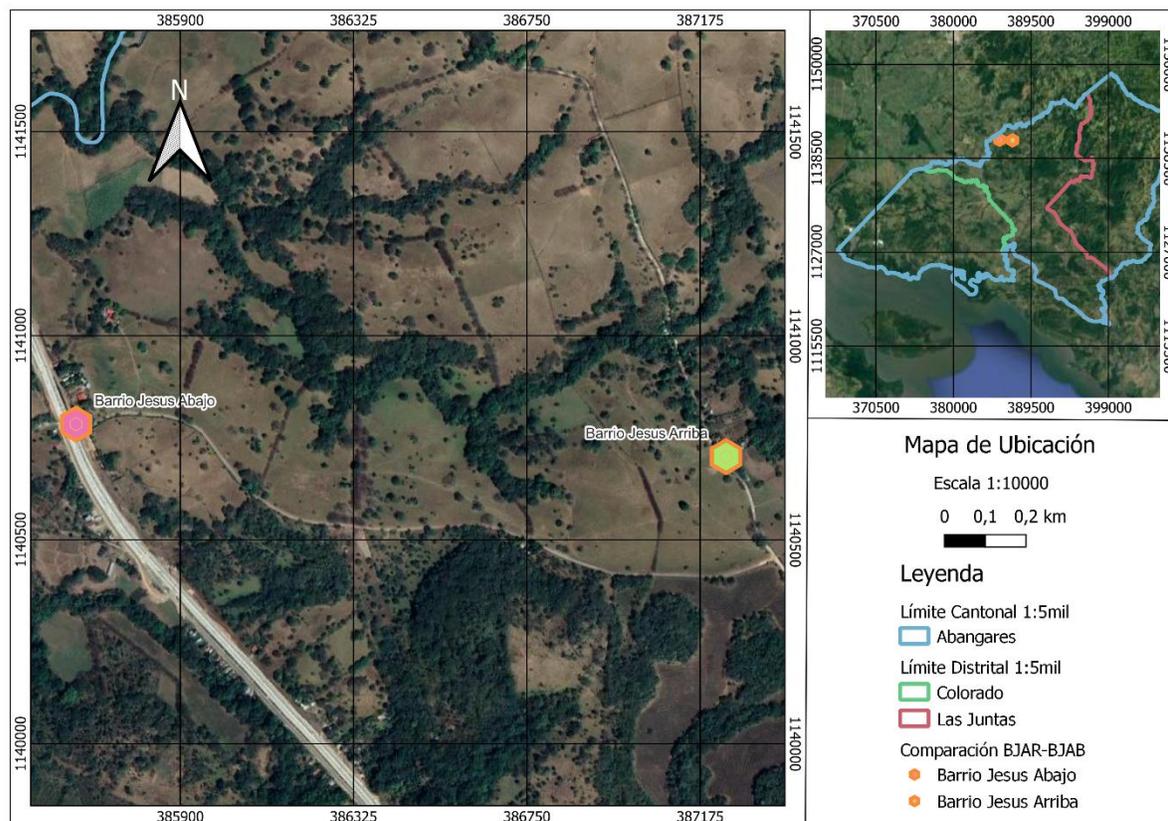


Figura 49. Comparación de ubicación de las comunidades

La fusión o integración de la comunidad de Barrio Jesús Arriba a la ASADA de Barrio Jesús Abajo debe estar fundamentada en criterios razonables que justifiquen dicha unión, por lo cual se deben de llevar a cabo los siguientes análisis:

- Análisis de la capacidad financiera de las ASADAS que serán fusionadas o integradas.
- Análisis de la legalidad de las organizaciones prestadoras de servicios (constitución y convenio de delegación).
- Análisis de la capacidad hídrica e hidráulica de las ASADAS intervinientes, a efectos de determinar sus necesidades, contraprestaciones y requerimientos para garantizar la prestación de los servicios.

- Análisis de las razones de oportunidad y/o conveniencias debidamente justificadas.

Previo a los procesos para fusionar o integrar ASADAS, el AyA deberá realizar el estudio pertinente que identifique, analice y valore su condición, de manera que se determine de forma razonable su conveniencia y factibilidad.

Para todos los casos el AyA deberá cumplir con el protocolo de fusión o integración establecido para tal efecto, considerando prioritario la intervención social que sensibilice, informe y favorezca la concertación en estos procesos.

Es importante destacar que, el AyA podrá intervenir de manera temporal o permanente la prestación de los servicios de abastecimiento de agua potable y saneamiento de aguas residuales que estén siendo brindados por una ASADA o cualquier operador ilegal, con el fin de normalizar las situaciones que impidan un adecuado funcionamiento y gestión de los servicios públicos.

7.2.1.1.2. Registro de Aforos

La comunidad debe implementar un registro de aforos, mediante el aforo de la naciente durante todos los meses del año, de tal manera que se lleve un control de la producción de agua en dicha fuente y así determinar su comportamiento tanto en el verano como en el invierno, con el fin de que se pueda definir el caudal mínimo y máximo producido por la fuente durante el año, lo cual permitirá llevar a cabo un correcto balance hídrico de la comunidad. Para ello es comúnmente utilizado el método volumétrico, el cual consiste en llenar de agua un recipiente del cual se conozca su volumen y medir el tiempo en el que el mismo fue llenado, obteniendo mediante dichos datos el caudal de la fuente. Es muy importante recalcar, que el procedimiento de medir el Caudal de una naciente, debe ser lo más preciso posible, tomando por lo menos 5 lecturas de tiempo y con el promedio calcular el Caudal, teniendo conocimiento preciso del volumen del recipiente y los datos del tiempo deben anotarse con por lo menos dos decimales.

Sin embargo, es importante recalcar que actualmente la captación de la naciente no es apta para realizar aforos en la misma, por lo cual mientras no se realice la mejora correspondiente, se recomienda llevar a cabo los aforos en el tanque de almacenamiento, con lo cual se puede tener una aproximación del caudal disponible de la fuente. Para llevar a cabo el aforo de la fuente en la época de verano, primeramente se debe cerrar el paso de agua tanto a la

comunidad como al tanque, de tal manera se pueda medir el nivel del agua inicial, seguidamente se debe abrir el paso de agua al tanque, de manera que el mismo comience a llenarse, asimismo, desde el momento en que se abre el paso de agua al tanque, se debe medir el tiempo de llenado, por último, una vez pasen 3 minutos o más, se debe cerrar el paso de agua hacia el tanque, de tal manera que el tanque no se llene ni se vacíe, esto con el fin de medir el nivel final del agua. Con estos datos se calcula el volumen de agua ganado, y con los datos de tiempo y de volumen, se calcula el caudal de agua suministrado al tanque.

7.2.1.1.3. Instalación de Micromedidores y Macromedidor

Es necesario en la comunidad, la instalación de micromedidores y macromedidores, con el fin de llevar un control del consumo de agua en la comunidad, así como llevar un control del porcentaje de agua no contabilizada en la comunidad (ANC), de manera que dicha información sea utilizada en estudios posteriores a este, con el fin de determinar la dotación real de la comunidad, asimismo, dicha medición del consumo permitirá realizar cobros respecto al consumo de cada abonado. En el Cuadro 124 se puede observar el costo de 17 medidores de agua con sus accesorios y sus cajas de protección, para las 17 previstas existentes en la comunidad, asimismo, se presenta el costo de 1 macromedidor, el mismo debe ser instalado a la salida del tanque de almacenamiento (tubería de distribución).

Cuadro 124. Presupuesto Micro-medición

Material	Cantidad	Costo por Unidad	Costo Total
Medidor de agua	17	₡ 22 000,00	₡ 374 000,00
Accesorios para medidor de agua	17	₡ 14 000,00	₡ 238 000,00
Caja para medidor de agua	17	₡ 22 000,00	₡ 374 000,00
Macromedidor	1	₡ 166 721,45	₡ 166 721,45
Total	-	-	₡ 1 152 721,00

Fuente precios: Construplaza, 2022

7.2.1.1.4. Cobro del servicio de abastecimiento del recurso Hídrico

El cobro del servicio recurso hídrico es sumamente importante, debido a que este permite que la comunidad pueda tener un fondo de ahorro, el mismo que puede ser utilizado tanto para la reparación del sistema, como para la ampliación del mismo, de igual manera el cobro del recurso hídrico es un importante incentivo para que las personas no desperdicien el recurso hídrico. En cuanto a las tarifas a utilizar, se recomienda hacer uso de las tarifas impuestas por el ARESEP.

7.2.1.1.5. Capacitación para el control de finanzas

La comunidad no cuenta con conocimientos básicos de gestión de finanzas, debido a que, hasta el momento nunca han tenido que gestionar el dinero de la comunidad debido al cobro del servicio de abastecimiento, por lo tanto, antes de implementar el cobro del recurso hídrico en la comunidad, se debe de primero capacitar en materia de gestión de finanzas, a los miembros encargados del acueducto mediante talleres y charlas.

7.2.1.1.6. Control operativo y Sistema de desinfección

Es importante contar con un sistema de desinfección, el cual permita proteger el recurso hídrico de cualquier contaminante, debido a que la existencia de los mismos puede llegar a afectar negativamente la salud de los abonados, por lo tanto, la comunidad debe de solicitar apoyo por parte de instituciones públicas como el AyA o la UCR, e inclusive la municipalidad, para la donación de un dosificador o la donación de materiales y mano de obra para elaborar un dosificador. Es importante recalcar el hecho de que el cobro del servicio de abastecimiento del recurso hídrico, permitiría a la comunidad tener un fondo de ahorro, el mismo podría ser utilizado para la compra de un sistema de desinfección del recurso hídrico. En el Cuadro 125 y el Cuadro 126 se puede observar los costos de los materiales y de las herramientas respectivamente, necesarias para la construcción de un sistema de desinfección, según la guía para la Elaboración e Instalación de Cloradores para la Desinfección del Agua Potable establecida por el AyA.

Cuadro 125. Presupuestos de materiales de Clorador por pastilla

Material	Cantidad	Precio por unidad	Costo Total
Tee lisa 4" (Ø 100mm) de presión	1 und.	₡ 23 200,00	₡ 23 200,00
Reducciones de 4" a 2" (Ø 100 a 50mm)	2 und.	₡ 7 000,00	₡ 14 000,00
Reducciones de 2" a 1/2" (Ø 50 mm a 12,5mm)	2 und.	₡ 2 700,00	₡ 5 400,00
Silleta de 4 " a 1/2" (Ø 100 mm a 12,5mm)	1 und.	₡ 18 000,00	₡ 18 000,00
Tapones sanitarios de 4 " (Ø 100 mm)	2 und.	₡ 3 200,00	₡ 6 400,00
Tubo de 4" (Ø 100mm) - 6 mts	0,5 m	₡ 33 300,00	₡ 33 300,00
Tee de 1/2" (Ø 12,5mm)	3 und.	₡ 240,00	₡ 720,00
Codos de 1/2" (Ø 12,5mm)	5 und.	₡ 630,00	₡ 3 150,00
Llave de 1/2" (Ø 12,5 mm) de compuerta	1 und.	₡ 2 400,00	₡ 2 400,00
Adaptadores machos 1/2" (Ø 12,5mm)	3 und.	₡ 200,00	₡ 600,00
Tubo de 3" (Ø 75mm) sanitario	0,5 m	₡ 18 700,00	₡ 18 700,00
Tapón de 3" (Ø 75mm) sanitario	1 und.	₡ 840,00	₡ 840,00
Uniones de tope de 1/2" (Ø 12,5mm)	2 und.	₡ 3 300,00	₡ 6 600,00
Tubo PVC 1/2" (Ø 12,5 mm) presión	2 m	₡ 6 700,00	₡ 6 700,00
Tapón liso de 1/2" (Ø 12,5mm)	1 und.	₡ 170,00	₡ 170,00
Tapón con rosca de 1/2" (Ø 12,5 mm)	1 und.	₡ 260,00	₡ 260,00
Pegamento PVC	1/8 galón	₡ 7 000,00	₡ 7 000,00
Costo Total			₡ 147 440,00

Fuente precios: Construplaza, 2022

Cuadro 126. Presupuesto Herramientas

Herramientas	Costo
Taladro y brocas	₡ 45 000,00
Marcador	₡ 1 000,00
Segueta	₡ 2 500,00
Cinta métrica	₡ 2 600,00
Costo Total	₡ 51 100,00

Fuente precios: Construplaza, 2022

En la Figura 50 se puede observar las partes de un clorador, según la guía para la Elaboración e Instalación de Cloradores para la Desinfección del Agua Potable, por lo cual se debe de seguir dicha guía para la construcción e instalación del sistema de desinfección en la comunidad.



Figura 50. Partes del Clorador

Fuente: (AyA, s.f)

Es importante destacar, que también se puede realizar la compra de un clorador por pastilla ya ensamblado, de manera que se pueda asegurar el funcionamiento del mismo, no obstante, se debe tener en cuenta que los costos son superiores, en el Cuadro 127 se puede observar los costos del sistema de cloración por pastilla.

Cuadro 127. Sistema de Cloración por pastilla

HIPO CLORINADOR ACCU-TAB MODELO 3012 6,8 KG2	Q 400 000,00
TABLETA ACCU-TAB CA(OCL)2 68%-CUBETA 25 KG	Q 100 000,00
FLUJOMETRO BLUE-WHITE 1.0 A 7.5 LPM 1/2" H/NPT	Q 80 000,00
COMPARADOR LOVIBOND CLOROLIBRE / TOTAL 0-4 PPM	Q 70 000,00
Total	Q 650 000,00

Una vez se realice la instalación del clorador en el acueducto, se debe de implementar el Control Operativo que establece el Reglamento para Calidad del Agua Potable, el cual indica que, para comunidades con menos de 2000 habitantes, se debe llevar el Control Operativo con una frecuencia mensual, para el mismo el reglamento indica que se deben tomar muestras tanto en la fuente de abastecimiento, como en la red de distribución. Para llevar a cabo dicho Control

Operativo, se debe determinar parámetros como turbidez, olor y cloro residual libre, por lo cual se recomienda la compra de un medidor de cloro, en el Cuadro 128 se puede observar el precio de un medidor de cloro. Esto con el fin de que la comunidad se asegure de cumplir con el reglamento para la calidad del agua potable, lo cual indicaría una correcta desinfección del recurso hídrico, asimismo, es importante que la comunidad desarrolle un registro del Control Operativo, de manera que esta información sea útil para estudios posteriores a este.

Cuadro 128. Medidor de Cloro

Herramienta	Precio
Fotómetro Milwaukee Mi411 ph, cloro libre y total	₡ 170 816,00

Fuente precios: ebay, 2022

7.2.1.1.7. Monitoreo de contaminantes y Análisis de Calidad del agua

Según el análisis de calidad de agua realizado para el acueducto de Barrio Jesús Arriba, se determinó la presencia de Coliformes Fecales en el recurso hídrico, por lo cual la comunidad debe de estar alerta sobre posibles afectaciones a la salud de los habitantes, asimismo, se debe instalar lo más antes posible, un sistema de cloración con el cual poder eliminar cualquier contaminante existente en el agua.

Además, la comunidad debe realizar pruebas de análisis de calidad del agua, con el fin de monitorear la calidad del recurso hídrico, para ello la ley establece en el Reglamento para la Calidad del Agua Potable, que para comunidades con menos de 5000 habitantes se debe realizar un análisis físico-químico del nivel primero en la fuente de abastecimiento y un análisis microbiológico del Nivel Primero tanto en la naciente, como en el tanque de almacenamiento y en la red de distribución, esto con una frecuencia de 6 meses, por último, el reglamento también establece que se debe realizar cada tres años, un análisis químico del nivel segundo y el nivel tercero tanto en la naciente como en la red de distribución.

Respecto al análisis del agua, se recomienda hacer uso de los servicios de la empresa Bioanalítica la cual tiene sede en Santa Cruz de Guanacaste, misma que realiza el análisis de la calidad del agua de la comunidad de Barrio Jesús Abajo, en el Cuadro 129 se puede observar el costo de realizar el análisis Físico-Químico y Microbiológico del Nivel Primero. De igual manera se deben de plantear actividades de mantenimiento y limpieza de los alrededores del

tanque de almacenamiento, así como de la naciente, con el fin de evaluar posibles fuentes de contaminación y eliminarlas en caso de representar un riesgo para la calidad del agua.

Cuadro 129. Análisis de calidad del agua

Análisis	Costo
Análisis Nivel Primero (Físico-Químico y Microbiológico)	₡ 226 000,00

Fuente: Bioanalítica, 2022

7.2.1.1.8. Traspaso de propiedades a nombre de la comunidad

La comunidad de Barrio Jesús Arriba originalmente se creó debido a que el dueño de las fincas aledañas realizó la construcción de un acueducto con el fin de suministrar agua a sus trabajadores, dichos trabajadores se asentaron en la zona y así nació la comunidad, debido a ello la naciente existente se encuentra en propiedad de los hijos del dueño de las fincas, ya que este último ya falleció, por lo tanto la comunidad debe de establecer contacto con los nuevos dueños para solicitar la donación tanto del terreno donde se ubica la naciente como el terreno donde se ubica el tanque de almacenamiento. Es importante destacar la importancia de inscribir las nacientes ante la dirección de aguas del MINAE, de manera que se mantenga un control del recurso hídrico por parte de las autoridades del País. Cabe destacar, que actualmente la comunidad no ha tenido ningún progreso en este aspecto.

7.2.1.1.9. Mejoras de la captación

En cuanto a las mejoras de la captación, debido a las muchas deficiencias que se observaron durante el recorrido del acueducto, se recomienda realizar las siguientes mejoras:

- Construcción de acera perimetral
- Construcción de canales de desagüe para la escorrentía superficial
- Instalación de malla de protección
- Instalación de tubería de rebalse
- Instalación de tubería de limpieza (aforo)
- Señalización de la captación

Antes de realizar cualquier mejora, es importante realizar una limpieza tanto de la captación, como del terreno donde se ubica la misma. En cuanto a la mejora de la captación, se debe instalar una tubería de rebalse con su respectiva válvula de compuerta, con la cual en caso de que se evite el paso de agua hacia el tanque de almacenamiento, pueda evacuar el exceso de

agua en la captación, asimismo, con el fin de poder realizar un aforo correctamente se debe instalar una válvula de compuerta en la tubería de salida que va al tanque de almacenamiento, de manera que se pueda evitar el paso de agua hacia el tanque, seguido de eso se debe instalar una tubería de limpieza con su respectiva válvula de compuerta, de tal forma que cuando se evite el paso de agua hacia el tanque, dicha tubería funcionará como salida, siendo esta la utilizada para realizar las mediciones del caudal. En el Cuadro 130 se puede observar el costo de los materiales necesarios para llevar a cabo la instalación.

Cuadro 130. Tubería de Rebalse, Limpieza y Señalización

Material	Unidad	Cantidad	Costo und.	Costo Total
Madera para señalización	Und.	1	₡ 4 225,00	₡ 4 225,00
Clavos	Kg	0,25	₡ 3 860,00	₡ 965,00
Pintura	Galon	0,25	₡ 29 980,00	₡ 7 495,00
Tubo de PVC 2" (Ø 50mm) SDR 32,5	Und.	1	₡ 23 400,00	₡ 23 400,00
Llave de 2" (Ø 50 mm) de compuerta	Und.	3	₡ 3 000,00	₡ 9 000,00
Total	-	-	-	₡ 45 085,00

Fuente precios: EPA, 2022

Por último, se debe realizar el cerramiento perimetral de la naciente, con el fin de evitar el ingreso tanto de animales como de personas ajenas a la comunidad, asimismo, se recomienda la construcción de una acera perimetral y un canal de desagüe de manera que se pueda tanto evacuar correctamente las aguas debidas a la escorrentía pluvial, como tener un mejor acceso a la naciente y un mejor apoyo del terreno para realizar actividades de mantenimiento en la fuente. En el Cuadro 131 se detalla el presupuesto del cerramiento perimetral, la acera y el canal de desagüe.

Cuadro 131. Cerramiento perimetral, acera y desagüe de naciente – Barrio Jesús Arriba

Material	Unidad	Cantidad	Costo und.	Costo Total
Concreto para acera y canal de desagüe	m3	1	₡ 84 480,00	₡ 84 480,00
Malla Ciclón	Und.	2	₡ 76 450,00	₡ 152 900,00
Tubo (1" 1/2)	Und.	4	₡ 13 995,00	₡ 55 980,00
Total	-	-	-	₡ 293 360,00

Fuente precios: EPA, 2022

De igual manera se recomienda el diseño mediante personal calificado de una nueva captación, con el fin de solventar problemas como la penetración de raíces dentro de la captación, así como para poder realizar aforos correctamente, cabe destacar que el diseño y el costo del diseño no se contemplan dentro de los alcances del trabajo.

Además de ello, se deben implementar medidas de prevención con respecto a la limpieza de los alrededores del tanque, debido a que la presencia de raíces dentro del mismo aumenta la presencia de materia orgánica en el agua, este problema se evidencia debido a los altos niveles de color aparente en el agua.

7.2.1.2. Mediano Plazo

7.2.1.2.1. Planificación de acciones

La comunidad cuenta con poco o nulo conocimiento sobre planificación de actividades, por lo cual se debe solicitar apoyo por parte de instituciones como el AyA o la UCR, de manera que se puedan efectuar charlas, talleres, entre otras actividades, con el fin de capacitar a los miembros de la comunidad encargados del sistema de abastecimiento, de manera que la comunidad pueda formular, ejecutar y evaluar anualmente la planeación operativa y estratégica, con el fin de que se garantice el logro de los objetivos, el cumplimiento de metas y la ejecución de los proyectos y programas requeridos para un correcto funcionamiento y mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua en la comunidad.

7.2.1.2.2. Protección de las tuberías

Durante el recorrido del sistema de abastecimiento, se identificaron zonas donde la tubería se encuentra desenterrada expuesta al sol, lo cual es perjudicial para la vida útil de la tubería de PVC, debido a que dicho material no es resistente ante los rayos del sol, de igual manera, la tubería se expone a ser interceptada por personas ajenas a la comunidad poniendo en peligro la calidad del recurso hídrico, así como el robo del mismo. Por lo tanto, se debe de seguir la normativa impuesta por el AyA, en la cual se establece que la red de distribución se debe ubicar en los costados norte y oeste de las avenidas y calles respectivamente, a 1,50 metros del cordón del caño y a una profundidad mínima de 0,80 metros sobre la corona del tubo a partir de la rasante de la calle. Es importante aclarar, que en caso que sea necesario mantener tramos con tubería expuesta, se recomienda utilizar tubería de polietileno de alta densidad (PEAD), el cual es resistente a los rayos del sol.

7.2.1.2.3. Mejoras del Tanque de Almacenamiento

Durante las giras realizadas a la comunidad se pudieron identificar varias deficiencias en el tanque de almacenamiento existente, las cuales pueden llegar a afectar tanto el funcionamiento del mismo, como la calidad del recurso hídrico, por lo tanto, se proponen las siguientes mejoras:

- Impermeabilización de las paredes del tanque
- Acera perimetral y canales de desagüe
- Cerramiento perimetral
- Limpieza y Mantenimiento

En cuanto al cerramiento perimetral, este se debe llevar a cabo con el fin de evitar el ingreso tanto de animales como de personas ajenas a la comunidad, asimismo, se recomienda la construcción de una acera perimetral y un canal de desagüe de manera que se pueda tanto evacuar correctamente las aguas debidas a la escorrentía pluvial, como tener un mejor acceso a la naciente y un mejor apoyo del terreno para realizar actividades de mantenimiento en la fuente. En el Cuadro 132 se detalla el presupuesto del cerramiento perimetral, la acera y el canal de desagüe.

Cuadro 132. Cerramiento perimetral, acera y desagüe del tanque de almacenamiento – Barrio Jesús Abajo

Material	Unidad	Cantidad	Costo und.	Costo Total
Concreto de acera y desagüe	m3	1,67	¢ 84 480,00	¢ 141 081,60
Malla Ciclón	Und.	3	¢ 76 450,00	¢ 229 350,00
Tubo (1" 1/2)	Und.	4	¢ 13 995,00	¢ 55 980,00
Total	-	-	-	¢ 426 411,60

Fuente precios: EPA, 2022

Respecto a la impermeabilización del tanque, esta es debida a que presenta fugas en sus paredes, por lo cual se debe de impermeabilizar las paredes de manera que se puede sellar todas las fugas existentes. Para llevar a cabo la impermeabilización del tanque, se recomienda eliminar el repello existente, de tal forma que se pueda aplicar un nuevo repello, seguidamente se recomienda la utilización del aditivo Penetron, el cual es un revestimiento que permite sellar las paredes del tanque, finalmente, se debe aplicar pintura impermeable con el fin de asegurar una completa impermeabilización del tanque de almacenamiento. En el Cuadro 133 se puede observar los precios de los materiales para llevar a cabo la impermeabilización del tanque de almacenamiento.

Cuadro 133. Presupuesto de materiales para reparación de fugas

Material	Precio
Aditivo Penetro Admix 3,75 kg	₺ 26 000,00
Mortero impermeabilizante MI 560 20 kg Sur 39560720K20	₺ 24 000,00
Pintura impermeabilizante mate Seal-Coat galón Lanco SC448-4	₺ 21 000,00
Precio Total	₺ 71 000,00

Fuente precios: Construplaza, 2022

Por último, es importante contar con un monitoreo constante del tanque, así como una limpieza tanto del interior del mismo como del exterior, de tal forma que se pueda eliminar cualquier contaminante que pueda poner en peligro la calidad del recurso hídrico.

