

Proyecto de Modernización del Sector Agua Potable y Saneamiento (PROMOSAS) - Honduras

CONSULTORIA DE ASISTENCIA TÉCNICA Para los Municipios de: Puerto Cortés, Choloma, La Lima, Comayagua, Siguatepeque, Danlí, la mancomunidad (Villanueva, Pimienta y San Manuel) y los nuevos municipios Tutule y Teupasenti

SEFIN/UAP-AIF-5270-HO No. CF-002-2015

PLAN DE INVERSIÓN EN INFRAESTRUCTURA DE AGUA POTABLE PARA AGUAS DE SIGUATEPEQUE

HONDURAS, NOVIEMBRE 2016

INDICE

1.	INTRODUCCIÓN	8
1.1.	Estudios Previos. Antecedentes.....	9
2.	PROYECCIÓN DE POBLACIÓN Y DEMANDA	10
2.1.	Definición del Área de Estudio.....	10
2.2.	Proyección de Población.....	12
2.2.1.	<i>Datos históricos</i>	12
2.2.2.	<i>Proyección población en el Municipio de Siguatepeque</i>	13
2.2.3.	<i>Proyección de la población dentro del área de servicio del prestador</i>	14
2.3.	Proyección de Demanda	15
2.3.1.	<i>Criterios utilizados para el cálculo de la demanda</i>	15
2.3.2.	<i>Proyección de la demanda hacia el año 2030</i>	16
2.4.	Distribución geográfica de población y demanda	18
3.	EVALUACIÓN DE LAS FUENTES DE AGUA	21
3.1.	Fuentes de suministro existentes	21
3.2.	Ampliación capacidad de fuentes.....	22
3.3.	Calidad del agua producida - Requerimientos de tratamiento	23
3.4.	Estudios de factibilidad de explotación de fuentes superficiales.....	23
4.	EVALUACIÓN DEL SISTEMA EXISTENTE	27
4.1.	Descripción del Sistema Existente	28
4.1.1.	<i>Fuente de suministro</i>	28
4.1.2.	<i>Tanques de almacenamiento</i>	31
4.1.3.	<i>Sistema de distribución principal.....</i>	32
4.1.4.	<i>Sistema de distribución a usuarios</i>	33
4.1.5.	<i>Redes de distribución a usuarios</i>	36
4.1.6.	<i>Operación del sistema actual</i>	37
4.2.	Evaluación de los componentes del Sistema	37
4.2.1.	<i>Evaluación de la capacidad de producción.....</i>	37
4.2.2.	<i>Evaluación de la capacidad de almacenamiento existente.....</i>	38
4.2.3.	<i>Evaluación de la red de distribución.....</i>	41

4.2.4.	<i>Evaluación del sistema actual de distribución</i>	42
4.2.5.	<i>Continuidad del servicio</i>	44
5.	CONCEPCIÓN FUTURA DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	45
5.1.	Descripción General.....	46
5.2.	Propuesta de implantación de nuevos sectores.....	51
5.3.	Fuentes de abastecimiento a los sectores.....	52
5.3.1.	<i>Abastecimiento Sector Principal</i>	52
5.3.2.	<i>Abastecimiento Sector Norte Colinas</i>	62
5.3.3.	<i>Abastecimiento Sectores Independientes</i>	63
5.4.	Ampliación Plantas Potabilizadoras.....	64
5.5.	Ampliación en capacidad de almacenamiento	64
5.6.	Ampliación en capacidad de conducción.....	66
5.7.	Recalques – Estaciones de Bombeo.....	66
5.8.	Sub sectores con válvulas reductoras de presión.....	67
5.9.	Instalación de válvulas reguladoras de caudal	68
5.10.	Modelación hidráulica escenarios futuros.....	68
5.10.1.	<i>Distribución de la demanda</i>	69
5.10.2.	<i>Modelo físico</i>	70
5.10.3.	<i>Modelación hidráulica</i>	70
5.11.	Resultados de la Modelación Hidráulica	71
5.11.1.	<i>Distribución de presiones en el sistema</i>	71
5.11.2.	<i>Distribución de gradientes hidráulicos en el sistema</i>	73
5.11.3.	<i>Variación de niveles en tanques</i>	74
5.11.4.	<i>Conclusiones modelación hidráulica</i>	77
5.12.	Plan de Reducción de Pérdidas	77
5.12.1.	<i>Recomendaciones para mejora de performance de la red</i>	80
6.	ESTIMACIÓN DE COSTOS	81
6.1.	Construcción de tuberías y redes de distribución	82
6.1.1.	<i>Instalación de tuberías</i>	82
6.1.2.	<i>Otras mejoras en redes de distribución</i>	83
6.1.3.	<i>Actividades complementarias</i>	84

6.2.	Tanques de almacenamiento.....	85
6.2.1.	<i>Tanques de almacenamiento apoyados.....</i>	<i>85</i>
6.2.2.	<i>Tanques de almacenamiento elevados</i>	<i>86</i>
6.3.	Construcción y equipamiento de pozos.....	87
6.3.1.	<i>Construcción de pozos</i>	<i>87</i>
6.3.2.	<i>Equipamiento de pozos.....</i>	<i>88</i>
6.3.3.	<i>Obras auxiliares.....</i>	<i>89</i>
6.4.	Plantas Potabilizadoras	90
6.5.	Estaciones de bombeo	91
6.6.	Actividades de reducción de pérdidas.....	92
6.6.1.	<i>Suministro e instalación de macromedidores.....</i>	<i>92</i>
6.6.2.	<i>Otras actividades para reducción de pérdidas.</i>	<i>92</i>
7.	PRESUPUESTO DE LAS OBRAS PREVISTAS	93
7.1.	Obras construcción de captación y plantas potabilizadoras	94
7.2.	Obras construcción e implantación Sector Sur.....	94
7.3.	Obras construcción e implantación Sector Este	95
7.4.	Obras construcción e implantación Sector Santa Marta	96
7.5.	Obras construcción e implantación Sector Calanterique	96
7.6.	Obras construcción e implantación Sector Parnaso	97
7.7.	Obras construcción e implantación Norte Las Colinas	98
7.8.	Obras construcción e implantación Colonia Mata.....	99
7.9.	Obras construcción e implantación Colonia Orellana	100
7.10.	Resumen de las inversiones previstas en el Plan	100
7.11.	Otras consideraciones para la ejecución de las obras	103
7.11.1.	<i>Gestión de los terrenos para implantación de las obras</i>	<i>103</i>
7.11.2.	<i>Elaboración de los Documentos Técnicos para ejecución de las obras ...</i>	<i>103</i>
8.	CRONOGRAMA DE INVERSIONES	104
9.	PIEZAS GRÁFICAS	105

Índice de tablas

Tabla 2-1: Datos (censos) de población Municipio de Danlí	13
Tabla 2-2: Tasas de crecimiento poblacional Municipio de Siguatepeque	13
Tabla 2-3: Datos de población y tasa de crecimiento área de proyecto	14
Tabla 2-4: Proyección de población área de proyecto	14
Tabla 2-5: Proyección de la demanda 2015 - 2030	17
Tabla 2-6: Densidad de población por Barrios	20
Tabla 3-1: Producción escenario Verano – actual (fuentes superficiales)	21
Tabla 3-2: Producción escenario Verano – actual (fuente subterránea)	21
Tabla 4-1: Producción escenario Verano – Fuente Superficial.....	28
Tabla 4-2: Producción escenario Verano – Fuente Subterránea.....	29
Tabla 4-3: Producción escenario Invierno – Fuente Superficial	29
Tabla 4-4: Producción escenario Invierno – Fuente Subterránea	30
Tabla 4-5 Tanques de almacenamiento sistema Siguatepeque	32
Tabla 4-6 Distribución diámetros tuberías	37
Tabla 4-7 Construcción de la curva de consumos diarios acumulados	39
Tabla 4-8 Evaluación volúmenes almacenamiento – estado actual	41
Tabla 4-9: Continuidad del Servicio por sector	45
Tabla 5-1: Proyección de demanda, por sectores	48
Tabla 5-2: Nuevos sectores de servicio	51
Tabla 5-3: Fuentes necesarias Sector Principal	53
Tabla 5-4: Cálculo hidráulico conducción Quebrada Rincón hacia Rosenthal Oliva	57
Tabla 5-5 Variación anual precipitación, ETP	59
Tabla 5-6: Fuentes necesarias Sector Norte.....	63
Tabla 5-7: Ampliación capacidad de almacenamiento en el Sector.....	65
Tabla 5-8: Identificación tanques de almacenamiento propuestos.....	65
Tabla 5-9: Identificación recalques propuestos	67
Tabla 5-10: Distribución de la demanda - Etiquetas	70
Tabla 5-11 Costos y descripción Programa RANC 2016 – 2020	79
Tabla 6-1 Costos unitarios de instalación de tuberías PVC hasta 10" de diámetro	82
Tabla 6-2 Costos unitarios de instalación de tuberías de diámetro mayor a 10"	83
Tabla 6-3 Costos unitarios de instalación de válvulas de cierre.....	83
Tabla 6-4 Costos unitarios de instalación de válvulas reductora de presión	84
Tabla 6-5 Costos unitarios de remoción y reposición de pavimentos, excavación en roca	84
Tabla 6-6 Costos unitarios de ejecución de conexiones en redes.....	84
Tabla 6-7 Costos unitarios de construcción de tanques apoyados	86
Tabla 6-8 Costos unitarios de construcción de tanques elevados	87
Tabla 6-9 Costos unitarios de construcción de pozos	88
Tabla 6-10 Costos unitarios de equipamiento de pozos	89
Tabla 6-11 Costos auxiliares para equipamiento de pozos	90
Tabla 6-12 Costos para suministro e instalación de PTAP.....	90
Tabla 6-13 Costos para implantación de estaciones de bombeo	91
Tabla 6-14 Costos suministro e instalación macro medidores.....	92

Tabla 7-1 Costos obras ampliación fuente de suministro	94
Tabla 7-2 Costos obras implantación Sector Sur	95
Tabla 7-3 Costos obras implantación Sector Este	96
Tabla 7-4 Costos obras implantación Sector Santa Marta	96
Tabla 7-5 Costos obras implantación Sector Calanterique	97
Tabla 7-6 Costos obras implantación Sector Parnaso	98
Tabla 7-7 Costos obras implantación Sector Norte Las Colinas	99
Tabla 7-8 Costos obras implantación Sector Colonia Mata	100
Tabla 7-9 Costos obras implantación Sector Colonia Orellana	100
Tabla 7-10 Resumen costos de las obras propuestas.....	102
Tabla 7-11 Distribución de costos de las obras propuestas	102
Tabla 8-1 Cronograma de inversiones del PIIAP.....	105

Índice de figuras

Figura 2-1 Identificación Área de Servicio	11
Figura 2-2 Barrios Siguatepeque delimitación INE	12
Figura 2-3 Proyección de población área de servicio	15
Figura 2-4 Proyección de la producción requerida	18
Figura 2-5 Densificación de población en barrios y colonias Siguatepeque	20
Figura 4-1 Esquema de distribución principal actual	33
Figura 4-2 Distribución de usuarios actual	34
Figura 4-3 Distribución geográfica sectores actuales.....	35
Figura 4-4 Redes de distribución	36
Figura 5-1 Sectorización futura	47
Figura 5-2 Sectorización futura– Sistema Principal.....	49
Figura 5-3 Sectorización futura– Sector Norte.....	50
Figura 5-4 Sectorización futura– Sectores Colonia Mata y Colonia Orellana.....	51
Figura 5-5 Distribución de la Demanda – Sector Principal (valores en m ³ /d)	52
Figura 5-6 Toma sobre Quebrada La Laguna.....	55
Figura 5-7 Toma sobre Quebrada Rincón.....	56
Figura 5-8 Evaluación perfil de tubería de conducción Quebrada Rincón	57
Figura 5-9 Evaluación perfil de tubería de conducción Quebrada La Laguna	58
Figura 5-10 Distribución de la Demanda – Sector Norte (valores en m ³ /d).....	62

Índice de gráficos

Gráfico 4-1: Curva de consumo diario acumulado – Lomas del Río.....	40
Gráfico 5-1 Variación estacional precipitación y ETP	59
Gráfico 5-2 Variación volumen embalse, precipitación media con extracción de 100 L/s .	60
Gráfico 5-3 Variación volumen embalse, precipitación mínima con extracción de 60 L/s .	61
Gráfico 5-4: Histograma utilizado en la modelación extendida	69
Gráfico 5-5: Distribución de presiones – hora 08:00am.....	72
Gráfico 5-6: Distribución de presiones – hora 04:00am.....	73

Gráfico 5-7: Distribución de gradiente hidráulico – hora 08:00am.....	73
Gráfico 5-8: Variación de nivel – tanque Sector Sur.....	74
Gráfico 5-9: Variación de nivel – tanques Santa Marta.....	74
Gráfico 5-10: Variación de nivel – tanques Calanterique.....	75
Gráfico 5-11: Variación de nivel – tanques Parnaso	75
Gráfico 5-12: Variación de nivel – tanque Guaratoro	75
Gráfico 5-13: Variación de nivel – tanque Este	76
Gráfico 5-14: Variación de nivel – tanques Colinas.....	76
Gráfico 5-15: Variación de nivel – tanque Sector Norte	76
Gráfico 5-16: Variación de nivel – tanque Sector Orellana	77

1. INTRODUCCIÓN

El presente Informe reúne los documentos desarrollados para **Aguas de Siguatepeque**, dentro del marco del Proyecto "Asistencia Técnica a Prestadores Beneficiarios del PROMOSAS", más específicamente del "Plan de Inversiones en Infraestructura de Agua Potable" (PIIAP).

El objetivo fundamental en este producto es realizar un estudio a nivel de Plan Director de las obras de abastecimiento de agua potable, necesarias tanto para dar solución costo eficiente a las problemáticas de servicio presentes actualmente en el sistema, así como para atender las necesidades emergentes del crecimiento esperado de la población dentro del horizonte del proyecto. El estudio contiene un análisis técnico a fin de cuantificar las obras y servicios necesarios con un horizonte de planificación al año 2030.

El documento generado será la "hoja de ruta" para el desarrollo futuro del sistema de abastecimiento de agua potable. El Prestador deberá alinear todos los esfuerzos y oportunidades de inversión que se presenten con el fin de ejecutar las componentes definidas en el Plan, el cual a su vez servirá de soporte técnico para la gestión inicial de dichas posibles inversiones.

En la primera sección se elaboran los estudios básicos de población y demanda necesarios para evaluar los sistemas existentes y proyectar los escenarios futuros.

Luego se realiza la evaluación de cada uno de los componentes del sistema dentro del marco de una concepción general del Sistema actual y futuro. Esta concepción consiste en la planificación del Sistema de abastecimiento para su funcionamiento futuro.

En particular se evalúan las fuentes de agua en lo que respecta a su capacidad como en su calidad, la capacidad de reserva existente y requerida, así como la red de distribución a partir del modelo hidráulico calibrado, la sectorización actual y propuesta y los escenarios de máximo y mínimo consumo previstos.

Los análisis se realizan teniendo en cuenta un horizonte intermedio, año 2020, para el cual se definen las mejoras de corto y mediano plazo. El horizonte de las mejoras de largo plazo está constituido por el escenario previsto para el año 2030, que es el segundo analizado en este caso.

Además se realiza una evaluación de cada componente principal del Sistema, en los casos en que es pertinente se formula y analiza a nivel preliminar, alternativas de solución con la selección de las opciones más favorables. Las alternativas se elaboran en base a criterios de diseño fijados, con el propósito de que las mismas obtengan similares condiciones de calidad de servicios de manera de facilitar una posterior comparación. Las diferentes alternativas se evalúan en función de criterios de costos mínimos (inversión, operación y mantenimiento),

teniendo en cuenta también los efectos ambientales generados y las correspondientes medidas mitigatorias.

Finalmente, en una tercera sección se efectúa el desarrollo de la alternativa seleccionada a nivel de Prefactibilidad Técnica, de manera de generar un documento ajustado de solución técnica para la localidad.

Por último, se elabora un presupuesto detallado de las inversiones previstas y se propone un cronograma de ejecución de las mismas.

Como en todo Plan Director, cada una de las componentes definidas requiere de un posterior desarrollo con mayor nivel de profundidad, ya sea a nivel de Anteproyecto o Proyecto Ejecutivo, que permita la concreción definitiva de la infraestructura prevista. Dichos desarrollos posteriores podrán ser objeto de una Consultoría o ser ejecutados directamente por el personal técnico del Prestador.

El informe estará compuesto por los siguientes capítulos:

- Capítulo 2: Proyección de Población y Demanda
- Capítulo 3: Evaluación de las Fuentes de Agua
- Capítulo 4: Evaluación del Sistema Existente
- Capítulo 5: Concepción Futura del Sistema de Distribución
- Capítulo 6: Estimación de Costos
- Capítulo 7: Presupuesto de las obras previstas
- Capítulo 8: Cronograma de Inversiones
- Capítulo 9: Piezas Gráficas.

1.1. Estudios Previos. Antecedentes

Además de todo la información de base generada durante el desarrollo de las actividades incluidas en el presente proyecto de “Asistencia Técnica a Prestadores Beneficiarios del PROMOSAS”, se han considerado documentos técnicos generados en etapas anteriores del Proyecto o en otras instancias de estudios anteriores.

En este caso los estudios o documentos previos que se han utilizado como referencia para el desarrollo del presente Plan son:

- Análisis de Acuífero de Siguatepeque para el emplazamiento de pozos para abastecimiento humano (GEO TEC, año 2015).

- Elaboración, Revisión y Actualización de Planes Maestros para el Mejoramiento de los Servicios de Agua y Saneamiento en Ocho Ciudades (Fichtner, GOPA, Gatesa para PROMOSAS, año 2009).
- Diagnóstico prestación de los servicios de agua potable y alcantarillado de Siguatepeque (Ing. Manuel López, año 2007).

2. PROYECCIÓN DE POBLACIÓN Y DEMANDA

2.1. Definición del Área de Estudio

El área del proyecto define el alcance geográfico de los estudios. Esta área se utiliza para - estimar la población de la localidad y será la que se considere para el diseño de los diferentes elementos del sistema de abastecimiento de agua potable.

Para la definición del área de estudio se tienen en cuenta los siguientes elementos:

- límites naturales, como ríos y arroyos,
- información de ordenamiento territorial o planes de desarrollo urbano municipales, en los casos en que existan,
- datos censales del Instituto Nacional de Estadística (INE),
- fotografías aéreas,
- sistema de agua potable existente,
- información sobre pedidos de ampliación de la red de agua,
- información recopilada en recorridos de campo sobre las tendencias de crecimiento.

Se tiene previsto que la ciudad se siga desarrollando dentro de los límites sub urbanos actuales y en especial con expansión hacia los sectores norte, sur y este de la localidad.

En especial se ha considerado expandir geográficamente el sector hacia sectores que actualmente no cuentan con servicio o son abastecidos mediante organizaciones particulares de vecinos, tal es el caso de Colonia Mata, Colonia Orellana, barrios: Avelar, Tres Pasos, Pedregal, Cruz Villeda, Buena Vista, Paso Hondo, San Ramón, Calán entre otros.

El sistema prevé el abastecimiento del 100% de los usuarios con agua potable, para lo que es necesario la implantación de nuevas plantas potabilizadoras y la construcción de nuevos pozos. Hoy día hay sectores que son abastecidos con agua cruda como Las Colinas y Colonia Víctor Chávez.

La definición de las áreas potenciales de crecimiento, fueron identificadas con el apoyo de técnicos de Aguas de Siguatepeque. En la siguiente figura el área de proyecto establecida,

indicando los principales sectores de distribución. La descripción de estos sectores será realizada más adelante.

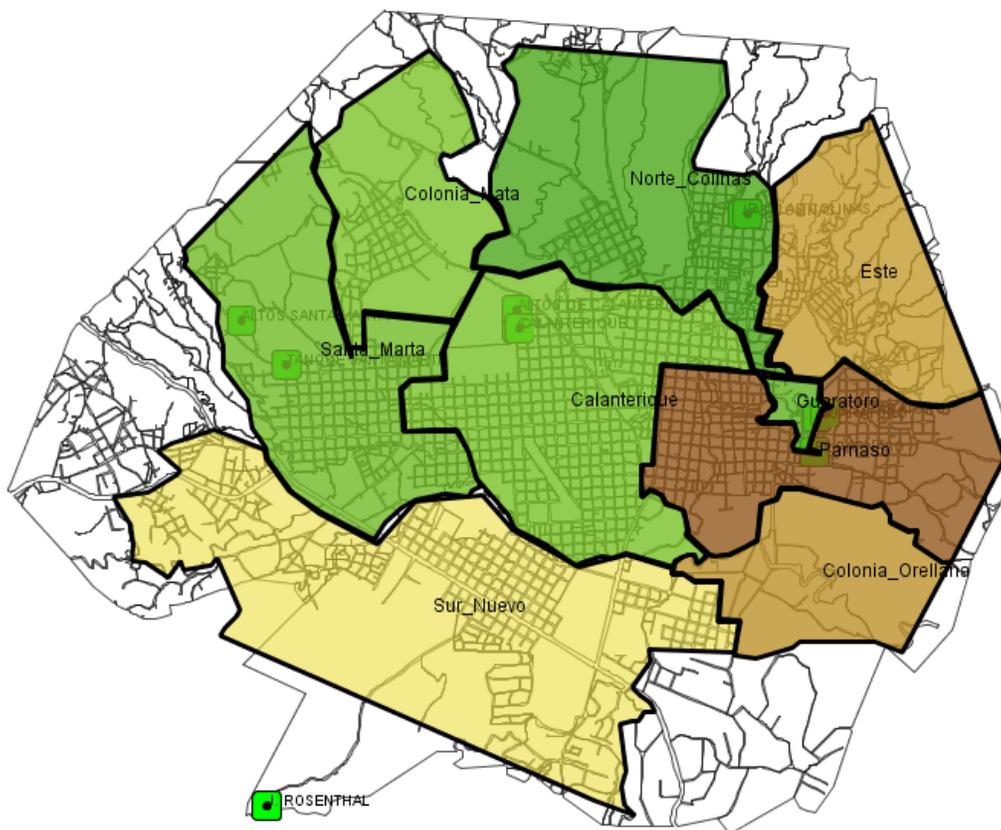


Figura 2-1 Identificación Área de Servicio

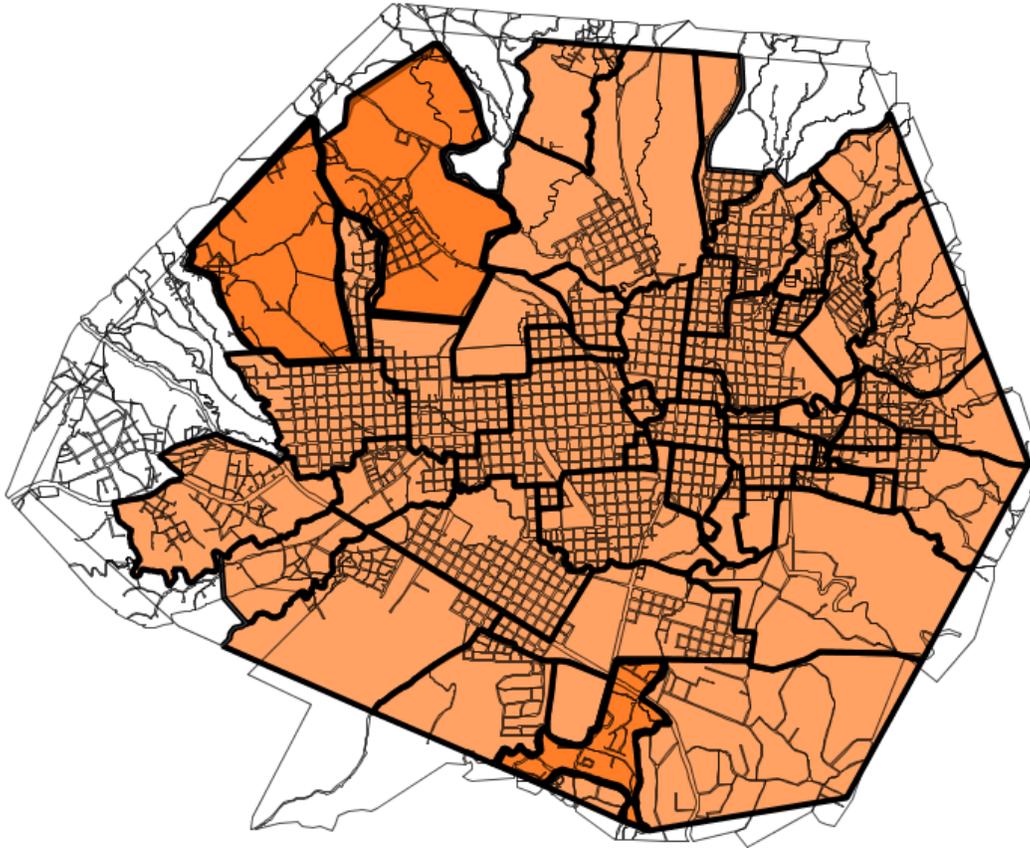


Figura 2-2 Barrios Siguatepeque delimitación INE

2.2. Proyección de Población

En este capítulo se presenta la proyección de población para el Municipio de **Siguatepeque** y el área de servicio del prestador Servicio **Agua de Siguatepeque** para periodos 2015-2030, la proyección de la demanda o consumo 2020 y 2030 considerando dos hipótesis para porcentajes de pérdidas en el sistema (pérdidas decrecientes anuales y pérdidas constantes hasta el año 2030).

