

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

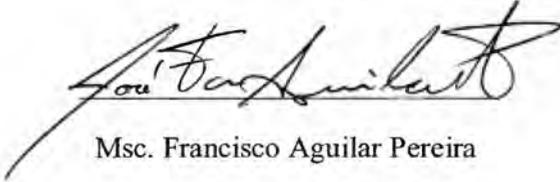
**Tesis de grado
para optar por el título de Licenciado en
Ingeniería Agrícola**

**PLAN MAESTRO DE ACUEDUCTO PARA LA
MUNICIPALIDAD DE NARANJO
(ACUEDUCTO DE SAN JERÓNIMO)**

ING. JONATHAN CUBERO ROJAS

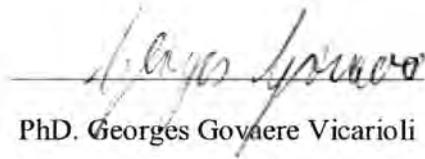
**Ciudad Universitaria “Rodrigo Facio”,
Costa Rica
2010**

Esta Tesis fue aceptada por el comité evaluador



Msc. Francisco Aguilar Pereira

Presidente del tribunal



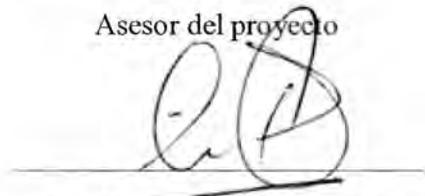
PhD. Georges Govaere Vicarioli

Director del Proyecto



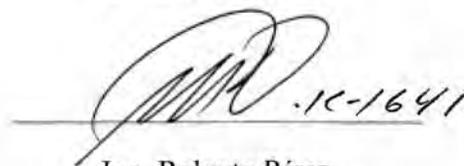
Msc. Daniel Baudrit Ruiz

Asesor del proyecto



Ing. Henry Alfaro Chavarría

Asesor del proyecto



Ing. Roberto Pérez

Asesor del proyecto (AyA)

Dedicatoria

Esta Tesis está dedicada a Dios Todopoderoso, por su infinita misericordia y por haberme regalado la vida.

A mis Padres, hermanos y abuela quienes me han apoyado en todo momento, en especial a mis padres que durante mi infancia dedicaron su vida a mi salud, durante niño me dieron la oportunidad de conocer la vida jugando y aprendiendo de sus erudiciones, y que durante la juventud me enseñaron a discernir entre lo bueno y lo malo. A mi abuela por su confianza, dedicación, y sabiduría.

A mis tíos(as) y primos(as) por sus consejos

Al Dr Alfonso Salazar Leiva, por haber dedicado parte de su carrera profesional a mi persona durante los momentos más críticos de mi salud.

Al PhD Georges Govaere Vicarioli, por todos sus consejos, la experiencia transmitida, la sabiduría y elocución en el desarrollo del presente trabajo.

Al señor Alcalde de la Municipalidad de Naranjo el señor Eugenio Padilla Bonilla, por la oportunidad brindada de servir a la comunidad de Naranjo como coordinador de servicios públicos, por sus consejos como amigo y jefe de la institución, por su sabiduría, paciencia liderazgo y humildad.

Al Msc. José Francisco Aguilar Pereira por su entendimiento, su sabiduría, su compañerismo, su liderazgo, su comprensión, y sobre todo su entusiasmo de hacer mejor las cosas, por ser un pilar de mi educación y por motivarme a enfrentarme a la vida laboral, por creer en mí.

A mis amigos y compañeros por el acompañamiento y ayuda brindada

Reconocimientos

PhD. Georges Govaere Vicarioli, Director de Tesis, por el esmero y ayuda de hacerme continuar y seguir adelante, por todos sus consejos, conocimientos, aportes y apoyo.

Msc. José Francisco Aguilar Pereira, Director de la Escuela de Ingeniería Agrícola, por el esmero y ayuda de hacerme continuar y seguir adelante, por sus consejos, aportes y apoyo.

Ing. Geovanny Carmona, Profesor de la Escuela de Ingeniería Agrícola, por su apoyo y consejos

Ing. Daniel Baudrit, por todos sus aportes para continuar con el debido proceso de este trabajo.

A mi hermano Ing. Roger Alonso Cubero Rojas, por todo su apoyo y ayuda brindada en todo momento.

A mi hermana Yesenia Cubero Rojas, por su ayuda y su comprensión.

Comité pro-AGUA de la comunidad de San Jerónimo de Naranjo, por su preocupación de tener un servicio de calidad de agua potable y por haberme permitido llevar a cabo este estudio.

Cuerpo de Bomberos, por la coordinación en cuanto al tema de hidrantes para el cantón de Naranjo.

Municipalidad de Naranjo, por todo su apoyo, y sus ambiciones de ser cada día una institución mejor.

Lic. Manuel Segura, por sus consejos y aliento para continuar y luchar por mis metas.

Al señor Hernidez Herrera, por brindar su tiempo y apoyo en el recorrido, visita e identificación de estructuras del acueducto de San Jerónimo

Comisión de Tesis de la Escuela de Ingeniería Agrícola, por todos sus aportes y comentario en pró del desarrollo de este trabajo.

Ing. Luis Bolaños del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, por su ayuda y amabilidad de disponer sus buenos oficios para la colaboración en este proyecto.

Ing. Roberto Pérez del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, por su disposición y colaboración en el presente proyecto

Msc Ing. Iván Mora Alvarado, laboraba para el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, por su ayuda y colaboración en los estudios de medición, y calibración de los modelos hidráulicos.

A mis compañeros de trabajo, por sus concejos, la ayuda y el haberme recibido y acompañado en el ámbito laboral.

Sr. Eugenio Padilla Bonilla, Alcalde de Naranjo, por creer en mí, por su estima, su amabilidad y su entusiasmo de hacer mejor las cosas, y por su interés constante de que los naranjeños tengamos una Municipalidad de orgullo y por enseñarme que siempre debemos sonreír.

Resumen

En este estudio se hace un diagnóstico de la situación actual del acueducto de San Jerónimo, se analizan los datos poblacionales, los recursos hídricos identificados ilustrando la cantidad y la calidad del agua, se analizan los sistemas de abastecimiento existentes y se analizan distintos aspectos como identificación de zonas homogéneas, las actividades económicas de la comunidad, la situación organizativa y la situación institucional en la zona. También se realiza un estudio de la demanda y oferta de agua en este municipio.

La conclusión más importante a la que se llega es que hay suficientes recursos hídricos tipo manantial para satisfacer la demanda de la población actual y futura en un sistema por gravedad, sin embargo la mayor preocupación es que se identifican problemas a corregir entre ellos que los manantiales son de propiedad particular y vulnerables a la contaminación, y no hay algún planeamiento en el ámbito legal.

Se establecen los criterios para la planificación y diseño de las actuaciones de abastecimiento y los criterios técnicos de cálculo. La tesis define y aplica una metodología de cálculo de infraestructuras de abastecimiento teniendo en cuenta aspectos legales, comunales, ambientales y la necesidad de proyección de la población.

Finalmente del análisis de la información recopilada en campo, y de la recopilación de información a partir de la modelación de los sistemas y de los problemas del recurso hídrico en la zona, definen y se calculan las actuaciones y las inversiones necesarias, basándose en el presupuesto preliminar establecido

Como resultado final se obtiene una programación de las inversiones necesarias para facilitar la planificación de las inversiones a realizar en toda la zona.

El objetivo principal del estudio fue el establecimiento de líneas de desarrollo en materia de abastecimiento de agua que deberán ser seguidas y respetadas

PALABRAS CLAVES

Plan Maestro, Agua Potable, diseño

Índice General

CAPÍTULO 1.- INTRODUCCIÓN	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 OBJETIVOS Y METAS	3
1.3 ALCANCES Y LIMITACIONES.....	3
1.4 JUSTIFICACIÓN	5
1.5 METODOLOGÍA.....	6
CAPÍTULO 2.- LEYES, NORMAS Y REGLAMENTOS QUE AFECTEN LA EJECUCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UN ACUEDUCTO.	9
2.1 REGLAMENTO PARA LA OPERACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DEL ACUEDUCTO DE LA MUNICIPALIDAD DE NARANJO.....	9
2.2 LEGISLACIÓN QUE SE APLICA EN TODA SU EXTENSIÓN EN LA EJECUCIÓN Y MANEJO DE UN PLAN MAESTRO DE AGUA POTABLE:.....	10
2.3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	14
CAPÍTULO 3.- SISTEMA ACTUAL.....	16
3.1 CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA ACTUAL	16
3.2 ÁREA ABASTECIDA POR EL SISTEMA EN ESTUDIO	19
3.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA.	22
3.4 FUENTES DE PRODUCCIÓN	26
3.5 SERVICIOS ACTUALES DE AGUA POTABLE.....	29
3.6 NACIENTES	47
3.7 FUNCIONAMIENTO.....	49
3.8 RED DE DISTRIBUCIÓN.....	50
3.9 MODO DE OPERACIÓN.....	52
3.10 DEPÓSITOS DE ALMACENAMIENTO DE AGUA.....	52
3.11 ABASTECIMIENTO	52
3.12 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA.....	53

3.13 CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN	54
3.14 CONCLUSIONES.....	55
<u>CAPÍTULO 4.- MODELACIÓN HIDRÁULICA.....</u>	56
4.1 EVALUACIÓN DEL MODELO	56
4.2 CALIBRACIÓN DEL MODELO HIDRÁULICO.....	61
4.3 RESULTADOS DEL MODELO PARA EL SISTEMA SAN JERÓNIMO ABAJO EN UN PERIODO DE 24H.	64
4.4 CONCLUSIONES.....	74
<u>CAPÍTULO 5.- DESARROLLO DEL PLAN MAESTRO.....</u>	75
5.1 EL ÁREA DE ESTUDIO	75
5.2 DINÁMICA POBLACIONAL DE LA REGIÓN Y EXPANSIÓN DE LA CIUDAD	75
5.3 CRITERIOS PARA CARACTERIZAR Y DELIMITAR LAS ÁREAS:.....	84
5.4 PROYECCIONES DE DEMANDA DE SERVICIOS DE AGUA POTABLE ASOCIADAS A LAS VARIANTES DE EXPANSIÓN.....	93
5.5 ESTUDIO DE REQUERIMIENTO DE TANQUES.	95
5.6 REQUERIMIENTOS DE INFRAESTRUCTURA DE LOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE.....	97
5.7 COMPORTAMIENTO DE LOS HIDRANTES EN LAS ZONAS DESTINADAS PARA LA COLOCACIÓN DE LOS MISMOS.	106
5.8 EL ESTUDIO TÉCNICO DE LOS COMPONENTES DE INVERSIÓN QUE REQUIEREN LAS VARIANTES PROPUESTAS PARA LA EXPANSIÓN DE LOS SERVICIOS.	114
5.9 LA PROPUESTA DE UN PROGRAMA DE OBRAS, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO HASTA EL AÑO 2030.....	115
5.10 CONCLUSIONES DEL PLAN MAESTRO	120
<u>CAPÍTULO 6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u>	122
6.1 CONCLUSIONES	122
6.2 RECOMENDACIONES.....	123

<u>CAPÍTULO 7.- BIBLIOGRAFÍA.....</u>	<u>125</u>
<u>CAPÍTULO 8.- ANEXO 1.....</u>	<u>127</u>
8.1 NORMAS PARA EL DISEÑO DE PROYECTOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN COSTA RICA (A Y A, 13 DE SETIEMBRE DEL 2001)	128
8.2 DETERMINACIÓN DE LOS CAUDALES A ABASTECER POR LA OBRA.....	135
8.3 CRITERIOS DE DISEÑO	138
8.4 NORMAS DE DISEÑO PARA ACUEDUCTO.(INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS A Y A, 19 DE MARZO DE 2007)	139
8.5 NORMAS DE CONSTRUCCIÓN(INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS A Y A, 19 DE MARZO DE 2007)	141
8.6 ESPECIFICACIONES PARA MATERIALES.....	143
8.7 SIMBOLOGÍA A UTILIZAR EN PLANOS	144
<u>CAPÍTULO 9.- ANEXO 2</u>	<u>150</u>
9.1 CONCESIÓN DE AGUAS	150
9.2 PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA POTABLE.....	158
<u>CAPÍTULO 10.- ANEXO 3.....</u>	<u>160</u>
10.1 DATOS DE MEDICIÓN DEL SISTEMA EN ESTUDIO.....	160
10.2 RED PRIMARIA DE DISTRIBUCIÓN SAN JERÓNIMO ABAJO.....	163
10.3 COSTOS DE INVERSIÓN DE LOS PUNTOS ANTERIORES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO..	177

Índice de Figuras

FIGURA 1-1.- UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO DEL ACUEDUCTO DE LA COMUNIDAD DE SAN JERÓNIMO.....	2
FIGURA 1-2.- CONDUCCIÓN EN RIESGO POR SU EXPOSICIÓN. (CUBERO 2009)	6
FIGURA 3-1. PORCENTAJE DE POBLACIÓN OCUPADA POR SECTOR DE ACTIVIDAD EN EL CANTÓN DE NARANJO. (CENTRO CENTROAMERICANO DE POBLACION, 2003).....	17
FIGURA 3-2. ÍNDICE DE DESARROLLO HUMANO PARA EL CANTÓN DE NARANJO Y SUS DISTRITOS Y UBICACIÓN DEL CANTÓN CON RESPECTO A LOS 81 CANTONES NACIONALES. (ATLAS DE DESARROLLO HUMANO, 2008).....	18
FIGURA 3-3. ÍNDICE DE POBREZA HUMANA PARA EL CANTÓN DE NARANJO (ATLAS DE DESARROLLO HUMANO, 2008).....	18
FIGURA 3-4. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO ACTUAL Y SUS ÁREAS DE INFLUENCIA.	21
FIGURA 3-5. CONDUCCIÓN, TANQUES Y RESERVORIOS EN EL SISTEMA EN ESTUDIO.	23
FIGURA 3-6. ESQUEMA DE ACUEDUCTO EXISTENTE EN SAN JERÓNIMO DE NARANJO.	24
FIGURA 3-7. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ACTUAL DEL ACUEDUCTO EN ESTUDIO.....	25
FIGURA 3-8. UBICACIÓN DE LAS NACIENTES EN LA LOCALIDAD EN ESTUDIO.	28
FIGURA 3-9. MEDICIÓN DE CAUDAL A LA SALIDA DEL TANQUE HACIA EL PUEBLO.	30
FIGURA 3-10. PRUEBA DE MEDICIÓN CAUDAL-PRESIÓN EN EL SISTEMA SAN JERÓNIMO ABAJO.	31
FIGURA 3-11. PRUEBA DE MEDICIÓN CAUDAL-PRESIÓN EN EL SISTEMA SAN JERÓNIMO ARRIBA.	34
FIGURA 3-12. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LAS NACIENTES.	36
FIGURA 3-13. ZONA PROTEGIDA, NACIENTES SAN JERÓNIMO ARRIBA.	37
FIGURA 3-14. ESCORRENTÍA DE LOS MANANTIALES QUE AFLORAN EN LA ZONA.	38
FIGURA 3-15. NACIENTE NÚMERO UNO DEL SISTEMA SAN JERÓNIMO ARRIBA.	39
FIGURA 3-16. TUBERÍAS DE LA CONDUCCIÓN DE LA NACIENTE UNO HACIA EL TANQUE DE REUNIÓN.....	40
FIGURA 3-17. NACIENTE TRES DEL SISTEMA SAN JERÓNIMO ARRIBA VER FIGURA 3-12.	41
FIGURA 3-18. TANQUE DE REUNIÓN DE LA ZONA DE SAN JERÓNIMO ARRIBA.....	42
FIGURA 3-19. REBALSE DEL TANQUE DE REUNIÓN.....	43
FIGURA 3-20. NACIENTE UNO DEL SISTEMA SAN JERÓNIMO ABAJO.	44

FIGURA 3-21. NACIENTE DOS DEL SISTEMA SAN JERÓNIMO ARRIBA.....	45
FIGURA 3-22. TANQUE DE REUNIÓN DEL SISTEMA SAN JERÓNIMO ABAJO.....	46
FIGURA 3-23. TUBERÍA DE LA CONDUCCIÓN DEL SISTEMA SAN JERÓNIMO ABAJO.....	46
FIGURA 3-24. PATRÓN DE DEMANDA REGISTRADO Y ESPECÍFICO PARA EL SISTEMA SAN JERÓNIMO ABAJO.....	49
FIGURA 3-25 PATRÓN DE DEMANDA REGISTRADA Y ESPECÍFICA PARA EL SISTEMA SAN JERÓNIMO ARRIBA.....	50
FIGURA 3-26. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DEL ACUEDUCTO MUNICIPAL DE LA MUNICIPALIDAD DE NARANJO.....	54
FIGURA 4-1. CONDUCCIÓN SAN JERÓNIMO ABAJO.....	57
FIGURA 4-2. LÍNEA DE ENERGÍA PARA LA CONDUCCIÓN DE LA FIGURA 4-1, OBTENIDO MEDIANTE EL MÉTODO MANUAL.....	60
FIGURA 4-3. LÍNEA DE ENERGÍA PARA LA CONDUCCIÓN DE LA FIGURA 4-1, OBTENIDO MEDIANTE LA MODELACIÓN HIDRÁULICA.....	60
FIGURA 4-4. COMPARACIÓN DEL MODELO HIDRÁULICO CON EL MODELO CALCULADO.....	61
FIGURA 4-5. COMPORTAMIENTO DE CONSUMO Y ALMACENAMIENTO DE CAUDAL PARA EL SISTEMA DE SAN JERÓNIMO ABAJO.....	64
FIGURA 4-6. SISTEMA DE ACUEDUCTO SAN JERÓNIMO ABAJO.....	66
FIGURA 4-7. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE CONSUMO PARA EL SECTOR SAN JERÓNIMO ABAJO, A LAS NUEVE HORAS, MODELO CALIBRADO.....	67
FIGURA 4-8. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE PRESIÓN Y VELOCIDAD EN TUBERÍAS PARA EL SECTOR SAN JERÓNIMO ABAJO, A LAS NUEVE HORAS, MODELO CALIBRADO.....	68
FIGURA 4-9 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE PRESIÓN PARA EL SECTOR SAN JERÓNIMO ABAJO, A LAS UNA HORAS, MODELO CALIBRADO.....	69
FIGURA 4-10 SISTEMA DE ACUEDUCTO SAN JERÓNIMO ARRIBA.....	70
FIGURA 4-11. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE PRESIÓN PARA EL SECTOR SAN JERÓNIMO ARRIBA, A LAS NUEVE HORAS, MODELO CALIBRADO.....	71
FIGURA 4-12. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE PRESIÓN Y VELOCIDAD EN TUBERÍAS PARA EL SECTOR SAN JERÓNIMO ARRIBA, A LAS NUEVE HORAS, MODELO CALIBRADO.....	72
FIGURA 4-13. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE PRESIÓN PARA EL SECTOR SAN JERÓNIMO ARRIBA, A LAS UNA HORAS, MODELO CALIBRADO.....	73

FIGURA 5-1. DIAGRAMA DE USOS DE CAPAS DE INFORMACIÓN PARA LA PROYECCIÓN DE CRECIMIENTO POR EXPANSIÓN TERRITORIAL LÁMINA 1/2.....	76
FIGURA 5-2. DIAGRAMA DE USOS DE CAPAS DE INFORMACIÓN PARA LA PROYECCIÓN DE CRECIMIENTO POR EXPANSIÓN TERRITORIAL LÁMINA 2/2.....	77
FIGURA 5-3. DIAGRAMA BASE DE DESARROLLO Y UTILIZACIÓN DE CAPAS DE INFORMACIÓN PARA SU USO EN EL MODELO HIDRÁULICO.	78
FIGURA 5-4. DIAGRAMA USO DE CAPAS DE INFORMACIÓN PARA LA TOMA DE DECISIONES EN EL DISEÑO DEL ACUEDUCTO.....	79
FIGURA 5-5. CAPAS DE INFORMACIÓN GENERADA A PARTIR DEL TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE, PARA LA TOMA DE DECISIONES EN EL DISEÑO. VOL. I.....	81
FIGURA 5-6. CAPAS DE INFORMACIÓN GENERADA A PARTIR DEL TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE, PARA LA TOMA DE DECISIONES EN EL DISEÑO. VOL. II.....	82
FIGURA 5-7. ZONAS HOMOGÉNEAS, OBTENIDAS A PARTIR DE LOS CRITERIOS ESTABLECIDOS ANTERIORMENTE, SE OBTIENEN 14 ZONAS DE PRESIÓN PARA ESTA ZONA.	84
FIGURA 5-8. PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN PARA EL PERIODO EN ESTUDIO.	87
FIGURA 5-9. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA SIN RESTRICCIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN POR ZONAS HOMOGÉNEAS EN LA ZONA EN ESTUDIO.	88
FIGURA 5-10. UBICACIÓN DE LOS TANQUES Y LAS DIFERENTES ZONAS HOMOGÉNEAS A LAS QUE CORRESPONDEN.	90
FIGURA 5-11. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL CRECIMIENTO POBLACIONAL POR SECTORES DE ZONAS HOMOGÉNEAS.	92
FIGURA 5-12. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA NECESIDAD DE ALMACENAMIENTO POR SISTEMA EN M ³ EN PROYECCIÓN AL AÑO 2030.	97
FIGURA 5-13. REPLANTEO PLAN MAESTRO, OBRAS A EJECUTAR EN EL ACUEDUCTO SAN JERÓNIMO ABAJO.	100
FIGURA 5-13. CAMBIO DE DIÁMETRO DE TUBERÍA EN EL SISTEMA SAN JERÓNIMO ABAJO TANQUES 2 Y 3.....	101
FIGURA 5-14. SISTEMA SAN JERÓNIMO ABAJO, MODELADO CONFORME LOS REQUERIMIENTOS DE CAUDAL PARA LA PROYECCIÓN DE POBLACIÓN AL AÑO 2030, EN EL MOMENTO DE MENOR CONSUMO (UNA HORAS).....	102

FIGURA 5-15. SISTEMA SAN JERÓNIMO ABAJO, MODELADO CONFORME LOS REQUERIMIENTOS DE CAUDAL PARA LA PROYECCIÓN DE POBLACIÓN AL AÑO 2030, EN EL MOMENTO DE MAYOR CONSUMO + CAUDAL CRÍTICO DE INCENDIO (DIEZ HORAS).	103
FIGURA 5-16. SISTEMA SAN JERÓNIMO ABAJO, MODELADO CONFORME LOS REQUERIMIENTOS DE CAUDAL PARA LA PROYECCIÓN DE POBLACIÓN AL AÑO 2030, EN EL MOMENTO DE MAYOR CONSUMO (DIEZ HORAS).	104
FIGURA 5-17. DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE PROTECCIÓN DE NACIENTES, ZONA DE MANANTIALES PARA LA POBLACIÓN EN ESTUDIO.	105
FIGURA 5-18. UBICACIÓN DE LOS HIDRANTES EN LA ZONA SAN JERÓNIMO ABAJO.	106
FIGURA 5-19. CURVAS PRESIÓN - CAUDAL VS TIEMPO PARA EL HIDRANTE A COLOCAR EN EL SECTOR PUEBLO NUEVO.	107
FIGURA 5-20. CURVAS PRESIÓN - CAUDAL VS TIEMPO PARA EL HIDRANTE A COLOCAR EN EL SECTOR ENTRADA CALLE CEMENTERIO.	108
FIGURA 5-21 CURVAS PRESIÓN - CAUDAL VS TIEMPO PARA EL HIDRANTE A COLOCAR EN EL SECTOR 200 ESTE DE LA ANTIGUA GUARDIA RURAL.	109
FIGURA 5-22 CURVAS PRESIÓN - CAUDAL VS TIEMPO PARA EL HIDRANTE A COLOCAR ESQUINA SURESTE DE LA ESCUELA.	110
FIGURA 5-23. CURVAS PRESIÓN - CAUDAL VS TIEMPO PARA EL HIDRANTE A COLOCAR ESQUINA NORESTE DE LA IGLESIA.	111
FIGURA 5-24. CURVAS PRESIÓN - CAUDAL VS TIEMPO PARA EL HIDRANTE A COLOCAR ESQUINA NORESTE DE LA IGLESIA.	112
FIGURA 5-25. CURVAS PRESIÓN - CAUDAL VS TIEMPO PARA EL HIDRANTE A COLOCAR EN ENTRADA A COLEGIO EXPERIMENTAL BILINGÜE.	113
FIGURA 5-26. CURVAS PRESIÓN - CAUDAL PARA EL HIDRANTE A COLOCAR FRENTE A LA HACIENDA.	114
FIGURA 5-27. ORGANIZACIÓN PROPUESTA PARA LA EJECUCIÓN DE ESTE TRABAJO.	120
FIGURA 8-1.- COMPARACIÓN DE DISTINTOS MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE POBLACIÓN.(UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, 2009)	136
FIGURA 8-2. EJEMPLIFICACIÓN DE VARIACIÓN DE CONSUMO DURANTE EL DÍA. (UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, 2009)	137

FIGURA 8-3.-. SIMBOLOGÍA A UTILIZAR EN PLANOS(INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS A Y A, 19 DE MARZO DE 2007).....	144
FIGURA 8-4.-. UBICACIÓN DE TUBERÍAS Y PREVISTAS DOMICILIARIAS(INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS A Y A, 19 DE MARZO DE 2007).....	146
FIGURA 8-5.-. CONEXIÓN PARA HIDRANTE(INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS A Y A, 19 DE MARZO DE 2007).....	147
FIGURA 8-6.-. CONEXIÓN PARA HIDRANTE(INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS A Y A, 19 DE MARZO DE 2007).....	148
FIGURA 8-7.-. INSTALACIÓN DE LAS ACOMETIDAS DOMICILIARES(INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS A Y A, 19 DE MARZO DE 2007).....	149

Índice de Cuadros

CUADRO 2-1. NORMAS AYA (1984)	13
CUADRO 3-1. POBLACIÓN TOTAL CERRADA POR SEXO, PARA EL DISTRITO 05 DEL CANTÓN DE NARANJO AL 30 DE JUNIO DE 2009(INEC, 2009)	16
CUADRO 3-2. ÍNDICE Y DIMENSIONES DEL DESARROLLO HUMANO A NIVEL CANTONAL. AÑOS 2000-2004.....	16
CUADRO 3-3. AFOROS PUNTUALES EN CADA UNA DE LAS NACIENTES Y TANQUE DE REUNIÓN VER FIGURA 3-8.....	26
CUADRO 3-4. RESULTADOS DE MEDICIÓN DE 24 H, OBTENIDOS DEL CUADRO 10-1.....	32
CUADRO 3-5. RESULTADOS DE MEDICIÓN DE 24 H, OBTENIDOS DEL CUADRO 10-2.....	34
CUADRO 3-6. ANÁLISIS DE RIESGO Y VULNERABILIDAD AMBIENTAL DE LAS FUENTES DE AGUA DEL DISTRITO DE SAN JERÓNIMO.....	47
CUADRO 3-7. RESUMEN DE LAS TUBERÍAS EN LA RED DE CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN ACTUAL PARA EL SUBSISTEMA SAN JERÓNIMO ABAJO.....	51
CUADRO 3-8. RESUMEN DE LAS TUBERÍAS EN LA RED DE CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN ACTUAL PARA EL SUBSISTEMA SAN JERÓNIMO ARRIBA.....	51
CUADRO 3-9. CONTABILIZACIÓN DE PROPIEDADES Y REGISTRO DE POBLACIÓN POR SUBSISTEMA PARA EL AÑO 2009	52
CUADRO 3-10. CAUDAL REQUERIDO PARA LOS SISTEMAS ACTUALES.....	53
CUADRO 4-1. INFORMACIÓN DE LA FIGURA 4-1, TOMADA DEL SISTEMA DE MODELACIÓN....	57
CUADRO 4-2. INFORMACIÓN DE LA FIGURA 4-1, TOMADA DEL SISTEMA DE MODELACIÓN....	58
CUADRO 4-3. TABLA RESUMEN PARA EL CÁLCULO DE LA LÍNEA DE ENERGÍA	58
CUADRO 4-4. LÍNEA DE ENERGÍA PARA LA COMPROBACIÓN DEL MODELO PARA LA CONDUCCIÓN DEL SISTEMA SAN JERÓNIMO ABAJO.....	59
CUADRO 4-5. COMPARACIÓN DE DATOS CALCULADOS Y OBSERVADOS PARA UN PERIODO DE 24 H EN EL SECTOR DE SAN JERÓNIMO ABAJO PARA LA CORROBORACIÓN DE LA CALIBRACIÓN DEL MODELO.....	61
CUADRO 4-6. COMPARACIÓN DE DATOS CALCULADOS Y OBSERVADOS PARA UN PERIODO DE 24 H EN EL SECTOR DE SAN JERÓNIMO ARRIBA PARA LA CORROBORACIÓN DE LA CALIBRACIÓN DEL MODELO.....	63

CUADRO 5-1. VIVIENDAS UBICADAS POR SECTORES PARA EL ÁREA EN ESTUDIO COMO INFORMACIÓN BASE PARA LA PROYECCIÓN DE POBLACIÓN POR SECTORES.	86
CUADRO 5-2. TOTAL DE LA POBLACIÓN A PARTIR DE INFORMACIÓN SEGÚN CENSOS Y SU PROYECCIÓN UTILIZANDO TRES TIPOS DE RAZONAMIENTOS.....	87
CUADRO 5-3. PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN POR ZONA.....	89
CUADRO 5-4. CARACTERIZACIÓN DE LOS TANQUES Y ZONAS DE DOTACIÓN.	90
CUADRO 5-5. ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN POR ZONAS HOMOGÉNEAS UTILIZANDO LOS DATOS DE PROYECCIÓN PARA LA LÍNEA META DE ESTUDIO.	91
CUADRO 5-6. CAUDAL PROMEDIO DE CONSUMO SEGÚN ANÁLISIS REALIZADO A LOS DATOS OBTENIDOS DEL PROMEDIO DE CONSUMO REGISTRADO EN LA MUNICIPALIDAD Y REGISTRO POR MEDICIONES PUNTUALES.	93
CUADRO 5-7. CAUDAL REQUERIDO A PARTIR DE LAS PROYECCIONES REALIZADAS POR SUBZONA.	93
CUADRO 5-8 . CAUDAL REQUERIDO A PARTIR DE LAS PROYECCIONES REALIZADAS POR SUBZONA SUPONIENDO UNA DISMINUCIÓN DEL A.N.C A UN 25%.	94
CUADRO 5-9. REQUERIMIENTO DE CAUDAL PROYECTADO POR ZONA HOMOGÉNEA PARA EL PROYECTO EN ESTUDIO.	94
CUADRO 5-10. VOLUMEN DE ALMACENAMIENTO REQUERIDO PARA UN PERIODO DE EVALUACIÓN DE 20 AÑOS.	95
CUADRO 5-11. VOLUMEN REQUERIDO CON RESPECTO AL VOLUMEN ACTUAL PARA EL SISTEMA EN ESTUDIO A UNA LÍNEA META DE 20 AÑOS.....	96
CUADRO 5-12. VOLUMEN FALTANTE PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN DE UN NUEVO TANQUE PARA EL SISTEMA SAN JERÓNIMO A UNA LÍNEA META DE 20 AÑOS.	97
CUADRO 5-13. RESUMEN DE DIÁMETROS DE TUBERÍA PARA EL SISTEMA SAN JERÓNIMO ABAJO, EN LA ACTUALIDAD.....	99
CUADRO 5-14. RESUMEN DE DIÁMETROS DE TUBERÍA PARA EL SISTEMA SAN JERÓNIMO ABAJO, PROYECTADO A FUTURO.....	99
CUADRO 5-15. TOTAL DE TUBERÍA A CAMBIAR PARA UN DISEÑO ÓPTIMO DE RED DE DISTRIBUCIÓN PARA EL SECTOR SAN JERÓNIMO ABAJO.	99
CUADRO 5-16. COMPONENTES DE INVERSIÓN POR OBRAS DE MANTENIMIENTOS, OPERACIÓN Y DISEÑO DEL ACUEDUCTO SAN JERÓNIMO PARA UNA LÍNEA META DE 20 AÑOS.....	115

CUADRO 8-1. RECOMENDACIONES PARA PERIODOS DE DISEÑO (A Y A, 13 DE SETIEMBRE DEL 2001).....	128
CUADRO 8-2. LAS DOTACIONES BRUTAS PARA EL DISEÑO SERÁN(A Y A, 13 DE SETIEMBRE DEL 2001).....	129
CUADRO 8-3. CAUDAL DE INCENDIO Y VOLUMEN REQUERIDO(A Y A, 13 DE SETIEMBRE DEL 2001).....	130
CUADRO 8-4. VELOCIDADES PERMISIBLES PARA TUBERÍAS A PRESIÓN (A Y A, 13 DE SETIEMBRE DEL 2001)	133
CUADRO 8-5. DOTACIÓN NETA Y SUS VARIACIONES, PÉRDIDAS Y COEFICIENTES PUNTAS. (UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, 2009).....	137
CUADRO 8-6. PATRONES DE CONSUMO MÍNIMOS PARA DOTACIONES DE DISEÑO	139
CUADRO 8-7. COEFICIENTES MÁXIMOS PARA LA FORMULA DE HAZEN WILLIAM(INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS A Y A, 19 DE MARZO DE 2007)	140
CUADRO 8-8 NORMAS INTECO EN TUBERÍAS PARA ABASTECIMIENTO(INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS A Y A, 19 DE MARZO DE 2007)	143
CUADRO 9-1. FORMULARIO PARA LA CONCESIÓN DE AGUAS DEL DEPARTAMENTO DE AGUAS DEL MINAET. (TRAMITES GUBERNAMENTALES, 2010).....	150
CUADRO 9-2. PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA PRIMER NIVEL DE CONTROL N1 (DECRETO N° 32327)	

Parámetro	Unidad	Valor Recomendado	Valor Máximo Admisible
Coliforme fecal	NMP/100 mL o UFC/100 mL	Ausente	Ausente
Escherichia coli ^a	NMP/100 mL o UFC/100 mL	Ausente	Ausente
Color aparente	mg/L (U - Pt-Co)	5	15 b
Turbiedad	UNT	<1	5 b
Olor	—	Debe ser aceptable	Debe ser aceptable
Sabor	—	Debe ser aceptable	Debe ser aceptable
Temperatura	°C	18	30
pHc	Valor pH	6.5	8.5
Conductividad	µS/cm	400	
Cloro Residual Libre	mg/L	0.3	0.6
Cloro Residual Combinado	mg/L	1.0	1.8

..... 158

CUADRO 9-3. PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA SEGUNDO NIVEL DE CONTROL N2 (DECRETO N° 32327).....	158
CUADRO 9-4. PARÁMETROS DE CALIDAD DE AGUA TERCER NIVEL DE CONTROL N3 (DECRETO N° 32327)	159
CUADRO 9-5. DATOS OBTENIDOS EN EL MUESTREO PUNTUAL DE LAS NACIENTES LOS ROBLES.	159
CUADRO 10-1. REGISTRO DE DATOS DE PRESIÓN Y CAUDAL PARA EL SISTEMA SAN JERÓNIMO ABAJO, MEDICIONES PUNTUALES EN 24 HORAS.....	160
CUADRO 10-2 REGISTRO DE DATOS DE PRESIÓN Y CAUDAL PARA EL SISTEMA SAN JERÓNIMO ARRIBA, MEDICIONES PUNTUALES EN 24 HORAS	161
CUADRO 10-3. TUBERÍA DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN EXISTENTE PARA EL ACUEDUCTO SAN JERÓNIMO ABAJO.	163
CUADRO 10-4. TUBERÍA DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN PROPUESTA PARA EL ACUEDUCTO SAN JERÓNIMO ABAJO.	168
CUADRO 10-5. COMPONENTES DE INVERSIÓN PARA LA LÍNEA META DE ESTUDIO, OBRAS Y DESCRIPCIÓN.....	174
CUADRO 10-6. COSTOS DE INVERSIÓN PARA TODAS LAS OBRAS PROPUESTAS DE MEJORA EN EL ACUEDUCTO SAN JERÓNIMO.	177

Capítulo 1.- Introducción

1.1 Antecedentes

La comunidad de San Jerónimo ha tenido problemas de abastecimiento de agua potable desde años anteriores, aunque tiene un servicio de agua potable estable, no se prevé el crecimiento ni la demanda a futuro.

En la actualidad el acueducto que abastece a esta pequeña comunidad de agua potable, consta de dos tanques de almacenamiento en funcionamiento construidos hace ya más de 20 años. Las fuentes de abastecimiento de estos tanques están constituidas por tres nacientes pequeñas que son conducidas por un tramo de tubería de aproximadamente 2 km la cual presenta problemas de diseño y por ende problemas técnicos de conducción.

Para desarrollar una solución permanente a los problemas de abastecimiento se tienen las primicias de realizar una investigación técnica para dotar de una solución factible y de calidad a la ampliación de la red de abastecimiento de agua potable.

El faltante de agua potable ha sido responsable de un rezago en el desarrollo industrial, agrícola y económico de la comunidad y por consiguiente la migración de empresas hacia lugares aledaños, viéndose afectado seriamente el desarrollo económico de la localidad.

La Figura 1-1 muestra la ubicación geográfica del distrito a evaluar.

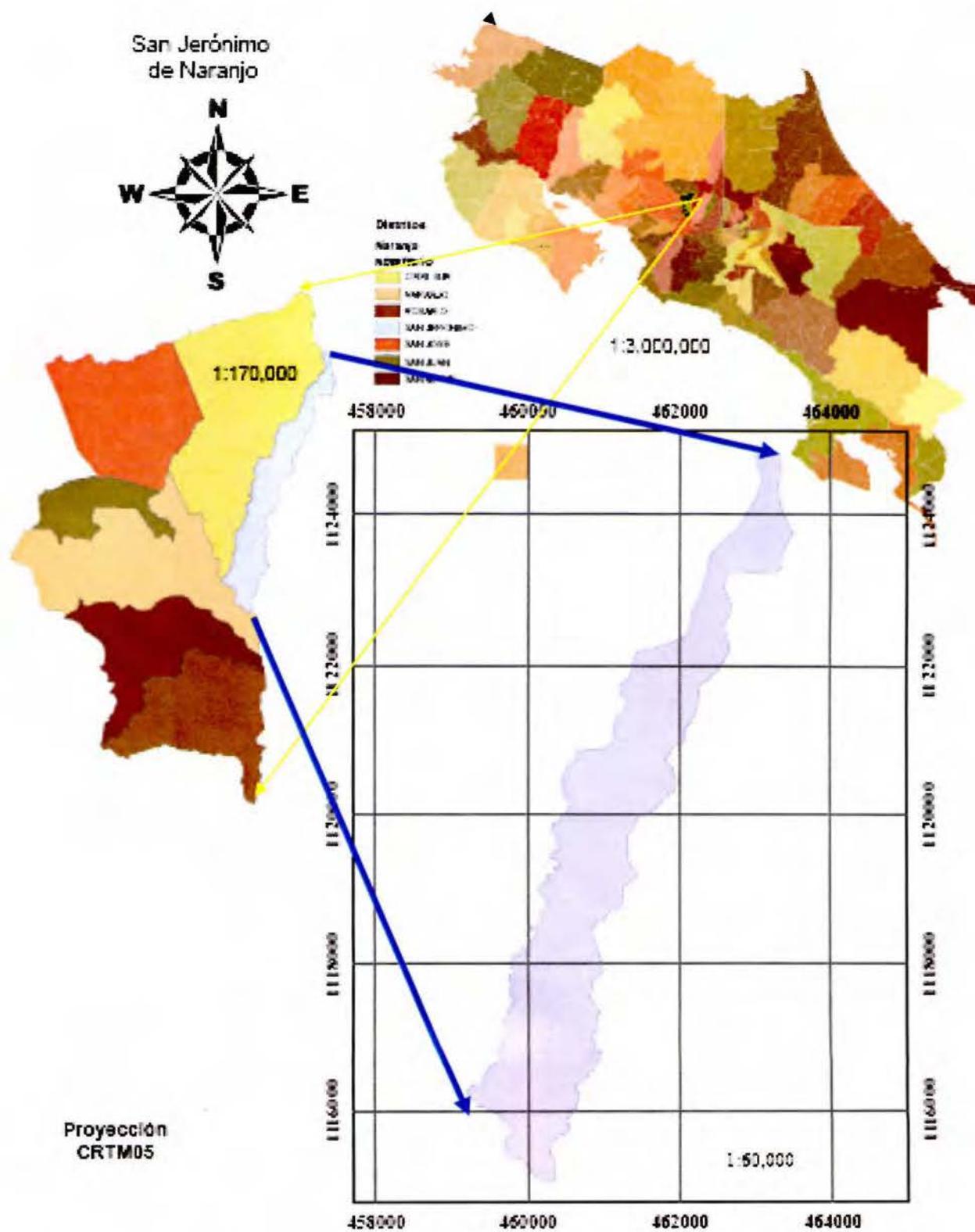


Figura 1-1.- Ubicación de la zona de estudio del acueducto de la comunidad de San Jerónimo.

1.2 Objetivos y metas

1.2.1 Objetivo General

Diseñar un sistema de acueductos eficiente y económico y de calidad con el fin de suplir de agua potable a la comunidad de San Jerónimo a una línea meta de 20 años.

1.2.2 Objetivos Específicos

1. Realizar un compendio de leyes y reglamentos para la ejecución, operación y mantenimiento de un nuevo acueducto.
2. Identificar la demanda de agua potable a futuro a partir de datos demográficos.
3. Identificar las fuentes de agua potable a ser analizadas.
4. Evaluar las estructuras de captación de las nuevas fuentes de agua potable.
5. Evaluar el sistema de conducción de tuberías
6. Diseñar la ubicación idónea de los tanques de almacenamiento y otros
7. Diseño de la red.
8. Proponer un plan de mantenimiento y operación preventivo.
9. Presentar planos de las tuberías
10. Presentar un cuadro con costos y prioridades

1.3 Alcances y Limitaciones

Los alcances del presente trabajo, serán determinados por los factores que así lo condicionen, tomando a consideración que los factores que limitan los alcances descienden directamente de los objetivos planteados, hasta yacer en su enfoque.

Los principales aspectos que determinan los alcances serán:

1.3.1 Enfoque y tipo de estudio

El presente trabajo presenta un enfoque de estudio de las condiciones actuales y futuras a una línea meta de 20 años del acueducto, el mismo ubicado en el distrito quinto del Cantón de Naranjo, y conducente únicamente a los sectores administrados por la Municipalidad de Naranjo.

Se toma en cuenta aspectos ligados al diseño de la conducción como materiales, población, consumo, fines utilitarios, distribución espacial, normativa vigente, calidad, fuentes de abastecimiento, etc.

1.3.2 Disponibilidad y operatividad de Datos.

Se pretende trabajar con la recolección de datos "in situ", trabajo de campo, obtener datos de aforos, utilizar documentos que rigen en la normativa nacional e internacional para la operación, el diseño y el mantenimiento de acueductos rurales de agua potable.

Se cuenta con el apoyo de la cartografía y fotografías aéreas del proyecto BID Catastro, y se poseen datos de ubicación de fuentes de abastecimiento (nacientes) extendidas por el cuerpo de aguas del MINAET.

En cuanto a información de población se realizará con los índices demográficos de la zona utilizando información porcentual, ya establecida, por fuentes de información confiable.

En cuanto a la demanda, se realizara mediante los datos de consulta bibliográficos, se realizará un muestreo en sitio de medición de caudal y presión durante 24h para conocer el comportamiento típico de consumo, ya que actualmente no se cuenta con información para realizar este tipo de aproximación. De igual manera se realizará una estimación de caudal y la modelación de la distribución actual para obtener los caudales, velocidades, presiones y otros datos importantes para la toma de decisiones.

1.3.3 Tratamiento de la información.

Se pretende hacer uso de herramientas computacionales como sistemas de información geográficos, software de soporte que permiten modelar las redes de abastecimiento y las líneas de conducción, para la toma de decisiones y descripción de los

procesos de mantenimiento y operación que se deben realizar, así como el diseño óptimo de la conducción, la selección de las fuentes de abastecimiento y demás.

1.4 Justificación

Es un derecho de los habitantes de una comunidad el tener fuentes de agua potable de calidad y asegurarse de un abastecimiento óptimo del vital líquido.

Como es de interpretar un acueducto de esta índole tiene alta vulnerabilidad a problemas de abastecimiento por lo que es importante enlazar un diseño óptimo con un plan de mantenimiento y operación con el fin de obtener un acueducto que pueda funcionar a su capacidad de diseño. En la actualidad no existen problemas de abastecimiento importantes, sin embargo se está realizando un desarrollo poblacional en la zona. Adicionalmente, en la infraestructura actual no se previó la ley de Hidrantes que es hoy una realidad, por lo que en el diseño debe de ser tomado a consideración.

Se debe tener en cuenta que la ingeniería en el tema abastecimiento de agua potable y saneamiento viene a suplir de soluciones a tres grandes factores en un diseño que son:

Cantidad: mínimo que necesitará una comunidad para suplir sus necesidades. Si el abasto es inferior a la cantidad mínima se producirán limitaciones que afectarán de forma negativa a su actividad, higiene, bienestar, calidad de vida, etc.

Calidad: Factor necesario para el servicio a los usos previstos, en el límite de eficiencia, esta calidad se basa principalmente en los tóxicos en el agua, tanto de sales, químicos, así como bacteriológicos.

Localización: Implica conducir la cantidad requerida con la presión y calidad necesaria que se provee desde la fuente hasta el punto de consumo.



Figura 1-2.- Conducción en riesgo por su exposición. (Cubero 2009)

El proyecto en un principio beneficiará a unas 800 familias que reciben el servicio del sistema en la actualidad y que pretende observar las condiciones y realizar propuestas a una línea meta de 20 años, por lo que es de impacto social y que redundará en la calidad de vida de los habitantes de la comunidad.

1.5 Metodología

Para este trabajo se siguió la metodología propuesta a continuación:

1.5.1 Análisis y caracterización del sistema actual

En este apartado se estudió la zona para la identificación de las fuentes de abastecimiento, los tanques de almacenamiento, las válvulas de los diversos tipos, la tubería de conducción y distribución actual. Para tener criterios claves y técnicos para realizar un análisis exhaustivo de las mejoras a futuro. Se procedió a realizar aforos de las distintas fuentes de abastecimiento, estudios de calidad y potabilidad de agua, el estado y conservación de la cuenca tomando a consideración los factores de riesgo, el análisis de las

zonas de protección de las fuentes de abastecimiento. Se estudió el riesgo, y vulnerabilidad de las captaciones y manantiales.

Adicionalmente, se realizó un inventario, realizando un recorrido del sistema de abastecimiento (conducción), iniciando desde la Naciente San Jerónimo 1 y Naciente San Jerónimo 2 hasta el tanque San Jerónimo arriba y San Jerónimo abajo. De igual manera se realizó un inventario y recorrido reconociendo el sistema de distribución actual y sus componentes tomando a consideración los tanques de almacenamiento, la red de distribución, y realizando un análisis de los patrones de consumo actuales.

Posteriormente, se realizó una gestión del sistema en general donde se obtienen conclusiones y recomendaciones que sirven de base para construir las soluciones y mejoras proyectadas a futuro del sistema actual el cual incluye el estudio de los aspectos ligados a las instituciones afectadas (bomberos, centros de salud, otros). Se realizó una clasificación de la información para realizar la gestión del sistema por enfoques. Se realizaron evaluaciones de aspectos de operación y mantenimiento con el fin de obtener un sistema eficiente, se tocaron aspectos financieros y tarifarios, y por consiguiente se tomaron a consideración los aspectos ligados al comercio de servicios de agua potable.

1.5.2 Análisis y proyección

Para el análisis y proyección de dotación futura se realizaron estudios poblacionales, donde se consideró aspectos de población actual y distribución espacial de la población, proyección de la población tomada de fuentes fidedignas de la población para el año 2030, y de igual manera se identificó la distribución espacial de la proyección aproximada para obtener una conducción para el consumo al año 2030.

Se realizó un estudio detallado del consumo actual y futuro siguiendo algunos lineamientos como: Consumo actual, agua no contabilizada, mecanismos de macro y micro medición, y finalmente se realizó un balance hídrico de la situación actual y futura.

1.5.3 Etapa final del estudio

Todo esto permite dar lugar al estudio de diseño del sistema para la línea meta establecida, con todos los requerimientos encontrados en la literatura para el desarrollo del término de este diseño.

Una vez obtenida la información, se procedió al análisis exhaustivo de los mismos, las conclusiones que de él surgieron y la elaboración de los datos necesarios para el cálculo y diseño de los distintos componentes del sistema a proyectar.

Capítulo 2.- Leyes, Normas y Reglamentos que afecten la ejecución, operación y mantenimiento de un acueducto.