7.2.1.3. Largo Plazo

7.2.1.3.1. Tubería de Distribución

La tubería de distribución del acueducto, es sumamente importante para el funcionamiento del mismo, debido a que permite el transporte del recurso hídrico, es por ello que se deben utilizar diámetros adecuados para un correcto funcionamiento del sistema de distribución, es importante mencionar, que la Normativa del AyA, establece un diámetro mínimo de 100 mm para la tubería principal del acueducto, y un diámetro de 12,5 mm para las acometidas domiciliarias, debido a ello en un futuro próximo, la comunidad debe cambiar la tubería existente por una que cumpla con la normativa nacional. Para el presupuesto exacto de dicha tubería, se debe realizar un levantamiento topográfico mediante el cual se determine con precisión la cantidad de tubería necesaria para el acueducto, no obstante, mediante la longitud calculada mediante GPS, se determina la cantidad aproximada de tubería necesaria, en el Cuadro 134 se puede observar la cantidad aproximada de tubería necesaria y su costo correspondiente. Por último, se recomienda realizar la mejora de la tubería de distribución por etapas, de tal manera que la inversión inicial no sea tan grande.

Cuadro 134. Costo de nueva tubería de distribución

Material	Cantidad	Unidad	Costo Und.	Costo Total
Tubería PVC 100 mm SDR 32,5	173	Und.	₺ 130 066,00	₺ 22 501 418,00

Fuente de precios: AMANCO, 2021

7.2.1.3.2. Contratación de fontanero

La comunidad debe contar con los servicios de al menos una persona con conocimiento en fontanería de manera que se puede llevar a cabo una correcta operación y mantenimiento del

sistema de abastecimiento de agua. Esta persona debe contar con la preparación y conocimiento adecuados, según el requerimiento del sistema. En cuanto a la contratación del mismo, se recomienda contratar a un fontanero medio tiempo o realizar una contratación por servicios, debido a que el acueducto existente es muy pequeño, y por lo tanto no requiere un fontanero de tiempo completo.

7.2.1.4. Resumen de mejoras específicas

Cuadro 135. Resumen de mejoras específicas – Barrio Jesús Arriba

Plazo	Mejora	Costo aproximado (₡)
Corto (0 – 5 años)	Creación de ASADA o Integración de la comunidad con la ASADA de Barrio Jesús Abajo	-
	Registro de Aforos	-
	Instalación de Micromedidores y Macromedidor	1 152 721,00
	Cobro del servicio de abastecimiento del recurso Hídrico	-
	Capacitación para el control de finanzas	-
	Control operativo y Sistemas de desinfección	369 356,00
	Monitoreo de contaminantes y Análisis de la calidad del agua	226 000,00
	Traspaso de propiedades a nombre de la comunidad	-
Mediano (5 – 10 años)	Mejoras de la captación	338 445,00
	Planificación de acciones	-
	Protección de tuberías	-
Largo (10 – 15 años)	Mejoras del tanque de almacenamiento	497 412,00
	Tubería de Distribución	22 501 418,00
	Contratación Fontanero	-

7.2.2. Barrio Jesús Abajo

7.2.2.1. Corto Plazo

7.2.2.1.1. Control Operativo

La ASADA debe de implementar el Control Operativo que establece el Reglamento para Calidad del Agua Potable, el cual indica que, para comunidades con menos de 2000 habitantes, se debe llevar a cabo el Control Operativo con una frecuencia mensual, para el mismo el reglamento indica que se deben tomar muestras tanto en la fuente de abastecimiento, como en la red de distribución. Por lo tanto, se recomienda a la ASADA solicitar apoyo al AyA, con el

fin de recibir capacitación para realizar las mediciones del Control Operativo con el equipo de medición que poseen, de igual manera se recomienda llevar un registro de los resultados obtenidos, con el fin de que dicha información sea utilizada en estudios posteriores a este.

7.2.2.1.2. Capacitación para el fontanero

La ASADA de Barrio Jesús Abajo cuenta con los servicios de un fontanero, no obstante, el mismo no se encuentra capacitado para llevar a cabo una correcta operación y mantenimiento del sistema de abastecimiento, debido a ello, es sumamente importante que la ASADA capacite a su fontanero, para lo cual se puede solicitar apoyo por parte del AyA, asimismo, se recomienda el uso del manual de Fontanería disponible en la página web del AyA.

7.2.2.1.3. Instalación de Tubería de Distribución

Como ya se detalló en el capítulo 4, actualmente la comunidad cuenta con una nueva tubería de 100 mm de polietileno de alta densidad, financiada por la nueva carretera en construcción, no obstante, la misma aún no se encuentra en funcionamiento, por lo cual se recomienda poner en uso la nueva tubería de 100 mm, con el fin de mejorar la distribución del recurso hídrico, así como para proteger la calidad del mismo. Es importante mencionar que la implementación de esta nueva tubería, le permite a la ASADA cumplir con el diámetro mínimo que exige el AyA.

7.2.2.2. Mediano Plazo

7.2.2.2.1. Protección de las tuberías

Durante el recorrido del sistema de abastecimiento, se identificaron zonas donde la tubería existente y en uso se encuentra desenterrada expuesta al sol, lo cual es perjudicial para la vida útil de la tubería de PVC, debido a que dicho material no es resistente ante los rayos del sol, de igual manera, la tubería se expone a ser interceptada por personas ajenas a la comunidad poniendo en peligro la calidad del recurso hídrico, así como el robo del mismo. Por lo tanto, se debe de seguir la normativa impuesta por el AyA, en la cual se establece que la red de distribución se debe ubicar en los costados norte y oeste de las avenidas y calles respectivamente, a 1,50 metros del cordón del caño y a una profundidad mínima de 0,80 metros sobre la corona del tubo a partir de la rasante de la calle. Es importante aclarar, que en caso que sea necesario mantener tramos con tubería expuesta, se recomienda utilizar tubería de polietileno de alta densidad (PEAD), el cual es resistente a los rayos del sol.

7.2.2.2.2. Bomba sumergible de repuesto

Se debe adquirir un segundo equipo de bombeo, con el fin de que el acueducto este preparado en caso de que se dañe el equipo actual, de tal manera que el servicio de abastecimiento del recurso hídrico no se vea afectado por mucho tiempo. En el Cuadro 136, se detalla el equipo de bombeo a comprar y el precio.

Cuadro 136. Bomba de repuesto

Equipo	Precio
Bomba Hidráulica Sumergible de 2,5 HP	Ø150 000,00

7.2.2.3. Largo Plazo

7.2.2.3.1. Ampliación del almacenamiento

Según el análisis hídrico realizado en el capítulo 6, el acueducto actualmente no posee el volumen de almacenamiento suficiente para abastecer correctamente a la comunidad, de igual forma, con una proyección poblacional de 25 años, el acueducto no cuenta con el suficiente almacenamiento para trabajar correctamente, por lo cual se debe realizar una ampliación de 14 m³, de tal forma que el acueducto cuente con un total de 24 m³ de almacenaje. Sin embargo, debido a que en el mercado no venden tanques de 14 m³, se propone la compra e instalación de un tanque de almacenamiento de polietileno de alta densidad de 15 m³, para la establecimiento del mismo se debe considerar el espacio que ocupa el tanque de concreto existente y que no se encuentra en uso debido a su deterioro, como posible terreno donde ubicar el nuevo tanque, de igual manera, en caso de que no exista el espacio se debe tratar de ubicar el nuevo tanque lo más cercano posible del tanque existente y en uso.

En el Cuadro 137 se puede observar el precio de un tanque de almacenamiento de 15 m³. Es importante aclarar que se recomienda que el tanque sea de polietileno de alta densidad y no de concreto, debido a que el mismo debe ser elevado en una base, de manera que el sistema no tenga problemas de presión.

Cuadro 137. Presupuesto Tanque de Almacenamiento de 15 m³

Tanque	Precio
Tanque Rotoplas 15000 litros	Ø 2 413 292,90

Fuente precios: TecnoTanques, 2022

7.2.2.4. Resumen de mejoras específicas

Cuadro 138. Resumen de mejoras específicas – Barrio Jesús Abajo

Plazo	Mejora	Costo aproximado (₡)
Corto Plazo	Control Operativo	-
	Capacitación para el fontanero	-
	Instalación de Tubería de Distribución	-
Mediano Plazo	Protección de las tuberías	-
	Bomba sumergible de repuesto	150 000,00
Largo Plazo	Ampliación del almacenamiento	2 413 292,90

7.2.3. Concepción

7.2.3.1. Corto Plazo

7.2.3.1.1. Prueba de Bombeo y estudio hidrogeológico

La ASADA no cuenta estudios hidrogeológicos y pruebas de bombeo que permitan caracterizar los pozos, así como justificar la disponibilidad hídrica en dichas fuentes de abastecimiento, lo cual puede ocasionar la sobreexplotación de los pozos, siendo esto una de las posibles causas de que se esté bombeando mucho sedimento hacia el tanque de almacenamiento. Se recomienda que las pruebas de bombeo en ambos pozos sean realizadas en verano, de manera que las mediciones sean ejecutadas durante eventos de estrés hídrico. En cuanto al estudio hidrogeológico, este suele tener un costo muy alto, por lo cual se recomienda a la ASADA, mantenerse en contacto tanto con ASADAS vecinas e instituciones públicas, de manera que en caso de que otras ASADAS necesiten realizar dicho estudio, este pueda ser realizado de manera regional, esto con el fin de bajar costos. En el Cuadro 139 se puede observar el costo aproximado de una prueba de bombeo a 72 horas.

Cuadro 139. Costo de prueba de Bombeo

Prueba de Bombeo a 72 horas	₡ 1 000 000,00
-----------------------------	----------------

Fuente: (ASADA del Parque de Los Chiles, 2022)

7.2.3.1.2. Control Operativo

La ASADA debe de implementar el Control Operativo que establece el Reglamento para Calidad del Agua Potable, el cual indica que, para comunidades con menos de 2000 habitantes, se debe llevar a cabo el Control Operativo con una frecuencia mensual, para el mismo el reglamento indica que se deben tomar muestras tanto en la fuente de abastecimiento, como

en la red de distribución. Por lo tanto, se recomienda a la ASADA solicitar apoyo al AyA, con el fin de recibir capacitación para realizar las mediciones del Control Operativo con el equipo de medición que poseen, de igual manera se recomienda llevar un registro de los resultados obtenidos, con el fin de que dicha información sea utilizada en estudios posteriores a este.

7.2.3.1.3. Análisis de Calidad del agua

La ASADA debe realizar pruebas de análisis de calidad del agua, con el fin de monitorear la calidad del recurso hídrico, para ello la ley establece en el Reglamento para la Calidad del Agua Potable, que para comunidades con menos de 5000 habitantes se debe realizar un análisis físico-químico del nivel primero en la fuente de abastecimiento y un análisis microbiológico del Nivel Primero tanto en la naciente, como en el tanque de almacenamiento y en la red de distribución, esto con una frecuencia de 6 meses, por último, el reglamento también establece que se debe realizar cada tres años, un análisis químico del nivel segundo y el nivel tercero tanto en la naciente como en la red de distribución.

Respecto al análisis del agua, se recomienda hacer uso de los servicios de la empresa Bioanalítica la cual tiene sede en Santa Cruz de Guanacaste, misma que realiza el análisis de la calidad del agua de la comunidad de Barrio Jesús Abajo, en el Cuadro 140 se puede observar el costo de realizar el análisis Físico-Químico y Microbiológico del Nivel Primero. De igual manera se deben de plantear actividades de mantenimiento y limpieza de los alrededores del tanque de almacenamiento, así como de la naciente, con el fin de evaluar posibles fuentes de contaminación y eliminarlas en caso de representar un riesgo para la calidad del agua.

Cuadro 140. Análisis de calidad del agua - Concepción

Análisis	Costo
Análisis Nivel Primero (Físico-Químico y Microbiológico)	₡ 226 000,00

Fuente de precios: Bioanalítica, 2022

7.2.3.1.4. Mejoras del Tanque de Almacenamiento

Durante las giras realizadas a la comunidad se pudieron identificar varias deficiencias en el tanque de almacenamiento existente, las cuales pueden llegar a afectar tanto el funcionamiento del mismo, como la calidad del recurso hídrico, por lo tanto, se proponen las siguientes mejoras:

- Acera perimetral y canales de desagüe

- Pintura Impermeable
- Cerramiento perimetral
- Limpieza y Mantenimiento

En cuanto al cerramiento perimetral, este se debe llevar a cabo con el fin de evitar el ingreso tanto de animales como de personas ajenas a la comunidad, asimismo, se recomienda la construcción de una acera perimetral y un canal de desagüe de manera que se pueda tanto evacuar correctamente las aguas debidas a la escorrentía pluvial, como tener un mejor acceso al Tanque de Almacenamiento y un mejor apoyo del terreno para realizar actividades de mantenimiento en el mismo. En el Cuadro 141 se detalla el presupuesto del cerramiento perimetral, la acera y el canal de desagüe, cabe destacar que actualmente el terreno donde se ubica el tanque de almacenamiento no es propiedad de la ASADA, por lo cual no se conoce las dimensiones del terreno, no obstante, se hace una aproximación de dichas dimensiones mediante la utilización de las dimensiones tanto del tanque de almacenamiento en uso, como del tanque de almacenamiento deteriorado.

Cuadro 141. Cerramiento perimetral, acera y desagüe del Tanque de almacenamiento - Concepción

Material	Unidad	Cantidad	Costo und.	Costo Total
Concreto de acera y desagüe	m3	2	₡ 84 480,00	₡ 168 960,00
Malla Ciclón	Und.	4	₡ 76 450,00	₡ 305 800,00
Tubo (1" 1/2)	Und.	4	₡ 13 995,00	₡ 55 980,00
Total	-	-	-	₡ 530 740,00

Respecto a la limpieza y mantenimiento del tanque, durante las giras realizadas, se determinó que el tanque de almacenamiento no posee mantenimiento de su estructura exterior, debido a que la losa superior del tanque se encuentra cubierta de mucho musgo, lo cual puede representar un riesgo para la calidad del agua, por lo tanto, se debe de plantear actividades para la remoción del musgo, asimismo se deben implementar medidas de mantenimiento por lo menos cada dos semanas, con el fin de evitar la aparición de musgo en los alrededores del tanque. Aparte de ello, el tanque de almacenamiento no cuenta con ningún tipo de pintura, por lo cual se recomienda el uso de una pintura impermeabilizante, de tal manera que se proteja la estructura ante posibles fugas de agua, en el Cuadro 142 se detalla el costo de la pintura.

Cuadro 142. Costo de pintura impermeabilizante

Material	Precio
Pintura impermeabilizante mate Seal-Coat galón Lanco SC448-4	Ø 21 000,00

7.2.3.1.5. Datos de Micromedición

La ASADA debe mantener un registro de los consumos de agua por parte de los abonados, que se van dando mes a mes, de manera que se cuente con la información necesaria para calcular la Dotación correspondiente a su comunidad, además de ello, la ASADA debe solicitar apoyo por parte del AyA para que se les brinde capacitación sobre cómo se debe realizar correctamente el registro de los consumos.

7.2.3.2. Mediano Plazo

7.2.3.2.1. Adquisición de Equipo de Computo

La adquisición de un equipo de cómputo es importante debido a que le permite a las ASADAS mantener una mejor gestión administrativa, esto debido a las múltiples funciones que se pueden llevar a cabo mediante un sistema de cómputo, entre las cuales se puede mencionar:

- Facturación del servicio de abastecimiento
- Registro de Datos de Consumo
- Registro de datos de calidad del agua
- Acceso a internet
- Capacitaciones virtuales
- Desarrollo de Bitácoras
- Desarrollo de modelos hidráulicos del sistema de abastecimiento

En el Cuadro 143 se detalla el sistema de cómputo recomendado y su costo.

Cuadro 143. Sistema de Computo

Sistema de computo	Costo
Toshiba Dynabook Tecra A30-G Celeron 5205U - 4GB - 128-SSD - 14" - W10Pro	Ø 169 000,00

Fuente: Intelec, 2022

7.2.3.2.2. Bomba sumergible de repuesto

Se debe adquirir un segundo equipo de bombeo, con el fin de que el acueducto este preparado en caso de que se dañe el equipo actual, de tal manera que el servicio de abastecimiento del recurso hídrico no se vea afectado por mucho tiempo. En el Cuadro 144, se detalla el equipo de bombeo a comprar y el precio.

Cuadro 144. Bomba de repuesto

Equipo	Precio
Bomba Hidráulica Sumergible de 2,5 HP	Ø150 000,00

7.2.3.2.3. Mejora Pozo 1

Se debe de realizar un cerramiento perimetral mediante el uso de una malla, con la cual evitar el acceso al terreno donde se ubica el pozo 1 a animales y personas ajenas a la comunidad, esto con el fin de resguardar tanto la calidad del recurso hídrico, así como para reducir el riesgo de robo del equipo de bombeo. En el Cuadro 145, se detalla el presupuesto aproximado del cerramiento perimetral del tanque, cabe destacar, que actualmente el terreno no le pertenece a la comunidad, por lo cual antes de realizar dicha mejora, la ASADA debe adquirir los derechos del terreno donde se ubica el pozo 1. Por último, se debe realizar constantemente el planeamiento de actividades de limpieza y mantenimiento de los alrededores del pozo, con el fin de reducir el riesgo de contaminación del recurso hídrico.

Cuadro 145. Cerramiento perimetral del pozo 1

Material	Unidad	Cantidad	Costo und.	Costo Total
Bases de Concreto	m ³	0,62	Ø 84 480,00	Ø 52 377,60
Malla Ciclón	Und.	3	Ø 76 450,00	Ø 229 350,00
Tubo (1" 1/2)	Und.	4	Ø 13 995,00	Ø 55 980,00
Total	-	-	-	Ø 337 707,60

Fuente: EPA, 2022

7.2.3.2.4. Remoción de la Dureza del agua

La remoción de la dureza del agua es importante debido a que, aguas duras pueden ocasionar obstrucciones en las tuberías del sistema de abastecimiento, asimismo, en el capítulo 5 se determinó que la dureza del agua se encuentra por debajo del valor máximo admisible por el Reglamento para la calidad del agua potable, no obstante, dicho parámetro se encuentra muy cerca del límite, por lo cual es recomendable realizar una mejora para regular dicha medida.

En la Figura 51 se puede observar algunos de los métodos utilizados para la remoción de la dureza en el agua.

Remoción de dureza	
a. Ablandamiento con cal	c. Nanofiltración
b. Intercambio iónico	d. Osmosis inversa

Figura 51. Métodos de Remoción de la dureza

Fuente: (Sancho Vargas , 2019)

La selección del tratamiento a utilizar, se debe evaluar la calidad de la fuente, la facilidad de operación y mantenimiento y los costos, de tal manera que se garantice la sostenibilidad de los sistemas diseñados y construidos. Asimismo, es importante aclarar que los sistemas de tratamiento deben ser operados por la ASADA, con el fin de reducir costos de operación.

En cuanto a las ventajas y limitaciones de los posibles métodos a utilizar, el intercambio iónico es un método comúnmente utilizado para el ablandamiento de agua, el mismo es eficiente para reducir la dureza de agua en su totalidad, no obstante, entre más alta sea la dureza del agua, mayor será el consumo de sal para la regeneración del sistema, por lo tanto se pueden aumentar los costos de operación, por último, antes de considerar este método se debe tener en cuenta que el sistema de tratamiento tiene una baja tolerancia al cambio de pH y como ya se detalló anteriormente en el capítulo 5, las fuentes de agua de la comunidad de concepción poseen un pH entre 6,97 y 7,57, por lo cual se pueden llegar a requerir sistemas para la regulación del pH, aumentando el costo de la mejora. En el Cuadro 146 se puede observar las ventajas y limitantes del Intercambio iónico.

Cuadro 146. Ventajas y limitantes del Intercambio iónico

Tratamiento	Ventaja	Limitante
Intercambio iónico	El proceso de intercambio con catión sodio es el que se emplea en forma más amplia para el ablandamiento del agua	Las aguas más duras requieren para su regeneración, un consumo mayor de sal. La presencia de calcio, sodio y magnesio disminuye el rendimiento debido a que pueden saturar la resina.
	Las concentraciones altas, representan una ventaja y desventaja simultáneamente; el ciclo llega a ser muy corto y la cantidad de regenerante aumenta hasta valores intolerables	Baja tolerancia al cambio de pH La materia orgánica favorece el crecimiento de microorganismos en la resina.

Fuente: (Hernández , 2015)

Por su parte, el tratamiento por Ósmosis Inversa es un método el cual es útil para la eliminación total de la dureza del agua, así como de un mayor número de contaminantes del agua potable. Este método hace uso de bajos niveles de energía, además de que el proceso permite un control automático y una operación estable, por lo cual los costos debido a la operación del sistema son mínimos, asimismo, los costos de mantenimiento son bajos debido a que el sistema tiene pocas partes, lo cual lo hace fácil de operar y mantener. En cuanto a las consideraciones a tener en cuenta, se debe remplazar constantemente los diferentes filtros y la membrana de ósmosis inversa, la frecuencia de sustitución depende de la dureza del agua entrante. En el Cuadro 147 se puede observar las ventajas y limitantes de la Ósmosis Inversa.

Cuadro 147. Ventajas y limitantes de la Ósmosis inversas

Tratamiento	Ventaja	Limitante
Ósmosis inversa	Las membranas pueden utilizarse para tratar un mayor número de contaminantes del agua potable y del agua residual, más que ninguna otra tecnología de tratamiento	En esta técnica las membranas deben ser capaz de tolerar la alta presión y evitar que las moléculas de soluto pasen a través de ella.
	Bajos requerimientos de energía, puesto que no involucran un cambio de fase en función de la temperatura.	
	Proceso en continuo, lo cual permite un control automático y una operación estable	Este tratamiento exige que el agua a tratar tenga una calidad química y microbiológica de lo contrario la membrana se deteriorará.
	Bajos costes de mantenimiento, puesto que el sistema tiene un mínimo de partes móviles y es fácil de operar y mantener. Son más rápidos y económicos que las técnicas que tradicionalmente se habían venido aplicando	
Es fácil realizar el cambio de escala, y no es necesario agregar nuevos componentes para llevar a cabo la separación, hechos que la hacen una tecnología atractiva, que tiene un crecimiento grande en su empleo		

Fuente: (Hernández , 2015)

En cuanto al ablandamiento químico, la ventaja principal de este sistema de tratamiento, es que la cal añadida es eliminada junto con la dureza del agua, de manera que el contenido de solidos disueltos en el agua se reduce, asimismo, el proceso permite la eliminación de bacterias, remoción del hierro, metales pesados y compuestos orgánicos, por lo cual es un tratamiento muy importante en fuentes de agua con muchas deficiencias en su calidad, no obstante, los costos de mantenimiento y operación son muy altos en comparación a otros métodos, debido a que se requiere de operadores entrenados, además, el proceso de ablandamiento produce grandes cantidades de desechos, por lo cual se debe de contemplar donde y como se van a desechar dichos residuos, aumentando los costos totales del tratamiento. En el Cuadro 148 se puede observar las ventajas y limitantes del Ablandamiento Químico.

Cuadro 148. Ventajas y limitantes del Ablandamiento Químico

Tratamiento	Ventaja	Limitante
Ablandamiento Químico (Ablandamiento por cal)	El proceso tiene la ventaja adicional de ser bactericida, remover Fe y ayudar a la clarificación de aguas superficiales, remover algunos metales pesados (Pb, Mg y Cr) y compuestos orgánicos.	El costo del adsorbente y su regeneración son muy altos
	La principal ventaja del ablandamiento por precipitación es que la cal añadida es eliminada junto con la dureza de la solución. Así el contenido total de los sólidos disueltos del agua es también reducido. Cuando se añade carbonato de sodio, los iones de sodio permanecen en el agua tratada como sulfatos o cloruros. Afortunadamente, la dureza no carbonatada que es la que requiere la adición de carbonato de sodio generalmente está presente en menor proporción que la dureza total	La capacidad de adsorción es altamente dependiente del pH Se requiere operadores entrenados El proceso de ablandamiento del agua mediante la adición de cal produce grandes cantidades de lodos, el volumen de éstos es aproximadamente 2.5 veces mayor a la cantidad de cal empleada inicialmente, debido a la combinación de cal con el calcio y magnesio contenidos en el agua y aunado a la formación de lodos en la etapa de coagulación posterior al ablandamiento.

Fuente: (Hernández , 2015)

Por ultimo en el Cuadro 149, se puede observar la comparación entre los tratamientos de Intercambio iónico y el de Ósmosis Inversa, del mismo se puede destacar que el método de Ósmosis Inversa aunque posea costos de inversión altos en comparación al intercambio iónico, este último tiene un costo operativo y de mantenimiento alto, además de esto, se debe mantener un mantenimiento constante de las resinas, debido a que si estas comienzan a agotarse, el tratamiento no va a ser efectivo. Cabe destacar que, de ambos métodos, el tratamiento de Ósmosis Inversa, posee un área de instalación muy reducida, lo cual reduce los costos debidos a la adquisición de terrenos para la implementación del sistema de tratamiento. Por lo tanto, se concluye que el método de Ósmosis Inversas, es el más apto para el acueducto de Concepción.

Cuadro 149. Comparación entre Intercambio Iónico y Osmosis Inversa

Intercambio Iónico	Ósmosis Inversa
Posee bajo costo de inversión	Posee altos costos de inversión
Posee un alto costo operativo y de mantenimiento, debido al precio de las resinas y de los regenerantes, así también como a la manipulación de los mismos	Posee un bajo costo operacional y de mantenimiento
El agua producida no tiene una calidad constante, una vez que comienza a agotarse la resina y se aproxima el momento de la regeneración de éstas.	El agua producida tiene una calidad constante y el proceso es continuo sin ninguna interrupción.
Los efluentes resultantes del proceso de regeneración representan un problema más para el tratamiento de efluentes.	No existen efluentes
El número de paradas en el sistema para la regeneración de las resinas puede aumentar a niveles críticos cuando aumenta la cantidad de iones disueltos en el agua de alimentación.	El sistema es de simple operación y manutención y es muy poco sensible al aumento de los iones disueltos en el agua
El sistema tiene un área excesivamente grande, ocupando espacio que podría ser utilizado para otras actividades	El área de instalación es muy reducida
La expansión del sistema no representa un costo económico significativo	El sistema posee flexibilidad para futuras expansiones

Fuente: (Babiche Fuentes , 2000)

Respecto a la ubicación de las mejoras, antes de contratar el diseño y la construcción, se debe verificar el espacio que requerirá el sistema de ablandamiento, de tal manera que se tome en cuenta para la selección de los métodos los costos provenientes a la ubicación de la mejora. Asimismo, es importante mencionar que el diseño y construcción de los sistemas para la eliminación de la dureza del agua, deben ser realizados por profesionales en el tema, de manera que lleve a cabo la implementación del sistema de tratamiento correctamente, por ello se recomienda solicitar apoyo por parte de instituciones públicas como la UCR, el AyA o la municipalidad de Abangares, para llevar a cabo la mejora y recibir capacitación para la operación de la misma.