2.2.1. Datos históricos

La información de base es extraída del Instituto Nacional de Estadística INE, en particular los datos censales de 2001 y 2013. Conjuntamente fueron analizados los datos del Atlas Municipal, así como la proyección de población realizada por el INE para el período 2014 a 2020.

En las siguientes tablas se presentan los principales datos de población y vivienda extraídos a nivel del municipio y las tasas de crecimiento para cada período intercensal.

DATOS disponibles	Población Municipio Siguatepeque		
	Atlas Municipal	Censo INE	Valor adoptado
Año			
1950	9,126		9,126
1961	19,337		19,337
1974	28,198		28,198
1988	37,552	37,552	37,552
2001	64,698	64,704	64,704
2013		95,121	95,121

Tabla 2-1: Datos (censos) de población Municipio de Danlí

2.2.2. Proyección población en el Municipio de Siguatepeque

El enfoque aplicado para realizar la proyección de poblaciones es el matemático tradicional (proyecciones aritmética y geométrica) acompañado de una interpretación gráfica de los registros históricos de población.

En la siguiente tabla se presentan las respectivas tasas obtenidas a nivel de Municipio entre los años 1950 y 2013.

Año	Población	Ka (hab/año)	Kg (% anual)
1950	9,126		
1961	19,337	928	7.06%
1974	28,198	682	2.94%
1988	37,552	668	2.07%
2001	64,704	2,089	4.27%
2013	95,121	2,535	3.26%
Tasa resultante de todo el período		1,365	3.79%

Tabla 2-2: Tasas de crecimiento poblacional Municipio de Siguatepeque

Observamos que en el período entre 1950 y 1988 para la tasa geométrica se tienen tasas decrecientes con un valor mínimo en el período 1974 - 1988 (2.07%) y a partir de ese año, resulta una tasa creciente, culminando con un valor de 3,26% en el período 2001 a 2013. Tanto para la tasa geométrica como aritmética, en el período 1988 - 2001 se ha tenido un salto considerable en las mismas. En el período 2011 - 2013 la tasa de crecimiento geométrica fue de 2,535 hab/año. La tasa resultante de todo el período 1950 - 2013 fue de 1,365 hab/año y 3,79%; aritmética y geométrica respectivamente.

Resta ahora determinar las tasas de crecimiento y proyección de población y demanda del área de estudio.

2.2.3. Proyección de la población dentro del área de servicio del prestador

Para realizar la proyección de población en el área del Proyecto, se toman los datos de población históricos de barrios y colonias que se encuentran dentro del área geográfica considerada para suministro de abastecimiento de agua potable, los cálculos de las tasas de población y proyecciones futuras son las siguientes:

Tasas de crecimiento área de servicio			
Año	Población	Ka (hab/año)	Kg
2001	31,230	-	-
2013	46,303	1,250	3.0%

Tabla 2-3: Datos de población y tasa de crecimiento área de proyecto

En el año 2013, se tenían un total de 10,625 viviendas ocupadas, lo que resulta en un índice de 4.36 habitantes por vivienda.

A partir del análisis de la información sobre el crecimiento poblacional tanto en el Municipio como en el área de proyecto, se adoptan tasas de crecimiento aritmético de 1,250 hab/año y geométrico de 3.0%.

En la siguiente tabla y gráfico se presenta la proyección de población en el área de servicio futura considerada para Aguas de Siguatepeque.

Proyecciones		
Año	Geométrica	Aritmética
2001	31,230	31,230
2013	46,303	46,303
2015	49,122	48,815
2020	56,946	55,095
2025	66,016	61,375
2030	76,531	67,655
T. diseño	3.0%	1,250 hab/año

Tabla 2-4: Proyección de población área de proyecto

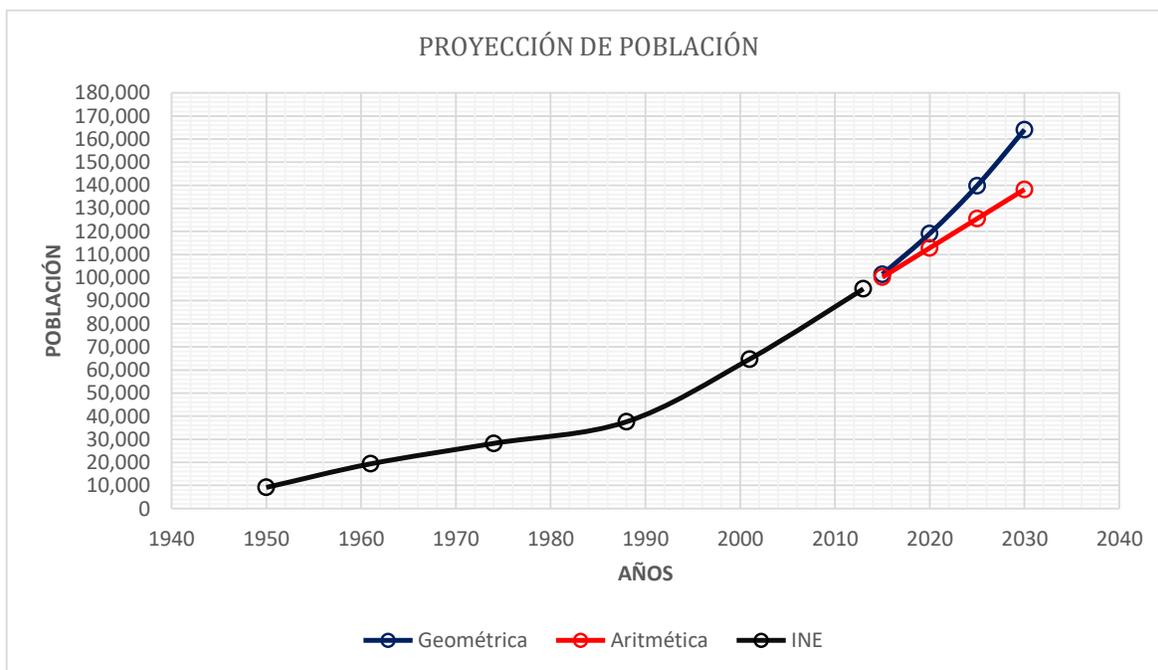


Figura 2-3 Proyección de población área de servicio

Para el desarrollo del PIIAP se adoptó proyección geométrica con una tasa de crecimiento de 3.0% anual hasta el horizonte de proyecto, año 2030.

2.3. Proyección de Demanda

2.3.1. Criterios utilizados para el cálculo de la demanda

Para realizar la proyección de demanda se asumen las siguientes premisas básicas generales:

- a) La proyección de población de acuerdo a lo presentado en el capítulo anterior.
- b) Se considera que la cobertura del servicio alcanza el 100% en el año 2020.
- c) Dotación media: valor inicial de $1.0\text{m}^3/\text{conexión}/\text{día}$ incluyendo un 20% de pérdidas comerciales. Se considera que esta dotación se mantiene hasta fin de periodo de proyecto.
- d) Índice de pérdidas físicas estimado actual: 40%.
- e) Se consideran dos hipótesis para modelar la evolución de las pérdidas físicas en el Sistema, un escenario con pérdidas físicas descendentes y otro en el que se mantiene el porcentaje de pérdidas físicas se mantiene constante.

HIPÓTESIS I – Pérdidas Físicas descendentes.

- Se propone como meta para las pérdidas físicas un 35% para el año 2020 y 25% para el año 2030 (variación lineal en el tiempo).

HIPÓTESIS II – Pérdidas Físicas constantes.

- Se propone que no habrá variación para todo el periodo, con respecto a las pérdidas físicas actuales. El valor se mantiene en 40%.

El análisis de los sistemas se realiza según la hipótesis I, mientras que la II se presenta para mostrar la sensibilidad frente a diferentes comportamientos en la evaluación prevista para las pérdidas físicas.

- f) Los valores de los coeficientes pico K1 demanda máxima diaria y K2 demanda máxima horaria, se establecieron en 1.05 y 1.50 respectivamente y se asumen constantes a lo largo de todo el periodo.
- g) Para determinar el déficit de producción requerida, se considera como capacidad máxima actual, la producción de las fuentes indicadas en las siguientes tablas. En particular se considera un escenario de Verano, con una producción de **14,257 m3/día**. Este año fueron habilitados los pozos: Aterrizaje, Santa Marta y Vivero. En invierno, con recuperación de producción por lluvias, se llega a una producción de **21,560 m3/d**. esto deja en evidencia la fuerte caída de producción, sobre todo de fuentes de origen superficial.

2.3.2. Proyección de la demanda hacia el año 2030

La proyección de demanda permite realizar un análisis de la producción-déficit para los años proyectados, y tener una mejor visión de las fuentes de abastecimiento que se necesitaran y su capacidad. Se tomó como punto de partida el año 2015, los resultados de la proyección realizada se muestran en la siguiente tabla.

AREA DE SERVICIO ACTUAL	2015	2016	2020	2025	2030
Población proyectada	49,122	50,596	56,946	66,016	76,531
Habitantes/Vivienda	4.36	4.36	4.36	4.36	4.36
Número de viviendas	11,403	11,895	13,067	15,148	17,561
Cobertura servicio AP (%)	100%	100%	100%	100%	100%
Usuarios AP en área actual	11,403	11,895	13,067	15,148	17,561
NUEVAS AREAS DE SERVICIO					
Viviendas en nuevas áreas de servicio	2,454	2,527	2,844	3,297	3,823
Cobertura servicio AP (%) en nuevas áreas	0%	0%	40%	90%	100%
Usuarios AP incorporados totales	0	0	1,138	2,968	3,823
TOTAL DE USUARIOS AP	11,403	11,895	14,205	18,116	21,384
Dotación estimada (m3/d/usuario)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Consumo Medio Total (m3/día)	11,403	11,895	14,205	18,116	21,384
HIPOTESIS I - PÉRDIDAS FÍSICAS DESCENDENTES					
Pérdidas Físicas sobre Producido	40%	39%	35%	30%	25%

AREA DE SERVICIO ACTUAL	2015	2016	2020	2025	2030
Volumen Pérdidas Físicas (m3/día)	7,602	7,605	7,649	7,764	7,128
Demanda Media (m3/día)	19,005	19,500	21,853	25,880	28,512
K1 (Coeficiente Máximo Diario)	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
Demanda Máxima Diaria (m3/día)	19,955	20,475	22,946	27,174	29,937
Capacidad Producción Requerida (l/s)	231.0	237.0	265.6	314.5	346.5
Capacidad de Producción Actual (l/s)	130	165	165	165	165
Déficit Producción (l/s)	101.3	68.2	96.8	145.7	181.5
Producción máxima por usuario (m3/día)	1.75	1.72	1.62	1.50	1.40
K2 (Coeficiente Máximo Horario)	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
Demanda Máxima Horaria (l/s)	311.8	319.9	358.5	424.6	467.8
HIPOTESIS II - PÉRDIDAS FÍSICAS CONSTANTES					
Pérdidas Físicas sobre Producido (constante)	40%	40%	40%	40%	40%
Demanda Media (m3/día)	19,005	19,825	23,675	30,193	35,639
Volumen Pérdidas Físicas (m3/día)	7,602	7,930	9,470	12,077	14,256
K1 (Coeficiente Máximo Diario)	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
Demanda Máxima Diaria (m3/día)	19,955	20,816	24,858	31,702	37,421
Capacidad Producción Requerida (l/s)	231.0	240.9	287.7	366.9	433.1
Déficit Producción (l/s)	101.3	72.1	118.9	198.1	264.3
Producción máxima por usuario (m3/día)	1.75	1.75	1.90	2.09	2.13

Tabla 2-5: Proyección de la demanda 2015 - 2030

Como se puede observar, se proyecta una ampliación geográfica importante del sistema, con un valor de 3,823 nuevos usuarios al 2030.

De acuerdo a la proyección realizada el sistema debe tener una capacidad de producción de **266 L/s** para el año 2020 y **346.5 L/s** para el 2030, comparado con la capacidad actual de verano de 165 L/s; se puede ver que habrá un déficit de producción de 181.5 L/s para el año 2030. Lo que implica la necesidad de buscar nuevas fuentes de abastecimiento.

En el siguiente gráfico se presenta la evolución de la demanda para las dos hipótesis consideradas y la capacidad de producción actual.

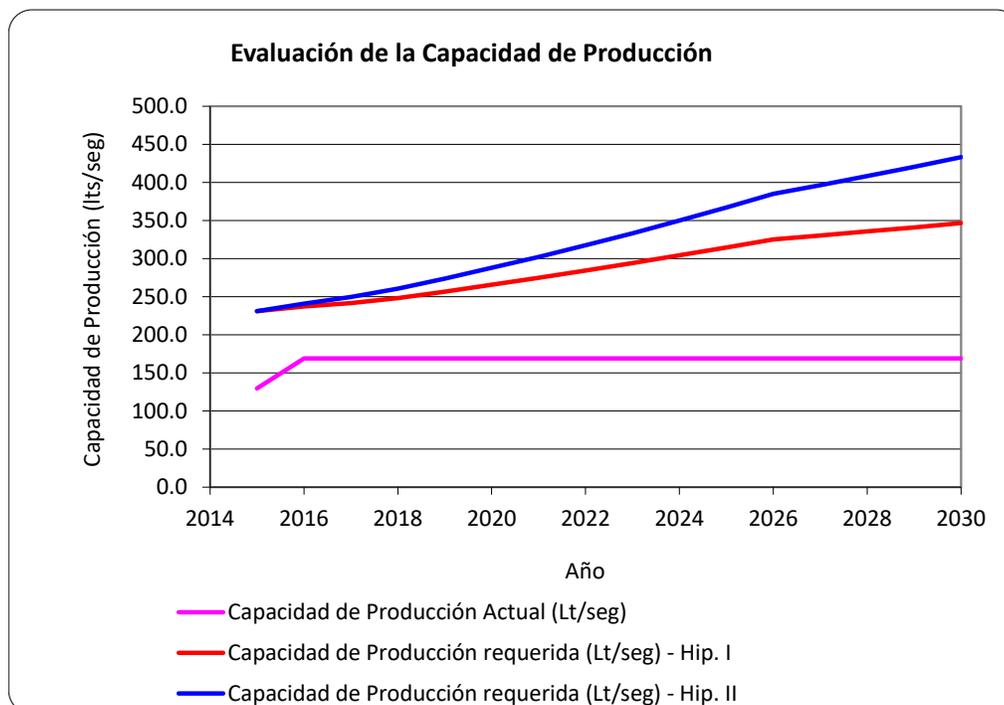


Figura 2-4 Proyección de la producción requerida

2.4. Distribución geográfica de población y demanda

La distribución de la población en particular para los años 2020 y 2030, se realiza a partir de la información base del INE (2013). Para ello se evaluaron los diferentes barrios y/o colonias y se aumentó la densidad para cada uno, de manera correspondiente a los resultados de las proyecciones realizadas en el capítulo anterior. En general se esperan mayores expectativas de crecimiento en zonas con baja densidad, que en zonas que actualmente se encuentran sobre pobladas, así como un crecimiento de las áreas nuevas urbanizables.

En las **láminas de proyecto H01 y H02** se presenta la densidad de población a nivel de barrios, considerando escenario actual y 2030. En la siguiente tabla y gráfico se presenta la densidad y población considerada para los escenarios 2013 (datos INE) y 2030.

NOMBRE	P_ 2013	Hab/has 2013	Hab/has 2030	P_ 2030
BARRIO SUYAPITA	951	60	93	1,483
BARRIO CALANTERIQUE	433	7	15	879
COLONIA ANTONIO MATA	2,429	10	17	3,972
COLONIA NOE \PCRUZ VILLEDA	530	18	29	858
BARRIO MACARUYA	2,504	28	45	3,988
BARRIO EL CARMEN	4,751	40	64	7,552
COL. LOS \PLAURELES	333	88	88	334
BARRIO ZARAGOZA	2,404	19	29	3,721

Asistencia Técnica a Prestadores Beneficiarios del PROMOSAS

NOMBRE	P_ 2013	Hab/has 2013	Hab/has 2030	P_ 2030
BARRIO SAN LUIS\PDE AGUAS CALIENTES	919	31	50	1,489
BARRIO \PSAN MIGUEL	2,398	49	78	3,809
BARRIO LA\PRIMAVERA	503	65	98	763
COL. LOS \ÁNGELES	530	89	98	585
BARRIO SAN JUAN	0	0	0	0
BARRIO FATIMA	1,321	57	88	2,030
BARRIO SAN ANTONIO	3,892	49	83	6,588
BARRIO EL CENTRO	719	32	55	1,248
BARRIO ARRIBA	1,594	131	135	1,638
COLONIA EL HIGO	606	93	110	720
BARRIO EL PARNASO	2,060	63	100	3,263
BARRIO LAS\PMERCEDES	322	19	30	518
BARRIO ABAJO	1,232	44	75	2,089
BARRIO \P CAMPO ALEGRE	443	24	45	814
Bo LA BUENA ESPERANZA	748	47	80	1,267
BARRIO CABAÑAS	716	49	80	1,180
COLONIA VÍCTOR CHÁVES	644	49	80	1,050
BARRIO PLAN \PDEL ZAPOTE	504	48	80	847
COLONIA \PJUAN AVELAR	1,269	26	45	2,184
COLONIA \PEL PEDREGAL	610	19	35	1,139
BARRIO LAS COLINAS	2,145	36	60	3,544
COLONIA \PLAS AMERICAS	784	6	10	1,265
BARRIO SAN RAMON	1,168	6	12	2,221
COLONIA FORESTAL	104	4	15	425
COLONIA MONTE PINAR	82	1	15	1,570
BARRIO CALAN	615	9	15	1,085
LOTIFICACION CHINCHILLA	0	0	5	1,355
COLONIA SHANGRILA	345	24	40	574
COLONIA ORELLANA	232	1	6	1,260
BARRIO LAS FLORES	433	10	20	856
BARRIO LOS CHAGUITES	0	0	0	0
BARRIO LAS CASITAS	344	7	10	518
BARRIO LOS TRES PASOS	734	6	10	1,240
COLONIA GUILLERMO MARTINEZ	1,247	18	30	2,081
BARRIO SAN FRANCISCO	1,208	5	8	2,110
BARRIO ORIENTE	131	2	5	319
BARRIO CHORRERITAS	0	0	0	0
COLONIA SAN FERNANDO	0	0	0	0
BARRIO BRISAS\P DEL BOSQUE	687	77	100	887
BARRIO \PBUENOS\P AIRES No 1	336	114	120	353

Asistencia Técnica a Prestadores Beneficiarios del PROMOSAS

NOMBRE	P_2013	Hab/has 2013	Hab/has 2030	P_2030
COLONIA PLANES DEL PARNASO	687	8	15	1,372
BARRIO TABLON \PDEL BIRICHICHE	518	3	15	2,695
BARRIO PURAN	0	0	0	0
BARRIO SANTA MARTA	3,069	30	30	3,069
BARRIO BUENOS AIRES No 2	826	15	15	826
BARRIO PASO HONDO	730	12	12	730
BARRIO EL PACAYAL	0	0	0	0
BARRIO BUENA VISTA	1,710	12	20	2,764
SAN JUAN 1	3,526	35	40	4,063
Total	57,026		Total	93,190

Tabla 2-6: Densidad de población por Barrios

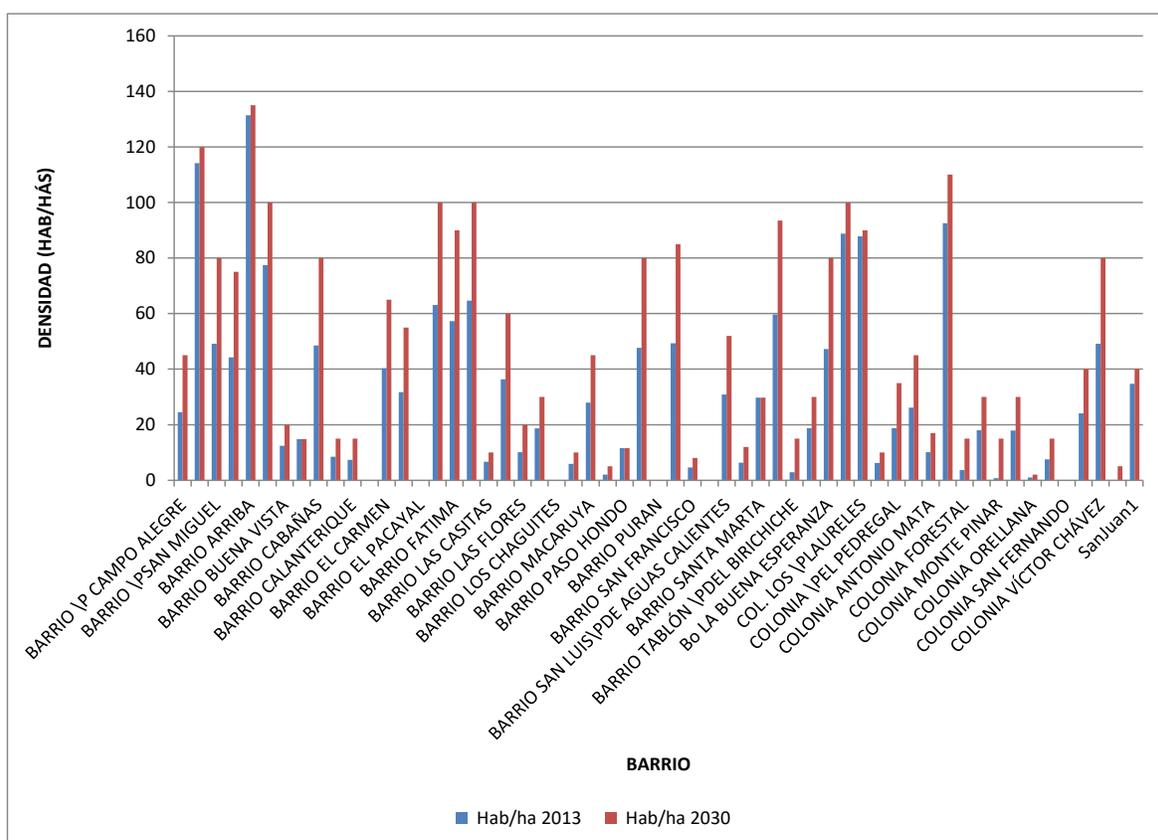


Figura 2-5 Densificación de población en barrios y colonias Siguatepeque

3. EVALUACIÓN DE LAS FUENTES DE AGUA

3.1. Fuentes de suministro existentes

El sistema de distribución cuenta con un sistema de pozos y tres fuentes de agua superficial. Las fuentes superficiales ven mermada su capacidad de producción en épocas de Verano. En las siguientes tablas se presentan las fuentes existentes, así como la capacidad de producción actual.

Producción	L/s	m3/día
Chamalucuará	5	432
ETAP JRO	25	2,160
ETAP GUARATORO	5	432
Producción Superficial (m3/día)		3,024

Tabla 3-1: Producción escenario Verano – actual (fuentes superficiales)

En particular, la fuente Chamalucuará es distribuida a los usuarios del sector Colinas, sin el debido proceso de potabilización. Lo mismo ocurre con una parte del volumen conducido hacia la planta potabilizadora Guaratoro, que para abastecer la parte alta se deriva agua desde la conducción (con mayor piezométrica disponible) hacia la zona elevada: colonia Víctor Chávez.

Pozo	GPM	horas	m3/día	TANQUE DESTINO
Alcaravanes	100	18	409	SANTA MARTA
Macaruya	106	18	433	SANTA MARTA
San Miguel II	79	18	323	A LA RED
San Miguel IV	48	18	196	A LA RED
San Francisco	48	18	194	A LA RED
SANAA	200	21	954	CALANTERIQUE
San Juan	300	21	1,431	CALANTERIQUE
Zaragoza	200	21	954	CALANTERIQUE
La Fresera	400	21	1,908	CALANTERIQUE
La Curtiembre	190	24	1,036	PARNASO
San Antonio	50	0	0	SANTA MARTA
Pozo Vivero	210	21	1,002	PARNASO
Pozo Aterrizaje	250	21	1,192	PARNASO
Pozo Santa Marta	250	21	1,192	SANTA MARTA
Producción Subterránea (m3/día)			11,223	

Tabla 3-2: Producción escenario Verano – actual (fuente subterránea)

Los pozos: Vivero, Aterrizaje y Santa Marta fueron construidos, equipados y puesto en marcha en el marco de este proyecto.

Como se ha indicado, la producción en invierno llega a los **21,560 m³/d**, siendo la principal fuente la planta potabilizadora Jaime Rosenthal Oliva con una capacidad de producción de 100 L/s (8,640 m³/d).

Considerando la proyección de población y demanda realizada, así como la producción actual en verano, se deben incorporar fuentes para generar **181.5 L/s (15,682m³/d)**. Es importante considerar la dispersión geográfica de la demanda, de forma de buscar fuentes acordes a la correcta distribución de la misma hacia los Usuarios.

En lo que sigue se presentan las fuentes consideradas como ampliación de la capacidad de producción.

3.2. Ampliación capacidad de fuentes

La infraestructura actual de redes de distribución de agua desde producción a tanques, así como la planimetría y ubicación de los usuarios juega un papel fundamental para la ubicación geográfica de las nuevas fuentes de abastecimiento.