En este capítulo se describe la normativa y los estatutos que marcan las pautas a respetar y seguir en la construcción de un acueducto, como base modelo para diseño, otros para operación y mantenimiento, se analiza cada una de ellas y se resume en la medida de afectación en el desarrollo de un plan maestro.

Es de gran importancia el tener a consideración la normativa vigente para cualquier desarrollo de esta índole con el fin de cumplir a cabalidad y conocer más a fondo las directrices nacionales.

2.1 Reglamento para la operación y administración del acueducto de la Municipalidad de Naranjo.

Este reglamento nos brinda un panorama de lo que respecta a la legislación vigente de la Municipalidad de Naranjo, por lo que se hace un extracto de la afectación en específico para este proyecto.

En su artículo dos se explica que el reglamento regulará la organización y funcionamiento municipal en cuanto la prestación, facturación, registro y cobro a través de sus dependientes.

En el artículo cuatro el reglamento expresa que la municipalidad prestará el servicio de agua potable, tomando las medidas necesarias para asegurar la operación, mantenimiento, la adecuada calidad de agua potable, mejoras, desarrollo, inversiones y servicio de las deudas. Que a su vez está obligada a prestar el servicio de agua a todos los propietarios y poseedores de inmuebles construidos, dedicados al trabajo o residencia de personas, cuando las redes del sistema pasen frente a las propiedades y los inmuebles cumplan con todos los requisitos de las leyes nacionales y reglamentos municipales.

El artículo 12 clasifica los usos que se cobran, para la clasificación de los usos y su respectivo cobro, indicados en el artículo 5º de este reglamento, la Municipalidad establece las cinco categorías, a las cuales les corresponde una tarifa en específico.

2.2 Legislación que se aplica en toda su extensión en la ejecución y manejo de un plan maestro de agua potable:

- El reglamento para la evaluación y clasificación de la calidad de cuerpos de Agua superficiales – No 33903-MINAE-S. (MINAET, 1998)

Esta ley delimita el proyecto, dando a conocer las pautas de calidad de agua tomando a consideración los parámetros físicos y químicos, para la clasificación o reclasificación de calidad de cuerpos de agua, utilizando el índice holandés de valoración de la calidad de agua potable, dividiendo en clases los resultados y analizándolos para cada uso en específico.

El reglamento establece cinco clases de calidad de agua, sin embargo para agua potable debe de cumplir todos los requisitos que afectan a la clase uno.

- Ley General de Salud No 5395.(Legislación Nacional, 1999)

Esta ley indica en su artículo 265 y posteriores sobre la normativa que se debe cumplir con respecto al abastecimiento de agua potable en forma continua y con presión necesaria. Sin embargo no limita el diseño del mismo

- Ley Orgánica del ambiente No 7554(MINAE, 1995)

Esta ley en el Capítulo 10 dedicado al recurso agua, en el artículo 50 y posteriores, indica sobre la condición del agua que es de dominio público, y de interés social. Para lograr esto señala las pautas y criterios a tomar en consideración así como sus aplicaciones para el uso del recurso. Limita el proyecto con afectaciones físicas-ambientales que hay que considerar.

- Ley de aguas 276(Legislacion Nacional, 1946)

Marca los esquemas relacionadas a la utilización y manejo del recurso hídrico y las zonas aledañas, apuntando a que las aguas son propiedad nacional y el dominio sobre ellas no se pierde.

- Código Municipal (7794)(Legislacion Nacional, 1999)

Este código interfiere en la parte de administración y operación del sistema. No limita el diseño.

- Normas y Reglamentos que influyen en la construcción de obras
 - Código Sísmico (Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos, 2002)

Establece las normas de diseño para construcciones en obra gris y estructuras de contención, tanques de almacenamiento, y otras obras civiles.

La clasificación de la construcción de sistemas de almacenamiento de agua potable corresponde al Grupo A por lo tanto debe cumplir con la normativa para este apartado.

- Ley General de Caminos y sus Reformas No 5060 (Legislación Nacional, 1972).

Solamente afecta en que el acueducto tienen una servidumbre de paso la cual debe ser registrada.

- Normas y procedimientos de diseño para proyectos de Urbanizaciones y condominios del AYA, (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados A y A, 19 de marzo de 2007)

Afecta en su totalidad el diseño de las obras hidráulicas, tanto en urbanizaciones como en el diseño de nuevos acueductos, al igual que las normas para el diseño de proyectos de abastecimiento de agua potable, que son normas mínimas a contemplar que no se pueden dejar de lado, en los anexos, se identifican las afectaciones teóricas que tiene esta norma.

- Normas del Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica para diseño y construcción de instalaciones sanitarias y mecánicas.
- Norma técnica: hidrómetros para el servicio de acueducto. (ARESEP, 14 de octubre de 2008)

Esta norma contempla la afectación del servicio medido y los estándares de calidad y operación de los micromedidores o hidrómetros.

- Ley General de Agua potable, Ley 1634 1953.

Esta es una de las más importantes, ya que declara de utilidad pública el planeamiento, la proyección y ejecución de las obras de abastecimiento de agua potable.

- Reglamento para la calidad del agua potable. Decreto N° 32327

Indica los parámetros reales con los cuales debe cumplir una fuente para poder ser utilizada como agua potable (ver Cuadro 9-2, Cuadro 9-3 y Cuadro 9-4)

- Reglamento de normas técnicas y procedimientos para el mantenimiento preventivo de los sistemas de abastecimiento de agua, Decreto N° 2001-175.

Expone que los entes administradores serán quienes deben garantizar el cumplimiento de las normas técnicas, y a su vez indica que es deber de los entes operadores integrar como costos de inversión del sistema los costos de regulación, inspección, asesorías, supervisión, inscripción de caudales, y todos los demás costos.

Se debe solicitar la asignación de las aguas mediante la concesión de las mismas por el departamento de aguas del MINAE.

Las estructuras deberán ser pintadas color celeste

Se deben registrar las servidumbres ante el Registro Nacional.

Se establece la periodicidad con que debe realizarse el mantenimiento óptimo de las estructuras del sistema de acueducto.

- Normas para el diseño de proyectos de abastecimiento de agua potable en Costa Rica. (A y A, 13 de setiembre del 2001)
- Normas INTECO
 - a. INTE 16-02-01-2005 parte I
 - b. INTE 16-02-01-2005 parte II
 - c. INTE 16-05-02:1995
 - d. INTE 16-05-08-2001
 - e. INTE ISO 14236-2001

Estas normas afectan en cuanto a calidad de materiales de construcciones de un acueducto, uniones de materiales, así como presión de diseño de los mismos.

- Reglamento de la ley de declaratoria del servicio de hidrantes como servicio público y reformas (Legislación Nacional, 2009)

Es una de las leyes que más afecta el diseño ya que se debe considerar su operación en emergencia sin dejar de lado la operación normal del acueducto, el acueducto debe tener la capacidad para mantener en operación óptima el sistema de hidrantes.

Todo esto debe de llevarse a cabo con la coordinación del Benemérito Cuerpo de Bomberos.

- Normas AyA

Cuadro 2-1. Normas AyA (1984)

AYA-101	Tubería a presión y accesorios de hierro dúctil
AYA-102	Tubería a presión y accesorios de hierro fundido
AYA-103	Tubería a presión y accesorios de hierro galvanizado (HG)
AYA-105	Tubería a presión y accesorios de asbesto cemento
AYA-110	Tubería a presión y accesorios de cloruro de polivinilo (PVC)
AYA-124	Tubería a presión y accesorios de cloruro de polivinilo (PVC) para alcantarillados
AYA-151	Tubería a presión y accesorios: Uniones flexibles
AYA-152	Tubería a presión y accesorios: Uniones Gibault
AYA-153	Tubería a presión y accesorios: Uniones flexibles de reparación de uniones de campana
AYA-154	Tubería a presión y accesorios: Collares de unión
AYA-160	Tubería a presión y accesorios: Sillas de derivación
AYA-200	Válvulas
AYA-201	Válvulas de compuerta
AYA-202	Válvulas de mariposa
AYA-203	Válvulas de compuerta de materiales termoplásticos
AYA-210	Válvulas de retención horizontal
AYA-214	Válvulas de lengüeta
AYA-240	Válvulas de bola de materiales termoplásticos
AYA-250	Válvulas reductora de presión
AYA-255	Válvulas de alivio de presión

AYA-260	Válvulas de flotador
AYA-265	Válvulas de altitud
AYA-270	Válvulas de aire
AYA-280	Válvulas de bronce
AYA-332	Equipo de cloración
AYA-351	Manómetros
AYA-501	Hidrómetros domiciliarios a velocidad de chorros múltiples
AYA-502	Hidrómetros domiciliarios volumétricos
AYA-510	Cajas de protección para hidrómetros
AYA-600	Materiales de construcción
AYA-610	Cinchas apoyos soportes y peldaños para cajas de válvulas
AYA-100	Construcción en concreto
AYA-100	Excavaciones para estructuras
AYA-101	Instalación de tubería a presión y obras complementarias
AYA-103	Tanques de acero
AYA-200	Seguridad

Todas y cada una de estas normas afectan en la ejecución de las obras y la colocación de accesorios en el diseño de acueductos, por lo tanto no se puede dejar de lado su conocimiento y ejecución.

2.3 Conclusiones y Recomendaciones

- Sin duda alguna, tomar a consideración las leyes y reglamentos de la legislación nacional evita complicaciones en los estudios y ejecución de proyectos a futuro.
- Se debe dar énfasis a las normas del AyA para el diseño de proyectos de abastecimiento de agua potable, en especial las normas nacionales para mantenimiento y operación del acueducto, con el objetivo de tener una eficiencia de operación del sistema en la línea meta a contemplar.

- Obviar alguna de estas Normas sería perjudicial para la ejecución, planeación, diseño y construcción de un acueducto que podría contener complicaciones subsiguientes.

Capítulo 3.- Sistema Actual

3.1 Caracterización del sistema actual

El distrito de San Jerónimo de Naranjo, distrito número cinco del cantón sexto de la provincia de Alajuela, sus coordenadas geográficas se delimitan por las coordenadas geográficas 84°22'22,6W, 10°10'21.6N y 84°19'52,5W, 10°4'57,6N, tiene una anchura máxima de 1500 metros con dirección Este – Oeste, desde el río Cócora hasta el Río Molino y con un área aproximada de 912.77 hectáreas. La elevación promedio del centro poblacional es de 1110 msnm.

3.1.1 Población y Calidad de Vida

Su economía se basa en actividades agrícolas y algunos ciudadanos deben de viajar a la capital del país para encontrar trabajo debido a lo escaso del mismo en la zona. A raíz de esta situación, los índices de criminalidad y de inseguridad ciudadana viene aumentando en los últimos meses, situación que debilita la condición de la comunidad.

Dentro de sus principales cultivos se encuentra el café, el cual durante muchos años fue la principal fuente de sustento de esta localidad, forrajes para el consumo de animales bovinos, algunas hortalizas, entre otros menores.

Cuadro 3-1. Población total cerrada por sexo, para el distrito 05 del cantón de Naranjo al 30 de Junio de 2009(INEC, 2009)

Distrito	Total	Hombres	Mujeres
San Jerónimo	3 096	1 576	1 520

3.1.2 Índice de desarrollo humano

Cuadro 3-2. Índice y dimensiones del Desarrollo Humano a nivel cantonal. Años 2000-2004.

Cantón Naranjo	2000	2001	2002	2003	2004
Índice de esperanza de vida	0,880	0,869	0,924	0,846	0,871
Índice de conocimiento					

	0,792	0,795	0,816	0,824	0,814
Índice de poder adquisitivo					
	0,439	0,425	0,429	0,439	0,438
Índice de Desarrollo Humano					
	0,703	0,697	0,720	0,703	0,707

3.1.3 Actividades económicas más importantes

Porcentaje de población ocupada por sector de actividad en el cantón de Naranjo. Censos 1984 y 2000.

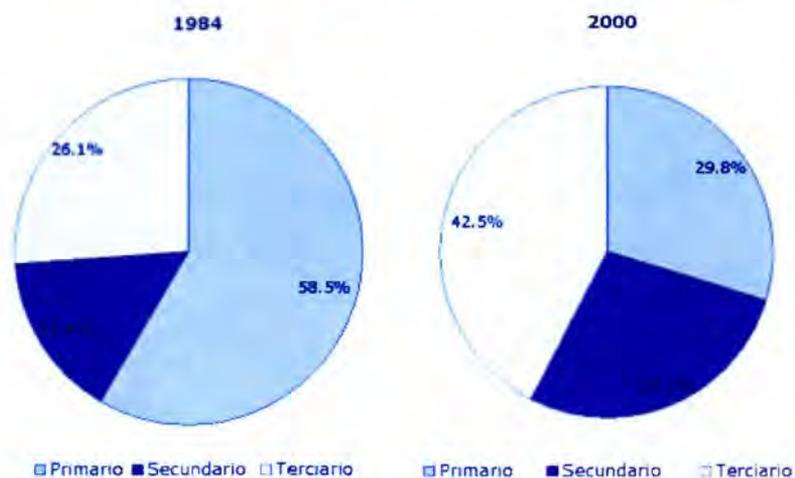


Figura 3-1. Porcentaje de población ocupada por sector de actividad en el cantón de Naranjo. (Centro Centroamericano de Población, 2003)

En este gráfico se identifican las principales actividades económicas del cantón de Naranjo que por su condición cantonal se puede presentar internamente en los distritos de igual medida por lo tanto los porcentajes son representativos para el distrito quinto de Naranjo. Se observa como se ha desplazado el sector primario y ha reducido su porcentaje de representación en las actividades.

En cuanto a información de desarrollo humano se obtiene el siguiente gráfico de datos tomados del Atlas de Desarrollo Humano Cantonal hasta el año 2007.

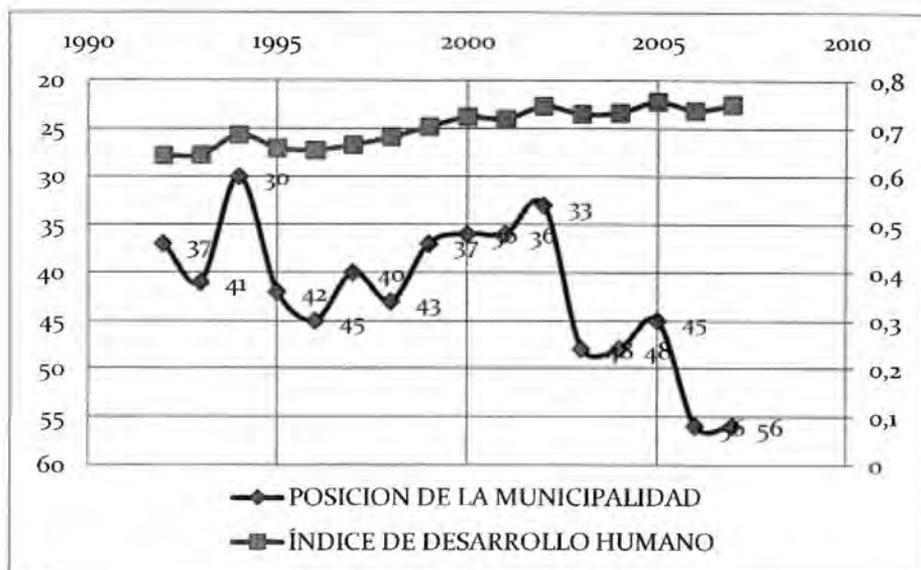


Figura 3-2. Índice de desarrollo Humano para el cantón de Naranjo y sus distritos y ubicación del cantón con respecto a los 81 cantones nacionales. (Atlas de Desarrollo Humano, 2008)

El gráfico representa que existe un aumento en el índice de desarrollo humano, sin embargo hay cantones que presentan un índice de desarrollo mayor, posicionándose el cantón de Naranjo en la posición número 56.

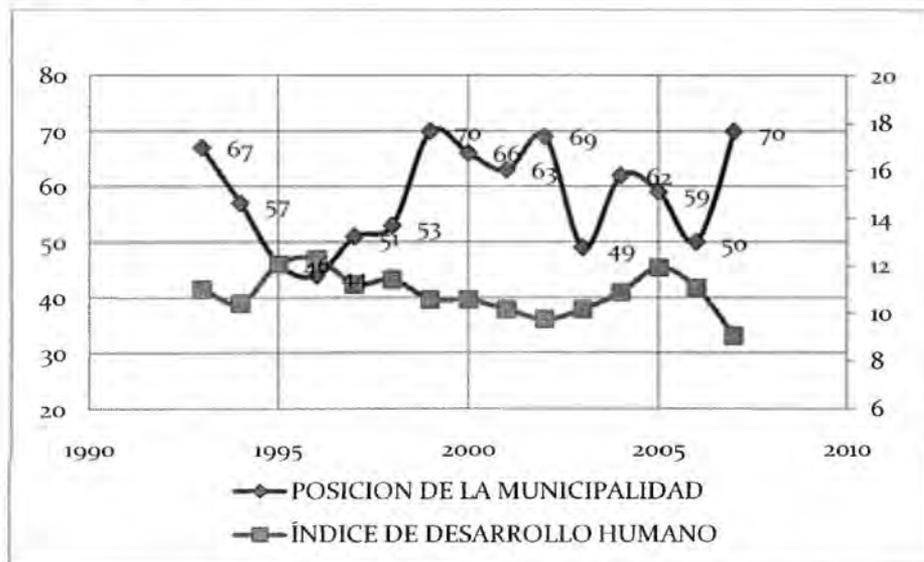


Figura 3-3. Índice de Pobreza Humana para el cantón de Naranjo (Atlas de Desarrollo Humano, 2008)

El gráfico representa el índice de pobreza humano, tiene una escala de variación mínima para este cantón, y se posiciona el cantón de naranjo entre los cantones de menor pobreza de Costa Rica, posicionándose en el lugar 70 de de la escala 1 de 81 donde uno es el más pobre de los 81 Cantones.

3.1.4 Hidrografía

El distrito de San Jerónimo es parte de dos microcuencas separadas por los ríos Molino al este y Cócora al oeste, perteneciente a la subcuenca del río Colorado y parte de la cuenca del río grande de Tárcoles, el río Molino tiene uno de sus afluentes que nace en el sector donde se ubican las nacientes que abastecen de agua potable a la zona en estudio, este se reúne con el río Cócora para descargar en el río Colorado, la dirección de descarga es de norte a sur, y es línea divisoria con el cantón de Valverde Vega.

Es una zona de manantiales de excelente calidad de agua en sus nacientes, como lo demuestran los estudios realizados por el laboratorio nacional de aguas (ver Cuadro 9-5) .

3.1.5 Geología y Geomorfología

Según información del documento borrador del informe de los sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento municipales, Naranjo es un cantón que está constituido por materiales del periodo Terciario y Cuaternario, predominando las rocas volcánicas en la zona.

En la zona de San Jerónimo predominan los materiales del periodo Cuaternario, con rocas de origen volcánico de la época del Holoceno, como edificios volcánicos recientes, al igual que Piroclásticos, los cuales actúan al noreste del cantón, con materiales volcánicos como lavas, tobas y piroclastos.

La geomorfología del cantón de Naranjo forma parte de la unidad geomórfica de origen volcánico entre las subunidades Volcán poas y cerros y valles del Aguacate. (EPYPSA, 2009)

3.2 Área abastecida por el sistema en estudio

El distrito de San Jerónimo, está abastecido por agua potable dividido en tres sectores uno administrado por una ASADA (en la zona de los Robles,- la cual brinda de agua potable la zona alta del distrito a una población de aproximadamente 600 habitantes);

y el sistema municipal que está dividido en dos sectores, el sector de “San Jerónimo arriba” con una población de aproximadamente 640 habitantes y “San Jerónimo abajo” con una población de aproximadamente 2100 habitantes, que se abastece mediante la captación de siete nacientes cercanas entre sí en la misma zona, ubicadas en el mismo distrito, localizadas en el comienzo del río Molino. De estas nacientes cuatro son conducidas hacia el tanque de San Jerónimo arriba y tres son conducidas hacia el tanque de San Jerónimo abajo.

El estudio del área correspondiente a cada acueducto se realizó mediante el conteo de las viviendas utilizando como herramienta base la fotografía aérea del proyecto BID-Catastro, y los límites de la red de distribución de cada administración del sistema.

El sistema San Jerónimo arriba está conformado por una tubería de distribución con diferencias de presión considerables, a lo largo de una extensa área de abastecimiento con poca población.

El sistema San Jerónimo abajo, tiene un casco urbano considerable, con redes de acueductos bien definidos, y un mayor crecimiento poblacional en las cercanías del templo, la plaza y la escuela de la comunidad y un emplazamiento hacia las zonas aledañas ver Figura 3-4.

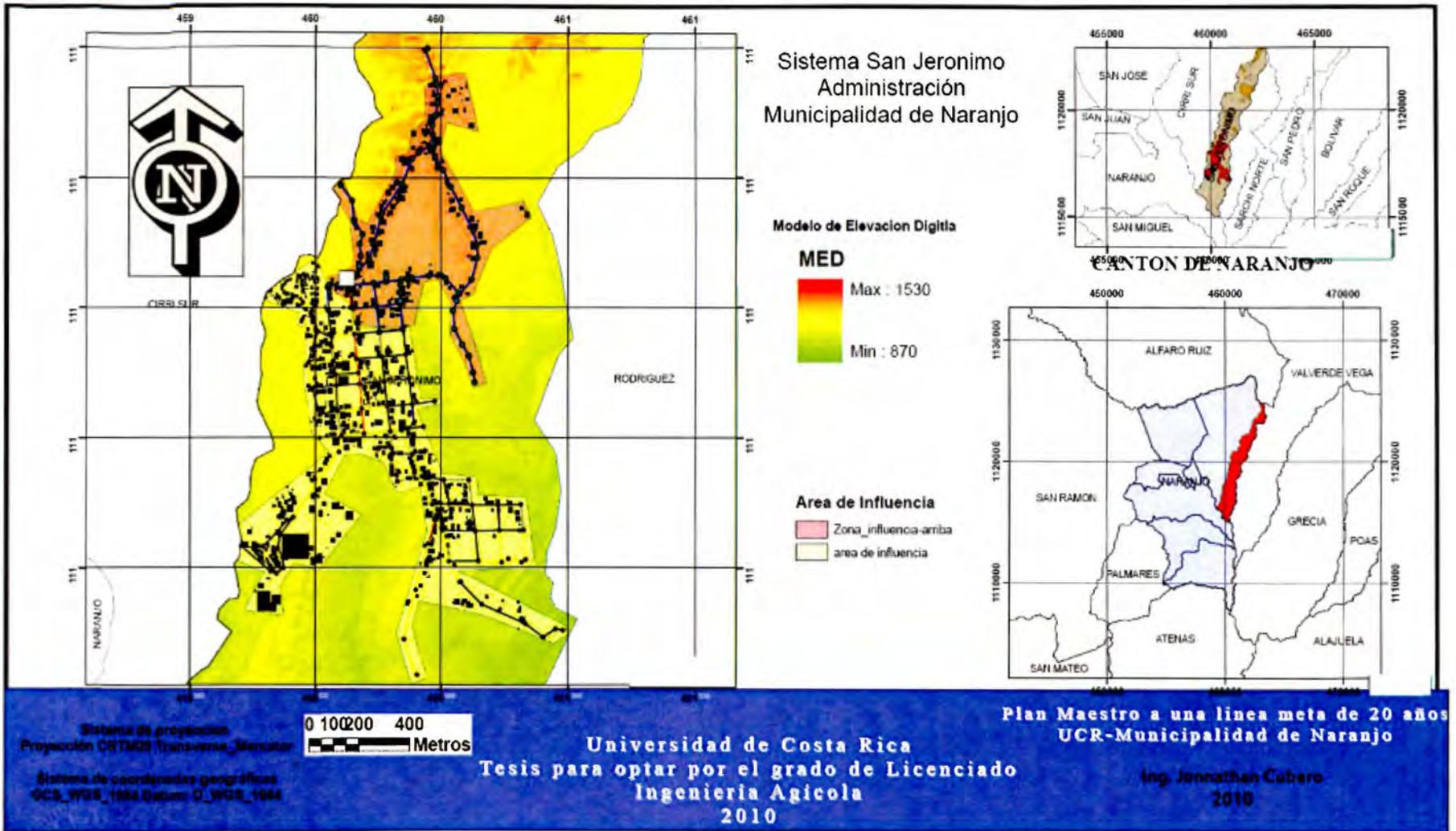


Figura 3-4. Sistema de abastecimiento actual y sus áreas de influencia.

3.3 Descripción general del sistema.

El sistema municipal de San Jerónimo abastece de agua potable mediante un sistema de distribución por gravedad a su población, agua que es conducida hacia los tanques de almacenamiento desde manantiales que brotan en nacientes.

El sistema de conducción está compuesto de la siguiente manera:

Sistema San Jerónimo arriba, existen dos líneas de conducción hacia el tanque de almacenamiento, una en PVC y otra en Hierro fundido (HF). La conducción en HF proviene de un tanque de reunión que une la captación de tres nacientes, que son conducidas desde la zona de captación a distancias de 300, 400 y 500 metros, de este último se deriva una tubería en HF de cuatro pulgadas, que conduce en disminuciones de diámetro hasta llegar a las dos pulgadas en la entrada del tanque de almacenamiento del sistema en mención con un recorrido aproximado de dos kilómetros. La conducción en PVC, se deriva desde una naciente captada, que inicia su recorrido en tubería de tres pulgadas y que sufre reducciones hasta llegar a las dos pulgadas en la entrada al tanque de almacenamiento, la misma tiene un recorrido de aproximadamente dos kilómetros.

Sistema San Jerónimo abajo, existe una línea de conducción que transporta el agua desde un tanque de reunión que reúne el agua proveniente de tres nacientes, la cual inicia con un diámetro de seis pulgadas y que posteriormente reduce su diámetro a cuatro pulgadas, haciendo un recorrido de 2.71 kilómetros, sufre de algunos pasos aéreos expuestos a deslizamientos, estos deben ser atendidos para evitar futuros problemas, ver Figura 3-5.

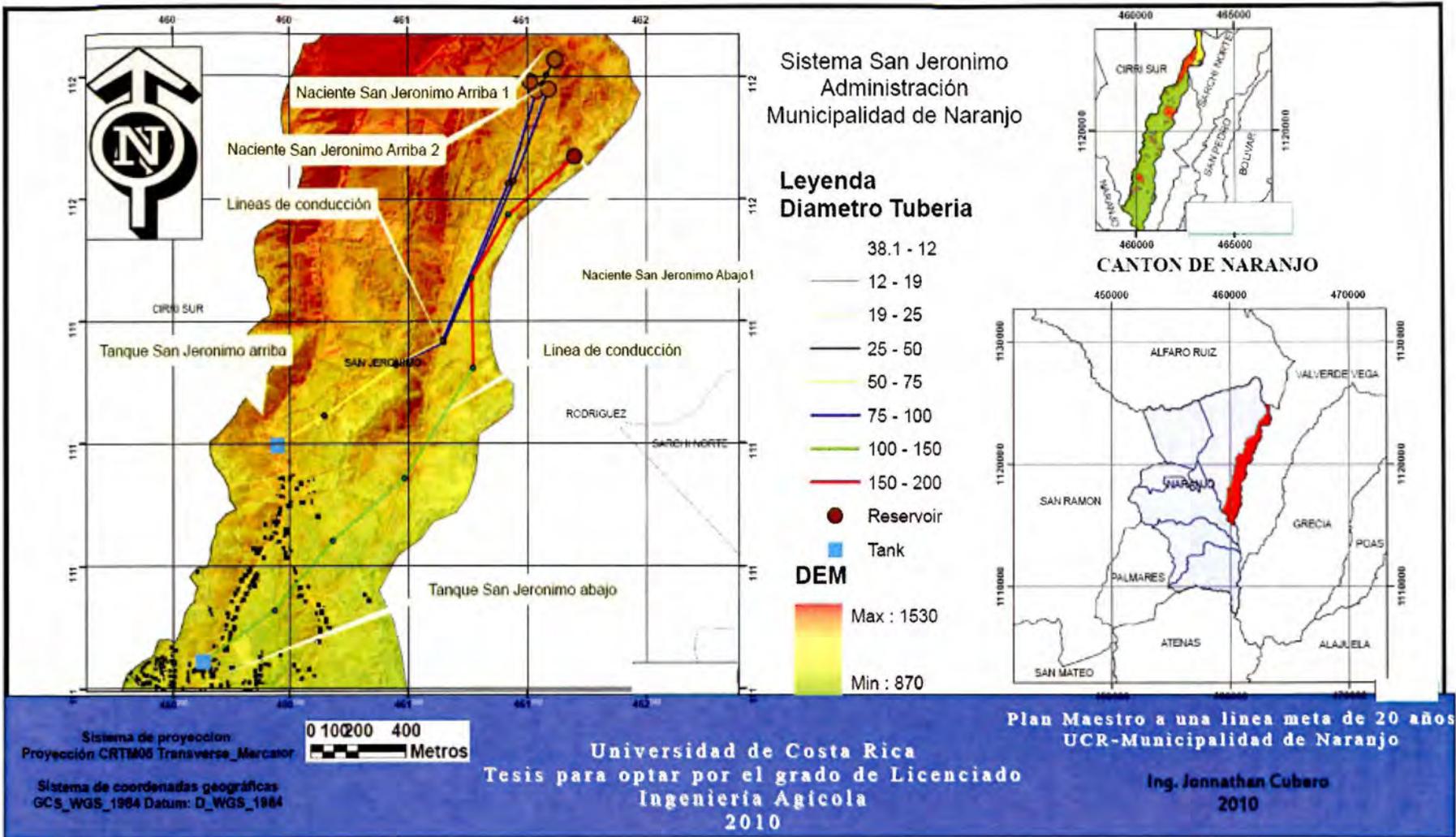


Figura 3-5. Conducción, tanques y reservorios en el sistema en estudio. .

3.3.1 Diagrama descriptivo del Sistema San Jerónimo

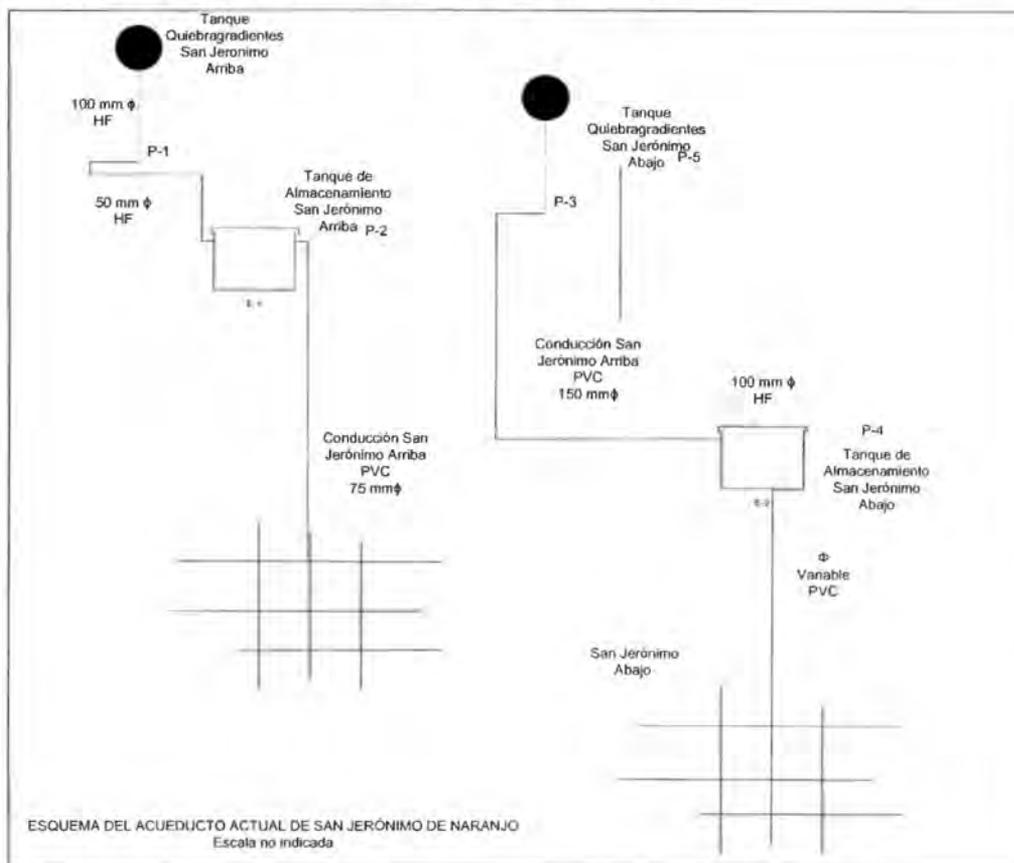


Figura 3-6. Esquema de acueducto existente en San Jerónimo de Naranjo.

La Figura 3-7, muestra un esquema gráfico básico de la distribución de los dos sistemas independientes de acueducto de la comunidad de San Jerónimo abastecida por el acueducto administrado por la Municipalidad de Naranjo.

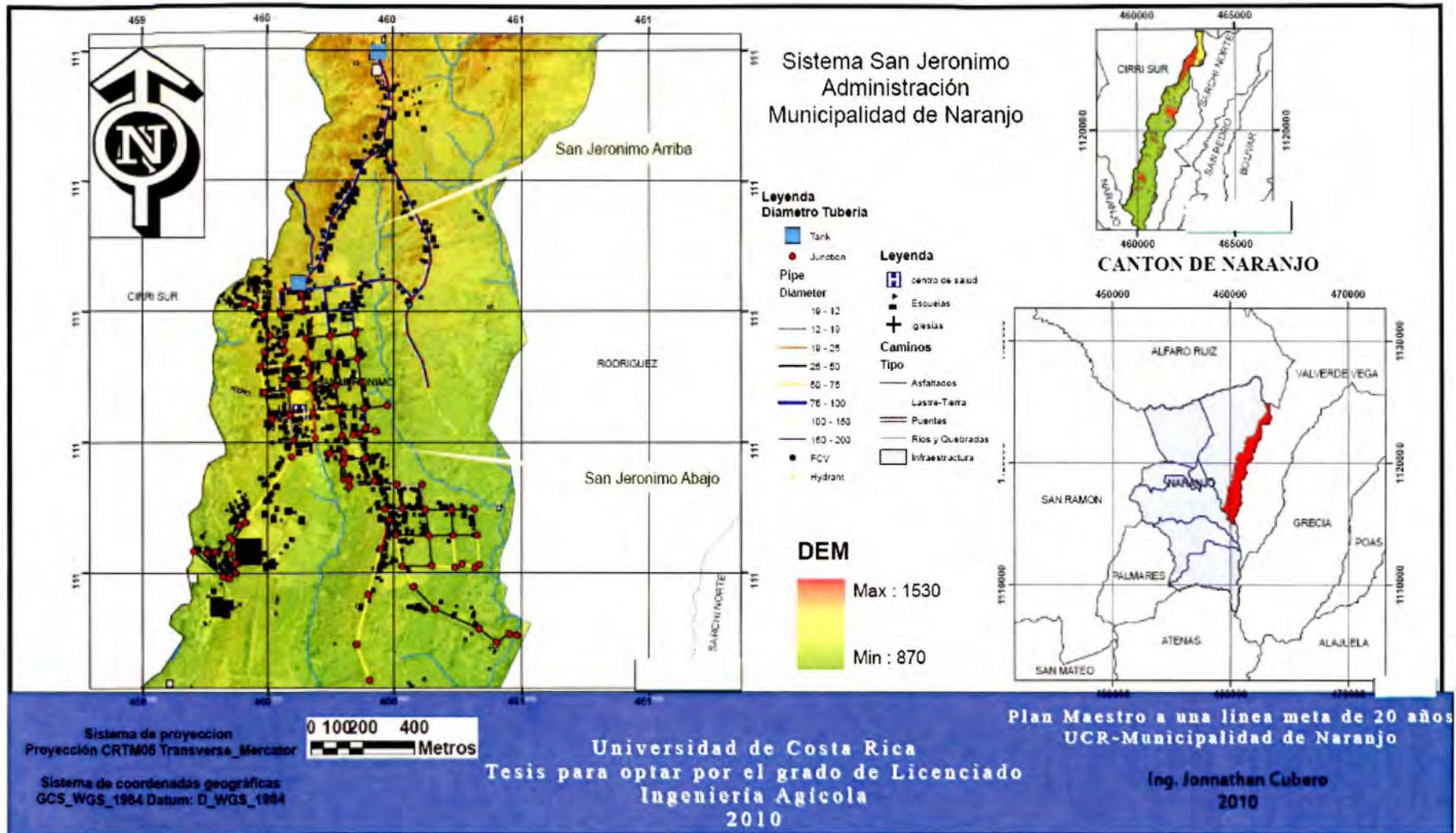


Figura 3-7. Sistema de distribución actual del acueducto en estudio.

3.4 Fuentes de producción

Es importante tomar en cuenta las fuentes de abastecimiento principales, para obtener un panorama de disponibilidad de agua a futuro, es uno de los puntos críticos ya que permite un enfoque y desarrollo primordial del proyecto.

3.4.1 Caudales

Se realizaron mediciones puntuales de los caudales en las diferentes nacientes que abastecen el sector de San Jerónimo arriba y San Jerónimo abajo, en época de estiaje (época seca de transición- en nuestro país abril/mayo-), en este punto es importante recalcar que el año de medición pertenecía a la época de la niña – la más seca de la temporada – por lo que los datos representan un margen de seguridad importante, lo que permite conocer los caudales mínimos puntuales representativos, los cuales se registran en el Cuadro 3-3.

Cuadro 3-3. Aforos puntuales en cada una de las nacientes y tanque de reunión ver Figura 3-8.

Aforo de las nacientes

Naciente	Volumen (l)	Tiempo t (s)			Caudal Q (l/s)			
		t ₁	t ₂	t ₃	q ₁	q ₂	q ₃	q _{pro}
SJarriba 1	2.4	2	1.84	2.18	1.20	1.30	1.10	1.20
SJarriba 2	3.4	1.6	1.67	1.58	2.13	2.04	2.15	2.10
SJarriba 3	19	5.88	6.23	6.02	3.23	3.05	3.16	3.15
Tanque de reunión1	19	6.4	6.6	6.6	2.97	2.88	2.88	-2.91*
TOTAL DISPONIBLE								6.45
Total Utilizado								3.54

Aforo de las nacientes

Naciente	Volumen (l)	Tiempo t (s)			Caudal Q (l/s)			
		t ₁	t ₂	t ₃	q ₁	q ₂	q ₃	q _{pro}
Tanque de reunión2	19	2.31	2.48	2.56	8.23	7.66	7.42	-7.77*
SJabajo 1	300	90.02	85.42	91.68	3.33	3.51	3.27	3.37
SJabajo 2	8	1.66	1.52	1.58	4.82	5.26	5.06	5.05
SJabajo 3	19	2.49	2.71	3.02	7.63	7.01	6.29	6.98

TOTAL DISPONIBLE	15.4
Total Utilizado	7.63

* Valores negativos son mediciones puntuales en el rebalse de los tanques de reunión durante punto pico de consumo

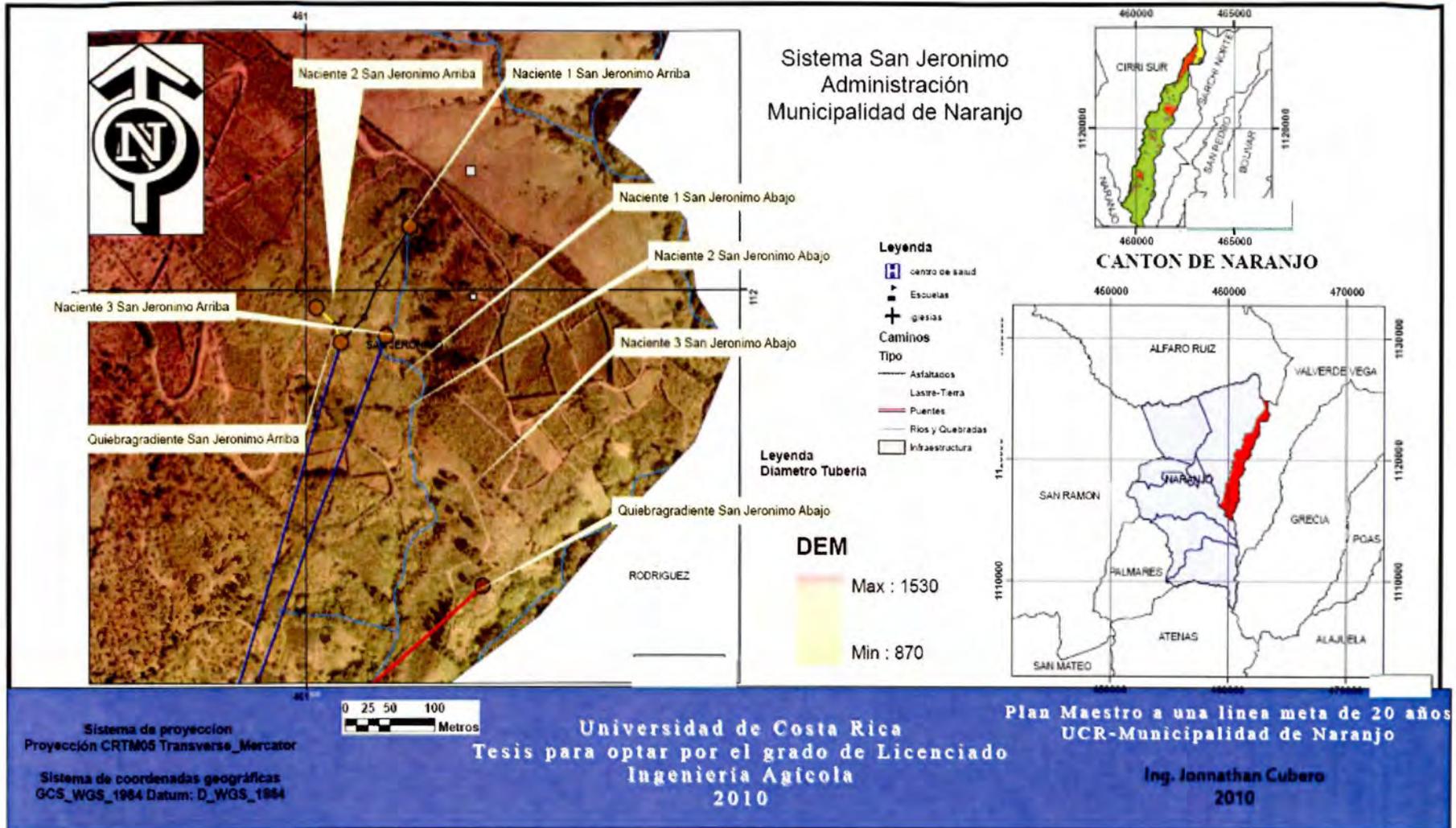


Figura 3-8. Ubicación de las Nacientes en la localidad en estudio.

Del Cuadro 3-3, los primeros cuatro valores corresponden a los aforos realizados a las nacientes del sistema San Jerónimo Arriba (SJarriba). Los aforos realizados en las nacientes "SJabajo", corresponden a las nacientes del sistema San Jerónimo abajo. Se observa como el sistema tiene capacidad de abastecimiento, al rebalsar los tanques de reunión (datos remarcados con *). Adicionalmente se observa como para el sistema de San Jerónimo arriba se tiene una disponibilidad de Caudal de 6.45 l/s en época de estiaje y para San Jerónimo abajo una capacidad de 15.4 l/s en esta misma época. Sin embargo hasta el momento no se puede tomar una determinación si estos valores son los indicados para la proyección a futuro.

3.5 Servicios actuales de agua potable

En la actualidad el catastro de usuarios por dotación a la comunidad de San Jerónimo no está bien identificado debido a que la población ha tenido un crecimiento no planificado y en algunos casos hasta sin permisos de construcción registrados. Esto provoca que los registros de propietarios sean deficitarios, con la problemática existente de tener desinformación, y un mayor consumo no facturado. Lo que conlleva a problemas de contabilización de agua potable.

Adicionalmente, existe la problemática de que la mayoría de los servicios son servicios fijos, servicios a los cuales es indispensable la colocación de sistema de micro medición, ya que se agrava el consumo desmedido de agua potable.

Al no tener datos de registro como los mencionados, es importante realizar las mediciones puntuales y obtener promedio para considerarlo en esta localidad.

En los registros de la Municipalidad de Naranjo se tiene un consumo promedio de 28 m^3 por conexión por mes, estos valores arrojan un consumo aproximado de forma tal, que si se toma a consideración la cantidad de viviendas se puede tener un valor aproximado de consumo promedio total, lo que permite tener la relación de consumo porcentual por tipo de conexión y así poder calibrar un modelo hidráulico. La metodología empleada para la calibración del modelo, se llevó a cabo en, primera instancia, suponiendo un consumo por tamaño de la construcción.

Ejemplo de cálculo.

$$\text{Consumo promedio} = \frac{28m^3}{\text{mes}} \text{ [Error! Bookmark not defined.1]}$$

$$C.p. = 0,011 \text{ l/s} \text{ [Error! Bookmark not defined.2]}$$

Si existe 560 unidades habitacionales (se toman por total de construcciones ya que en la zona predomina la zona residencial; la comercial, las escuelas y los colegios son casos aislados, que se puede corregir de la forma propuesta, que al final genera un error inferior al 10%.

$$\text{Consumo.p.Total} = 0.011 * 560 \text{ [Error! Bookmark not defined.3]}$$

$$C.p.T = 6.16 \frac{\text{l}}{\text{s}} \text{ [Error! Bookmark not defined.4]}$$



Figura 3-9. Medición de Caudal a la salida del tanque hacia el pueblo.

Para evaluar el funcionamiento actual del acueducto, se realizaron mediciones puntuales para obtener el patrón de consumo.

Para obtener las mediciones puntuales, fue necesario el descubrir el tubo de salida de distribución en cada uno de los tanques para colocar un registrador ultrasónico de caudal cuyo error es de ± 0.1 l/s durante un periodo de 24 horas.

La medición de presión se realizó colocando registradores de presión en distintos puntos de la red por un tiempo de 24 horas, tomando como referencia el mismo tiempo de medición del registrador de caudal. Estos datos se toman como base para generar los resultados que se discuten en esta sección.

El grafico que se presenta en la Figura 3-10, muestra la relación caudal-presión que se registró en el sector de San Jerónimo abajo, a partir de los datos medidos en campo cuyos resultados se registran en el Cuadro 10-1. Estos datos fueron registrados en diferentes puntos de la red distribuidos equitativamente para obtener un panorama claro y real de la situación actual del acueducto.

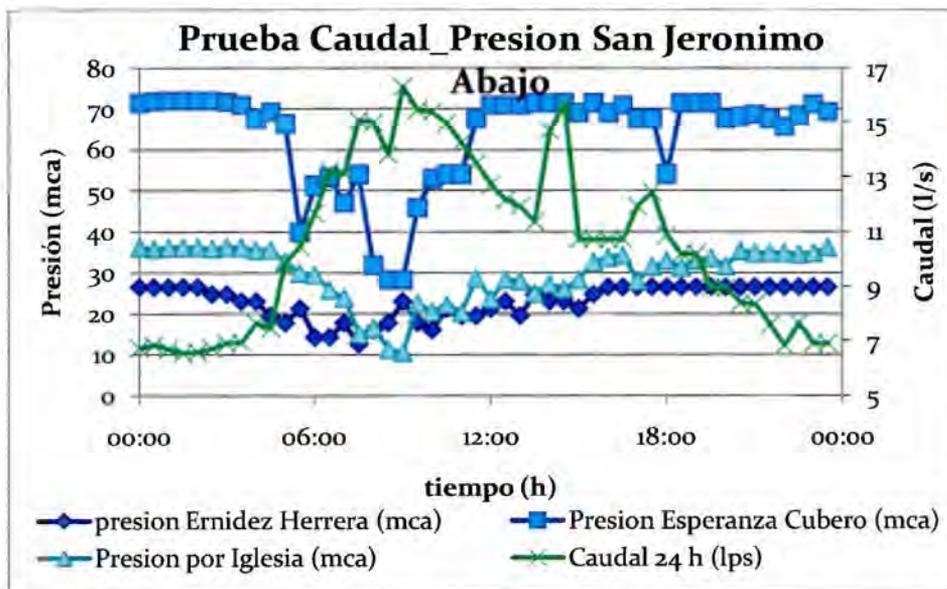


Figura 3-10. Prueba de medición caudal-presión en el sistema San Jerónimo Abajo.

Del grafico obtenido en la Figura 3-10, se puede apreciar la evidencia de la situación real del acueducto, se observa el patrón de comportamiento de consumo en la zona del acueducto de San Jerónimo abajo.

Analizando las presiones se obtiene el siguiente análisis.

Cuadro 3-4. Resultados de medición de 24 h, obtenidos del Cuadro 10-1.