7.2.3.3. Largo Plazo

7.2.3.3.1. Contratación de fontanero

La ASADA debe contar con los servicios de al menos una persona con conocimiento en fontanería de manera que se puede llevar a cabo una correcta operación y mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua. Esta persona debe contar con la preparación y

conocimiento adecuados, según el requerimiento del sistema. En cuanto a la contratación del mismo, se recomienda contratar a un fontanero medio tiempo o realizar una contratación por servicios, debido a que el acueducto existente es pequeño, y por lo tanto no requiere un fontanero de tiempo completo.

7.2.3.3.2. Ampliación del almacenamiento

Según el análisis hídrico realizado en el Capítulo 6, el acueducto actualmente y con una proyección poblacional de 25 años, no posee el volumen de almacenamiento necesario para abastecer correctamente a la comunidad, por lo cual se debe realizar una ampliación de 16,28 m³, de manera que el acueducto cuente con un total de 43,72 m³ de almacenaje. No obstante, debido a que en el mercado no venden tanques de 16,28 m³, se propone la compra de un tanque de almacenamiento polietileno de 20 m³ o la construcción de un tanque de concreto de 20 m³. En el Cuadro 150 se detalla el costo tanto de un tanque de polietileno de alta densidad, así como el costo aproximado de la construcción de un tanque de concreto (mampostería) de 20 m³, cabe destacar que para el costo del tanque de concreto no se considera los costos debidos a la mano de obra.

Cuadro 150. Presupuesto Tanque de almacenamiento de 20 m³

Tanque	Precio
Tanque de Polietileno de Alta Densidad	₡ 3 686 669,51
Tanque de Concreto (Mampostería)	₡ 3 822 973,00

Fuente precios: TecnoTanques, 2022

Por otro lado, como se destacó en el Capítulo 4, la ASADA cuenta con un tanque de 12,35 m³ el cual actualmente no se encuentra en uso, debido al estado deteriorado provocado por el paso del tiempo, por lo cual se puede considerar la demolición de dicho tanque, de manera que se pueda instalar o construir el nuevo tanque en el mismo sitio, no obstante, también se debe evaluar la posibilidad de reparar el tanque de almacenamiento, con el cual la comunidad contaría con un volumen de 39,79 m³ aproximadamente, faltando únicamente un volumen de 3,93 m³ para cumplir con el volumen de almacenamiento necesario.

7.2.3.3.3. Mejora de la Tubería de Distribución

La tubería de distribución del acueducto es sumamente importante para el funcionamiento del mismo, debido a que permite el transporte del recurso hídrico, es por ello que se deben utilizar diámetros adecuados para un correcto funcionamiento del sistema de distribución, es

importante mencionar, que la Normativa del AyA, establece un diámetro mínimo de 100 mm para la tubería principal del acueducto, y un diámetro de 12,5 mm para las acometidas domiciliarias, debido a ello en un futuro próximo, la ASADA debe cambiar la tubería existente por una que cumpla con la normativa nacional. Para el presupuesto exacto de dicha tubería, se debe realizar un levantamiento topográfico mediante el cual se determine con precisión la cantidad de tubería necesaria para el acueducto, no obstante, mediante la longitud calculada mediante GPS, se determina la cantidad aproximada de tubería necesaria, en el Cuadro 151 se puede observar la cantidad aproximada de tubería necesaria y su costo correspondiente. Por último, se recomienda realizar la mejora de la tubería de distribución por etapas, de tal manera que la inversión inicial no sea tan grande.

Cuadro 151. Costo de nueva tubería de distribución – Concepción

Material	Cantidad	Unidad	Costo Und.	Costo Total
Tubería PVC 100 mm SDR 32,5	630	Und.	₡ 130 066,00	₡ 81 941 580,00

7.2.3.4. Resumen de mejoras específicas

Cuadro 152. Resumen de mejoras específicas – Concepción

Plazo	Mejora	Costo aproximado (₡)
Corto Plazo	Prueba de Bombeo y estudio hidrogeológico	1 000 000,00
	Control Operativo	-
	Análisis de calidad del agua	226 000,00
	Mejoras del tanque de almacenamiento	551 740,00
	Datos de micro medición	-
Mediano Plazo	Adquisición de equipo de computo	169 000,00
	Bomba sumergible de repuesto	170 000,00
	Mejora Pozo 1	337 707,60
	Remoción de la Dureza del agua	-
Largo plazo	Contratación de Fontanero	-
	Ampliación del almacenamiento	3 822 973,00
	Mejora de la tubería de distribución	81 941 580,00

8. Capítulo 8: Conclusiones y Recomendaciones

8.1. Conclusiones Generales

- Según las giras y reuniones realizadas en las comunidades en estudio, se determina que ninguna de los 3 acueductos en estudio, posee datos históricos del consumo de agua en el acueducto, lo cual dificulta el cálculo del caudal necesario para las comunidades.
- En los acueductos en estudio no se presentan interrupciones del servicio de abastecimiento de agua potable, lo cual implica que las fuentes de abastecimiento existentes tienen la capacidad para abastecer a las comunidades en estudio.
- Los 3 acueductos en estudio actualmente no poseen hidrantes existentes en el sistema de abastecimiento, ni poseen el diámetro mínimo establecido por la normativa del AyA, para la instalación de nuevos hidrantes.
- De acuerdo al Reglamento Nacional Contra Incendios y al Recurso Hídrico disponible en los acueductos de Barrio Jesús Arriba, Barrio Jesús Abajo y Concepción, se concluye que los tres acueductos en estudio, no tienen el agua suficiente, ni el volumen de almacenamiento necesario actualmente para abastecer un hidrante con el caudal establecido en dicho reglamento.
- Según el análisis visual en el recorrido de las comunidades, se concluye que la tubería de distribución existente en los acueductos en estudio, no cumplen con el diámetro mínimo de 100 mm, establecido por el AyA, además de ello, no se visualizó ninguna válvula de purga ni de aire instalada en las tuberías.
- Según el análisis realizado a las tuberías de distribución de los 3 acueductos en estudio, se concluye que las tuberías cumplen con la velocidad máxima de 3,0 m/s, impuesta por la normativa del AyA.
- Las 3 comunidades en estudio no cuentan con planes de gestión ambiental, ni planes de emergencia, debido a que nunca se ha contratado a una empresa privada para que realice dichos planes, además de que la comunidad, no cuenta con el conocimiento técnico para realizar la elaboración de tales planes.
- Los 3 acueductos no poseen planos esquemáticos del sistema de abastecimiento, en el cual se detallan las estructuras existentes en el acueducto, así como sus dimensiones, materiales, cédulas y accesorios, esto con el fin de poder gestionar correctamente el acueducto.

8.2. Conclusiones Especificas

8.2.1. Barrio Jesús Arriba

- La comunidad de Barrio Jesús Arriba no posee micromedición ni macromedición en el sistema de abastecimiento, con el cual medir el consumo de agua en la comunidad, siendo esta información base para el cálculo de la dotación real de la comunidad.
- La comunidad no cuenta con un registro de aforos, con el cual determinar la disponibilidad hídrica de la naciente existente, lo cual puede dificultar la realización de estudios posteriores a este, es importante mencionar que se deben llevar a cabo aforos mensuales durante todo el año, con el fin de determinar el caudal crítico de la naciente.
- Según el aforo llevado a cabo el día 13 de octubre del 2021 se concluye que la naciente tiene una producción de 0,51 l/s, no obstante, es importante aclarar, que el aforo llevado se efectúa de manera correcta pero no necesariamente refleja la producción total de la fuente, debido que los aforos se deben de realizar en la fuente de abastecimiento, pero esto se ve impedido dado que la captación no cuenta con una tubería de salida para realizar un aforo, por lo cual la medición efectuada únicamente es una posible aproximación del recurso hídrico existente en la comunidad. Cabe destacar que esta medición es posible únicamente en invierno, debido a que en estas fechas la producción es tan elevada que ocasiona que el tanque permanezca lleno.
- Se hace uso de la herramienta ChronoFlo 2, con el fin de medir el consumo de agua de un día normal en la comunidad, cabe destacar que dicha medición se lleva a cabo el día 6 de Mayo del 2022, en la cual se determina que la dotación bruta de la comunidad de Barrio Jesús Abajo, es de 297,9 l/hab./día, es importante aclarar que la medición de datos se llevó a cabo después de las 11:00 am, por lo cual existe la posibilidad de que no se midieran picos de consumo significativos.
- Según los datos medidos mediante el ChronoFlo 2, se evidencia un desperdicio de agua por parte de los habitantes de la comunidad, ya que la medición de consumos se mantiene constante por varias horas del día, esto debido a que normalmente en las comunidades donde no se cobra por el servicio de abastecimiento de agua, se tiende a dejar los grifos abiertos, de igual manera existe la posibilidad de que dicho consumo constante sea debido a alguna fuga, no obstante en el recorrido del acueducto, no se logra visualizar la existencia de una fuga.

- Según el análisis hídrico realizado del acueducto de Barrio Jesús Arriba, se concluye que el acueducto posee el suficiente volumen de almacenamiento, para abastecer correctamente a la comunidad, con una proyección de crecimiento poblacional de 25 años.
- De acuerdo al análisis hídrico realizado y al Recurso Hídrico disponible en la Naciente de la comunidad de Barrio Jesús Arriba, donde el caudal de la fuente es de 0,51 l/s, se concluye que el Acueducto de Barrio Jesús Arriba, si tiene el agua suficiente actualmente para abastecer a la comunidad, además de que también posee la disponibilidad hídrica para bastecer el acueducto con una proyección de crecimiento de 25 años.
- Dado el análisis visual y a las consultas realizadas a la administradora del acueducto, se concluye que tanto la captación de la naciente, como el tanque de almacenamiento, son estructuras muy viejas, mismas construidas de manera artesanal, por lo cual no se cuenta con planos de diseño, memoria de cálculo de las estructuras, ni se sabe exactamente la fecha en la que fueron construidas dichas estructuras.
- En cuanto a la protección de la naciente, en un radio de 200 m no se logra visualizar ningún tipo de estructura, por lo cual se cumple en ese aspecto lo establecido en la Ley de Aguas No.276, sin embargo, la zona donde se ubica la naciente es utilizada comúnmente para el pastoreo de ganado, además de esto, la naciente no cuenta con una malla de protección que evite el paso de animales y personas ajenas a la comunidad, por lo cual se pone en riesgo la calidad de recurso hídrico.
- La captación fue construida de manera artesanal, de tal manera que la misma no cuenta con: una tubería de limpieza con la cual poder realizar aforos, una tubería de rebalse con la cual poder evacuar los excedentes de agua en la naciente, una acera perimetral y una malla de protección con la cual evitar el paso de animales y personas ajenas a la comunidad.
- Según el análisis realizado mediante la herramienta GIRA, se concluye que la vulnerabilidad sanitaria de la Naciente existente en el acueducto de Barrio Jesús Arriba es ALTA, principalmente causado por: la inexistencia de una malla de protección con la cual evitar el acceso de animales y personas ajenas a la comunidad, la presencia de raíces dentro de la captación lo cual aumenta el contenido de materia orgánica en el

- agua, la falta de un cierre seguro para la tapa del tanque y la existencia de fuentes de contaminación debido a la presencia de animales en la zona donde se ubica la naciente.
- Según el análisis del tanque de almacenamiento existente, se concluye que dicho tanque se encuentra en condiciones deterioradas, debido a las fugas presentes en las paredes del tanque, así como a la inexistente protección y mantenimiento del mismo.
 - Según el análisis realizado mediante la herramienta GIRA, se concluye que la vulnerabilidad sanitaria del Tanque de Almacenamiento existente en el acueducto de Barrio Jesús Arriba es MUY ALTA, principalmente causado por: la presencia de grietas en las paredes del tanque, la inexistencia de un sistema de cloración, la falta de una malla perimetral, la carencia de un cierre seguro para la tapa del tanque y la existencia de fuentes de contaminación debido a la presencia de animales en la zona donde se ubica el tanque de almacenamiento.
 - Según los recorridos realizados en la comunidad de Barrio Jesús Arriba, se evidencio la existencia de tuberías desenterradas, lo cual pone en peligro la vida útil de las mismas, además de que se facilita el acceso al recurso hídrico a personas ajenas a la comunidad.
 - Según el análisis realizado mediante la herramienta GIRA, se concluye que la vulnerabilidad sanitaria de la Tubería de Distribución y Conducción existente en el acueducto de Barrio Jesús Arriba es MODERADA, principalmente causado por: la carencia de cloro en la red, la falta de sistemas de purga, la falta de un fontanero calificado, y la inexistencia de planos esquemáticos de la red.
 - Según el análisis realizado mediante la herramienta GIRA, se concluye que la vulnerabilidad sanitaria de la Infraestructura General existente en el acueducto de Barrio Jesús Arriba es ALTA, principalmente causado por: la falta de conocimiento sobre la edad de los materiales e infraestructura existente, la existencia de componentes del sistema en zonas vulnerables, la falta del detalle catastro de los componentes del sistema y la existencia de fuentes de contaminación.
 - Las propiedades donde se encuentran la naciente y el tanque de almacenamiento no le pertenecen a ningún miembro de la comunidad, dichas propiedades son pertenencia de los hijos o hijas del antiguo dueño de los terrenos que rodean la comunidad, mismo que fue quien financio la construcción del acueducto.

- La falta de un sistema de desinfección y su operación adecuada en el sistema de abastecimiento, pone en peligro la calidad del recurso hídrico, de tal manera que no se puede considerar potable, debido al riesgo presente.
- La comunidad de Barrio Jesús Arriba, no cuenta con análisis históricos de calidad del agua, el mismo establecido por el Reglamento para la Calidad del Agua Potable, por lo cual, no se conoce la calidad del recurso hídrico, de tal forma que se pone en riesgo la salud de los habitantes de la comunidad.
- Según el análisis físico-químico del agua, los niveles de color aparente en el recurso hídrico se encuentran por encima del valor máximo admisible, debido a que la captación presenta algunas deficiencias constructivas, por lo tanto, las raíces de la vegetación que rodea la naciente penetran la captación impregnando de materia orgánica al agua.
- Según el análisis físico-químico del agua, la concentración de hierro en el recurso hídrico se encuentran por encima del valor máximo admisible, lo cual puede ser debido a altas concentraciones de hierro en el terreno donde se ubica la captación, no obstante, en el Capítulo 5 se puede observar que la concentración de hierro en el mes de Julio del 2021 es inferior a la al valor máximo admisible, lo que indica que la contaminación de por hierro no es constante en la fuente, por lo tanto se debe seguir realizando análisis de calidad del agua con el fin de monitorear dicho parámetro.
- Según el análisis microbiológico del agua, la fuente presenta altos contenidos de Coliformes fecales en el recurso hídrico, lo cual pone en riesgo la salud de las personas, debido a que la comunidad no cuenta con un sistema de desinfección del agua el cual permite eliminar este tipo de contaminantes. La contaminación del recurso hídrico se pueda estar dando debido a la presencia de material fecal de animales, el cual puede ser transportado mediante la escorrentía superficial debida a las lluvias, es por ello que se destaca la importancia de realizar las mejoras recomendadas para la captación de la naciente, así como la adquisición de un sistema de cloración con el cual eliminar los contaminantes del recurso hídrico.
- Según el análisis de calidad del agua y el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano en Costa Rica (IRCACH), para la comunidad de Barrio Jesús Arriba, se concluye que el agua de la comunidad no es apta para la ingesta ya que presenta un nivel de riesgo MUY ALTO, principalmente causado por: la presencia de Coliformes

fecales en el agua, los altos contenidos de hierro en el recurso hídrico y la inexistencia de un sistema de desinfección del agua.

- La comunidad no cuenta con un plan de trabajo anual, planes de gestión ambiental, ni planes de emergencia, debido a que nunca se ha contratado a una empresa privada para que realice dichos planes, además de que la comunidad, no cuenta con el conocimiento técnico para realizar dichos planeamientos.
- La comunidad de Barrio Jesús Arriba no cuenta con una ASADA establecida, por lo cual, se debe llevar a cabo el proceso para la implementación de una ASADA, para la correcta gestión del acueducto o fusionarse con la ASADA de Barrio Jesús Abajo.
- La comunidad no cuenta con un fondo económico para realizar ampliaciones, mantenimiento o reparaciones del acueducto, debido a que no realizan el cobro del servicio de abastecimiento del recurso hídrico.
- La comunidad no cuenta con un registro mediante la utilización de una bitácora, de las actividades de mantenimiento, mejoras que se llevan a cabo en el acueducto y análisis de la calidad del agua que se lleven a cabo.
- La comunidad no cuenta con los servicios de un administrador, un fontanero y un contador, con los cuales implementar una correcta gestión de la administración, operación y mantenimiento del acueducto, y como ya se destacó anteriormente, la comunidad no cuenta con los recursos financieros para realizar dichas contrataciones, debido a que no se cobra el servicio de abastecimiento y a la cantidad reducida de abonados.
- Según el análisis realizado mediante la herramienta GIRA, se concluye que la vulnerabilidad Operativa del acueducto de Barrio Jesús Arriba es MUY ALTA, principalmente causado por: la falta de un sistema de desinfección, la falta de procedimientos operativos para el control de presiones en las tuberías, la falta de procedimientos operativos para el control de fugas, la inexistencia de una bitácora y la falta de procedimientos operativos de control de las instalaciones de tuberías y nuevas conexiones.
- Según el análisis realizado mediante la herramienta GIRA, se concluye que la vulnerabilidad Administrativa del acueducto de Barrio Jesús Arriba es ALTA, principalmente causado por: la falta del cobro del servicio de abastecimiento, la carencia de un plan de trabajo y la inexistencia de una ASADA.

- Según el análisis realizado mediante la herramienta GIRA, se concluye que la vulnerabilidad Sanitaria del acueducto de Barrio Jesús Arriba es ALTA, principalmente causado por: la inexistencia de un sistema de desinfección del recurso hídrico, la falta de planes para la gestión ambiental del acueducto, y la inexistencia de análisis de calidad del agua potable.
- Según el análisis de vulnerabilidad en los ámbitos de Infraestructura, Operativo, Administrativo y Sanitario realizado mediante la herramienta GIRA, se concluye que la vulnerabilidad General del acueducto de Barrio Jesús Arriba es MUY ALTA, principalmente causado por las deficiencias de las infraestructuras existentes del acueducto, así como por la falta de un sistema de desinfección y la carencia de una ASADA que gestione adecuadamente el acueducto.

8.2.2. Barrio Jesús Abajo

- De acuerdo a los consumos reales que se presentan en el Acueducto de Barrio Jesús Abajo desde Enero a Octubre del 2021, donde según la información tabulada mensualmente en el Cuadro 11, se concluye que la dotación es de 199,6 l/hab./día, la cual contempla un 30 % de agua no contabilizada, como lo recomienda el AyA.
- Según los datos medidos mediante el ChronoFlo 2, se concluye que gran parte del consumo de agua en la comunidad se da en las horas de la mañana.
- Según la prueba de bombeo realizada en el acueducto el día 14 de Julio del 2020, misma que fue analizada por un Geólogo, se concluye que el pozo dispone de un caudal de 1,5 l/s para bombear.
- Según el análisis hídrico realizado, se determina que el acueducto de Barrio Jesús Abajo, necesita un volumen de almacenamiento de por lo menos 23,45 m³, con el fin de poder abastecer correctamente a los abonados del acueducto con una proyección de crecimiento poblacional de 25 años, por lo cual se requiere un nuevo tanque de almacenamiento de por lo menos 14 m³, y que dicha estructura se ubique en el mismo terreno donde se encuentra el tanque de almacenamiento actual, no obstante, en caso de no existir espacio se debe buscar un terreno cercano al tanque existente.
- Del análisis al Recursos Hídrico disponible en el Acueducto, se concluye que el Acueducto cuenta con la suficiente agua para abastecer a todos los abonados conectados en la situación actual y con una proyección de crecimiento poblacional de 25 años.

- Dado el análisis visual y a las consultas realizadas al presidente de la ASADA, se concluye que la estructura del pozo es muy antigua, por lo cual no se cuenta con planos de diseño ni memoria de cálculo de dicha estructura.
- En cuanto a la protección del pozo, la ley establece un radio de 40 metros desde el pozo, por lo cual según el análisis realizado en el Capítulo 4, se determina que actualmente dentro de dicha área de protección se da la presencia de una carretera nacional, además de estructuras cercanas y terrenos utilizados para actividades agrícolas.
- Según el análisis realizado mediante la herramienta GIRA, se concluye que la vulnerabilidad sanitaria del Pozo existente en el acueducto de Barrio Jesús Abajo es BAJA, sin embargo, tales aspectos son de atención: inexistencia de un canal de desagüe, existencia de fuentes de contaminación cercanas al pozo como animales y actividad agrícolas.
- Según el análisis realizado a la bomba existente, se concluye que actualmente la comunidad necesita una bomba de 1,5 HP, de manera que el acueducto cuenta con una bomba con más potencia de la necesaria, lo cual puede llegar a aumentar el consumo energético debido al bombeo.
- El Tanque de Almacenamiento se encuentra en buen estado y resguardado mediante una malla de protección, el mismo tiene poco tiempo de uso, además la ASADA implementa planes de mantenimiento bien definidos, con el fin de alargar la vida útil del mismo.
- Según el análisis realizado mediante la herramienta GIRA, se concluye que la vulnerabilidad sanitaria del Tanque de Almacenamiento existente en el acueducto de Barrio Jesús Abajo es MUY BAJA, sin embargo, la existencia de viviendas y animales puede llegar a poner en riesgo dicha estructura.
- Según los recorridos realizados en la comunidad de Barrio Jesús Abajo, se evidenció la existencia de tuberías desenterradas, lo cual pone en peligro la vida útil de las mismas, además de que se facilita el acceso al recurso hídrico a personas ajenas a la comunidad.
- Con respecto a los diámetros de la tubería de distribución, según el recorrido del acueducto, se concluye que la tubería existente y en uso, no cumple con el diámetro mínimo de 100 mm establecido por el AyA, además de ello, no se visualizó ninguna válvula de purga ni de aire instalada en la tubería. Cabe destacar, que la comunidad

posee actualmente instalada una nueva tubería de 100 mm en polietileno de alta densidad, no obstante, dicha tubería no se encuentra actualmente en uso, debido a que aún se está realizando el proceso de instalación.

- Según el análisis realizado mediante la herramienta GIRA, se concluye que la vulnerabilidad sanitaria de la Tubería de Distribución y Conducción existente en el acueducto de Barrio Jesús Abajo es BAJA, sin embargo, tales aspectos son de atención: carencia de cloro residual en la red de distribución, falta de sistemas de purga para la tubería de distribución y falta de planos esquemáticos del acueducto.
- Según el análisis realizado mediante la herramienta GIRA, se concluye que la vulnerabilidad sanitaria de la Infraestructura General existente en el acueducto de Barrio Jesús Abajo es MODERADA, principalmente causado por: la falta del detalle catastro de todas las estructuras del acueducto y la existencia de componentes de la tubería de distribución expuesta a la intemperie.
- La ASADA de Barrio Jesús Abajo, cuenta con análisis históricos de calidad del agua en su comunidad, los mismos son contratados a la empresa Bioanalítica, misma con sede en la Cruz de Guanacaste, cabe destacar que los análisis contratados por la ASADA únicamente son análisis físico-químicos y microbiológicos del Nivel Primero establecido por el Reglamento para la Calidad del Agua Potable.
- El acueducto cuenta con un sistema de desinfección por pastilla, en la cual se utiliza una dosificación de dos pastillas cada 15 días.
- En cuanto a las mediciones de cloro realizadas tanto en el tanque de almacenamiento, como en diferentes zonas de la red de distribución, se concluye que el clorador existente realiza su trabajo correctamente, debido a que cumple con los parámetros establecidos por el reglamento.
- Según el análisis físico-químico del agua, la concentración de hierro en el recurso hídrico se encuentran por encima del valor máximo admisible, lo cual puede ser debido a altas concentraciones de hierro en el pozo, lo cual representa un riesgo a la salud de la comunidad, dado que en concentraciones superiores a los 0,3 mg/L se puede llegar a producir bacterias ferruginosas, además de esto, dado que el contenido de Hierro en la comunidad es de 0,55 mg/L, existe la probabilidad de que el agua manche la ropa.
- Según el análisis de calidad del agua y el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano en Costa Rica (IRCACH), para la comunidad de Barrio Jesús Abajo,

se concluye que el agua de la comunidad no es apta para la ingesta ya que presenta un nivel de riesgo Intermedio, debido a los altos contenidos de hierro en el recurso hídrico.