En lo que sigue se resumen las fuentes identificadas. La justificación de las mismas, así como un mayor detalle es presentado en el capítulo 5.

- Captación en Quebrada La Laguna, capacidad 50 L/s y trasvase hacia presa El Tablón.
- Captación en Quebrada Rincón, capacidad 60 a 100 L/s y conducción hacia PTAP Rosenthal Oliva.
- Fuente Militares, capacidad estimada 15 L/s ubicada en el noroeste de la localidad; es una fuente aprovechada por el Batallón de Ingenieros de Siguatepeque y el excedente puede ser canalizado y ser utilizado para el abastecimiento de la población de la zona Norte.
- Pozos nuevos en:
 - Sector al sur de la CA 5, 2,385m³/d.
 - Sector al este de la localidad, 950m³/d.
 - Sector al norte de la localidad, 564m³/d.
 - Sector Colonia Mata, 1,292m³/d.
 - Sector Colonia Orellana, 405m³/d.

En un escenario de verano, con demanda 2030 de 29,937m³/d, se tendrá:

- Fuente superficial: 12,858m³/d.

- Fuente subterránea: 17,084m³/d.

En un escenario de verano, el sistema es fuertemente dependiente de la explotación del acuífero de Siguatepeque (57%). Esto se debe a la importante merma en la producción de las fuentes de aguas superficiales disponibles en esta región.

En un escenario de invierno, se tendrá con la ampliación en fuentes superficiales consideradas, a un valor de 21,600 m³/d, lo que solamente requiere explotar fuentes subterráneas por un valor de 8,337m³/d (30%).

Es este escenario ampliamente favorable para la recuperación del acuífero en épocas de lluvia, permitiendo recuperar los niveles freáticos que actualmente se encuentran disminuidos por sobre explotación en la zona central de Siguatepeque.

Además, se tendrá un ahorro significativo en el consumo energético del sistema, ya que la topografía y ubicación de tanques actuales y propuestos permiten un mínimo de recalques de agua.

3.3. Calidad del agua producida - Requerimientos de tratamiento

Las dos plantas de tratamiento existentes, una de tipo convencional RO con capacidad 100 L/s y la Guaratoro de tipo Modular con capacidad 25 L/s, incluyen los procesos clásicos de potabilización: coagulación, floculación, sedimentación, filtración y finalmente desinfección.

La fuente Chamalucara actual no cuenta con tratamiento de potabilización lo cual es necesario implementar para asegurar la calidad del agua suministrada a los usuarios.

Los pozos normalmente son conducidos hacia los tanques de almacenamiento y distribución. El agua es clorada dentro de los tanques de Santa Marta y Calanterique; no así en tanque Parnaso ya que toda el agua que se conduce hasta allí ya está clorada.

En el presente Plan de Inversiones se considera mantener la configuración de elevación de pozos a tanques, y conducción directa desde las plantas potabilizadoras a tanques, de manera de evitar el abastecimiento directo a la red. De esta manera el criterio de clorar en los tanques se mantendrá y es suficiente para asegurar la calidad del agua entregada al consumo.

3.4. Estudios de factibilidad de explotación de fuentes superficiales

Para las tres fuentes superficiales propuestas para su explotación en el abastecimiento de la población de Siguatepeque es necesario realizar estudios de análisis de factibilidad que deben cubrir varios aspectos relacionados con dichas fuentes.

Dada la premura con que es necesario el desarrollo de nuevas fuentes, es recomendable con urgencia la realización de los estudios que se recomiendan a continuación u otros que puedan surgir de la experiencia del propio Prestador.

- + Ubicación del punto de toma: definir la ubicación precisa del punto para construcción de la presa de toma y desarenador. Deberá estar ubicado a una cota por encima de la cual se pueda acceder al abastecimiento por gravedad, sin necesidad del uso de bombeo.
- + Caracterización del uso de la cuenca: identificación de usuarios del suelo y del agua en la cuenca, tanto aguas arriba como aguas debajo del punto de toma propuesto.
- + Hidrología: definir la cantidad de agua disponible a lo largo del año; en particular definición del caudal de estiaje o tiempo seco. Realización de por lo menos un aforo mensual durante dos años, mediante el uso de un vertedero a construir en el punto de toma elegido. El vertedero o estructura de control de caudal podrá ser de madera o de concreto, removible o fijo.
- + Calidad del agua: realización de un análisis de calidad de agua en temporada seca y otro en temporada de lluvia para confirmar que la calidad sea compatible con un proceso convencional de potabilización. Determinación de parámetros fisicoquímicos y búsqueda de posibles agroquímicos.
- + Derechos de explotación: investigación sobre los derechos de propiedad de la tierra en el punto de toma y en la cuenca; recopilación de eventuales derechos de explotación del recurso hídrico. Negociación con municipios vecinos, usuarios del agua, ocupantes de la cuenca. Definición de pagos por servicios ambientales (canon o similar) y condiciones generales para la explotación de recurso hídrico; definición de eventuales indemnizaciones que correspondan.
- + Socialización: difusión del proyecto a nivel de la Sociedad y de los Organismos nacionales o locales con jurisdicción o interés en el tema, sensibilización sobre el aprovechamiento del recurso, conformación de Comité de Gestión de la Cuenca en cada caso.

Los aspectos más importantes para el posterior desarrollo de un proyecto ejecutivo son los aspectos hidrológicos (cantidad de agua disponible) y el aseguramiento de los derechos de explotación y condiciones para la misma. Este último aspecto representa una tarea que deberá ser ejecutada por el propio Prestador con el apoyo de la Corporación Municipal.

En el presente Plan de Inversiones se identifican las fuentes Quebrada Rincón, Quebrada La Laguna y Militares pero en los estudios de factibilidad que se lleven adelante podrán ser evaluados otros potenciales cursos de agua.

En el presente Plan de Inversiones se agregan los costos de las inversiones necesarias a partir de los supuestos de ubicación y capacidad de las fuentes indicadas en los documentos de proyecto.

3.5. Recomendaciones sobre la gestión del acuífero

El conocimiento, evaluación y protección del recurso hídrico subterráneo, al ser la única fuente de agua utilizada para el abastecimiento de la población, deben ser actividades prioritarias que debe desarrollar el Prestador Aguas de Siguatepeque.

Algunas de las recomendaciones a considerar se indican en los puntos siguientes.

3.5.1. Estudio y evaluación del acuífero

Como punto de partida para una adecuada gestión del recurso subterráneo, es necesario tener un profundo conocimiento de la hidrología local. La realización de estos estudios o bien debe ser contratada con una institución, agencia técnica o profesional especializado en el hidrología subterránea.

SE entiende que en el caso de Siguatepeque estos estudio han sido realizados recientemente por medio del "*Análisis de Acuífero de Siguatepeque para el emplazamiento de pozos para abastecimiento humano (GEO TEC, año 2015)*".

Existen varios aspectos a ser tenidos en cuenta en estos estudios:

- + ubicación y crecimiento de la población en el área
- + identificación y de pozos de producción explotados actualmente con fines de abastecimiento público, uso comercial, industrial, agrícola o turístico.
- + generación de datos hidrológicos y de comportamiento del acuífero, registro y generación de base de datos
- + determinación de la capacidad de explotación del acuífero
- + definición del área de recarga y zona de protección del acuífero
- + definición de procedimientos para construcción de nuevos pozos, determinación de caudales de explotación, distancia entre pozos para evitar interferencia
- + control del uso del agua subterránea a nivel de autoridades municipales y nacionales competentes; medición de caudales extraídos; cobro del canon que corresponda
- + definir procedimientos para autorización para la perforación de nuevos pozos.

3.5.2. Protección del acuífero

La prevención de la contaminación del agua subterránea es esencial para mantener una fuente segura de agua potable. Para ello es necesario la protección del área de recarga de los pozos y el control de vertidos contaminantes.

En tal sentido es necesario que el Municipio realice un control en el área circundante de los pozos sobre los siguientes aspectos:

- + colecta y disposición adecuada de las aguas residuales domésticas e industriales
- + disposición final de residuos sólidos domésticos e industriales.
- + almacenamiento, distribución y desecho de productos derivados del petróleo y productos químico en general (industrial o agrícola).

Si bien es necesario identificar y proteger en forma general las áreas de recarga del acuífero, es imprescindible realizar este control en un área cercana contigua al pozo, en un radio de al menos 150 metros.

3.5.3. Monitoreo Calidad del Agua Subterránea

El cumplimiento de las normas de calidad de agua para consumo humano es un componente importante en el manejo de las fuentes, para ello, es necesario establecer un programa regular de monitoreo de la calidad del agua, que incluya la toma de datos de niveles del agua subterránea, producción de agua subterránea, toma de muestras de agua, análisis de las muestras de agua y la revisión e interpretación de los resultados y datos obtenidos.

El monitoreo de las aguas de los pozos debe ser realizado por lo menos cada 3 meses. Los datos obtenidos deben ser ingresados en la base de datos correspondiente.

Es necesario diseñar e implementar en la órbita del Municipio o de la propia Prestadora, una base de datos para poder administrar y analizar datos relacionados al agua subterránea para permitir el manejo y administración del agua subterránea.

3.5.4. Monitoreo del nivel del acuífero

Es necesario el monitoreo periódico de los niveles del acuífero. Para ello se recomienda la instalación de piezómetros en los pozos de producción o al menos dejar previstas las facilidades para poder realizar las mediciones respectivas. Se recomienda un monitoreo mensual de los niveles dinámico de los pozos en producción y un monitoreo trimestral de los niveles estáticos en puntos representativos del acuífero.

El monitoreo de los niveles de agua mencionado anteriormente y su comportamiento en el tiempo, permitirán a la Prestadora o Municipio tomar decisiones apropiadas respecto al uso del acuífero.

Debe ser de especial atención los casos en que se detecte un descenso excesivo de los niveles de agua en el acuífero. Esto incide directamente en una reducción de la producción de los pozos, y es indicativo de una explotación mayor a la capacidad de la recarga del acuífero.

Es una alerta para las autoridades para tomar acciones para reducir la explotación, proteger las cuencas y evitar la construcción de más pozos.

3.5.5. Mantenimiento del los pozos en producción

Los pozos en producción, disminuyen gradualmente su capacidad, debido principalmente a la colmatación del filtro de grava que rodea el ademe. Es por ello que se hace necesario realizar una la limpieza periódica de los pozos de manera de mantenerlos en óptimas condiciones. La experiencia los operadores y el monitoreo de la producción de cada pozo indicará cuando es necesario realizar esta limpieza. Durante esta actividad se debe aprovechar para realizar nuevos aforos, así como también para realizar toma de muestras y análisis de calidad del agua.

Para la adecuada gestión de la producción de los pozos se recomienda la implementación del control de la energía específica consumida. A partir de los datos de producción y de consumo eléctrico de la ENEE, realizar el monitoreo continuo del indicador de consumo de energía por unidad de volumen producida (kWh/m³ producido). Una desviación importante en este indicador permite identificar problemas tanto en el funcionamiento del equipo de bombeo (motor y bomba) como en el comportamiento del acuífero en general o del propio pozo en particular.

4. EVALUACIÓN DEL SISTEMA EXISTENTE

Una primera evaluación del sistema existente, permite identificar las necesidades de mejora en la infraestructura en una primera etapa de corto plazo o sea las obras de mayor prioridad de ejecución.

En esta evaluación se incluyen como YA CONSTRUÍDAS las obras en ejecución en el año 2016 a través del PROMOSAS y eventualmente a través de otros proyectos que están previstos ejecutar, como ser:

Las siguientes obras de corto plazo, algunas ya ejecutadas:

- Ampliación de capacidad de reserva en Parnaso: se ha construido un nuevo tanque de 500m³ (132,00 galones), llevando el volumen de reserva a 878 m³.
- Construcción y equipamiento de nuevos pozos:
 - Vivero, aporta a tanque Parnaso.

- Santa Marta, aporta a tanque Santa Marta.
- Aterrizaje, aporta a tanque Calanterique. Utiliza la tubería de conducción originalmente utilizada por pozo Zaragoza.
- Pozo Zaragoza:
 - Este pozo se equipa con variador de frecuencia y sensor de presión para abastecimiento directo al mismo barrio Zaragoza.

4.1. Descripción del Sistema Existente

Los principales componentes del sistema de transporte y distribución se describen a continuación.

4.1.1. Fuente de suministro

Como se ha indicado anteriormente, el sistema cuenta con dos plantas potabilizadoras y una serie de pozos para explotación de aguas subterráneas. En un escenario de verano se tiene una capacidad de explotación de 14,257 m³/d, mientras que en invierno se tiene una capacidad de explotación de 21,560 m³/d.

En las siguientes tablas se presentan las fuentes actuales de producción, así como la capacidad de las mismas.

Producción	l/s	m ³ /día	TANQUE DESTINO
Chamalacuara	5	432	COLINAS, ALTO COLINAS
ETAP JRO	25	2160	PARNASO, CALANTERIQUE, SANTA MARTA
ETAP GUARATORO	5	432	GUARATORO
PRODUCCIÓN SUPERFICIAL m ³ /día		3,024	

Tabla 4-1: Producción escenario Verano – Fuente Superficial

Asistencia Técnica a Prestadores Beneficiarios del PROMOSAS

POZO	GPM	horas	m3/día	TANQUE DESTINO
Alcaravanez	100	18	409	SANTA MARTA
Macaruya	106	18	433	SANTA MARTA
San Miguel II	79	18	323	A LA RED
San Miguel IV	48	18	196	A LA RED
San Francisco	48	18	194	A LA RED
SANAA	200	21	954	CALANTERIQUE
San Juan	300	21	1,431	CALANTERIQUE
Zaragoza	200	21	954	CALANTERIQUE
La Fresera	400	21	1,908	CALANTERIQUE
La Curtiembre	190	24	1,036	PARNASO
San Antonio	50	0	0	SANTA MARTA
Pozo Vivero	210	21	1,002	PARNASO
Pozo Aterrizaje	250	21	1,192	PARNASO
Pozo Santa Marta	250	21	1,192	SANTA MARTA
PRODUCCIÓN SUBTERRANEA			11,223	

Tabla 4-2: Producción escenario Verano – Fuente Subterránea

Como se puede observar, la producción en un escenario verano es de **14,257m3/d**.

Producción	l/s	m3/día	TANQUE DESTINO
Chamalacuara	13	1123.2	COLINAS, ALTO COLINAS
ETAP JRO	100	8640	PARNASO, CALANTERIQUE, SANTA MARTA
ETAP GUARATORO	18	1,555	GUARATORO
PRODUCCIÓN SUPERFICIAL		11,318	

Tabla 4-3: Producción escenario Invierno – Fuente Superficial

POZO	GPM	horas	m3/día	TANQUE DESTINO
Alcaravanez	130	18	531	SANTA MARTA
Macaruya	106	18	433	SANTA MARTA
San Miguel II	79	17	305	A LA RED
San Miguel IV	48	12	131	A LA RED
San Francisco	48	17	184	A LA RED
SANAA	200	18	818	CALANTERIQUE
San Juan	300	18	1,226	CALANTERIQUE
Zaragoza	200	18	818	CALANTERIQUE
La Fresera	400	18	1,635	CALANTERIQUE
La Curtiembre	190	18	777	PARNASO
San Antonio	50	0	0	SANTA MARTA
Pozo Vivero	210	21	1,002	PARNASO
Pozo Aterrizaje	250	21	1,192	PARNASO
Pozo Santa Marta	250	21	1,192	SANTA MARTA
PRODUCCIÓN SUBTERRANEA			10,243	

Tabla 4-4: Producción escenario Invierno – Fuente Subterránea

Como se puede observar, la producción en un escenario verano es de **21,562m³/d.**

Este año se han construido los pozos: Vivero, Santa Marta y Aterrizaje; en particular se indican los equipos de bombeo instalados:

- Pozo Vivero
 - Marca: FPS Submersible Pump.
 - Modelo: 225SSI40F66-1664.
 - Etapas: 16.
 - Potencia: 40 HP.
 - Caudal previsto explotación: 210 gpm.
- Pozo Santa Marta
 - Marca: FPS Submersible Pump.
 - Modelo: 260SSI30F66-1064.
 - Etapas: 10.
 - Potencia: 30 HP.
 - Caudal previsto explotación: 250 gpm.
- Pozo Aterrizaje
 - Marca: FPS Submersible Pump.
 - Modelo: 260SSI40F66-1364.
 - Etapas: 13.
 - Potencia: 40 HP.
 - Caudal previsto explotación: 250 gpm.

Conjuntamente el equipo de bombeo Macaruya fue reemplazado, ya que el que estaba no lograba inyectar agua al sistema, debido a que contaba con 4 de 8 rotores dañados. Se ha instalado un equipo de bombeo con un motor de la marca Franklin Electric con potencia 26 kW, velocidad de giro 3445 rpm. El modelo de la bomba instalada es el siguiente:

- Marca: FPS Submersible Pump.
- Modelo: 150SS120F66-1263.
- Etapas: 12.
- H max = 168m a un Q min = 79 GPM (5 L/s).
- H min = 76 m a un Q máx = 211 GPM (13 L/s).

4.1.2. Tanques de almacenamiento

Dentro del sistema se encuentran los siguientes tanques de almacenamiento y distribución:

Tanque	Cota (m)	Volumen (m ³)
Rosenthal	1203	758
Calanterique 1	1121	568
Calanterique 2	1121	870
Altos de Calanterique	1152	38
Santa Marta	1121	378
Altos de Santa Marta	1170	38
Guaratoro	1142	246
Parnaso 1 / 2	1128	378 / 500
Colinas	1152	95
Colinas rompe carga	1157	ND

Tabla 4-5 Tanques de almacenamiento sistema Siguatepeque

4.1.3. Sistema de distribución principal

El abastecimiento a los tanques principales: Santa Marta, Calanterique y Parnaso es realizado a través de una tubería de impulsión desde el tanque de agua tratada en la planta potabilizadora Rosenthal Oliva.

El tanque Guaratoro es alimentado a partir de una planta potabilizadora de tipo modular instalada en el mismo predio que el tanque.

En la siguiente figura se presentan las líneas de impulsión principales del sistema de distribución, así como los tanques y pozos.

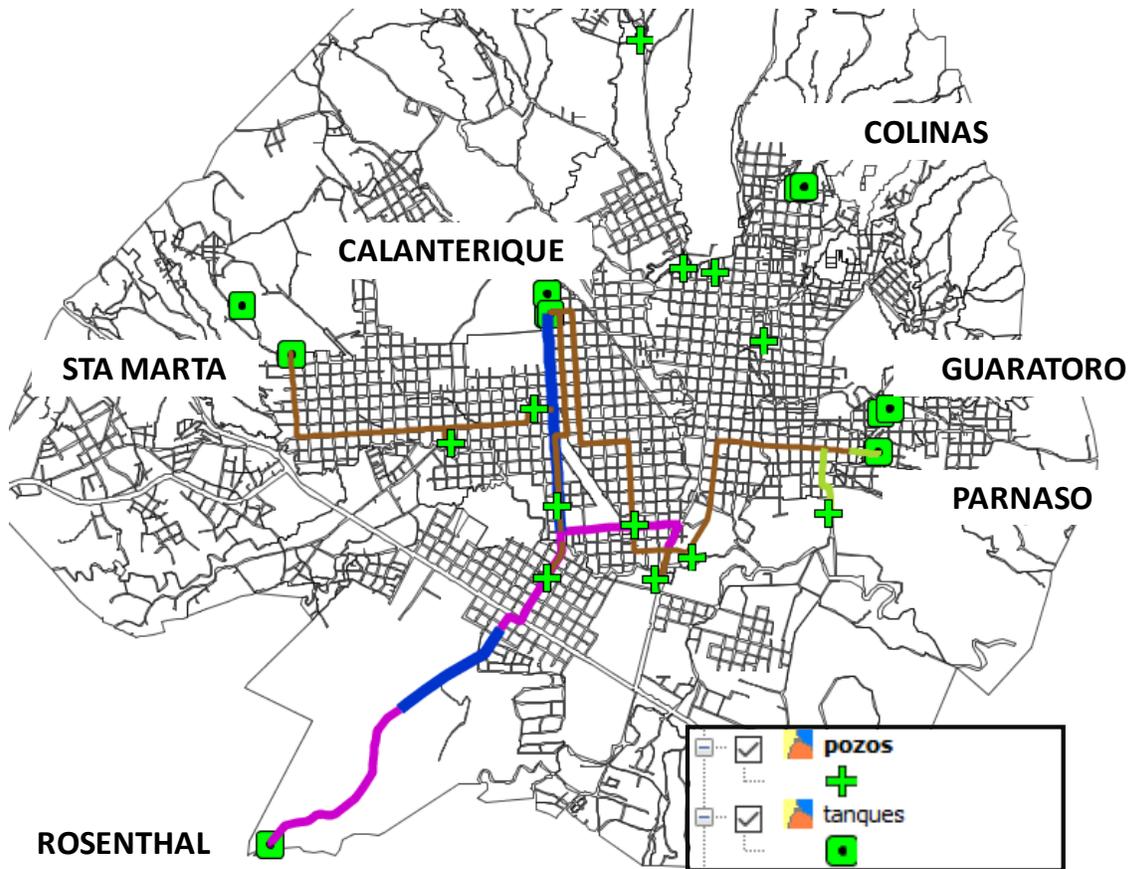


Figura 4-1 Esquema de distribución principal actual

Como se puede observar, la conducción principal desde Rosenthal es hacia el tanque Calanterique. Esto sumado a las cotas de implantación de los otros dos tanques (Santa Marta y Parnaso), significan que hidráulicamente el sistema conduce mayor volumen de agua hacia Calanterique. Como se verá más adelante, se propone la instalación de válvulas reguladoras de caudal para regular los flujos hacia los distintos tanques del sistema de acuerdo a la demanda del sector abastecido por los mismos.

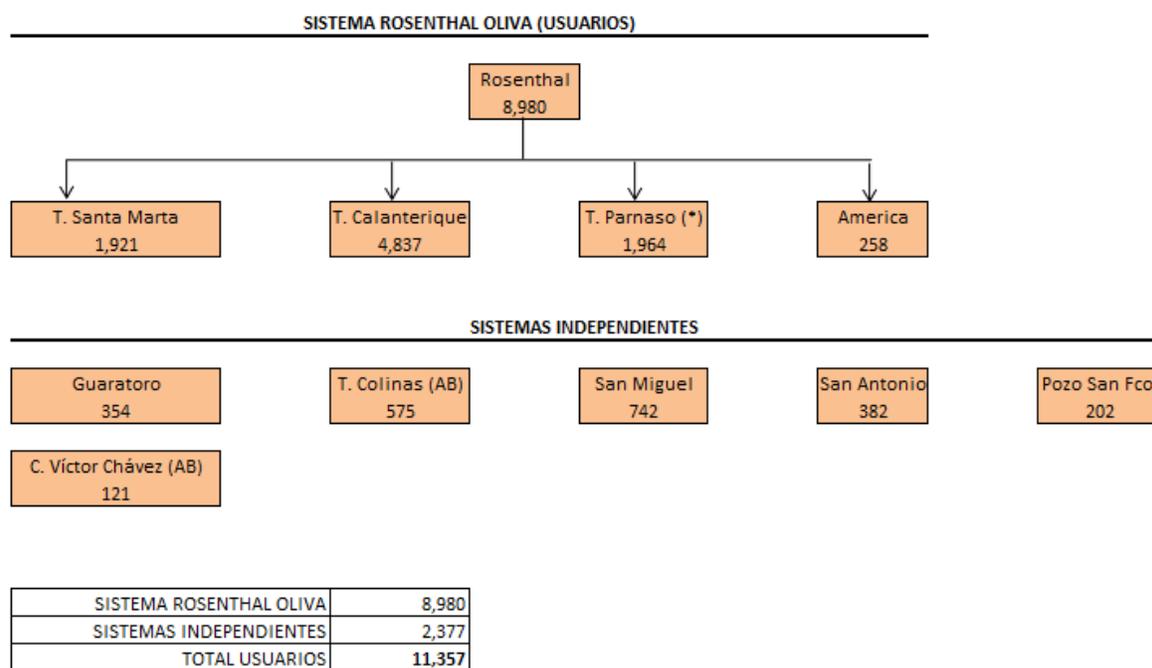
En lámina de proyecto H05 se presenta a mayor detalle el principal sistema actual de distribución de agua, normalmente en un esquema producción a tanque, tanque a usuario. Existen algunas excepciones como la impulsión de los pozos: San Francisco, San Miguel 2 y 4 y Pozo Zaragoza.

4.1.4. Sistema de distribución a usuarios

El sistema de distribución de agua en la localidad es realizado por sectores de distribución; algunos a partir de tanques de cabecera, y otros alimentados directamente por pozos.

Como procedimiento de distribución, la Prestadora primero llena los distintos tanques a partir de las fuentes existentes, y luego abre los mismos. Así mismo, existen valvuleros que distribuyen el agua por sub sectores dentro de los sectores principales, inclusive a nivel de calles. Lo mismo ocurre con el manejo de los pozos, derivando la producción hacia distintos sub sectores.

Los macro sectores del sistema, así como la distribución de usuarios en los mismos se presentan en el siguiente esquema. La distribución presentada fue obtenida mediante geoprocetos en sistemas de información geográfica (GVSIG), así como información suministrada de usuarios a nivel de barrios suministrada por Aguas de Siguatepeque.