	Punto de medición 1 Presión (mca)	Punto de medición 2 Presión (mca)	Punto de medición 3 Presión (mca)	Medición de Caudal (l/s)
Máximo	26.41	71.41	36.10	16.30
Mínimo	12.32	28.17	10.50	6.55
Promedio	22.81	66.33	29.57	10.59
Elevación del tanque (m)	1,142.07			
Elevación del punto (m)	1,086.11	1,063.65	1,104.78	
Diferencia (m)	55.96	78.42	37.29	

Del Cuadro 3-4 y de la Figura 3-10, se obtiene:

Un consumo de caudal mínimo de 6.55 l/s durante la noche, lo que significa que hay un aumento en las fugas en el sistema y un aumento significativo del agua no contabilizada, si se supone un consumo normal de 3.80 l/s durante la noche, significa que el agua **no contabilizada** corresponde a un 39%, cuyo valor es muy alto.

El dato de 3.80 l/s se obtiene del siguiente razonamiento:

Si se observa la Figura 3-10 durante la noche de las 20 horas a las 4 horas, obtenemos un multiplicador con el caudal promedio que se obtiene de la siguiente manera, si el caudal promedio es de 10.59 l/s y el consumo en este lapso de tiempo es de 6.55 el multiplicador es el siguiente:

$$\text{Multiplicador} = \frac{6.55 \frac{l}{s}}{10.59 \frac{l}{s}} = 0.62 \text{ [Error! Bookmark not defined.5]}$$

Si consideramos el caso de la ecuación

$$C.p.T = 6.16 \frac{l}{s}$$

Se multiplica por el factor de consumo, se obtiene el siguiente resultado

$$\text{Consumo durante la noche} = (6.16) \frac{l}{s} * 0.62 \text{ [Error! Bookmark not defined.6]}$$

Consumo durante la noche = 3.82 l/s [Error! Bookmark not defined.7]

Entonces el agua no contabilizada corresponde a:

$$A. N. C = 100\% - \frac{3.82}{6.16} \% \text{ [Error! Bookmark not defined.8]}$$

$$A. N. C = 39\% \text{ [Error! Bookmark not defined.9]}$$

El consumo promedio para este sistema es de 10.59 l/s como consumo normal. Si se realiza un análisis correspondiente, para 560 unidades habitacionales, se tiene como resultado de consumo promedio de 0.019 l/s por conexión, lo cual significa un consumo mensual promedio por conexión de 49.2 m³/mes, si se considera el agua no contabilizada (39%), el promedio de consumo corresponde a 30 m³/mes, dato que se ubica cercano al rango de consumo mensual promedio de los registros municipales de 28 m³/mes.

Se observa un comportamiento normal del sistema en cuanto que al aumentar el consumo, disminuye la presión, y viceversa. Se observa como en la zona de más baja elevación (1070.81m) cuya diferencia de elevación con respecto al tanque es de 78.42m, presenta presiones que alcanzan los 72 mca y una presión mínima de 28.7 mca.

El grafico que se presenta en la Figura 3-11, muestra la relación caudal-presión que se registró a partir de los datos medidos en campo en el sector San Jerónimo arriba, cuyos resultados se registran en el Cuadro 10-2. Estos datos fueron tomados en diferentes puntos de la red de la misma manera que se explico en el apartado anterior.

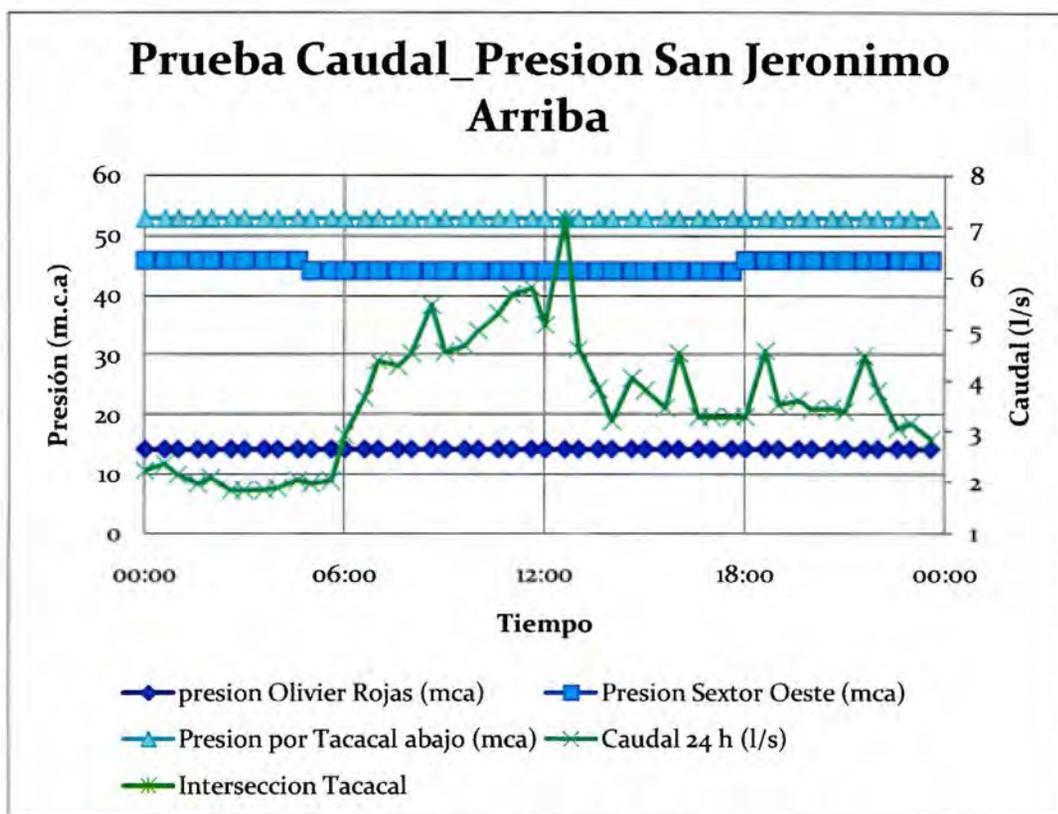


Figura 3-11. Prueba de medición caudal-presión en el sistema San Jerónimo arriba.

Cuadro 3-5. Resultados de medición de 24 h, obtenidos del Cuadro 10-2.

	Punto de medición 1 Presión (mca)	Punto de medición 2 Presión (mca)	Punto de medición 3 Presión (mca)	Punto de medición 4 Presión (mca)	Medición de Caudal (l/s)
Promedio	14.08	44.82	52.82	26.87	3.59
Mínimo	14.08	44.01	52.82	26.10	1.84
Máximo	14.08	45.77	52.82	27.10	7.17
Elevación del tanque (m)	1,220.53				
Elevación del punto (m)	1,217.90	1,132.42	1,119.76	1,192.79	1,220.53
Diferencia (m)	2.63	88.11	100.77	27.74	0

Del Cuadro 3-5 y de la Figura 3-11, se obtiene:

Se observa un consumo de caudal mínimo de 1.84 l/s durante la noche, lo que significa existencia de fugas en el sistema y significativo del agua no contabilizada, al suponer un consumo de 1.20 l/s (utilizando la metodología expuesta anteriormente) durante la noche, significa que el **agua no contabilizada** corresponde a un 35%, valor que es alto.

El consumo promedio para este sistema es de 3.59 l/s. Al realizar un análisis, se obtiene que para 185 unidades habitacionales, se tiene como resultado un consumo promedio al igual que en el caso de San Jerónimo abajo de 0.019 l/s por conexión, con un consumo mensual promedio por conexión de 48.17 m³.

El comportamiento de consumo para este sistema, es debido a que las tuberías tienen suficiente diámetro de distribución en una población pequeña y es una sola red cerrada, presenta diferencias mínimas en las diferencias de presiones.

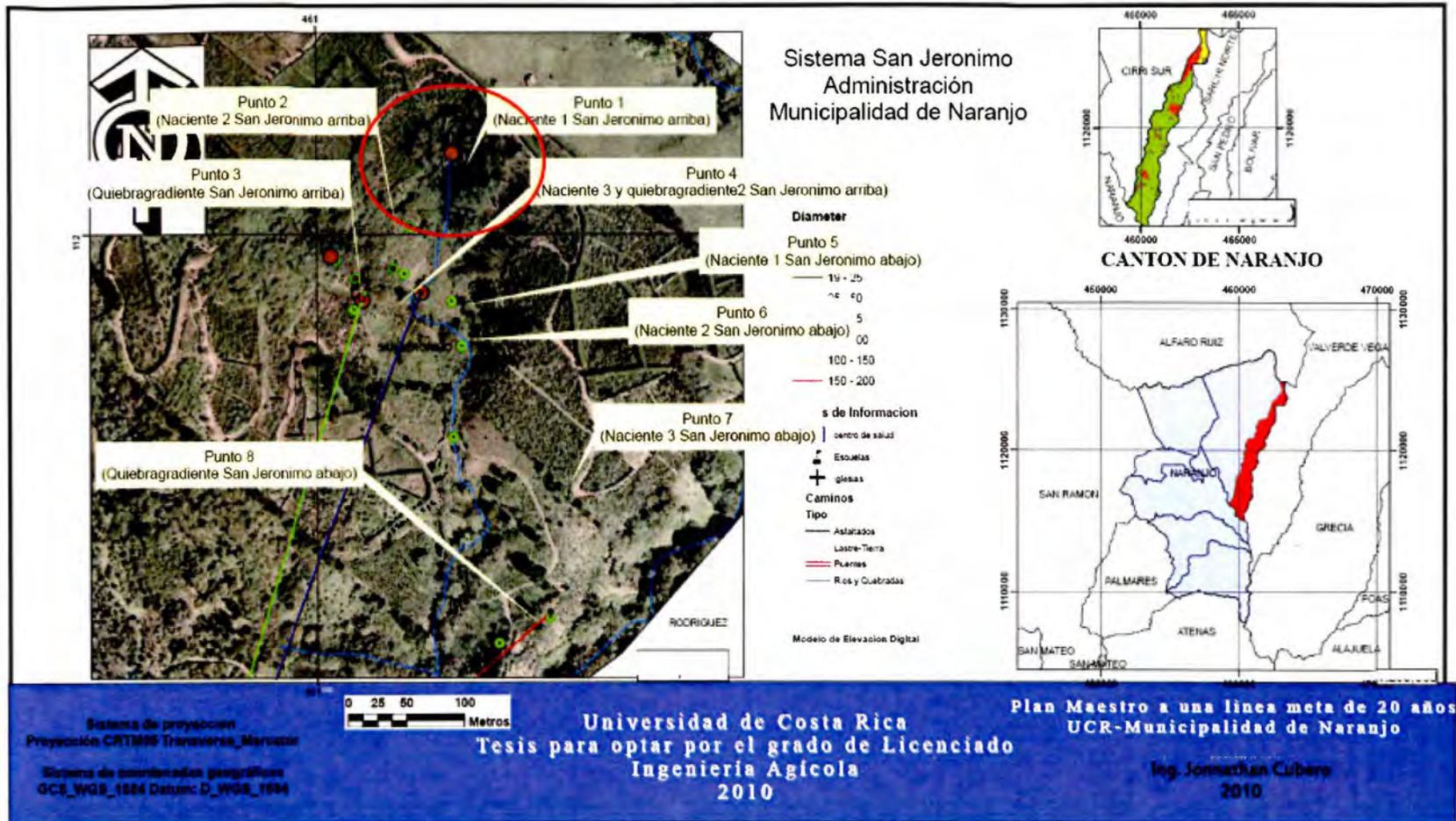


Figura 3-12. Ubicación geográfica de las nacientes.

3.5.1 Infraestructura física y condiciones

Este apartado se expondrá con fotografías tomadas en sitio con su respectiva ubicación ver Figura 3-12, en la cartografía expuesta.

3.5.1.1 Sistema San Jerónimo



Figura 3-13. Zona Protegida, nacientes San Jerónimo arriba.

En esta zona brotan las nacientes que abastecen los sistemas de agua potable descritas. La Figura 3-13 corresponde a la ubicación de la naciente uno de San Jerónimo arriba. En general es una zona con un radio de protección muy bajo aproximadamente 30 metros; esta es la única zona protegida (Zona rodeada con un círculo), en la fotografía aérea de la Figura 3-12, en la que se observa la existencia de zonas desprotegidas como lo son las posiciones SJarriba 2, SJarriba 3, SJabajo 1, SJabajo 2 y SJabajo 3, por lo que se recomienda la compra de estos terrenos aledaños y atribuir el costo a la facturación del servicio.



Figura 3-14. Escorrentía de los manantiales que afloran en la zona.

Esta escorrentía es el resultado del nacimiento de un manantial cuyo tubo de flujo proviene de un manto acuífero subterráneo aguas arriba. Su calidad es apta para consumo humano, como lo muestran los análisis de potabilidad que realiza el Instituto de Acueductos y Alcantarillados. Estos manantiales tienen un caudal aproximado de 25 l/s (Caudal calculado por observación por el Ing. Jose Carlos Solano, 2009). Adicionales al caudal de las nacientes estudiadas. Punto 1 de la Figura 3-12.

3.5.1.2 Infraestructura de tomas de captación



Figura 3-15. Naciente Número uno del Sistema San Jerónimo arriba.

La Figura 3-15 muestra el estado actual de las obras de captación del sistema actual. Son obras que pasan de los 20 años de operación, las cuales deben ser reconstruidas en su totalidad, ya que presentan fisuras y no cumple con el diseño básico de tomas para nacientes. Las condiciones de las instalaciones aunque sin riesgo sanitario, no cumple con la normas de operación y mantenimiento del AyA, la estructura se ubica en el punto 1 de la Figura 3-12



Figura 3-16. Tuberías de la conducción de la Naciente uno hacia el tanque de reunión.

Las tuberías de la conducción están expuestas a desastres naturales y presentan desniveles muy bajos desde la naciente hacia el tanque de reunión, por lo que presentan una velocidad muy baja. Esto permite la existencia de problemas por obstrucción, y quebraduras por accidentes naturales, provocando fallas constantes en el sistema. Ubicación en el punto 1 de la Figura 3-12



Figura 3-17. Naciente tres del sistema San Jerónimo arriba ver Figura 3-12.

La fotografía de la Figura 3-17, muestra la infraestructura de captación de la naciente³, la cual no es la indicada, construida sin criterio técnico alguno. Constituyen pequeños reservorios de agua, sin las estructuras mínimas de funcionamiento para estructuras de captación de agua potable. Ubicación en el punto 4 de la Figura 3-12..



Figura 3-18. Tanque de reunión de la zona de San Jerónimo arriba.

La **Error! Reference source not found.****Error! Reference source not found.**Figura 3-18 muestra las condiciones actuales de los tanques, los cuales ya presentan fugas y no tienen las protecciones necesarias. Existe una necesidad de realizar mantenimiento constante, colocar malla perimetral alrededor de las zonas de captación, tanques de reunión y otros puntos importantes, con el fin de resguardar la zona ante la amenaza de animales y otros agentes que pueden afectar. Es importante en esta zona proponer el cambio de válvulas y otras mejoras que se retomarán más adelante. Punto 3 de la Figura 3-12



Figura 3-19. Rebalse del tanque de reunión.

La Figura 3-19 muestra el rebalse en época de estiaje del tanque de reunión de la zona de San Jerónimo arriba, esto permite tener un panorama claro de la situación actual ya que la línea de conducción transporta a tubo lleno y existe un sobrante de aproximadamente el 20%, caudal que se puede disponer para un futuro crecimiento. Se ubica en el punto 3 de la Figura 3-12.



Figura 3-20. Naciente uno del sistema San Jerónimo abajo.

La Figura 3-20 muestra el sistema de captación de las nacientes para el sistema de San Jerónimo abajo, al igual que el sistema de San Jerónimo arriba presentan alta vulnerabilidad a contaminación. Los estudios de laboratorio presentados por el laboratorio nacional de aguas, sugieren zonas de amortiguamiento en los puntos de captación, para evitar la alta vulnerabilidad. Esta naciente se ubica en el punto 5 de la Figura 3-12



Figura 3-21. Naciente dos del sistema San Jerónimo arriba.

Al igual que el caso anterior, las estructuras no son las más indicadas, y son altamente vulnerables a la contaminación de las fuentes. Punto 6 de la Figura 3-12



Figura 3-22. Tanque de reunión del sistema San Jerónimo abajo.

La Figura 3-23. Es una de las estructuras más importante, sin embargo como lo muestra la fotografía presenta grandes deficiencias en cuanto a obra estructural se refiere, no tiene la protección necesaria y está en riesgo por deslizamiento, este punto es un punto crítico importante a tomar a consideración para realizar las mejoras a corto plazo. La estructura se ubica en el punto 8 de la Figura 3-12



Figura 3-23. Tubería de la conducción del sistema San Jerónimo abajo.

En la Figura 3-23 se muestra partes de conducción de tubería propensa a deslizamiento, por lo que se propone establecer obras de mitigación de riesgos tales como estructuras de anclaje, pasos aéreos bien confeccionados en las zonas más propensas. Esta estructura es parte de la tubería de conducción del sistema San Jerónimo abajo.

3.6 Nacientes

3.6.1 Evaluación del riesgo y vulnerabilidad de las captaciones y manantiales

La principal amenaza que pone en riesgo a las captaciones actuales es la contaminación, la cual puede darse básicamente de dos formas:

- Contaminación por aguas superficiales: el riesgo de contaminación por escorrentía superficial en los manantiales de San Jerónimo. Esto repercute en la mayoría de las nacientes, principalmente en las de San Jerónimo abajo.
- Contaminación de los acuíferos: el riesgo de contaminación de los acuíferos se relaciona con las posibilidades de intrusión de contaminantes en ellos, principalmente en las áreas de recarga. Todas las fuentes de San Jerónimo se ubican aguas abajo de zonas de cultivos de café.

Cuadro 3-6. Análisis de riesgo y vulnerabilidad ambiental de las fuentes de agua del distrito de San Jerónimo.

Fuente de Agua	Riesgo de Contaminación		Vulnerabilidad	
	Por escorrentía	Del acuífero	Ante escorrentía	Ante contaminación del acuífero
Naciente San Jerónimo Arriba 1	Zona protegida Aguas arriba por zona de protección (RIESGO BAJO)	Zona protegida Agua arriba por zona de protección (RIESGO BAJO)	Aunque el bosque amortigua la escorrentía, existe una falta de estructuras de protección al acuífero (VULNERABILIDAD MODERADA)	El acuífero se encuentra rodeado de fincas aguas arriba. Existe un buffer de protección (VULNERABILIDAD BAJA)
Naciente San Jerónimo Arriba 2	Zona protegida Aguas arriba por zona de protección (RIESGO BAJO)	Zona protegida Agua arriba por zona de protección (RIESGO BAJO)	Aunque el bosque amortigua la escorrentía, existe una falta de estructuras de protección al acuífero (VULNERABILIDAD MODERADA)	El acuífero se encuentra rodeado de fincas aguas arriba. Existe un buffer de protección (VULNERABILIDAD BAJA)

Naciente San Jerónimo Arriba 3	Zona semi- protegida Aguas arriba por zona de protección (RIESGO MODERADO)	Zona de forrajes Agua arriba (RIESGO MODERADO)	Aunque el bosque y el forraje amortigua la escorrentía, existe una falta de estructuras de protección al acuífero (VULNERABILIDAD MODERADA)	El acuífero se encuentra rodeado de fincas aguas arriba. No existe una protección óptima (VULNERABILIDAD MODERADA)
Naciente San Jerónimo Abajo 1	Zona NO protegida Aguas arriba zona sembrada de café (RIESGO MODERADO ALTO)	Zona de cafetales Agua arriba (RIESGO MODERADO- ALTO)	Al ser una zona agrícola, existe una falta de estructuras de protección al acuífero (VULNERABILIDAD ALTA)	El acuífero se encuentra rodeado de fincas aguas arriba y sembradíos de café. No existe una protección óptima (VULNERABILIDAD ALTA)
Naciente San Jerónimo Abajo 2	Zona NO protegida Aguas arriba zona sembrada de café (RIESGO MODERADO ALTO)	Zona de cafetales Agua arriba (RIESGO MODERADO- ALTO)	Al ser una zona agrícola, existe una falta de estructuras de protección al acuífero (VULNERABILIDAD ALTA)	El acuífero se encuentra rodeado de fincas aguas arriba y sembradíos de café. No existe una protección óptima (VULNERABILIDAD ALTA)
Naciente San Jerónimo Abajo 3	Zona NO protegida Aguas arriba zona sembrada de café (RIESGO MODERADO ALTO)	Zona de cafetales Agua arriba (RIESGO MODERADO- ALTO)	Al ser una zona agrícola, existe una falta de estructuras de protección al acuífero (VULNERABILIDAD ALTA)	El acuífero se encuentra rodeado de fincas aguas arriba y sembradíos de café. No existe una protección óptima (VULNERABILIDAD ALTA)

3.7 Funcionamiento

3.7.1 Sistema San Jerónimo abajo

Como se mencionó anteriormente, el sistema consta de una conducción desde las nacientes que en promedio descarga un total de 18 l/s al tanque principal. Este tanque tiene una capacidad de almacenamiento de 416 m³ aproximadamente por lo tanto este sistema tarda alrededor de 6.5 horas en llenarse – siempre que no haya consumo -. Si el consumo es normal, el tanque duraría aproximadamente 16 horas en recuperarse y esto principalmente durante la noche.

De los datos de la Figura 3-10, se obtiene el patrón de demanda para el sistema de San Jerónimo abajo para un registro de 24 horas.

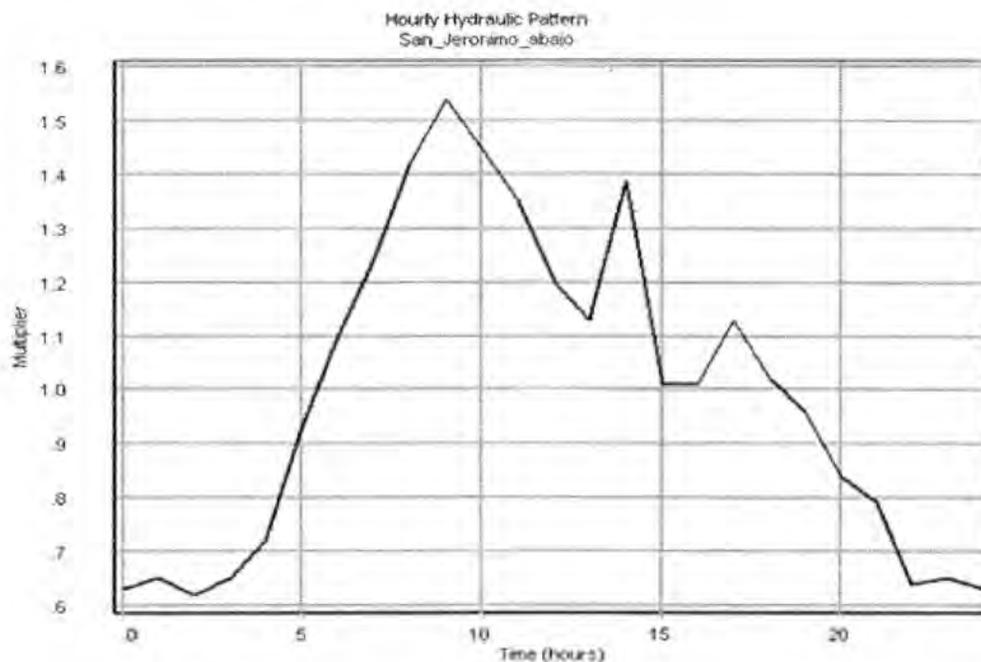


Figura 3-24. Patrón de demanda registrado y específico para el sistema San Jerónimo abajo.

3.7.2 Sistema San Jerónimo arriba

Toda la red está conformada de dos líneas de conducción que provienen de las nacientes que abastecen la zona en estudio, en total suplen un caudal de 6.45 l/s al tanque del subsistema. Este tanque posee una capacidad de almacenamiento de 102 m³ aproximadamente, lo que permite en horas de no consumo, llenar el tanque en un tiempo de

4.4 horas. Sin embargo, si el consumo es un consumo normal, este tanque se llenará en un tiempo de 10 horas.

De los datos de la Figura 3-11, se obtiene el patrón de demanda para el sistema de San Jerónimo arriba para un registro de 24 horas.

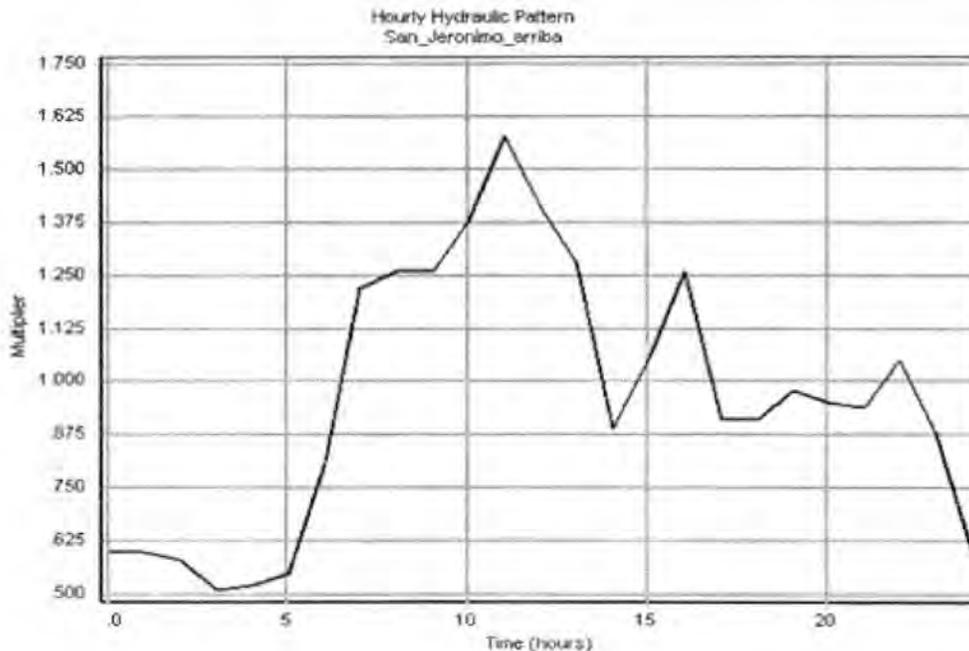


Figura 3-25 Patrón de demanda registrada y específica para el sistema San Jerónimo arriba.

3.8 Red de distribución

En este apartado se da una explicación amplia de lo expuesto en la Figura 3-7, de los dos subsistemas del sistema San Jerónimo, tanto el subsistema San Jerónimo abajo y el subsistema San Jerónimo arriba.

3.8.1 San Jerónimo Abajo

Según los datos de levantamiento de tubería actual, este subsistema cuenta con una cantidad de 12.658 m de tubería, principalmente de diámetros de 4, 1 y 2 pulgadas.

La infraestructura de abastecimiento equivale a más de 540 unidades de uso. (habitaciones, comercios, edificios, escuelas, etc.) – se hace de forma general por lo

anteriormente expuesto –, en donde el 70% cuenta con suministro de agua sin medición y el 30% restante cuenta con sistema de medición.

Cuadro 3-7. Resumen de las tuberías en la red de conducción y distribución actual para el subsistema San Jerónimo abajo.

Diámetro (mm)	PVC	%	Hierro Dúctil	Todos los materiales
	Longitud (m)		Longitud (m)	Longitud (m)
12.7	11.71	0.09	0	11.71
19	1,229.97	9.72	0	1,229.97
25	2,045.64	16.16	0	2,045.64
31	1,530.78	12.09	0	1,530.78
38	1,074.24	8.49	0	1,074.24
50	1,548.54	12.23	0	1,548.54
62	323.78	2.56	0	323.78
76	1,086.25	8.58	0	1,086.25
100	390.79	3.09	0	390.79
101.6	2,548.53	20.13	0	2,548.53
125	371.27	2.93	0	371.27
152.4	496.56	3.92	6.5	503.07
Total	12,658.05		6.5	12,664.55

3.8.2 San Jerónimo Arriba

Para este sistema los registros corresponden a una cantidad de 7 674 m de tubería, principalmente en diámetros de 3 y 2 pulgadas.

La cantidad de infraestructuras en esta zona equivale a aproximadamente 200 unidades edificadas

Cuadro 3-8. Resumen de las tuberías en la red de conducción y distribución actual para el subsistema San Jerónimo arriba.

Diámetro (mm)	Hierro Dúctil	%	PVC	%	Todos (m)
	longitud (m)		longitud (m)		

12.7	0	0.0	133.19	1.74	133.19
50.8	1,633.95	21.3	72.77	0.95	1,706.72
76.2	1,828.44	23.8	3,597.46	46.88	5,425.91
101.6	408.48	5.3	0	0.00	408.48
Todos los diámetros	3,870.87	50.4	3,803.42	49.56	7,674.29

Para ambos sistemas existe una planimetría en campo con información de la tubería existente y con capas de información de elevación digital a escala 1:1000 y curvas de nivel a cada metro.

3.9 Modo de operación

Este acueducto trabaja en su totalidad como sistema por gravedad, ubicándose los tanques y nacientes aguas arriba.

3.10 Depósitos de almacenamiento de agua

En ambos subsistemas existe únicamente un tanque por subsistema, en el caso de San Jerónimo abajo existe un tanque con una capacidad de 416 m³, en el caso de San Jerónimo arriba, existe un tanque con tan solo 102 m³ de capacidad.

3.11 Abastecimiento

Para calcular el abastecimiento es necesario conocer la población actual para obtener el consumo, esto se establece en Cuadro 3-9.

Cuadro 3-9. Contabilización de propiedades y registro de población por subsistema para el año 2009

Sector	Totalidad de viviendas contabilizadas en la actualidad	Representación en % de población por localidad	Suposición de población según población al año 2009 3.43p/vivienda	Suposición de población según AyA
Los Robles (ASADA)	153	17%	525	688.5
San Jerónimo Arriba (sistema	170	19%	583	765

municipal)				
San Jerónimo Abajo (sistema municipal)	580	64%	1989	2610
Total Actual	903	100%	3096	4063.5

Cuadro 3-10. Caudal requerido para los sistemas actuales.

Caudal promedio requerido ANC 50% (l/s)	2009	2010	2012	2015	2020	2025	2030
	Sistema San Jerónimo Arriba (l/s)	3.03	3.10	3.22	2.80	3.05	3.29
Caudal disponible actual para el sistema (l/s)	6.5						
San Jerónimo Abajo	10.22	10.43	10.86	9.43	10.27	11.09	11.88
Caudal disponible actual para el sistema (l/s)	15.4						

3.12 Estructura organizativa

La administración de estos sistemas, es por parte de la Municipalidad de Naranjo, donde la estructura está dividida con la siguiente distribución:

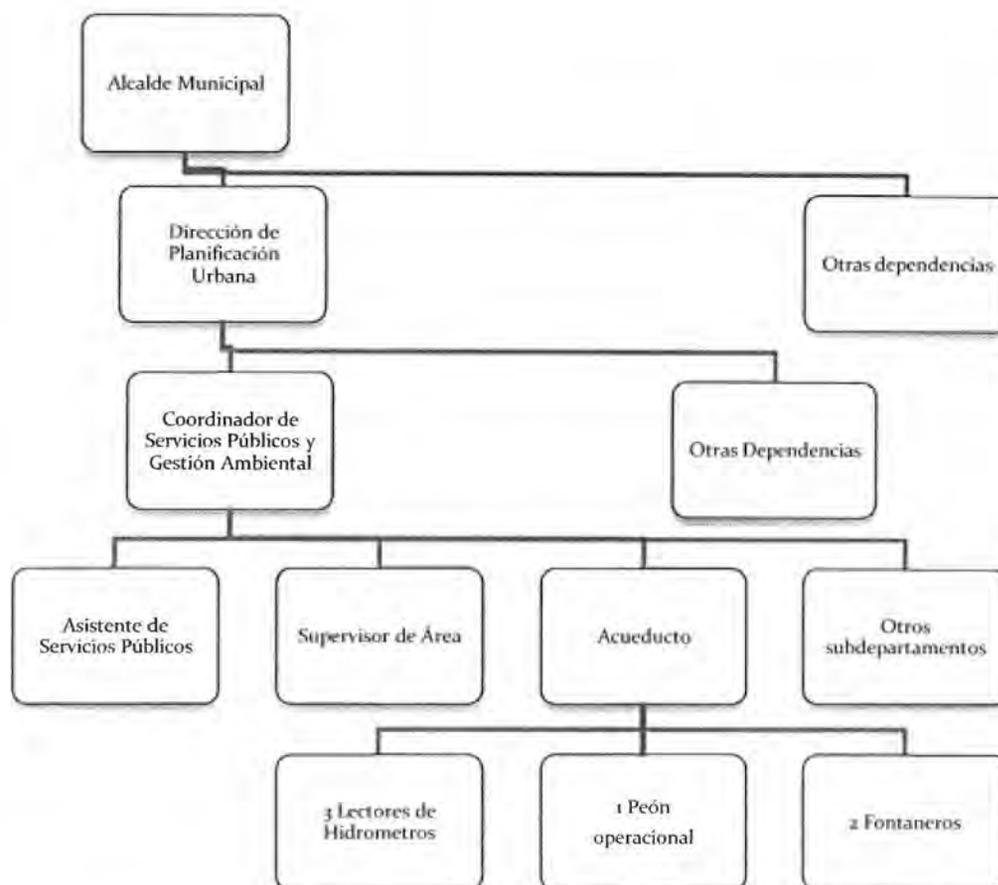


Figura 3-26. Estructura organizacional del Acueducto Municipal de la Municipalidad de Naranjo.

Al realizar un análisis a esta estructura se está dejando de lado una estructura organizacional para el mantenimiento de los sistemas en general, cloración inclusive, incorporación de un ingeniero a cargo del acueducto. Esta estructura comprende los trabajos para una población de aproximadamente 6000 conexiones alrededor de 24000 habitantes a nivel de todo el servicio brindado por la Municipalidad de Naranjo. Con la estructura actual es casi imposible el sostenimiento del sistema por lo tanto debe de contemplarse la incorporación del personal necesario para sostener un acueducto eficiente.

3.13 Capacidad de producción

Se realizan estudios de las nacientes para obtener los resultados que se expresaron anteriormente en el Cuadro 3-3, adicionalmente se realiza una observación puntual del

caudal que se registra en la Figura 3-14, el cual es de aproximadamente 25 l/s, por lo tanto en la zona se tiene una capacidad, en época de estiaje, de aproximadamente 55 l/s.

3.14 Conclusiones

- Los patrones de consumo de las mediciones puntuales, son muy similares a los patrones de consumo que posee el AyA. Sin embargo, son específicos para la zona en estudio.
- La situación actual del sistema, da pie para escalar hacia el próximo escalafón de diseño de un acueducto funcional y económico, con el fin de dar cumplimiento a los objetivos propuestos.
- El sistema en la actualidad tiene una capacidad de producción mayor a los 50 l/s, y según la estimación de caudal el acueducto tiene la capacidad de soportar el crecimiento poblacional.
- Se determinan dos problemas principales: Protección de nacientes en su radio de protección de ley, y la corroboración y corrección de problemas en la infraestructura actual.

Capítulo 4.- Modelación hidráulica

En el presente capítulo se analizarán los sistemas utilizando la modelación hidráulica, creando los panoramas de los sistemas.

La modelación hidráulica se utiliza en la resolución de problemas hidráulicos frecuentes en el saneamiento básico y en la ingeniería, para el presente trabajo es indispensable tomar a consideración para el desarrollo de la infraestructura necesaria, fundamentalmente frente a problemas complejos como lo son la corroboración de redes cerradas.

En este capítulo se pretende plasmar los escenarios de:

- Corroboración del modelo.
- Escenario Actual.
- Finalmente el modelo con las estructuras y las propuestas de crecimiento a futuro.

4.1 Evaluación del modelo

Antes de iniciar a utilizar un modelador hidráulico, es indispensable la comprobación de su desempeño.

En el siguiente apartado se expondrá un caso de modelación de la conducción de San Jerónimo abajo y se comprobará realizando los cálculos manualmente para comprobar el porcentaje de error del modelador con respecto a los resultados obtenidos.

Para el siguiente ejemplo se utilizará la fórmula Hazen y Williams, misma que utiliza el modelador.

Y se utilizará la siguiente metodología para obtener el producto final

$$h_f = \frac{10.675 \cdot Q^{1.852} \cdot L}{C H^{1.852} \cdot 0.487} \quad [4-1]$$

Utilizando como información base la siguiente

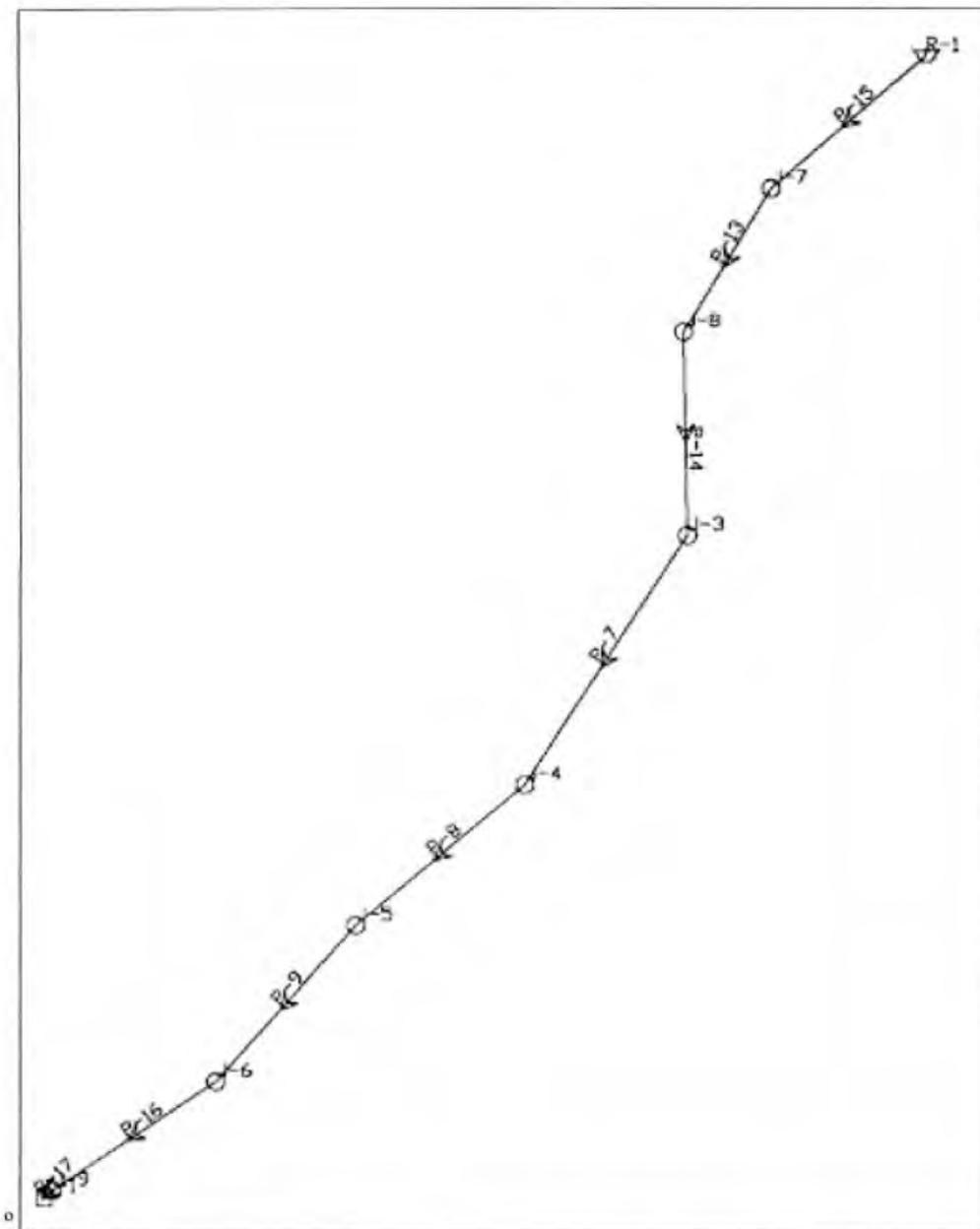


Figura 4-1. Conducción San Jerónimo abajo.

Cuadro 4-1. Información de la Figura 4-1, tomada del sistema de modelación

Nombre	Longitud (m)	Nodo de Inicio	Nodo de Finalización	Diámetro (mm)	Material	Hazen-Williams C
P-17	19.14	J-9	T-1	101.6	PVC	150.0
P-16	352.81	J-6	J-9	101.6	PVC	150.0

P-9	378.52	J-5	J-6	101.6	PVC	150.0
P-8	392.72	J-4	J-5	101.6	PVC	150.0
P-7	535.24	J-3	J-4	101.6	PVC	150.0
P-15	366.97	R-1	J-7	152.4	PVC	150.0
P-14	367.80	J-8	J-3	152.4	PVC	150.0
P-13	302.16	J-7	J-8	152.4	PVC	150.0

Cuadro 4-2. Información de la Figura 4-1, tomada del sistema de modelación

Nombre	Elevación (m)	Demanda (L/s)	Gradiente Hidráulico (m)	Presión (mca)
J-6	1,115.86	0.00	1,162.54	46.6
J-9	1,140.18	0.00	1,142.11	1.9
J-5	1,157.03	0.00	1,184.46	27.4
J-4	1,173.68	0.00	1,207.20	33.5
J-3	1,207.19	0.00	1,238.19	30.9
J-7	1,214.58	0.00	1,243.57	28.9
J-8	1,218.03	0.00	1,241.14	23.1

A partir de esta información, se obtiene la siguiente relación.

Cuadro 4-3. Tabla resumen para el cálculo de la línea de Energía

Estación	Longitud (m)	Elevación de tubería (m)
R-1	0	1246.52
J-7	366.97	1243.57
J-8	669.13	1241.14
J-3	1036.93	1238.19
J-4	1572.17	1207.2
J-5	1964.89	1184.46

J-6	2343.41	1162.54
J-9	2696.22	1142.11
T-1	2715.36	1144
Longitud ξ	2715.36	

Cuadro 4-4. Línea de energía para la comprobación del modelo para la conducción del sistema San Jerónimo abajo.

Línea de Energía	00+01	00+02	00+03
Longitud (m)	0	1036.93	2715.36
Elevación (m)	1246.52	1238.93	1142.11

$$H_f(\text{pérdidas por fricción}) = 7.59$$

Donde la elevación del punto 00+02 se obtiene de la resta de elevación en el punto exacto de longitud en la estación del punto 00+02 menos las pérdidas por fricción en este punto (h_f). Seguidamente se busca el punto de equilibrio donde la línea de energía propuesta, corresponde a la línea de elevación.

Esto ocurre al hacer pasar un caudal máximo de 22 l/s, dato similar al dato del modelo hidráulico (21.92l/s), por lo tanto se concluye que el modelo está validado.

En las figuras subsiguientes se registran los resultados obtenidos tanto por el modelo hidráulico como con los datos obtenidos manualmente.

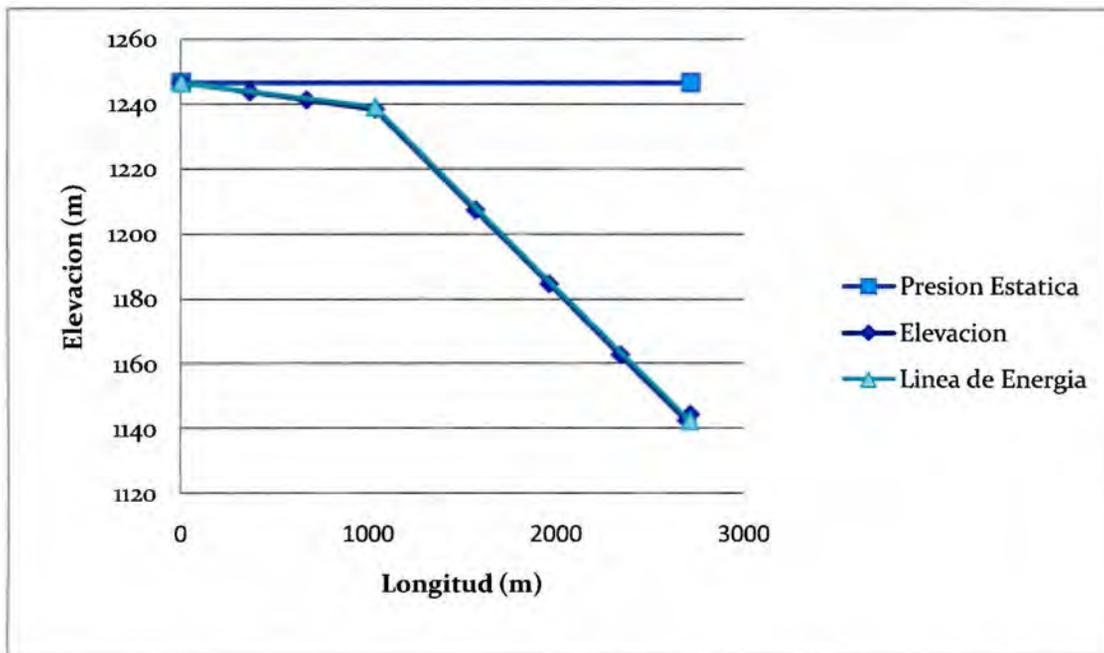


Figura 4-2. Línea de energía para la conducción de la Figura 4-1, obtenido mediante el método manual.

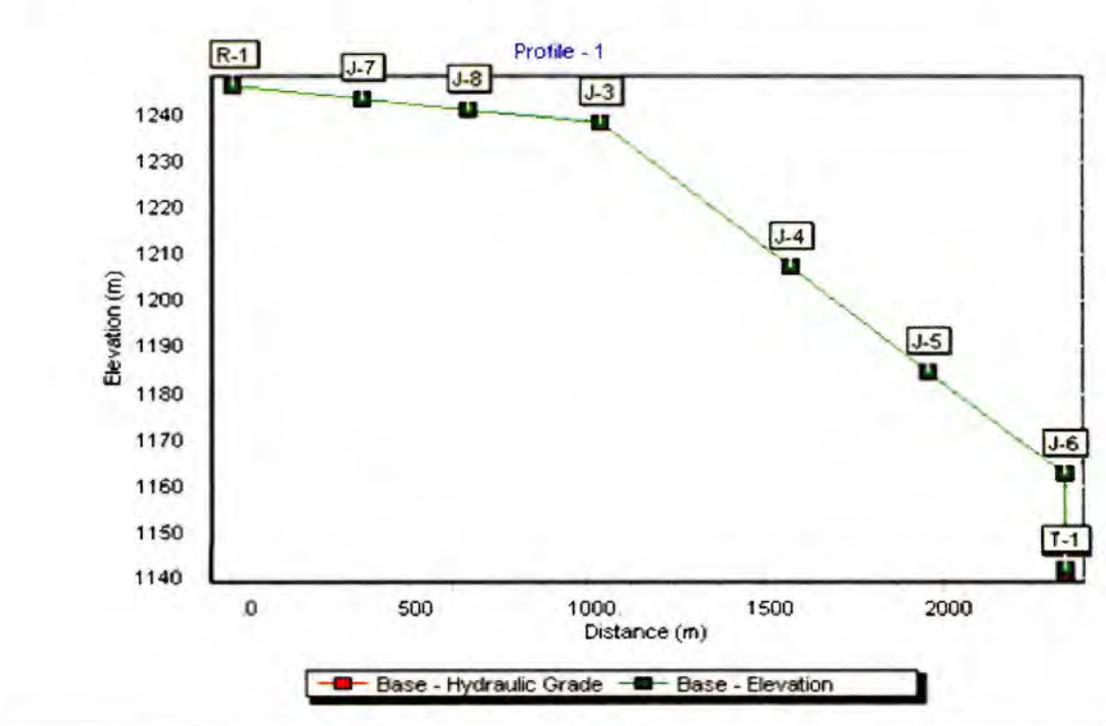


Figura 4-3. Línea de energía para la conducción de la Figura 4-1, obtenido mediante la modelación hidráulica.

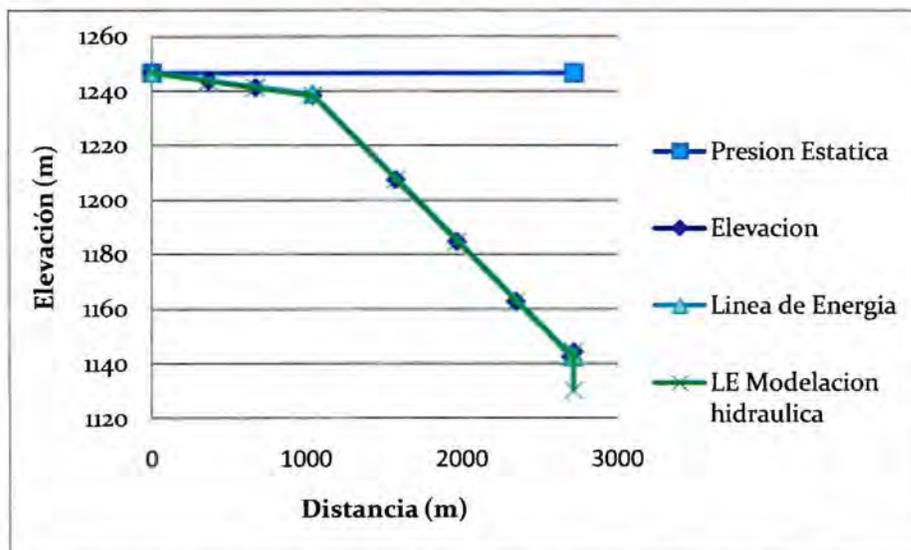


Figura 4-4. Comparación del modelo hidráulico con el modelo calculado.