- La comunidad de Barrio Jesús Abajo actualmente posee una ASADA como ente operador del acueducto, la misma posee el convenio de delegación firmado. En cuanto a la personería jurídica, esta se encuentra vencida, no obstante, actualmente se mantiene en proceso para renovarla.
- La ASADA, cuenta con los servicios de un fontanero a medio tiempo, no obstante, dicho fontanero no cuenta con los conocimientos técnicos necesarios para llevar un correcto mantenimiento del acueducto, debido a que no hace mucho tiempo inicio su labor como fontanero, por lo cual aún no ha podido recibir capacitaciones.
- Las propiedades donde se encuentran el pozo y el tanque de almacenamiento le pertenecen a un miembro de la ASADA, cabe destacar que la misma actualmente está en negociaciones con el dueño para la donación o venta de las propiedades.
- La ASADA cuenta con un plan de trabajo anual, en donde se planifican tanto las actividades de mantenimiento, operación, así como las administrativas, aparte de esto la organización cuenta con un plan de transparencia y rendición de cuentas, para el cual se realiza un informe general cada 6 meses y un informe de contabilidad cada 3 meses.
- La ASADA utiliza los servicios de un contador, con el fin de mantener los estados financieros de la organización actualizados, además de ello, según el análisis económico realizado en el Capítulo 6 para la comunidad de Barrio Jesús Abajo, se determina que la organización posee más ingresos que egresos, por lo cual la ASADA cuenta con fondos económicos para realizar ampliaciones, mantenimiento o reparaciones del acueducto, dicho fondo se encuentra resguardado en una cuenta bancaria.
- La ASADA cuenta con un registro mediante la utilización de una bitácora, de las actividades de mantenimiento, mejoras que se llevan a cabo en el acueducto y análisis de la calidad del agua que se lleven a cabo.
- Según el análisis realizado mediante la herramienta GIRA, se concluye que la vulnerabilidad Operativa del acueducto de Barrio Jesús Abajo es MUY BAJA, sin embargo, actualmente no se poseen procedimientos operativos de control de presiones,

lo cual puede llegar a afectar negativamente la vida útil de las estructuras, en especial las tuberías.

- Según el análisis realizado mediante la herramienta GIRA, se concluye que la vulnerabilidad Administrativa del acueducto de Barrio Jesús Abajo es MUY BAJA, sin embargo, la ASADA debe mantener una constante capacitación de sus miembros, con el fin de mejorar la gestión administrativa de la organización.
- Según el análisis realizado mediante la herramienta GIRA, se concluye que la vulnerabilidad Sanitaria del acueducto de Barrio Jesús Abajo es BAJA, no obstante, se deben mantener medidas de prevención y monitoreo como: realización de estudios diarios del cloro residual en la red, organización de programas de educación ambiental para la comunidad y realización mensual del control operativo establecido por el Reglamento para la Calidad del Agua Potable.
- Según el análisis de vulnerabilidad en los ámbitos de Infraestructura, Operativo, Administrativo y Sanitario realizado mediante la herramienta GIRA, se concluye que la vulnerabilidad General del acueducto de Barrio Jesús Abajo es BAJA, sin embargo, se deben mantener medidas de prevención y mantenimiento, así como la implementación de las mejoras recomendadas, con el fin de reducir aún más la vulnerabilidad en todos los aspectos.

8.2.3. Concepción

- Según el análisis hídrico realizado mediante la utilización de la dotación bruta de 769,6 l/hab./día, calculada mediante los datos proporcionados por la ASADA, el acueducto posee un faltante de agua de 2,69 l/s, lo cual provocaría que en el sistema de abastecimiento se den muchas interrupciones del servicio de abastecimiento, lo cual según el presidente de la ASADA no ocurre.
- Los datos medidos mediante el ChronoFlo reflejan un consumo mucho menor al establecido por los datos proporcionados por la ASADA, cabe destacar que la medición se llevó a cabo en un corto periodo de tiempo, por lo cual existe la posibilidad de que se omitieran picos de consumo significativos.
- Según el análisis hídrico realizado, se concluye que los datos proporcionados por la ASADA presentan un significativo error de cálculo, esto debido posiblemente a algún error cometido al pasar los datos del papel a una hoja de Excel, o debido a una mala toma de datos en los micromedidores por parte de la ASADA.

- Debido a la falta de datos de consumo representativos, se debe hacer uso de la dotación teórica (200 l/hab./día) establecida por el AyA, para comunidades rurales del país.
- Según el análisis hídrico realizado mediante la utilización de la dotación teórica, se determina que el acueducto de Barrio Jesús Abajo, necesita un volumen de almacenamiento de por lo menos 43,72 m³, con el fin de poder abastecer correctamente a los abonados del acueducto con una proyección de crecimiento poblacional de 25 años. Por lo cual se requiere un nuevo tanque de almacenamiento de por lo menos 20 m³, y que dicha estructura se ubique en el mismo terreno donde se encuentra el tanque de almacenamiento actual, no obstante, en caso de no existir espacio se debe buscar un terreno cercano al tanque existente.
- De acuerdo al Recurso Hídrico disponible en los Pozos (3,15 l/s) de la comunidad de Concepción y a la Dotación teórica para comunidades rurales establecida por el AyA, se concluye, que el Acueducto de Concepción, si tiene el agua suficiente actualmente, para abastecer a la comunidad, además de que también posee la disponibilidad hídrica para bastecer el acueducto con una proyección de crecimiento poblacional de 25 años.
- La ASADA no cuenta con estudios hidrogeológicos y pruebas de bombeo, que caractericen y justifique el caudal extraído de los pozos.
- En cuanto a la protección de los pozos, la ley establece un área de protección con un radio de 40 metros desde el pozo, por lo cual según el análisis realizado en el Capítulo 4, se determina que actualmente dentro de dicha área de protección se da la presencia de una carretera, además de terrenos utilizados para actividades agrícolas. Cabe destacar que únicamente el pozo 1, no se encuentra resguardado mediante una malla de protección, lo cual permite el acceso al terreno del pozo, a animales y personas ajenas a la comunidad.
- Dado el análisis visual y a las consultas realizadas al presidente de la ASADA, se concluye que tanto la captación los pozos, como el tanque de almacenamiento, son estructuras muy antiguas, por lo cual no se cuenta con planos de diseño, memoria de cálculo de las estructuras, ni se sabe exactamente la fecha en la que fueron construidas dichas estructuras.
- Según el análisis realizado mediante la herramienta GIRA, se concluye que la vulnerabilidad sanitaria del Pozo 1 existente en el acueducto de Concepción es MODERADA, principalmente causado por: la falta de un canal de desagüe, la

inexistencia de una malla de protección, y la existencia de fuentes de contaminación como animales y actividades agrícolas.

- Según el análisis realizado mediante la herramienta GIRA, se concluye que la vulnerabilidad sanitaria del Pozo 2 existente en el acueducto de Concepción es BAJA, sin embargo, se deben mantener medidas de prevención como: construcción de un canal de desagüe para evacuar la escorrentía superficial y limpieza constante de los alrededores del pozo.
- Según el análisis del tanque de almacenamiento existente, se concluye que dicho tanque se encuentra físicamente en buenas condiciones, debido a que no se presentan fugas ni daños destacables en la estructura, no obstante, algunos aspectos negativos y por mejorar son: el tanque no se encuentra resguardado mediante una malla de protección, el tanque no cuenta con pintura ni ningún tipo de señalización. Cabe destacar que durante las giras se evidencia un inexistente mantenimiento del exterior del tanque.
- Según el análisis realizado mediante la herramienta GIRA, se concluye que la vulnerabilidad sanitaria del Tanque de Almacenamiento existente en el acueducto de Concepción es ALTA, principalmente causado por: carencia de mantenimiento de la estructura externa del tanque, existencia de sedimentos dentro del tanque, falta de una malla de protección, y presencia de animales (posible fuente de contaminación) cerca del tanque.
- Según el análisis realizado mediante la herramienta GIRA, se concluye que la vulnerabilidad sanitaria de la Tubería de Distribución y Conducción existente en el acueducto de Concepción es MODERADA, principalmente causado por: carencia de sistemas de purga en la tubería de distribución, falta de un fontanero, e inexistencia de planos esquemáticos del sistema de distribución.
- Según el análisis realizado mediante la herramienta GIRA, se concluye que la vulnerabilidad sanitaria de la Infraestructura General existente en el acueducto de Concepción es MODERADA, principalmente causado por: falta del detalle catastro de los componentes del sistema, desconocimiento de la edad y los tipos de materiales de los componentes del sistema, y existencia de posibles fuentes de contaminación sin identificar.

- El acueducto cuenta con un sistema de desinfección por pastilla, en la cual se utiliza una dosificación de dos pastillas cada 15 días.
- En cuanto a las mediciones de cloro realizadas tanto en el tanque de almacenamiento, como en diferentes zonas de la red de distribución, se concluye que el clorador existente no está realizando su trabajo correctamente, debido a que no se cumple con los parámetros establecidos por el reglamento, esto como consecuencia de una mala dosificación, o debido a alguna falla en la infraestructura del clorador, por lo cual se debe mantener un monitoreo diario del cloro libre en la red, con el fin de identificar la dosificación adecuada o identificar los defectos en el clorador.
- Según el análisis físico-químico del agua, se determina que los niveles de color aparente en el agua se encuentran por encima del valor máximo admisible, debido a los altos contenidos de sólidos disueltos en el agua, así como, los altos niveles de Hierro.
- Según el análisis físico-químico del agua, la concentración de hierro en el recurso hídrico se encuentran por encima del valor máximo admisible, lo cual puede ser debido a altas concentraciones de hierro en el pozo, lo cual representa un riesgo a la salud de la comunidad, dado que en concentraciones superiores a los 0,3 mg/L se puede llegar a producir bacterias ferruginosas, además de esto, dado que el contenido de Hierro en la comunidad es de 0,55 mg/L, existe la probabilidad de que el agua manche la ropa.
- Según el análisis de calidad del agua y el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano en Costa Rica (IRCACH), para la comunidad de Concepción, se concluye que el agua de la comunidad no es apta para la ingesta ya que presenta un nivel de riesgo Intermedio, debido a los altos contenidos de hierro en el recurso hídrico.
- La comunidad de Concepción actualmente posee una ASADA como ente operador del acueducto, la misma posee el convenio de delegación firmado, la personería jurídica vigente, así como todos los documentos al día.
- Las propiedades donde se encuentran los pozos y el tanque de almacenamiento son propiedad de personas externas a la comunidad, debido a ello actualmente la ASADA se encuentra en negociación con los propietarios, no obstante, la comunicación entre ambas partes es prácticamente nula.
- La ASADA indica que cuenta con un plan de trabajo anual, en donde se planifican tanto las actividades de mantenimiento, operación, así como las administrativas, aparte de

esto la organización cuenta con un plan de transparencia y rendición de cuentas, para el cual se realiza un informe general cada 3 meses.

- La ASADA actualmente no hace uso de una bitácora con la cual mantener un registro de las actividades de mantenimiento, reparación, mejoras del sistema y análisis de la calidad del agua que se lleven a cabo.
- La ASADA no cuenta con los servicios de un administrador, y un fontanero, con los cuales implementar una correcta gestión de la administración, operación y mantenimiento del acueducto.
- La ASADA utiliza los servicios de un contador, con el fin de mantener los estados financieros de la organización actualizados, además de ello, según el análisis económico realizado en el Capítulo 6 para la comunidad de Concepción, se determina que la organización posee más ingresos que egresos, por lo cual la ASADA cuenta con fondos económicos para realizar ampliaciones, mantenimiento o reparaciones del acueducto, dicho fondo se encuentra resguardado en una cuenta bancaria.
- Según el análisis realizado mediante la herramienta GIRA, se concluye que la vulnerabilidad Operativa del acueducto de Concepción es MODERADA, principalmente ocasionado por la falta de: estudios de bombeo e hidrogeológicos, herramientas y procedimientos operativos para el control de presiones, y una bitácora como registro de mejoras, mantenimiento y reparaciones.
- Según el análisis realizado mediante la herramienta GIRA, se concluye que la vulnerabilidad Administrativa del acueducto de Concepción es MUY BAJA, sin embargo, la ASADA debe mantener una constante capacitación de sus miembros, con el fin de mejorar la gestión administrativa de la organización.
- Según el análisis realizado mediante la herramienta GIRA, se concluye que la vulnerabilidad Sanitaria del acueducto de Concepción es MODERADA, principalmente causado por la falta de: estudios diarios del cloro residual en la red de distribución, análisis de calidad del agua, y mantenimiento de las estructuras del sistema de abastecimiento.
- Según el análisis de vulnerabilidad en los ámbitos de Infraestructura, Operativo, Administrativo y Sanitario realizado mediante la herramienta GIRA, se concluye que la vulnerabilidad General del acueducto de Concepción es MODERADA, principalmente causado por la falta de: información de material, edad y estado de los componentes del

sistema de abastecimiento, mantenimiento y protección de las estructuras del sistema, análisis de calidad del agua, estudios de bombeo e hidrogeológicos.

8.3. Recomendaciones Generales

- Realizar un registro de los consumos de agua mensuales en los acueductos en estudio, con el fin de que las comunidades cuenten con información base para realizar análisis tanto Hídricos como Hidráulicos en los acueductos, dicho registro se puede llevar a cabo mediante la implementación de una bitácora o utilizando una computadora, así mismo dicho registro debe tener el consumo total de las previstas en cada mes, y la cantidad total de previstas existentes de cada mes que se registre.
- Realizar cada seis meses un análisis físico – químico y microbiológico del nivel primero del reglamento para la calidad del agua potable, asimismo, se debe realizar cada tres años una análisis químico del nivel segundo y nivel tercero de dicho reglamento, de tal manera que se realice correctamente un análisis de la calidad de agua, para realizar dichos análisis se recomienda hacer uso de los servicios de la empresa Bioanalítica, la cual ya ha realizado dichos estudio para la comunidad de Barrio Jesús Abajo.
- Realizar un monitoreo constante del cloro residual en la red, con el fin de asegurarse de siempre contar con la concentración recomendada de cloro residual libre, establecida por el Reglamento para la calidad del agua potable, para ello se puede hacer uso de medidores de cloro digitales o no digitales.
- Realizar constantemente el mantenimiento y limpieza de los componentes del sistema de abastecimiento, con el fin de alargar la vida útil de los mismos, para lo cual se recomienda seguir las normas y procedimientos descritos en el “REGLAMENTO DE NORMAS TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA”.
- Solicitar apoyo por parte del AyA o la municipalidad de Abangares, con el fin de llevar a cabo un levantamiento topográfico en cada acueducto, de tal manera que se pueda contar con los planos de los acueductos en estudio.
- Fomentar en la comunidad la protección de las fuentes de abastecimiento mediante la implementación de charlas o talleres informativos, para los cuales se puede solicitar apoyo a la Municipalidad de Abangares o a la UCR.
- Iniciar negociaciones con los dueños de los terrenos donde se ubican tanto las fuentes de abastecimiento, como los tanques de almacenamiento de las comunidades en

estudio, de tal manera que se adquiriera dichos terrenos por parte de la comunidad o la ASADA.

- Se recomienda implementar el uso de una bitácora con fecha, lugar y fotografías, de las mejoras o mantenimientos realizados al sistema, con el fin de mantener un mayor control operativo del sistema de abastecimiento, para ello se recomienda buscar en internet o solicitar apoyo en instituciones públicas, sobre la correcta utilización y elaboración de una bitácora.
- Todas las tuberías deben estar a una profundidad mínima de 0,80 m sobre la corona del tubo a partir de la rasante de la calle, sin embargo, en caso de ser necesario mantener tramos con tubería expuesta, se recomienda utilizar tubería de polietileno de alta densidad (PEAD), el cual es resistente a los rayos del sol.
- Capacitar constante mente en aspectos administrativos, operativos y de mantenimiento de acueductos a los miembros de la ASADA, con el fin de mejorar la gestión de los acueductos en estudio, para ello se debe solicitar apoyo de instituciones públicas como el AyA, la Municipalidad de Abangares o la UCR.
- Realizar un plan de gestión ante emergencias y desastres naturales, con el fin de determinar posibles amenazas e implementar medidas para mitigar o evitar el impacto dichas amenazas, para ello se debe solicitar apoyo de instituciones públicas como el AyA, la Municipalidad de Abangares o la UCR.
- Realizar un plan de gestión ambiental, de tal manera que se implementen acciones afines a la protección del recurso hídrico, así como para la protección de los alrededores de las fuentes de abastecimiento, para ello se debe solicitar apoyo de instituciones públicas como el AyA, la Municipalidad de Abangares o la UCR.
- Realizar una evaluación Hidráulica de las tuberías de distribución y conducción, con el fin de determinar el funcionamiento de las mismas, de manera que se pueda evidenciar deficiencias en las tuberías existentes, para lo cual se debe solicitar apoyo por parte del AyA o instituciones como la UCR.
- Se recomienda llevar a cabo en un periodo de 5 a 10 años, un estudio de evaluación del acueducto, con el fin de analizar el estado del acueducto, y de su ente operador, de tal manera que se pueda verificar que tanto han mejorado y que falta por mejorar. Para ello se recomienda solicitar apoyo a instituciones públicas como la UCR.

- Se recomienda llevar a cabo actividades periódicas de control y seguimiento operativo de la ASADAS, como realizar reuniones de junta directiva con el fin de verificar que se cumplan con las normativas vigentes, asimismo se puede hacer uso de la herramienta GIRA, para realizar pequeños análisis sobre la vulnerabilidad administrativa, operativa, estructural y sanitaria de la ASADA, de tal manera que se pueda evaluar que tanto a descendido la vulnerabilidad del ente administrador.

8.4. Recomendaciones Específicas

8.4.1. Barrio Jesús Arriba

- Se debe concesionar la naciente existente ante la dirección de aguas del MINAE, con el fin de realizar una correcta gestión del recurso hídrico, cumplir con la normativa y mejorar las condiciones de protección de la fuente de abastecimiento, para ello se recomienda solicitar en La Unidad Hidrológica Tempisque - Pacífico Norte, perteneciente a dicho departamento, el cual se ubica en Dentro de las instalaciones del SINAC, en el Área de Conservación Guanacaste, contiguo al ICE de Liberia, asimismo, se puede hacer uso de los números telefónicos que se encuentran en la página WEB de dicha institución.
- Se debe de implementar una ASADA en la comunidad, o integrarse a la ASADA de Barrio Jesús Abajo, para ello, se recomienda solicitar asesoría por parte del AyA, de tal manera que se realicen los estudios pertinentes.
- Instalar un clorador en el sistema de abastecimiento, con el fin de eliminar contaminantes y proteger la calidad del recurso hídrico, para lo cual se recomienda solicitar apoyo económico y técnico a instituciones como el AyA, la UCR o la municipalidad de Abangares, esto tanto para la compra como para la instalación del clorador.
- Realizar aforos en la naciente existente, tanto en la época seca como en la lluviosa, mediante la utilización del método volumétrico. Esto se debe hacer con el objeto de llevar un control del Caudal que produce la Naciente, para determinar la menor cantidad de agua a disponer de la fuente y su variación tanto en la época de verano, como en el invierno. A demás dicha información servirá de base para futuras evaluaciones del Acueducto.
- Instalar micromedidores en el acueducto, con el fin de poder medir los consumos de los abonados del acueducto, además de ello, se debe implementar una base de datos

con dichos consumos, dado que son la información base para el cálculo de la dotación real de la comunidad. Es importante aclarar que dichos micromedidores se deben instalar al frente de las propiedades de cada abonado.

- Implementar el cobro del servicio de abastecimiento, con el fin de poder contar con un fondo económico para mantenimiento y ampliaciones del acueducto. Es importante destacar que antes de esto se debe instalar micromedidores dentro del acueducto. Por otro lado, para el cobro del recurso hídrico, se debe hacer uso de las tarifas establecidas por el ARESEP, las cuales pueden ir cambiando con el tiempo.

8.4.2. Barrio Jesús Abajo

- Se debe medir mensualmente e implementar un registro del consumo de la comunidad, determinado mediante el macro-medidor existente, para lo cual se debe medir el consumo en el macro-medidor el mismo día que se procesan los datos de micro-medición del acueducto, de manera que se pueda efectuar correctamente la determinación del porcentaje de agua no contabilizada en el sistema, para ello se recomienda llevar a cabo dicho registro en una computadora de tal manera que se guarde ordenadamente la información del consumo de la comunidad.
- Se recomienda llevar a cabo una prueba de bombeo de 72 horas durante la época de verano, de manera que se pueda analizar la disponibilidad del recurso hídrico en época de estrés hidrológico, para ello se recomienda solicitar una referencia por parte del AyA, de tal manera que se contrate a una empresa que tenga experiencia en llevar a cabo este trabajo.
- Poner en uso la nueva tubería de 100 mm, con el fin de mejorar el servicio de abastecimiento del recurso hídrico.
- Hacer un mayor uso de los sistemas de cómputo, para el registro de información como aforos, consumo mensual de la comunidad, bitácora, información de contabilidad, así como cualquier otra información relevante para la comunidad, asimismo, se recomienda solicitar capacitación a el AyA, la Municipalidad de Abangares o la UCR, sobre la correcta utilización de los equipos de cómputo.

8.4.3. Concepción

- Consultar con la Dirección de Aguas del Minae, sobre si los pozos existentes se encuentran concesionados, y en caso de estar concesionados consultar cual es el caudal suscrito de cada pozo ante dicho ente, para ello se recomienda solicitar en La Unidad

Hidrológica Tempisque - Pacifico Norte, perteneciente a dicho departamento, el cual se ubica en Dentro de las instalaciones del SINAC, en el Área de Conservación Guanacaste, contiguo al ICE de Liberia, asimismo, se puede hacer uso de los números telefónicos que se encuentran en la página WEB de dicha institución.

- Se recomienda llevar un mayor control de los consumos medidos mediante los micro-medidores del acueducto, así como implementar una base de datos con dichos consumos, dado que son la información base para el cálculo de la dotación real de la comunidad, para llevar a cabo correctamente dicho registro, se debe sumar los consumos de cada prevista existente en el acueducto, asimismo anotar la cantidad de previstas activas que generaron dicho consumo, asimismo es importante anotar la cantidad de previstas inactivas, todo esto se debe llevar acabo todos los meses y el mismo día que se generan las facturas de cobro, de manera que no se pierda la información.
- Se recomienda llevar a cabo un estudio hidrogeológico y una prueba de bombeo de 72 horas con el fin de caracterizar las fuentes de abastecimiento, así como de justificar la disponibilidad hídrica de la comunidad. La prueba de bombeo se debe llevar a cabo durante la época de verano, de manera que se pueda analizar la disponibilidad del recurso hídrico en época de estrés hidrológico. Para ello se recomienda solicitar una referencia por parte del AyA, de tal manera que se contrate a una empresa que tenga experiencia en llevar a cabo este trabajo.
- La adquisición de equipo de cómputo le permite a la ASADA un mayor control de la información, así como la posibilidad de generar informes con mayor facilidad. Además de esto, los sistemas de cómputo permiten generar registros de información como aforos, consumo mensual de la comunidad, bitácoras, entre otras funciones.

9. Bibliografía

American Water Works Association, and James Edzwald. 20111999. "OVERVIEW OF WATER TREATMENT PROCESSES." Chap. 5 in Water Quality & Treatment: A Handbook on Drinking Water, Sixth Edition. Sixth. New YorkChicagoSan FranciscoLisbonLondonMadridMexicoCityMilanNew DelhiSan JuanSeoulSingaporeSydneyToronto: . <https://www-accessengineeringlibrary-com.ezproxy.sibdi.ucr.ac.cr/content/book/9780071630115/chapter/chapter5>

Acueductos y Alcantarillados (AyA). (2012). *Acueductos y Alcantarillados*. Retrieved from Aspectos Basicos de las ASADAS: <https://www.aya.go.cr/ASADAS/SitePages/gAsadas.aspx>

Acueductos y Alcantarillados (AyA). (2013, Agosto). *Acueductos y Alcantarillados (AyA)*. Retrieved from Manual para las ASADAS : <https://www.aya.go.cr/ASADAS/documentacionAsadas/Manual%20para%20las%20ASADAS%20-%20Cedarena%20-%20Transparencia%20y%20Rendici%C3%B3n%20de%20Cuentas.pdf>

Acueductos y Alcantarillados (AyA). (2017, Noviembre 8). *Acueductos y Alcantarillados*. Retrieved from Protocolo integracion-fusion ASADAS: <https://www.aya.go.cr/ASADAS/documentacionAsadas/Protocolo%20integracion-fusion%20ASADAS.pdf>

Acueductos y Alcantarillados (AyA). (2020). *Criterios Para el Diseño de Acueductos Comunales*.