(*) Dentro del sector de Tanque Parnaso se tiene un sub sector abastecido directamente de tanque Rosenthal Oliva. No fue posible delimitar la zona correspondiente.

Figura 4-2 Distribución de usuarios actual

Los sistemas Tanque Las Colinas y Colonia Víctor Chávez son abastecidos desde fuente superficial sin previo tratamiento de potabilización. La Colonia Víctor Chávez es alimentada desde una derivación de la tubería que llega al tanque quiebra carga Guaratoro. Las Colinas recibe agua desde la fuente Chamalucuará.

En la siguiente figura se presenta a nivel geográfico los macro sectores de distribución de agua del sistema Siguatepeque.

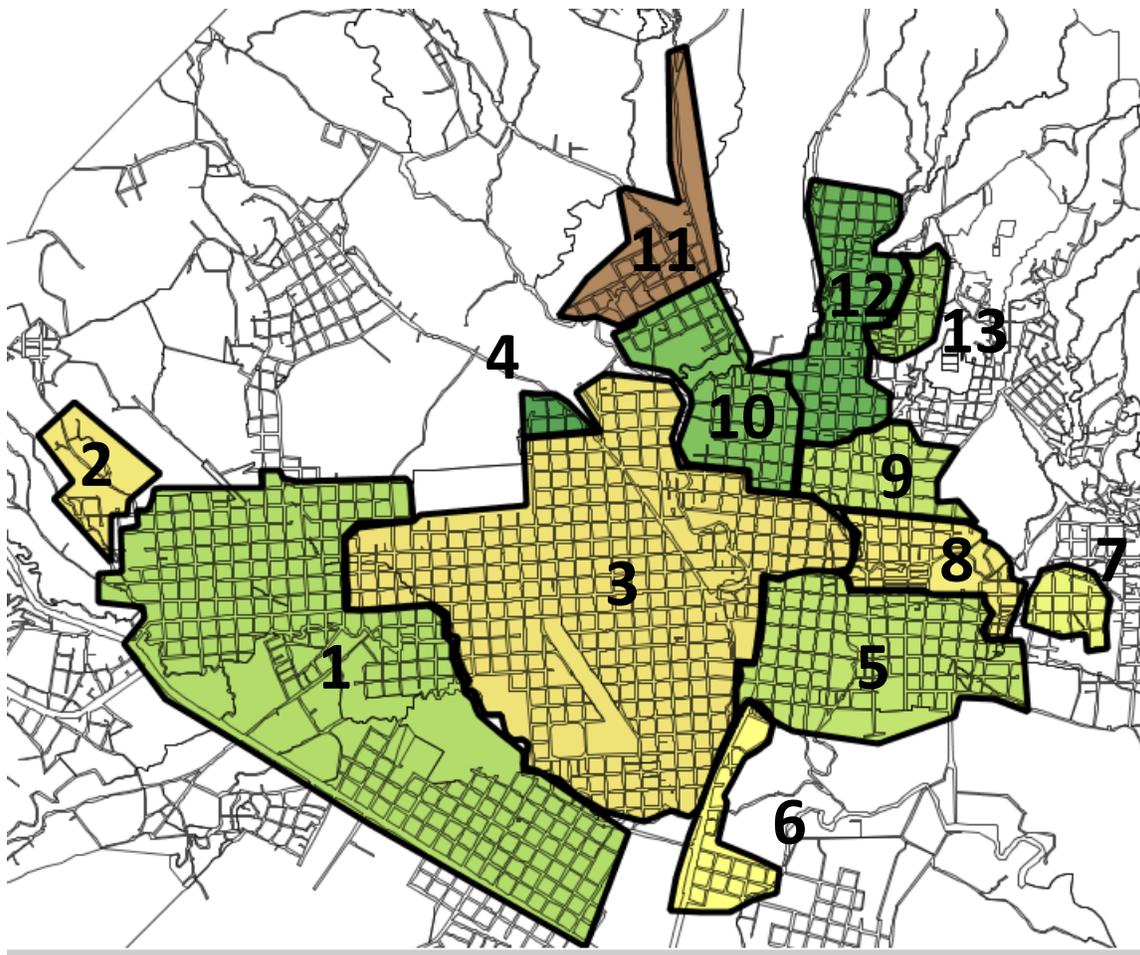


Figura 4-3 Distribución geográfica sectores actuales

- 1 – Sector abastecido a partir de tanque: Santa Marta.
- 2 – Sector abastecido a partir de tanque: altos de Santa Marta.
- 3 – Sector abastecido a partir de tanque: Calanterique 1 y 2.
- 4 – Sector abastecido a partir de tanque: altos de Calanterique.
- 5 – Sector abastecido a partir de tanque: Parnaso (incluye usuarios abastecidos directamente de tanque Rosenthal desde la tubería de entrada al tanque Parnaso).
- 6 – Sector abastecido a partir de derivación de tanque Rosenthal.
- 7 – Sector abastecido por derivación de tubería de ingreso a tanque rompe carga Guaratoro. Colonia Víctor Chávez.
- 8 – Sector abastecido a partir de tanque: Guaratoro.
- 9 – Sector abastecido a partir de pozo San Antonio.
- 10 – Sector abastecido a partir de pozos San Miguel 2 y 4.
- 11 – Sector abastecido a partir de pozo San Francisco.
- 12 – Sector abastecido a partir de tanque Las Colinas.
- 13 – Sector abastecido a partir de tanque quiebra carga Las Colinas.

La distribución geográfica de los sectores fue realizada partir de información levantada en campo (medición de presiones) y de información suministrada por personal técnico de Aguas de Siguatepeque. En lámina de proyecto H03 se presenta con mayor detalle la información indicada.

4.1.5. Redes de distribución a usuarios

El sistema cuenta con una red mallada de distribución principal, pero sin embargo el manejo actual del sistema interrumpe estas mallas de distribución principales.

En la siguiente figura se presenta a nivel general las principales redes de distribución del sistema.

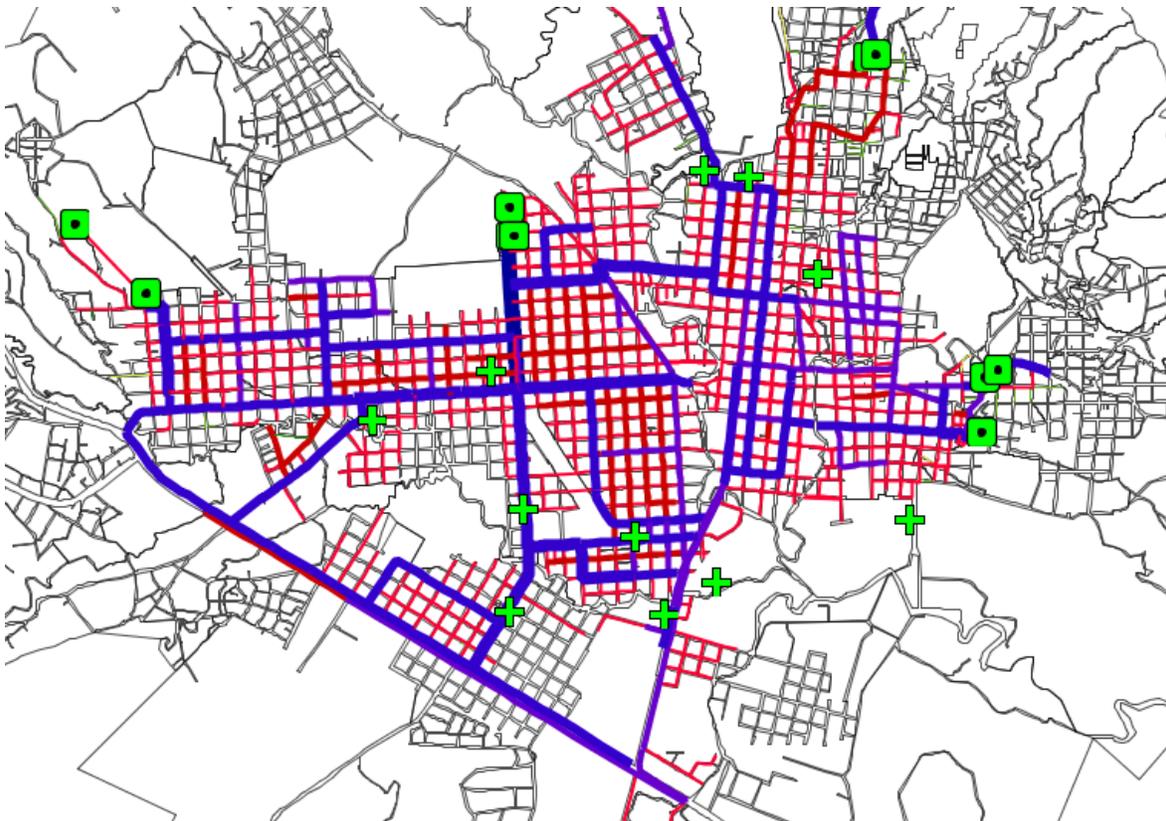


Figura 4-4 Redes de distribución

En la siguiente tabla se presenta la distribución de longitudes por diámetros de tuberías de distribución.

Diámetro (")	Longitud (m)	Longitud (%)	Acumulado
1/2	251	0.2%	-
1	3,981	2.4%	3%
1 1/4	230	0.1%	3%
1 1/2	474	0.3%	3%
2	92,831	56.6%	60%
3	17,245	10.5%	70%
4	20,974	12.8%	83%
6	20,580	12.5%	95%
8	6,528	4.0%	99%
12	894	0.5%	100%
Total	163,987	100%	

Tabla 4-6 Distribución diámetros tuberías

Un 60% de las tuberías del sistema son de diámetro menor o igual a 2", con un 40% de tuberías en diámetros mayores o iguales a 3".

4.1.6. Operación del sistema actual

La distribución de agua a los distintos sectores se realiza de forma intermitente y con la frecuencia que establece la Empresa Prestadora del Servicio. Inclusive dentro de cada sector existen subsectores que son manejados por valvuleros en horarios más reducidos.

Como regla general son cerradas las válvulas de salida de los tanques, y una vez con nivel suficiente, los mismos son abiertos para abastecer los distintos sectores y sub sectores indicados. Esto provoca caudales de circulación de una magnitud muy superior en comparación de un sistema con abastecimiento continuo, además del perjuicio que el flujo de agua-aire produce en las instalaciones de distribución.

Otra consecuencia de un sistema con estas características, es que primero se comienzan a presurizar las zonas bajas del sector, alcanzando agua en las zonas altas en caso que sobre y muchas veces con presiones insuficientes para garantizar buenas condiciones de servicio.

La desinfección es realizada en las plantas potabilizadoras, y una recloración en tanques Calanterique y Santa Marta. Sin embargo, se tienen zonas que por la topografía no reciben ningún proceso de potabilización: zona Las Colinas y Colonia Víctor Chávez.

4.2. Evaluación de los componentes del Sistema

4.2.1. Evaluación de la capacidad de producción

Como se ha indicado, hay una fuerte dependencia de la producción en épocas de lluvia y no lluvia, con una producción en verano del orden de los 14,260 m³/d, equivalente a 165 l/s.

Actualmente el sistema cuenta con aproximadamente 11,400 usuarios, por lo que la producción equivale a 1.24m³/día/usuario en un escenario de verano. Esto es una dotación suficiente, que representa casi 300 litros por persona y por día. Este nivel de producción está por debajo del valor 1.5 m³/día/usuario que un mínimo que se ha observado para mantener un servicio de calidad aceptable en las condiciones de operación y mantenimiento similares a las del Prestador AdS.

Evidentemente la no medición de los consumos, provoca el consumo excesivo por parte de los usuarios. Se ha detectado que debido a la intermitencia del sistema, muchos usuarios dejan la llave de la pila abierta para que la misma se llene una vez restablecido el suministro. Al no disponer de dispositivo de cierre (válvula flote), una vez llena la pila el agua rebosa por la misma y representa una pérdida de carácter comercial en el sistema.

Asimismo, existe una incidencia importante de pérdidas físicas en redes y conexiones.

4.2.2. Evaluación de la capacidad de almacenamiento existente

La normativa vigente del SANAA establece que la capacidad de los tanques debe ser al menos un 35% de la demanda del sector que este se encuentran abasteciendo, a no ser que se cuenta con evaluaciones o mediciones que puedan justificar un valor menor.

El objetivo de un tanque de almacenamiento es el de amortiguar los caudales de producción, aportando los caudales de punta en horas de máximo consumo (vaciado) y asumiendo caudales en horas de bajos consumos (llenado).

En un sistema intermitente, para garantizar una demanda razonable, el volumen debería ser del 100% de la demanda en el sector, algo que es impracticable.

Considerando un escenario normal, el volumen de almacenamiento tiene relación con la variación del consumo a lo largo del día (histograma de consumo). En consecuencia, en lo que sigue se presentan los criterios para la definición de la capacidad de almacenamiento requerida.

4.2.2.1. *Criterio para definición de la capacidad de almacenamiento requerida*

El volumen total (V_t) de almacenamiento resulta de la suma de los volúmenes operacional (V_o) y de emergencia (V_e), asociado a los usuarios conectados a cada tanque.

$$V_t (m^3) = V_o + V_e$$

El volumen de emergencia resulta de suponer 2hs de almacenamiento adicional, para los casos en que sea necesario cortar la producción para mantenimiento.

Resulta entonces,

$$V_e \left(m^3/d \right) = 2/24 \cdot Q_{md} = 0.083 \cdot Q_{md}$$

Siendo Q_{md} , el caudal máximo diario anual previsto para el horizonte del proyecto. El volumen operacional resulta del análisis del histograma de consumos de cada sector.

Construimos la curva de consumos acumulados durante el día, la diferencia entre las tangentes máxima y mínima resulta el porcentaje del caudal máximo diario necesario a almacenar.

A los efectos de definir un criterio para el presente Proyecto, se ha tomado el perfil medido de consumo para Lomas del Río, sector de la ciudad de Comayagua.

Se muestra a continuación el análisis del histograma de los consumos registrados:

Hora	Caudal horario (m ³ /h)	Consumo acumulado (%)
0	30.2	0.00%
1	27.3	2.45%
2	25.2	4.71%
3	22.3	6.72%
4	22.2	8.71%
5	37.2	12.06%
6	59.9	17.44%
7	64.7	23.25%
8	65.1	29.10%
9	59.9	34.48%
10	59.2	39.80%
11	52.0	44.48%
12	55.0	49.42%
13	54.1	54.28%
14	54.1	59.14%
15	62.6	64.76%
16	64.6	70.57%
17	62.4	76.17%
18	57.8	81.36%
19	44.3	85.35%
20	40.0	88.94%
21	32.0	91.81%
22	30.6	94.56%
23	30.3	97.29%
24	30.2	100.00%

Tabla 4-7 Construcción de la curva de consumos diarios acumulados

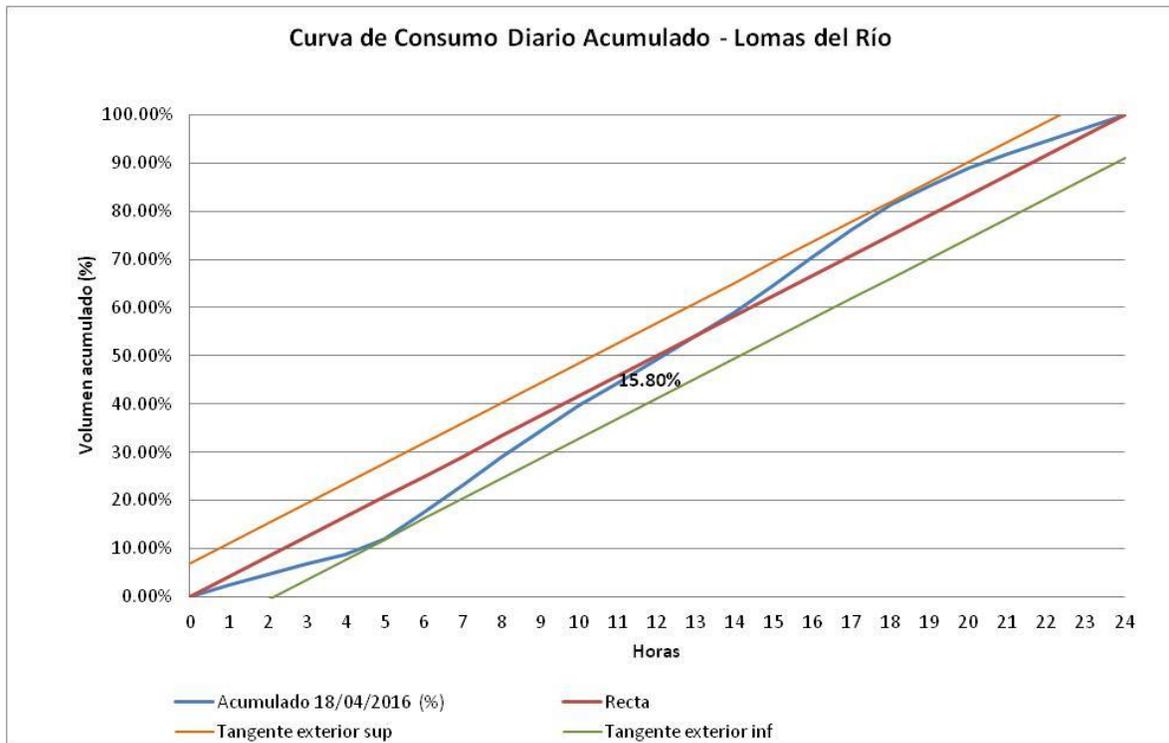


Gráfico 4-1: Curva de consumo diario acumulado – Lomas del Río

En resumen, sería razonable plantear la necesidad del siguiente volumen de almacenamiento:

$$V_t = V_o + V_e = (0.158 + 0.083) \cdot Q_{md} = 0.241 \cdot Q_{md}$$

Es decir que sería necesario acumular el 24% de la Demanda Máxima Diaria (DMD).

En conclusión,

- La normativa exige el 35% de la DMD,
- Se recomienda utilizar el 25% de la DMD, ya que con este porcentaje se cubre con el volumen operacional más el de emergencia,
- No se recomienda contar con menos del 16% de la DMD de almacenamiento, pues sería insuficiente para la operación del sistema.
- Esta evaluación se debe realizar en cada sector de distribución que cuenta con tanques.

En base a lo anteriormente expuesto, resulta en las condiciones actuales las siguientes evaluación de la capacidad de los tanques existentes. Se considera una demanda máxima diaria de 1,24 m³/día/usuario (capacidad actual de producción en escenario de verano).

Sector	Usuarios	Demanda m3/d	V_Actual m3	Relación Vol/Dem
Santa Marta	1,921	2,382	378	15.9%
Calanterique	4,837	5,998	1,438	24.0%
Parnaso 1 y 2	1,964	2,435	878	36.1%
Guaratoro	354	439	246	56.0%
Colinas	575	713	95	13.3%

Demanda	1.24	m3/d/usuario
---------	------	--------------

Tabla 4-8 Evaluación volúmenes almacenamiento – estado actual

De acuerdo a lo expuesto, se puede observar que hay un déficit en la capacidad de almacenamiento actual para los sectores: Santa Marta y Colinas que presenta un valor menor al 16% de capacidad para asegurar al menos el volumen para regulación.

4.2.3. Evaluación de la red de distribución

Para poder evaluar la capacidad del sistema de distribución, se utilizó como herramienta principal el modelo hidráulico calibrado de la red. Se realizaron corridas, con el modelo ya calibrado en un escenario con *demanda máxima horaria*. Con una demanda media diaria de 1.0 m³/usuario por día y un coeficiente horario pico de 2.5, lo que da como resultado un caudal pico de 2.5 m³/usuario/día, el cual es razonable para un sistema de estas características, pero elevado para un sistema continuo.

Se utilizó la herramienta EPANET 2.0 para realizar las modelaciones hidráulicas, es un software libre con capacidad de evaluación hidráulica de sistemas de tuberías con flujos a presión. El mismo fue desarrollado por la Agencia del Medio Ambiente de los EEUU (U.S Environmental Protection Agency – EPA). Se tomó como punto de partida el modelo físico elaborado en la etapa de calibración.

4.2.3.1. *Distribución de la demanda*

La distribución de la demanda fue realizada a partir de los datos incluidos en el modelo hidráulico calibrado. En particular Siguatepeque no cuenta con un catastro de usuarios del sistema actualizado, por lo que la distribución de la demanda se ha realizado de forma uniforme entre los nodos del sector modelado, a partir de la información de usuarios por barrios suministrado por el Prestador.

4.2.3.2. *Modelo físico*

El modelo físico de la red de distribución incluye: Nodos y Tuberías.

Para los **Nodos** del modelo se incluye:

- Cota de terreno.
- Demanda.

Para las **Tuberías** del modelo se incluye:

- Longitud
- Diámetro
- Coeficiente de rugosidad

Se ha considerado un modelo con expresión para determinar pérdidas de carga de acuerdo a la fórmula de Hazen Williams; con valores de C entre 120 y 135 en función del material de la tubería.

Ante la falta de información de los equipos de bombeo instalados, los pozos han sido modelados a partir de válvulas reguladoras de caudal. Este dato si está disponible, ya que fue medido.

4.2.4. Evaluación del sistema actual de distribución

El funcionamiento del sistema actual es bastante complejo, debido a la intermitencia del servicio. El cual precisa de la manipulación de muchas válvulas para poder abastecer diferentes sectores, con horarios de servicio establecidos y no permitiendo brindar un servicio continuo.

En particular el funcionamiento del sistema es el siguiente en lo que refiere al manejo de la distribución a partir de tanques, en dónde hay distintos subsectores abastecidos por cada tanque.

- **Sectores abastecidos desde Santa Marta:**
 - Zaragoza.
 - Zona hacia el norte de avenida 21 de agosto.
 - Zona hacia el sur de avenida 21 de agosto (excluido Zaragoza).
- **Sectores abastecidos desde Calanterique:**
 - Zona hacia el norte de avenida 21 de agosto.
 - Zona este de Calanterique.
 - Zona hacia el sur de avenida 21 de agosto.
- **Sectores abastecidos desde Parnaso:**
 - Zona norte de Parnaso.
 - Zona sur de Parnaso.
- **Sectores abastecidos desde Guaratoro:**

- Zona abastecida desde el tanque Guaratoro.
- **Sectores: San Antonio, San Miguel y Colonia América:**
 - Zona de San Miguel, San Antonio y Colonia América. Cada uno se corresponde a un sistema independiente.
- **Sector San Francisco.**
 - Sector abastecido por el pozo San Francisco.
- **Sector Las Colinas.**
 - Sector abastecido por el conjunto de tanques Las Colinas y Colinas Quebra Carga.

El realizar la modelación hidráulica de la red existente, nos permite evaluar las tuberías principales y secundarias, así como la identificación de la ubicación de las fuentes, planteamiento de sectorización en función de los tanques existentes y construcción de nuevos tanques en función de la distribución de la demanda y usuarios. En particular, el objetivo es obtener un sistema que cumpla con los siguientes criterios:

- Presión mínima: 10mca.
- Presión máxima: 60mca.
- Gradiente hidráulico en tuberías principales: $J \leq 10\text{m/km}$.

Los resultados de la simulación hidráulica, permite determinar, si para los requerimientos actuales, la red presenta condiciones aceptables en cuanto a capacidad, velocidades, presiones.

A partir de los resultados se observa que:

- Se requiere ampliación de tanque Parnaso, obra ya realizada.
- Ampliación de fuentes y construcción de tanque de almacenamiento y distribución en la zona norte de la localidad (barrio San Francisco). Se ha identificado la fuente en predio Militar. Es una zona que por su ubicación geográfica, resulta difícil enviarle agua desde el punto de producción principal: Rosenthal Oliva.
- Es necesario generar refuerzo en la conducción existente hacia tanque Parnaso.
- Se deben generar cierres en las tuberías de mayor diámetro, arriba de 75mm.
- Se detectan bajas presiones, incluso en zonas bajas respecto a la cota de los tanques, debido a la restricción hidráulica que imponen las tuberías existentes (gradientes superiores a los 10m/km). Se recuerda que se está frente a un escenario de demandas muy elevadas.

- Para la capacidad de producción existente, con la demanda impuesta, los tanques resultan insuficientes en su volumen de almacenamiento.

4.2.5. Continuidad del servicio

Uno de los principales déficit del sistema de abastecimiento de Siguatepeque es su bajo indicador de continuidad del servicio, medido en horas diarias de servicio que en promedio tienen los usuarios.