Tanto en la modelación como la evaluación del modelo, los resultados son muy semejantes con un porcentaje de error del 1,3% por lo que la comprobación del modelo se encuentra validada con este proceso.

4.2 Calibración del modelo hidráulico

Para los sistemas San Jerónimo abajo y San Jerónimo arriba, ambos discutidos en el capítulo anterior, se realizaron modelaciones de los sistemas con el fin de obtener un acercamiento a la realidad a partir del levantamiento de campo.

Con la metodología empleada para los casos de estudio de registro de datos en sitio y comparados con los datos proyectados por el sistema de modelación, se obtienen los siguientes resultados para un periodo de registro de 24 h

Cuadro 4-5. Comparación de datos calculados y observados para un periodo de 24 h en el sector de San Jerónimo abajo para la corroboración de la calibración del modelo.

	00:00			05:00			10:00		
	Obs	Calc	% Error	Obs	Calc	% Error	Obs	Calc	% Error
	12:00:00 a.m.			5:00:00 a.m.			10:00:00 a.m.		
Ernidez Herrera	26.41	29.20	10.6%	17.61	20.60	17.0%	15.85	19.30	21.8%
Esperanza Cubero	71.40	68.30	4.3%	66.30	67.80	2.3%	52.82	62.80	18.9%

Por Iglesia	36.10	35.20	2.5%	32.70	34.90	6.7%	20.40	32.40	58.8%
Caudal	6.72		6%	9.84		9%	15.38		33%
	12:00			14:00			17:00		
	12:00:00 p.m.			2:00:00 p.m.			5:00:00 p.m.		
	Obs	Calc	% Error	Obs	Calc	% Error	Obs	Calc	% Error
Ernidez Herrera	21.13	28.90	36.8%	21.13	28.90	36.8%	21.13	28.90	36.8%
Esperanza Cubero	70.90	72.17	1.8%	70.90	72.17	1.8%	70.90	72.17	1.8%
Por Iglesia	23.50	33.50	42.6%	23.50	33.50	42.6%	23.50	33.50	42.6%
Caudal	12.70		27%	12.70		27%	12.70		27%
	23:00								
	11:00:00 p.m.								
	Obs	Calc	% Error						
Ernidez Herrera	26.41	27.60	4.5%						
Esperanza Cubero	71.20	68.30	4.1%						
Por Iglesia	34.70	32.24	7.1%	Promedio					
Caudal	6.90		5%	16%					

Obs. Observado

Calc. Calculado

La calibración que se muestra en el Cuadro 4-5, ajusta a un 16% y en la mayoría de los casos con un ajuste inferior al 10%. Por lo que los registros sugieren que el sistema está calibrado y tiene un comportamiento de consumo como se registra en el modelo hidráulico, con un ajuste a la realidad muy acertado. Sin embargo existe la zona Por la iglesia que aumenta los valores de error hasta el 48%, en el modelo de calibración puede no concordar por un comportamiento de válvulas no estimadas en la calibración, al igual existen zonas bajas como lo indica la ubicación donde Esperanza Cubero, punto en el cual existen errores

considerables, esto se debe a que son zonas bajas donde existe un comportamiento de presiones elevadas.

Cuadro 4-6. Comparación de datos calculados y observados para un periodo de 24 h en el sector de San Jerónimo arriba para la corroboración de la calibración del modelo.

Hora	00:00:00			05:00:00			10:00:00		
	Obs.	Calc.	Error	Obs.	Calc.	Error	Obs.	Calc.	Error
Olivier Rojas	14.08	14.30	1.53%	14.08	17.10	21.41%	14.08	15.90	12.89%
Sector Oeste	45.77	44.10	3.66%	44.01	44.10	0.20%	44.01	44.08	0.15%
Tacacal abajo	52.82	55.20	4.51%	52.82	55.33	4.76%	52.82	55.20	4.51%
cruce tacacal	26.90	29.50	9.67%	26.90	32.30	20.07%	26.90	27.60	2.60%
Registro de caudal	2.23		4.84%	1.97		11.61%	4.97		5.04%

Hora	12:00:00			14:00:00			16:00:00		
	Obs.	Calc.	Error	Obs.	Calc.	Error	Obs.	Calc.	Error
Olivier Rojas	14.08	15.10	7.21%	14.08	18.50	31.35%	14.08	17.30	22.83%
Sector Oeste	44.01	44.00	0.03%	44.01	44.10	0.20%	44.01	44.10	0.20%
Tacacal abajo	52.82	55.20	4.51%	52.82	55.20	4.51%	52.82	55.20	4.51%
cruce tacacal	26.90	28.00	4.09%	26.90	30.80	14.50%	26.90	29.30	8.92%
Registro de caudal	5.08		3.96%	3.20		12.64%	4.52		9.11%

Hora	18:00:00			23:00:00			Promedio	
	Obs.	Calc.	Error	Obs.	Calc.	Error		
Olivier Rojas	14.08	18.50	31.35%	14.08	19.00	34.90%		
Sector Oeste	45.77	44.10	3.66%	45.77	44.10	3.66%		
Tacacal abajo	52.82	55.20	4.51%	52.82	55.20	4.51%		
cruce tacacal	27.00	30.80	14.07%	26.90	31.40	16.73%		
Registro de caudal	3.28		13.40%	3.15		14.95%	9.4%	

Para esta calibración, el modelo ajusta a un 8%. Por lo que los registros sugieren que el sistema está calibrado y tiene un comportamiento de consumo como se registra en el modelo hidráulico, con un ajuste a la realidad muy acertado.

En conclusión ambos sistemas se encuentran calibrados por lo que sus datos son acertados, representativos y congruentes con la realidad

4.3 Resultados del modelo para el sistema San Jerónimo abajo en un periodo de 24h.

En este apartado se estudia la modelación hidráulica para el sistema de San Jerónimo abajo, los datos aquí expuestos corresponden a la corrida de datos durante 24 h, después de haber calibrado el modelo para que presente un error de comparación del 15%.

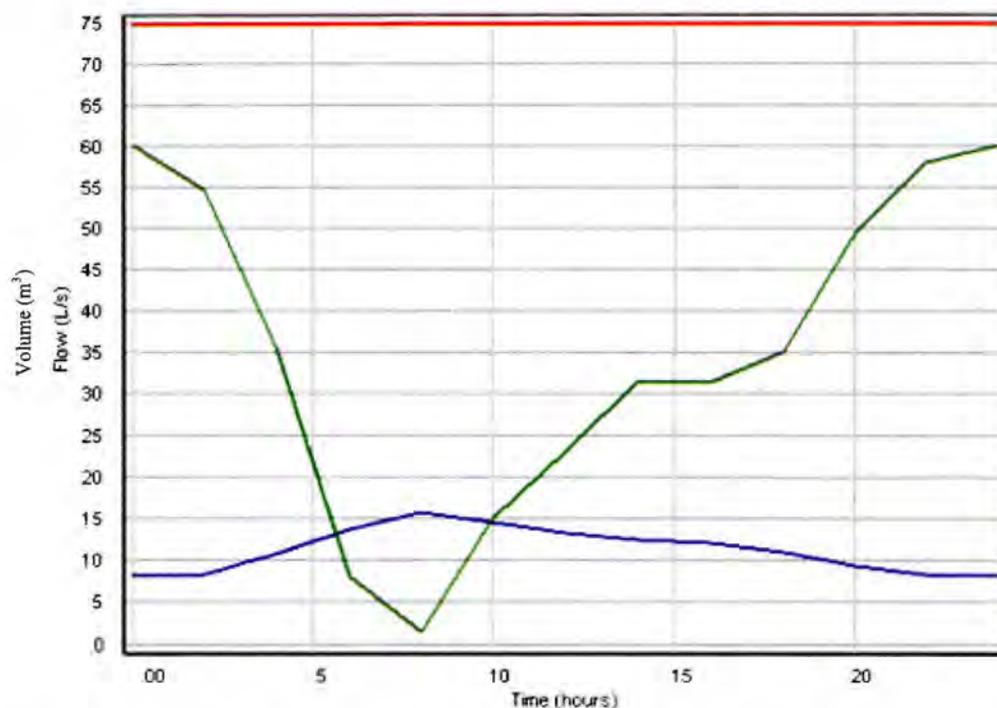


Figura 4-5. Comportamiento de consumo y almacenamiento de caudal para el sistema de San Jerónimo abajo.

Este gráfico, registra los datos de almacenamiento (línea verde), y consumo (línea azul), a su vez evalúa los perfiles de consumo. Se representa el punto crítico de mayor consumo, que se da al ser aproximadamente las nueve horas, donde se registra el mayor consumo total en el sector San Jerónimo abajo.

El análisis de los datos se realizará para el punto de mayor y menor consumo, para identificar la afectación por velocidades en las tuberías y presiones excesivas, de esta manera buscar una solución óptima para el acueducto en mención.

4.3.1 Punto de menor consumo a las una horas

Este punto es el más crítico en cuanto a presión, y es justamente aquí donde se pueden identificar los casos en donde la tubería se encuentra en sobrepresión al no haber consumo o un consumo muy reducido. Este punto permite identificar las zonas con presiones mayores a los 70 m.c.a. máxima presión permitida por las normas, lo que permite identificar las zonas del acueducto que actualmente presentan problemas debido a las altas presiones.

4.3.2 Punto de mayor consumo a las nueve horas

Este punto es crítico en cuanto a velocidades máximas y caudal de consumo máximo en las tuberías, al analizar este punto se identifican los problemas específicos a corregir tanto por velocidad como por presiones inferiores a los 10 mca. que se producen. Todo esto conlleva a determinar las fallas al no haber un diámetro adecuado de tubería y por lo tanto permite buscar las alternativas al problema. En la información subsiguiente se analizarán los puntos críticos mencionados.

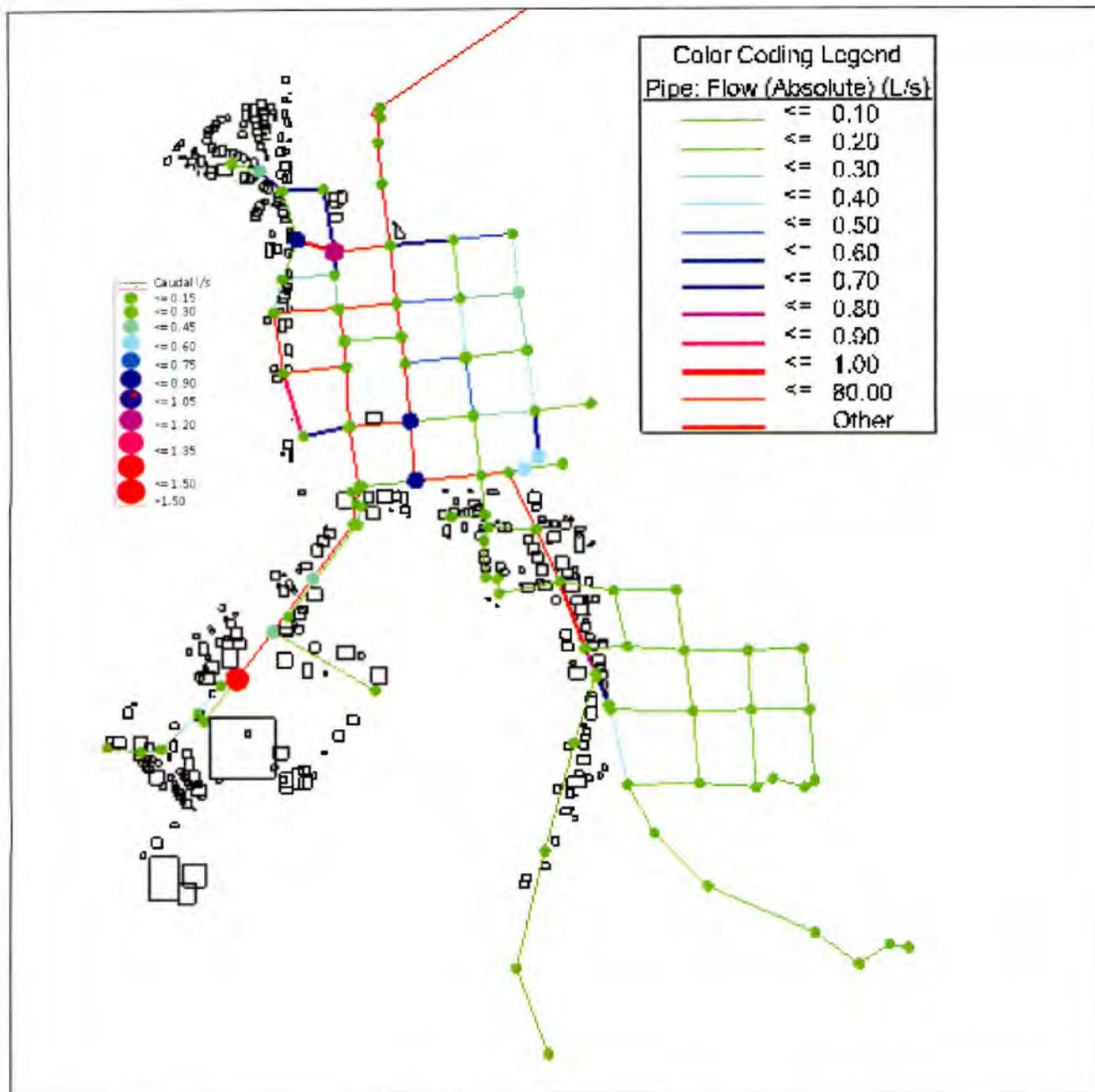


Figura 4-7. Representación gráfica de consumo para el sector San Jerónimo abajo, a las nueve horas, modelo calibrado.

La Figura 4-7 representa el caudal en la hora de mayor consumo para el sector San Jerónimo abajo, se representa con la escala de colores que se ubica a la izquierda donde el color verde es un consumo bajo y el color rojo es el mayor consumo.

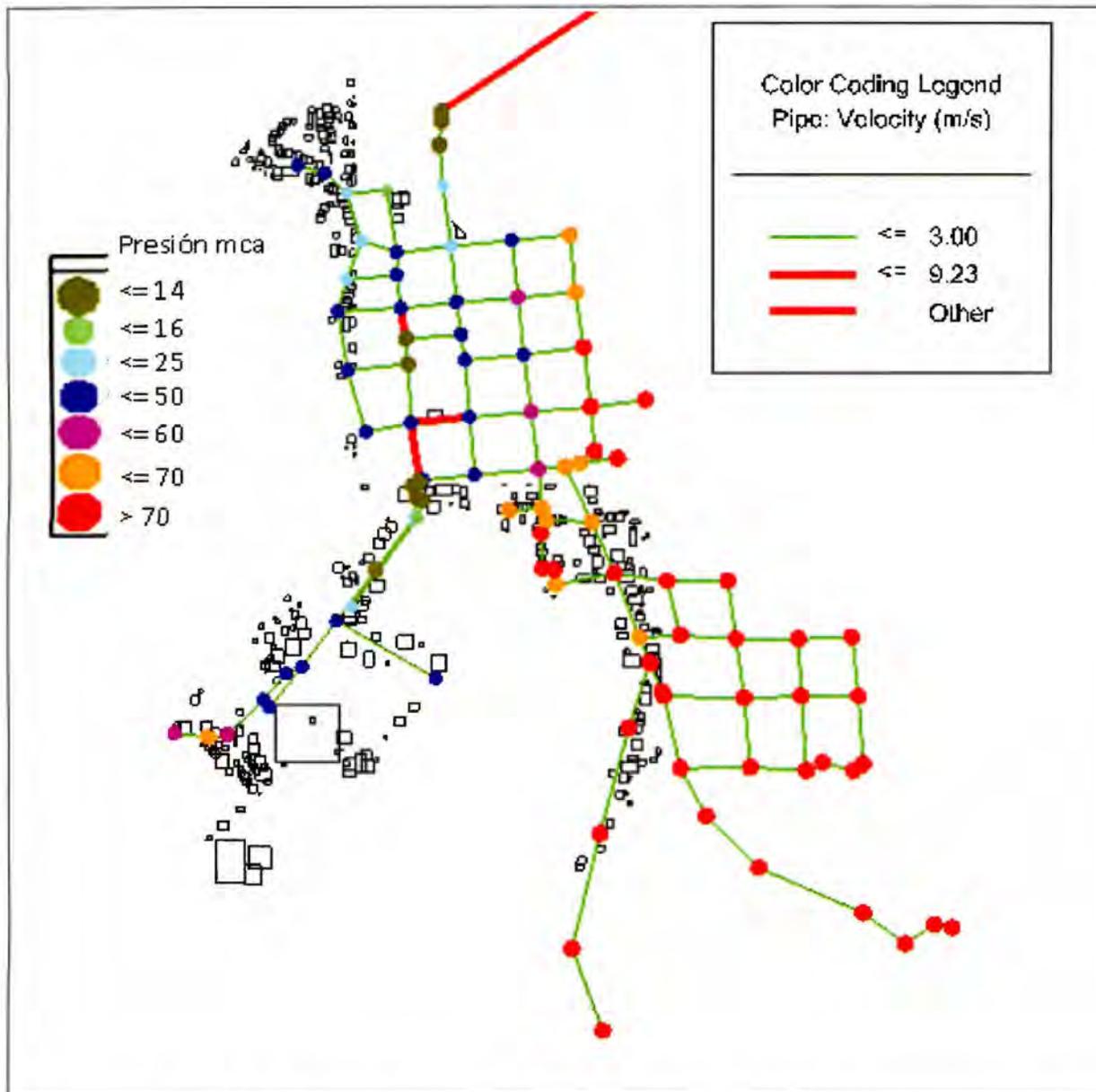


Figura 4-8. Representación gráfica de presión y velocidad en tuberías para el sector San Jerónimo abajo, a las nueve horas, modelo calibrado.

La Figura 4-8 representa la presión modelada en la hora de mayor consumo para el sector San Jerónimo abajo, en donde existen problemas aunque aislados de presión negativa en las tuberías. La representación gráfica de la Figura 4-7, se ajusta a la escala de colores que está a la izquierda, donde los valores van desde valores inferior a los 14 mca (representado con color verde) hasta los 70 mca. – valor máximo permitido –, (representado con el color rojo).

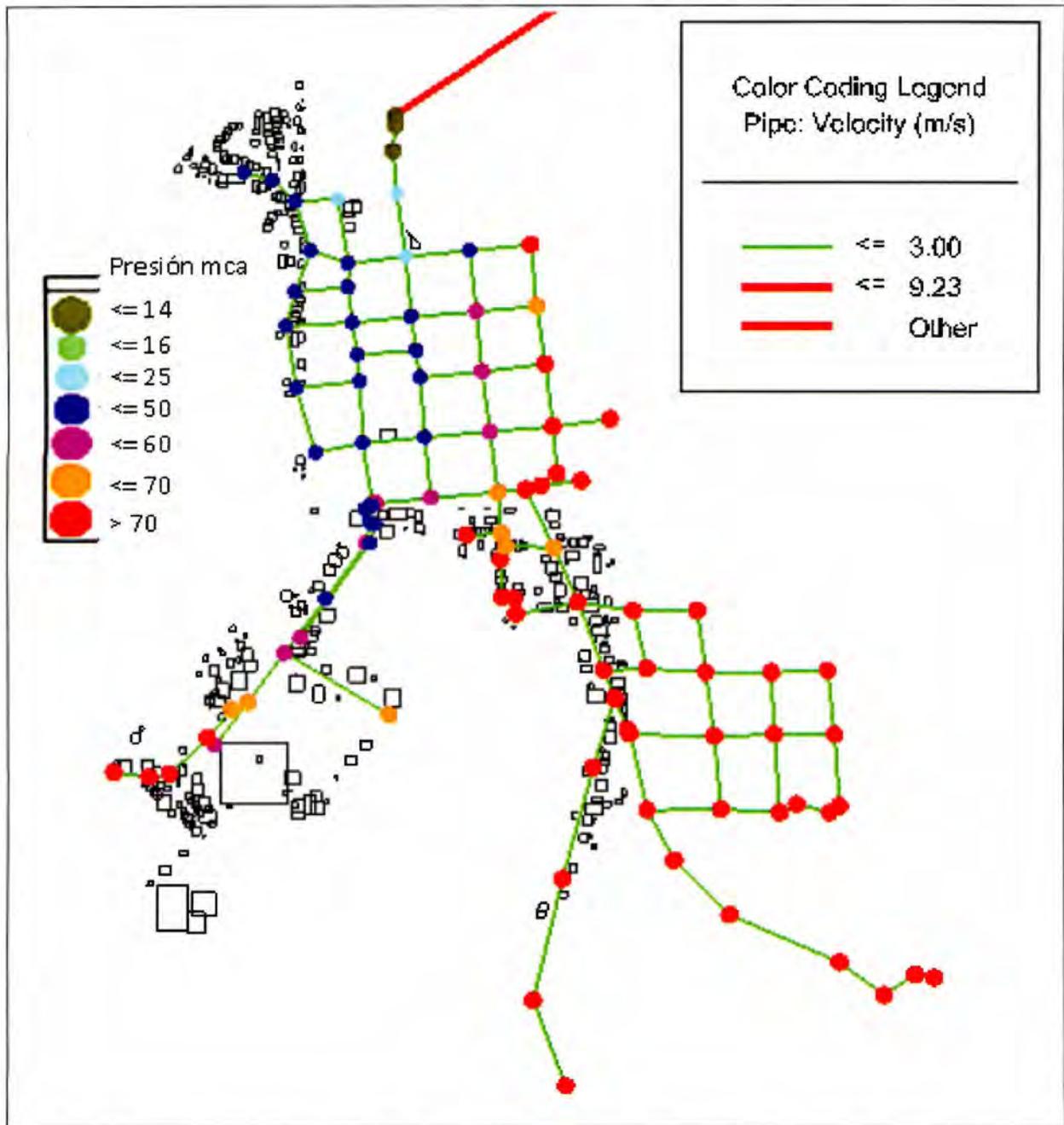


Figura 4-9 Representación gráfica de presión para el sector San Jerónimo abajo, a las una horas, modelo calibrado. .

La Figura 4-9 representa la presión modelada en la hora de menor consumo para el sector San Jerónimo abajo. En donde se observan problemas por sobre presión en las tuberías. Utilizando la misma escala que la figura anterior.

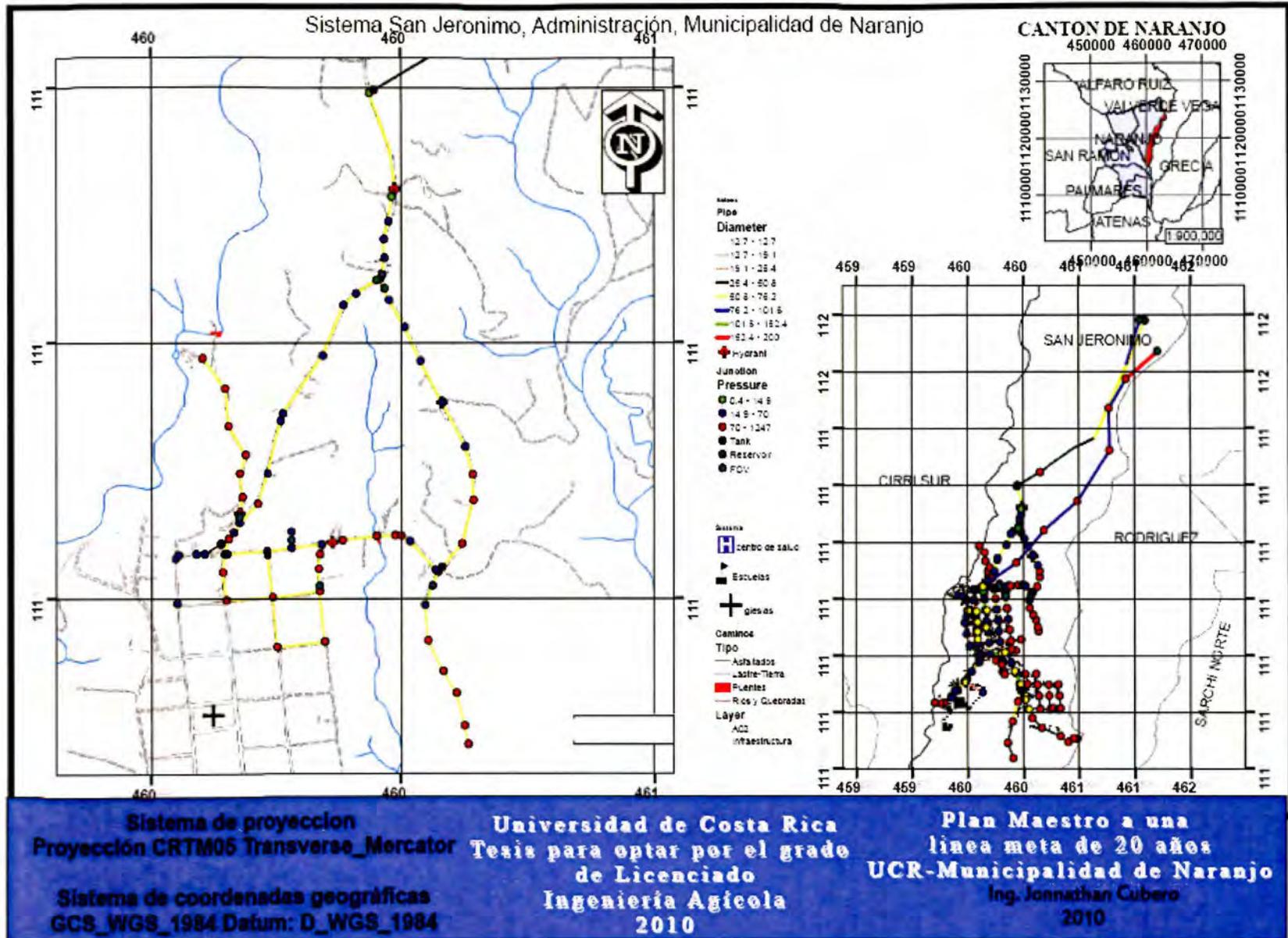


Figura 4-10 Sistema de Acueducto San Jerónimo arriba.

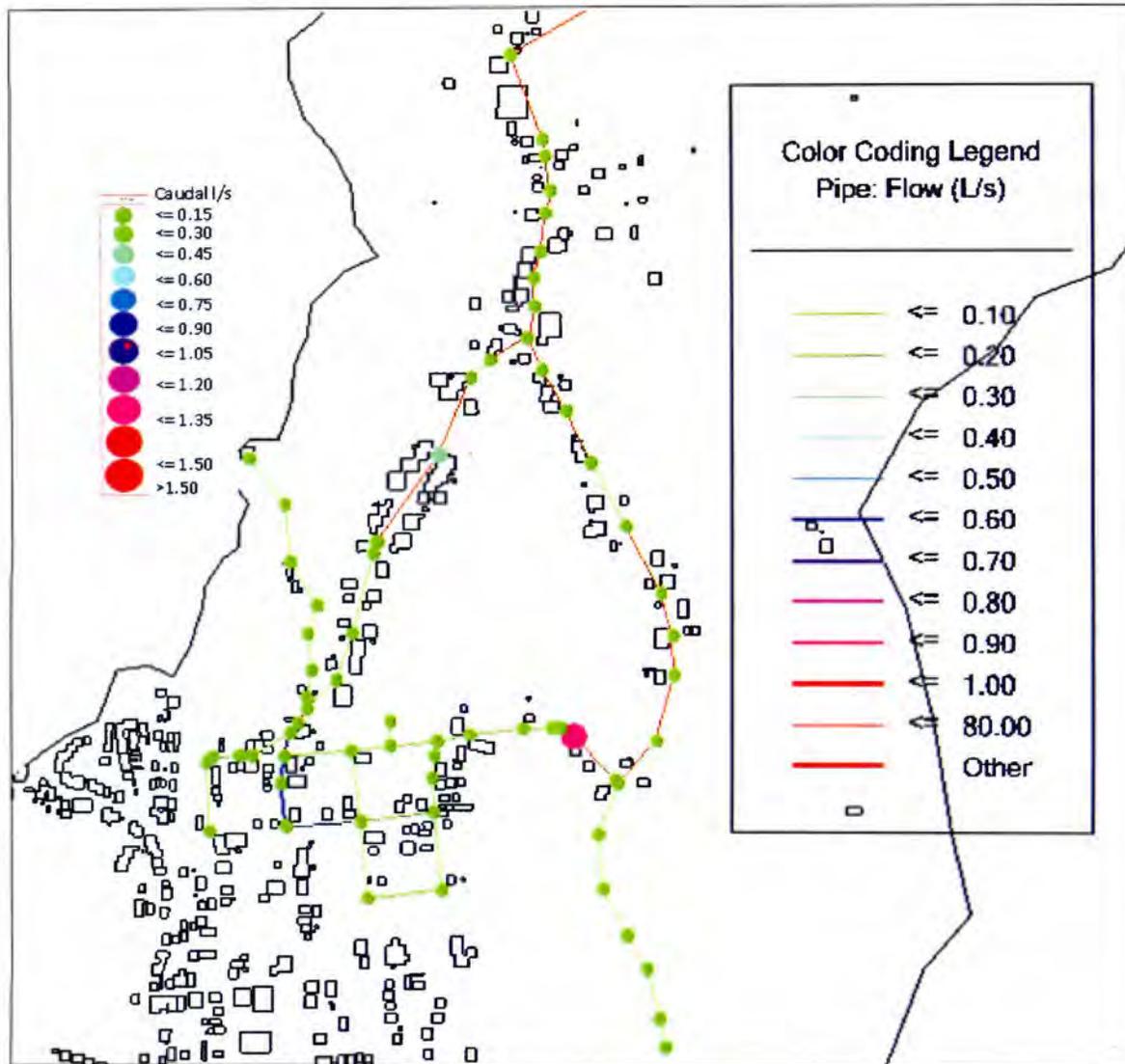


Figura 4-11. Representación gráfica de presión para el sector San Jerónimo arriba, a las nueve horas, modelo calibrado.

La Figura 4-11 representa el caudal en la hora de mayor consumo para el sector San Jerónimo arriba. Se utiliza la misma escala de las figuras anteriores para tal propósito.

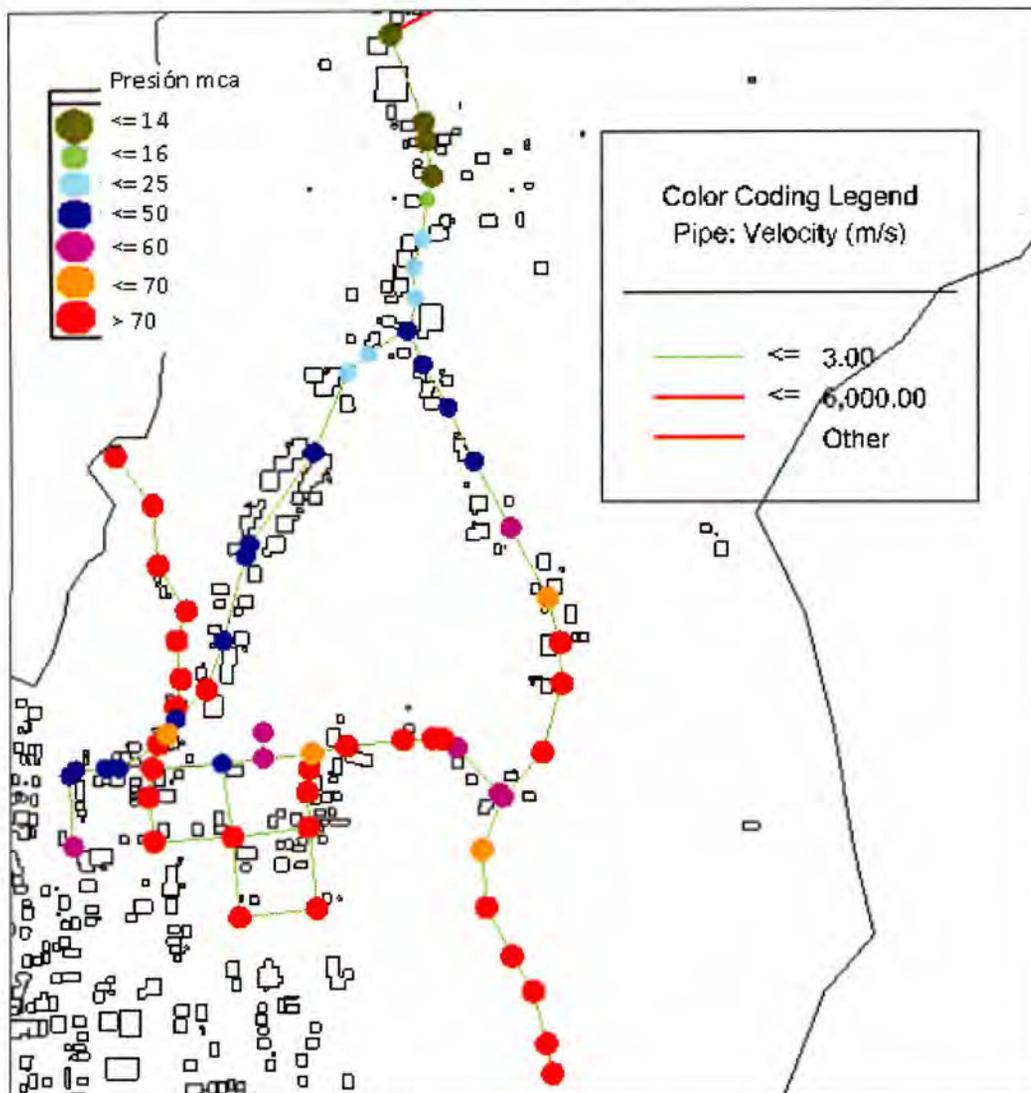


Figura 4-12. Representación gráfica de presión y velocidad en tuberías para el sector San Jerónimo arriba, a las nueve horas, modelo calibrado.

La Figura 4-12 representa la presión modelada en la hora de mayor consumo para el sector San Jerónimo abajo. Se utiliza la misma escala de las figuras anteriores para tal propósito.

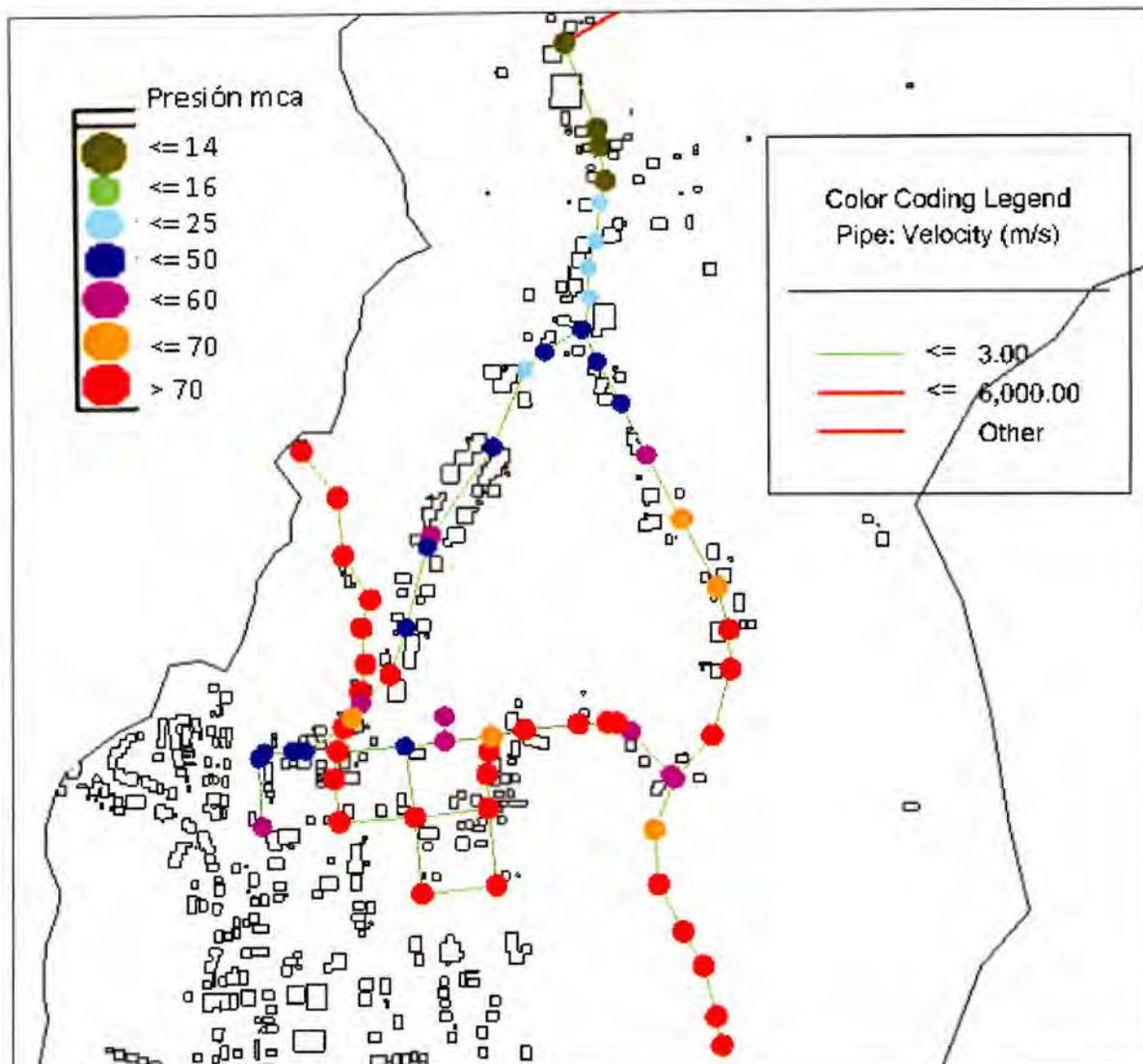


Figura 4-13. Representación gráfica de presión para el sector San Jerónimo arriba, a las una horas, modelo calibrado.

La Figura 4-12 representa la presión modelada en la hora de menor consumo para el sector San Jerónimo arriba. En donde se observan problemas por sobre presión en las tuberías. Se utiliza la misma escala de las figuras anteriores para tal propósito.

La información anterior permite tomar decisiones en cuanto a la situación actual.

En ambos sistemas, se presentan problemas por sobrepresión (puntos de representación rojos), por lo que se hace sumamente importante determinar las diferentes

zonas de presión y ya sea solventar el problema con válvulas reductoras de presión (PRV) o con tanques de almacenamiento, según ameriten las condiciones.

Se determina que las zonas de mayor consumo corresponden a las zonas donde no existe medición y específicamente los lugares donde se presentan los mayores consumos corresponden a sitios agrícolas, en donde el consumo aumenta considerablemente.

Las velocidades en las tuberías en el tiempo de mayor consumo son estables para los diámetros registrados, sin embargo, en sitios específicos donde el consumo es muy alto las velocidades aumentan y se presentan problemas de presión negativa por lo tanto hay desabastecimiento en el sector, ante tal situación estos sectores se tornan como sectores de especial énfasis.

4.4 Conclusiones

- El modelo hidráulico permite tener una representación gráfica, numérica del comportamiento del acueducto como un todo.
- Tanto el sector San Jerónimo arriba como el sector San Jerónimo abajo, presentan problemas de alta presión en sus tuberías por lo que se debe buscar una solución viable al problema.
- Existen puntos en la red que presentan problemas de desabastecimiento, los cuales se deben atender en el menor tiempo posible, máxime que corresponden al sector donde se ubica la escuela de la localidad y el colegio.
- Los problemas de sobreconsumo se presentan en los sitios donde no existen medidores de caudal, por lo que es recomendable la colocación de micromedidores en toda la red.

Capítulo 5.- Desarrollo del Plan Maestro

Este capítulo se incluye un plan de implementación de acciones inmediatas y futuras, para la mejora en el servicio de abastecimiento de la zona, con su respectivo plan maestro a un horizonte temporal hasta el año 2030. Se incluye la distribución geográfica y proyección demográfica.

Análisis de Expansión.

Proyección de demanda.

Componentes de inversión.

Propuesta de obras.

5.1 El área de estudio

El área de estudio es la zona de abastecimiento actual y el posible crecimiento de la zona de San Jerónimo, se identificarán las diferentes zonas de presión y la división de los sistemas, la zona de captación y su relación con los sistemas. El área de estudio comprende el área descrita en el capítulo anterior y su crecimiento y expansión a futuro de la zona de San Jerónimo.

5.2 Dinámica poblacional de la región y expansión de la ciudad

Para identificar la dinámica poblacional se tomará como base las proyecciones de población para una línea meta de 20 años, se considerarán factores básicos para identificar las zonas de expansión de la ciudad como utilizando la metodología que se expone a continuación en la Figura 5-1y Figura 5-2.

En la Figura 5-3 y Figura 5-4, se muestra la metodología utilizada para la toma de decisiones en el modelo hidráulico.

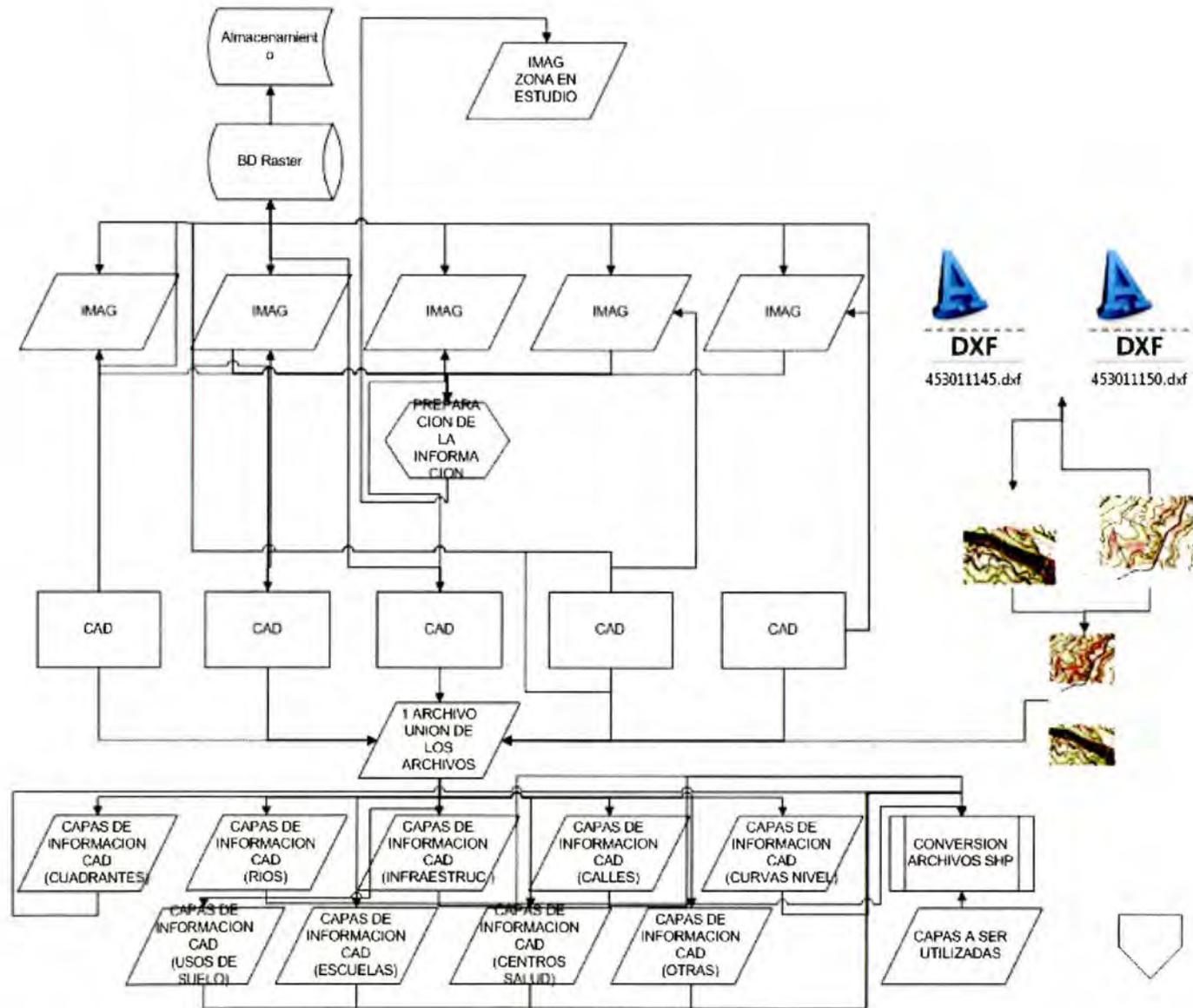


Figura 5-1. Diagrama de usos de capas de información para la proyección de crecimiento por expansión territorial lámina 1/2.

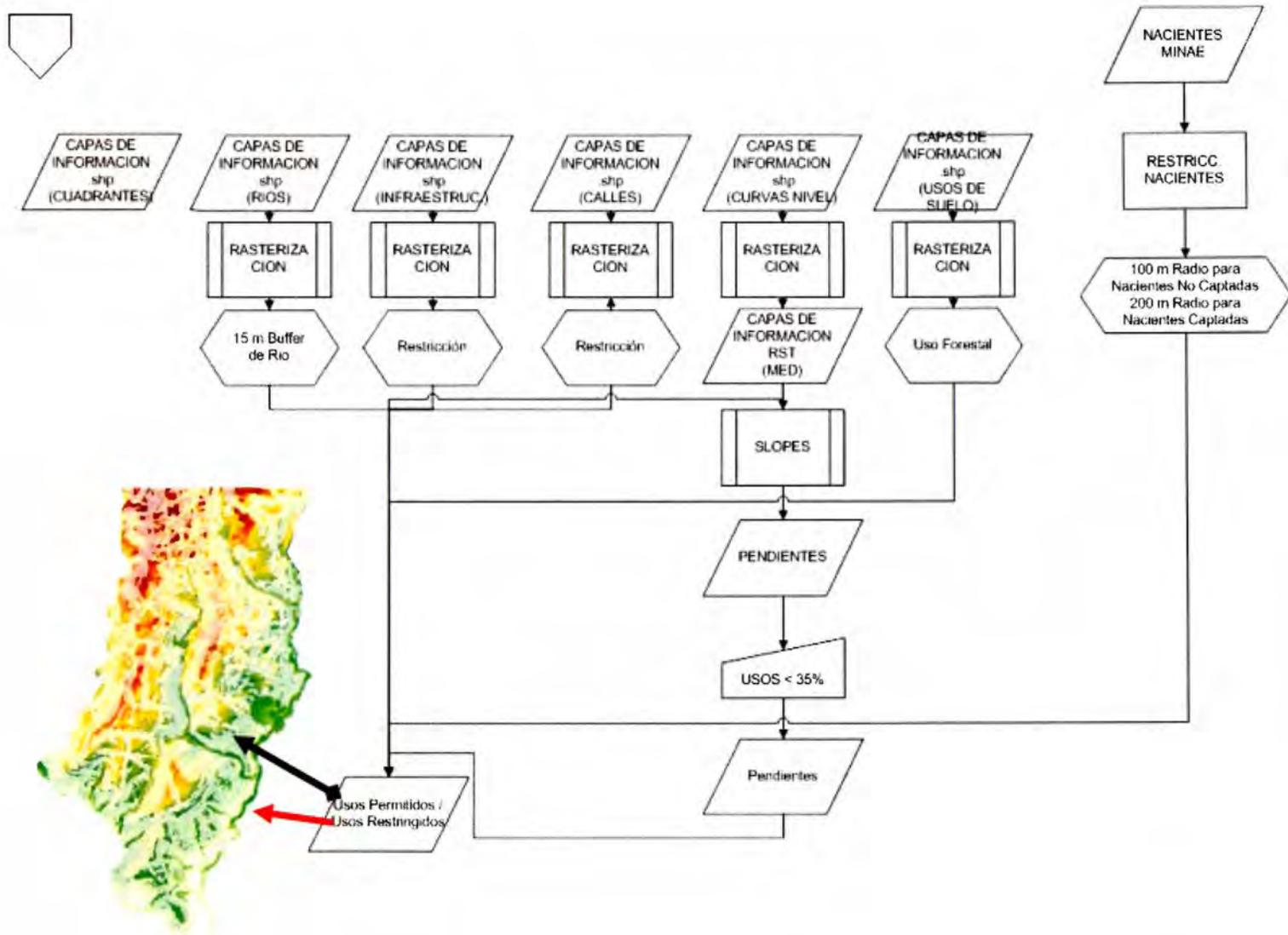


Figura 5-2. Diagrama de usos de capas de información para la proyección de crecimiento por expansión territorial lámina 2/2.