Acueductos y Alcantarillados (AyA). (s.f). *Acueductos y Alcantarillados*. Retrieved from Interpretación Analisis Calidad de Agua: <https://www.aya.go.cr/ASADAS/documentacionAsadas/Interpretacion%20Analisis%20Calidad%20Agua.pdf>

AyA. (s.f). *Acueductos y Alcantarillados*. Retrieved from ELABORACIÓN E INSTALACIÓN DE CLORADORES PARA LA DESINFECCIÓN DEL AGUA POTABLE: <https://www.aya.go.cr/ASADAS/documentacionAsadas/Guia%20cloracion%20ASADAS.pdf>

Babiche Fuentes , C. (2000, Julio). *DOAJ OPEN GLOBAL TRUSTED*. Retrieved from Intercambio iónico vs. ósmosis inversa: <https://doaj.org/article/07185c2401684d21aae9c82bc06d41be>

Gobierno de Costa Rica. (2005, Agosto 5). *AyA*. Retrieved from Reglamentode las Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Comunales: <https://www.aya.go.cr/ASADAS/Leyes%20y%20reglamentos/REGLAMENTO%20DE%20ASADAS.pdf>

Gobierno de Costa Rica. (2020, Setiembre 04). *aresep*. Retrieved from REGLAMENTO DE LAS ASOCIACIONES ADMINISTRADORAS DE SISTEMAS DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS COMUNALES: <https://aresep.go.cr/agua-potable/normativa/3084-reglamento-de-asadas-2020>

Guillen Choque, M. R., & Cañazaca Mamani, M. Y. (2020, Agosto). *Remoción de dureza del agua mediante resinas catiónicas para el uso industrial y consumo humano. Una revisión*. Retrieved from UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN: https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/3322/Marcos_Trabajo_Bachiller_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Hernández , Z. S. (2015). *Universidad de Quintana Roo*. Retrieved from Comparación de tratamientos empleados para la eliminar la dureza del agua: <http://repobiblio.cuc.uqroo.mx/handle/20.500.12249/320>

HYDREKA. (s.f). *HYDREKA*. Retrieved from ChronoFlo 2: https://hydreka.com/doc/flowmeters/ChronoFLO-2_0618EN.PDF

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. (2001, Agosto 13). *Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados*. Retrieved from Reglamento de Normas Técnicas y Procedimientos para el Mantenimiento Preventivo de los Sistemas de Abastecimiento de Agua: <https://www.aya.go.cr/centroDocumetacion/catalogoGeneral/Reglamento%20de%20Normas%20T%C3%A9cnicas%20y%20Procedimientos%20Preventivo%20de%20Sistemas%20de%20Agua%20Potable.pdf>

Instituto Meteorológico Nacional. (2011). *IMN Cambio Climatico*. Retrieved from Cuenca Río Abangares: <http://cglobal.imn.ac.cr/documentos/publicaciones/EstudioCuencas/EstudioCuencas-cuencaRioAbangares.pdf>

LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS. (2018, Enero). *Ministerio de Salud*. Retrieved from ndice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano en Costa Rica (IRCACH) : <https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/investigacion-y-tecnologia-en-salud/inventarios/inventario-tecn-de-agua-de-consumo-humano/legislacion->

documentos-internacionales/documento-tecnico-5/3892-indice-de-riesgo-de-la-
calidad-del-agua-para-consumo-hu

López Cualla, R. A. (2003). *Elementos de diseño para Acueductos y Alcantarillados*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Marin Burbano, L. M. (2011, Octubre). *REMOCIÓN DE HIERRO Y MANGANESO POR OXIDACIÓN CON CLORO Y FILTRACIÓN EN GRAVA*. Retrieved from Biblioteca Digital: <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/7908/CB-0450286.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Mora Alvarado, D., & Alfaro Herrera, N. (1999). *Caracterización y distribución por cantones de la dureza del agua en las fuentes utilizadas para consumo humano en Costa Rica*. Retrieved from SCIELO: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1409-14291999000200002&script=sci_arttext&lng=en

Municipalidad de Abangares. (2014). *Municipalidad de Abangares*. Retrieved from Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2014-2018: <https://www.abangares.go.cr/index.php/mn-centrodescarga/planes-municipales>

Municipalidad de Abangares. (2012). *Abangares*. Retrieved from Plan Estratégico de Largo Plazo: <http://www.abangares.go.cr/images/Planes/PLANLARGOPLAZOABANGARES.pdf>

Municipalidad de Abangares. (2017). *Municipalidad de Abangares*. Retrieved from Plan de Conservación, Desarrollo y Seguridad Vial Cantonal Municipalidad de Abangares Periodo 2017 – 2022: <https://www.abangares.go.cr/index.php/mn-centrodescarga/planes-municipales>

Paniagua Alfaro, H., & Rodríguez Alfaro, N. (2019). *Acueducto y Alcantarillados*. Retrieved from GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS EN ASADAS: <https://www.aya.go.cr/ASADAS/documentacionAsadas/Guia%20GIRA%20ASADAS.pdf>

Republica de Costa Rica. (1996, 02 13). *Sistema Costarricense de Información Jurídica*. Retrieved from Ley Forestal 7575: http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=41661&nValor3=94526

- Sancho Vargas , M. E. (2019, Febrero). *"Propuesta de sistema de tratamiento para la reducción del contenido de Dureza Total y Sulfato del agua en el acueducto de la ASADA Santa Cruz de Turrialba"*. Retrieved from RepositorioTec: https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/10500/propuesta_tratamiento_reduccion_dureza_agua.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Shalini, C., & Pragnesh N., D. (2012, Julio 26). *ScienceDirect*. Retrieved from Removal of iron for safe drinking water: <https://www-sciencedirect-com.ezproxy.sibdi.ucr.ac.cr/search?q=Removal%20of%20iron%20for%20safe%20drinking%20water>
- Tang, C., Albrechtsen, H.-J., & Merks, C. (2019, Noviembre). *Water softeners add comfort and consume water – comparison of selected centralised and decentralised softening technologies*. Retrieved from ProQuest: <https://www.proquest.com/docview/2311444270?OpenUrlRefId=info:xri/sid:primo&accountid=28692>
- Torres, P., Cruz, C. H., & Patiño, P. J. (2009, 10 05). *SCIELO*. Retrieved from ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA EN FUENTES SUPERFICIALES UTILIZADAS EN LA PRODUCCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO. UNA REVISIÓN CRÍTICA: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-33242009000300009&script=sci_abstract&lng=en
- Zhen Wu, B. (2009). *Acueductos y Alcantarillados (Aya)*. Retrieved from Calidad físico-química y bacteriológica del agua para consumo humano de la microcuenca de la quebrada Victoria: <https://www.aya.go.cr/centroDocumetacion/catalogoGeneral/Calidad%20f%C3%ADsico-qu%C3%ADmica%20y%20bateriol%C3%B3gica%20del%20agua%20para%20consumo%20humano%20de%20la%20microcuenca.pdf>

10. Anexos

A. Parámetros de IRCACH

Parámetros	Valor Máximo Admisible	Ámbito	Puntaje asignado	Ámbito	Puntaje asignado
Aluminio ($\mu\text{g/L}$)	200,0	$200,0 < x \leq 400,0$	3	$x > 900,0$	31
		$400,0 < x \leq 900,0$	6		
Amonio (mg/L)	0,50	$x > 0,50$	3	-	-
Calcio (mg/L)	100,0	$x > 100,0$	4	-	-
Cloro Residual (mg/L) (1) (2)	0,30 – 0,60	$x > 1,00$	3	$x < 0,30$	6
Cloruros (mg/L)	250,00	$x > 250,00$	1	-	-
Cobre ($\mu\text{g/L}$)	2000,0	$x > 2000,0$	21	-	-
Coliformes fecales /100 mL	$< 1 \text{ NMP}/100 \text{ mL}$	$\geq 1 \text{ NMP}/100 \text{ mL}$	25	-	-
Sistemas Clorados (3) (4)	$< 1 \text{ UFC}/100 \text{ mL}$	$\geq \text{UFC}/100 \text{ mL}$			
Coliformes fecales /100 mL	$< 1 \text{ NMP}/100 \text{ mL}$	$\geq 1 \text{ NMP}/100 \text{ mL}$	21	-	-
Sistemas No Clorados (3) (4)	$< 1 \text{ UFC}/100 \text{ mL}$	$\geq \text{UFC}/100 \text{ mL}$			
Color aparente (UPT-Co)	15	$15 < x \leq 30$	4	$x > 30$	11
Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	400	$400 < x < 1000$	3	$x \geq 1000$	21
Dureza total (mg/L)	400	$x > 400$	4	-	-
Fluoruros (mg/L)	1,50	$1,50 < x \leq 2,00$	6	$x > 2,00$	21
Hierro ($\mu\text{g/L}$) + Manganeso ($\mu\text{g/L}$) (5)	300,0	$300,0 < x \leq 500,0$	8	$x > 500,0$	11
Magnesio (mg/L)	50,0	$x > 50,0$	4	-	-
Olor (6)	Aceptable	Aceptable	11	-	-
pH (1)	6,00 – 8,00	$5,50 \leq x < 6,00$ o $8,00 < x \leq 8,50$	1	$x < 4,00$	11
		$x > 8,50$ o $4,00 \leq x < 5,50$	6		
Potasio (mg/L)	10,0	$x > 10,0$	1	-	-
Selenio ($\mu\text{g/L}$)	10,00	$10,00 < x \leq 40,00$	6	$x > 40,00$	31

Parámetros	Valor Máximo Admisible	Ámbito	Puntaje asignado	Ámbito	Puntaje asignado
Sodio (mg/L)	200,0	$x > 200,0$	1	-	-
Sulfatos (mg/L)	250,00	$250,00 < x \leq 500,00$	4	$x > 500,00$	6
Temperatura (C°)	30,0	$x > 30,0$	1	-	-
Turbiedad (UNT)	5,00	$5,00 < x \leq 8,00$	4	$x > 8,00$	11
Zinc (µg/L)	3000,0	$x > 3000,0$	1	-	-
PRINCIPALES PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE SIGNIFICADO PARA LA SALUD					
Antimonio (µg/L)	5,0	$4,5 < x \leq 5,0$	Si el puntaje total califica el agua con Riesgo Muy Bajo, pasar a Riesgo Bajo.	$x > 5,0$	31
Arsénico (µg/L)	10,0	$9,0 < x \leq 10,0$		$x > 10,0$	31
Cadmio (µg/L)	3,0	$2,7 < x \leq 3,0$		$x > 3,0$	31
Cobre (µg/L)	2000,0	$1800,0 < x \leq 2000,0$		$x > 2000,0$	21
Cianuro (mg/L)	0,07	$0,06 < x \leq 0,07$		$x > 0,07$	31
Cromo (µg/L)	50,0	$45,0 < x \leq 50,0$		$x > 50,0$	31
Mercurio (µg/L)	1,0	$0,9 < x \leq 1,0$		$x > 1,0$	31
Níquel (µg/L)	20,00	$18,00 < x \leq 20,00$		$x > 20,00$	31
Nitratos (mg/L)	50,00	$45,00 < x \leq 50,00$		$x > 50,00$	21
Nitritos (mg/L)	0,10	$0,09 < x \leq 0,10$		$x > 0,10$	21
Plomo (µg/L)	10,0	$9,0 < x \leq 10,0$		$x > 10,0$	31

B. Datos GPS

Barrio Jesús Arriba

ID	Lugar	X (m)	X CRTM05	Y (m)	Y CRTM05	Altura
1	Captación Naciente	423932	387637.393	256040	1141517.355	178
2	Tanque de Almacenamiento	423916	387621.385	256034	1141511.37	176
3	Punto alto	423652	387357.087	255768	1141245.608	151
4	Tramo con tubería descubierta	423485	387189.839	255541	1141018.752	127
5		423477	387181.623	255328	1140805.737	142
6	Puente	423417	387121.782	255492	1140969.816	124
7	Casa de encargada del acueducto	423521	387225.557	255258	1140735.685	145
8	Iglesia	423534	387238.526	255226	1140703.668	146

Del Punto	Al Punto	Distancia (m)
1	2	17,11
2	3	374,79
3	4	281,82
4	5	83,94
5	6	174,66
6	7	82,66
7	8	34,65

Barrio Jesús Abajo

ID	Lugar	x	X (CRTM05)	y	Y (CRTM05)	Altura
1	Pulpería	0421940	385644.427	0255304	1140783.287	94
2	Salón Comunal	0421850	385554.411	0255299	1140778.377	95
3	Escuela	0421783	385487.377	0255273	1140752.442	95
4	Antes de la iglesia	0421914	385618.388	0255269	1140748.309	93
5	Iglesia	0421913	385617.374	0255255	1140734.308	93
6	-	0422052	385756.152	0255019	1140498.141	80
7	-	0422086	385790.107	0254971	1140450.101	78
8	-	0422234	385937.957	0254806	1140284.933	81
9	-	0422238	385941.954	0254802	1140280.929	81
10	-	0422252	385955.939	0254786	1140264.913	81
11	-	0422282	385985.913	0254757	1140235.879	83
12	-	0422285	385988.908	0254751	1140229.876	84
13	-	0422297	386000.897	0254739	1140217.862	83
14	-	0422308	386011.889	0254730	1140208.85	81
15	-	0422317	386020.878	0254718	1140196.84	77
16	-	0422320	386023.872	0254712	1140190.836	84
17	-	0422329	386032.864	0254703	1140181.826	83
18	-	0422340	386043.858	0254696	1140174.814	85
19	-	0422350	386053.85	0254686	1140164.803	86
20	-	0422357	386060.842	0254678	1140156.795	85
21	-	0422366	386069.834	0254669	1140147.785	85
22	-	0422373	386076.827	0254661	1140139.777	85
23	-	0422401	386104.808	0254639	1140117.746	88
24	-	0422525	386228.674	0254492	1139970.605	90
25	-	0422550	386253.656	0254472	1139950.577	92

ID	Lugar	x	X (CRTM05)	y	Y (CRTM05)	Altura
26	-	0422579	386282.626	0254439	1139917.544	92
27	-	0422585	386288.618	0254430	1139908.537	91
28	-	0422630	386333.576	0254383	1139861.486	91
29	-	0422663	386366.539	0254343	1139821.449	93
30	-	0422711	386414.465	0254264	1139742.392	96
31	-	0422716	386419.458	0254257	1139735.386	97
32	-	0422724	386427.445	0254243	1139721.376	96
33	-	0422741	386444.389	0254185	1139663.353	98
34	Puente	0422752	386455.298	0254094	1139572.331	99
35	-	0422677	386379.741	0253548	1139026.346	100
36	Final de ramal	0422728	386430.722	0253524	1139002.292	101
37	Cruce de tubería	0422686	386388.847	0253653	1139131.348	100
38	Casa de fontanero	0422632	386335.65	0254457	1139935.493	101
39	-	0422616	386319.671	0254479	1139957.511	104
40	-	0422591	386294.696	0254507	1139985.54	101
41	-	0422575	386278.705	0254518	1139996.557	100
42	2 Casas	0422541	386244.725	0254541	1140019.594	100
43	-	0422351	386054.91	0254746	1140224.809	96
44	Tanque de Almacenamiento	0421924	385628.501	0255380	1140859.312	111
45	-	0421900	385604.532	0255413	1140892.34	100
46	-	0421890	385594.556	0255438	1140917.353	96
47	Pozo	0421870	385574.604	0255488	1140967.378	93
48	Paso de vía por puente	0421662	385367.07	0255972	1141451.644	88
49	Final de ramal	0421609	385314.109	0256017	1141496.703	85

Del Punto	Al Punto	Distancia (m)
1	2	90,24
2	3	71,81
1	4	43,76
4	5	13,72
5	6	273,61
6	7	59,01
7	8	221,54
8	9	5,74
9	10	21,25
10	11	41,74
11	12	6,69
12	13	16,97
13	14	14,24

Del Punto	Al Punto	Distancia (m)
14	15	15
15	16	6,66
16	17	12,6
17	18	13,02
18	19	14,17
19	20	10,63
20	21	12,7
21	22	10,64
22	23	35,73
23	24	192,2
24	25	32,32
25	26	43,71
26	27	10,79
27	28	65,36
28	29	51,62
29	30	92,69
30	31	8,38
31	32	16,1
32	33	60,37
33	34	91,79
34	35	445,99
35	36	104,92
36	37	56,44
15	43	44,08
24	42	51,44
25	40	53,86
25	41	52,54
26	39	54,52
27	38	54,36
1	44	77,63
44	45	40,96
45	46	26,88
46	47	53,96
47	48	526,94
48	49	69,34

Concepción

ID	x	X (CRTM005)	y	Y (CRTM005)	z
1	410892	374586,743	246999	1132488,21	69
2	410985	374679,751	246993	1132482,12	71
3	411035	374729,758	246993	1132482,07	68
4	411055	374749,761	246993	1132482,05	67
5	411070	374764,763	246993	1132482,04	66
6	411093	374787,766	246993	1132482,01	65
7	411115	374809,767	246991	1132479,99	63
8	411151	374845,773	246992	1132480,96	63
9	411171	374865,777	246993	1132481,94	62
10	411228	374922,783	246991	1132479,88	62
11	411259	374953,789	246992	1132480,85	63
12	411290	374984,795	246994	1132482,82	61
13	411303	374997,797	246994	1132482,81	61
14	411334	375028,798	246991	1132479,78	61
15	411367	375061,795	246983	1132471,75	61
16	411382	375076,794	246980	1132468,73	58
17	411508	375202,783	246950	1132438,6	52
18	411532	375226,781	246945	1132433,58	50
19	411556	375250,78	246940	1132428,55	48
20	411573	375267,779	246937	1132425,54	49
21	411583	375277,78	246936	1132424,53	49
22	411623	375317,775	246926	1132414,49	47
23	411631	375325,772	246921	1132409,48	45
24	411667	375361,771	246915	1132403,44	45
25	411686	375380,772	246913	1132401,42	44
26	411702	375396,777	246916	1132404,41	43
27	411714	375408,776	246914	1132402,4	43
28	411714	375408,782	246920	1132408,4	43
29	411731	375425,787	246922	1132410,38	42
30	411740	375434,797	246931	1132419,37	42
31	411749	375443,8	246933	1132421,36	41
32	411768	375462,808	246939	1132427,35	40

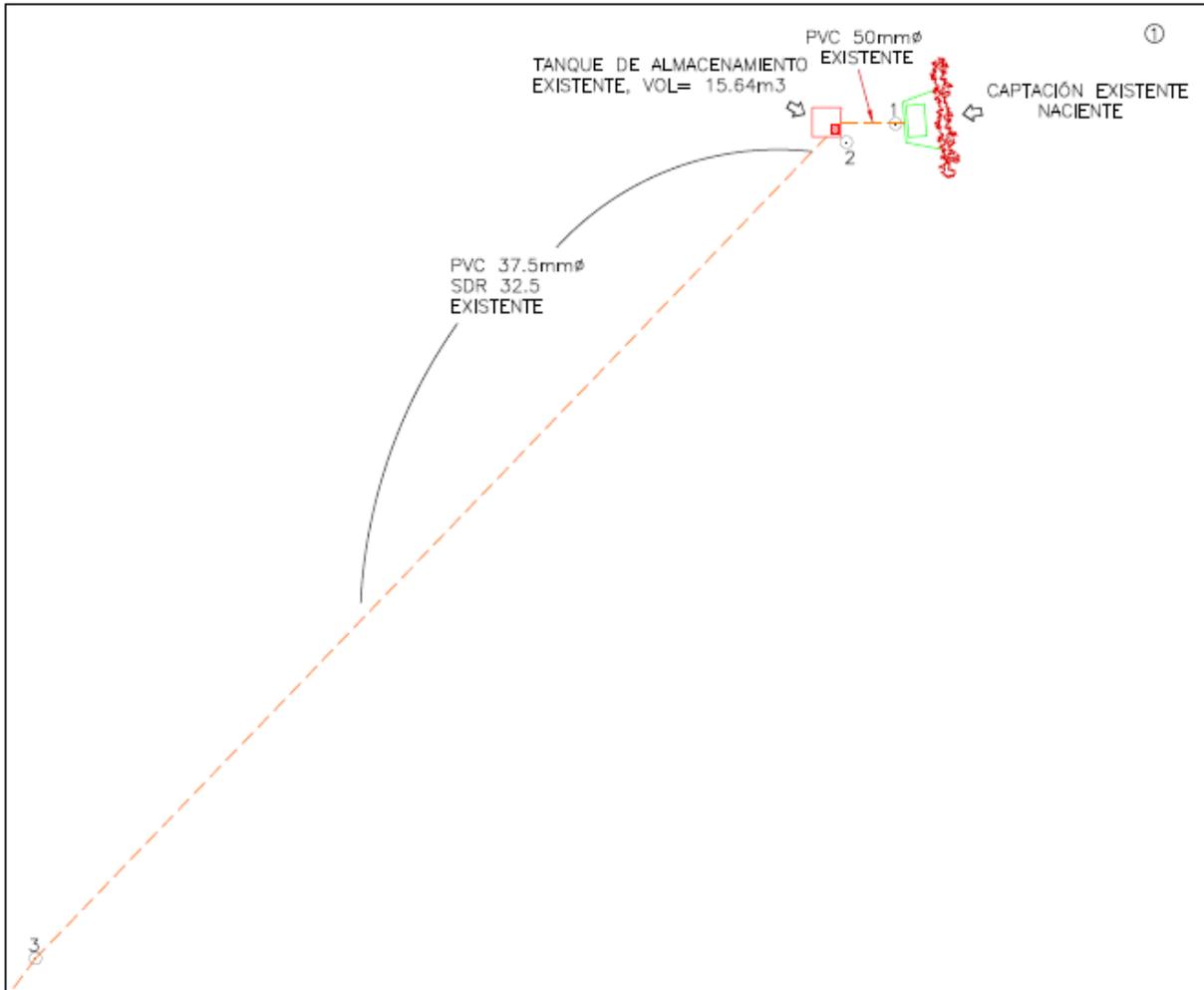
ID	x	X (CRTM005)	y	Y (CRTM005)	z
33	411788	375482,82	246948	1132436,33	40
34	411801	375495,835	246961	1132449,32	41
35	411810	375504,839	246964	1132452,31	41
36	411860	375554,868	246987	1132475,26	41
37	411867	375561,888	247006	1132494,26	41
38	411908	375602,92	247033	1132521,22	42
39	411917	375611,925	247037	1132525,21	42
40	411936	375630,957	247067	1132555,2	41
41	411915	375609,956	247069	1132557,22	42
42	411902	375596,957	247071	11328559,2	42
43	411892	375586,96	247076	1132564,24	44
44	411877	375571,959	247077	1132565,26	45
45	411858	375552,956	247077	1132565,28	45
46	411829	375523,954	247079	1132567,31	45
47	411801	375495,949	247078	1132566,33	45
48	411784	375478,944	247075	1132563,35	48
49	411764	375458,94	247074	1132562,37	49
50	411748	375442,933	247069	1132557,38	49
51	411733	375427,931	247069	1132557,4	49
52	411713	375407,925	247066	1132554,42	50
53	412052	375747,025	247119	1132607,09	40
54	412063	375758,103	247197	1132685,09	42
55	412153	375849,377	248481	1133969,18	38
56	412016	375712,428	248552	1134040,33	42
57	411981	375677,656	248789	1134277,4	38
58	411960	375656,683	248819	1134307,42	35
59	411930	375626,712	248853	1134341,46	32
60	411896	375592,753	248899	1134387,5	31
61	411879	375575,789	248938	1134426,52	30
62	411870	375566,805	248955	1134443,53	29
63	411862	375558,822	248974	1134462,54	28
64	411852	375548,839	248993	1134481,55	28
65	411846	375542,848	249003	1134491,56	27
66	411836	375532,864	249020	1134508,57	26
67	0412382	376076,769	0246812	1132299,73	54
68	412539	376233,745	246765	1132252,57	54
69	0411642	375337,108	0247263	1132751,51	114

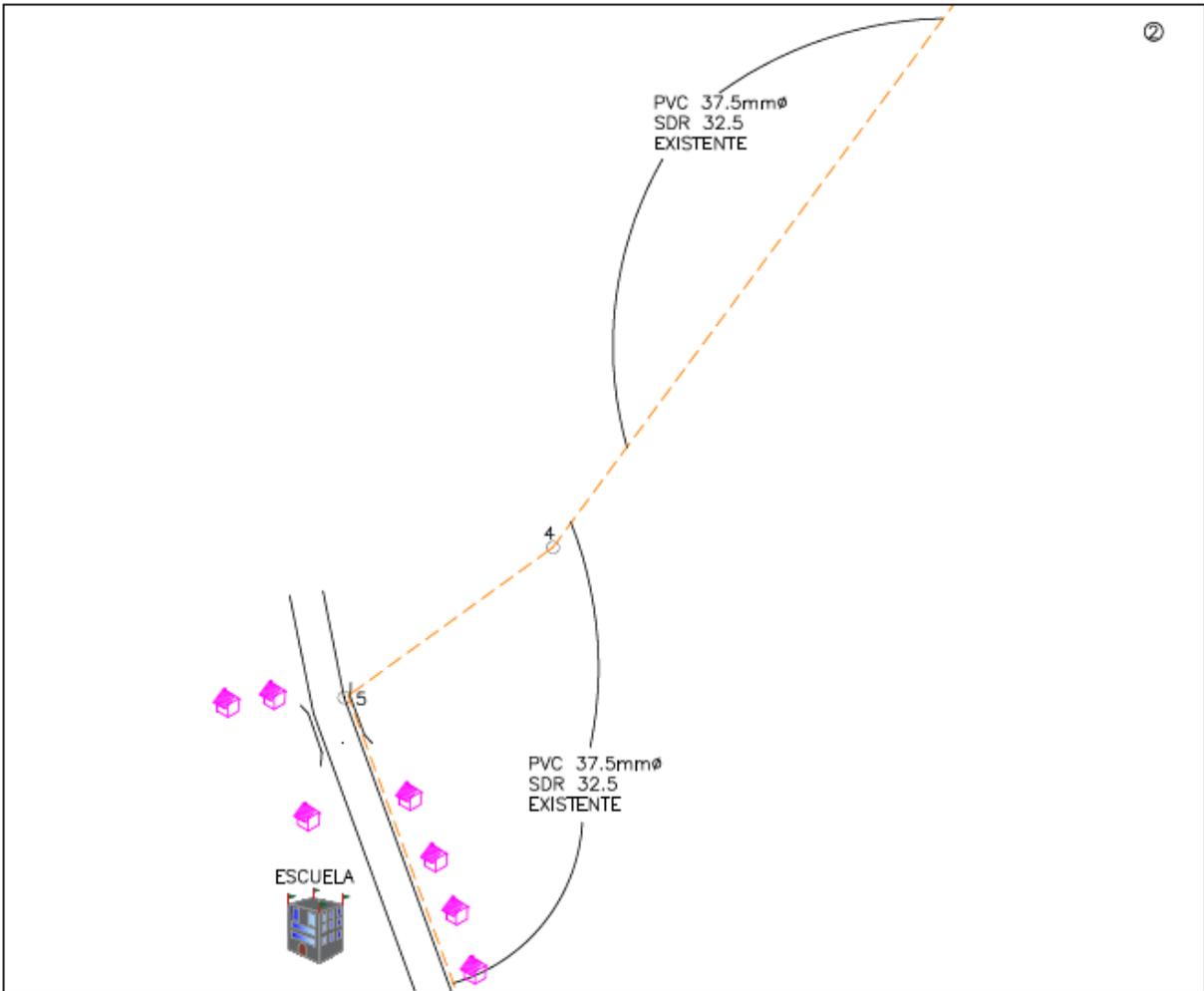
Del Punto	Al Punto	Distancia (m)
1	2	93,13
2	3	50,02
3	4	19,98
4	5	15,01
5	6	23,00
6	7	22,11
7	8	36,00
8	9	19,97
9	10	57,10
10	11	31,02
11	12	31,08
12	13	12,96
13	14	31,14
14	15	33,92
15	16	15,31
16	17	129,35
17	18	24,43
18	19	24,52
19	20	17,27
20	21	9,99
21	22	41,28
22	23	9,41
23	24	36,50
24	25	19,09
25	26	16,28
26	27	12,66
27	29	17,21
29	30	12,61
30	31	9,35
31	32	19,88
32	33	22,04
33	34	18,36