Los valores de continuidad del servicio durante el primer semestre del año 2016, para cada sector de abastecimiento fueron los siguientes:

FUENTE	SECTOR	Horas/Día
PTAP Rosenthal Oliva	LAS AMÉRICAS	24
	BARRIO EL PARNASO (parcial)	24
	ZARAGOZA (ZONA DE LA CRUZ ROJA)	24
Tanque Santa Marta	BUENOS AIRES #2	6
	SANTA MARTA (ALTO)	6
	SANTA MARTA (BAJO)	6
	ZARAGOZA	6
Tanque Santa Marta Alto	ALTOS DE SANTA MARTA (PARTE ALTA)	6
	ALTOS DE SANTA MARTA (PARTE MEDIA)	6
	ALTOS DE SANTA MARTA (PARTE BAJA)	6
Tanque El Parnaso	Bo. ABAJO	9
	EL CENTRO (ZONA DE LA IGLESIA)	9
	LAS MERCEDES	9
	CABAÑAS	9
	PARNASO	9
	CAMPO ALEGRE	6
PTAP Guaratoro	BUENA ESPERANZA, SAN ANTONIO, LA CALAVERA, EL HIGO, BUENOS AIRES	18
Agua Cruda Guaratoro	COL. VICTOR CHAVEZ	6
Pozo San Francisco	LAS DOS SALIDAS	6
	LAS TORRES Y ZONA DE EDUARDO	6
Las Colinas Tanque Grande	SAN ANTONIO (ZONA ALTA)	
	FATIMA ZONA ALTA	12

FUENTE	SECTOR	Horas/Día
	LAS FLORES	12
	ZONA DE LA CASETA (2)	12
	FATIMA ZONA BAJA	12
Las Colinas Tanque Pequeño	ZONA DEL GRINGO, EL OASIS y LA TORRE	6
	COL. DE LOS FORESTALES y COL. VISTA HERMOSA	6
	ZONA ALTA COLINAS	6
	ZONA DE LA CASETA (1)	6
Pozos San Miguel II y IV	SAN FRANCISCO (ENTRADA), BOULEVARD y 1ERA AV.	9
	2da Y 3ra AVENIDA	9
Tanque Alto Calanterique	CALANTERIQUE PARTE BAJA	6
	CALANTERIQUE PARTE ALTA	6
Tanque Calanterique	SAN JUAN, LOS ANGELES, LOS LAURELES	6
	SAN LUIS AC, SUYAPITA, SAN MIGUEL, BRISAS DEL RIO, SAN ANTONIO	6
	EL CARMEN (avenidas), LA PRIMAVERA, Bo.ARRIBA, CENTRO	6
	EL CARMEN (calles), MACARUYA	6

Tabla 4-9: Continuidad del Servicio por sector

Son pocos los sectores que disponen de un sistema continuo: Las Américas, una fracción del sector Parnaso y Zona Cruz Roja en Zaragoza. El resto presenta un suministro discontinuo.

Las causas para estos bajos valores son principalmente: forma de operación de los tanques y sectores, elevada demanda por falta de micromedición y alta incidencia de pérdidas por mala calidad de redes y conexiones, baja capacidad de producción y deficiencias en la sectorización de la red (sectores altos y bajos comparte un mismo sector).

Dentro de los objetivos del PIIAP está lograr el aumento de las horas de continuidad con una meta de mediano plazo de alcanzar las 24 horas de servicio.

5. CONCEPCIÓN FUTURA DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

Las principales líneas estratégicas de acción del Plan de Inversiones, son las que se indican a continuación en forma cronológica según la prioridad y factibilidad de ejecución a lo largo del período de diseño.

- + Conformación de un sector Norte en el área de servicio actual: tratamiento de la fuente Chamalucua, incorporación de nueva fuente, construcción de tanques y mejora de la red principal de distribución.
- + Aumento de la capacidad de producción del Sistema Principal PTAP Rosenthal Oliva: incorporación de dos nuevas fuentes superficiales con capacidad total en verano de 135 l/s; ampliación de la PTAP R.O. en 100 l/s; ampliación de capacidad de conducciones a tanques principales
- + Mejoras en los sectores actuales de distribución: las mejoras requeridas son de porte menor dado que las inversiones llevadas adelante en la actualidad (año 2016) han resuelto la mayoría las deficiencias existentes.
- + Ampliación del servicio a nuevas áreas: se propone la ampliación gradual del servicio de agua potable a diferentes barrios y colonias agrupadas en los nuevos sectores Sur, Este, Parnaso Alto, Colonia Mata, Colonia Orellana y Altos de Santa Marta.

La descripción detallada de los diferentes grupos de inversiones requeridas se realiza en el presente capítulo.

5.1. Descripción General

A partir de la información disponible y generada en lo que refiere a densidad de población a nivel de barrios delimitados por INE, se ha procedido a sectorizar el sistema, priorizando la conformación de sectores actuales, capacidad de tanques y líneas de conducción.

Es decir, cada sector se ha delimitado considerando la distribución geográfica de los distintos componentes físicos del sistema: tanques, tuberías y fuentes de abastecimiento.

Asimismo, el sistema requiere la construcción de una nueva planta potabilizadora en la zona Norte, y la ampliación en la capacidad de producción de la planta Rosenthal Oliva.

La población por sectores fue determinada a partir del uso de herramientas de manejo de información geográfica: GVSIG. Mediante el análisis de esta información, y procesamiento en sistemas de información geográfica, se han definido los siguientes sectores de distribución (ver mayor detalle en lámina de proyecto H04).

En la siguiente figura se presentan los sectores propuestos así como la demanda para cada uno de ellos en escenarios: 2020 y 2030.

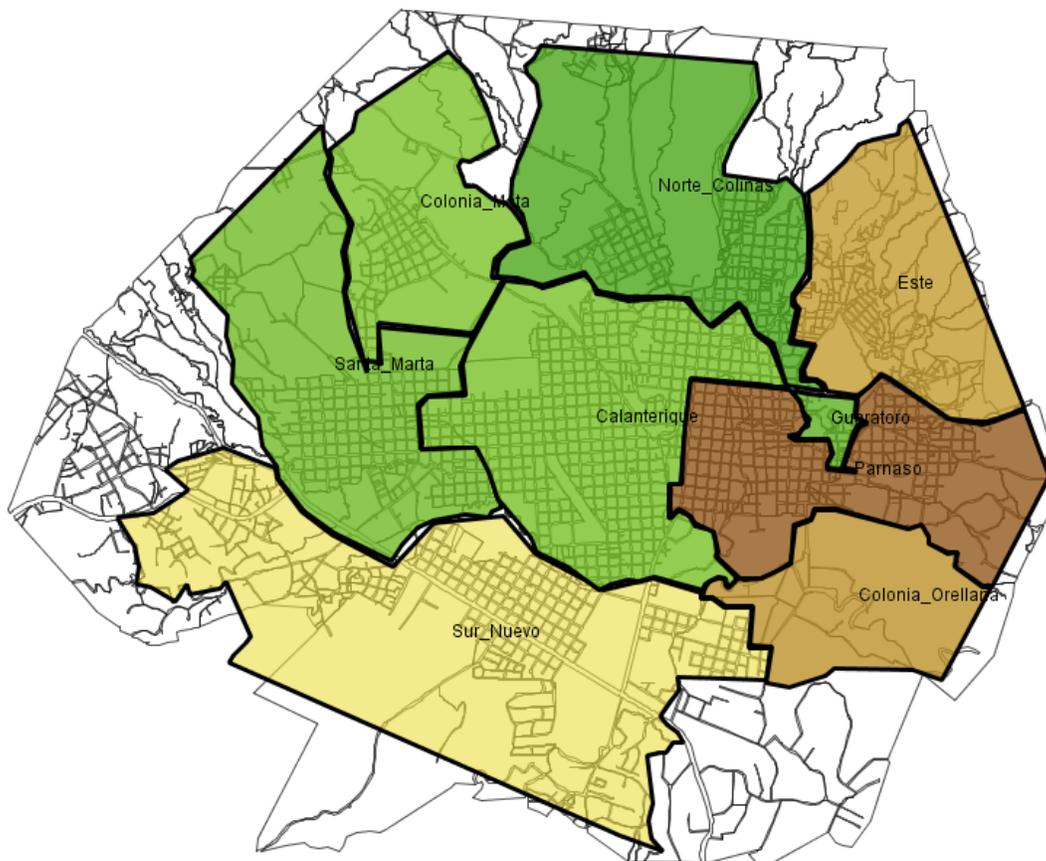


Figura 5-1 Sectorización futura

Sector	QMD m3/d 2020	QMD m3/d 2030
Sur_Nuevo	2,967	4,467
Santa_Marta	2,305	3,470
Calanterique	5,504	8,286
Colonia_Mata	1,058	1,592
Parnaso	3,589	5,403
Guaratoro	370	556
Norte_Colinas	1,996	3,005
Colonia_Orellana	269	405
Este	1,828	2,752
TOTAL	19,887	29,937

Tabla 5-1: Proyección de demanda, por sectores

En particular se considera **Sistema Principal (24,934m3/d en el año 2030)** con los siguientes sectores principales:

- Santa Marta, sector abastecido desde tanque Santa Marta.
- Calanterique, sector abastecido desde tanque Calanterique.
- Parnaso, sector abastecido desde tanque Parnaso.
- Guaratoro, sector abastecido desde tanque Guaratoro.
- Sur Nuevo, sector propuesto para abastecimiento de población ubicada al sur de la CA-5. Se corresponde a un sector a implantar, considerando la ampliación geográfica del sector.
- Este Nuevo, sector ubicado al este de Siguatepeque. Se corresponde a un sector a implantar, considerando la ampliación geográfica del sector. En particular se prevé que reciba agua por recalque desde el tanque Parnaso.

Sistema Norte (3,005 m3/d):

- Sistema Norte – Colinas

Sistemas Independientes:

- Colonia Mata (1,592 m3/d).
- Colonia Orellana (405 m3/d).

En las siguientes figuras se presentan la delimitación geográfica de cada Sistema definido.

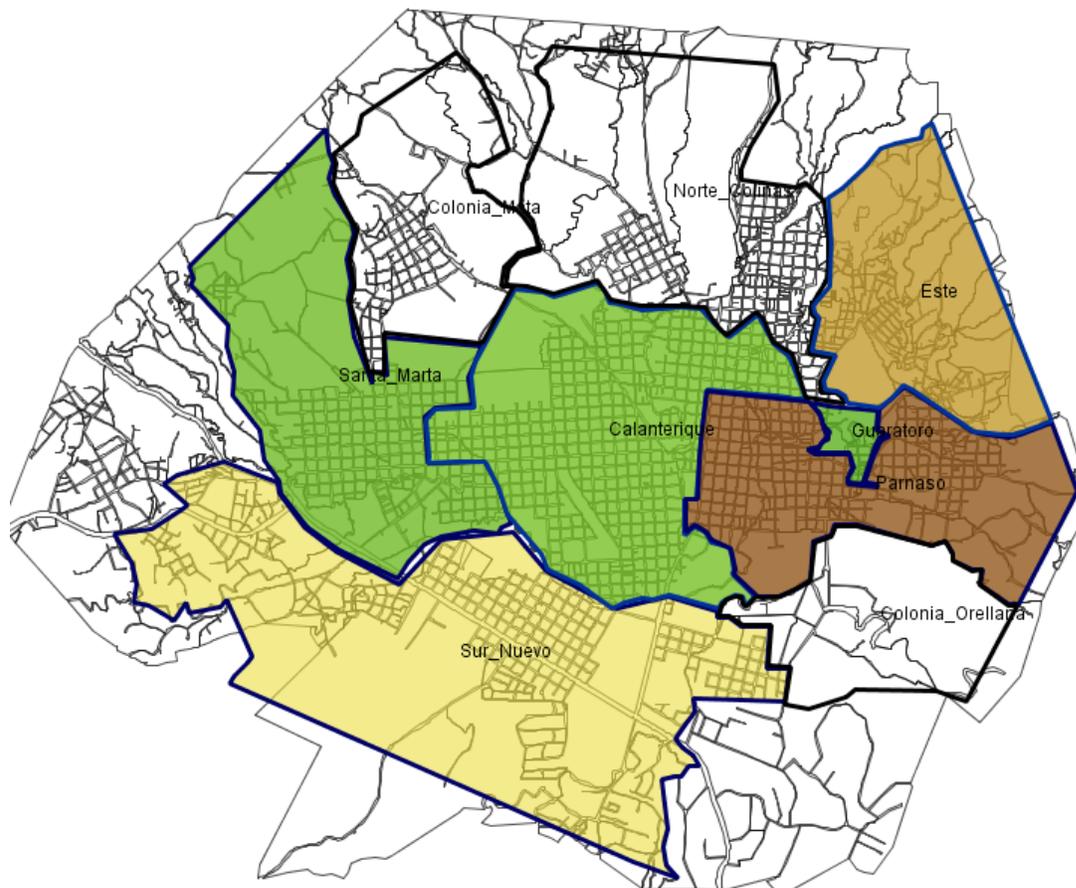


Figura 5-2Sectorización futura– Sistema Principal

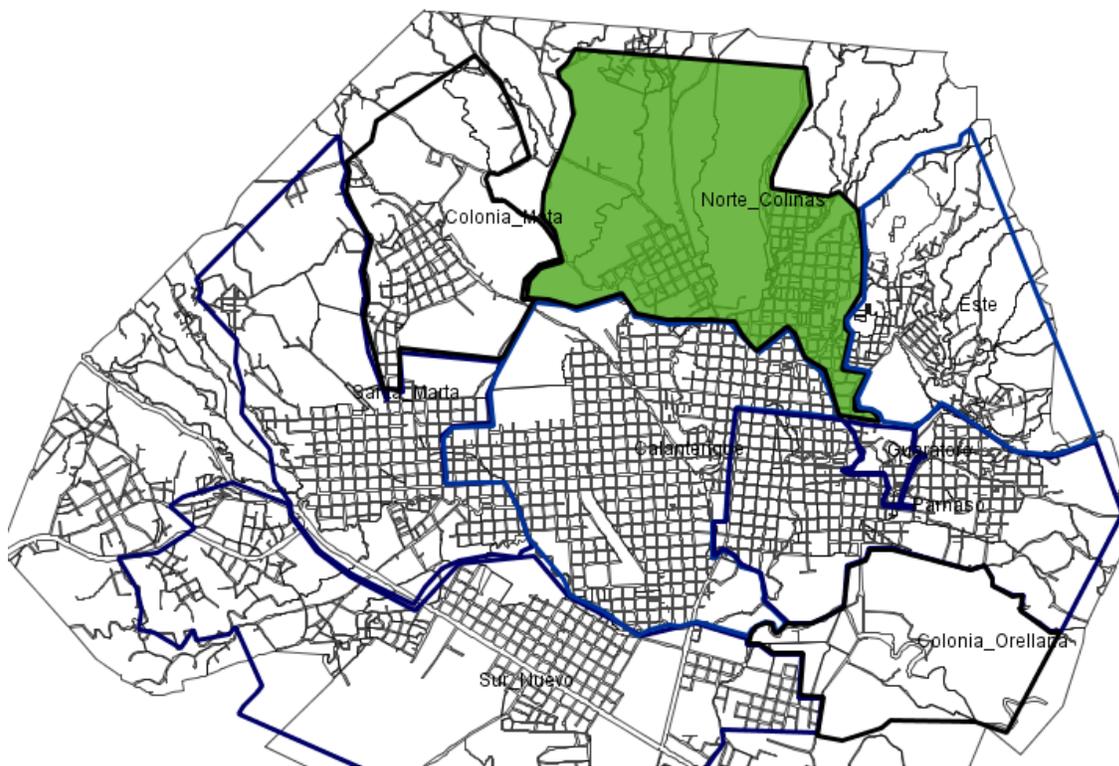


Figura 5-3 Sectorización futura– Sector Norte

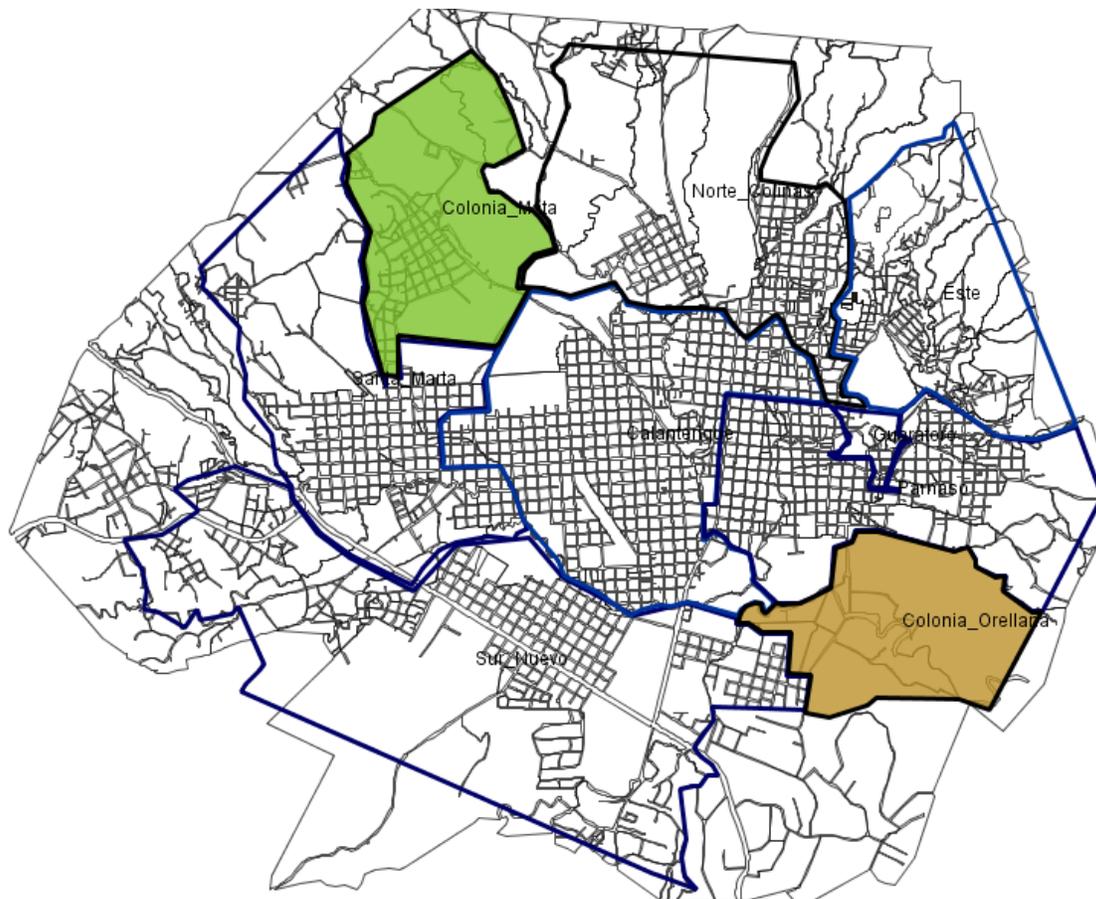


Figura 5-4 Sectorización futura – Sectores Colonia Mata y Colonia Orellana

5.2. Propuesta de implantación de nuevos sectores

La ampliación del sistema de distribución a los nuevos sectores que se proponen agregar, se realizará en forma secuencial según el siguiente cronograma tentativo.

Sector	Barrios y Colonias	Población estimada 2030	Año de incorporación
Sur (*)	Calán, Monte Pinar, San Ramón, Paso Hondo, Buena Vista, Zaragoza, Colonia América, Colonia Forestal.	13,900	2021 – 22
Este	Juan Avelar, San Antonio, Plan del Zapote, Tres Pasos.	8,600	2022
Parnaso Alto	Planes de Parnaso, Brisas del Bosque, Colonia Víctor Chávez, Guillermo Martínez.	4,200	2023
Colonia Mata	Colonia Mata, Noe Cruz Villeda.	4,960	2024
Colonia Orellana	Colonia Orellana.	1,260	2025
Altos Santa Marta	Zona Alta de Santa Marta, Barrio Tablón de Birrinche.	1,620	2026

Tabla 5-2: Nuevos sectores de servicio

(*)- El sector Sur incluye a sectores que actualmente ya son abastecidos por AdS, por ejemplo Zaragoza y Las Américas.

5.3. Fuentes de abastecimiento a los sectores

En lo que sigue se presenta la identificación de fuentes de suministro para garantizar cubrir la demanda proyectada a nivel de sectores y la distribución de agua potable a cada uno de los sectores considerados.

La infraestructura actual de redes de distribución de agua desde producción a tanques, así como la planimetría y ubicación de los usuarios juega un papel fundamental para la ubicación geográfica de las nuevas fuentes de abastecimiento.

5.3.1. Abastecimiento Sector Principal

El abastecimiento requerido para el sector principal es de 24,934m³/d. En el siguiente esquema simplificado se presenta la demanda por cada uno de los sub sectores y la producción existente y requerida.

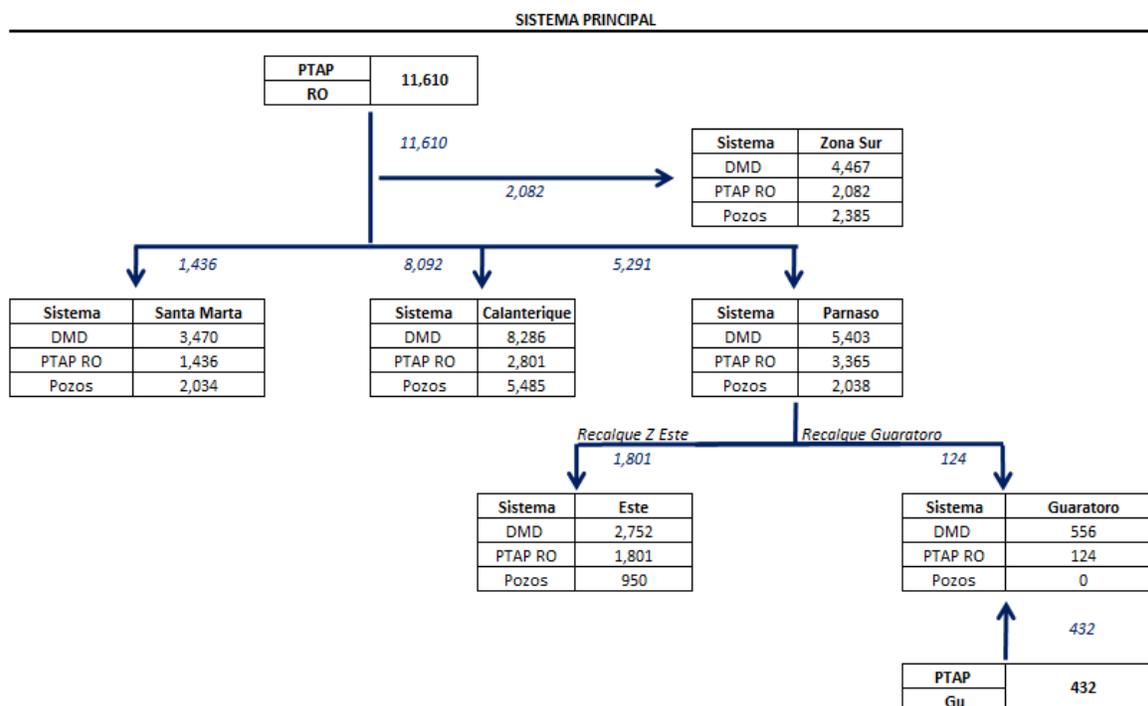


Figura 5-5 Distribución de la Demanda – Sector Principal (valores en m³/d)

Nota: DMD - demanda máxima diaria 2030; PTAP RO - caudal derivado desde PTAP Rosenthal Olival, Pozos - caudal derivado desde pozos, PTAP Gu - caudal derivado desde PTAP Guaratoro. Los números en azul

representan los caudales circulantes en el sistema, excluido desde pozos. Se pueden apreciar los recalques que toman desde tanques Parnaso y elevan hacia sistemas: Este y Guaratoro.

En lo que sigue se presentan los pozos que aportan a cada uno de los sistemas descritos.

- Sistema pozos Santa Marta: 2,034m³/d
 - Alcaravanes: 409m³/d.
 - Macaruya: 433m³/d.
 - Santa Marta: 1,192m³/d.

- Sistema de Pozos Calanterique: 5,485m³/d
 - SANAA: 954m³/d.
 - Fresera: 1,908m³/d.
 - San Juan: 1,431m³/d.
 - Aterrizaje: 1,192m³/d.
 - En la configuración presentada, el pozo Zaragoza puede permanecer apagado en reserva; aliviando la explotación del acuífero en su zona central.

- Sistema de Pozos Parnaso: 2,038m³/d.
 - Curtiembre: 1,036m³/d.
 - El Vivero: 1,002m³/d.

- Sistema de Pozos Sur: 2,385m³/d.
 - Se considera la construcción de dos nuevos pozos en el sector.

- Sistema de Pozos Este: 950m³/d.
 - Se considera la construcción de un nuevo pozo en el sector. En este sector ya existen algunos pozos en funcionamiento.

En la siguiente tabla se resumen los datos presentados.

Parámetro	Q (m ³ /d)	Descripción
Demanda Sector	24,934	Principal
Fuente superficial	12,042	RO + Guaratoro
Pozos Existentes	9,557	
Pozos nuevos	2,385	Sector Sur
Pozos nuevos	950	Sector Este
Suma producción	24,934	

Tabla 5-3: Fuentes necesarias Sector Principal

5.3.1.1. *Construcción nuevos pozos*

En particular se destacan la construcción de dos nuevos pozos en el Sector Sur (capacidad unitaria 250 GPM) y un nuevo pozo en el sector Este (capacidad unitaria 200 GPM).

De acuerdo al informe de referencia sobre el acuífero de Siguatepeque, la explotación es conveniente realizarse fuera del área densamente poblada de la ciudad. Actualmente ya se tienen pozos en la zona Este que abastecen colonia Juan Avelar. La zona Sur es también indicada como adecuada para la construcción de nuevos pozos, en particular al otro lado de la carretera CA-5, ubicación similar al pozo El Vivero construido en el presente año.