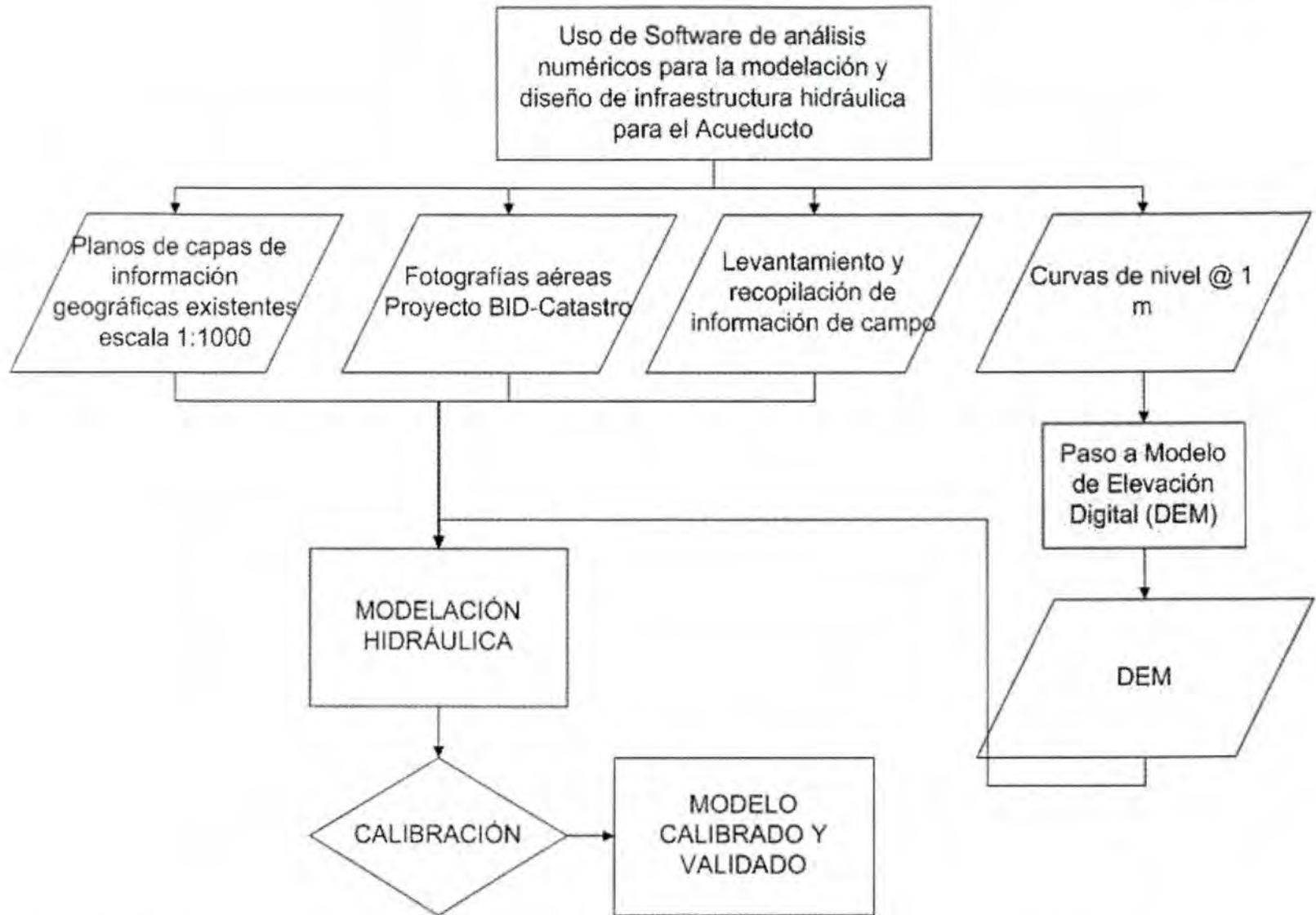


Figura 5-3. Diagrama base de desarrollo y utilización de capas de información para su uso en el modelo hidráulico.



Figura 5-4. Diagrama uso de capas de información para la toma de decisiones en el diseño del acueducto.

La Figura 5-1 y Figura 5-2 explican la metodología necesaria para el tratamiento de la información geográfica por extractos de capas de información de diferente índole que interactuando entre sí generan un resultado deseado y necesario para toma de decisiones. La información que se obtiene está representada en diferentes capas de información que hay que unir entre sí con el fin de generar un único archivo. El archivo obtenido presenta todas las diferentes capas de información unidas, las que se deben de separar por tipo de capa deseada, lo que permite trabajar la información separadamente, esta información debe ser tratada con diferentes cálculos numéricos hasta obtener el cálculo y la información deseada.

Figura 5-3 y Figura 5-4, representan la metodología necesaria para la obtención de los resultados de modelación hidráulica aplicada al área de estudio a partir de información base obtenida a nivel de campo y representada geográficamente en el sistema de modelación. Para esto es necesario utilizar los diferentes estratos de información tales como información topográfica, fotografías aéreas orthorectificadas, recopilación de información obtenida mediante registradores de sistemas de posicionamiento global, datos recopilados en campo sobre el acueducto, levantamiento de infraestructura existente y su ubicación, diámetros de tubería, hidrantes, válvulas y otros elementos.

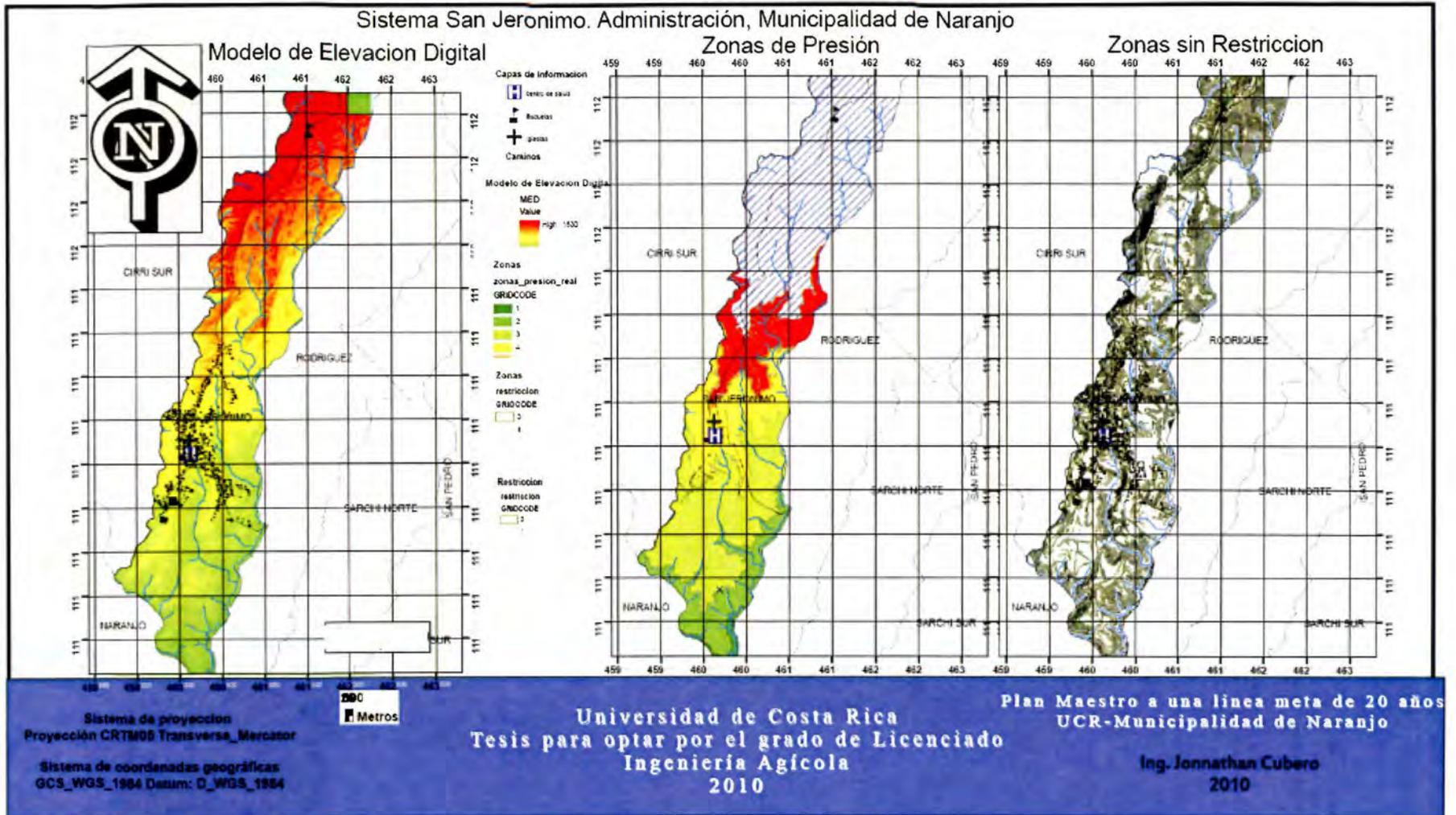


Figura 5-5. Capas de información generada a partir del tratamiento de la información disponible, para la toma de decisiones en el diseño. Vol. I.

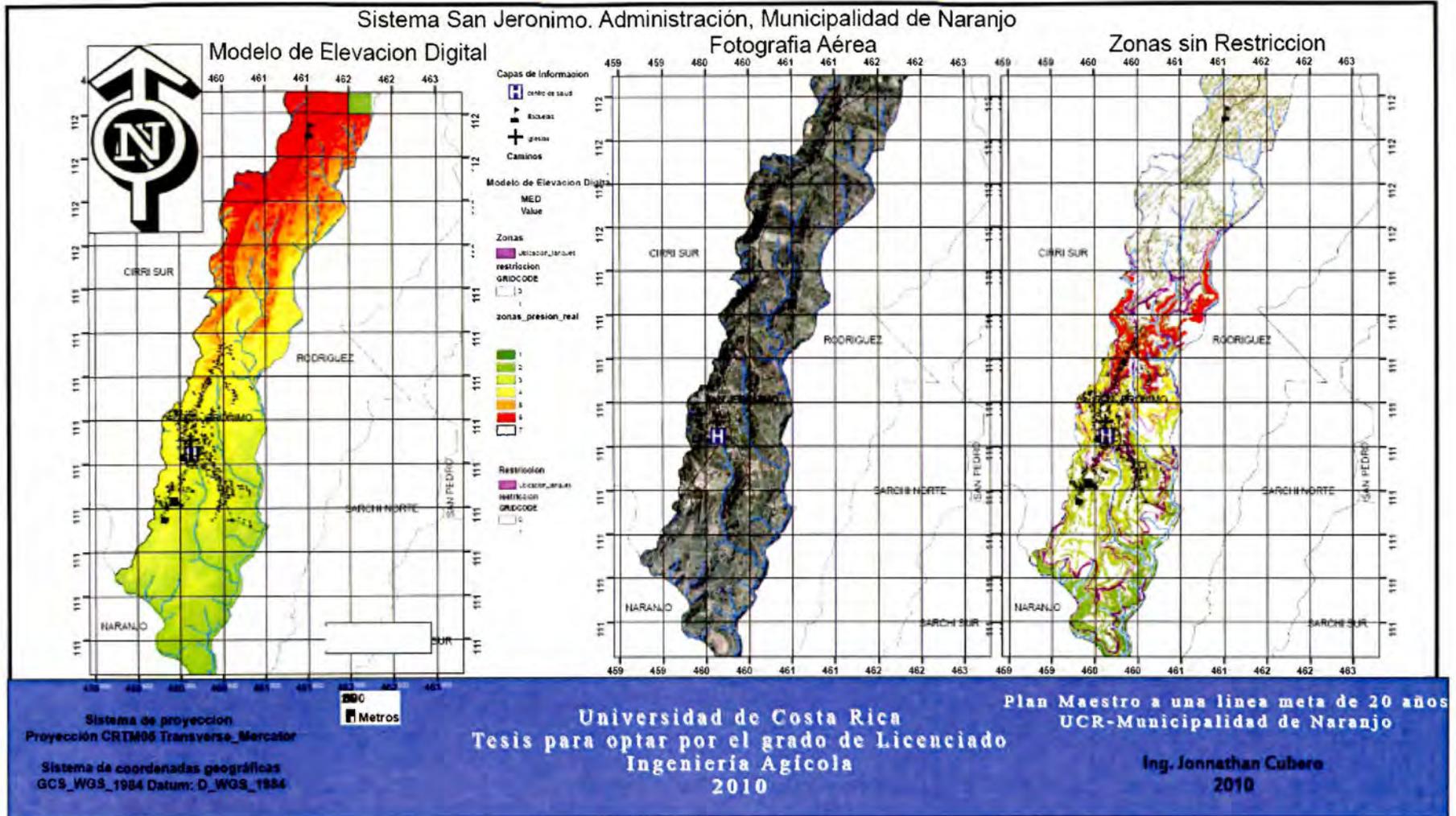


Figura 5-6. Capas de información generada a partir del tratamiento de la información disponible, para la toma de decisiones en el diseño. Vol. II.

De las capas de información obtenidas anteriormente, se da paso a la toma de decisiones en el diseño del acueducto a la línea meta de crecimiento definida.

Para alcanzar este tipo de información se deben cumplir pasos como lo establece la metodología de la Figura 5-1, la Figura 5-2, la Figura 5-3 y la Figura 5-4.

La posesión de esta información veraz y precisa, permite obtener resultados óptimos en el diseño, ya que el grado de incertidumbre es menor.

De aquí en adelante se enfocará el cómo se obtienen los resultados y los criterios de diseño utilizados para obtener el diseño final.

5.2.1 Identificación de áreas homogéneas

Con un paso previo a la obtención de la información anterior, se pueden definir las áreas homogéneas las cuales deben cumplir con algunos requisitos como los siguientes:

- Separación por cursos de agua
- Pertenencia a una misma área de presión.
- Infraestructura de transporte vial de primer orden, tales como rutas de acceso y salida de la ciudad.
- Vías de tránsito principales

Este tratamiento se transpone a las capas obtenidas y como resultado, se obtiene una capa de información de las áreas homogéneas, que cumplen con los requisitos descritos, el resultado se expone en la Figura 5-7, en adelante las zonas de presión van a corresponder a las zonas delimitadas por un rango de presiones que van desde los 15 mca hasta los 70 mca.

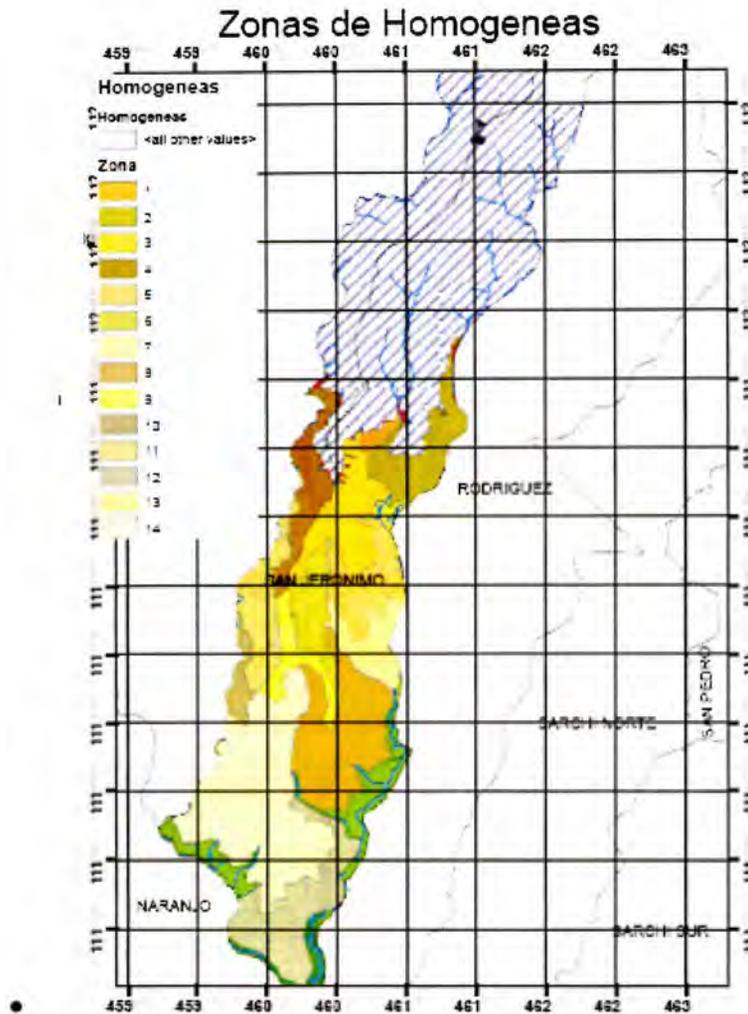


Figura 5-7. Zonas Homogéneas, obtenidas a partir de los criterios establecidos anteriormente, se obtienen 14 zonas de presión para esta zona.

Las zonas de presión permite desarrollar las pautas de diseño identificando el tamaño de las mismas, el crecimiento oportuno y dar un trato ingenieril al diseño.

5.3 Criterios para caracterizar y delimitar las áreas:

Con la información recabada en los apartados anteriores, se dan lineamientos de delimitación geográfica y topográfica para la planificación y análisis del acueducto con un consumo meta de 20 años, tomando a consideración la cartografía básica y el crecimiento demográfico en la zona.

5.3.1 Nivel de consolidación del trazado urbano (unidades territoriales definidas, calles abiertas y definidas)

La zona de San Jerónimo arriba, tiene una consolidación del trazado urbano a los márgenes de la carretera primaria principal que comunica el centro de población con las zonas con una elevación topográfica mayor.

En la zona de San Jerónimo abajo, la consolidación del trazado urbano, se expande desde el centro urbano que crece alrededor de la iglesia y la plaza, con una médula comercial muy escasa. En general la zona es residencial.

El área total para desarrollo sin restricción es de más de 2 millones de metros cuadrados aproximadamente 220 hectáreas, de las cuales existe un total de infraestructuras habitacionales de aproximadamente 14 hectáreas que representa el 10% del área utilizable.

En la zona existe un registro de infraestructura vial conformada de la siguiente manera:

6 km de calles primarias asfaltados en su totalidad,

11 km de calles secundarias conformadas con un 5% de las mismas asfaltadas

Y un total de 25.5 km de caminos sin conformar, con posibilidad a designarse con la categoría de caminos públicos ya que se intercomunican entre sí.

5.3.2 Número de viviendas y densidad de ocupación del suelo.

La zona en estudio actualmente posee un área de aproximadamente 4.3 km² y una población aproximada de 2850 habitantes para una densidad 655 hab/km². Considerada una densidad muy alta de población, en esta zona existe una cantidad de infraestructuras habitacionales de aproximadamente 791 unidades, por lo tanto la ocupación del suelo corresponde a 180 viviendas/km².

5.3.3 Población estimada del área.

En este apartado se expondrá la proyección de la población para el período en estudio (20 años) para la delimitación geográfica. Para esto se utilizó la metodología que se describe seguidamente.

Como paso inicial se realizó la contabilización de las viviendas por sector descrito, los cuales se plasman en el siguiente cuadro

Cuadro 5-1. Viviendas ubicadas por sectores para el área en estudio como información base para la proyección de población por sectores.

Localidad	Totalidad de viviendas contabilizadas en la actualidad	Representación en % de población por localidad	Suposición de población según población al año 2009 3.43p/vivienda	Suposición de población según AyA
Los Robles (ASADA)	153	17%	525	688.5
San Jerónimo Arriba (sistema municipal)	170	19%	583	765
San Jerónimo Abajo (sistema municipal)	580	64%	1989	2610
Total Actual	903	100%	3096	4063.5

Seguidamente se realizó la proyección de la población para la línea meta en estudio (20 años – año 2030 –). Se utilizó el criterio de proyección aritmética, geométrica y logística.

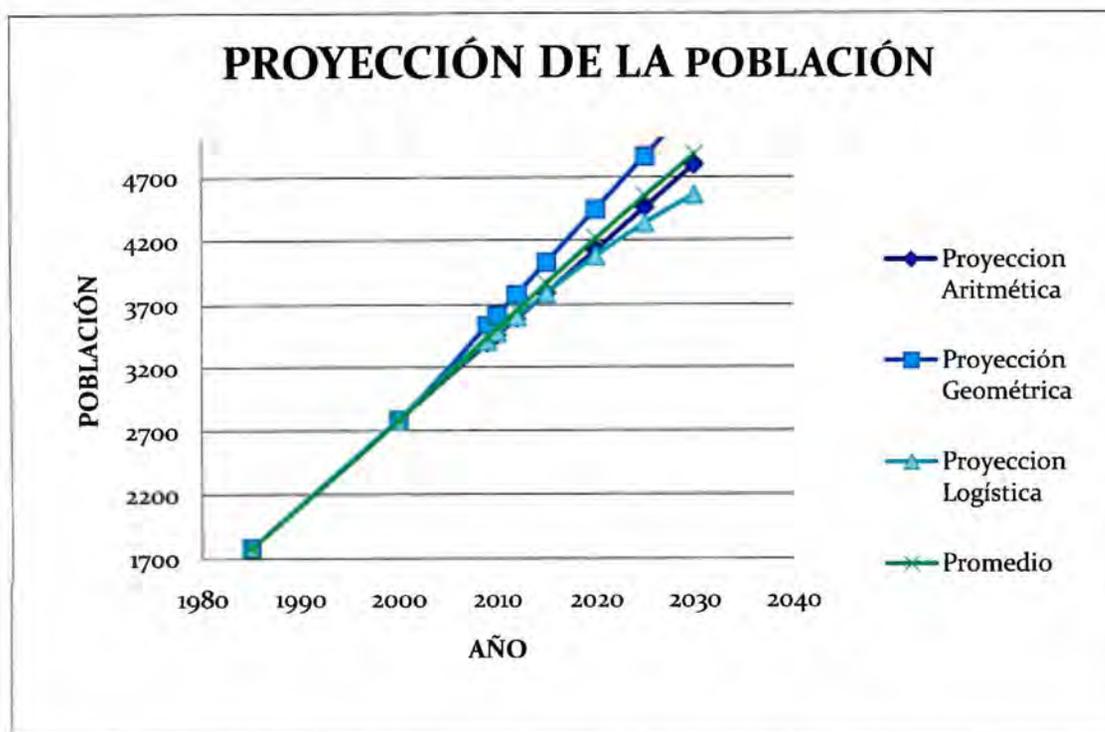


Figura 5-8. Proyección de la población para el periodo en estudio.

Cuadro 5-2. Total de la población a partir de información según censos y su proyección utilizando tres tipos de razonamientos.

Tipo de proyección	1985	2000	2009	2010	2012	2015	2020	2025	2030
Proyección Aritmética	1779	2782	3384	3451	3584	3785	4119	4454	4788
Proyección Geométrica	1779	2782	3528	3611	3777	4026	4441	4855	5270
Proyección Logística	1779	2782	3402	3468	3598	3785	4075	4333	4557
Promedio	1779	2782	3438	3510	3653	3865	4212	4547	4872

Del cuadro anterior obtenemos la información para dividirla por sectores de proyección que se explicarán en el apartado 5.3.4 .

5.3.4 Estudio de la distribución geográfica de la proyección demográfica de la ciudad

Después de realizar el análisis anterior, se encuentra un modelo de zonas aptas para el desarrollo, previa delimitación de las zonas homogéneas, que permite analizar un patrón de crecimiento como se muestra en la Figura 5-9.

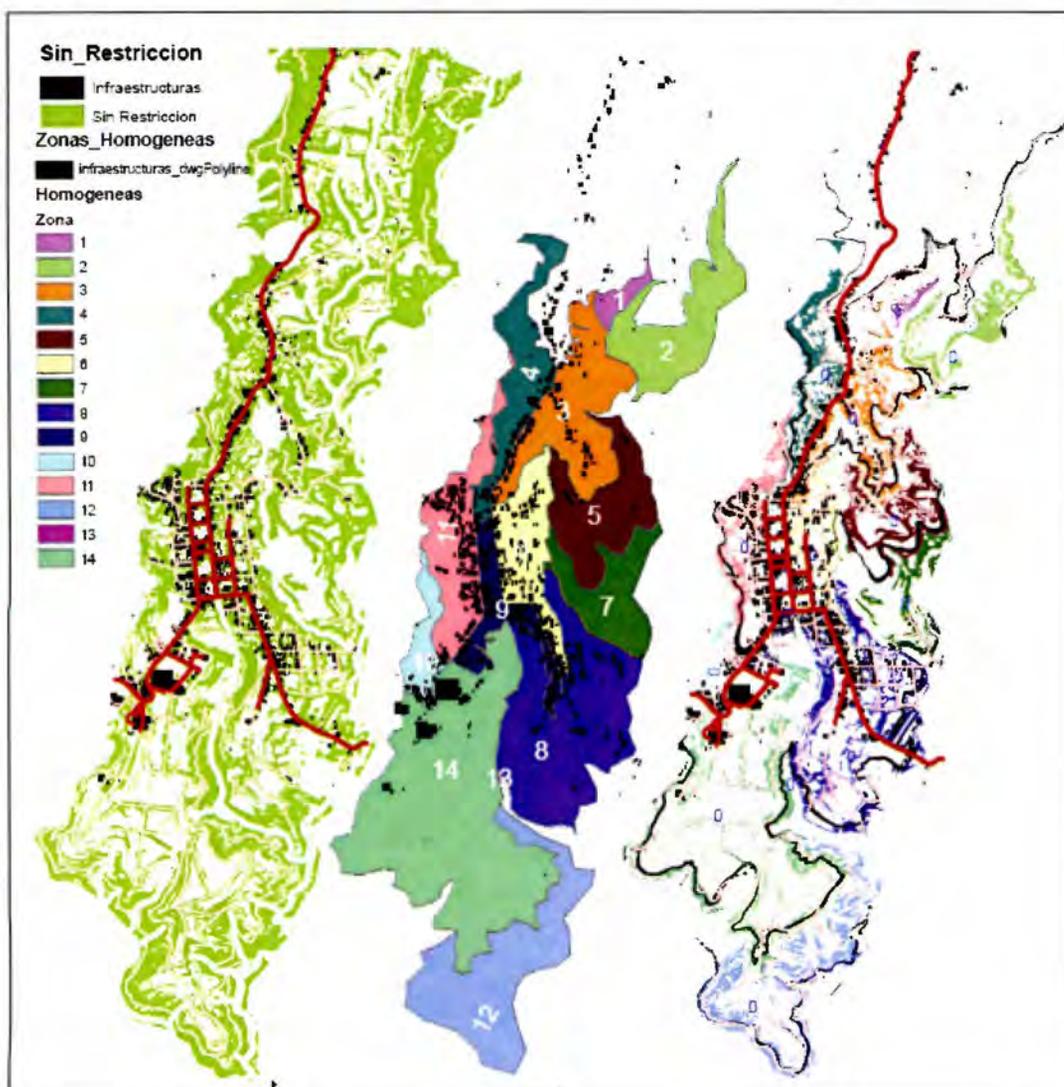


Figura 5-9. Distribución geográfica sin restricción para la construcción por zonas homogéneas en la zona en estudio.

Esta información permite retroalimentar el modelo con la proyección de crecimiento que se expondrá en los pasos subsiguientes.

5.3.5 Análisis de las variantes de propuestas de expansión de los servicios, con las consiguientes metas de cobertura para los próximos 20 años.

Se realizó un análisis de crecimiento por sector, utilizando la información base obtenida por sectorización y se le asignó valores por peso.

Después de realizada la proyección de la población, se realizó la estimación por zona homogénea de la misma zona, y se proyectó su crecimiento. Estos datos que se

utilizarán más adelante como base para calcular el diseño óptimo de la red de abastecimiento.

Cuadro 5-3. Proyección de la población por zona

Población	2009	2010	2012	2015	2020	2025	2030
Los Robles 17%	584	597	621	657	716	773	828
San Jerónimo Arriba 19%	653	667	694	734	800	864	926
San Jerónimo Abajo 64%	2200	2246	2338	2474	2696	2910	3118
Total	3437	3510	3653	3865	4212	4547	4872
Total Área de estudio	2853	2913	3032	3208	3496	3774	4044

Del Cuadro 5-3, se distribuye geográficamente la población por zonas homogéneas y se obtiene el patrón de crecimiento que se expondrá sucesoriamente.

Cabe rescatar en este apartado que las zonas homogéneas uno, dos, tres, cuatro y cinco (antes expuestas), pertenecen a la zona denominada anteriormente como San Jerónimo Arriba, y las restantes zonas homogéneas pertenecen a la zona denominada San Jerónimo abajo. En adelante no se analizarán los sistemas por subzona (San Jerónimo abajo o arriba), sino se analizará partiendo del hecho del análisis realizado, que comprenderá a cada zona homogénea.

Sin embargo para términos de consumo por localidad se tomará en cuenta el siguiente criterio: El análisis realizado a las zonas de presión, indica la necesidad de colocar actualmente un tanque en la zona media y para un estudio de desarrollo posterior, existe la necesidad de colocar un tanque en la zona más baja, por lo que el criterio de diseño se expone de la siguiente manera: El tanque ubicado en la parte alta (actualmente existente), debe dotar a las zonas numeradas en la Figura 5-9 como uno, dos, tres y cuatro. El tanque ubicado en la zona media (actualmente existente), debe abastecer a las zonas numeradas en la Figura 5-9 como cinco, seis, once y nueve. El tanque a proponer en la zona media baja debe abastecer las zonas numeradas en la Figura 5-9 como siete, ocho, diez y catorce. El tanque último a proponer debe abastecer la zona numerada en la Figura 5-9 como doce. En el siguiente cuadro se resumen las aptitudes de dotación por tanque.

Cuadro 5-4. Caracterización de los tanques y zonas de dotación.

Tanque	Zona homogénea de dotación
Tanque 01 (Zona alta)	1, 2, 3 y 4
Tanque 02 (Zona Media)	5,6,9 y 11
Tanque 03 (Zona Media Baja)	7, 8, 10 y 14
Tanque 04 (Zona Baja)	12

Zonas numeradas en la Figura 5-9

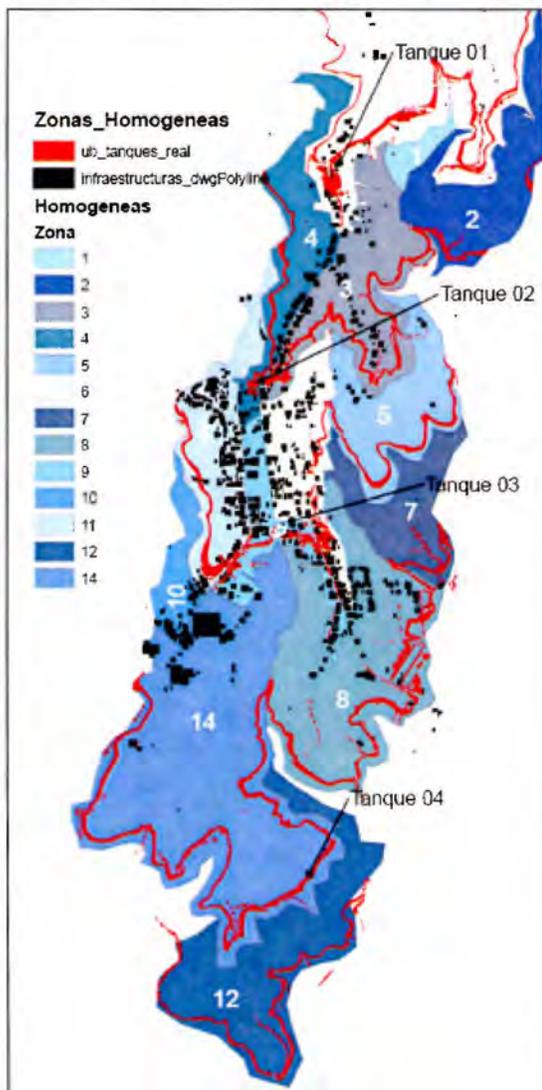


Figura 5-10. Ubicación de los tanques y las diferentes zonas homogéneas a las que corresponden.

Cuadro 5-5. Estimación de la población por zonas homogéneas utilizando los datos de proyección para la línea meta de estudio.

Año	Población						
		2010	2012	2015	2020	2025	2030
Zona homogénea de estudio	% crecimiento	2913	3032	3208	3496	3774	4044
1	0%	0	0	0	0	0	0
2	0%	3	3	3	3	3	3
3	15%	275	293	319	362	404	445
4	15%	247	265	291	334	376	417
5	15%	42	60	86	129	171	212
6	9%	557	568	584	610	635	659
7	10%	7	19	37	66	94	121
8	15%	358	376	402	445	487	528
9	2%	358	360	363	367	371	375
10	9%	212	223	239	265	290	314
11	2%	693	695	699	705	711	716
12	0%	0	0	0	0	0	0
14	5%	160	170	185	209	232	255
Total	100%	2912	3032	3208	3495	3774	4045

Del Cuadro 5-5 anterior, se obtiene la siguiente representación gráfica por zonas homogéneas que muestran el crecimiento poblacional.

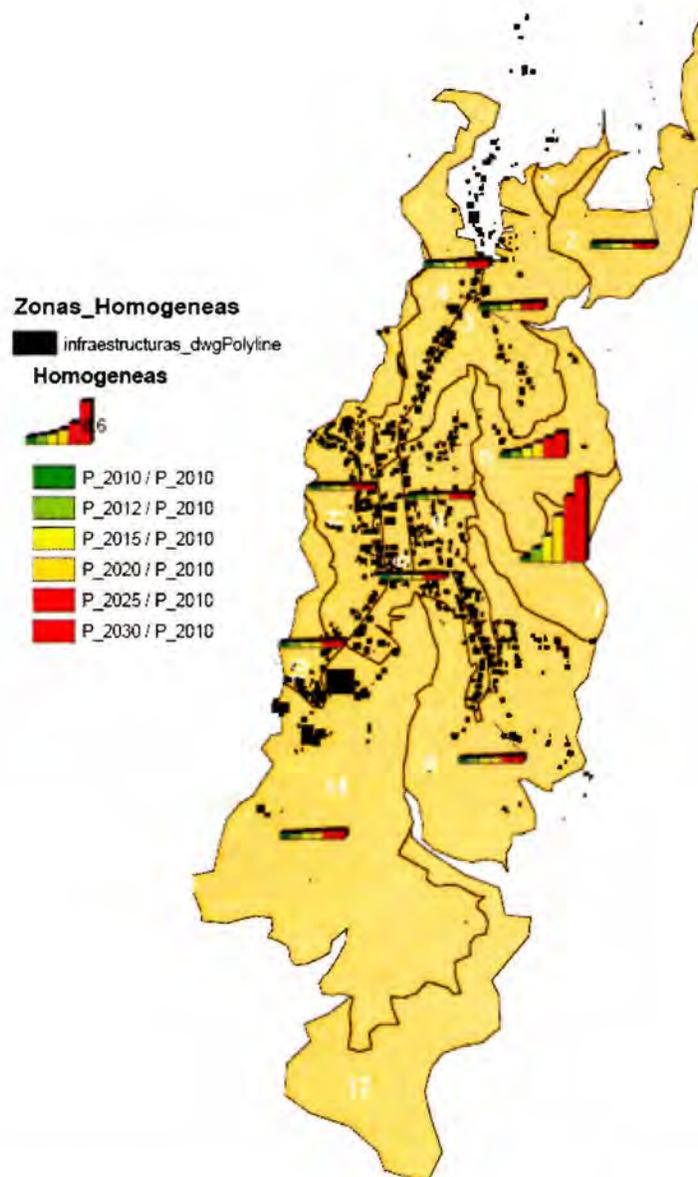


Figura 5-11. Representación gráfica del crecimiento poblacional por sectores de zonas homogéneas.

La información que se expone en la Figura 5-11, corresponde al crecimiento poblacional con respecto a la población actual, son valores supuestos, a partir del criterio técnico de crecimiento que viene dado de la metodología usada por cercanías a carreteras, porcentaje de pendiente aptas para construcción y posible desarrollo poblacional, integrando todos estos factores, se obtiene un criterio para asignar valores de crecimiento por zona.

5.4 Proyecciones de demanda de servicios de agua potable asociadas a las variantes de expansión

A partir de los datos obtenidos anteriormente, se procede a realizar el cálculo de la demanda base para la línea meta de trabajo.

En este apartado se expondrá la proyección de caudal, el volumen requerido y los escenarios de requerimiento de demanda para la población, para tal caso se analizará el consumo promedio

Cuadro 5-6. Caudal promedio de consumo según análisis realizado a los datos obtenidos del promedio de consumo registrado en la Municipalidad y registro por mediciones puntuales.

	Consumo promedio Mensual (m3/paja)	Caudal promedio (m3/paja/día)	Caudal promedio por paja (m3/persona/día) 3.5 personas/paja	Caudal promedio por persona l/p/d	A.N.C acueducto con varios años de utilización apx. 50%	Caudal total l/p/d Σ
Caudal	28	0.93	0.27	271	136	408
Se pretende para el año 2015 reducir A.N.C 25% ANC 25%					68	340
Q=	$(Q+ANC)*\text{tipo de habitación}*\text{población}/(\text{tipo habitación} *86400)$					
A.N.C. Agua No Contabilizada						

En el Cuadro 5-7, partiendo de la información anterior, se expone un caudal hipotético requerido para una población de consumo promedio alto, sin ningún tipo de concientización y con un alto desperdicio de agua potable caso de agua no contabilizada del 50%.

Cuadro 5-7. Caudal requerido a partir de las proyecciones realizadas por subzona.

Caudal Requerido (l/s)	2009	2010	2012	2015	2020	2025	2030
San Jerónimo Arriba	3.08	3.15	3.28	3.47	3.78	4.08	4.37

San Jerónimo Abajo	10.39	10.61	11.04	11.69	12.74	13.75	14.73
Caudal Actual disponible San Jerónimo Abajo	15.4						
Caudal Actual disponible San Jerónimo Arriba	6.45						

Al realizar el análisis del Cuadro 5-7, se observa como en la actualidad no existe problema por requerimiento de caudal para abastecimiento, por lo que las mejoras en la conducción deberán tomarse a consideración a una línea meta posterior al tiempo en estudio.

En el siguiente cuadro se estimará un caudal para el caso hipotético de una reducción del agua no contabilizada de un 25%

Cuadro 5-8 . Caudal requerido a partir de las proyecciones realizadas por subzona suponiendo una disminución del A.N.C a un 25%.

Caudal Requerido (l/s)	2009	2010	2012	2015	2020	2025	2030
San Jerónimo Arriba	3.08	3.15	3.28	2.89	3.15	3.40	3.65
San Jerónimo Abajo	10.39	10.61	11.04	9.74	10.61	11.46	12.27

Para términos prácticos se trabajará con el caso expuesto en el Cuadro 5-7, realizando la proyección del consumo para cada una de las zonas homogéneas. Información base que se utilizará posteriormente para el desarrollo de la infraestructura requerida.

Cuadro 5-9. Requerimiento de caudal proyectado por zona homogénea para el proyecto en estudio.

		Caudal Requerido (l/s)					
Zona homogénea		2010	2012	2015	2020	2025	2030
Zona Abastecimiento arriba	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	3	1.30	1.38	1.51	1.71	1.91	2.10
	4	1.17	1.25	1.37	1.58	1.78	1.97
	Total	2.48	2.65	2.90	3.30	3.70	4.09
	Actual	6.45					

Zona de abastecimiento abajo	Faltante	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5	0.20	0.28	0.41	0.61	0.81	1.00
	6	2.63	2.68	2.76	2.88	3.00	3.11
	9	1.69	1.70	1.71	1.73	1.75	1.77
	11	3.27	3.28	3.30	3.33	3.36	3.38
	Subtotal	7.79	7.95	8.18	8.56	8.92	9.27
	7	0.03	0.09	0.17	0.31	0.44	0.57
	8	1.69	1.78	1.90	2.10	2.30	2.49
	10	1.00	1.05	1.13	1.25	1.37	1.48
	14	0.76	0.80	0.87	0.99	1.10	1.20
	Subtotal	3.48	3.72	4.08	4.65	5.21	5.75
	12	0	0	0	0	0	0
	Total	11.28	11.67	12.26	13.21	14.13	15.02
	Actual	15.4					
	Faltante	0	0	0	0	0	0

5.5 Estudio de requerimiento de tanques.

A partir del requerimiento de caudal y realizando un análisis como lo establecen las normas para diseño de acueductos. Los tanques deben ser de las siguientes capacidades para la línea meta de estudio.

Utilizando la simbología de la Figura 5-10.

Cuadro 5-10. Volumen de almacenamiento requerido para un periodo de evaluación de 20 años.

Volumen Requerido (m3)		2010	2012	2015	2020	2025	2030
Volumen por interrupción del consumo +	$4h \cdot Q_{md}$	54	57	63	71	80	88
Volumen de Incendio +	$V_{incendio}$	15	15	15	15	15	15
Volumen de regulación de consumo	$1d \cdot Q_{md} \cdot 14\%$	45	48	53	60	67	74
Tanque01	Total	114	120	130	146	162	177

Volumen por interrupción del consumo +	$4h \cdot Q_{md}$	168	172	177	185	193	200
Volumen de Incendio +	$V_{incendio}$	22	22	22	22	22	22
Volumen de regulación de consumo	$ld \cdot Q_{md} \cdot 14\%$	141	144	148	155	162	168
Tanque02	Total	332	338	347	362	376	390
Volumen por interrupción del consumo +	$4h \cdot Q_{md}$	75	80	88	101	113	124
Volumen de Incendio +	$V_{incendio}$	22	22	22	22	22	22
Volumen de regulación de consumo	$ld \cdot Q_{md} \cdot 14\%$	63	68	74	84	95	104
Tanque03	Total	160	170	184	207	229	251

Al ser los valores que se expresan en la tabla anterior conservadores, se puede asegurar que con el abastecimiento ahí expuesto, es suficiente para suplir de agua potable al Sector San Jerónimo. Por lo tanto es necesario hacer una revisión del almacenamiento actual y el almacenamiento requerido para proyectar la construcción de los nuevos tanques.

Cuadro 5-11. Volumen requerido con respecto al volumen actual para el sistema en estudio a una línea meta de 20 años.

Volumen Requerido (m3)	2010	2012	2015	2020	2025	2030
Tanque01	114	120	130	146	162	177
Actual SJ Arriba	102	102	102	102	102	102
Tanque02	332	338	347	362	376	390
Actual SJ Abajo	416	416	416	416	416	416
Tanque03	160	170	184	207	229	251
Actual SJ Abajo	0	0	0	0	0	0
Abastece tanque 02	492	508	531	569	606	641
Actual abajo	416	416	416	416	416	416

Cuadro 5-12. Volumen faltante para la determinación de la construcción de un nuevo tanque para el Sistema San Jerónimo a una línea meta de 20 años.

Volumen Faltante	2010	2012	2015	2020	2025	2030
San Jerónimo Arriba	12	18	28	44	60	75
San Jerónimo Abajo	76	92	115	153	190	225



Figura 5-12. Representación gráfica de la necesidad de almacenamiento por sistema en m^3 en proyección al año 2030.

Al realizar el análisis anterior, se concluye que existe la necesidad de construir dos tanques uno para el sistema San Jerónimo arriba y uno para el sistema San Jerónimo abajo con capacidades de 100 y 250 m^3 respectivamente. Estos tanques se requieren a partir del año cero en el estudio (2010).

5.6 Requerimientos de infraestructura de los servicios de agua potable

Después de analizar los factores críticos para el diseño de acueducto, tomando como referencia el comportamiento actual de la simulación hidráulica por escenarios como se

apreció en el capítulo anterior y al estudiar el comportamiento de la proyección de la población para los próximos 20 años, se procede a realizar el diseño y la recomendación de las infraestructuras requeridas para tener un acueducto funcionando en su capacidad de diseño, con la mayor disminución de riesgo por desabastecimiento posible, aunado a obtener un acueducto con un diseño económico y sostenible en el tiempo.

5.6.1 Red de distribución San Jerónimo arriba.

Los problemas del sistema **San Jerónimo arriba** se corrige colocando dos válvulas reguladoras de presión en puntos estratégicos donde permite reducir las sobrepresiones en las tuberías. Adicionalmente desconectando la tubería que se encuentra en las zonas homogéneas ocho y siete (Bajo de las Viudas), pasando este consumo al tanque enmarcado como el Tanque 02 ubicado en el sector San Jerónimo abajo. No hay que realizar mayor cambio en las tuberías

5.6.1.1 Red primaria de distribución San Jerónimo abajo.

De los cuadros Cuadro 10-3 y Cuadro 10-4, se realiza una comparación del requerimiento de tubería analizando la tubería actual y la tubería que debe estar funcionando en el sistema San Jerónimo abajo, al obtener un modelo sin problemas por desabastecimiento.

Con la propuesta, se corrigen los problemas por sobrepresión, alta velocidad y distribución de caudal necesario para la proyección del estudio, adicionalmente se cumple con las normas establecidas. Por lo tanto se realiza una comparación del requerimiento de cambio de tubería para la zona en estudio. Cambio que se registra en el Cuadro 5-13.

Para obtener estos resultados fue necesaria la calibración de modelo hidráulico, al realizar las comprobaciones suficientes para obtener un sistema estable y que cumpla con las normas establecidas, para esto fue necesario realizar cambios de diámetros en la tubería, colocar válvulas reguladoras de presión, comprobar la ubicación de los tanques, revisar las presiones en los nodos, comprobar el funcionamiento de los hidrantes, con múltiples comprobaciones hasta cumplir con lo requerido.

Cuadro 5-13. Resumen de diámetros de tubería para el sistema San Jerónimo abajo, en la actualidad.

Diámetro (m)	Longitud total (m)
12.7	11.6
19	1211.06
25	2020.43
31	1514.08
38	989.75
50	1532.21
62	312.93
76	1061.02
101.6	2541.72
125	370.24
152.4	493.22
Total general	12441.26

Cuadro 5-14. Resumen de diámetros de tubería para el sistema San Jerónimo abajo, proyectado a futuro.

Diámetro (m)	Longitud total (m)
50.8	5228.07
62	210.61
75	2296.63
100	3621.78
125	3060.41
Total general	14417.5

Cuadro 5-15. Total de tubería a cambiar para un diseño óptimo de Red de distribución para el sector San Jerónimo abajo.

Diámetro	Longitud (m)	Cantidad de Tubos
50mm	4422.56	738
75mm	1900.32	317
100mm	1628.12	273
150mm	2417.2	404

5.6.1.2 Diagrama Plan Maestro completo con los cambios a realizar

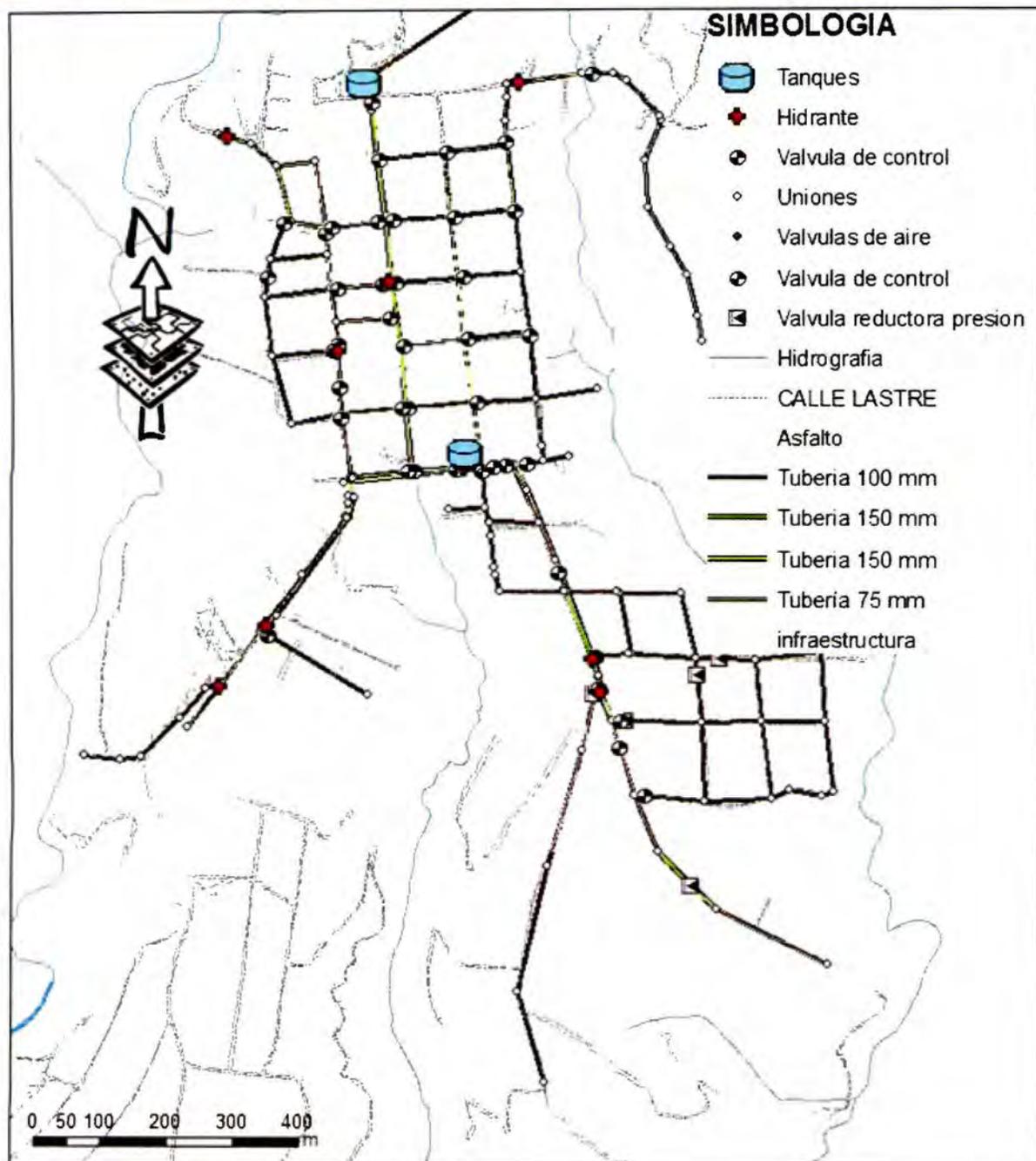


Figura 5-13. Replanteo Plan Maestro, obras a ejecutar en el acueducto San Jerónimo abajo.