Del Punto	Al Punto	Distancia (m)
34	35	9,41
35	36	55,05
36	37	20,28
37	38	49,06
38	39	10,05
39	40	35,33
40	41	21,10
41	42	13,17
42	43	11,13
43	44	15,05
44	45	18,91
45	46	29,20
46	47	28,03
47	48	17,27
48	49	19,95
49	50	16,88
50	51	14,86
51	52	20,41
40	53	127,31
53	54	78,74
54	55	1355,86
55	56	154,57
55	57	239,55
57	58	36,66
58	59	45,29
59	60	57,24
60	61	42,70
61	62	19,10
62	63	20,90
63	64	21,36
64	65	11,71
65	66	19,66
52	69	209,37
68	67	163,57
67	53	451,11

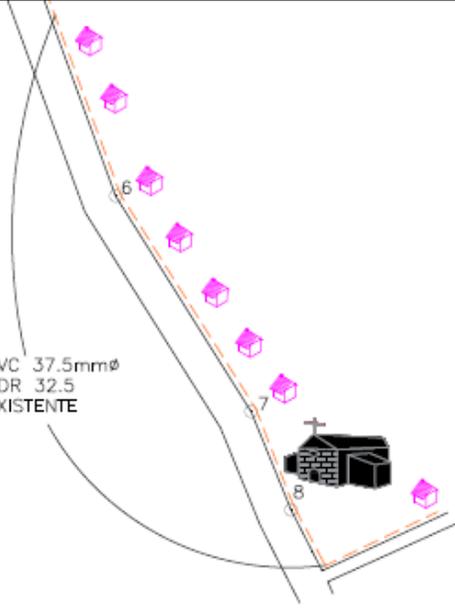
C. Croquis

Barrio Jesús Arriba

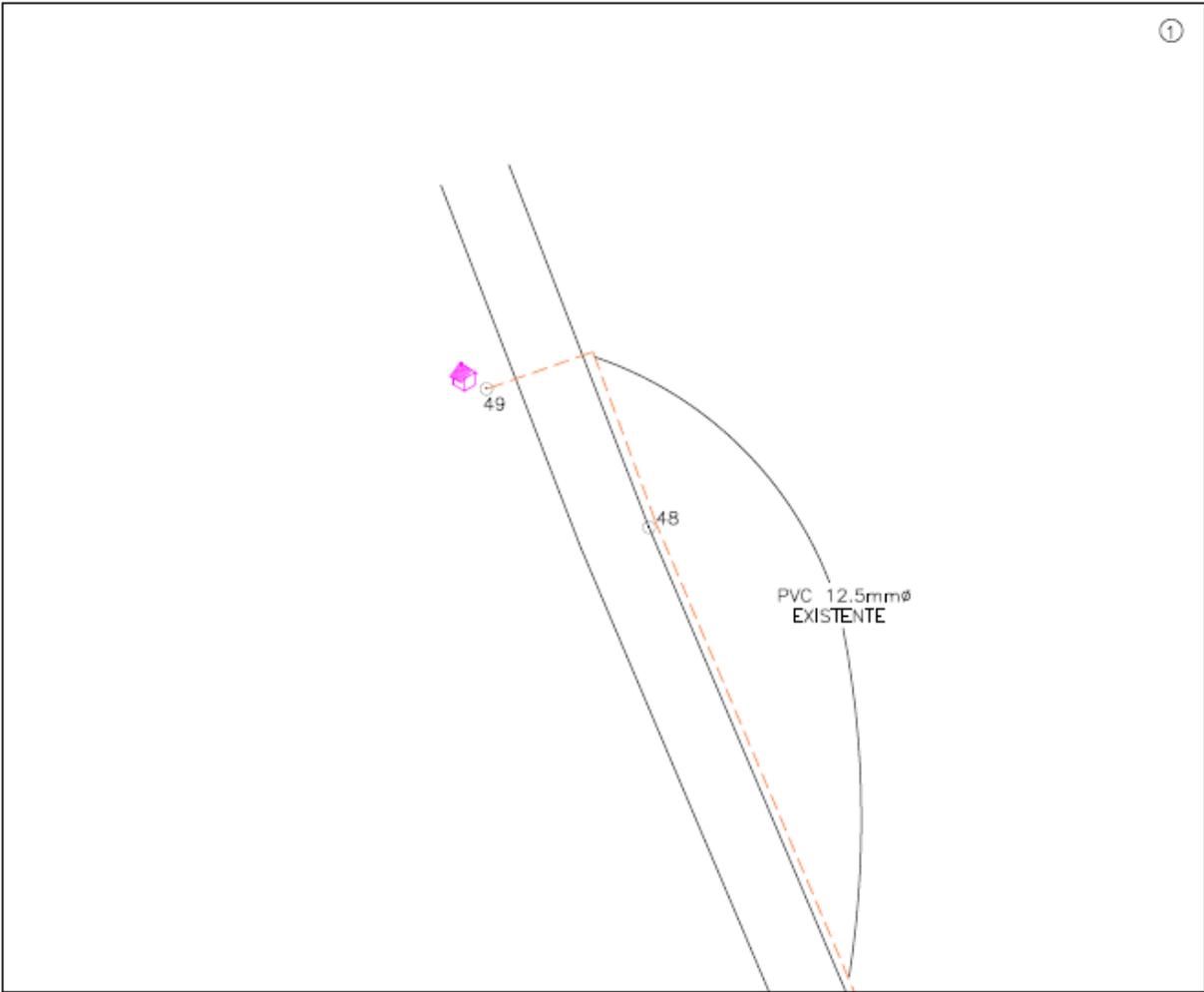


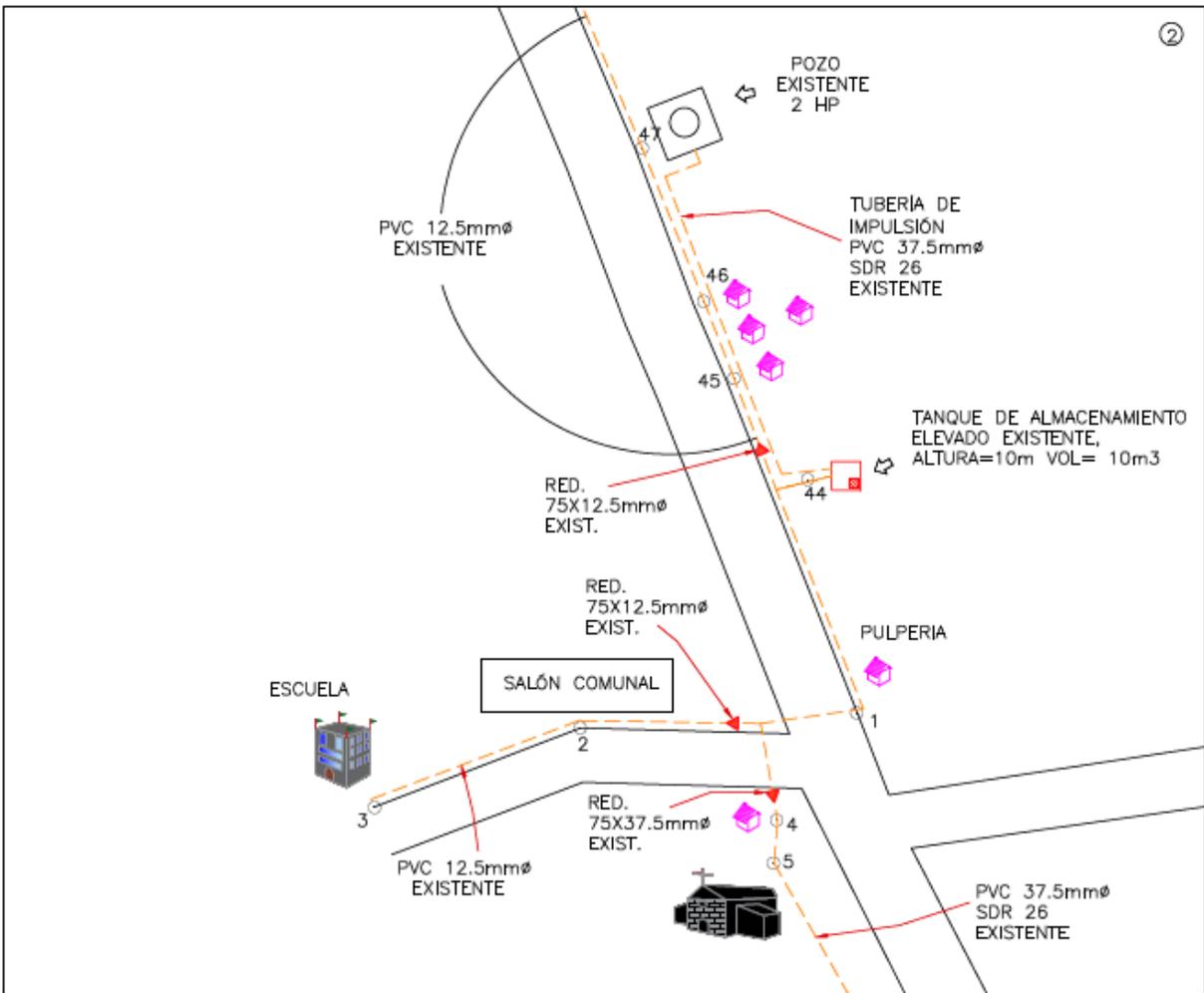


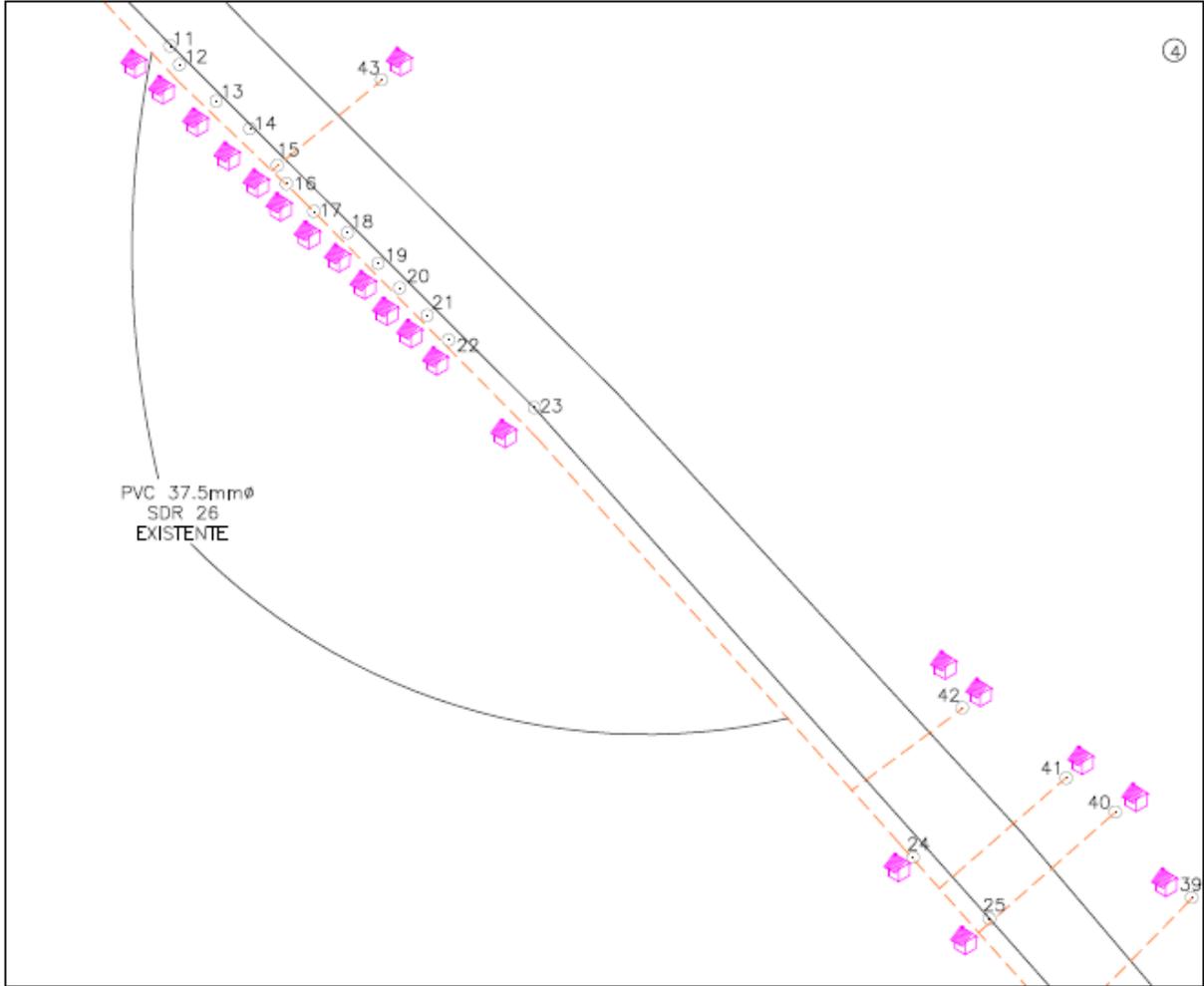
PVC 37.5mmØ
SDR 32.5
EXISTENTE

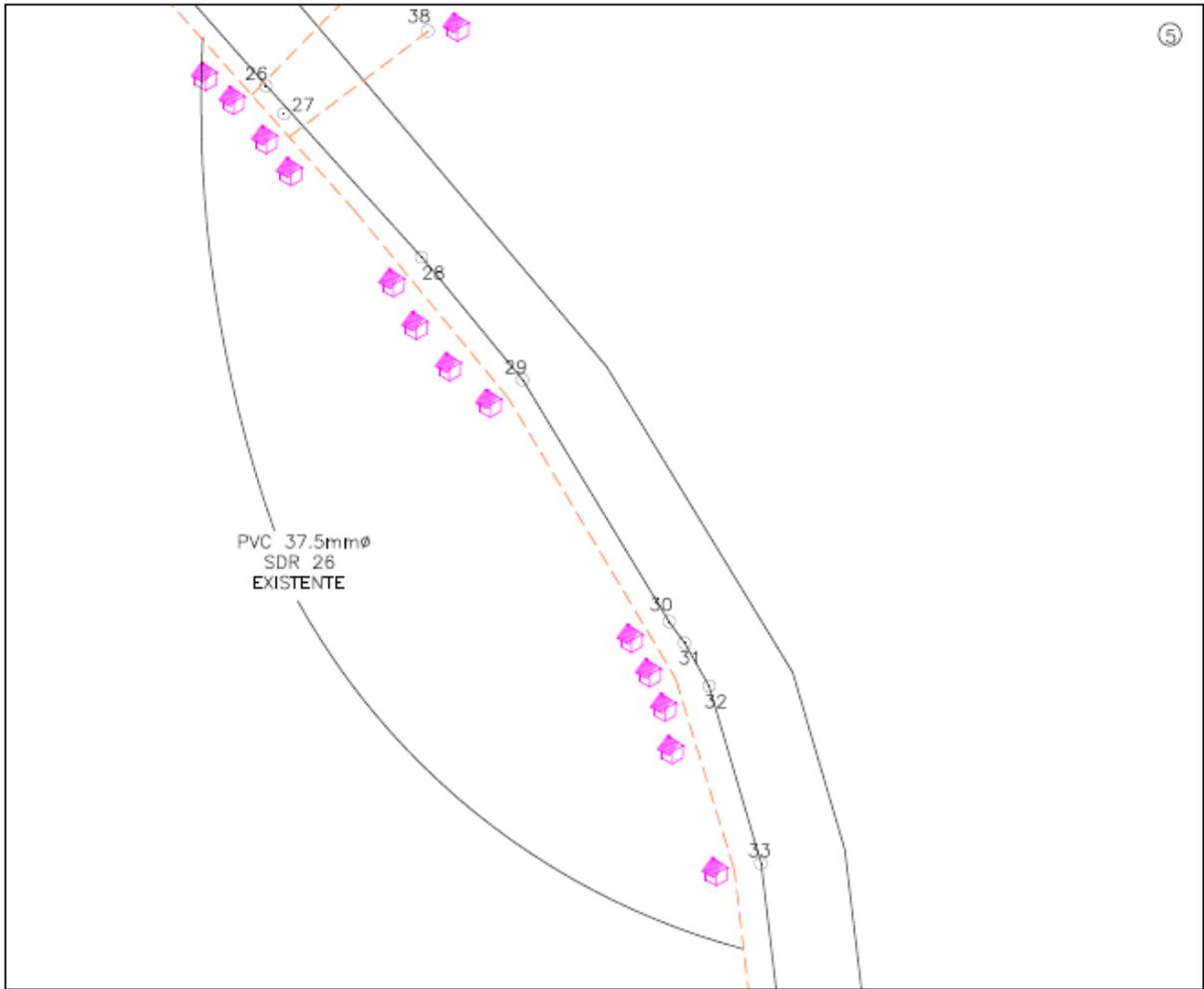


Barrio Jesús Abajo



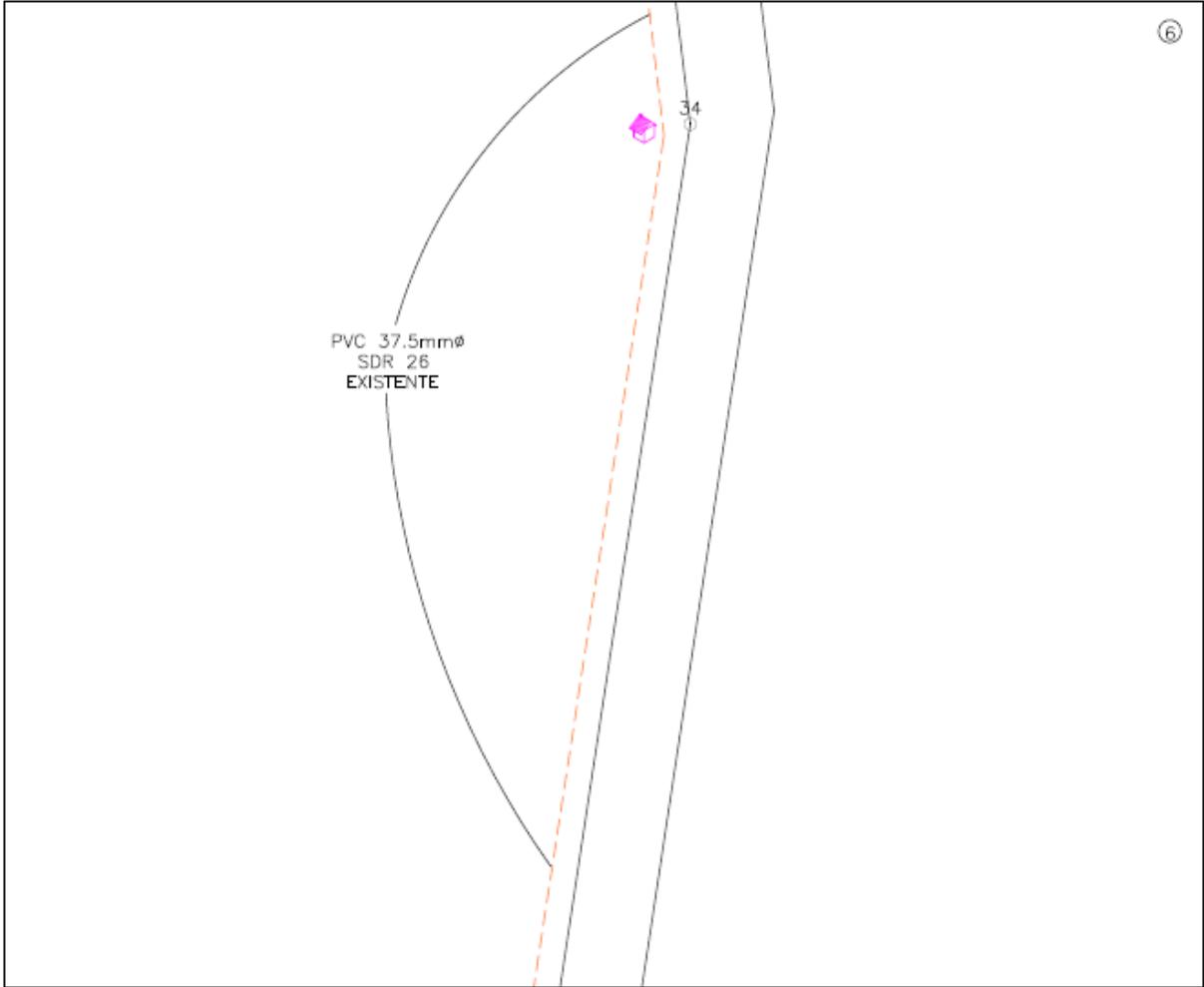


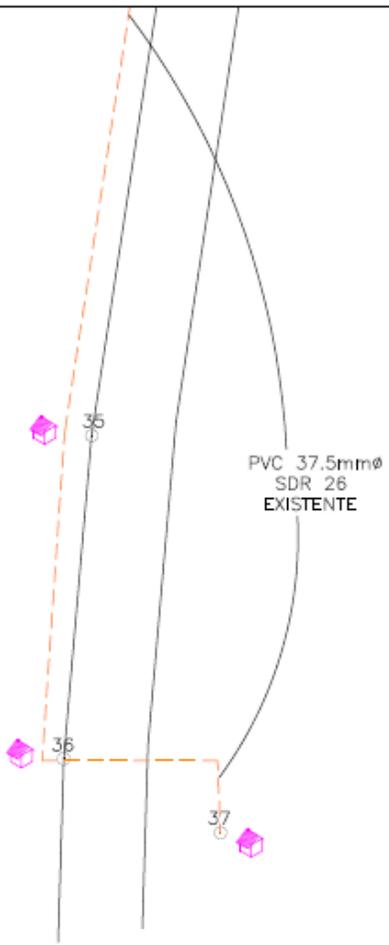




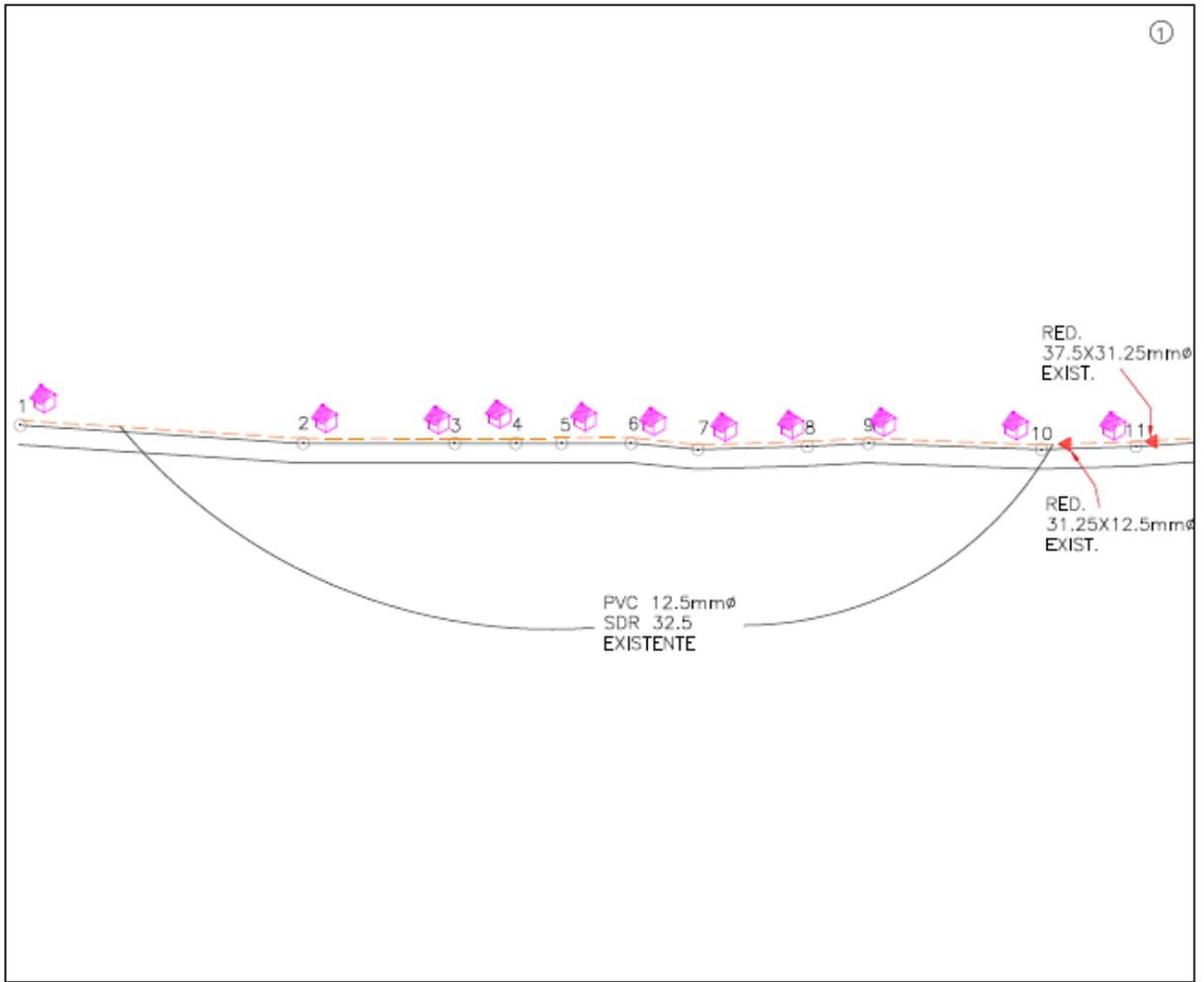
PVC 37.5mmØ
SDR 26
EXISTENTE

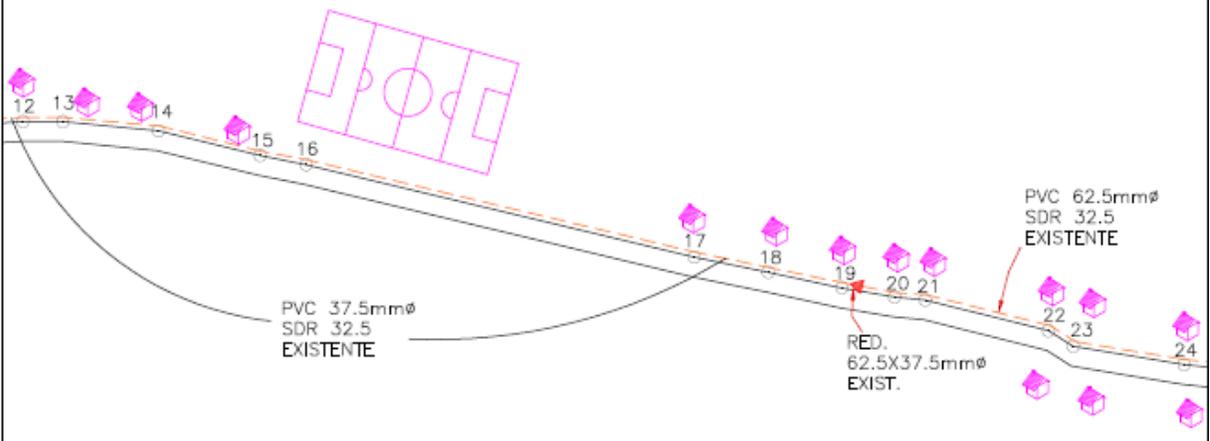
34

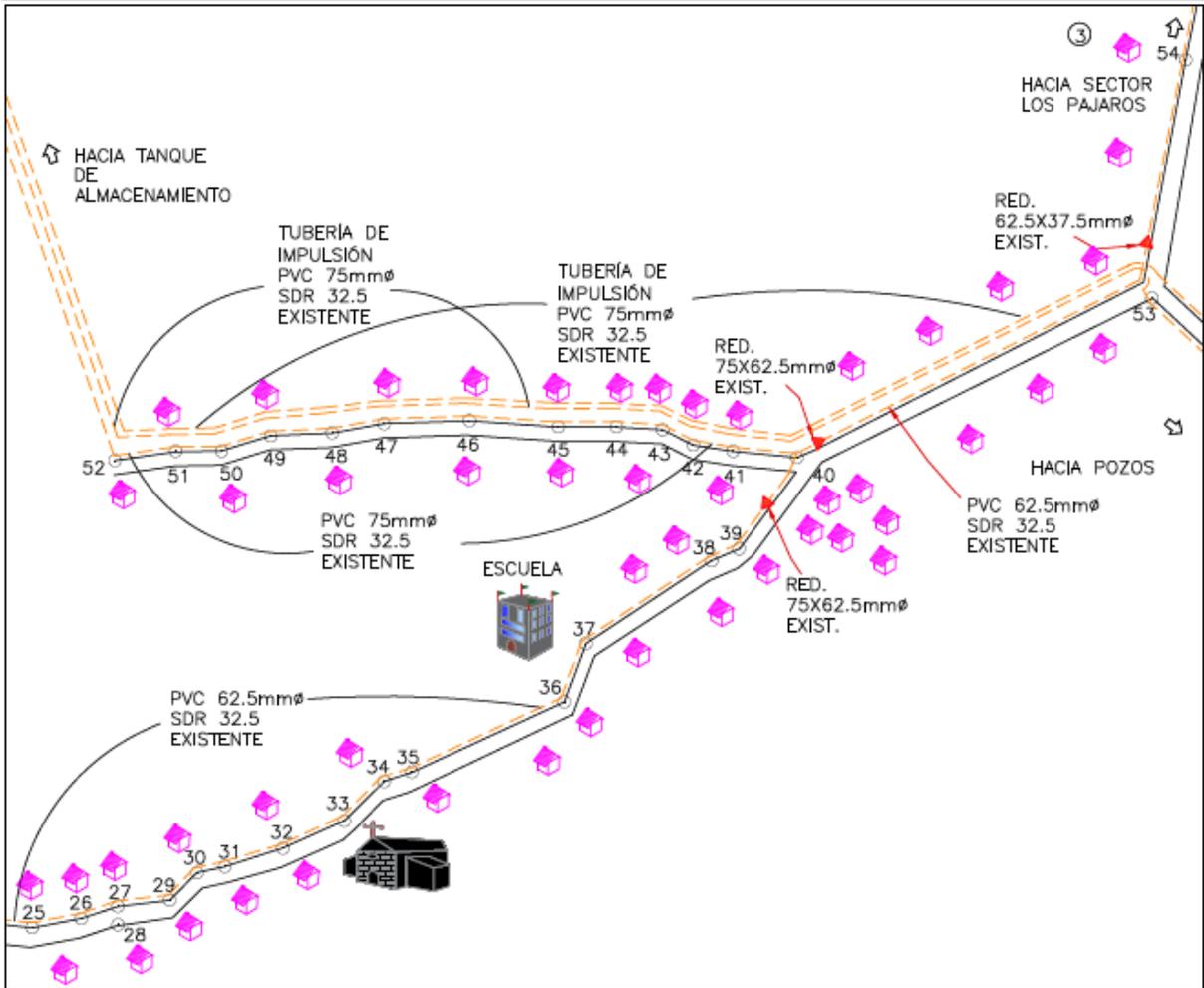




Concepción







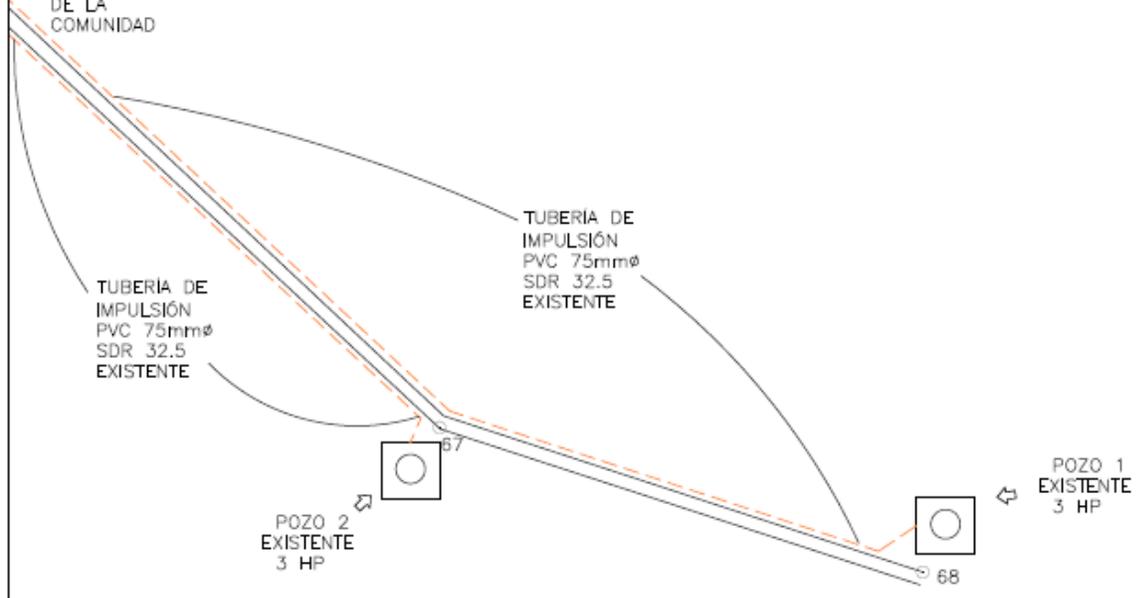
HACIA CENTRO DE LA COMUNIDAD

TUBERÍA DE IMPULSIÓN PVC 75mmØ SDR 32.5 EXISTENTE

TUBERÍA DE IMPULSIÓN PVC 75mmØ SDR 32.5 EXISTENTE

POZO 2 EXISTENTE 3 HP

POZO 1 EXISTENTE 3 HP



5

PVC 25mm ϕ
SDR 32.5
EXISTENTE

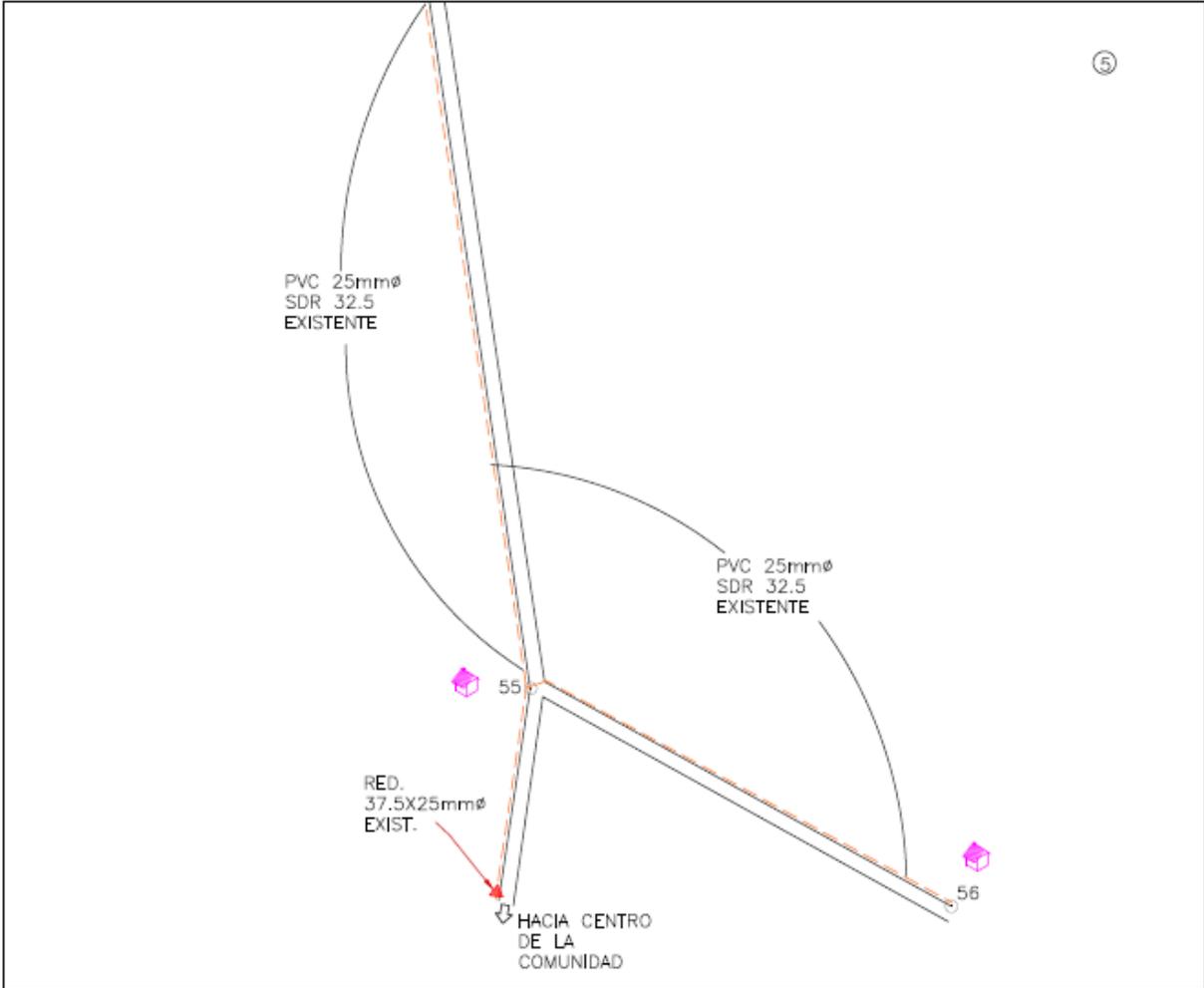
PVC 25mm ϕ
SDR 32.5
EXISTENTE

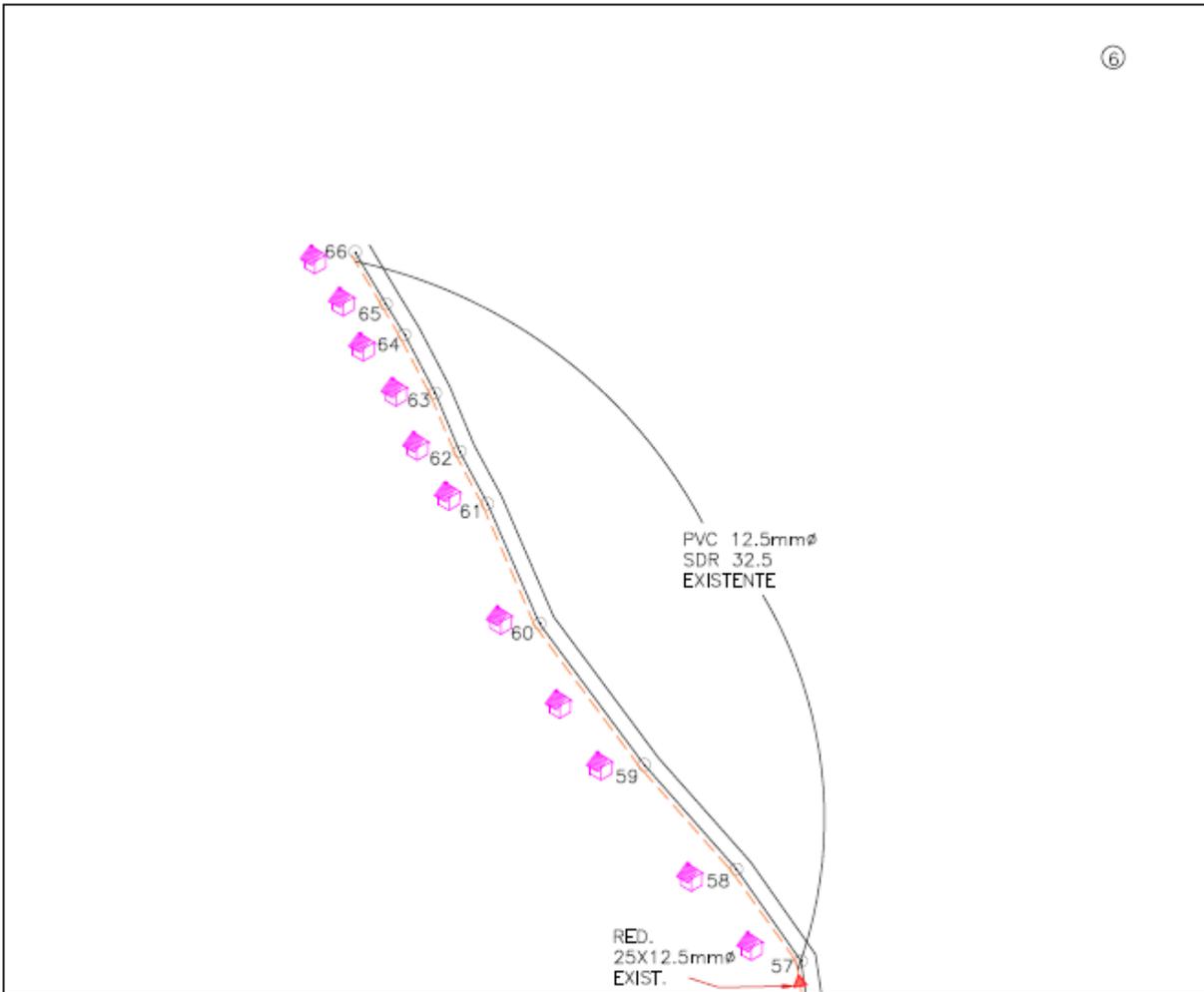
55

RED.
37.5X25mm ϕ
EXIST.

HACIA CENTRO
DE LA
COMUNIDAD

56





D. Memoria de Calculo

Población de Diseño

Para el cálculo de la población de diseño, se presenta la memoria de cálculo del método geométrico.

Barrio Jesús Arriba

Para el cálculo de la población actual y la proyección a 25 años, es necesario contar con la cantidad de previstas que abastece el acueducto, así como el hacinamiento poblacional (Habitantes/Casa) y el crecimiento poblacional (%) del censo del 2011 del INEC.

Cantidad de Previstas	Habitantes/Casa	Crecimiento Poblacional (%)
17	3,36	0,6

$$PoblaciónActual = Cantidaddeprevistas * Hacinamiento$$

$$PoblaciónActual = 17 * 3,36$$

$$PoblaciónActual = 57,12 \approx 58Personas$$

En cuanto a la proyección a 25 años, es necesario calcular un factor de crecimiento.

$$Fc =$$

Donde:

r: Porcentaje de Crecimiento Poblacional

n: año al cual se quiere proyectar

$$Fc =$$

$$Fc = 1,16$$

Por último, la población proyectada a 25 años, corresponde a:

$$Poblacióna25años = 58 * 1,16$$

$$Poblacióna25años = 67,28 \approx 68personas$$

Barrio Jesús Abajo

Para el cálculo de la población actual y la proyección a 25 años, es necesario contar con la cantidad de previstas que abastece el acueducto, así como el hacinamiento poblacional (Habitantes/Casa) y el crecimiento poblacional (%) del Censo del 2011 del INEC.

Cantidad de Previstas	Habitantes/Casa	Crecimiento Poblacional (%)
54	3,36	0.6

$$PoblaciónActual = Cantidaddeprevistas * Hacinamiento$$

$$PoblaciónActual = 54 * 3,36$$

$$PoblaciónActual = 181,44 \approx 182Personas$$

En cuanto a la proyección a 25 años, es necesario calcular un factor de crecimiento.

$$Fc =$$

Donde:

r: Porcentaje de Crecimiento Poblacional

n: año al cual se quiere proyectar

$$F_c =$$

$$F_c = 1,16$$

Por último, la población proyectada a 25 años, corresponde a:

$$Población_{25 años} = 182 * 1,16$$

$$Población_{25 años} = 211,12 \approx 212 personas$$

Concepción

Para el cálculo de la población actual y la proyección a 25 años, es necesario contar con la cantidad de previstas que abastece el acueducto, así como el hacinamiento poblacional (Habitantes/Casa) y el crecimiento poblacional (%) del censo del 2011 del INEC.

Cantidad de Previstas	Habitantes/Casa	Crecimiento Poblacional (%)
92	3,6	0,7

$$PoblaciónActual = Cantidaddeprevistas * Hacinamiento$$

$$PoblaciónActual = 92 * 3,6$$

$$PoblaciónActual = 331,2 \approx 332 Personas$$

En cuanto a la proyección a 25 años, es necesario calcular un factor de crecimiento.

$$F_c =$$

Donde:

r: Porcentaje de Crecimiento Poblacional

n: año al cual se quiere proyectar

$$F_c =$$

$$F_c = 1,19$$

Por último, la población proyectada a 25 años, corresponde a:

$$Población_{25 años} = 332 * 1,19$$

$$Población_{25 años} = 395.08 \approx 396 personas$$

Dotación

Para el cálculo de la dotación es necesario contar con los datos de consumo de un intervalo de tiempo (meses) significativo, además de contar con el hacinamiento poblacional de la zona de estudio.

Barrio Jesús Arriba

Debido a que la comunidad no cuenta con micromedición, no se puede calcular la dotación de la comunidad, no obstante, dado los consumos medidos mediante el ChronoFlo 2, se puede realizar una estimación de la posible dotación de la comunidad.

Qpromedio (l/s)	0,20
Población (hab.)	58

Mediante la ecuación para el cálculo del caudal promedio, se despeja la dotación bruta.

$$Q_{promedio} = \frac{DotaciónBruta * Población}{86400}$$

$$DotaciónBruta = \frac{Q_{promedio} * 86400}{Población}$$

$$DotaciónBruta = \frac{0,20 * 86400}{58}$$

$$DotaciónBruta = 297,9 \text{ l/hab./día}$$

Barrio Jesús Abajo y Concepción

A continuación, se presenta una muestra de cálculo de la dotación del mes de Enero del 2021, además del cálculo de la dotación neta y la dotación bruta para la comunidad de Barrio Jesús Abajo.