5.3.1.2. *Ampliación capacidad de producción superficial*

A partir de recorridos locales, curvas de nivel del Sistema de Información Geográfico se han identificado dos nuevos puntos de captación superficial:

- **Toma en Quebrada La Laguna.** Esta toma consiste en una cortina que interceptará el curso para captar el agua y luego se propone la ejecución de un trasvase hacia presa El Tablón. Se considera una capacidad de producción de 50 L/s (4,320 m³/d). La cuenca en el punto de cierre: 406,823.00 m E, 1,602,263.00 m N UTM 16P es de 200 hectáreas. Para asegurar el flujo por el trasvase hacia El Tablón la captación debe ser construida en la cota + 1,630m o más elevada.
- **Toma en Quebrada Rincón.** En este caso además de la estructura de captación, es necesaria la construcción de una conducción hacia una nueva planta potabilizadora ubicada continua a RO. Se considera una capacidad de producción promedio de 60 L/s (5,184 m³/d). Como se presenta en el punto 5.3.1.3, en condiciones promedios de precipitaciones, se podrían extraer hasta un máximo de 100 L/s. La cuenca en el punto de cierre: 399,992.00 m E, 1,610,546.00 m N UTM 16P es de 830 hectáreas. La cota prevista para la construcción de la captación es aproximadamente + 1,300m.

En las siguientes figuras se presentan las tomas indicadas. Conjuntamente en lámina de proyecto H18 se presentan con mayor detalle las tomas indicadas.

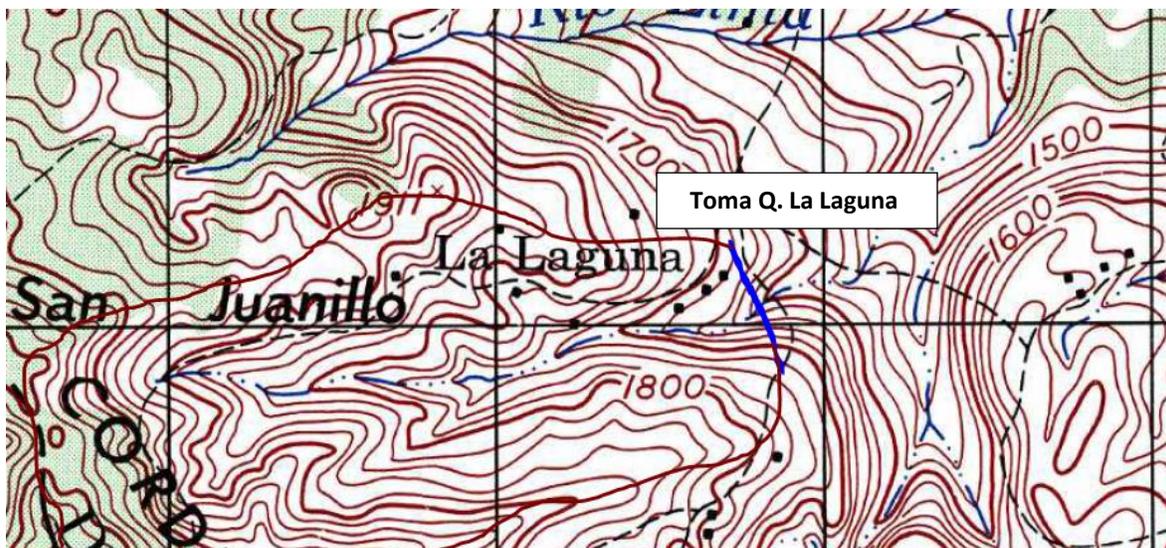


Figura 5-6 Toma sobre Quebrada La Laguna

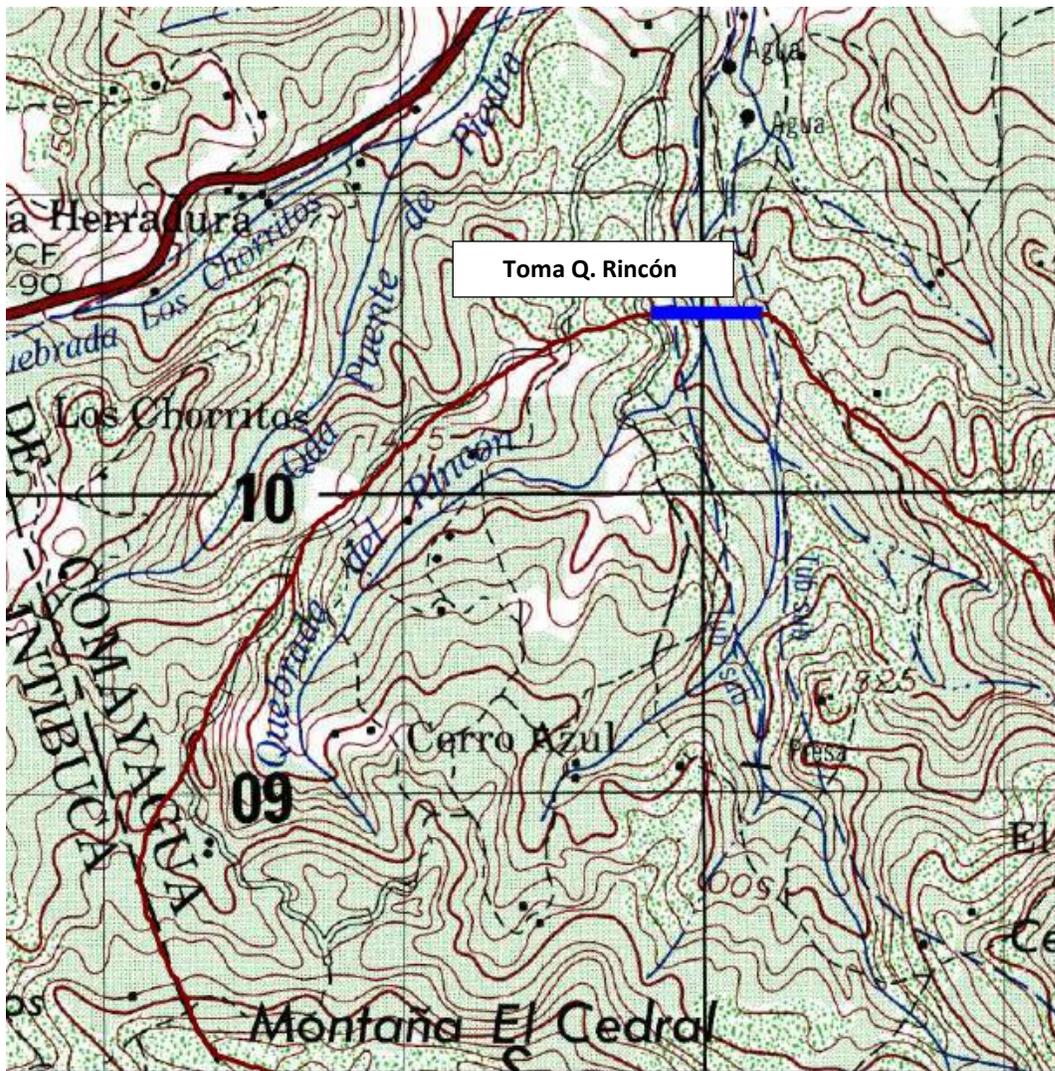


Figura 5-7 Toma sobre Quebrada Rincón

Considerando la capacidad verano de captaciones a RO, y con las nuevas captaciones indicadas, se tendrá una producción segura de hasta 135 L/s. En consecuencia también es propuesta la ampliación de la capacidad de la planta RO a un total de 200 L/s; esto permitirá en escenarios de disponibilidad normal de agua proceder al apagado de pozos, permitiendo recuperación del acuífero y un ahorro considerable de energía.

En lámina de proyecto H18 se puede ver a mayor detalle las cuencas de cada punto de cierre indicado, así como el trazado de las conducciones correspondientes.

En el caso de Quebrada Rincón, se ha considerado un trazado por puntos bajos, limitando pasaje por puntos altos relativos de la topografía de forma de evitar el corte de la piezométrica con la tubería.

Se ha considerado una capacidad de conducción de 100 l/s, con los siguientes resultados.

Caudal	100	L/s
Caudal	0.1	m ³ /s
Coefficiente de rugosidad C	130	
DN PE SDR 17; PE 100	355	mm
Espesor	21.1	mm
DI	312.8	mm
Área tubo	0.077	m ²
Velocidad	1.3	m/s
Gradiente hidráulico J	0.0053	m/m
	5.3	m/km
Presión máxima en régimen estático	90	mca

Tabla 5-4: Cálculo hidráulico conducción Quebrada Rincón hacia Rosenthal Oliva

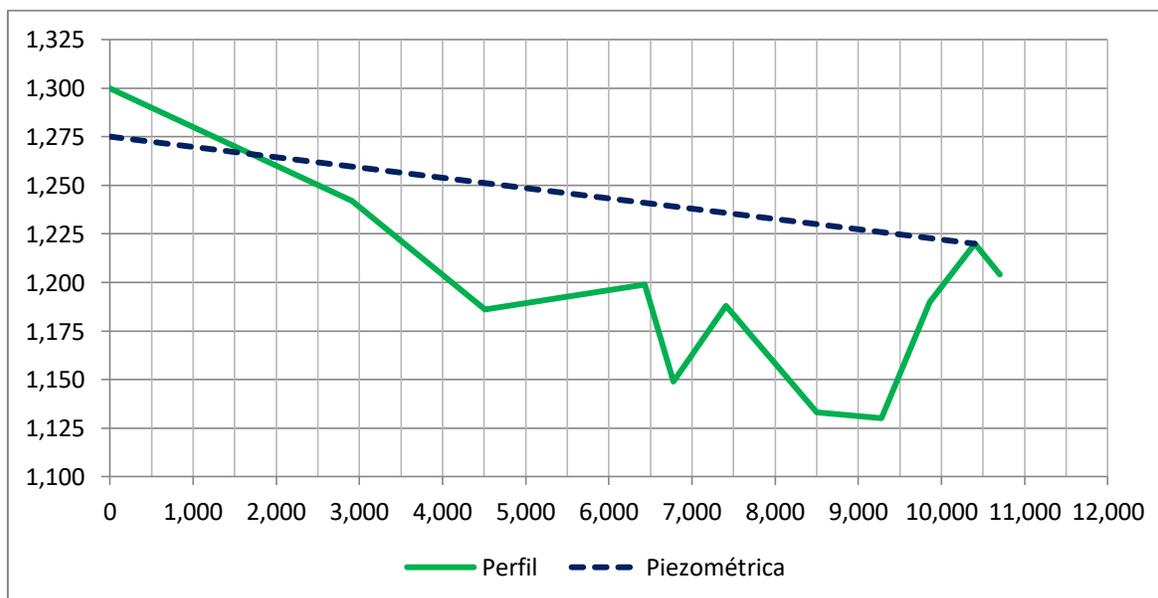


Figura 5-8 Evaluación perfil de tubería de conducción Quebrada Rincón

Como se puede observar, un primer tramo trabaja por gravedad, presurizando la línea a partir de la progresiva +1,500m.

Para un mismo diámetro, en consecuencia gradiente hidráulico, para la conducción desde Quebrada La Laguna hasta un punto alto y luego por canal natural hacia Presa El Tablón, se tiene el siguiente perfil hidráulico:

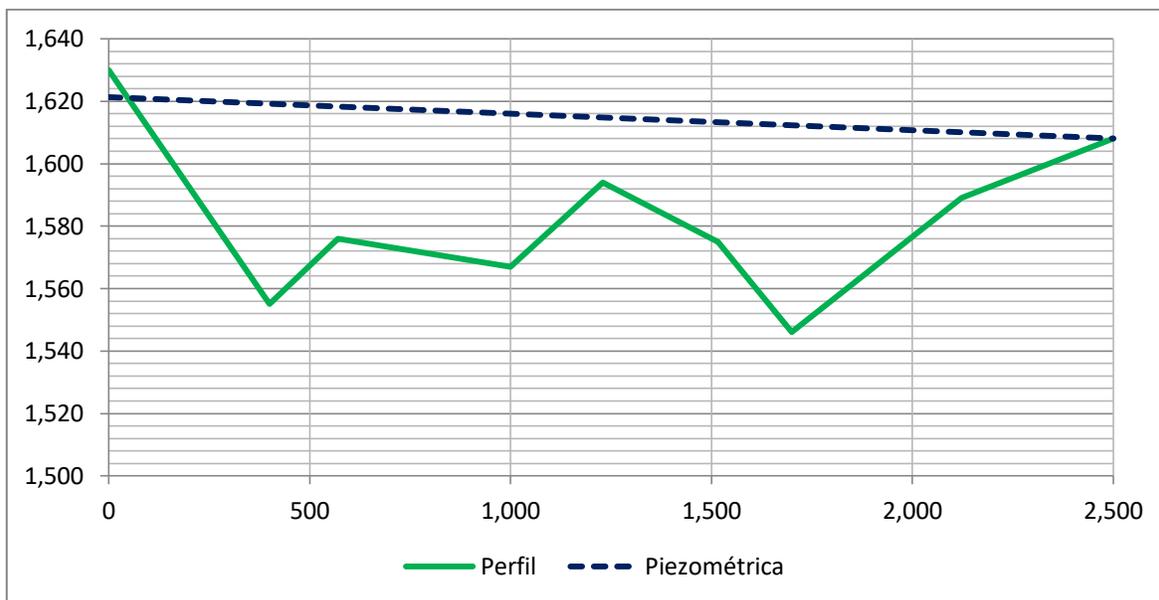


Figura 5-9 Evaluación perfil de tubería de conducción Quebrada La Laguna

Como se puede observar, un primer tramo trabaja por gravedad, presurizando la línea a partir de la progresiva +100m.

5.3.1.3. Balance hídrico embalse cuenca Quebrada Rincón

La evaluación de una cuenca con el objetivo de generar un embalse para uso como fuente de suministro de agua al sistema, debe considerar además de las características morfológicas de la cuenca: variación anual de: precipitación, evaporación y evapotranspiración.

En la siguiente tabla se presenta la variación anual de precipitación en condiciones medias, mínimas y evapotranspiración.

Mes	P_media (mm)	P_mínima (mm)	ETP (mm)
Enero	45	34	100
Febrero	24	18	115
Marzo	17	13	150
Abril	46	35	158
Mayo	160	121	150
Junio	214	162	130
Julio	167	127	130
Agosto	184	139	130
Setiembre	239	181	120
Octubre	75	57	110
Noviembre	75	57	90
Diciembre	47	36	90
Sumatoria (mm)	1,293	980	1,473

Tabla 5-5 Variación anual precipitación, ETP

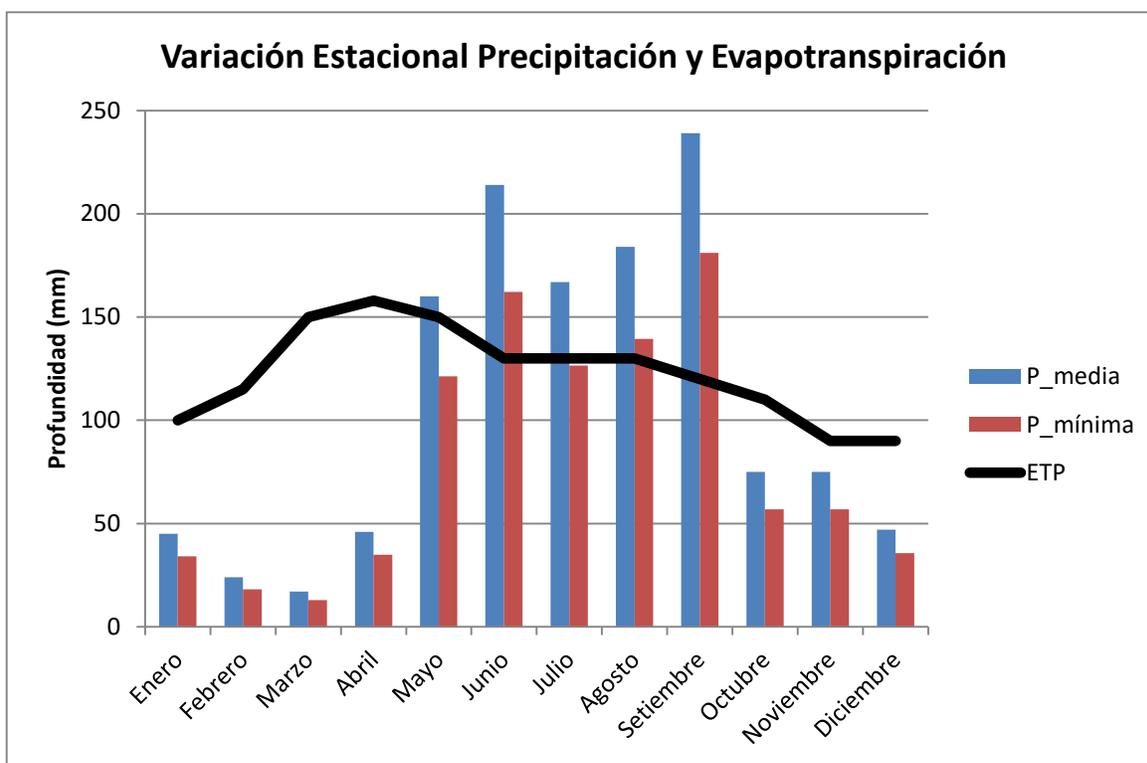


Gráfico 5-1 Variación estacional precipitación y ETP

Los periodos críticos se dan en los meses de enero, febrero y marzo. Luego se incrementan las precipitaciones en los meses de junio a setiembre.

En el punto de cierre de la cuenca, es posible elevar una presa con 6m de altura, generando un área de lago de 50 hectáreas; lo que implica un volumen de 3,000,000 m³.

El modelo matemático utilizado para la elaboración de balance hídrico, es el **modelo de Témez**. Los parámetros aplicados son los siguientes:

- Agua disponible suelo: 50mm.
- Capacidad máxima de almacenamiento: 0.916 AD.
- CPo: 0.30.
- I_{max}: 386mm.
- Coeficiente alfa: 2.325 1/mes.

A partir de la aplicación temporal de la serie de datos indicada, se han evaluado los siguientes dos escenarios:

- Serie de precipitación media, con una extracción continua de 100 L/s.
- Serie de precipitación mínima, con una extracción continua de 60 L/s.

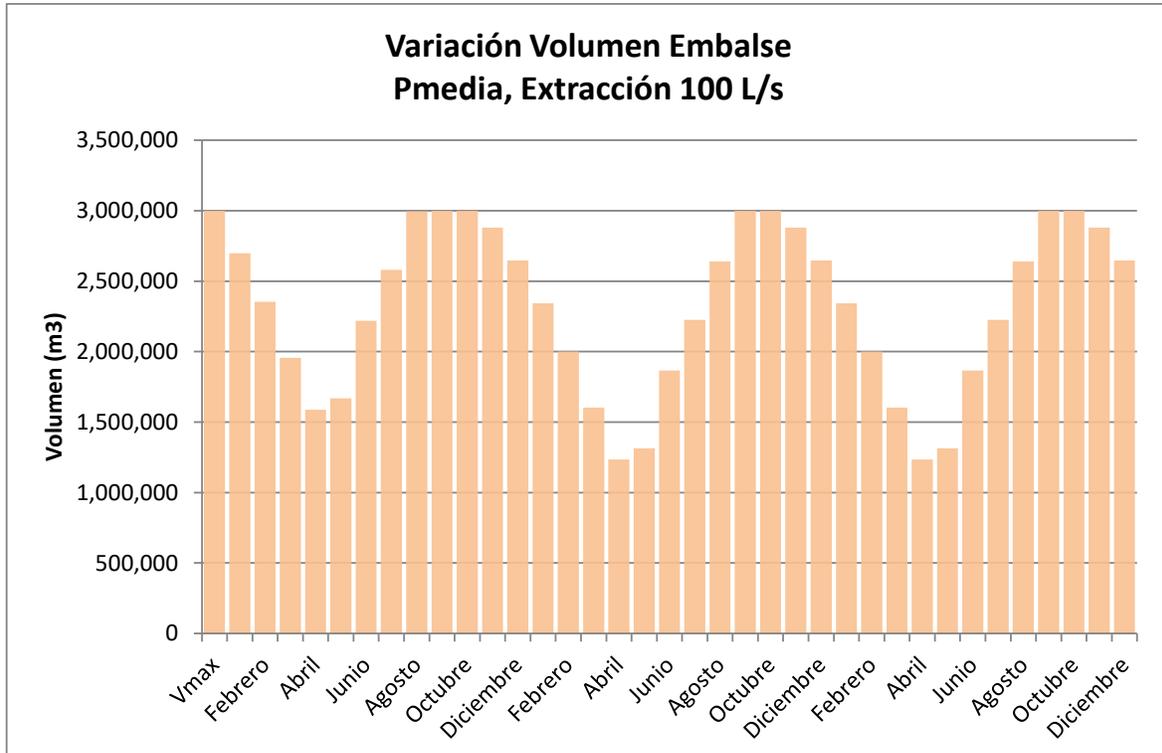


Gráfico 5-2 Variación volumen embalse, precipitación media con extracción de 100 L/s

En estas condiciones, se puede observar que el embalse recupera su volumen. Una extracción de 100 L/s va a generar en el sistema que se puedan apagar perforaciones, priorizando el uso de fuentes superficiales, con el consiguiente ahorro energético.

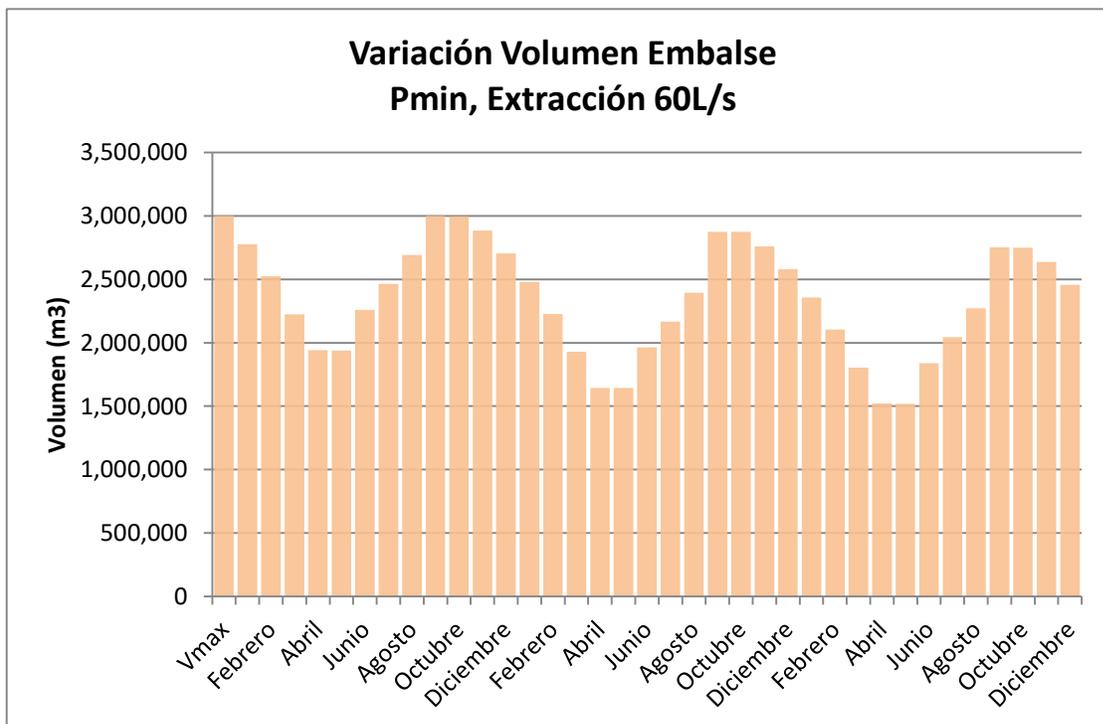


Gráfico 5-3 Variación volumen embalse, precipitación mínima con extracción de 60 L/s

En estas condiciones, una extracción de 60 L/s es viable, permitiendo recuperación del embalse. Evidentemente la recurrencia de años de escasas precipitaciones es determinante en este factor, por lo que se deberá realizar una correcta gestión del embalse.

En consecuencia, a los efectos de la concepción del sistema futuro, se considera una extracción de esta fuente de un mínimo de 60 L/s.

En el diseño del embalse deben ser considerados:

- Preservación ambiental de la cuenca, evitando cultivos con uso de agroquímicos y deforestación.
- Inclusión de compuerta de fondo, manteniendo caudales ecológicos en el curso de agua natural.

- Diseño de aliviadero de excedentes.

5.3.2. Abastecimiento Sector Norte Colinas

El abastecimiento requerido al sector Norte es de 3,005m³/d para el año 2030. En el siguiente esquema simplificado se presenta la demanda por cada uno de los sub sectores y la producción existente y requerida.