5.6.1.3 Diagrama cambio de tubería plan maestro



Figura 5-14. Cambio de diámetro de tubería en el sistema San Jerónimo abajo Tanques 2 y 3.

La escala grafica del cambio de la tubería corresponde al siguiente, las líneas punteadas corresponden a la tubería a cambiar y las líneas solidas corresponden al trazo de tubería actual, los diámetros se representan con el siguiente código de colores:

Rojo	<50mm
Amarillo	75mm

Café	100mm
Azul	125mm
Verde	150mm

Total de tubería a cambiar aproximadamente 10.5 Km

5.6.1.4 Análisis de presiones

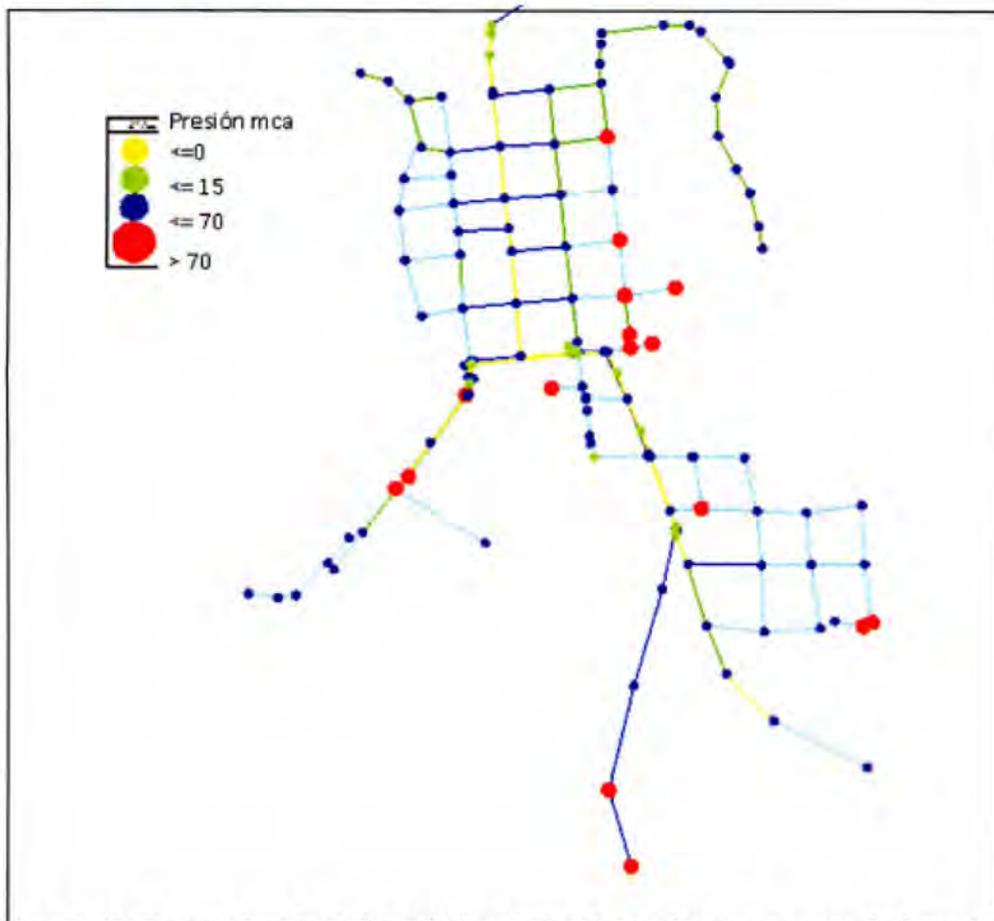


Figura 5-15. Sistema San Jerónimo abajo, modelado conforme los requerimientos de caudal para la proyección de población al año 2030, en el momento de menor consumo (una horas).

Los puntos con sobrepresión (representados con rojo) no sobrepasan los 72 m.c.a., por lo que se corrige fácilmente con la colocación de válvulas de control de flujo para disminuir la presión en estos puntos y lograr el objetivo planteado. El 98% del acueducto con las mejoras propuestas se mantiene en un funcionamiento óptimo

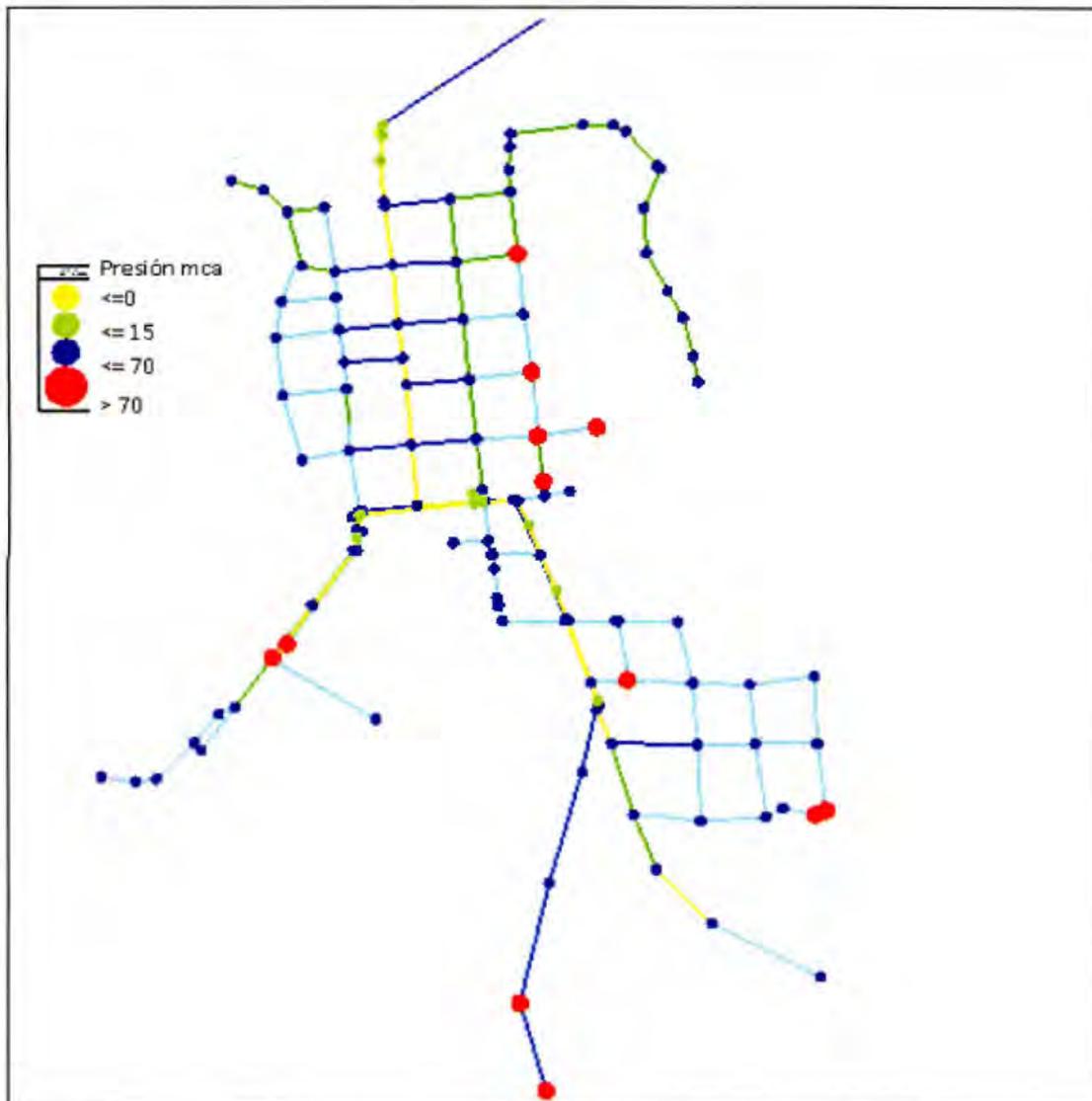


Figura 5-16. Sistema San Jerónimo abajo, modelado conforme los requerimientos de caudal para la proyección de población al año 2030, en el momento de mayor consumo + caudal crítico de incendio (diez horas).

Se observa que no hay presiones inferiores a 15mca en los puntos de consumo, por lo tanto la red tiene un comportamiento normal y se encuentra balanceada, no existen problemas por presiones inferiores a los 10 mca., por lo que el cambio a la nueva red funcionaría correctamente.

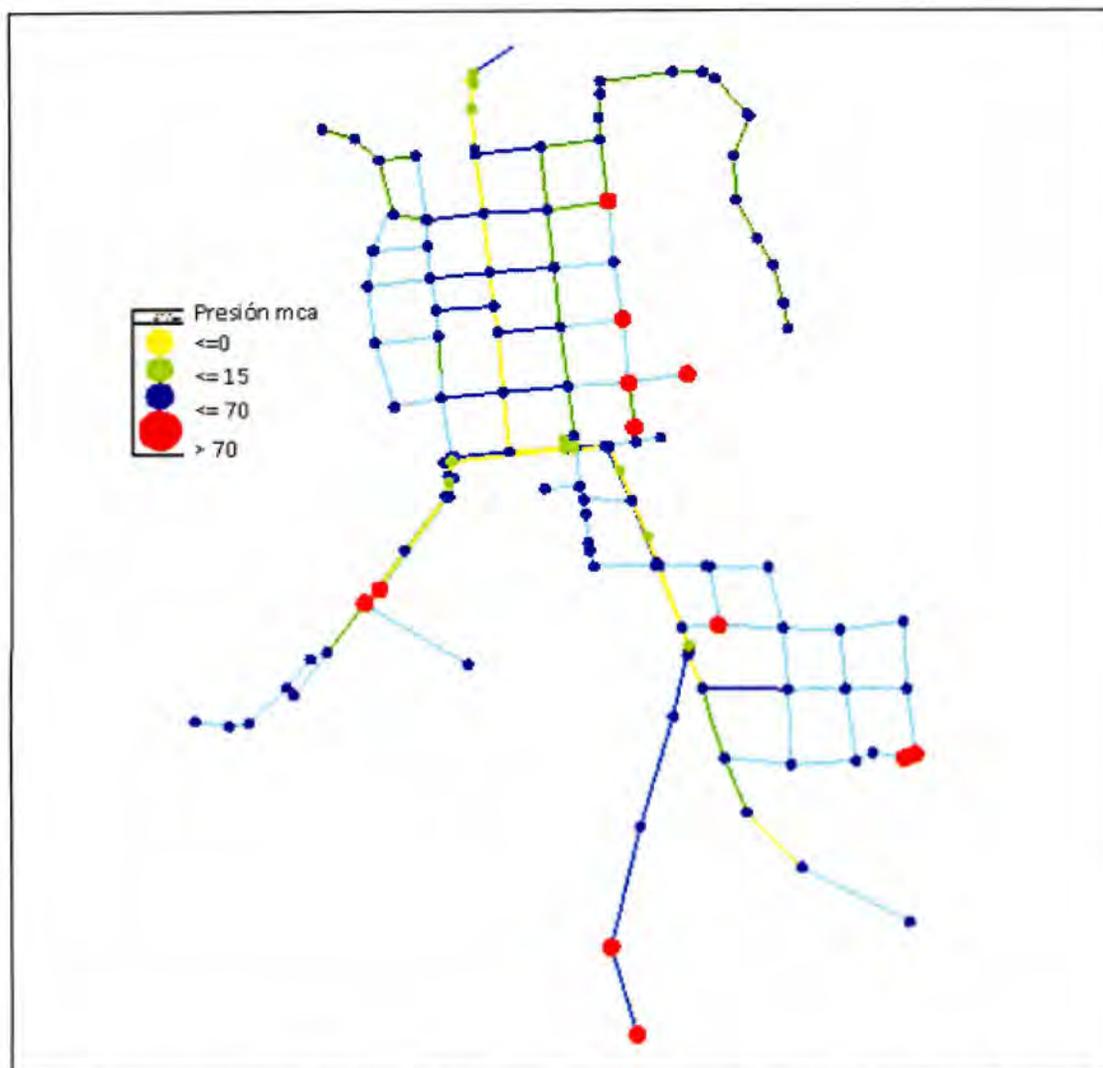


Figura 5-17. Sistema San Jerónimo abajo, modelado conforme los requerimientos de caudal para la proyección de población al año 2030, en el momento de mayor consumo (diez horas).

Al igual que en la Figura 5-16, se observa que no hay puntos con presiones inferiores a los 15mca en los puntos de consumo, por lo tanto la red tiene un comportamiento normal y el cambio a la nueva red funcionaría correctamente.

5.6.2 Captación y tratamiento

Se pretende diseñar obras de captación para reducir el riesgo por fugas y contaminación, adicionalmente se debe promover un programa de rescate y conservación

de los terrenos a los 200m alrededor de las nacientes. Se propone realizar un estudio hidrogeológico para identificar el tubo de flujo de los manantiales.

En cuanto a la tubería de conducción durante el periodo de diseño no hay cambios significativos, por lo tanto se debe considerar su cambio por vida útil de la tubería, esta se debe cambiar después de terminada la etapa de diseño, es importante recordar que a la conducción se debe colocar válvulas de aires que ayuden a un funcionamiento eficaz de la tubería.



Figura 5-18. Delimitación del área de protección de Nacientes, zona de manantiales para la población en estudio.

Esta zona actualmente como se observó en la información anteriormente mencionada, presenta riesgos por contaminación debido a la aplicación de agroquímicos por lo que es sumamente necesaria la adquisición de estos terrenos, que podría eventualmente convertirse en una zona de interés ecoturístico para la Municipalidad.

5.7 Comportamiento de los hidrantes en las zonas destinadas para la colocación de los mismos.



Figura 5-19. Ubicación de los Hidrantes en la zona San Jerónimo abajo.

5.7.1 Hidrante H-1 Sector Pueblo Nuevo, modelación caudal-presión para el sistema de San Jerónimo abajo..

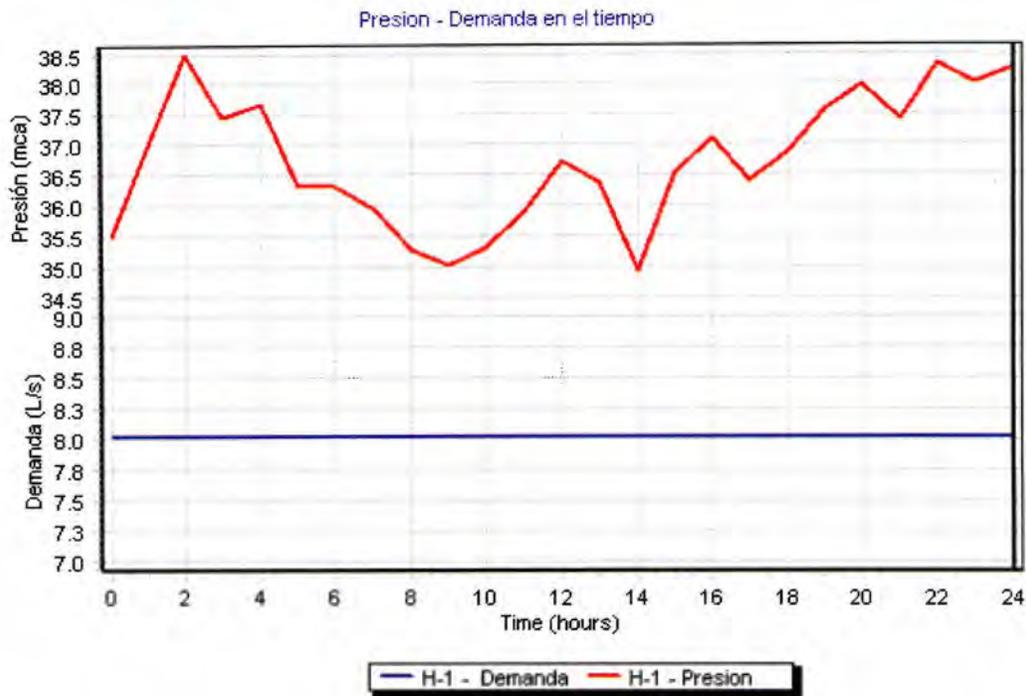


Figura 5-20. Curvas presión - caudal vs tiempo para el hidrante a colocar en el sector Pueblo Nuevo.

Para la modelación hidráulica planteada a una línea meta de 20 años, se puede concluir que para el caudal y presión necesarios para un hidrante que corresponde a 8 l/s (obtenido del Cuadro 8-3) con una presión de 15 m.c.a., el sistema mencionado cumple con los requisitos establecidos.

5.7.2 Hidrante 02 Entrada a calle el Cementerio, modelación caudal-presión para el sistema de San Jerónimo abajo..

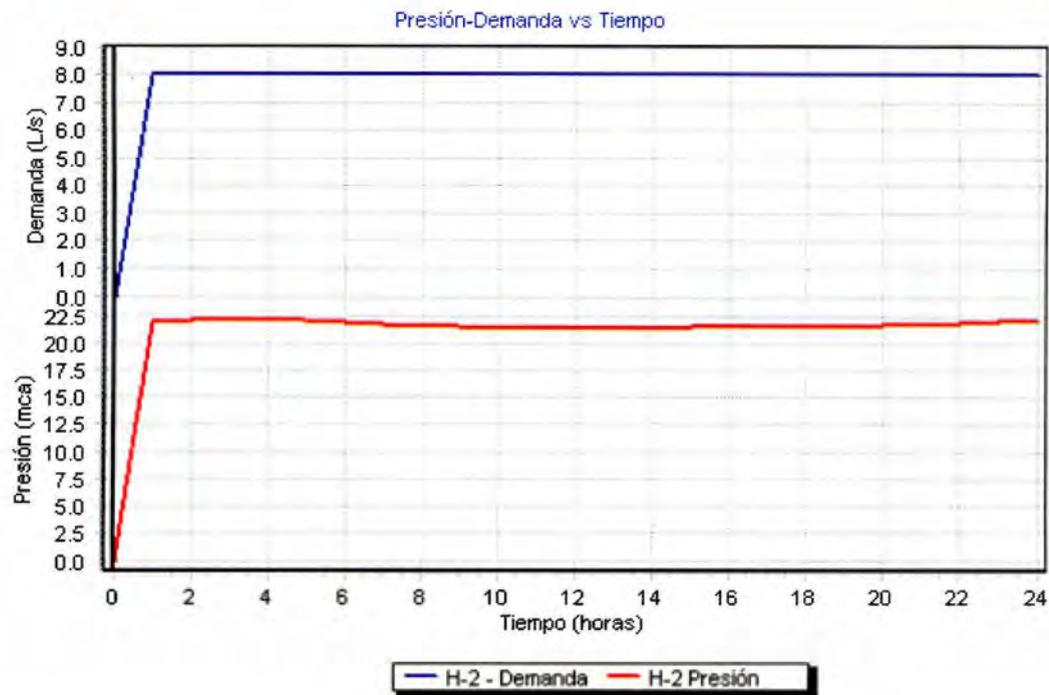


Figura 5-21. Curvas presión - caudal vs tiempo para el hidrante a colocar en el sector entrada calle cementerio.

El sistema en esta ubicación cumple con los requisitos necesarios.

5.7.3 Hidrante 03 200 Este de la antigua Guardia Rural, modelación caudal-presión para el sistema de San Jerónimo abajo..

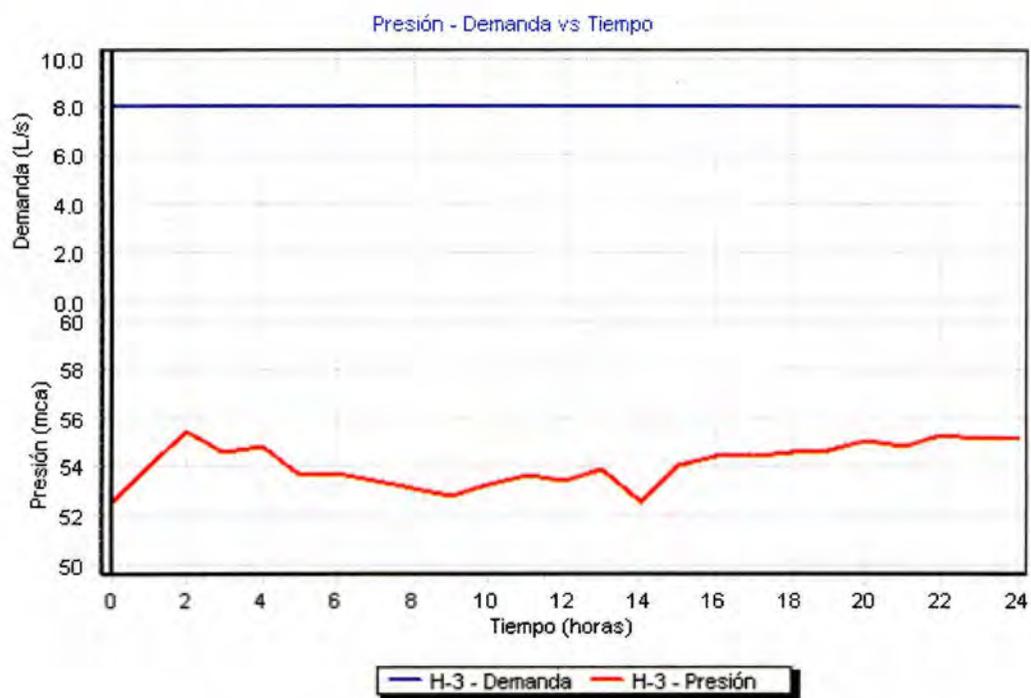


Figura 5-22 Curvas presión - caudal vs tiempo para el hidrante a colocar en el sector 200 este de la antigua Guardia Rural.

El sistema en esta ubicación cumple con los requisitos necesarios.

5.7.4 Hidrante 04 esquina sureste de la escuela, modelación caudal-presión para el sistema de San Jerónimo abajo..

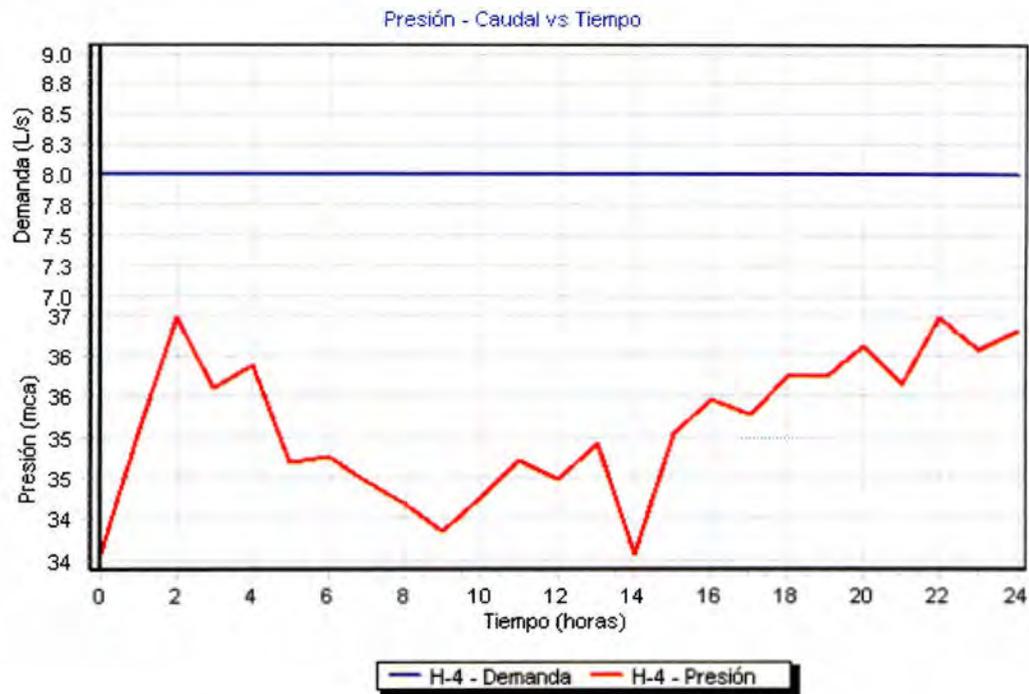


Figura 5-23 Curvas presión - caudal vs tiempo para el hidrante a colocar esquina sureste de la escuela.

El sistema en esta ubicación cumple con los requisitos necesarios.

5.7.5 Hidrante 05 esquina noreste de la Iglesia, modelación caudal-presión para el sistema de San Jerónimo abajo..

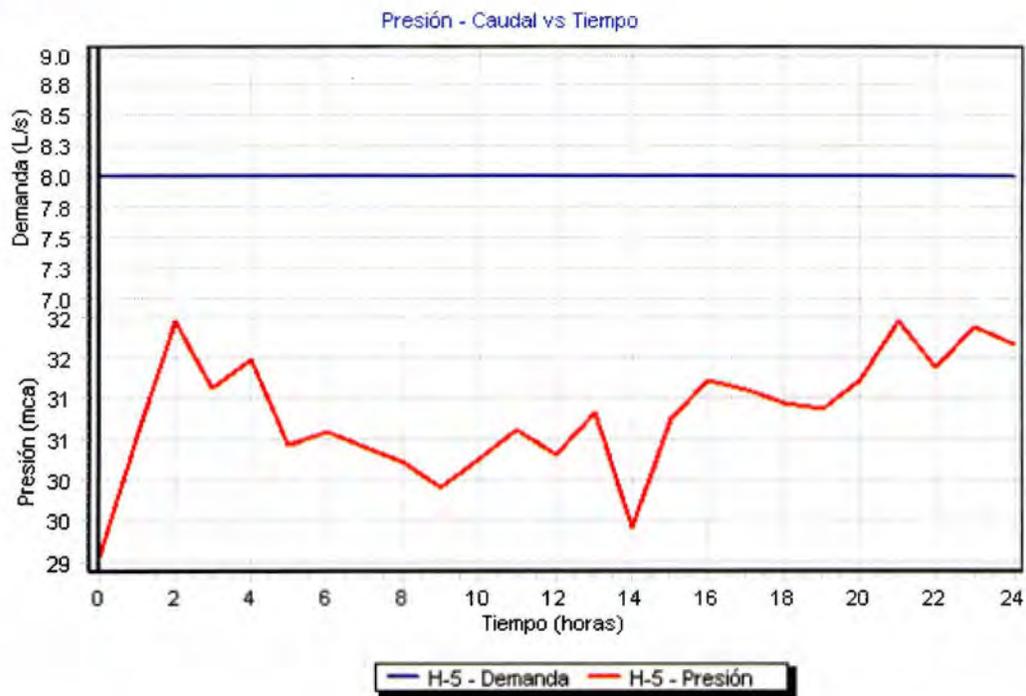


Figura 5-24. Curvas presión - caudal vs tiempo para el hidrante a colocar esquina noreste de la iglesia.

El sistema en esta ubicación cumple con los requisitos necesarios.

5.7.6 Hidrante 06 bajo las viudas, modelación caudal-presión para el sistema de San Jerónimo abajo..

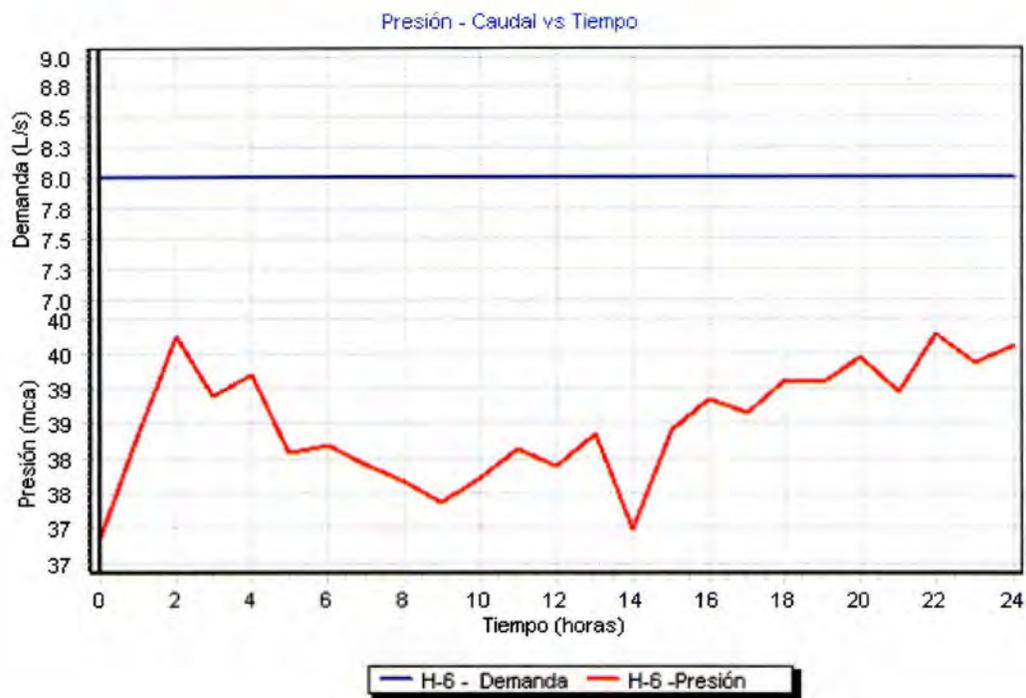


Figura 5-25. Curvas presión - caudal vs tiempo para el hidrante a colocar esquina noreste de la iglesia.

El sistema en esta ubicación cumple con los requisitos necesarios.

5.7.7 Hidrante 07 entrada Colegio Experimental Bilingüe, calculo de caudal durante 24h de modelación.

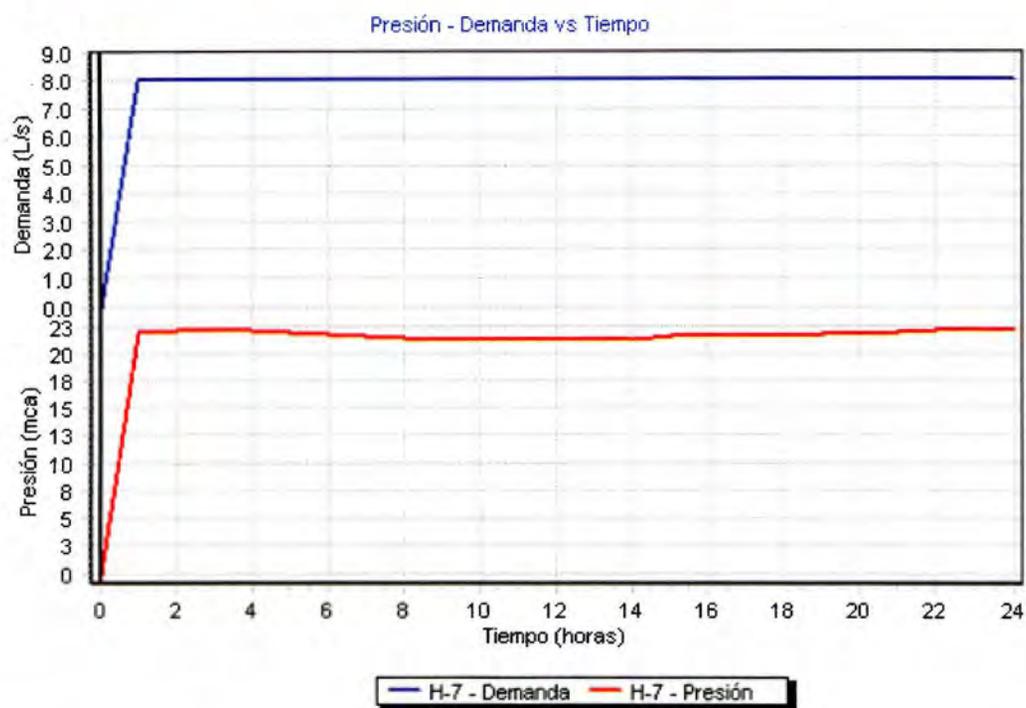


Figura 5-26. Curvas presión - caudal vs tiempo para el hidrante a colocar en entrada a Colegio Experimental Bilingüe.

El sistema en esta ubicación cumple con los requisitos necesarios.

5.7.8 Hidrante 08. Hidrante frente a la Hacienda, calculo de caudal durante 24h de modelación.



Figura 5-27. Curvas presión - caudal para el hidrante a colocar frente a la Hacienda.

El sistema en esta ubicación cumple con los requisitos necesarios.

5.8 El estudio técnico de los componentes de inversión que requieren las variantes propuestas para la expansión de los servicios.

En la línea meta de estudio se han identificado los siguientes componentes de inversión y operación del acueducto con sus respectivos costos de mantenimiento y operación.

El siguiente cuadro muestra el tiempo de ejecución establecido para las obras en la línea meta del estudio

5.9 La propuesta de un programa de obras, operación y mantenimiento hasta el año 2030.

El detalle de la propuesta de obras de inversión, se encuentran en los anexos ver Cuadro 10-5 y Cuadro 10-6. En el Cuadro 5-16, se muestra un resumen con los costos de inversión por etapas de diseño y construcción, reflejado en la suma a aumentar a la tarifa de acueducto, por servicio de venta de agua potable.

Cuadro 5-16. Componentes de inversión por obras de mantenimientos, operación y diseño del acueducto San Jerónimo para una línea meta de 20 años.

		Línea meta de inversión					
		1 año	2 años	5 años	6 años	10 años	20 años
Componentes de inversión	Costo	Etapas 01	Etapas 02	Etapas 03	Etapas 04	Etapas 05	Etapas 06
Naciente 1	€3,455,000.00	X					
Naciente 2	€3,455,000.00	X					
Naciente 3	€3,455,000.00	X					
Naciente 4	€3,455,000.00	X					
Naciente 5	€3,455,000.00	X					
Naciente 6	€3,455,000.00	X					
Compra de terrenos	€375,000,000.00		X				
Tanque de reunión	€283,500.00	X					
Colocación de válvulas de aire	€3,375,000.00			X			
Colocación de válvulas de control de caudal	€18,975,000.00		X				

Cambio de tuberías	€282,345,610.67		X				
Construcción de tanques de almacenamiento	€77,760,000.00		X				
Compra de terrenos donde se ubica el tanque de almacenamiento	€18,000,000.00	X					
Colocación de Macro medidores	€7,500,000.00			X			
Colocación de Micro medidores	€33,000,000.00	X					
Repello de Tanque actual	€5,000,000.00	X					
Pintura Tanque actual	€5,500,000.00	X					
Colocación de Sistema de Cloración	€10,500,000.00			X			
Válvulas sostenedoras de presión	€650,000.00		X				
Válvulas de limpieza	€7,850,000.00			X			
Válvulas Reductoras de presión	€5,600,000.00		X				
Colocación de Hidrantes	€5,060,000.00	X					
Colocación de nueva línea de conducción	€123,840,000.00						X

Construcción de puentes aéreos	€5,250,000.00		X				
Construcción de vía de acceso a las nacientes	€12,000,000.00		X				
Compra de vehículo para acceso a la naciente	€9,000,000.00	X					
Planos del Acueducto	€15,780,477.77	x					
Programa de mantenimiento	€7,938,000.00	X	X	X	X	X	X
Limpieza de vegetación	€0.00	X	X	X	X	X	X
Limpieza de nacientes	€0.00	X	X	X	X	X	X
Pintura de infraestructura	€0.00	X	X	X	X	X	X
Colocación de malla perimetral	€0.00	X	X	X	X	X	X
Cloración	€0.00	X	X	X	X	X	X
Mallas en los respiraderos del tanque	€0.00	X	X	X	X	X	X
Encementado perimetral y drenajes	€0.00	X	X	X	X	X	X
Rotulación	€0.00	X	X	X	X	X	X
Limpieza interna	€0.00	X	X	X	X	X	X
Comprobación plan	€7,890,238.88			X		X	X

maestro							
	Costo	₡104,511,509	₡785,915,520	₡45,866,893	₡9,189,236	₡7,890,239	₡141,378,936

Los valores aquí dados son valores de estudios realizados a la municipalidad el presente año, por lo que la variación en los precios depende de la variación de los índices del precio al consumidor.

Los valores en colones están sujetos a la variación de los índices del precio al consumidor por lo tanto quedará sujeto a las bandas cambiarias del tipo de cambio del dólar que a la fecha tiene un valor de ₡ 520.51.

5.9.1 El aumento en las tarifas para cubrir las obras a implementar.

	1 año	2 año	5 año	6 año	10 año	20 año
Costo	Etapa 01	Etapa 02	Etapa 03	Etapa 04	Etapa05	Etapa06
Costo	₡109,695,509	₡791,358,720	₡51,582,253	₡15,190,364	₡14,191,423	₡24,155,180
Interés	14%	14%	14%	14%	14%	14%
Años	15	15	15	15	15	15
Pago	(₡17,859,412.06)	(₡128,840,292.48)	(₡8,398,053.10)	(₡2,473,127.45)	(₡2,310,490.91)	(₡3,932,679.82)
		(₡17,859,412.06)	(₡128,840,292.48)	(₡8,398,053.10)	(₡2,473,127.45)	(₡2,310,490.91)
			(₡17,859,412.06)	(₡128,840,292.48)	(₡8,398,053.10)	(₡2,473,127.45)
				(₡17,859,412.06)	(₡128,840,292.48)	(₡8,398,053.10)
					(₡17,859,412.06)	(₡128,840,292.48)
						(₡17,859,412.06)
Pago a realizar/ año	(₡17,859,412.06)	(₡146,699,704.54)	(₡155,097,757.64)	(₡157,570,885.09)	(₡159,881,376.00)	(₡163,814,055.82)

Pago/12meses/ 5000abonados	(C297.66)	(C2,445.00)	(C2,584.96)	(C2,626.18)	(C2,664.69)	(C2,730.23)
Aumento	20%	20%	20%	20%	20%	20%
Suma a aumentar en la tarifa	(C357.19)	(C2,933.99)	(C3,101.96)	(C3,151.42)	(C3,197.63)	(C3,276.28)
Aumento en la tarifa	(C3,276.28)					
Aumento /m3	(C220)					

5.9.2 La organización empresarial e institucional.

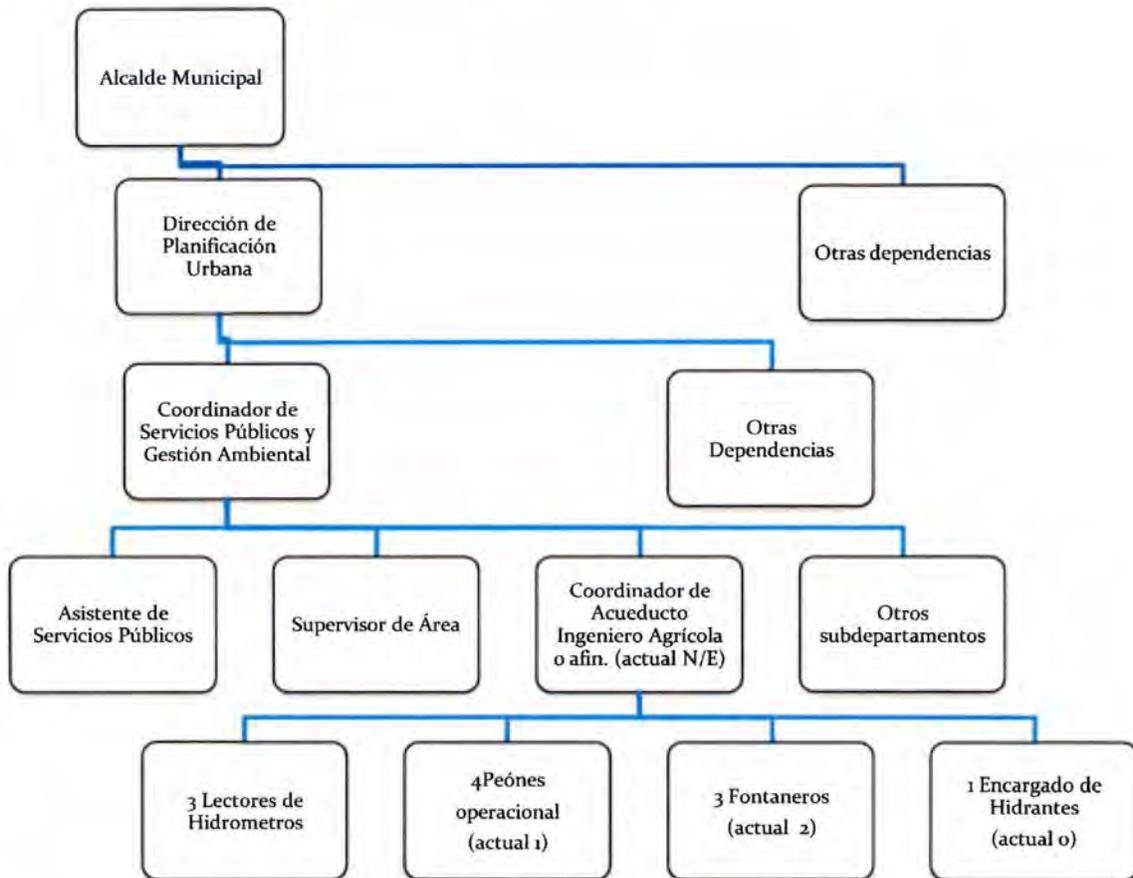


Figura 5-28. Organización propuesta para la ejecución de este trabajo

N/E. no está contemplado en la actualidad.

5.10 CONCLUSIONES DEL PLAN MAESTRO

5.10.1 Agua Potable

El conformar un acueducto sin criterio técnico y sin planificación, provoca una inestabilidad en su funcionamiento, una inversión económica muy elevada y un gasto improductivo ya que se invierten recursos sobre algo que no se tiene la proyección de su funcionamiento.

5.10.2 Dimensionado de redes de agua potable

El modelar el diámetro mínimo de tuberías permite desarrollar un acueducto óptimo y económico, y a su vez una representación matemática del comportamiento real del acueducto al realizar las modelaciones.

Es necesario el cambio de toda la tubería con diámetro inferior a los 50mm, con el fin de respetar las normas establecidas, y el buen funcionamiento del acueducto.

Se debe establecer la nueva tubería de salida del tanque a construir en el sistema san Jerónimo abajo.

5.10.3 Plan Maestro de Agua Potable

5.10.3.1 Objetivos de cobertura

El proyectar el crecimiento de la población, permite establecer la necesidad de constituir tanques de almacenamiento para abasto de la comunidad por zonas de presión.

5.10.3.2 Objetivo de distribución

El diseño de la red de distribución permite la conducción de agua potable desde los tanques de almacenamiento hasta el punto de consumo respetando las normas de caudal y presión mínimas de consumo por punto de toma-

5.10.3.3 Objetivos de producción

El conocer el requerimiento de agua potable a conducir a los tanques permite que el servicio sea eficiente las 24 horas del día.

5.10.4 Plan de Inversiones

El plan de inversiones permite desarrollar un acueducto económico y eficiente, de forma tal que se hagan las estimaciones de inversión necesarias sin desestabilizar el servicio eficiente del acueducto.

Capítulo 6.- Conclusiones y Recomendaciones

6.1 Conclusiones

- La modelación hidráulica y su comprobación en campo permitió diseñar un sistema de acueductos eficiente, económico y de calidad con el fin de suplir de agua potable a la comunidad de San Jerónimo a la línea meta planteada.
- El realizar un compendio de leyes y reglamentos para la ejecución, operación y mantenimiento de un nuevo acueducto, permite a desarrollar el acueducto a una línea de acción clara como la establecida.
- El identificar la demanda de agua potable a futuro a partir de datos demográficos, permitió llevar una proyección clara del desarrollo de la zona de estudio en la línea meta establecida.
- El identificar las fuentes de agua potable a ser analizadas, dio paso a obtener resultados de las zonas de abastecimiento para el futuro.
- El evaluar las estructuras de captación de las fuentes de agua potable, permitió desarrollar un programa de inversión como se estableció en el Plan Maestro.
- Las estructuras propuestas deben de realizarse ya que actualmente se están presentando problemas principalmente por una mala conformación de la red de distribución.
- Existe suficiente agua potable de manantial para abastecer al sistema San Jerónimo.
- El evaluar el sistema de conducción de tuberías permitió conocer las mejoras a realizar en la misma, situación que se analizó obteniendo resultados satisfactorios.

- El diseñar la ubicación idónea de los tanques de almacenamiento por zonas homogéneas, facilitó de forma satisfactoria el desarrollo de un plan de ejecución con una proyección real del sistema a trabajar.
- El proponer un plan de mantenimiento y operación preventivo, permite obtener un sistema eficiente y continuo de agua potable.
- Con un costo adicional a la tarifa inferior a ¢250 por metro cúbico de agua consumido, es posible llevar a cabo las obras establecidas para desarrollar un proyecto como el propuesto.
- El presentar un cuadro con costos y prioridades permite a la administración de la Municipalidad de Naranjo a tomar decisiones para llevar a cabo las obras preliminares propuestas.
- El proyecto fue realizado con factores de seguridad altos, por lo que se asegura que al rediseñar el acueducto, colocar hidrómetros y demás permite reducir las fugas en el sistema, por tanto disminuir el consumo, por lo que aumenta la capacidad de abastecimiento de las estructuras propuestas para una línea meta superior a los 20 años propuesta.

6.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar los trabajos para establecer las servidumbres de agua potable para catastrar y registrar los sistemas establecidos.
- Conformar los planos de las redes actuales y los planos de diseño del acueducto.
- Hacer una revisión del plan maestro cada cinco años.
- Para ejecutar el presente plan es necesario incluir las obras en el plan anual de trabajo para conformar las obras aquí establecidas, y a su vez realizar los ajustes de tarifas para llevar a cabo las obras.
- Desarrollar un programa de Gestión Integral de Recurso Hídrico con el fin de establecer el manejo eficaz de cuenca.
- Establecer un programa para el manejo de aguas residuales.

- Realizar estudios hidrogeológicos para identificar los tubos de flujo, de forma tal que estos se puedan proteger, y a su vez establecer un canon ambiental para compra de estas propiedades.
- Establecer un plan de evaluación de riesgos por control de erosión en zonas específicas.
- Desarrollar un programa de manejo de cuenca para proponer un manejo ambientalmente adecuado de obras de contención y prevención de riesgos en la zona.

Capítulo 7.- Bibliografía

A y A. (13 de setiembre del 2001). *Normas para el diseño de proyectos de abastecimiento de agua potable en costa rica. Sesión No. 2001-248* . Publicado en la Gaceta.

ARESEP. (14 de octubre de 2008). *Norma técnica: hidrómetros para el servicio de acueducto. AR-HSA-2008 resolución N° RRG-8867-2008*. La Gaceta N° 198.

Centro Centroamericano de Poblacion. (2003). *Informacion de censos*. Recuperado el 01 de 02 de 2010, de <http://infocensos.ccp.ucr.ac.cr/Naranjo.1640.0.html>

Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos. (2002). *Código Sísmico de Costa Rica*. Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.

EPYPSA. (2009). *Informe de los sistemas de Abastecimiento de agua y saneamiento municipales*. Costa Rica.

INEC. (Junio de 2009). *Población total cerrada por sexo, según provincia, cantón y distrito*. Recuperado el 23 de Enero de 2010, de <http://www.inec.go.cr/>

Ing, Pérez Farrás, L., & Pérez, S. (2005). *Acueductos a Presión (Nociones básicas)*. Buenos Aires, Argentina: Universidad de Buenos Aires.

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados A y A. (19 de marzo de 2007). *Normas y procedimientos de diseño para proyectos de Urbanizaciones y condominios del AYA N° 2006-730*. Publicado en la Gaceta n 55.