Primeramente, es necesario calcular el consumo promedio en el mes:

$$CMS = \frac{\text{Consumo}}{\text{TotaldePrevistas}}$$

$$CMS = \frac{773m^3}{53previstas}$$

$$CMS = 14,58 \frac{m^3}{prevista}$$

Seguidamente se calcula la dotación neta del mes correspondiente:

$$\text{Dotaciónneta}_{\text{enero}} = \frac{CMS * 1000 \frac{1}{M^3}}{30\text{días} * \text{Hacinamiento}}$$

$$\text{Dotaciónneta}_{\text{enero}} = \frac{14,58 * 1000 \frac{1}{M^3}}{30\text{días} * 3,36}$$

$$\text{Dotaciónneta}_{\text{enero}} = 144,6l/\text{hab./día}$$

Esto se realiza para todos los meses en los que se disponga el consumo de la población, seguidamente, se debe calcular la dotación neta promedio de la comunidad, de manera que se determine una dotación mensual general.

$$\text{Dotaciónneta} = \frac{144,6 + 142,3 + 136,1 + 149,0 + \dots}{10}$$

$$\text{Dotaciónneta} = 139,7 l/\text{hab./día}$$

Por último, debido a que los datos de macro-medición de la comunidad de Barrio Jesús Abajo no fueron tomados correctamente, se debe hacer uso de un 30 % de agua no contabilizada, según la recomendación del AyA, esto para el cálculo de la Dotación Bruta.

$$\text{DotaciónBruta} = \frac{\text{Dotaciónneta}}{1 - \frac{ANC}{100}}$$

Donde:

ANC: porcentaje de agua no contabilizada.

$$DotaciónBruta = \frac{139,7}{1 - \frac{30}{100}}$$

$$DotaciónBruta = 199,6 \text{ l/hab./día}$$

Cálculo de Demanda y Disponibilidad Hídrica

Para el cálculo de la Demanda y la Disponibilidad hídrica, se debe contar con datos de Dotación Bruta, Población a abastecer, volumen de almacenamiento existente, así como contar con un registro de aforos o un estudio de bombeo donde se pueda determinar la disponibilidad en la fuente de abastecimiento de la comunidad en estudio.

Barrio Jesús Arriba

Situación actual

Dotación ChronoFlo 2 (l/hab./día)	Población	F _{md}	F _{mh}	Volumen de Almacenamiento (m ³)	Caudal Disponible (l/s)
297,9	58	1,2	1,8	15,64	0,51

Primeramente, se debe calcular el caudal promedio diario necesario en la comunidad, el mismo se determina mediante los datos medidos por el ChronoFlo 2.

$$Q_{prom} = 0,20 \text{ l/s}$$

Seguidamente se debe calcular el caudal máximo diario y el caudal máximo horario.

$$Q_{md} = Q_{prom} * F_{md}$$

Donde:

F_{md}: Factor máximo diario

$$Q_{md} = 0,20 * 1,2$$

$$Q_{md} = 0,24 \text{ l/s}$$

En cuanto al Caudal máximo horario:

$$Q_{mh} = Q_{md} * F_{mh}$$

Donde:

F_{mh} : Factor máximo horario

$$Q_{mh} = 0,24 * 1,8$$

$$Q_{mh} = 0,43 \text{ l/s}$$

Para poder determinar el caudal de diseño de la comunidad, se debe analizar primeramente si se dispone del volumen de almacenamiento necesario, para ello, se debe determinar los volúmenes que conforman el total del volumen de almacenamiento, lo cuales según la normativa del AyA son: Volumen regulación del consumo diario, Volumen de reserva para incendios diario y Volumen de reserva por interrupciones diario. Cabe destacar que el volumen de incendio en este caso no debe ser calculado, debido a que no se cuentan con un hidrante en la comunidad, además según López Cualla (2003) para comunidades con una población menor a 12500 habitantes, se debe justificar el cálculo del volumen de reserva para incendios diario.

A continuación, se detallará el cálculo tanto del volumen de regulación del consumo, así como el volumen de reserva para interrupciones.

$$Vr = \frac{Q_{md} \left(\frac{l}{s}\right) * 86400 \left(\frac{s}{día}\right) * 1 \frac{(día) * 14\%}{100}}{1000 \left(\frac{l}{m^3}\right)}$$

Donde:

Vr : Volumen de regulación del consumo diario

$$Vr = \frac{0,24 * 86400 * 1 * 14\%}{1000}$$

$$Vr = 2,90m^3$$

En cuanto al volumen de reserva por interrupciones diario:

$$V_{ri} = \frac{Q_{md} \left(\frac{l}{s}\right) * 86400 \frac{\left(\frac{s}{día}\right) * 1}{6} (día)}{1000 \left(\frac{l}{m^3}\right)}$$

Donde:

Vri: volumen de reserva por interrupciones diario

$$V_{ri} = \frac{0,24 * 86400 * 1}{6 * 1000}$$

$$V_{ri} = 3,46m^3$$

Por último, se debe determinar el volumen total de almacenamiento necesario en la comunidad en estudio.

$$V_{alm} = V_r + V_{ri}$$

$$V_{alm} = 2,90 + 3,46$$

$$V_{alm} = 6,36m^3$$

Como se puede observar, el volumen de almacenamiento existente es superior al volumen de almacenamiento necesario, por lo cual el caudal necesario a la entrada del tanque de almacenamiento corresponde al caudal máximo diario.

Volumen de Almacenamiento Existente (m ³)	Volumen de Almacenamiento Necesario (m ³)
15.64	4.24

Finalmente, dado que ya se determinó el caudal necesario para abastecer el acueducto y se dispone del caudal disponible en la fuente de abastecimiento, se puede realizar el balance hídrico correspondiente.

Caudal Necesario (l/s)	Caudal Disponible (l/s)
0,24	0,51

$$BH = Q_d - Q_n$$

Donde:

BH: Balance Hídrico

Q_n : Caudal necesario a la entrada del tanque

Q_d : Caudal disponible en fuente de abastecimiento

$$BH = 0,51 - 0,24$$

$$BH = 0,27 \frac{l}{s}$$

Para el cálculo del recurso hídrico necesario y el volumen de almacenamiento necesario con una proyección a 25 años, se realiza el mismo procedimiento, pero con una población proyectada a 25 años.