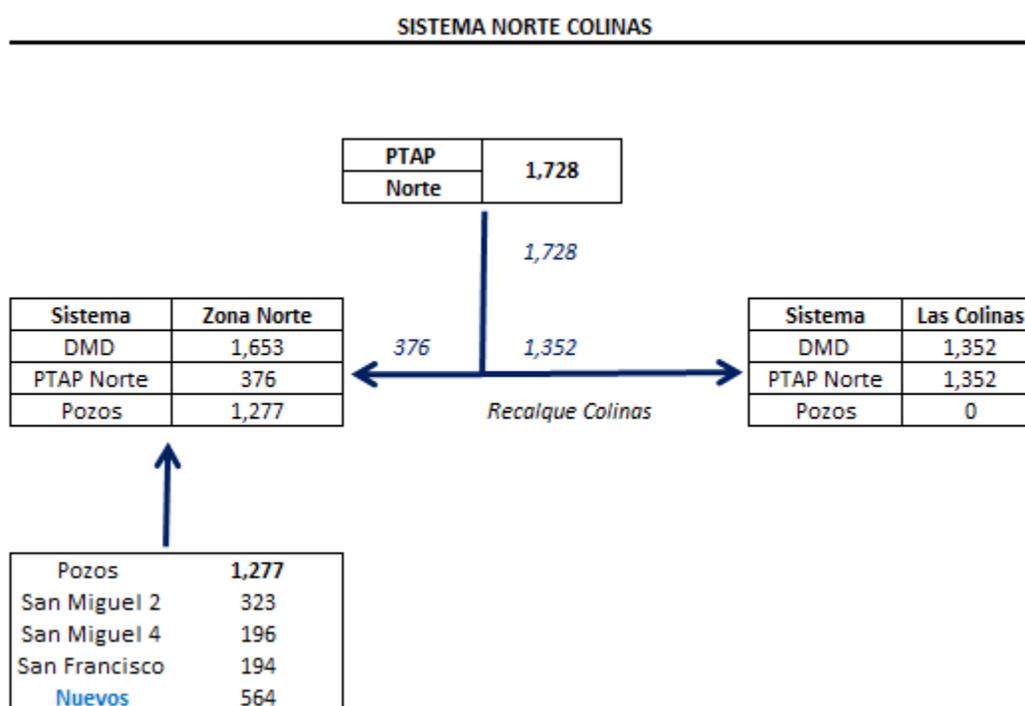


Figura 5-10 Distribución de la Demanda – Sector Norte (valores en m³/d)

Nota: DMD - demanda máxima diaria 2030; PTAP Norte - caudal derivado desde nueva PTAP a construir en la zona Norte, Pozos - caudal derivado desde pozos. Los números en azul representan los caudales circulantes en el sistema, excluido desde pozos. Se pueden apreciar el recalque en línea hacia tanque Las Colinas.

En este caso, se propone la construcción de una **nueva planta potabilizadora** con capacidad de 40 l/s en la zona Norte, la que recibirá agua desde fuente Militar (capacidad 15 l/s) y derivación desde fuente Chamalucuará (5 l/s – caudal de verano). Luego se propone un recalque para abastecer lo que hoy son los tanques en Las Colinas. Así, todo el sector de Las Colinas recibirá agua potabilizada.

En la siguiente tabla se resumen los datos presentados.

Parámetro	Q (m3/d)	Descripción
Demanda Sector	3,005	Norte
Fuente superficial	1,728	Militar y Chamalucua – PTAP Norte
Pozos Existentes	713	San Miguel II y IV, San Francisco
Pozos nuevos	564	Sector Norte
Suma producción	3,005	

Tabla 5-6: Fuentes necesarias Sector Norte

5.3.2.1. *Construcción nuevos pozos*

En particular se destaca la necesidad de construcción de un nuevo pozo en el sector (capacidad unitaria 120 GPM). Actualmente ya se tienen en el sector pozos: San Fernando, San Miguel 2 y San Miguel 4. La ubicación del mismo podría ser en la zona del Batallón del Ejército.

5.3.2.2. *Ampliación capacidad de producción superficial*

Las fuentes superficiales en este sector son Chamalucua, que actualmente alimenta Las Colinas sin previo proceso de potabilización. En consecuencia se derivará esta conducción hacia una nueva planta potabilizadora.

Una fuente actualmente en explotación se corresponde a la ubicada en: 408,012.00 m E, 1,617,871.00 m N UTM 16P, la cual es explotada en parte por el Batallón de Ingenieros (fuente Militar) y por la comunidad local. De acuerdo a mediciones de nivel sobre vertedero de excedentes de esta toma, se considera una capacidad máxima en la misma de 15 L/s (240 gpm).

Ambas fuentes totalizan una producción de 20 L/s (1,728m3/d).

5.3.3. Abastecimiento Sectores Independientes

Los sectores independientes son sectores que al día de hoy ya son sectores abastecidos por sistemas: pozo – tanque.

5.3.3.1. *Colonia Mata*

Colonia Mata a la fecha es abastecido por un sistema pozo – tanque. Se ha determinado una demanda de 1,592 m3/d.

La población actual de este sector es de unos 3,000 habitantes, con un consumo de 80 litros por persona y por día, debería tener una producción mínima de 300m³/d.

En consecuencia, se deberían construir pozos para una explotación de 1,292m³/d. Se considera la construcción de dos pozos con capacidad 120 GPM cada uno.

5.3.3.2. *Colonia Orellana*

Se corresponde a un pequeño sector con una demanda proyectada de 405m³/d. Se considera el mismo sea abastecido por un nuevo pozo con capacidad 75 GPM. La zona cercana al actual pozo La Curtiembre parece un lugar factible para la construcción del nuevo pozo necesario

5.4. Ampliación Plantas Potabilizadoras

Como se ha indicado, el objetivo es dotar de suministro de agua potable a la totalidad de los usuarios. Se considera:

- Ampliación de PTAP Rosenthal Oliva en 100 L/s para llevarla a una capacidad total de 200 L/s.
- Instalación de un PTAP de tipo modular en la zona Norte, capacidad 40 L/s. A esta planta se derivará la producción de la fuente Militar y Chamalucuará. Si bien ambas fuentes no producen más de 20 L/s en condiciones de verano, se prevé una capacidad mayor para la PTAP para aprovechar el caudal de invierno evitando el uso del agua del acuífero.

El sistema además mantendrá operativa la PTAP Guaratoro con capacidad 25 L/s.

5.5. Ampliación en capacidad de almacenamiento

Como se ha descrito en el punto 4.2.2.1, se considera adecuado un volumen de almacenamiento de un 25% de la demanda máxima diaria proyectada.

En la siguiente tabla se resumen los valores obtenidos, de acuerdo a las demandas determinadas para cada sector.

Sector	QMD 2030 (m3/d)	V_Existente (m3)	V_Requerido (m3)	V_Propuesto (m3)	V final (m3)	Vfinal / QMD
Sur_Nuevo	4,467	0	1,117	1,000	1,000	22%
Santa_Marta	3,470	378	868	500	878	25%
Calanterique	8,286	1476	2,071	0	1,476	18%
Colonia_Mata	1,592	0	398	400	400	25%
Parnaso	5,403	878	1,351	350	1,228	39%
Guaratoro	556	246	139	0	246	44%
Norte_Colinas	3,005	0	751	750	750	25%
Colonia_Orellana	405	0	101	100	100	25%
Este	2,752	0	688	700	700	25%

Tabla 5-7: Ampliación capacidad de almacenamiento en el Sector

Como se puede observar, Guaratoro queda con un volumen excedente para la zona que abastece en un escenario de verano. Esto se debe a la limitación en la capacidad de producción de la fuente Guaratoro. Inclusive se ha propuesto un pequeño recalque para conducir agua desde Parnaso hacia este tanque, utilizando la tubería de 4" existente.

En el caso de Calanterique, no hay disponibilidad física para ampliación del volumen de almacenamiento. De todas formas, el % de volumen resultante es el determinado como mínimo para amortiguar los caudales de máximo horario. La validación de que el volumen es suficiente es resultado de la modelación hidráulica realizada en período extendido para el escenario 2030.

Los tanques propuestos son los siguientes:

Sistema	Tanques Propuestos	Tipo	Cota Fondo	Volumen m3
Principal	Sector Sur	apoyado	1,170	1,000
	Sector Este	apoyado	1,165	700
	Parnaso Alto	elevado	1,210 (*)	350
	Santa Marta	apoyado	1,130	400
	Santa Marta (altos)	apoyado	1,210	100
Las Colinas Norte	Las Colinas	apoyado	1,152	350
	Sector Norte	apoyado	1,125	400
Independiente	Colonia Mata	apoyado	1,170	400
	Colonia Orellana	apoyado	1,120	100

Tabla 5-8: Identificación tanques de almacenamiento propuestos

(*) – La cota de terreno aproximada es de 1,200, altura del tanque al fondo de la cuba 10m.

El tanque de Santa Marta (altos) será necesario en caso de que el sector a abastecer se extienda a zonas más altas que las actualmente abastecidas por el tanque existente en Altos de Santa Marta.

En el caso de Colonia Orellana, Aguas de Siguatepeque deberá definir la ubicación más adecuada del mismo en función del área a abastecer en el mismo. En lámina H10 se presenta una propuesta de ubicación de tanque.

5.6. Ampliación en capacidad de conducción

La ampliación en la capacidad de conducción: tuberías aductoras y red de distribución a los usuarios es determinada a partir de la modelación hidráulica realizada.

Se han propuesto refuerzos en las tuberías de conducción principales, de los que se destacan:

- Refuerzo de tubería de 250mm que baja de la PTAP Rosenthal Oliva, longitud 2,250m.
- Refuerzo de tubería en 200mm hacia tanque Parnaso, longitud 2,330m.
- Tuberías en nuevos sectores a implantar: Sector Sur, Sector Este.
- Tuberías de impulsión en recalques para alimentar tanques en las zonas más elevadas.
- Tubería desde fuente Militar, DN150mm, L=2,895m.
- Derivación desde Chamalucuará hacia nueva PTAP zona Norte, DN150mm, L=2,120m.

5.7. Recalques – Estaciones de Bombeo

Dada la topografía del sistema, se hace necesario considerar la construcción de recalques en el sistema. En la siguiente tabla se resumen las características de los recalques propuestos.

Sistema	Recalque	Desde	Hacia	Caudal (L/s)	Carga (mca)	Pot. (kW)
Principal	Santa Marta (alto)	Tque. Santa Marta	Tque. Alto Santa Marta	6	85	8
	Calanterique	Tque. Calanterique	Tque. Alto Calanterique	4	32	2
	Parnaso 1	Tque. Parnaso	Tque. Guaratoro	1.5	5	0.5
	Parnaso 2	Tque. Parnaso	Tque. Zona Este	21	50	16
	Parnaso 3	Tque. Parnaso	Tque. Parnaso Alto	15	90	20
Colinas Norte	Zona Norte	Red en Zona Norte	Tque. Las Colinas	15.5	45	11
	Zona Las Colinas	Tque. Las Colinas	Tque. Quebra Carga Colinas	5	8	1

Tabla 5-9: Identificación recalques propuestos

Sobre los bombes propuestos los siguientes comentarios: revisar esto que sigue

- + Recalque a Tanque Alto Santa Marta: es un recalque existente que debe ser ampliado a la capacidad indicada 6 L/s, en la medida en que la demanda del sector exceda la capacidad del bombeo instalado.
- + Recalque a Tanque Alto de Calanterique: es un recalque existente que debe ser ampliado a la capacidad indicada 4 L/s, en la medida en que la demanda del sector exceda la capacidad del bombeo instalado.
- + Recalque a Tanque Guaratoro: se prevé como medida de seguridad para el caso en que la fuente Guaratoro tenga una reducción muy severa, aún por debajo del caudal mínimo previsto de 5 L/s; se prevé un bombeo de 1.5 L/s utilizando la tubería de 4" existente que se utiliza en sentido inverso.
- + Recalque a Zona Este y Parnaso Alto: son dos bombes que son necesarios instalar una vez que se vaya a integrar los sectores respectivos al sistema principal de AdS. La capacidad requerida de dichos bombeo es de 21 y 15 L/s. En forma simultánea o anteriormente es necesario mejorar la capacidad de producción y conducción a los tanques Parnaso para asegurar que el servicio pueda ser realizado en las condiciones adecuadas.
- + Recalque a Tanque Colinas: es necesario una vez implementada la PTAP Norte; de esta manera se alimenta al sector más alto de Colina del agua tratada.
- + Recalque a Quiebracarga Colinas: una vez que sea puesto en operación el bombeo anterior, se debe abastecer esta estructura más elevada que abastece la zona más alta del sector Colinas. Eventualmente se podrá implementar un sistema de bombeo directo a la red con la instalación de variador de frecuencia y eventualmente control mediante medición continua de presión en punto crítico.

5.8. Sub sectores con válvulas reductoras de presión

Al igual que el caso de los recalques, ubicación de tanques, en algunos casos se hace necesario instalar válvulas reductoras de presión y delimitación de subsectores para limitar presiones excesivas en el sistema.

En particular se han identificado en sectores nuevos del servicio:

- **Zona en nuevo sector Sur.** Como se puede observar en los planos de proyecto, el sector Sur incluye la zona de Zaragoza con cotas de terreno del orden de +1,080m. El tanque en el sector se propone a cota 1,170m. La zona más al oeste del sistema, barrio Buena Vista, las cotas de terreno son del orden de los +1.150m. En consecuencia, para la zona con cotas por debajo de los 1,110m se ha previsto la instalación de una VRP en diámetro 200mm.

- **Zona baja abastecida por tanque alto de Parnaso.** Existe una zona a cotas de 1,130m y subiendo hasta el tanque propuesto a cota +1,210m. Estas cotas si bien son bajas para el tanque alto en Parnaso, están por encima del nivel hidráulico en los tanques de Parnaso. En consecuencia, para la zona a cotas por debajo de 1,160m, se las abastecerá luego de una VRP en diámetro 75mm.

5.9. Instalación de válvulas reguladoras de caudal

La hidráulica del sistema (niveles y tuberías de conducción) hace que naturalmente vaya más agua hacia el tanque Calanterique. De forma de lograr una distribución uniforme y adecuada de los caudales hacia los tres tanques principales, se deben instalar válvulas reguladoras de caudal; una por cada tanque.

- Tanque Calanterique: instalada en línea de 300mm previo ingreso al tanque. Este control se ha instalado durante el presente año 2016 en las obras ejecutadas por el PROMOSAS.
- Tanque Santa Marta: instalada en la derivación de 150mm que parte desde la línea de 300mm que va hacia Calanterique.
- Tanque Parnaso: instalada en la derivación de 250mm que parte desde la línea de 300mm que va hacia Calanterique.

5.10. Modelación hidráulica escenarios futuros

Para el diseño de las mejoras requeridas se tomaron con puntos de partida la proyección de demanda para el período y el modelo físico elaborado en etapa de calibración.

El objetivo de la modelación en escenarios futuros (2030), es poder definir las obras de mejora en el sistema de distribución de agua potable a largo plazo. Evidentemente estas obras mejoran significativamente el sistema a mediano plazo.

En particular interesa evaluar la red de distribución, en los siguientes escenarios: demanda máxima horaria (registro de menores presiones) y demanda mínima horaria (registro de máximas presiones).

Las modelaciones se realizaron por periodos de 72 horas, con un intervalo de cálculo fijado en una hora. De todas formas el software utilizado, según sean los resultados instantáneos que va obteniendo en cada paso, puede tomar incrementos de tiempo menores, de forma de obtener mayores precisiones en la modelación.

En lo que sigue se presenta el histograma de consumo utilizado para la modelación hidráulica (vista del editor de patrones de consumo de EPANET).

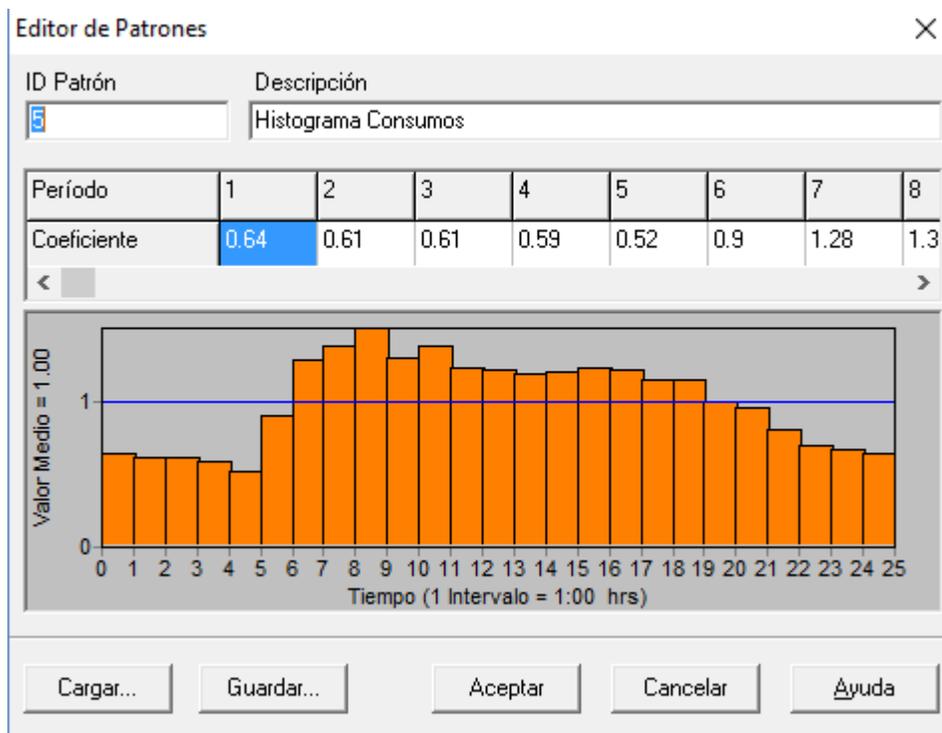


Gráfico 5-4: Histograma utilizado en la modelación extendida

Los datos relevantes del mismo son el factor correspondiente a la hora de máximo consumo; $k_2 = 1.5$.

5.10.1. Distribución de la demanda

A partir de la densidad de población determinada para cada barrio del sistema, mediante herramientas de manejo de información geográfica (GVSIG), se ha procedido a determinar la población por cada uno de los sectores ya descritos y en consecuencia la demanda.

Por mismo geo proceso, se ha determinado el número de nodos del modelo en EPANET ubicados dentro de cada sector; distribuyéndose la demanda de forma uniforme entre los cada sector.

De forma de identificar en el modelo los sectores indicados, y procesarlos de forma simple en la herramienta de modelación, se le ha asignado etiquetas a cada nodo.

<i>Sector</i>	<i>Etiqueta</i>	<i>QMD (L/s)</i>	<i>N° Nodos</i>	<i>Q/Nodo (L/s)</i>
Santa Marta	SM	34.9	100	0.349
Santa Marta (altos)	ASM	5.3	5	1.060
Calanterique	CALANTERIQUE	93.0	247	0.377
Calanterique (altos)	ACAL	3.0	12	0.250
Parnaso	PARNASO	47.8	104	0.460
Parnaso (altos)	APAR	15.2	22	0.691
Guaratoro	GUA	6.4	13	0.492
Este	ESTE	31.9	18	1.769
Colonia Mata	MATA	18.4	10	1.840
Sur	SUR	52	98	0.531
Norte	NORTE	19.1	33	0.579
Colinas	COLINAS	15.7	20	0.785
Colonia Orellana	ORELLANA	4.68	1	4.680

Tabla 5-10: Distribución de la demanda - Etiquetas

Las demandas indicadas se corresponden al escenario 2030, el día de máximo consumo: K1 = 1.05.

Dentro del modelo se tienen nodos auxiliares a los que se les ha asignado etiqueta = 1; estos nodos no representan demandas en el sistema.

5.10.2. Modelo físico

El modelo físico incluye la totalidad de las obras descritas en los capítulos anteriores, y se corresponden a las obras identificadas a mediano y largo plazo. En particular se incluyen: tuberías, válvulas especiales, tanques y recalques entre otros.

La sectorización del modelo es la indicada en los capítulos precedentes, donde se han descrito las obras necesarias a realizar en cada uno de los sectores considerados. Estas obras han sido resultado del análisis del sistema, y de la modelación hidráulica realizada.

5.10.3. Modelación hidráulica

El realizar la modelación hidráulica con la demanda futura en la red existente, permite evaluar las tuberías principales y secundarias que será necesario proyectar para poder abastecer el sistema en los escenarios futuros, así como la identificación de la ubicación de las fuentes, planteamiento de sectorización en función de los tanques existentes y construcción de nuevos tanques en función de la distribución de la demanda y usuarios.

En particular, el objetivo es obtener un sistema que cumpla con los siguientes criterios:

- Presión mínima: 10mca.
- Presión máxima: 60mca.
- Gradiente hidráulico en tuberías principales: $J \leq 10\text{m/km}$.

A partir de estas condiciones se evaluó la capacidad hidráulica de las tuberías existentes y se realizó los cambios correspondientes en el modelo hidráulico, seleccionando los diámetros correctos por medio de iteraciones sucesivas de manera que estos cumplieran los criterios mencionados anteriormente. Los resultados de la modelación se pueden ver en el modelo generado para el sistema.

En particular se han construido dos modelos complementarios de forma de poder interpretar fácilmente el funcionamiento del sistema:

- **SiguatetequePpalesV3.net**: modelo que incluye las tuberías de conducción de agua potable hacia los tanques. La demanda de cada sector es cargada en un único nodo por sector. Esto permite evaluar de forma simplificada el sistema de distribución principal del sistema, sin agregar complejidad a la visualización en el modelo. Es un modelo extendido en el tiempo, que incluye volúmenes de almacenamiento e histograma de consumos.
- **SiguaGral_conUsuarios_r3.net**: modelo que incluye la modelación a partir de los tanques de distribución. A los mismos se les hace ingresar agua de acuerdo a caudales de las fuentes que derivan hacia los mismos. Sí están incluidos los pozos que aportan directamente a la red, recalques, bombas y todos los elementos físicos que corresponden.

Cabe aclarar que son modelos escalados, lo que permite utilizar la herramienta longitudes automáticas en modo encendido.

El ingreso de agua es modelado a partir de válvulas de control de flujo.

5.11. Resultados de la Modelación Hidráulica

En lo que sigue se presentan los principales resultados obtenidos en la modelación hidráulica, en particular distribución de presiones, distribución de gradientes hidráulicos, variación de niveles en tanques y funcionamiento de equipos de bombeo.

5.11.1. Distribución de presiones en el sistema

Los resultados referentes a las presiones obtenidas en horarios de máximo consumo son presentados como un gráfico de frecuencias.

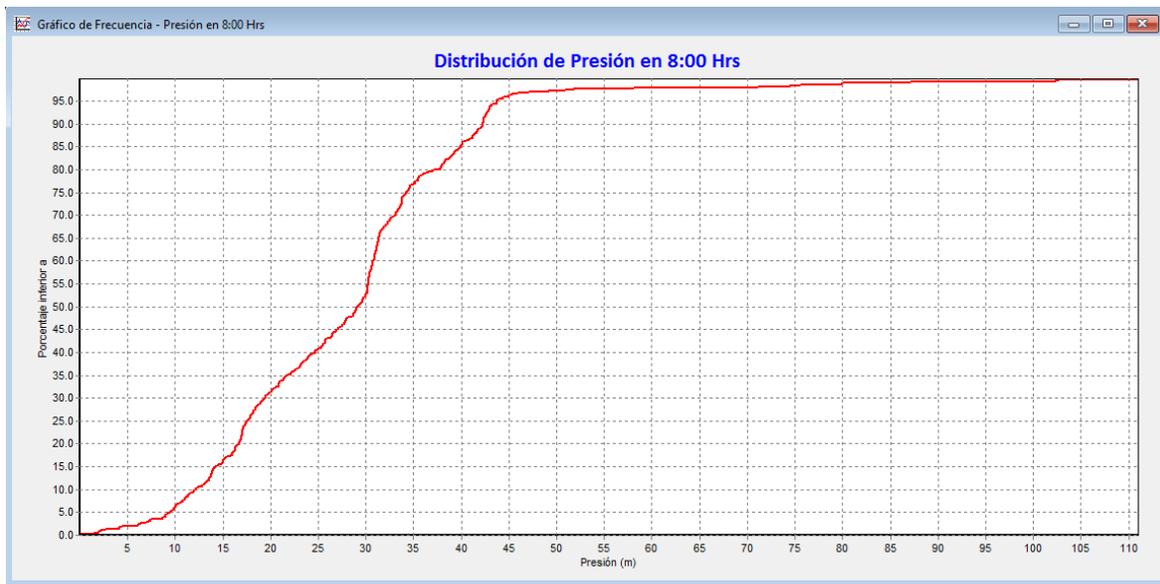


Gráfico 5-5: Distribución de presiones – hora 08:00am

Se puede observar que solamente un 5% de los nodos del sistema tienen presiones por debajo de los 10mca. En algunos casos se corresponden a valores puntuales, incluida la presión en el tanque que modelada en Epanet toma valor de cero.

En el extremo superior, quedan los nodos con presiones elevadas, y son dados por la modelación de los ingresos de las fuentes de suministro.

En consecuencia el 90% de los nodos tiene presiones entre 10 y 45mca lo que se considera adecuado para el sistema, y sobre todo que es una proyección al 2030.