Legislacion Nacional. (1999). *Código Municipal*. Recuperado el 21 de Enero de 2010, de <http://www.tramites.go.cr/manual/espanol/legislacion/7794.PDF>

Legislacion Nacional. (1946). *Comision Centroamericana de Abiente y Desarrollo*. Recuperado el 21 de Enero de 2010, de Ley de Aguas: <http://www.ccad.ws/documentos/legislacion/CR/L-276.pdf>

Legislación Nacional. (1972). *Ley General de Caminos y sus Reformas*. Recuperado el 21 de Enero de 2010, de <http://www.tramites.go.cr/manual/espanol/legislacion/5060.PDF>

Legislación Nacional. (1999). *Ley General de Salud*. Recuperado el 21 de Enero de 2010, de Comision Centroamericana de Ambiente y Desarrollo: <http://www.drh.go.cr/textos/Leyes/33903.pdf>

Legislacion Nacional. (2009). *Reglamento a la ley de declaratoria de hidrantes como servicio público y sus reformas N° 35206-MP-MINAET*. Costa Rica: La Gaceta.

Legislación Nacional. (1968). *Tramites de gobierno ley 4240*. Recuperado el 21 de Enero de 2010, de Ley de planificacion Urbana: <http://www.tramites.go.cr/manual/English/legislacion/4240.PDF>

MINAE. (1995). *Ley Organica del Ambiente*. Recuperado el 21 de Enero de 2010, de <http://www.ccad.ws/documentos/legislacion/CR/L-7554.pdf>

MINAET. (1998). *Dirección de Aguas*. Recuperado el 21 de Enero de 2010, de REGLAMENTO PARA LA EVALUACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LA CALIDAD DE CUERPOS DE AGUA SUPERFICIALES: <http://www.drh.go.cr/textos/Leyes/33903.pdf>

Municipalidad de Naranjo. Reglamento para la operación y administración del acueducto de la Municipalidad de Naranjo. Publicado en la Gaceta.

Pittman, R. A. (1870). *Agua Potable para Poblaciones Rurales, sistemas de abastecimiento por gravedad sin tratamiento*. Lima, Perú: SER.

Tramites gubernamentales. (10 de Enero de 2010). <http://www.tramites.go.cr/>. Recuperado el 08 de Mayo de 2010

Universidad Nacional de Colombia. (23 de Setiembre de 2009). *Dirección Nacional de Servicios Académicos Virtuales*. Recuperado el 01 de Enero de 2010, de http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4080004/contenido/Capitulo_4/Pages/caudales.htm

Capítulo 8.- ANEXO 1

MARCO CONCEPTUAL

Es importante antes de comenzar un proyecto de esta índole el conocer las necesidades de una comunidad, para con ello establecer la demanda, y claro es que es imposible saber las necesidades de consumidor por consumidor pero si se puede obtener una aproximación por variables, es importante considerar que un acueducto posee pérdidas, es importante recalcar que una obra de abastecimiento no debe diseñarse para resolver las necesidades actuales, sino que debe ser una obra a un periodo estimado, a un momento futuro, en función de una serie de variables en la mayoría de los casos no conocidos. El proyecto de un abastecimiento de agua potable es poco sensible a minuciosos errores de evaluación, lo que permite recurrir a hipótesis de simplificación, que iguala la población por un cierto consumo lo que conocemos como “dotación” y se expresa en unidades de l/hab/día. Aunque es un modelo sencillo, su aplicación no está exenta de dificultades. Por tanto la estimación a futuro es una variable netamente aleatoria ya que en muchos casos depende de factores no controlados.

Sin embargo, pese a lo sencillo del modelo, su aplicación no está exenta de dificultades. Así, en cuanto a la población, no presenta problema en su situación actual puesto que las estadísticas o censos la fijan con mediana exactitud, pero representa un problema importante en cuanto a la estimación de su valor en el futuro. En efecto, la población de una comunidad en el futuro es una variable aleatoria, ya que depende de factores incontrolables, como pueden ser la variación de los índices de natalidad y mortalidad o los atractivos que en el futuro se presenten hacia la emigración o inmigración. Por lo que el modelo más sencillo es el de $(\text{CONSUMO} = \text{POBLACIÓN} * \text{DOTACIÓN})$ y puede tener una mejoría al separar adecuadamente a los consumidores en clases (domésticos de clase alta, clase media, clase baja, industriales y comerciales separados en sus tipos, edificios públicos, instalaciones recreativas, riegos, pérdidas, etc.) y aplicando a cada uno de ellos el modelo anterior (cuando son proporcionales a la población) o datos extraídos de la experiencia. (Universidad Nacional de Colombia, 2009)

Para aplicar este modelo, al redactar un proyecto lo primero es definir el periodo de tiempo, ya que influyen en la planificación de la inversión y propuestas de economía a

escala, que puede desarrollar el proyecto en una, dos o más fases más sin embargo entre menor cantidad de fases, mayor será la prolongación del vida útil del proyecto. (Universidad Nacional de Colombia, 2009)

8.1 Normas para el diseño de proyectos de abastecimiento de agua potable en Costa Rica (A y A, 13 de setiembre del 2001)

8.1.1 Período de Diseño.

Es el mayor tiempo previsto para el cual cada una de las obras que constituyen un sistema de acueducto funcione eficientemente.

Las obras de gran magnitud, requieren un tiempo considerable en estudios, financiación, construcción, etc., siendo recomendable elegir periodos de diseño mayores. Las obras que se pueden ejecutar por etapas, se proyectarán para tiempos cortos dentro de un período de diseño mayor.

Las obras que pueden diseñarse para tiempos menores o para construir en etapas, serán: estaciones de bombeo, unidades electromecánicas, pozos profundos, tanques, sistemas de desinfección y otros similares.

8.1.2 Recomendación para periodos de diseño del acueducto

Cuadro 8-1. Recomendaciones para periodos de diseño (A y A, 13 de setiembre del 2001)

Tipo de obra	Aplicación	Tiempo mínimo en años
Obras de Toma		
	Manantiales	20
	Aguas superficiales con prensa	25-50
Equipos de Bombeo		
	Eléctrico	10-15

	Combustión interna	5-10
	Equipos para desinfección	5
<i>Líneas de conducción, plantas de tratamiento, tanques de almacenamiento y redes de distribución</i>		20-30
Tanques de almacenamiento		
	< 2000 m ³	Igual que el punto anterior
	> 2000 m ³	Por etapas

8.1.3 Población Futura.

La población futura se estimará para el período de diseño que corresponda. Se tomará en cuenta los aspectos políticos, sociales y económicos que puedan influir en el mayor o menor crecimiento de la población.

Si se dispone de censos de población, la estimación se realizará de acuerdo con la tendencia que muestren. Si no se dispone de censos, se admitirá un crecimiento geométrico de la población, siendo las tasas de crecimiento anual recomendadas:

- . Crecimiento de población rural: 3.5%
- . Crecimiento de población urbana: 3.0%

De no existir planes reguladores o censos, se considerarán 5 habitantes por vivienda unifamiliar en acueductos urbanos, y 6 habitantes por vivienda unifamiliar en acueductos rurales.

8.1.4 Dotaciones.

Cuadro 8-2. Las dotaciones brutas para el diseño serán(A y A, 13 de setiembre del 2001)

Población	Caudal l/p/d
Para cuando se tengan datos de los patrones de consumos y demandas de la localidad en estudio	Datos reales

Poblaciones rurales:	150-250
Poblaciones urbanas:	250-300
Zona Caribe no costera	300-3560
Ciudades portuarias	350-400
Poblaciones costeras:	375
Gran Área Metropolitana:	375
Desarrollos industriales	Se estudiará en cada caso particular

Para sistemas existentes las dotaciones deben incrementar en 50%

8.1.5 Caudales de Diseño.

El caudal máximo diario será de 1.1 a 1.3 veces el caudal promedio diario.

En caso de plantas potabilizadoras se aumentará en un 10% por concepto de aguas de lavado.

El caudal máximo horario será de 1.6 a 2.0 veces el caudal promedio diario.

El caudal de incendio se calculará de acuerdo con la siguiente tabla:

Cuadro 8-3. Caudal de incendio y Volumen requerido(A y A, 13 de setiembre del 2001)

Tamaño de la población	Hidrantes operando simultáneamente	Caudal de incendio (l/s)	Horas en funcionamiento	Volumen de almacenamiento (m3)
0-5000	0	0	3	0
5000-15000	1	8	3	90
15000-30000	2	16	3	170
30000-60000	3	24	3	260
60000-120000	5	40	3	580
120000-200000	6	48	3	690
200000-300000	8	64	3	920

En poblaciones rurales dispersas, no se considerará la demanda por incendio.

8.1.6 Capacidad de las diferentes partes del sistema.

En sistemas por gravedad y provistos de tanques de almacenamiento, la fuente, la captación y la conducción se diseñará para el caudal máximo diario más, cuando proceda, el caudal de lavado de filtros.

En sistemas por bombeo y provistos de tanques de almacenamiento, los elementos correspondientes se diseñaran para el caudal de bombeo (caudal máximo diario multiplicado por 24 y dividido por el número de horas diarias de bombeo)

En sistemas con planta de tratamiento, la captación y la conducción se diseñarán considerando el caudal de lavado de la planta, según el rango y frecuencia de turbiedades en el agua cruda, obtenido de los estudios básicos para el diseño de la planta potabilizadora.

En sistemas sin tanques de almacenamiento, se diseñarán para el caudal máximo horario.

Los desarenadores y las plantas de tratamiento se diseñarán para el caudal máximo diario, más el caudal de lavado de la planta.

La red de distribución se diseñará para el caudal máximo horario, o para el caudal máximo diario más la demanda por incendio, usando el valor mayor, sin causar reducciones inaceptables en las presiones del sistema, bajo el siguiente criterio: la red de distribución deberá ser capaz de abastecer los caudales mostrados en el cuadro de caudal de incendio en cualquier nudo sencillo, o la mitad de esos caudales, en dos nudos adyacentes, en lugar de la demanda de funcionamiento de esos nudos, sin causar reducciones inaceptables en el sistema.

8.1.7 Tuberías a presión

Presiones en las líneas de conducción. Las presiones máximas en las líneas de conducción deben ser inferiores a las presiones de trabajo de las tuberías respectivas o correspondientes.

8.1.7.1 Presiones en la red de distribución.

La presión dinámica mínima en el punto crítico de la red de distribución, **no deberá ser menor de 15mca** al momento de máxima demanda horaria, con relación al nivel medio del tanque. Sin embargo, en condiciones de zonas muy llanas, **se aceptará un mínimo de**

10 mca al momento de la máxima demanda horaria, con relación al nivel medio del tanque de almacenamiento.

La presión de funcionamiento en el sistema, normalmente, **no deberá exceder 60 mca** con relación al nivel medio del tanque, en la condición de presión estática nocturna. Sin embargo, **se aceptarán presiones de hasta 75 mca**, cuando el área abastecida esté situada en terreno excesivamente inclinado o cuando así convenga para aprovechar la infraestructura existente.

8.1.7.2 Presiones de aceptación o de prueba.

Las tuberías se someterán a una prueba de presión hidrostática equivalente a una y media vez la presión de trabajo del tubo correspondiente que se prueba, no siendo inferior, en ningún caso, a 10 kg/cm^2 (**100 metros carga de agua**). Esta presión de prueba deberá mantenerse durante un período no menor de una hora, sin que haya variación de descenso en el manómetro.

8.1.7.3 Ubicación.

El trazado de las tuberías de agua potable, será preferiblemente en los costados norte y oeste de avenidas y calles respectivamente, a 1.50 m del cordón del caño.

La separación mínima en planta entre las tuberías de agua potable y de alcantarillado sanitario, será de 3 metros. Si no se puede obtener esta condición, deberá cumplirse lo siguiente: que las dos tuberías estén en zanjas distintas a 1.5 m de separación horizontal entre bordes de una de la otra, y que la tubería de agua potable esté siempre a un nivel superior, en por lo menos 30 cm, entre fondo del tubo de agua potable y la corona del tubo de aguas residuales.

El enterramiento mínimo de las tuberías será de un metro desde el nivel de la corona del tubo al nivel de la superficie terminada del terreno. En la montaña, donde no existan caminos ni agricultura, se aceptará un enterramiento mínimo de las tuberías de 60 centímetros, desde el nivel de la corona del tubo al nivel de la superficie terminada del terreno.

8.1.7.4 Características de las tuberías.

En general, las tuberías deberán ser resistentes a la presión estática interna, más resistencia de las tuberías será menor a 100 mca, con las siguientes excepciones:

En líneas de conducción, cuando el cálculo hidráulico lo permita, las tuberías deberán ser resistentes a la presión estática interna, más sobrepresiones por golpe de ariete, pero en ningún caso, la resistencia de las tuberías será menor a 80 mca.

En redes de distribución de acueductos rurales, cuando el cálculo hidráulico lo permita, las tuberías deberán ser resistentes a la presión estática interna, más sobrepresiones por golpe de ariete, pero en ningún caso, la resistencia de las tuberías será menor a 80 mca.

Deberán además ser resistentes a las cargas exteriores por el relleno de zanjas y cargas móviles; al impacto en caso de tuberías instaladas sobre el terreno, a la corrosión por acción química del agua y del suelo, a presiones inferiores a los 10 mca., dilatación, etc.

Se permitirá el uso de tuberías de hierro dúctil, acero, cloruro de polivinilo (PVC), polietileno de alta densidad (HDPE), y otras que sean aceptadas por A y A.

8.1.8 Diámetros mínimos.

En conducciones, el diámetro mínimo será el que determine el cálculo hidráulico.

En redes de distribución, el diámetro mínimo será de 100 mm, y se aceptarán tuberías de hasta 50 mm de diámetro en zonas de desarrollo limitado, tales como rotondas, martillos y finales de ramal, y en sistemas de acueducto rural.

8.1.9 Velocidades permisibles

Cuadro 8-4. Velocidades permisibles para tuberías a presión (A y A, 13 de setiembre del 2001)

	Conducciones Redes	
Mínima (m/s)	0.6	N/A
Máxima (m/s)	5	2.5

En los casos en los que se obtengan valores de velocidad inferiores al mínimo establecido, prevalecerá el criterio de diámetro mínimo de la tubería.

8.1.10 Válvulas.

En líneas de conducción y redes de distribución, se instalarán las válvulas de compuerta, necesarias para facilitar su operación, siendo colocadas, en entradas y salidas de tanque, interconexiones, y en puntos que permitan el mantenimiento de válvulas especiales.

Las válvulas de admisión y expulsión de aire, se instalarán en los puntos altos donde así lo requieran las condiciones del diseño y el perfil topográfico.

Las válvulas de purga se instalarán en los puntos bajos. Su diámetro, hasta 100 mm, será igual al diámetro de la tubería (D). Para diámetros mayores, se emplearán válvulas de purga cuyo diámetro será de $100 \text{ mm} + D/6$.

8.1.11 Hidrantes. (Ver ley de hidrantes)

Se colocarán en las redes de distribución, según los siguientes criterios:

En acueductos urbanos, se colocarán de tal manera que su radio de acción no sea mayor de 150m, lo que implica, en el caso de cuadrantes, colocarlos cada tres cuadras de forma alternada en calles paralelas.

En acueductos rurales, se colocará al menos un hidrante en cada centro de población, en un punto de alta densidad de construcciones.

8.1.12 Previstas domiciliarias.

Las previstas domiciliarias serán en tubería de polietileno de alta densidad (HDPE) en SDR 9 como mínimo, y en tubería de 12 mm de diámetro como mínimo.

8.1.13 Medidores de caudal:

Macromedición: todo sistema de abastecimiento, deberá estar dotado de los medidores necesarios, tanto a la entrada y salida de los centros de producción, como al inicio de los centros de consumo. En sistemas de abastecimiento de acueductos rurales, con poblaciones menores a 3,000 habitantes, el uso de macromedidor es opcional.

Micromedición: toda prevista domiciliaria deberá estar dotada de su correspondiente medidor.

8.1.14 Tanques de almacenamiento:

Los tanques de almacenamiento deberán tener la capacidad suficiente para almacenar agua con los propósitos de

a) Compensar las fluctuaciones horarias de la demanda, b) combatir incendios, y c) suplir agua en caso de interrupciones del abastecimiento matriz.

8.1.14.1 Volumen de regulación del consumo.

Es el requerido para compensar las fluctuaciones horarias del consumo. Será determinado para cada caso en particular, utilizando curvas de consumo reales. En caso de no disponer la información anterior, y si el caudal que alimenta el tanque es constante e igual al caudal promedio requerido por la zona abastecida por el depósito, este volumen será el 14% del volumen promedio diario.

8.1.14.2 Volumen de reserva para incendios.

Este volumen corresponde a la cantidad de agua necesaria para suministrar los flujos requeridos para combatir incendios, durante el tiempo que dure el incendio. La duración de cada incendio se estimará de acuerdo con el siguiente cuadro, el cual indica el volumen mostrado en el mismo.

Volumen para incendios ver Cuadro 3-1.

8.1.14.3 Volumen de reserva para interrupciones.

El volumen de reserva por interrupciones en el servicio, será, como mínimo, el volumen que corresponde a un período de cuatro horas del caudal promedio diario.

8.1.14.4 Volumen total de almacenamiento.

El volumen de almacenamiento total, será el que resulte de la suma de los tres volúmenes anteriores.

8.2 Determinación de los caudales a abastecer por la obra

Los análisis se realizarán con los datos de demanda de agua, donde la demanda es directamente proporcional a la población. Para esto se tomará en cuenta la dotación media diaria.

Existen diferentes métodos matemáticos para la estimación futura de población, y que dependen de algunos factores como disponibilidad de suelo, posibilidades industriales, etc. Para decidir cuál es el que resulta más adecuado, basta con el conocimiento de la ciudad, y es importante realizar un tanteo del área urbanizable disponible o prevista para urbanizaciones, siguiendo las normas de desarrollo. Sin embargo resulta difícil interpretar la tendencia de incremento o disminución. (Universidad Nacional de Colombia, 2009)

Conociendo el estado actual de la población se podrá escoger entre alguno de los métodos matemáticos. El siguiente diagrama ejemplifica los diferentes métodos de selección de crecimiento de la población.

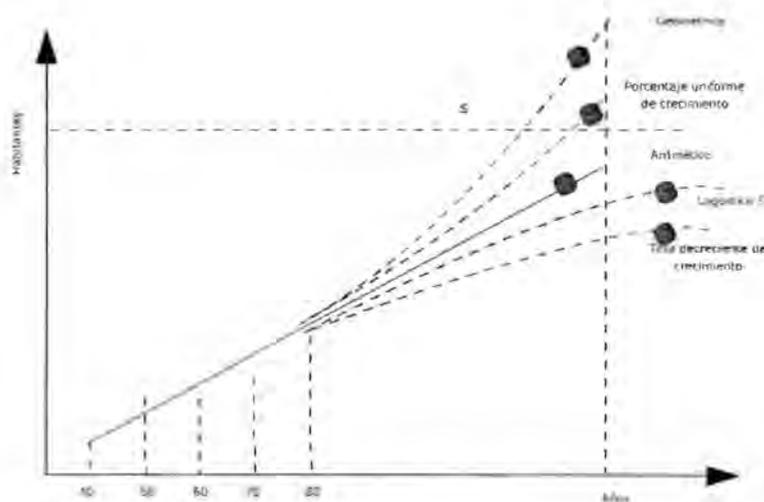


Figura 8-1.- Comparación de distintos métodos de estimación de población. (Universidad Nacional de Colombia, 2009)

Es importante recalcar que durante la semana o estacionalidades del año se pueda ver afectado el consumo, como por ejemplo el lunes se produce el pico de consumo o en verano aumenta la media de consumo que son variables que deben ser tomadas a consideración para la estimación del caudal pico. (Universidad Nacional de Colombia, 2009)

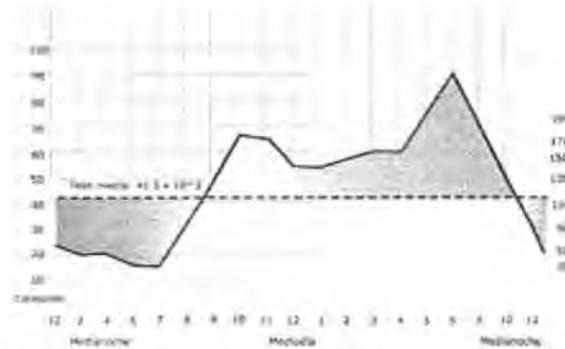


Figura 8-2. Ejemplificación de variación de consumo durante el día. (Universidad Nacional de Colombia, 2009)

Se utiliza la siguiente tabla para corregir la dotación.

Cuadro 8-5. Dotación neta y sus variaciones, pérdidas y coeficientes puntas. (Universidad Nacional de Colombia, 2009)

Población en zona urbana (hab.)	Dotación neta mínima (L/h. d.)	Variación por el clima (% de aumento)		% Pérdidas máximas admisibles	Coeficiente máx. diario K_T	Coeficiente máx. horario K_H
		Templado (20 – 28 °C)	Frío (+ 28 °C)			
< 2.500	100 – 150	10 %	15 %	40 %	1.30	1.60
2.501 a 12.500	120 – 175	10 %	15 %	30 %	1.30	1.50 – 1.60
12.501 a 60.000	130	15 %	20 %	25 %	1.20	1.40 – 1.50
> 60.000	150	15 %	20 %	20 %	1.20	1.40 – 1.50

Para corregir la dotación bruta establece mediante la siguiente fórmula:

$$d_{bruta} = \frac{d_{neta}}{1 - \%perdidas} \quad 8-1,$$

Donde % de pérdidas se obtiene de Cuadro 8-5.

Y obteniendo esto se calcula en caudal medio diario de la siguiente manera:

$$Q_{md} = \frac{P \cdot d_{bruta}}{86400} \quad 8-2.$$

Siguiendo con la operación el Caudal máximo diario (CMD), es el registrado durante 24 horas y se calcula de la siguiente manera:

$$QMD = Q_{md} * k_1 \text{ o } QMD = Q_{md} * k_2 \quad 8-3.$$

Donde k_1 y k_2 se obtiene de Cuadro 8-5.

Después de haber calculado los caudales, se sigue con la localización y selección de los recursos, considerando:

- Cercanía con el punto de destino.
- Calidad de agua que incide en costos de potabilización y tratamiento,
- Seguridad del suministro,
- Facilidad de extracción,
- Topografía
- Posibilidades de ampliación. (Universidad Nacional de Colombia, 2009)

Paso seguido se debe establecer la toma y calidad de las fuentes.

8.3 Criterios de Diseño

Es indispensable en este trabajo establecer los criterios de diseño y que sirva de guía para el diseño de acueductos pequeños, y desarrollos residenciales, tomando en cuenta que todos los sistemas no son iguales, sin embargo se puede utilizar como base para el diseño de otros acueductos.

Es importante tomar a consideración que un sistema de distribución de agua potable es un sistema que integra redes, conducciones, depósitos, tanques de almacenamiento, líneas de tubería y controles que ayudan a conocer el sistema, y existen herramientas computacionales que ayudan a modelar sistemas que coadyuvan a la toma de decisiones.

El Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), es el ente rector en nuestro país en materia de servicios de abastecimiento de agua potable, alcantarillado sanitario y pluvial. Por lo tanto es el ente encargado de elaborar y actualizar la regularización técnica que rige en materia de diseño, construcción, operación, mantenimiento y control de los sistemas de acueducto y alcantarillado.

En el reglamento N° 2006-730, Reglamentación técnica para diseño y construcción de urbanizaciones, condominios y fraccionamientos, el AyA dicta su reglamento como una directriz para orientar en los proyectos con un marco de referencia conceptual y metodológico.

8.4 Normas de diseño para acueducto.(Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados A y A, 19 de marzo de 2007)

8.4.1 Generalidades:

Para todo tipo de proyecto las láminas de los diseños de acueducto, alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial deberán considerar lo siguiente:

La escala horizontal mínima para presentación de planos deberá ser 1:500.

La escala vertical para presentación de los perfiles de los planos deberá ser 1:50. En casos de topografía accidentada se aceptará 1:100.

8.4.2 Población de diseño

Se debe considerar la población de saturación del área según los planes reguladores vigentes y último censo de población.

8.4.3 Dotaciones

Las dotaciones brutas para el diseño serán las siguientes:

- Cuando se tengan datos de los patrones de consumos y demandas de la localidad en estudio, se utilizarán los datos reales.
- Cuando no existan datos de los patrones de consumos y demandas de la localidad en estudio, se utilizarán los siguientes valores mínimos:

Cuadro 8-6. Patrones de consumo mínimos para dotaciones de diseño

Población	Caudal l/p/d
Poblaciones rurales:	200
Poblaciones urbanas:	300
Poblaciones costeras:	375
Gran Área Metropolitana:	375

Para desarrollos industriales el interesado deberá aportar los estudios correspondientes.

8.4.4 Factores de demanda máxima

- El caudal máximo diario será igual a 1.5 veces el caudal promedio diario.
- El caudal máximo horario será igual a 2.25 veces el caudal promedio diario.
- Para desarrollos industriales el interesado deberá aportar los estudios correspondientes.

8.4.5 Caudal coincidente y caudal de incendio

El caudal coincidente es la suma del caudal máximo diario y el caudal de incendio.

Para la estimación del caudal de incendio se considerará la normativa vigente de Ingeniería de Incendios del Instituto Nacional de Seguros.

8.4.6 Capacidad de la red

La red de distribución se diseñará para el caudal que sea mayor entre el caudal coincidente y el caudal máximo horario.

8.4.7 Velocidad

La velocidad máxima será de 3.0 m/s en redes de distribución.

8.4.8 Presiones

La presión estática máxima será de 50 metros columna de agua (mca) en el punto más bajo de la red.

Se permitirán en puntos aislados presiones hasta de 70 mca cuando el área de servicio sea muy quebrada.

La presión dinámica de servicio no será menor de 10 mca a la entrada del medidor, en el punto crítico de la red.

8.4.9 Dimensiones de las tuberías

Se dimensionarán utilizando fórmulas como la de Hazen y Williams y otras.

Los coeficientes máximos para la fórmula de Hazen y Williams (C), a usar con cada material, serán los establecidos en la siguiente tabla:

Cuadro 8-7. Coeficientes máximos para la fórmula de Hazen William (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados A y A, 19 de marzo de 2007)

Material	Valor máximo de C (Adimensional)
Polietileno de Alta Densidad	130
Cloruro de Polivinilo (PVC)	130

8.4.10 Diámetro nominal mínimo

El diámetro nominal mínimo para la red principal será de 100 mm. Se aceptará 75 mm en sitios de desarrollo limitados, tales como rotondas y martillos.

Las conexiones domiciliarias serán de 13 mm de diámetro mínimo.

8.5 Normas de Construcción (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados A y A, 19 de marzo de 2007)

Las obras de acueducto, alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial se construirán siguiendo las mejores prácticas de ingeniería, de acuerdo con los diseños y planos constructivos aprobados por AyA con base en la reglamentación técnica vigente.

Para efectos del trámite de los planos de urbanizaciones, condominios y fraccionamientos, se deberá utilizar la simbología que se muestra en la Figura 8-3.

8.5.1 Ubicación

Las tuberías para acueducto se ubicarán en los costados norte y oeste de las avenidas y calles respectivamente, a 1,50 metros del cordón del caño. En las esquinas todas las tuberías se interconectarán por medio de cruces o tees.

La distancia entre previstas de cañería y alcantarillado sanitario será de 1,50 metros mínima en planta.

En los fraccionamientos con parques perimetrales se permitirá colocar la tubería a ambos lados de la calle.

8.5.2 Profundidad

La profundidad mínima será de 0.80 metros de la corona del tubo a la rasante terminada.

8.5.3 Válvulas

Las válvulas se colocarán de tal manera que para efectuar reparaciones no haya que suspender el servicio en más de 400 metros. En sistemas de ramal único se colocará una válvula cada 300 metros como máximo.

Se ubicarán en las esquinas, en la intersección de la línea de tubería y la proyección de la línea del cordón de caño, estarán provistas de cubre-válvulas de 17.5 cm de diámetro nominal y su material será hierro fundido. Las auxiliares de las bocas de agua para incendio "hidrantes", se ubicarán a 1,0 metro del cordón del caño como se muestra en el Figura 8-5.

En tuberías de conducción, se colocarán las válvulas necesarias para expulsión y admisión de aire, así como las válvulas de purga.

Cuando se utilicen válvulas especiales, como reguladoras de presión y de caudal, se colocarán de acuerdo con la Figura 8-6.

8.5.4 Bocas de agua para incendio, "Hidrantes"

Los planos del proyecto deben cumplir la normativa que defina el Instituto Nacional de Seguros para hidrantes.

8.5.5 Acometidas domiciliarias

Serán de 13 mm de diámetro nominal en polietileno de alta densidad y se construirán de acuerdo con la Figura 8-7.

Su ubicación estará un metro a la derecha de la línea central del frente del lote.

Se marcarán en el cordón de caño con una cruz en bajo relieve, rematada con pintura roja.

Si la tubería principal es de PVC, se colocarán con silleta de derivación con tornillos.

Si la tubería principal es de polietileno llevará silleta de derivación electrofundida.

8.5.6 Instalación de cajas de protección para medidores

En todos los proyectos, la colocación de los medidores se hará de forma vertical. Para ello, el medidor quedará dentro de una caja soportada por un pedestal o elemento de la estructura construido en línea con el límite de la propiedad con acceso a la vía pública.

8.5.7 Zanjas, relleno y compactación

Las dimensiones de la zanja, el relleno y la compactación serán de acuerdo con lo indicado en las Normas INTECO para la tubería utilizada.

8.6 Especificaciones para materiales

Los materiales utilizados para la construcción de los sistemas de acueductos y alcantarillados deberán cumplir con las Normas INTECO. Cuando se haga referencia a estas Normas en cuanto a especificaciones se refiere, se entenderá que se trata de la última edición publicada, aún cuando en estas normas aparezca una designación más antigua.

8.6.1 Tuberías para abastecimiento

Se utilizarán las tuberías indicadas en la tabla siguiente; todas para una presión de trabajo mínima de 100 metros carga de agua.

Cuadro 8-8 Normas INTECO en tuberías para abastecimiento (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados A y A, 19 de marzo de 2007)

Material	Tipo de tubería	Norma de Correspondencia	Designación (Cédula, SDR, rigidez, clase)	Norma de referencia INTECO	Rango de diámetros nominales (mm)	Tipo de unión
PVC	Tuberías de pared sólida	ASTMD 1785	Cédula 40,80 y 120	INTE16-01-04	12 a 100	Junta cementada
		ASTMD 2241	SDR variable	INTE 16-01-01	100 a 300	Junta con empaque de hule
		ASTMD 2241	SDR variable	INTE 16-01-05		
		AWWA C 900	Clases 100, 150 y 200			
PEAD	Tuberías de pared sólida	AWWA C 901-88	SDR variable	INTE 16-05-02-95	12 a 75	Termofusión
		AWWA C 906-90	SDR variable	INTE 16-05-01-95	110 a 1600	Termofusión

8.6.2 Válvulas

Las válvulas serán de vástago no ascendente, compuerta sólida y cubo de operación de 25 mm de lado.

Las válvulas de compuerta de disco sólido cumplirán con el estándar AWWA C-500 o ISO-5996 e ISO-7259 o equivalente, o válvulas con asiento elástico de acuerdo al estándar AWWA C-509 o equivalente. La norma de la válvula de compuerta con extremos bridados debe ser congruente con la norma de la tubería.

Podrán ser de hierro fundido, hierro dúctil o acero.

8.6.3 Bocas de agua para incendio “Hidrantes”

Las bocas de incendio o “hidrantes” deberán cumplir con las especificaciones establecidas por el Instituto Nacional de Seguros.

8.7 Simbología a utilizar en planos

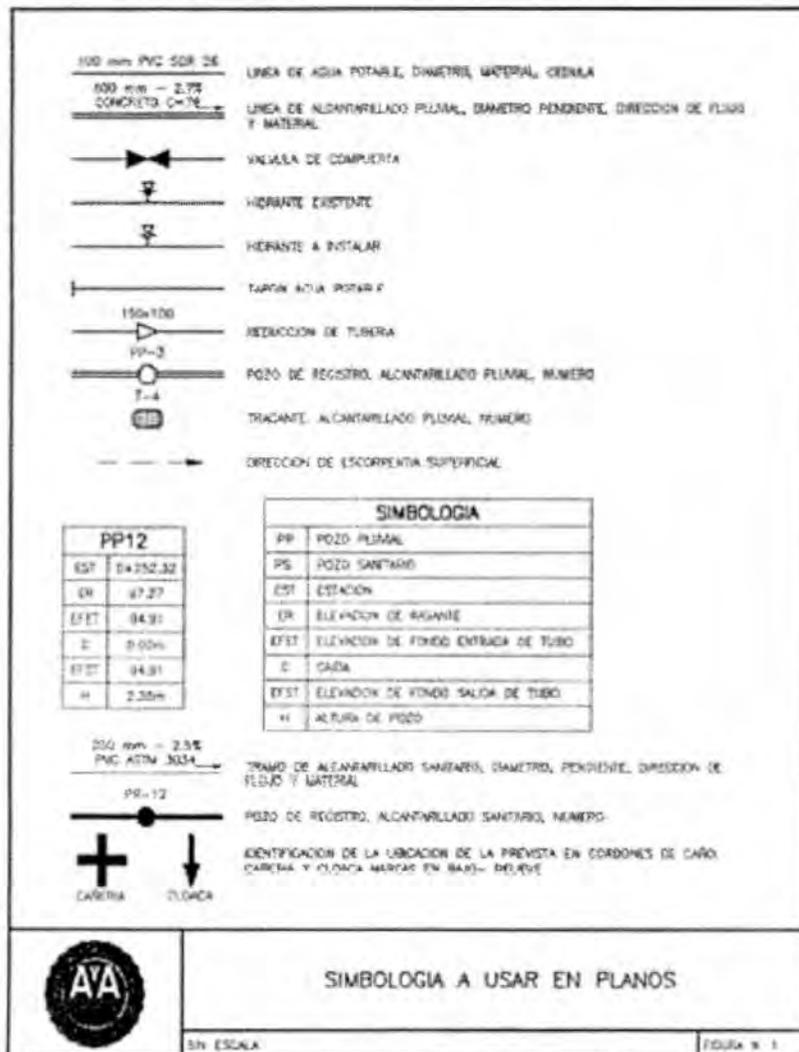
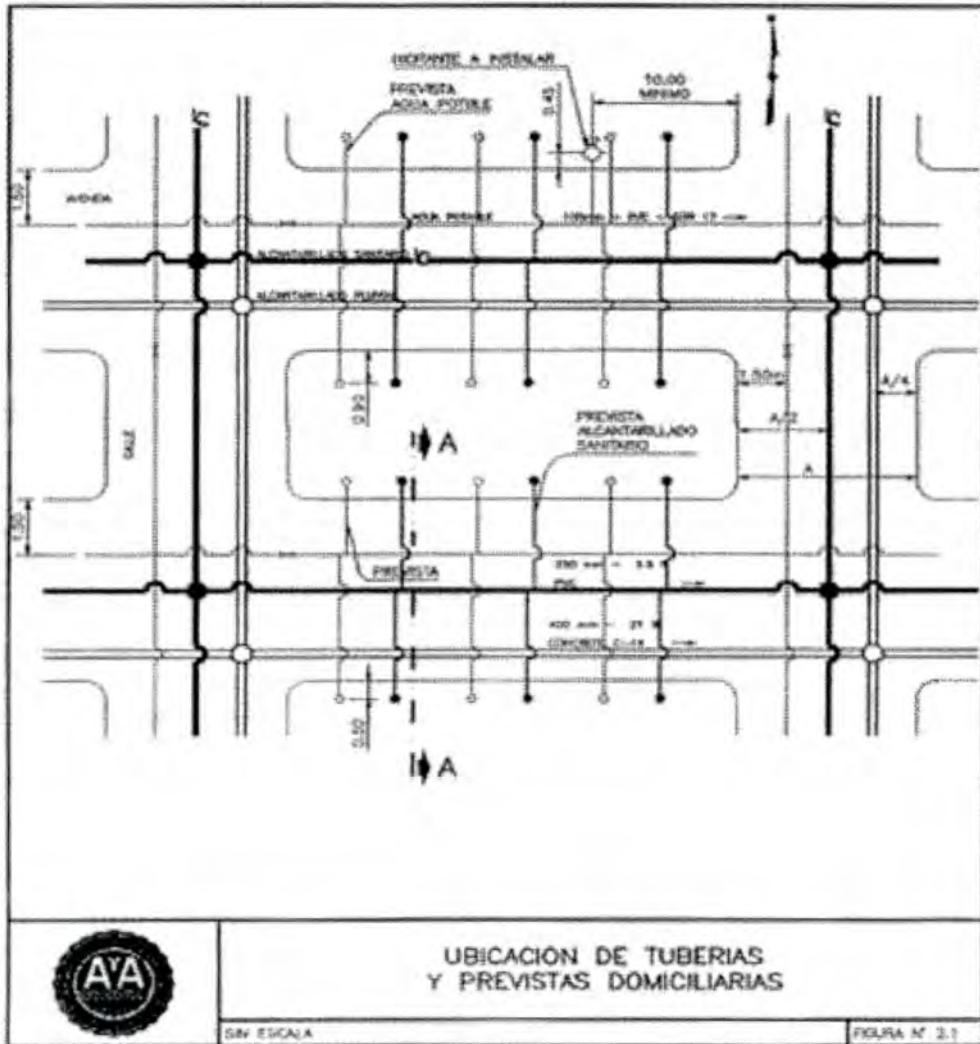


Figura 8-3.-. Simbología a utilizar en planos(Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados A y A, 19 de marzo de 2007)



UBICACION DE TUBERIAS Y PREVISTAS DOMICILIARIAS

SIN ESCALA

FIGURA N° 3.1

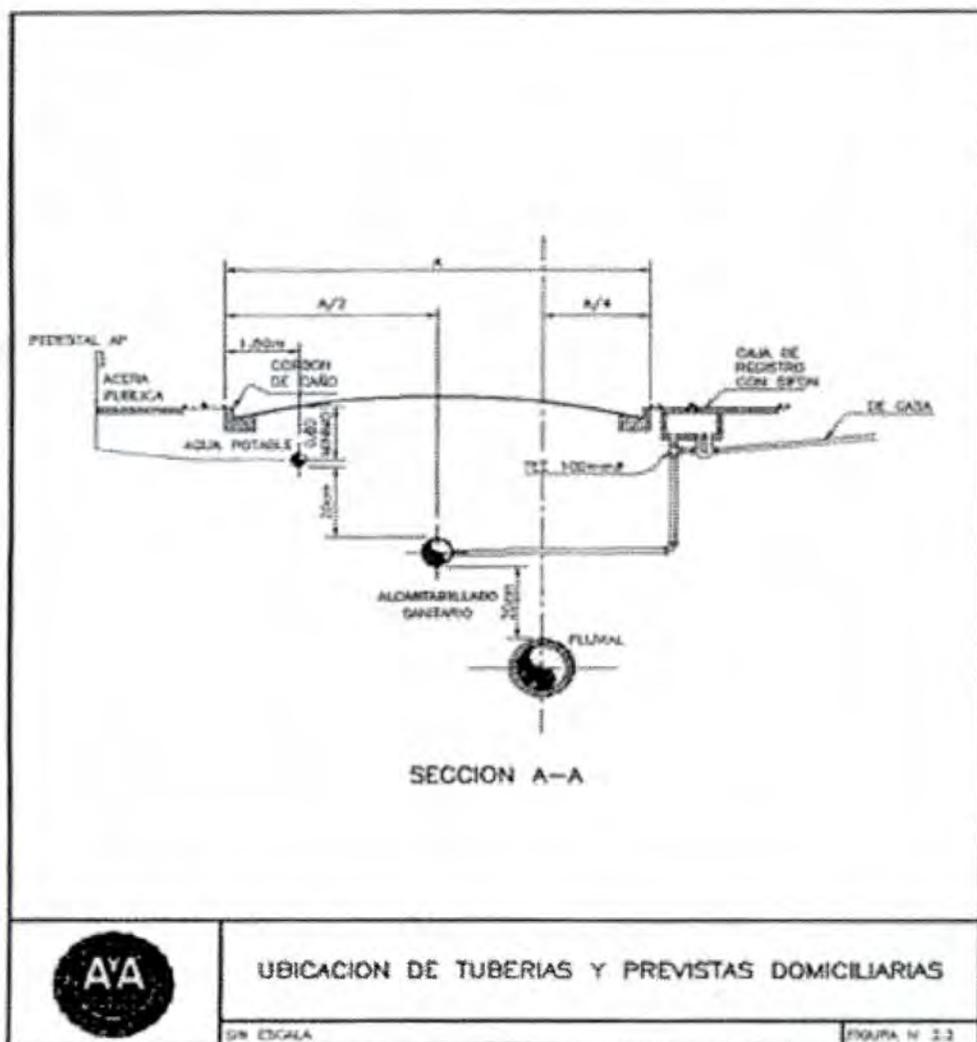


Figura 8-4.-. Ubicación de tuberías y previstas domiciliarias (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados A y A, 19 de marzo de 2007)

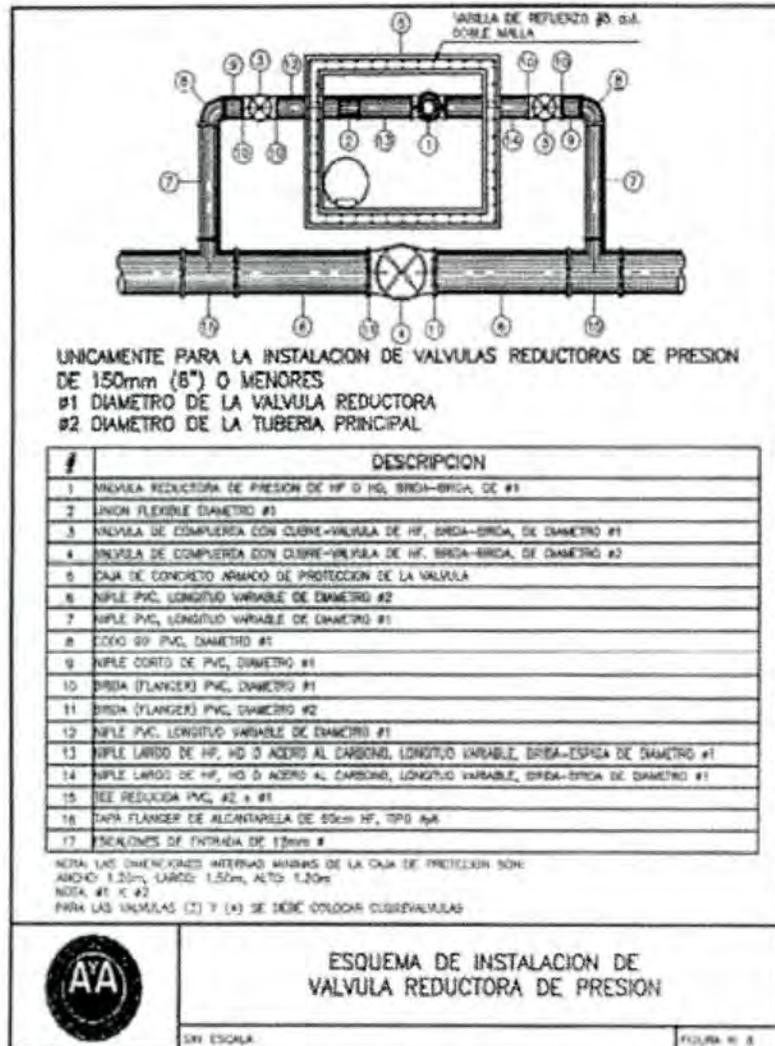


Figura 8-6.-. Conexión para hidrante(Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados A y A, 19 de marzo de 2007)

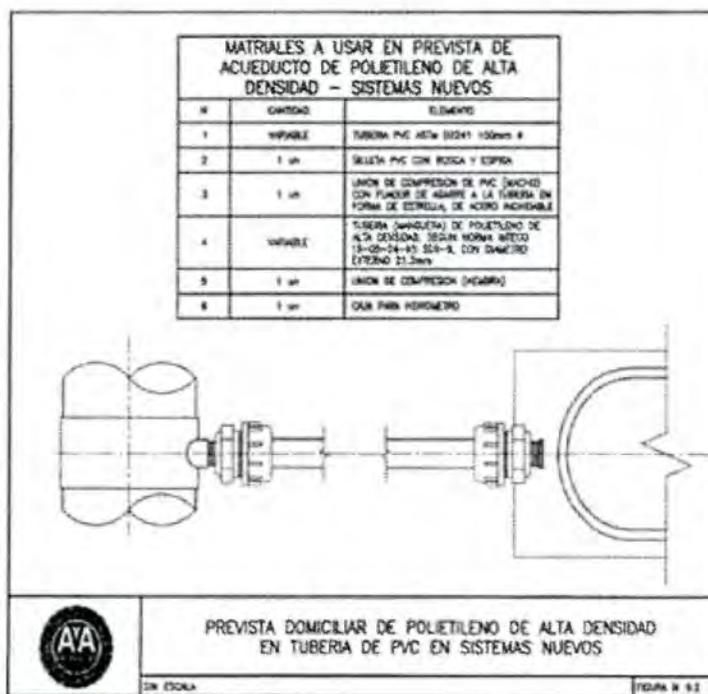
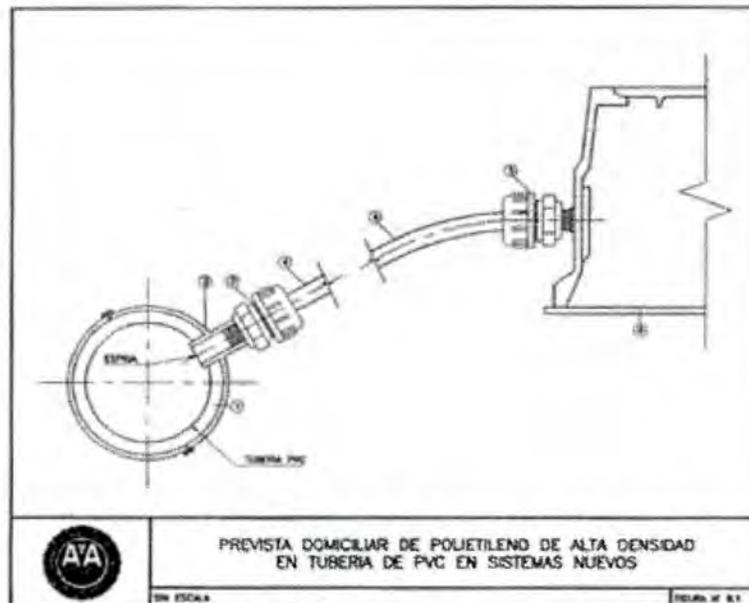


Figura 8-7.-. Instalación de las acometidas domiciliarias (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados A y A, 19 de marzo de 2007)

Capítulo 9.- Anexo 2

9.1 Concesión de Aguas

Cuadro 9-1. Formulario para la concesión de aguas del departamento de aguas del MINAET. (Tramites gubernamentales, 2010)

	<p>MINISTERIO DEL AMBIENTE Y ENERGIA DEPARTAMENTO DE AGUAS</p>
<p>Ministerio del Ambiente y Energía</p>	<p>Apartado 5583-1000 San José Tel.: (506) 281-2020 Fax: (506) 283-7140 agua@minamnet.gob.cr 75m. Sur Automercado Los Yoses, Montes de Oca, San José Costa Rica</p>
<p>SOLICITUD DE CONCESION PARA APROVECHAMIENTO DE AGUA</p>	
<p>REQUISITOS PARA PRESENTAR ESTA SOLICITUD</p> <ol style="list-style-type: none">1. Llenar este formulario a máquina o con letra legible.2. Depositar en la cuenta 197633-1 BNCR la suma de <u>₡ 2000</u> colones y adjuntar el comprobante original.3. Adjuntar los siguientes documentos:<ol style="list-style-type: none">a) Certificación de la propiedad del terreno en que se aprovechara el agua. Debe ser original, tener menos de tres meses de expedida por el Registro Público o por Notario y contener localización, área, naturaleza y linderos.b) Certificación de Personería Jurídica, cuando la solicitante sea persona jurídica. Debe tener menos de tres meses de expedida por le Registro Público o Notarioc) Plano catastrado en que se marque la fuente solicitada y el sitio de toma. Si no cuenta con plano, se puede elaborar un croquis equivalente que contenga ubicación cartográfica.d) Cuando se trate de un pozo, dos copias del Reporte Final, elaborado por la empresa perforadora. Si no cuenta con este, presente un reporte de parámetros básicos del pozo (profundidad, nivel friático, encamisado, caudal de bombeo), firmado por un geólogo.e) De conformidad con el Reglamento de la Ley Orgánica del Ambiente, en algunos casos, según el uso y magnitud del aprovechamiento, deberá presentarse el pronunciamiento de la SETENA	

(Secretaría Técnica Ambiental) del MINAE. Si requiere información adicional sobre el asunto puede efectuar la consulta en este Departamento

NOTAS IMPORTANTES

Para cualquier consulta sobre su solicitud, deberá referirse al número de expediente que se le asignará.