Sistema por Bombeo (Barrio Jesús Abajo)

Dotación Bruta (l/hab./día)	Población	F _{md}	F _{mh}	Volumen de Almacenamiento (m ³)	Caudal Disponible (l/s)	Horas de Bombeo
199.6	182	1.2	1.8	10	1.5	6,5

Primeramente, se debe calcular el caudal promedio necesario en la comunidad.

$$Q_{prom} = \frac{Dotación_{Bruta} * Población}{86400}$$

$$Q_{prom} = \frac{199.6 * 182}{86400}$$

$$Q_{prom} = 0.42 \text{ l/s}$$

Seguidamente se debe calcular el caudal máximo diario y el caudal máximo horario.

$$Q_{md} = Q_{prom} * F_{md}$$

Donde:

F_{md}: Factor máximo diario

$$Q_{md} = 0.42 * 1.2$$

$$Q_{md} = 0.50 \text{ l/s}$$

En cuanto al Caudal máximo horario:

$$Q_{mh} = Q_{md} * F_{mh}$$

Donde:

F_{mh} : Factor máximo horario

$$Q_{mh} = 0.50 * 1.8$$

$$Q_{mh} = 0.90 \text{ l/s}$$

Para poder determinar el caudal de diseño de la comunidad, se debe analizar primeramente si se dispone del volumen de almacenamiento necesario, para ello, se debe determinar los volúmenes que conforman el total del volumen de almacenamiento, lo cuales según la normativa del AyA son: Volumen regulación del consumo diario, Volumen de reserva para incendios diario y Volumen de reserva por interrupciones diario. Cabe destacar que el volumen de incendio y el volumen de reserva por interrupciones no deben ser calculados, el primero debido a que no se cuenta con hidrantes dentro del acueducto y el segundo debido a que solo debe ser determinado en casos donde el periodo de bombeo sea mayor a 20 horas (según criterios del AyA).

A continuación, se detallará el cálculo del volumen de regulación del consumo.

$$V_r = \frac{Q_{md} \left(\frac{l}{s}\right) * 86400 \left(\frac{s}{día}\right) * 1 \frac{(día) * VMD_{B2}\%}{100}}{1000 \left(\frac{l}{m^3}\right)}$$

Donde:

V_r : Volumen de regulación del consumo diario

Q_{md} : Caudal Máximo Diario

VMD_{B2} : Porcentaje del volumen máximo diario

En cuanto al porcentaje del volumen máximo diario a utilizar, se tomará en consideración la tabla establecida por el AyA, donde este porcentaje depende de la cantidad de horas de bombeo.

Período de Bombeo (Horas Bombeo)	Porcentaje del VMD a utilizar - VMD_{B2} (%)
	2 periodos de Bombeo Iguales, distribuidos simétricamente en el día
1-2	95
3-5	59
6-8	46
9-11	38
12-14	34
15-17	27
18-20	20
21-24	14

Fuente: EBD, 2020.

$$\text{HorasBombeo} = 6,5\text{horas} \rightarrow VMD_{B2} = 46\%$$

$$Vr = \frac{0.50 * 86400 * 1 * 46\%}{1000}$$

$$Vr = 19,87m^3$$

Por último, se debe determinar el volumen total de almacenamiento necesario en la comunidad en estudio, dado que en este caso no se determinó tanto el volumen de reserva para incendios como el volumen de reserva por interrupciones, el volumen de almacenamiento total es igual al volumen de regulación del consumo.

$$Valm = Vr$$

$$Valm = 19,87m^3$$

Como se puede observar, el volumen de almacenamiento existente es inferior al volumen de almacenamiento necesario, por lo cual se debe determinar el caudal que puede brindar el volumen de almacenamiento existente.

Volumen de Almacenamiento Existente (m^3)	Volumen de Almacenamiento Necesario (m^3)
10	16.42

$$Q_{alm-md} = \frac{Valm(m^3) * 1000 \left(\frac{l}{m^3}\right)}{86400 * 1(día) * \left(\frac{VMD_{B2}}{100}\right)}$$

Donde:

Q_{alm-md} : Caudal máximo diario del almacenamiento

$$Q_{alm-md} = \frac{10 * 1000}{86400 * 1 * \left(\frac{46}{100}\right)}$$

$$Q_{alm-md} = 0.25 \text{ l/s}$$

En cuanto al caudal máximo diario (Q_{alm-mh}) disponible debido al almacenamiento:

$$Q_{alm-mh} = Q_{alm-md} * F_{mh}$$

$$Q_{alm-mh} = 0.25 * 1.8$$

$$Q_{alm-mh} = 0.45 \text{ l/s}$$

Seguidamente se debe establecer el caudal necesario para la comunidad de Barrio Jesús Abajo.

$$Q_n = Q_{mh} - Q_{alm-mh} + Q_{alm-md}$$

$$Q_{nb} = 0.90 - 0.45 + 0.25$$

$$Q_{nb} = 0.80 \text{ l/s}$$

Finalmente, dado que se determinó el caudal necesario para abastecer el acueducto y se dispone del caudal disponible en la fuente de abastecimiento, se puede realizar el balance hídrico correspondiente.

Caudal necesario (l/s)	Caudal Disponible (l/s)
0,80	1.50

$$BH = Q_d - Q_{bombeo}$$

Donde:

BH: Balance Hídrico

Q_n : Caudal de bombeo

Q_d : Caudal disponible en fuente de abastecimiento

$$BH = 1.50 - 0,80$$

$$BH = 0,70 \text{ l/s}$$

E. Datos ChronoFlo 2.0

❖ Barrio Jesús Arriba

Date	Qa l/s	Date	Qa l/s	Date	Qa l/s
11:05:45	0,57	12:35:43	0,02	13:31:43	0,14
11:06:45	0,63	12:42:43	0,02	13:32:43	0,17
11:07:45	0,61	12:43:43	0,01	13:33:43	0,17
11:08:45	0,71	12:44:43	0,03	13:34:43	0,16
11:09:45	0,75	12:45:43	0,02	13:35:43	0,17
11:18:43	0,02	12:54:43	0,01	13:36:43	0,17
11:19:43	0,02	12:55:43	0,16	13:37:43	0,16
11:20:43	0,03	12:56:43	0,17	13:38:43	0,17
11:21:43	0,02	12:58:43	0,02	13:39:43	0,15
11:27:43	0,02	13:00:43	0,15	13:40:43	0,16
11:29:43	0,01	13:01:43	0,15	13:41:43	0,16
11:30:43	0,02	13:02:43	0,15	13:42:43	0,16
11:31:43	0,00	13:03:43	0,15	13:43:43	0,16
11:33:43	0,00	13:04:43	0,15	13:44:43	0,16
11:34:43	0,04	13:05:43	0,03	13:45:43	0,16
11:35:43	0,02	13:06:43	0,15	13:46:43	0,16
11:36:43	0,02	13:07:43	0,05	13:47:43	0,16
11:40:43	0,03	13:08:43	0,05	13:48:43	0,18
11:51:43	0,01	13:09:43	0,08	13:49:43	0,17
11:52:43	0,01	13:10:43	0,09	13:50:43	0,16
11:53:43	0,01	13:11:43	0,16	13:51:43	0,17
11:54:43	0,03	13:12:43	0,17	13:52:43	0,16
11:55:43	0,02	13:13:43	0,15	13:54:43	0,04
11:56:43	0,00	13:14:43	0,06	13:55:43	0,10
11:57:43	0,02	13:15:43	0,07	13:56:43	0,16
11:58:43	0,01	13:16:43	0,06	13:57:43	0,16
12:00:43	0,01	13:17:43	0,16	13:58:43	0,16
12:01:43	0,00	13:18:43	0,17	13:59:43	0,15
12:02:43	0,00	13:19:43	0,13	14:00:43	0,16
12:03:43	0,01	13:20:43	0,17	14:01:43	0,16
12:04:43	0,00	13:21:43	0,16	14:02:43	0,16
12:16:43	0,00	13:22:43	0,17	14:03:43	0,15
12:25:43	0,02	13:23:43	0,17	14:04:43	0,13
12:26:43	0,02	13:24:43	0,17	14:05:43	0,15
12:27:43	0,00	13:25:43	0,16	14:06:43	0,12
12:28:43	0,00	13:26:43	0,17	14:07:43	0,03
12:29:43	0,03	13:27:43	0,16	14:08:43	0,03

12:30:43	0,03	13:28:43	0,17	14:09:43	0,04
12:31:43	0,00	13:29:43	0,17	14:10:43	0,05
12:33:43	0,03	13:30:43	0,17	14:14:43	0,16

Date	Qa l/s	Date	Qa l/s	Date	Qa l/s
14:15:43	0,16	14:55:43	0,32	15:37:43	0,05
14:16:43	0,16	14:56:43	0,32	15:38:43	0,16
14:17:43	0,16	14:57:43	0,32	15:39:43	0,25
14:18:43	0,15	14:58:43	0,25	15:40:43	0,32
14:19:43	0,16	14:59:43	0,34	15:41:43	0,31
14:20:43	0,21	15:00:43	0,23	15:42:43	0,32
14:21:43	0,16	15:01:43	0,12	15:43:43	0,16
14:22:43	0,06	15:02:43	0,16	15:44:43	0,17
14:23:43	0,17	15:03:43	0,34	15:45:43	0,16
14:24:43	0,16	15:04:43	0,32	15:46:43	0,31
14:25:43	0,11	15:05:43	0,32	15:47:43	0,32
14:26:43	0,19	15:06:43	0,32	15:48:43	0,20
14:27:43	0,21	15:07:43	0,32	15:49:43	0,22
14:28:43	0,18	15:08:43	0,32	15:50:43	0,22
14:29:43	0,32	15:09:43	0,10	15:51:43	0,20
14:30:43	0,27	15:10:43	0,10	15:52:43	0,22
14:31:43	0,32	15:11:43	0,31	15:53:43	0,21
14:32:43	0,26	15:12:43	0,32	15:54:43	0,21
14:33:43	0,21	15:13:43	0,31	15:55:43	0,21
14:34:43	0,24	15:14:43	0,03	15:56:43	0,20
14:35:43	0,32	15:16:43	0,01	15:57:43	0,21
14:36:43	0,31	15:17:43	0,03	15:58:43	0,21
14:37:43	0,32	15:19:43	0,34	15:59:43	0,21
14:38:43	0,33	15:20:43	0,32	16:00:43	0,21
14:39:43	0,31	15:21:43	0,32	16:01:43	0,30
14:40:43	0,13	15:22:43	0,37	16:02:43	0,31
14:41:43	0,15	15:23:43	0,34	16:03:43	0,30
14:42:43	0,15	15:24:43	0,34	16:04:43	0,32
14:43:43	0,16	15:25:43	0,32	16:05:43	0,30
14:44:43	0,25	15:26:43	0,32	16:06:43	0,20
14:45:43	0,32	15:27:43	0,32	16:07:43	0,12
14:46:43	0,27	15:28:43	0,13	16:08:43	0,11
14:47:43	0,32	15:29:43	0,29	16:09:43	0,11
14:48:43	0,25	15:30:43	0,31	16:10:43	0,30
14:49:43	0,25	15:31:43	0,32	16:11:43	0,30

14:50:43	0,27	15:32:43	0,26	16:12:43	0,19
14:51:43	0,29	15:33:43	0,26	16:13:43	0,17
14:52:43	0,31	15:34:43	0,23	16:14:43	0,14
14:53:43	0,22	15:35:43	0,05	16:15:43	0,29
14:54:43	0,30	15:36:43	0,13	16:16:43	0,29

Date	Qa l/s	Date	Qa l/s	Date	Qa l/s
16:17:43	0,32	16:57:43	0,31	17:37:43	0,10
16:18:43	0,31	16:58:43	0,32	17:38:43	0,18
16:19:43	0,15	16:59:43	0,30	17:39:43	0,07
16:20:43	0,11	17:00:43	0,27	17:40:43	0,31
16:21:43	0,29	17:01:43	0,32	17:41:43	0,32
16:22:43	0,16	17:02:43	0,29	17:42:43	0,30
16:23:43	0,30	17:03:43	0,27	17:43:43	0,12
16:24:43	0,29	17:04:43	0,30	17:44:43	0,32
16:25:43	0,23	17:05:43	0,32	17:45:43	0,29
16:26:43	0,28	17:06:43	0,30	17:46:43	0,30
16:27:43	0,32	17:07:43	0,25	17:47:43	0,30
16:28:43	0,30	17:08:43	0,29	17:48:43	0,30
16:29:43	0,28	17:09:43	0,30	17:49:43	0,30
16:30:43	0,34	17:10:43	0,30	17:50:43	0,30
16:31:43	0,30	17:11:43	0,29	17:51:43	0,30
16:32:43	0,38	17:12:43	0,30	17:52:43	0,32
16:33:43	0,21	17:13:43	0,24	17:53:43	0,30
16:34:43	0,01	17:14:43	0,30	17:54:43	0,27
16:35:43	0,02	17:15:43	0,10	17:55:43	0,27
16:36:43	0,06	17:16:43	0,30	17:56:43	0,30
16:37:43	0,21	17:17:43	0,11	17:57:43	0,28
16:38:43	0,30	17:18:43	0,25	17:58:43	0,25
16:39:43	0,30	17:19:43	0,30	17:59:43	0,27
16:40:43	0,32	17:20:43	0,31	18:00:43	0,27
16:41:43	0,17	17:21:43	0,30	18:01:43	0,28
16:42:43	0,30	17:22:43	0,28		
16:43:43	0,31	17:23:43	0,24		
16:44:43	0,30	17:24:43	0,30		
16:45:43	0,31	17:25:43	0,31		
16:46:43	0,30	17:26:43	0,29		
16:47:43	0,27	17:27:43	0,32		
16:48:43	0,29	17:28:43	0,30		
16:49:43	0,30	17:29:43	0,31		

16:50:43	0,25	17:30:43	0,30		
16:51:43	0,28	17:31:43	0,30		
16:52:43	0,32	17:32:43	0,30		
16:53:43	0,30	17:33:43	0,17		
16:54:43	0,31	17:34:43	0,17		
16:55:43	0,30	17:35:43	0,30		
16:56:43	0,30	17:36:43	0,30		

❖ Barrio Jesús Abajo

Date	Qa l/s						
13:16:05	0,20	13:54:36	0,23	14:20:36	0,27	14:45:36	0,13
13:17:10	0,17	13:55:36	0,27	14:21:36	0,34	14:46:36	0,03
13:18:10	0,02	13:56:36	0,14	14:22:36	0,33	14:47:36	0,06
13:19:10	0,04	13:57:36	0,04	14:23:36	0,35	14:48:36	0,14
13:20:23	0,07	13:59:36	0,12	14:24:36	0,23	14:49:36	0,22
13:21:23	0,01	14:00:36	0,07	14:25:36	0,07	14:50:36	0,23
13:22:23	0,04	14:01:36	0,08	14:26:36	0,05	14:51:36	0,25
13:23:23	0,05	14:02:36	0,01	14:27:36	0,02	14:52:36	0,27
13:24:23	0,02	14:03:36	0,09	14:28:36	0,00	14:53:36	0,23
13:25:23	0,15	14:04:36	0,15	14:29:36	0,03	14:54:36	0,28
13:26:36	0,18	14:05:36	0,15	14:30:36	0,11	14:55:36	0,30
13:27:36	0,04	14:06:36	0,27	14:31:36	0,13	14:56:36	0,26
13:28:36	0,04	14:07:36	0,42	14:32:36	0,03	14:57:36	0,31
13:29:36	0,15	14:08:36	0,42	14:33:36	0,16	14:58:36	0,32
13:30:36	0,16	14:09:36	0,39	14:34:36	0,11	14:59:36	0,32
13:31:36	0,07	14:10:36	0,29	14:35:36	0,01	15:00:36	0,25
13:33:36	0,01	14:11:36	0,29	14:36:36	0,05	15:01:36	0,30
13:34:36	0,08	14:12:36	0,28	14:37:36	0,12	15:02:36	0,31
13:37:36	0,03	14:13:36	0,35	14:38:36	0,14	15:03:36	0,31
13:38:36	0,02	14:14:36	0,35	14:39:36	0,03	15:04:36	0,33
13:40:36	0,01	14:15:36	0,26	14:40:36	0,05	15:05:36	0,31
13:50:36	0,09	14:16:36	0,08	14:41:36	0,07	15:06:36	0,34
13:51:36	0,18	14:17:36	0,18	14:42:36	0,11	15:07:36	0,27
13:52:36	0,15	14:18:36	0,33	14:43:36	0,01	15:08:36	0,29
13:53:36	0,20	14:19:36	0,10	14:44:36	0,07	15:09:36	0,15

Date	Qa l/s						
15:10:36	0,22	15:45:36	0,22	16:11:36	0,24	16:36:36	0,21
15:11:36	0,23	15:46:36	0,12	16:12:36	0,27	16:37:36	0,27

15:12:36	0,13	15:47:36	0,20	16:13:36	0,20	16:38:36	0,30
15:13:36	0,18	15:48:36	0,21	16:14:36	0,19	16:39:36	0,29
15:16:36	0,01	15:49:36	0,24	16:15:36	0,21	16:40:36	0,15
15:18:36	0,01	15:50:36	0,10	16:16:36	0,13	16:41:36	0,22
15:20:36	0,02	15:51:36	0,13	16:17:36	0,17	16:42:36	0,22
15:21:36	0,09	15:52:36	0,16	16:18:36	0,23	16:43:36	0,22
15:22:36	0,02	15:53:36	0,16	16:19:36	0,32	16:44:36	0,31
15:23:36	0,05	15:55:36	0,01	16:20:36	0,19	16:45:36	0,33
15:24:36	0,10	15:56:36	0,07	16:21:36	0,10	16:46:36	0,37
15:25:36	0,01	15:57:36	0,26	16:22:36	0,19	16:47:36	0,31
15:29:36	0,01	15:58:36	0,16	16:23:36	0,15	16:48:36	0,39
15:30:36	0,03	15:59:36	0,24	16:24:36	0,11	16:49:36	0,15
15:31:36	0,15	16:00:36	0,12	16:25:36	0,19	16:50:36	0,17
15:32:36	0,28	16:01:36	0,27	16:26:36	0,20	16:51:36	0,29
15:33:36	0,23	16:02:36	0,39	16:27:36	0,21	16:52:36	0,15
15:34:36	0,28	16:03:36	0,29	16:28:36	0,27	16:53:36	0,09
15:35:36	0,17	16:04:36	0,06	16:29:36	0,27	16:54:36	0,02
15:36:36	0,14	16:05:36	0,09	16:30:36	0,23	16:55:36	0,28
15:40:36	0,02	16:06:36	0,13	16:31:36	0,28	16:56:36	0,29
15:41:36	0,05	16:07:36	0,05	16:32:36	0,24	16:57:36	0,25
15:42:36	0,23	16:08:36	0,28	16:33:36	0,17	16:58:36	0,29
15:43:36	0,17	16:09:36	0,19	16:34:36	0,16	16:59:36	0,24
15:44:36	0,04	16:10:36	0,19	16:35:36	0,14	17:00:36	0,20

Date	Qa l/s	Date	Qa l/s	Date	Qa l/s
17:01:36	0,32	17:27:36	0,24	17:55:36	0,05
17:02:36	0,30	17:28:36	0,02	17:56:36	0,00
17:03:36	0,14	17:32:36	0,21	17:58:36	0,16
17:04:36	0,24	17:33:36	0,04	17:59:36	0,18
17:05:36	0,34	17:34:36	0,07	18:00:36	0,15
17:06:36	0,34	17:35:36	0,24	18:01:36	0,23
17:07:36	0,31	17:36:36	0,06	18:02:36	0,15
17:08:36	0,24	17:37:36	0,22	18:03:36	0,22
17:09:36	0,20	17:38:36	0,13	18:04:36	0,18
17:10:36	0,21	17:39:36	0,08	18:05:36	0,23
17:11:36	0,39	17:40:36	0,01	18:06:36	0,22
17:12:36	0,24	17:41:36	0,17	18:07:36	0,28
17:13:36	0,26	17:42:36	0,26	18:08:36	0,19
17:14:36	0,25	17:43:36	0,24	18:09:36	0,12
17:15:36	0,05	17:44:36	0,26	18:10:36	0,04

17:17:36	0,01	17:45:36	0,23	18:11:36	0,12
17:18:36	0,09	17:46:36	0,18	18:12:36	0,12
17:19:36	0,09	17:47:36	0,19	18:13:36	0,07
17:20:36	0,23	17:48:36	0,24	18:14:36	0,20
17:21:36	0,31	17:49:36	0,21	18:15:36	0,04
17:22:36	0,30	17:50:36	0,15	18:17:36	0,05
17:23:36	0,25	17:51:36	0,28	18:18:36	0,19
17:24:36	0,34	17:52:36	0,32	18:19:36	0,20
17:25:36	0,23	17:53:36	0,32	18:20:36	0,31
17:26:36	0,16	17:54:36	0,05	18:21:36	0,26

Date	Qa l/s	Date	Qa l/s
18:22:36	0,28	18:48:36	0,35
18:23:36	0,14	18:49:36	0,37
18:24:36	0,15	18:50:36	0,29
18:26:36	0,20	18:51:36	0,27
18:27:36	0,31	18:52:36	0,36
18:28:36	0,28	18:53:36	0,39
18:29:36	0,22	18:54:36	0,21
18:30:36	0,20	18:55:36	0,38
18:31:36	0,23	18:56:36	0,15
18:32:36	0,25	18:57:36	0,11
18:33:36	0,27	18:58:36	0,10
18:34:36	0,32	18:59:36	0,34
18:35:36	0,36	19:00:36	0,33
18:36:36	0,35	19:01:36	0,26
18:37:36	0,36	19:02:36	0,38
18:38:36	0,32	19:03:36	0,39
18:39:36	0,26	19:04:36	0,39
18:40:36	0,07	19:05:36	0,28
18:41:36	0,09	19:06:36	0,32
18:42:36	0,09	19:08:26	0,35
18:43:36	0,29		
18:44:36	0,25		
18:45:36	0,35		
18:46:36	0,38		
18:47:36	0,36		

❖ Concepción

Date	Q l/s						
09:50:30	0,42	10:17:41	0,40	10:42:41	0,56	11:05:41	0,32
09:51:30	0,47	10:18:41	0,36	10:43:41	0,81	11:06:41	0,53
09:52:41	0,36	10:19:41	0,57	10:44:41	0,29	11:07:41	0,19
09:53:41	0,24	10:20:41	0,30	10:45:41	0,11	11:08:41	0,15
09:54:41	0,17	10:21:41	0,20	10:46:41	0,50	11:09:41	0,03
09:55:41	0,22	10:22:41	0,44	10:47:41	0,46	11:10:41	0,09
09:56:41	0,30	10:23:41	0,26	10:48:41	0,55	11:11:41	0,31
09:57:41	0,34	10:24:41	0,18	10:50:41	0,62	11:12:41	0,21
09:58:41	0,68	10:26:41	0,31	10:51:41	0,28	11:13:41	0,20
09:59:41	0,68	10:27:41	0,12	10:52:41	0,35	11:14:41	0,15
10:00:41	0,65	10:30:41	0,29	10:53:41	0,48	11:15:41	0,28
10:01:41	0,89	10:31:41	0,14	10:54:41	0,28	11:16:41	0,38
10:02:41	1,04	10:32:41	0,29	10:55:41	0,72	11:18:41	0,20
10:03:41	0,97	10:33:41	0,03	10:56:41	0,42	11:19:41	0,41
10:04:41	0,80	10:34:41	0,05	10:57:41	0,47	11:23:41	0,36
10:05:41	0,03	10:35:41	0,14	10:58:41	0,18	11:26:41	0,14
10:06:41	0,25	10:36:41	0,59	10:59:41	0,42	11:27:41	0,25
10:10:41	0,07	10:37:41	0,75	11:00:41	0,09	11:29:41	0,78
10:11:41	0,25	10:38:41	0,23	11:01:41	0,16	11:30:41	0,27
10:12:41	0,05	10:39:41	0,21	11:02:41	0,59	11:33:41	0,46
10:15:41	0,10	10:40:41	0,23	11:03:41	0,22	11:34:41	0,16
10:16:41	0,45	10:41:41	0,43	11:04:41	0,33	11:35:41	0,06

Date	Q l/s	Date	Q l/s	Date	Q l/s
11:38:41	0,06	12:13:41	0,20	12:43:41	0,61
11:43:41	0,27	12:17:41	0,11	12:44:41	0,20
11:45:41	0,29	12:18:41	0,10	12:45:41	0,17
11:47:41	0,21	12:19:41	0,10	12:46:41	0,13
11:48:41	0,05	12:21:41	0,15	12:47:41	0,17
11:55:41	0,16	12:25:41	0,09	12:54:41	0,43
11:56:41	0,14	12:27:41	0,25	12:55:41	0,41
11:57:41	0,26	12:28:41	0,17	12:56:41	0,09
11:58:41	0,13	12:29:41	0,03	12:57:41	0,17
11:59:41	0,46	12:30:41	0,17	12:58:41	0,67
12:00:41	0,10	12:31:41	0,35	12:59:41	0,51
12:01:41	0,48	12:32:41	0,02	13:00:41	0,20
12:02:41	0,54	12:33:41	0,05	13:01:41	0,01
12:04:41	0,27	12:34:41	0,13	13:02:41	0,28
12:05:41	0,14	12:35:41	0,28	13:03:41	0,34

12:06:41	0,28	12:36:41	0,17	13:04:41	0,08
12:07:41	0,19	12:37:41	0,27	13:10:41	0,23
12:08:41	0,52	12:38:41	0,31	13:11:41	0,01
12:09:41	0,77	12:39:41	0,30	13:14:41	0,24
12:10:41	0,68	12:40:41	0,44	13:15:41	0,24
12:11:41	0,78	12:41:41	0,07	13:17:36	0,14
12:12:41	0,30	12:42:41	0,21	-	-