A fin de entregarle un recibido, favor de traer una fotocopia de este formulario.

Si desea aportar cualquier información adicional que crea conveniente, puede hacerlo en hojas adicionales.

Si desea se presenta la opción de adjuntar un reporte de caudal de agua que produce la fuente. Si así lo hiciera, el aforo debe realizarse en la época seca (estiaje) y contener memoria de cálculo, fecha, caudal, método y ubicación cartográfica. Será firmado por un profesional responsable. La información será valorada de previo a ser considerada para resolver.

Al momento de recibírsele esta solicitud, se procederá a elaborar un edicto para ser publicado tres veces consecutivas, en el diario oficial La Gaceta. Usted lo llevará a la Imprenta Nacional y allí cancelará el monto respectivo.

ESPACIO PARA USO EXCLUSIVO DE LA OFICINA

EXPEDIENTE

Esta solicitud fue recibida del solicitante, quien firmó en mi presencia y exhibió cédula de identidad.

Esta solicitud fue recibida de _____

DATOS DE QUIEN SOLICITA

2. Teléfono:

3. Apartado postal

4. Fax:

Numero:

	Código:	5. Correo electrónico: _____
	Lugar:	
6. En caso de ser persona jurídica; indique:	7. Si es persona física; indique:	
Cédula Jurídica:	Cédula:	
Dirección exacta		
	Dirección exacta:	
Representante:		
Nacionalidad:		
Estado Civil:	Nacionalidad:	
Profesión:	Estado Civil:	
Cédula:	Profesión:	
DATOS DE LA PROPIEDAD EN QUE SE USARA EL AGUA		
8. Folio Real Matricula:		
Dirección exacta:		
Distrito:	Cantón:	Provincia:

DATOS DE LA PROPIEDAD EN QUE SE CAPTARA EL AGUA

9. Propietario:

Dirección del domicilio, teléfono y fax:

SI LA CAPTACIÓN SE EFECTUA EN PROPIEDAD AJENA, ES **INDISPENSABLE** QUE PRESENTE, A CONTINUACION, UNA DECLARACION DEL PROPIETARIO SOBRE SU PARECER CON RELACIÓN A ESTA SOLICITUD, LA FIRMA DEBE VENIR AUTNETICADA POR NOTARIO PÚBLICO, POR AUTORIDAD DE POLICÍA O POR EL INSPECTOR CANTONAL DE AGUAS. **EN CASO DE QUE SE NIEGUE A DECLARAR**, DEBERÁ EL NOTARIO O LA AUTORIDAD RESPECTIVA HACER UN ACTA QUE CONSIGNE LA FORMA, DÍA Y LUGAR EN QUE SE LE NOTIFICÓ Y SU NEGATIVA, ASÍ COMO LOS DATOS DE NOMBRE, DIRECCIÓN Y TELÉFONO DE TAL PROPIETARIO.

Yo, _____ Cédula _____

Declaro _____

Firma:

Es auténtica:

EL AGUA SE TOMARA DE:

10.

Nacimiento

Pozo

Quebrada

Río

otro

CAUDAL SOLICITADO

11.	Litros por segundo:	
(Debe indicar el caudal de cada una de las fuentes solicitadas)		
12.	POBLACIONAL	DOMESTICO
Indique el número de personas beneficiadas:		
13.	<input type="checkbox"/> ABREVADERO <input type="checkbox"/> GRANJA <input type="checkbox"/> PORQUERIZA <input type="checkbox"/> LECHERIA	Indique el número de animales:
<input type="checkbox"/> 14.	PISCICULTURA. Indique la cantidad de kilogramos de masa viva:	
<input type="checkbox"/> 15.	INDUSTRIA. Explique:	
<input type="checkbox"/> 16.	<input type="checkbox"/> BENFICIO CAFE <input type="checkbox"/> INGENIO AZUCAR <input type="checkbox"/> EMPACADORA BANANO	Indique el pico alto diario procesado:
<input type="checkbox"/> 17.	<input type="checkbox"/> BENFICIO CAFE <input type="checkbox"/> CENTRO EDUCATIVO <input type="checkbox"/> OFICINAS	
	N° de personas que usan el agua:	Área de construcción:
<input type="checkbox"/> 18.	<input type="checkbox"/> BALNEARIO <input type="checkbox"/> PISCINA DOMESTICA	Indique si usa recirculación y las dimensiones:
<input type="checkbox"/> 19.	TURISTICO Y RECRATIVOS. Explique:	
<input type="checkbox"/> 20.	EMBOTELLADO Y VENTA. Explique:	
<input type="checkbox"/> 21.	RIEGO. Cultivos:	
<input type="checkbox"/>	Meses y horario:	Métodos:

Equipo:	Area:		
OTRO USO. Explique:			
NOTIFICACIONES			
Para recibir notificaciones se señala el fax:			
En caso de no indicar número de fax, es indispensable que indique, a continuación, una persona y			
Dirección, dentro del perímetro del Primer Circuito Judicial de San José:			
24.	TRAMITE SOLICITADO		
<input type="checkbox"/> Nueva	<input type="checkbox"/> Aumento de caudal	<input type="checkbox"/> Aumento de fuentes	<input type="checkbox"/> Disminución
<input type="checkbox"/> Desglose	<input type="checkbox"/> Ampliación de usos	<input type="checkbox"/> Ampliación territorial	<input type="checkbox"/> Cambio punto de toma
COMPROMISOS ADQUIRIDOS AL FIRMAR ESTA SOLICITUD			
La obtención de la concesión implica el pago de un canon periódico			
Se declara bajo juramento, que los datos aportados son correctos			
Se adquiere la obligación de acatar todas las disposiciones de Ley con relación al aprovechamiento racional y protección del agua, así como las condiciones que imponga la resolución.			
25.			
Firma:			
En caso de que el firmante no se presente, su firma debe venir autenticada por notario público			

DECLARACIONES
(Estas no son necesarias si la solicitud trata de pozos)
27. En caso de existir propietarios de terrenos ubicados aguas abajo del punto de toma, a ambos lados de la corriente hasta que esta se junte con otra corriente, se deberá presentar, a continuación, las respectivas declaraciones en cuanto al parecer sobre esta solicitud. Estas declaraciones deberán venir firmadas y deben autenticarse por Notario Público, Autoridad de Policía o Inspector Cantonal de aguas.
En caso de que algún propietario se niegue a declarar, el Notario, la Autoridad Policial o el Inspector de Aguas, deberá hacer un acta que consigne la forma, día y lugar en que se le notificó y su negativa, así como los datos de nombre, dirección y teléfono de tal propietario.

Yo _____	Cédula # _____
Dirección, teléfono, o fax: _____	
Declaro lo siguiente: _____	
Firma: _____	Autentica: _____
Yo _____	Cédula # _____
Dirección, teléfono, o fax: _____	
Declaro lo siguiente: _____	
Firma: _____	Autentica: _____
Yo _____	Cédula # _____
Dirección, teléfono, o fax: _____	
Declaro lo siguiente: _____	
Firma: _____	Autentica: _____

Yo _____	Cédula # _____		
Dirección, teléfono, o fax: _____			
Declaro lo siguiente: _____			
Firma: _____ Auténtica: _____			
En caso de no existir propietarios de terrenos ubicados aguas abajo del sitio de toma, hasta que la fuente se junte con otra corriente, presente tres testigos que firmen la siguiente declaración (Sus firmas deben venir autenticadas por Notario Público, autoridad de policía o Inspector Cantonal de Aguas).			
LOS ABAJO FIRMANTES DECLARAMOS, BAJO JURAMENTO, QUE CONOCEMOS LA FUENTE DE AGUAS DE _____ QUE SE TRATA ESTA SOLICITUD Y NOS CONSTA QUE, DESDE EL PUNTO DE TOMA HASTA QUE LA _____ CORRIENTE SE JUNTA CON OTRA, NO EXISTEN PROPIETARIOS DE TERRENOS UBICADOS AGUAS ABAJO			
Lugar y fecha:			
	Nombre	firma	Cédula
1 er Testigo			
2 do Testigo			
3 er Testigo			

9.2 Parámetros de calidad de agua potable

Cuadro 9-2. Parámetros de calidad de agua primer nivel de control N1 (Decreto N° 32327)

Parámetro	Unidad	Valor Recomendado	Valor Máximo Admisible
Coliforme fecal	NMP/100 mL o UFC/100 mL	Ausente	Ausente
Escherichia coli ^a	NMP/100 mL o UFC/100 mL	Ausente	Ausente
Color aparente	mg/L (U - Pt-Co)	5	15 b
Turbiedad	UNT	<1	5 b
Olor	—	Debe ser aceptable	Debe ser aceptable
Sabor	—	Debe ser aceptable	Debe ser aceptable
Temperatura	°C	18	30
pH ^c	Valor pH	6,5	8,5
Conductividad	µS/cm	400	
Cloro Residual Libre	mg/L	0,3	0,6
Cloro Residual Combinado	mg/L	1,0	1,8

Cuadro 9-3. Parámetros de calidad de agua segundo nivel de control N2 (Decreto N° 32327)

Parámetro	Unidad	Valor Recomendado	Valor Máximo Admisible
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	400	500
Cloruro	mg/L Cl ⁻	25	250
Fluoruro	mg/L F ⁻		0,7 a 1,5 a
Nitrato	mg/L NO ₃	25	50
Sulfato	mg/L SO ₄	25	250
Aluminio	mg/L Al ⁺³	0,2	
Calcio	mg/L Ca ⁺²	100	
Magnesio	mg/L Mg ⁺²	30	50
Sodio	mg/L Na ⁺	25	200

Potasio	mg/L K ⁺		10
Hierro	mg/L Fe		0,3

a. El indicador bacteriológico más preciso de contaminación fecal es la Escherichia coli.

b. VMA en no más del 10% de las muestras analizadas durante el año.

c. Las aguas deben ser estabilizadas de manera que no produzcan efectos corrosivos ni incrustantes en los acueductos o en los utensilios domésticos, utilizados para calentar o hervir el agua.

Parámetro	Unidad	Valor Recomendado	Valor Máximo Admisible
Manganeso	mg/L Mn	0,1	0,5
Zinc	mg/L Zn		3,0
Cobre	mg/L Cu	1,0	2,0
Plomo	mg/L Pb		0,01

a 1,5 mg/L para temperaturas de 8 a 12 °C y 0,7 mg/L para temperaturas de 25 a 30 °C

Cuadro 9-4. Parámetros de calidad de agua tercer nivel de control N3 (Decreto N° 32327)

Parámetro	Unidad	Valor Recomendado	Valor Máximo Admisible
Nitrito	mg/L NO ₂		0,1 o 3,0 a
Amonio	mg/L NH ₄	0,05	0,5
Arsénico	mg/L As		0,01
Cadmio	mg/L Cd		0,003
Cromo	mg/L Cr		0,05
Mercurio	mg/L Hg		0,001
Niquel	mg/L Ni		0,02
Antimonio	mg/L Sb		0,005
Selenio	mg/L Se		0,01

a __ VMA de 0.1, si el nitrito se evalúa en forma independiente del nitrato.
 __ VMA de 3.0, cuando el nitrito se evalúa en conjunto con el nitrato. En este caso, la suma de la razón de concentración de cada uno respecto a su valor máximo admisible no debe ser superior a 1,0.
 Ver formula en La gaceta impresa N° 84 del 3 de mayo del 2005.
 Nota: V.M.A. = Valor Máximo Admisible.

Cuadro 9-5. Datos obtenidos en el muestreo puntual de las Nacientes Los Robles.

ID LAE	Punto de Muestreo	HORA MUESTREO	PARAMETRO	RESULTADO	UNIDADES	METODO
AYA-ID-03819-2010	MIZCLA DE NACIENTES LOS ROBLES 5,	17:00	Alcalinidad	51	mg/L	2320
			Arsenico	N.D.	µg/L	3500-As B
			Calcio	12.4	mg/L	3500-Ca D
			Cloruro	2.63	mg/L	Agilent-HPLC
			Coliformes fecales	Negativo	NMP 100 mL	9221 E
			Color Verdadero	3	UPI-Co	2120 C
			Conductividad	103	µS/cm	2510
			Dureza de Calcio	31	mg/L	3500-Ca D
			Dureza Total	46	mg/L	2340 C
			Fluoruro	0.23	mg/L	3500-F
			Hierro	7	µg/L	3500-Fe B
			Magnesio	3.6	mg/L	3500-Mg E
			Manganeso	N.D.	µg/L	3500-Mn B
			Nitrato	0.85	mg/L	Agilent-HPLC
			pH	7.35		4500-H+
			Potasio	2.1	mg/L	3500-K D
			Sodio	5.8	mg/L	3500-Na D
			Sulfuro	11.43	mg/L	Agilent-HPLC
			Temperatura	19.2	°C	2550 B
			Turbiedad	0.3	UNT	2130 B
AYA-ID-03820-2010	TANQUE SAN JERONIMO Tanque San Jeronimo dentro	17:00	Cloro Residual Libre	0,03	mg/L	4500-Cl G
			Coliformes fecales	Negativo	UFC/100 mL	9222 D

Capítulo 10.- Anexo 3

10.1 Datos de medición del sistema en estudio.

Cuadro 10-1. Registro de datos de presión y caudal para el Sistema San Jerónimo Abajo, mediciones puntuales en 24 horas

Tiempo registro	Presión (m.c.a.)			Caudal (l/s)
	Hernidez Herrera	Esperanza Cubero	Por Iglesia Católica	
12:00:00 a.m.	26.41	123.24	36.10	6.72
12:36:00 a.m.	26.41	123.24	35.80	6.84
1:00:00 a.m.	26.41	123.24	36.00	6.68
1:36:00 a.m.	26.41	123.24	36.10	6.55
2:00:00 a.m.	26.41	123.24	36.10	6.58
2:36:00 a.m.	24.65	123.24	35.80	6.71
3:00:00 a.m.	24.65	112.68	36.10	6.91
3:36:00 a.m.	22.89	109.15	36.10	6.94
4:00:00 a.m.	22.89	105.63	35.40	7.64
4:36:00 a.m.	19.37	88.03	35.50	7.46
5:00:00 a.m.	17.61	73.94	32.70	9.84
5:36:00 a.m.	21.13	49.30	29.80	10.45
6:00:00 a.m.	14.08	70.42	29.40	11.67
6:36:00 a.m.	14.08	66.90	25.70	13.19
7:00:00 a.m.	17.61	52.82	23.80	13.09
7:36:00 a.m.	12.32	42.25	15.00	15.08
8:00:00 a.m.	15.85	31.69	16.40	15.00
8:36:00 a.m.	17.61	28.17	11.20	13.81
9:00:00 a.m.	22.89	28.17	10.50	16.30
9:36:00 a.m.	17.61	45.77	22.50	15.46
10:00:00 a.m.	15.85	52.82	20.40	15.38
10:36:00 a.m.	21.13	73.94	22.10	14.97
11:00:00 a.m.	19.37	77.46	20.20	14.26
11:36:00 a.m.	19.37	80.99	28.50	13.47
12:00:00 p.m.	21.13	84.51	23.50	12.70

12:36:00 p.m.	22.89	84.51	28.30	12.16
1:00:00 p.m.	19.37	88.03	27.90	11.93
1:36:00 p.m.	24.65	91.55	24.90	11.35
2:00:00 p.m.	22.89	91.55	27.10	14.70
2:36:00 p.m.	22.89	88.03	26.00	15.70
3:00:00 p.m.	21.13	95.07	28.20	10.71
3:36:00 p.m.	24.65	91.55	32.60	10.71
4:00:00 p.m.	26.41	88.03	33.60	10.71
4:36:00 p.m.	26.41	91.55	34.20	10.71
5:00:00 p.m.	26.41	88.03	27.90	11.94
5:36:00 p.m.	26.41	91.55	31.40	12.45
6:00:00 p.m.	26.41	102.11	32.80	10.85
6:36:00 p.m.	26.41	105.63	31.20	10.17
7:00:00 p.m.	26.41	98.59	32.90	10.18
7:36:00 p.m.	26.41	109.15	33.50	8.94
8:00:00 p.m.	26.41	105.63	31.50	8.94
8:36:00 p.m.	26.41	112.68	35.20	8.37
9:00:00 p.m.	26.41	112.68	34.70	8.34
9:36:00 p.m.	26.41	112.68	34.70	7.58
10:00:00 p.m.	26.41	116.20	34.70	6.82
10:36:00 p.m.	26.41	119.72	34.40	7.64
11:00:00 p.m.	26.41	123.24	34.70	6.90
11:36:00 p.m.	26.41	123.24	36.10	6.90
Máximo	26.41	123.24	36.10	16.30
Mínimo	12.32	28.17	10.50	6.55
Promedio	22.81	90.52	29.57	10.59

Cuadro 10-2 Registro de datos de presión y caudal para el Sistema San Jerónimo Arriba, mediciones puntuales en 24 horas

Hora	Presión (m.c.a.)				Caudal l/s Registro de
	Olivier	Sector Oeste	Tacacal	Cruce	

	Rojas		abajo	Tacacal	caudal
00:00:00	14.08	45.77	52.82	26.9	2.23
00:36:00	14.08	45.77	52.82	26.9	2.36
01:00:00	14.08	45.77	52.82	26.9	2.14
01:36:00	14.08	45.77	52.82	26.9	1.97
02:00:00	14.08	45.77	52.82	26.9	2.08
02:36:00	14.08	45.77	52.82	26.9	1.84
03:00:00	14.08	45.77	52.82	26.9	1.84
03:36:00	14.08	45.77	52.82	26.7	1.85
04:00:00	14.08	45.77	52.82	26.8	1.88
04:36:00	14.08	45.77	52.82	26.9	2.04
05:00:00	14.08	44.01	52.82	26.9	1.97
05:36:00	14.08	44.01	52.82	26.9	2.03
06:00:00	14.08	44.01	52.82	26.9	2.92
06:36:00	14.08	44.01	52.82	26.9	3.66
07:00:00	14.08	44.01	52.82	26.9	4.37
07:36:00	14.08	44.01	52.82	26.9	4.27
08:00:00	14.08	44.01	52.82	26.9	4.52
08:36:00	14.08	44.01	52.82	26.9	5.48
09:00:00	14.08	44.01	52.82	26.9	4.54
09:36:00	14.08	44.01	52.82	27	4.67
10:00:00	14.08	44.01	52.82	26.9	4.97
10:36:00	14.08	44.01	52.82	26.9	5.31
11:00:00	14.08	44.01	52.82	26.9	5.68
11:36:00	14.08	44.01	52.82	26.9	5.81
12:00:00	14.08	44.01	52.82	26.9	5.08
12:36:00	14.08	44.01	52.82	26.1	7.17
13:00:00	14.08	44.01	52.82	26.9	4.6
13:36:00	14.08	44.01	52.82	26.9	3.83
14:00:00	14.08	44.01	52.82	26.9	3.2
14:36:00	14.08	44.01	52.82	26.9	4.04
15:00:00	14.08	44.01	52.82	26.9	3.8

15:36:00	14.08	44.01	52.82	26.9	3.46
16:00:00	14.08	44.01	52.82	26.9	4.52
16:36:00	14.08	44.01	52.82	26.9	3.28
17:00:00	14.08	44.01	52.82	26.9	3.28
17:36:00	14.08	44.01	52.82	27.1	3.28
18:00:00	14.08	45.77	52.82	27	3.28
18:36:00	14.08	45.77	52.82	27	4.57
19:00:00	14.08	45.77	52.82	27	3.52
19:36:00	14.08	45.77	52.82	26.9	3.6
20:00:00	14.08	45.77	52.82	26.6	3.43
20:36:00	14.08	45.77	52.82	26.9	3.45
21:00:00	14.08	45.77	52.82	26.7	3.38
21:36:00	14.08	45.77	52.82	26.9	4.47
22:00:00	14.08	45.77	52.82	26.6	3.79
22:36:00	14.08	45.77	52.82	26.9	3.05
23:00:00	14.08	45.77	52.82	26.9	3.15
23:36:00	14.08	45.77	52.82	26.9	2.83
Promedio	14.08	44.82	52.82	26.87	3.59
Mínimo	14.08	44.01	52.82	26.10	1.84
Máximo	14.08	45.77	52.82	27.10	7.17

10.2 Red primaria de distribución San Jerónimo abajo.

En los siguientes cuadros, se realiza una comparación del requerimiento de tubería analizando la tubería actual y la tubería que debe estar funcionando en el sistema San Jerónimo abajo, al obtener un modelo sin problemas por desabastecimiento.

Cuadro 10-3. Tubería de la red de distribución existente para el acueducto San Jerónimo abajo.

Etiqueta	Longitud (m)	Nodo de inicio	Nodo de finalización	Diámetro de tubería	Material	Hazen-Williams C
P-203	12	FCV-21	J-20	38	PVC	150
P-207	8.94	FCV-23	J-5	50	PVC	150

P-206	81.77	J-37	FCV-23	50	PVC	150
P-129	145.93	J-93	J-94	50	PVC	150
P-118	29.98	J-84	J-85	25	PVC	150
P-119	58.01	J-85	J-86	25	PVC	150
P-120	86.35	J-86	J-87	25	PVC	150
P-213	11.6	J-118	J-119	12.7	PVC	150
P-71	85.99	J-47	J-48	31	PVC	150
P-49	89.8	J-34	J-35	31	PVC	150
P-128	195.76	J-92	J-93	50	PVC	150
P-104	93.85	J-74	J-75	25	PVC	150
P-161	85.62	J-108	J-8	100	PVC	150
P-156	181.74	J-107	J-92	76	PVC	150
P-113	115.8	J-76	J-81	31	PVC	150
P-64	62.3	J-41	J-42	25	PVC	150
P-108	112.9	J-74	J-77	50	PVC	150
P-109	19.34	J-77	J-78	50	PVC	150
P-110	52.68	J-78	J-79	50	PVC	150
P-111	29.98	J-79	J-80	50	PVC	150
P-112	123.61	J-80	J-75	50	PVC	150
P-99	97.46	J-70	J-71	19	PVC	150
P-159	98.86	PRV-2	J-107	76	PVC	150
P-168	9.43	J-106	FCV-6	76	PVC	150
P-169	7.06	FCV-6	PRV-2	76	PVC	150
P-121	187.31	J-87	J-88	38	PVC	150
P-11	101.46	J-10	J-7	50	PVC	150
P-107	93.89	J-76	J-75	25	PVC	150
P-87	18.96	J-62	J-63	19	PVC	150
P-96	93.66	J-68	J-69	25	PVC	150
P-114	91.32	J-81	J-80	50	PVC	150
P-153	4.42	J-83	J-106	125	PVC	150
P-154	44.87	J-106	J-67	125	PVC	150
P-86	24.28	J-61	J-62	19	PVC	150

P-123	89.76	J-89	J-90	62	PVC	150
P-132	8.21	J-82	J-95	100	PVC	150
P-133	49.55	J-95	J-83	100	PVC	150
P-102	88.53	J-72	J-73	25	PVC	150
P-101	101.89	J-71	J-72	31	PVC	150
P-106	100.11	J-71	J-76	31	PVC	150
P-23	83.5	J-17	J-20	38	PVC	150
P-94	114.55	J-60	J-67	125	PVC	150
P-98	99.21	J-69	J-70	19	PVC	150
P-88	59.05	J-63	J-64	19	PVC	150
P-176	13.66	J-90	FCV-9	38	PVC	150
P-177	101.4	FCV-9	J-81	38	PVC	150
P-105	96.68	J-75	J-72	25	PVC	150
P-22	45.37	J-18	J-19	50	PVC	150
P-103	99.79	J-73	J-74	19	PVC	150
P-122	121.35	J-88	J-89	38	PVC	150
P-85	98.34	J-60	J-61	19	PVC	150
P-172	85.21	J-90	FCV-7	62	PVC	150
P-173	37.26	FCV-7	J-82	62	PVC	150
P-97	86.85	J-69	J-60	31	PVC	150
P-93	75.13	J-65	J-66	38	PVC	150
P-174	123.61	J-76	FCV-8	38	PVC	150
P-175	7.81	FCV-8	J-82	38	PVC	150
P-100	91.32	J-71	J-68	31	PVC	150
P-68	54.38	J-44	J-45	19	PVC	150
P-62	74.15	J-34	J-40	76	PVC	150
P-179	59.04	FCV-10	J-68	38	PVC	150
P-178	8.04	J-67	FCV-10	38	PVC	150
P-20	66.43	J-16	J-17	76	PVC	150
P-63	31.09	J-40	J-41	25	PVC	150
P-180	82.05	J-66	FCV-11	100	PVC	150
P-181	11.61	FCV-11	J-60	100	PVC	150

P-89	22.91	J-64	J-65	19	PVC	150
P-9	104.46	J-8	J-9	125	PVC	150
P-218	9.5	J-109	J-121	50	PVC	150
P-91	101.99	J-43	J-66	100	PVC	150
P-79	54.82	J-54	J-56	31	PVC	150
P-186	8.26	J-9	FCV-13	19	PVC	150
P-187	56.87	FCV-13	J-44	19	PVC	150
P-90	21.07	J-65	J-44	19	PVC	150
P-182	11.89	J-43	FCV-12	100	PVC	150
P-183	32.08	FCV-12	J-9	100	PVC	150
P-189	175.94	FCV-14	J-113	25	PVC	150
P-188	13.12	J-112	FCV-14	25	PVC	150
P-80	32	J-56	J-57	31	PVC	150
P-10	97.28	J-9	J-10	25	PVC	150
P-21	49.11	J-17	J-18	50	PVC	150
P-81	82.13	J-57	J-58	31	PVC	150
P-48	100.27	J-33	J-34	31	PVC	150
P-40	55.97	J-25	J-30	25	PVC	150
P-45	95.45	J-28	J-32	31	PVC	150
P-164	184.52	J-110	J-111	19	PVC	150
P-47	93	J-33	J-29	25	PVC	150
P-39	96.95	J-29	J-27	31	PVC	150
P-82	58.9	J-58	J-59	31	PVC	150
P-50	98.33	J-10	J-34	25	PVC	150
P-191	56.96	FCV-15	J-36	76	PVC	150
P-46	98.78	J-32	J-33	19	PVC	150
P-83	27.73	J-59	J-47	31	PVC	150
P-38	93.95	J-28	J-29	25	PVC	150
P-194	85.77	J-23	FCV-17	38	PVC	150
P-51	95.78	J-10	J-32	31	PVC	150
P-195	14.18	FCV-17	J-3	38	PVC	150
P-37	97.11	J-23	J-28	19	PVC	150

P-8	96.95	J-7	J-8	76	PVC	150
P-52	96.95	J-32	J-6	31	PVC	150
P-44	101.34	J-4	J-28	31	PVC	150
P-208	8.72	J-36	FCV-24	50	PVC	150
P-209	33.62	FCV-24	J-37	50	PVC	150
P-42	56.13	J-31	J-24	19	PVC	150
P-32	83.3	J-24	J-25	19	PVC	150
P-36	95.45	J-27	J-23	25	PVC	150
P-65	24.88	J-41	J-43	25	PVC	150
P-137	67.11	J-2	J-101	152.4	PVC	150
P-138	39.88	J-101	J-102	152.4	PVC	150
P-197	6.68	FCV-18	T-1	152.4	PVC	150
P-196	8.86	J-102	FCV-18	152.4	PVC	150
P-41	102.74	J-30	J-31	50	PVC	150
P-58	99.19	J-38	J-30	50	PVC	150
P-6	42.66	J-5	J-6	101.6	PVC	150
P-5	54.82	J-4	J-5	101.6	PVC	150
P-163	30.64	J-109	J-110	19	PVC	150
P-199	8.39	FCV-19	J-21	62	PVC	150
P-198	81.23	J-3	FCV-19	62	PVC	150
P-166	95.7	J-112	J-47	76	PVC	150
P-204	11.08	J-31	FCV-22	62	PVC	150
P-190	41.18	J-11	FCV-15	50	PVC	150
P-201	29.27	FCV-20	J-24	25	PVC	150
P-200	8.47	J-21	FCV-20	25	PVC	150
P-215	107.55	J-120	J-112	76	PVC	150
P-214	108.37	J-46	J-120	76	PVC	150
P-3	101.94	J-2	J-3	125	PVC	150
P-217	32.67	J-121	J-46	76	PVC	150
P-216	25.69	J-118	J-121	76	PVC	150
P-211	4.14	J-12	J-118	76	PVC	150
P-25	103.9	J-21	J-16	25	PVC	150

P-60	75.43	J-39	J-11	25	PVC	150
P-4	95.45	J-3	J-4	101.6	PVC	150
P-7	95.32	J-6	J-7	76	PVC	150
P-59	106.91	J-38	J-39	25	PVC	150
P-205	81.39	FCV-22	J-4	50	PVC	150
P-24	62	J-20	J-21	25	PVC	150
P-192	7.23	J-36	FCV-16	25	PVC	150
P-193	92.89	FCV-16	J-38	25	PVC	150
P-12	96.95	J-7	J-11	38	PVC	150
P-56	52.07	J-37	J-31	25	PVC	150
P-13	97.7	J-11	J-12	50	PVC	150
P-228	370.69	J-129	R-2	152.4	PVC	150
P-221	19.14	J-123	T-1	101.6	PVC	150
P-222	352.7	J-123	J-124	101.6	PVC	150
P-223	378.25	J-124	J-125	101.6	PVC	150
P-224	394	J-125	J-126	101.6	PVC	150
P-225	532.29	J-126	J-127	101.6	PVC	150
P-226	370.72	J-127	J-128	101.6	PVC	150
P-227	301.69	J-128	J-129	101.6	PVC	150

Cuadro 10-4. Tubería de la red de distribución propuesta para el acueducto San Jerónimo abajo.

Etiqueta	Longitud (m)	Nodo de Inicio	Nodo de finalización	Diámetro
P-314	3.98	PRV-3	FCV-34	152.4
P-325	22.39	J-64	J-171	50.8
P-202	60.66	J-25	FCV-21	50.8
P-315	7.96	FCV-34	J-170	152.4
P-304	8.92	J-168	PRV-3	152.4
P-330	23.9	J-41	FCV-37	50.8
P-331	24.03	FCV-37	J-43	50.8
P-323	25.7	J-71	PRV-5	50.8

P-324	72.38	PRV-5	J-76	50.8
P-322	53.52	PRV-4	J-72	50.8
P-321	36.17	J-71	PRV-4	50.8
P-356	104.23	J-120	J-184	75
P-248	40.79	J-145	J-146	76.2
P-247	63.55	J-144	J-145	76.2
P-246	49.21	J-143	J-144	76.2
P-347	71.46	J-89	PRV-10	152.4
P-348	50.77	PRV-10	J-88	152.4
P-245	69.83	J-142	J-143	76.2
P-244	71.17	J-141	J-142	76.2
P-273	50.01	FCV-10	J-163	50.8
P-234	96.54	J-23	J-27	76.2
P-243	67.46	J-140	J-141	76.2
P-253	11.8	FCV-25	J-3	101.6
P-252	87.22	J-23	FCV-25	101.6
P-279	13.03	J-165	J-9	125
P-242	6.28	J-139	J-140	76.2
P-241	74.39	J-138	J-139	76.2
P-240	22.22	J-137	J-138	76.2
P-268	4.59	J-161	FCV-6	100
P-239	47.43	J-136	J-137	76.2
P-346	57.78	J-161	J-82	152.4
P-328	96.67	J-172	J-61	50.8
P-329	5.14	J-172	J-157	50.8
P-255	113.36	J-151	J-136	76.2
P-371	5.29	FCV-8	PRV-15	100
P-372	114.88	PRV-15	J-76	100
P-336	134.91	J-157	J-174	152.4
P-337	15.7	J-174	J-161	152.4
P-256	20.47	J-151	J-149	76.2
P-251	37.49	J-148	J-149	76.2

P-250	35.11	J-134	J-148	76.2
P-263	113.32	J-155	J-156	152.4
P-264	51.54	J-156	J-157	152.4
P-360	55.54	J-170	J-187	152.4
P-361	41.47	J-187	J-155	152.4
P-358	8.65	J-112	J-183	152.4
P-235	99.26	J-27	J-134	76.2
P-349	13.67	J-170	J-178	152.4
P-352	40.1	J-180	J-181	152.4
P-354	21.32	J-181	J-182	152.4
P-355	208.12	J-182	J-183	152.4
P-362	174.7	J-178	J-180	152.4
P-272	4.69	J-158	J-69	50.8
P-265	73.88	J-157	J-158	50.8
P-313	4.41	J-169	J-170	152.4
P-317	9.61	FCV-35	J-169	152.4
P-316	15.53	T-5	FCV-35	152.4
P-236	93.66	J-134	J-133	76.2
P-319	4.87	FCV-36	T-5	152.4
P-318	5.05	J-168	FCV-36	152.4
P-305	3.89	FCV-32	J-168	152.4
P-320	10.71	J-165	FCV-32	152.4
P-232	100.41	J-133	J-23	76.2
P-231	102.54	J-132	J-133	101.6
P-275	18.56	J-9	J-164	76.2
P-276	80.28	J-164	J-10	76.2
P-278	91.5	J-8	J-165	125
P-230	94.69	J-132	J-3	152.4
P-229	7.25	J-2	J-132	152.4
P-6	42.66	J-5	J-6	152.4
P-5	54.82	J-4	J-5	152.4
P-4	95.45	J-3	J-4	152.4

P-221	19.14	T-1	J-123	152.4
P-226	370.72	J-127	J-128	152.4
P-227	301.69	J-128	J-129	152.4
P-156	182.28	J-107	J-92	100
P-217	32.67	J-121	J-46	75
P-159	87.73	PRV-2	J-107	100
P-169	8.7	FCV-6	PRV-2	100
P-216	25.69	J-118	J-121	76.2
P-8	96.95	J-7	J-8	152.4
P-7	95.32	J-6	J-7	152.4
P-204	11.08	J-31	FCV-22	101.6
P-198	81.23	J-3	FCV-19	101.6
P-199	8.39	FCV-19	J-21	101.4
P-206	81.77	J-37	FCV-23	101.6
P-207	8.94	FCV-23	J-5	101.6
P-129	144.65	J-93	J-94	100
P-128	195.76	J-92	J-93	100
P-11	101.46	J-10	J-7	101.6
P-22	53.12	J-18	J-19	76.2
P-205	81.39	FCV-22	J-4	101.6
P-21	50.76	J-17	J-18	76.2
P-203	11.24	FCV-21	J-20	50.8
P-176	13.66	J-90	FCV-9	50.8
P-177	91.08	FCV-9	J-81	50.8
P-178	7.01	J-67	FCV-10	50.8
P-121	189.57	J-87	J-88	50.8
P-12	96.95	J-7	J-11	101.6
P-175	13.18	J-82	FCV-8	100
P-23	89.11	J-17	J-20	76.2
P-93	75.13	J-65	J-66	50.8
P-49	92.79	J-34	J-35	50.8
P-44	101.34	J-4	J-28	101.6

P-52	96.95	J-32	J-6	101.6
P-100	98.19	J-71	J-68	50.8
P-71	85.99	J-47	J-48	50.8
P-113	119.79	J-76	J-81	50.8
P-79	54.82	J-54	J-56	50.8
P-48	102.17	J-33	J-34	50.8
P-39	96.95	J-29	J-27	50.8
P-51	95.78	J-10	J-32	76.2
P-45	95.45	J-28	J-32	76.2
P-80	32	J-56	J-57	50.8
P-81	82.13	J-57	J-58	50.8
P-82	58.9	J-58	J-59	50.8
P-83	27.73	J-59	J-47	50.8
P-64	40.25	J-41	J-42	50.8
P-38	93.95	J-28	J-29	50.8
P-60	75.43	J-39	J-11	50.8
P-102	101.1	J-72	J-73	50.8
P-36	96.54	J-27	J-23	50.8
P-193	92.89	FCV-16	J-38	50.8
P-192	7.23	J-36	FCV-16	50.8
P-63	23.87	J-40	J-41	50.8
P-104	97.18	J-74	J-75	50.8
P-105	94.25	J-75	J-72	50.8
P-50	95.49	J-10	J-34	50.8
P-59	106.91	J-38	J-39	50.8
P-96	95.32	J-68	J-69	50.8
P-40	58.35	J-25	J-30	50.8
P-107	90.13	J-76	J-75	50.8
P-25	103.9	J-21	J-16	50.8
P-24	52.54	J-20	J-21	76.2
P-47	93	J-33	J-29	50.8
P-189	175.94	FCV-14	J-113	50.8

P-188	13.12	J-112	FCV-14	50.8
P-201	34.07	FCV-20	J-24	50.8
P-200	8.17	J-21	FCV-20	50.8
P-56	52.07	J-37	J-31	50.8
P-46	98.78	J-32	J-33	50.8
P-88	45.56	J-63	J-64	50.8
P-164	184.52	J-110	J-111	50.8
P-68	54.38	J-44	J-45	50.8
P-87	13.23	J-62	J-63	50.8
P-86	25.43	J-61	J-62	50.8
P-103	107.35	J-73	J-74	50.8
P-99	99.91	J-70	J-71	50.8
P-163	30.64	J-109	J-110	50.8
P-42	51.63	J-31	J-24	50.8
P-98	92.04	J-69	J-70	50.8
P-32	85.4	J-24	J-25	50.8
P-37	93.5	J-23	J-28	76.2
P-90	21.07	J-65	J-44	50.8
P-187	56.87	FCV-13	J-44	50.8
P-186	6.7	J-9	FCV-13	50.8
P-213	11.6	J-118	J-119	50.8

Cuadro 10-5. Componentes de inversión para la línea meta de estudio, obras y descripción.

Componentes de inversión	Descripción
Naciente 1	Reconstrucción de Obra de Captación
Naciente 2	Reconstrucción de Obra de Captación
Naciente 3	Reconstrucción de Obra de Captación
Naciente 4	Reconstrucción de Obra de Captación
Naciente 5	Reconstrucción de Obra de Captación
Naciente 6	Reconstrucción de Obra de Captación
Compra de terrenos	Compra de 25 Has para la conservación de nacientes
Tanque de reunión	Construcción de tanque de reunión para la distribución de las zonas de presión de San Jerónimo Abajo
Colocación de válvulas de aire	Colocación de válvulas de aire en la línea de conducción en los puntos más elevados, para la entrada y salida de aire @ 500m
Colocación de válvulas de control de caudal	Se deben colocar válvulas en las salidas y entradas de los tanques de reunión, así como en cada toma de captación en las nacientes, en las redes de distribución de forma tal que si se suspende el servicio no se afecte a una población a una distancia mayor de 400m a la redonda, en los diferentes diámetros
Cambio de tuberías	De acuerdo al estudio técnico para que el acueducto, sea eficiente, económico y balanceado, se debe cambiar la tubería, contemplando la reparación de los caminos (en su mayoría en asfalto). Se contemplan los diferentes diámetros de tubería.
Construcción de tanques de almacenamiento	De acuerdo a los requerimientos y el estudio técnico de acueducto para la población se requieren tanques de diferentes volúmenes, al menos dos tanques uno para el sector San Jerónimo abajo y otro para el sector San Jerónimo arriba.
Compra de terrenos donde se ubica el tanque de almacenamiento	Debe de contemplarse la compra del terreno al valor actual, para la construcción de los tanques de almacenamiento
Colocación de	Para cumplir con los objetivos de reducción de A.N.C. debe de contarse con la

Macro medidores	colocación de macromedidores en los siguientes puntos: tanque de reunión San Jerónimo abajo y tanque de reunión de San Jerónimo arriba, en la salida hacia la población de cada uno de los tanques de almacenamiento, con el fin de contabilizar el agua consumida por la población y tener registros periódicos del balance hídrico.
Colocación de Micromedidores	Toda la población con el fin de tener un servicio de mayor control y cumplir con los objetivos de ANC, debe de contar con servicio de micro medición para un pago justo de consumo de agua potable, dando un servicio optimo
Repello de Tanque actual	Los tanques deben de encontrarse sin ningún tipo de fugas por lo que es necesaria la aplicación de productos para evitar las fugas desde el tanque y evitar alguna contaminación del exterior hacia los tanques
Pintura Tanque actual	Los tanques deben permanecer pintados de color celeste y en perfectas condiciones
Colocación de Sistema de Cloración	Cada tanque debe tener un sistema eficiente de cloración no sujeto exclusivamente a la intervención humana para el proceso de cloración.
Válvulas sostenedoras de presión	En las zonas altas cercanas al tanque de almacenamiento, donde la presión es muy baja, es necesaria la colocación de las válvulas sostenedoras de presión.
Válvulas de limpieza	En las zonas bajas de las líneas de conducción y distribución, se hace necesaria la colocación de válvulas de limpieza las cuales deben tener un diámetro mínimo de 100mm o en su efecto si el diámetro de la tubería es mayor a los 100mm debe de colocarse una válvula de $100 \text{ mm} \pm D/6$
Válvulas Reductoras de presión	Debe de colocarse en zonas donde existan problemas por sobrepresión
Colocación de Hidrantes	Estos se deben colocar en las zonas donde el Cuerpo de Bomberos recomiende, debe cumplir con la necesidad de caudal y presión necesarios 8 l/s y 15 mca
Separación de sistemas	En zonas donde existan diferentes zonas de presión de las diferentes zonas homogéneas, debe de haber una separación de los sistemas de forma tal que satisfagan las normas establecidas
Construcción de vía de acceso a	Es necesario mantener un acceso en óptimas condiciones hacia las nacientes para entrar y salir en cualquier época del año. Por lo que estas vías de acceso hay que

las nacientes	considerarlas en el presente plan
Compra de vehículo para acceso a la naciente	Se requiere de un vehículo doble tracción compacto tipo "mula-cuadriciclo" para acceso a las nacientes
Planos del Acueducto	Es indispensable el contar con planos digitales del acueducto, actualizados, y sobre todo contar con un software de modelación hidráulica para conocer el comportamiento de las redes de distribución.

Programa de mantenimiento

Limpieza de vegetación	Esta labor se realiza con el fin de no tener filtraciones hacia los tanques de reunión, mantener los canales de desagüe limpios y evitar que las raíces provoquen daños a la infraestructura.
Limpieza de nacientes	Estas se deben encontrar en óptimas condiciones para asegurar agua potable de calidad
Pintura de infraestructura	Toda la infraestructura debe de mantenerse libre de hongos y en perfecto estado por lo que es indispensable mantener todas las estructuras.
Colocación de malla perimetral	La malla perimetral permite obtener seguridad del no ingreso de agentes externos al sistema. Es un sistema de protección
Cloración	Esta labor se realiza con el fin de evitar problemas por contaminación de nacientes, ya que el cloro permite eliminar patógenos, y agentes microbiológicos que pueden provocar la contaminación del agua
Mallas en los respiraderos del tanque	Esto permite el no ingreso de animales e insectos a los tanques de almacenamiento y reunión.
Cementado perimetral y drenajes	Esto permite tener una cama de concreto como sello ante cualquier infiltración de aguas provenientes de la escorrentía.
Rotulación	Es necesario para la identificación de las fuentes.
Limpieza interna	Todos los tanques deben ser limpiados para evitar la deposición de sedimentos en el sistema y la proliferación de otros agentes malignos.
ANC	Para el plan de reducción de agua no contabilizada, se utilizará el manual de referencia para la reducción del Agua No contabilizada del PLAN MAESTRO

DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA Y DE
SANEAMIENTO DE LA CIUDAD DE NARANJO

10.3 Costos de inversión de los puntos anteriores de operación y mantenimiento

Cuadro 10-6. Costos de inversión para todas las obras propuestas de mejora en el acueducto San Jerónimo.

Componentes de inversión	Requerimiento	Unidades		Precio unitario	Total
Naciente 1	Muro de contención	4	m3	€315,000.0	€1,260,000.0
	Losa superior y obra de concreto interna	6	m3	€315,000.0	€1,890,000.0
	Tapas metálicas 81 cm x 81 cm	2	m2	€125,000.0	€250,000.0
	Válvula 2"	1	unid.	€55,000.0	€55,000.0
Naciente 2	Muro de contención	4	m3	€315,000.0	€1,260,000.0
	Losa superior y obra de concreto interna	6	m3	€315,000.0	€1,890,000.0
	Tapas metálicas 81 cm x 81 cm	2	m2	€125,000.0	€250,000.0
	Válvula 2"	1	unid.	€55,000.0	€55,000.0
Naciente 3	Muro de contención	4	m3	€315,000.0	€1,260,000.0

	Losa superior y obra de concreto interna	6	m3	€315,000.0	€1,890,000.0
	Tapas metálicas 81 cm x 81 cm	2	m2	€125,000.0	€250,000.0
	Válvula 2"	1	unid.	€55,000.0	€55,000.0
Naciente 4	Muro de contención	4	m3	€315,000.0	€1,260,000.0
	Losa superior y obra de concreto interna	6	m3	€315,000.0	€1,890,000.0
	Tapas metálicas 81 cm x 81 cm	2	m2	€125,000.0	€250,000.0
	Válvula 2"	1	unid.	€55,000.0	€55,000.0
	Muro de contención	4	m3	€315,000.0	€1,260,000.0
Naciente 5	Losa superior y obra de concreto interna	6	m3	€315,000.0	€1,890,000.0
	Tapas metálicas 81 cm x 81 cm	2	m2	€125,000.0	€250,000.0
	Válvula 2"	1	unid.	€55,000.0	€55,000.0
	Muro de contención	4	m3	€315,000.0	€1,260,000.0
Naciente 6	Muro de contención	4	m3	€315,000.0	€1,260,000.0

	Losa superior y obra de concreto interna	6	m3	€315,000.0	€1,890,000.0
	Tapas metálicas 81 cm x 81 cm	2	m2	€125,000.0	€250,000.0
	Válvula 2"	1	unid.	€55,000.0	€55,000.0
Compra de terrenos	Terreno	25	has	€15,000,000.0	€375,000,000.0
Tanque de reunión	Obra gris	0.5	m3	€315,000.0	€157,500.0
	Obras adicionales	1	unid.	€126,000.0	€126,000.0
Colocación de válvulas de aire	Válvulas de salida y entrada de aire	45	unid.	€75,000.0	€3,375,000.0
Colocación de válvulas de control de caudal	Válvula 6"	15	unid.	€650,000.0	€9,750,000.0
	Válvula 4"	15	unid.	€270,000.0	€4,050,000.0
	Válvula 3"	21	unid.	€150,000.0	€3,150,000.0
	Válvula 2"	27	unid.	€75,000.0	€2,025,000.0
Cambio de tuberías	Tubería 6" PVC	2417.2	ml	€38,700.0	€93,545,640.0
	Tubería 4" PVC	1628.12	ml	€27,583.4	€44,909,085.2
	Tubería 3" PVC	1900.32	ml	€23,870.3	€45,361,113.5
	Tubería 2" PVC	4422.56	ml	€22,278.9	€98,529,772.0
Construcción de tanques de almacenamiento	Obra gris	162	m3	€400,000.0	€64,800,000.0
	Otras obras	1	unid.	€12,960,000.0	€12,960,000.0

Compra de terrenos donde se ubica el tanque de almacenamiento	Terreno	400	m2	€45,000.0	€18,000,000.0
Colocación de Macro medidores	Macromedidores	6	unid.	€1,250,000.0	€7,500,000.0
Colocación de Micro medidores	Hidrómetros	600	unid.	€55,000.0	€33,000,000.0
Repello de Tanque actual	mantenimiento	1000	m2	€5,000.0	€5,000,000.0
Pintura Tanque actual	mantenimiento	1000	m2	€5,500.0	€5,500,000.0
Colocación de Sistema de Cloración	cloradores	3	unid.	€3,500,000.0	€10,500,000.0
Válvulas sostenedoras de presión	Válvulas	1	unid.	€650,000.0	€650,000.0
Válvulas de limpieza	Válvula	10	unid.	€500,000.0	€5,000,000.0
	Obra	1	unid.	€2,850,000.0	€2,850,000.0
Válvulas Reductoras de presión	Válvula	8	unid.	€700,000.0	€5,600,000.0
Colocación de Hidrantes	Hidrantes	11	unid.	€460,000.0	€5,060,000.0

Colocación de nueva línea de conducción	Tubería	3200	ml	€38,700.0	€123,840,000.0
Construcción de puentes aéreos	Puentes	70	ml	€75,000.0	€5,250,000.0
Construcción de vía de acceso a las nacientes	Conformación de camino de acceso	4800	m2	€2,500.0	€12,000,000.0
Compra de vehículo para acceso a la naciente	Vehículo	1	unid.	€9,000,000.0	€9,000,000.0
Planos del Acueducto	2.5 % de la obra	1	unid.	€15,780,477.8	€15,780,477.8
Programa de mantenimiento	2 Funcionarios	2	unid/mes	€330,750.00	€7,938,000.0
				Costo total	€1,050,937,588.4