En el caso de horas de mínimo consumo se tiene la siguiente distribución de presiones en el sistema:

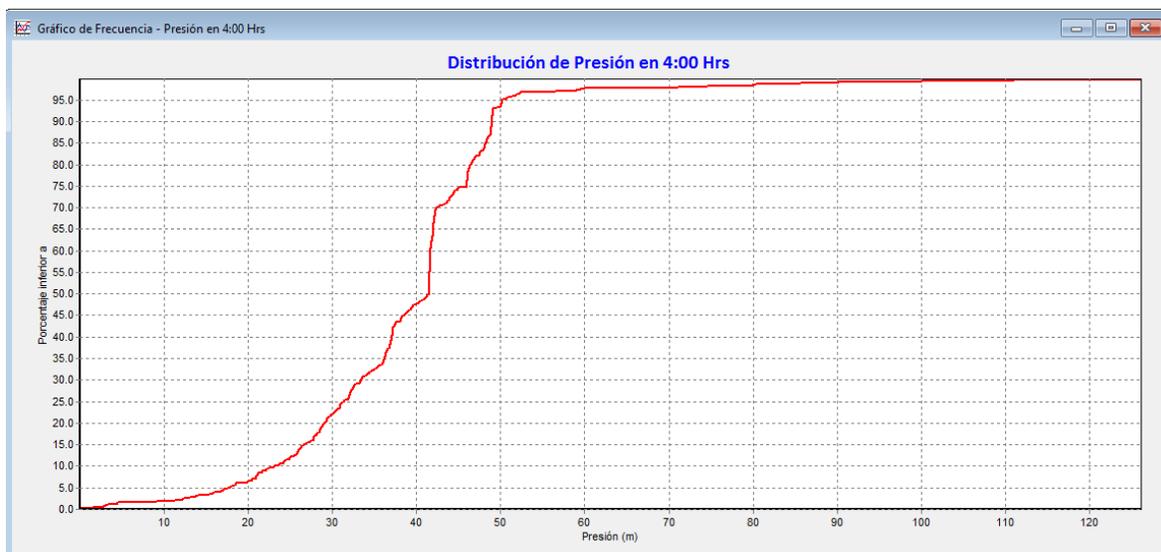


Gráfico 5-6: Distribución de presiones – hora 04:00am

Se puede observar que un 95% de los nodos tiene presiones por debajo de los 50mca.

5.11.2. Distribución de gradientes hidráulicos en el sistema

De forma de evaluar el comportamiento de las redes de distribución, los resultados son expresados a partir de la distribución de frecuencia del parámetro J expresado en m/km. En particular interesan los resultados en horas de máximo consumo.

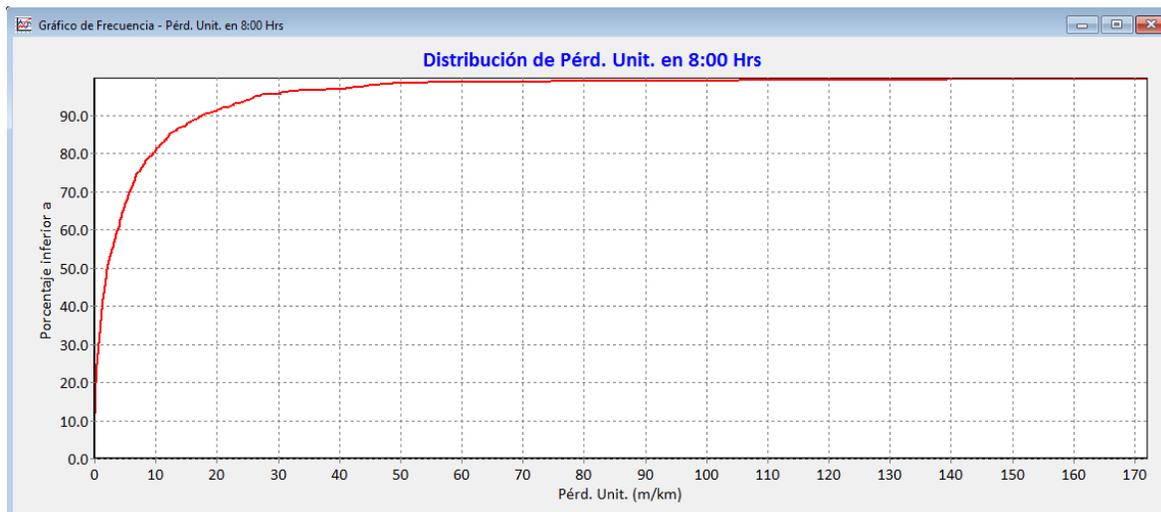


Gráfico 5-7: Distribución de gradiente hidráulico – hora 08:00am

Se puede observar que en el escenario de máximo consumo, un 80% de las tuberías tiene un gradiente hidráulico por debajo de los 10 m/km. Hay un 10% con gradientes entre 10 a 20m/km. Luego hay otro 10% con valores que superan los 20m/km; estos son los tubos

existentes en el sistema con diámetros en 50mm. Dado que no se detectan problemas de presión en estos, se está frente a un escenario 2030 y que debido a la topografía de los mismos, no se ha considerado una sustitución masiva de los mismos.

En lo que sigue se resumen los criterios utilizados para el diseño a futuro del sistema de distribución de agua potable de la localidad en estudio.

5.11.3. Variación de niveles en tanques

En este punto se presenta la variación de los niveles de agua en los tanques, demostrándose que los volúmenes indicados anteriormente son adecuados para el correcto funcionamiento del sistema.

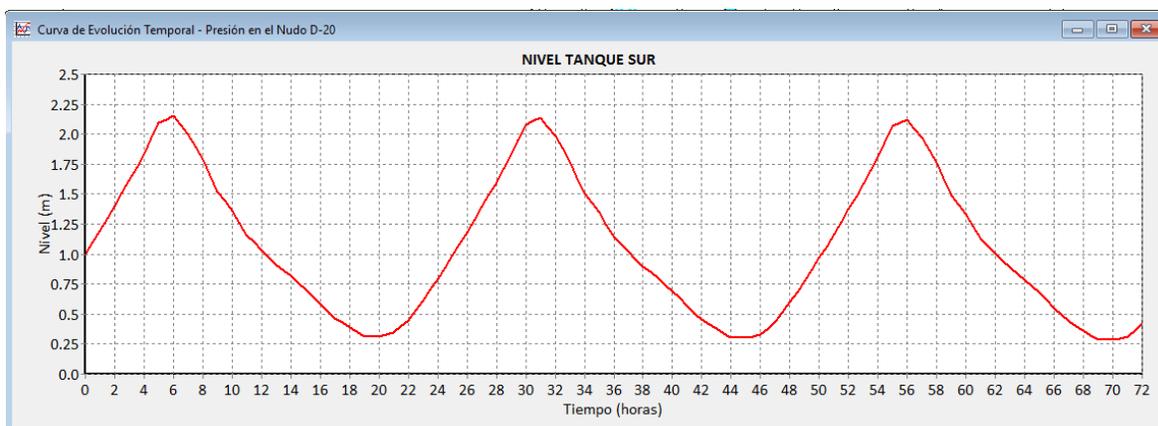


Gráfico 5-8: Variación de nivel – tanque Sector Sur

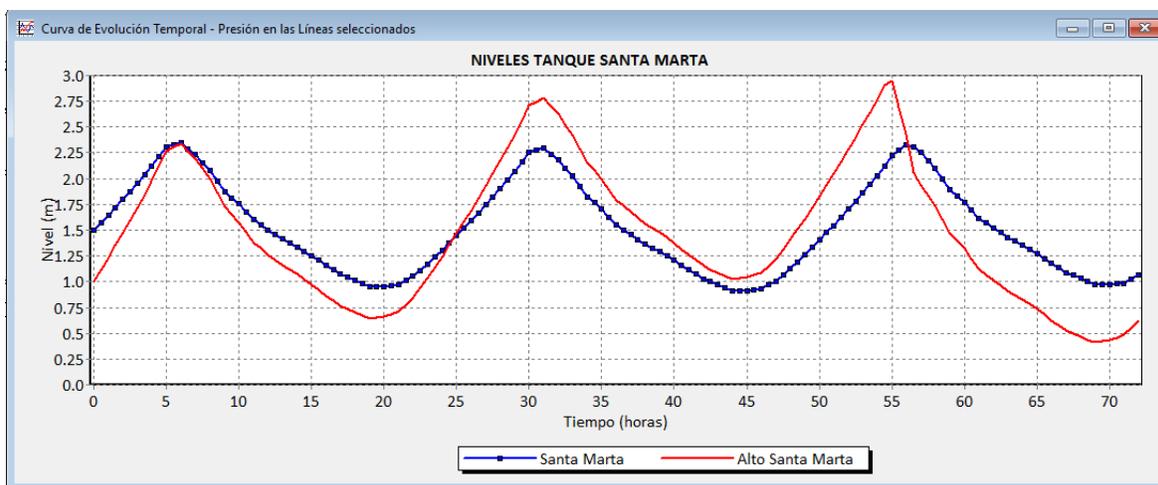


Gráfico 5-9: Variación de nivel – tanques Santa Marta

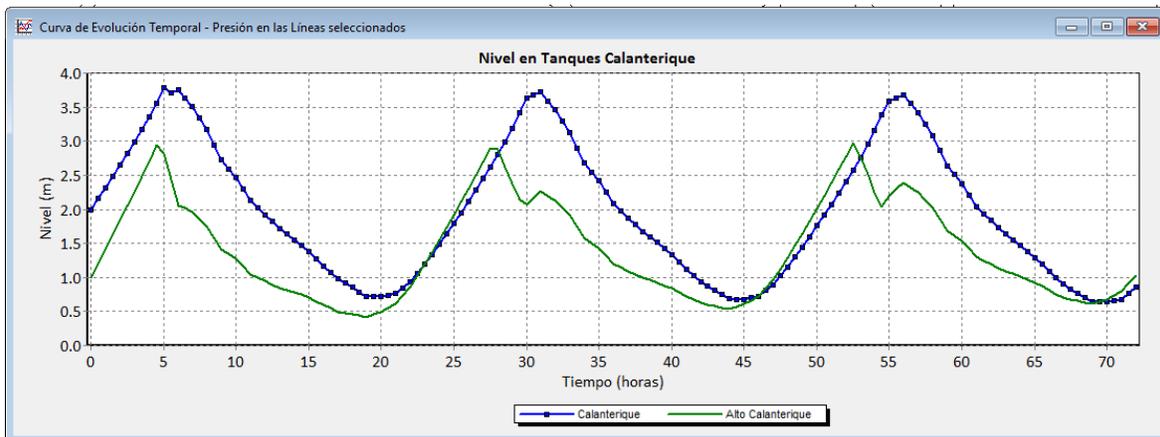


Gráfico 5-10: Variación de nivel – tanques Calanterique

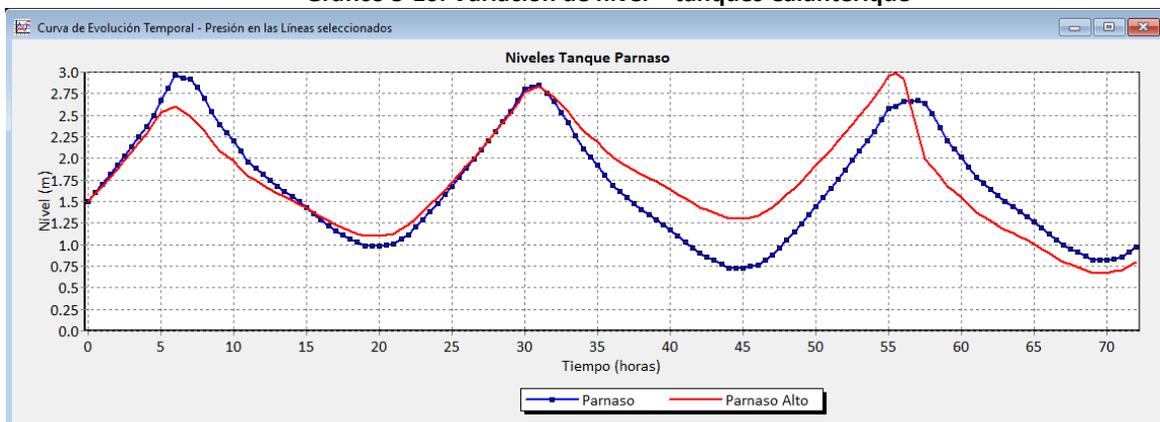


Gráfico 5-11: Variación de nivel – tanques Parnaso

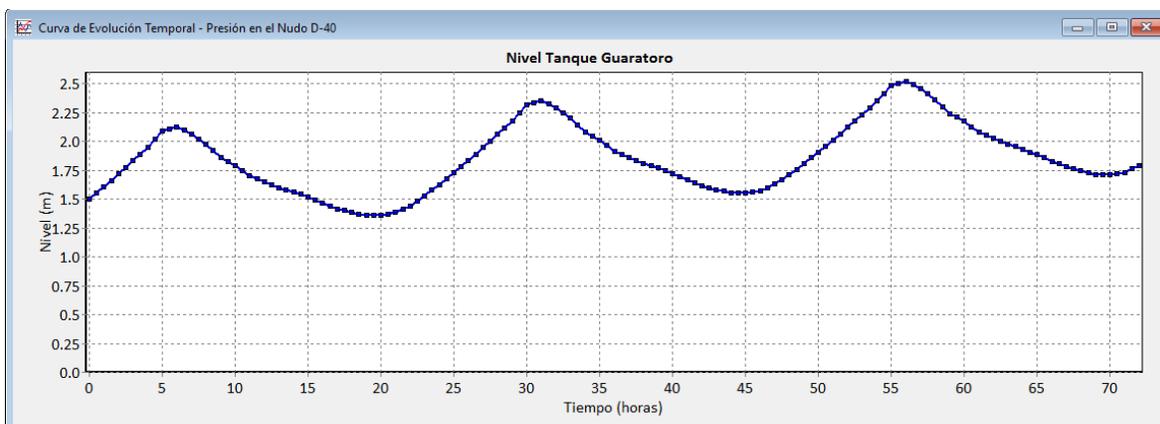


Gráfico 5-12: Variación de nivel – tanque Guaratoro

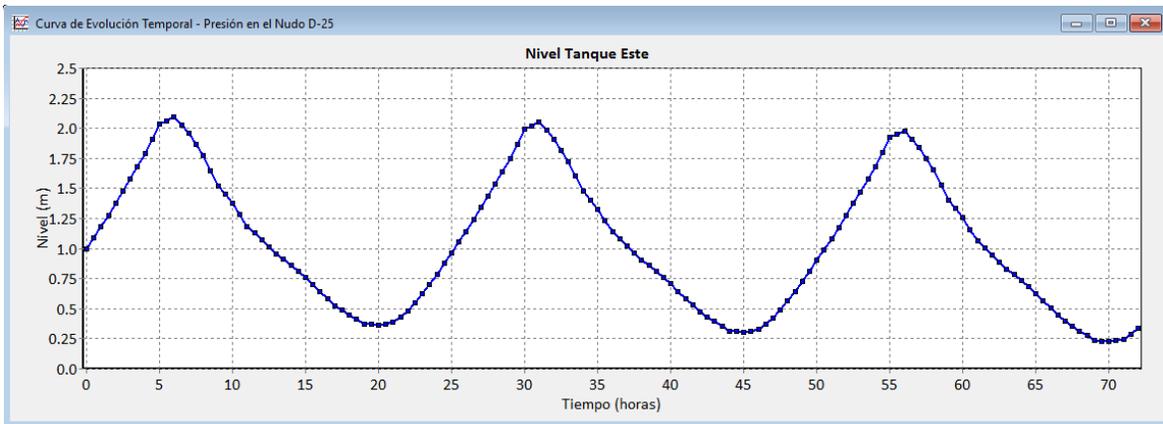


Gráfico 5-13: Variación de nivel – tanque Este

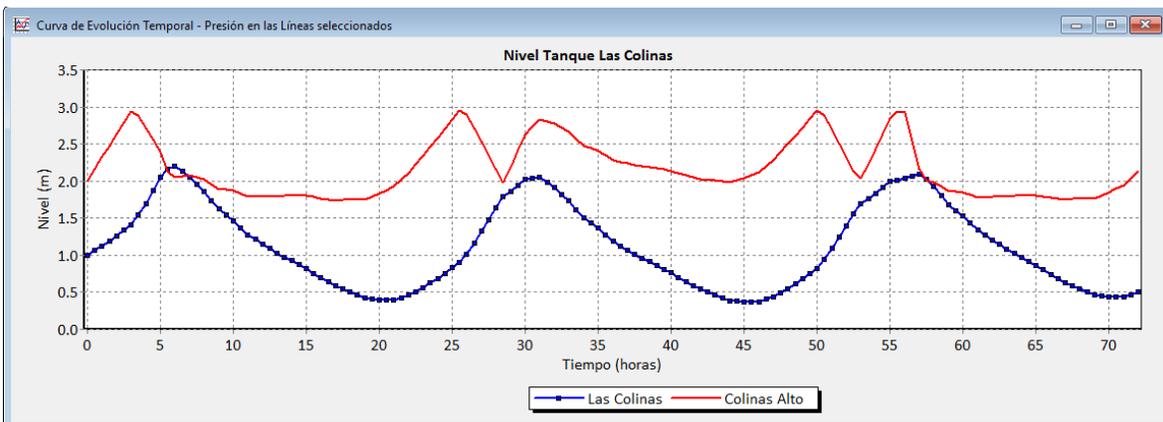


Gráfico 5-14: Variación de nivel – tanques Colinas

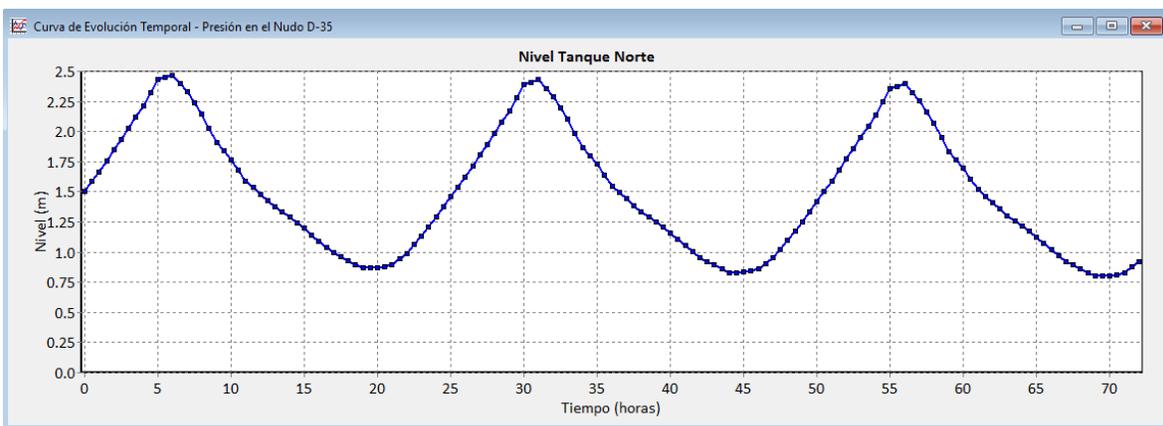


Gráfico 5-15: Variación de nivel – tanque Sector Norte

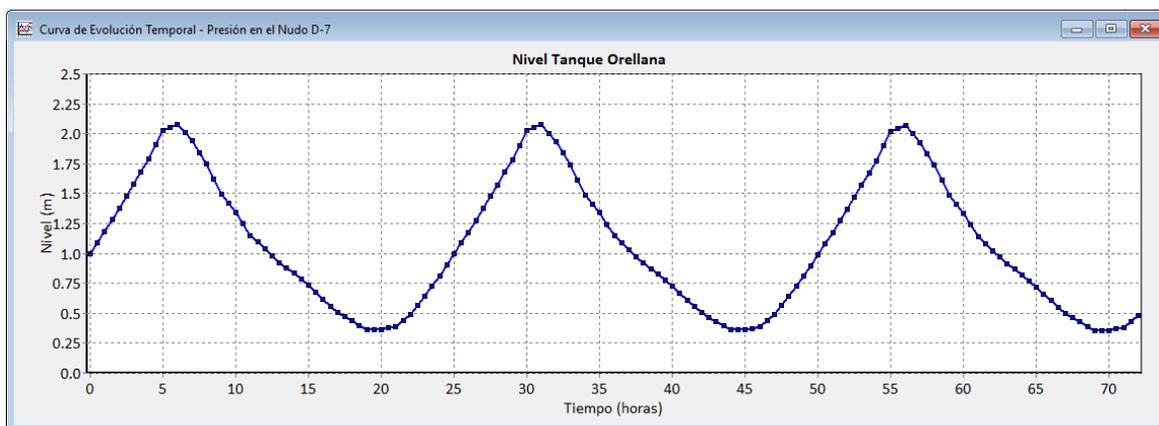


Gráfico 5-16: Variación de nivel – tanque Sector Orellana

5.11.4. Conclusiones modelación hidráulica

La modelación hidráulica realizada considera todas las obras descritas en el capítulo anterior. Sin entrar en detalle de las mismas, hay una ampliación geográfica considerable del sistema de abastecimiento de agua potable a operar por Aguas de Siguatepeque.

El sistema garantiza el correcto funcionamiento del sistema, en un escenario de regulación de consumos que a la fecha ya es imprescindible atacar fuertemente.

El concepto respeta a nivel macro el sistema de distribución existente, re ordenando el mismo, distribuyendo correctamente la demanda de forma de minimizar la ampliación en infraestructura en tanques y llegando con agua potable a la totalidad del área de proyecto.

El modelo hidráulico es una herramienta fundamental para diseño del sistema y demuestra que las obras consideradas son adecuadas a un escenario de demanda al año 2030.

5.12. Plan de Reducción de Pérdidas

En el capítulo de proyección de la demanda, se han propuesto dos hipótesis de evolución de las pérdidas físicas, de las cuales se ha adoptado el de pérdidas descendentes. Para poder lograr la meta de pérdidas implícitas en la proyección de demanda adoptada es necesario la implementación de un conjunto de mejoras que conforman un Plan de Reducción de Agua No Contabilizada (RANC).

Dentro de las acciones llevadas a cabo en el correr del año 2016 en el marco de la Asistencia Técnica, Aguas de Siguatepeque ha desarrollado un Plan de Negocios que abarca un período de cinco (5) años. En dicho Plan se han incorporado las acciones tendientes a la reducción de las pérdidas en el sistema de abastecimiento de agua potable.

Las acciones que se proponen realizar se resumen a continuación, y pueden ser revisadas detalladamente en el Plan de Negocios. Los costos de las acciones para RANC no están incluidas en el presupuesto de las obras incluidas en el presente Plan de Inversiones PIIAP. A efectos ilustrativos se muestran en el cuadro siguiente:

	2017	2018	2019	2020	2021	TOTAL
MACRO PROCESOS DE AGUA POTABLE						
Nombre del Programa: Distribución						
1. Formulación e implementación de plan de reducción de pérdidas reales						
Implementación de plan de reducción de pérdidas reales, mediante la reparación de fugas, así mismo detección de fugas visibles y no visibles	15,391	20,358	21,112	21,893	22,703	101,457
Nombre del programa: Suministros						
2. Estandarización conexiones de acometidas domiciliarias						
Diseño de una conexión tipo para estandarizar las acometidas de agua potable	0	0	0	0	0	0
Nombre del Programa: Herramientas de gestión						
3. Actualización catastro técnico de redes (calicatas y digitalización)						
Excavaciones para levantar información y llenar fichas técnicas para la actualización de la herramienta de gestión catastro de redes del sistema de agua potable	0	16,491	17,101	17,734	18,390	69,715
Nombre del Programa: Actualización balance hídrico						
4. Actualización del balance hídrico						
Conocer la cantidad de agua producida versus el volumen de agua facturada.	0	0	0	0	0	0
5. Instalación de macro y micromedidores en sectores pilotos.						
Consiste en la instalación de medidores en proyectos pilotos de sectorización. Instalación de 10,133 micromedidores	220,759	206,994	214,653	222,595	230,831	1,095,833
6. Implementar plan de mantenimiento preventivo y correctivo de parque de micromedidores						
Sustitución y calibración de medidores, de manera preventiva y correctiva	137	142	147	153	159	738
Nombre del Programa: Sectorización y moldeamiento hidráulico						
7. Seguimiento e implementación de planes de sectorización						
Consiste en dividir la red en varias subredes separadas hidráulicamente, a cada subred se le llama sector o distrito hidrométrico. Una, o máximo dos entradas de agua a cada distrito, cada distrito opera aislado del resto de la red, junto con la instalación de un macromedidor en cada entrada	23,601	24,475	25,380	26,319	27,293	127,069
8. Calibración de sectores pitométricos						
Control del agua que ingresa al sistema o al sector comparado con el agua que está siendo facturada	0	0	0	0	0	0
MACRO PROCESOS COMERCIALES						
Nombre del Programa: Reducir las pérdidas comerciales						

Asistencia Técnica a Prestadores Beneficiarios del PROMOSAS

	2017	2018	2019	2020	2021	TOTAL
9. Readecuar el reglamento de servicios con procedimientos de cobros y multas ante situaciones irregulares						
Definir una política y procedimientos asociados para multar y sancionar los usuarios que presenten situaciones irregulares detectadas	0	0	0	0	0	0
Nombre del Programa: Potenciar el Catastro de Usuarios						
10. Readecuar reglamento de servicios con procedimientos para la actualización de Catastro usuarios						
Establecer procedimientos asociados para la regularización sistemática de usuarios de los servicios de agua potable y alcantarillado sanitario.	0	0	0	0	0	0
11. Conformar Unidad de Catastro Comercial.						
Sera responsable del monitoreo, actualización, creación de nuevas cuentas, detección de clandestinos relacionados con la actualización del catastro de usuarios.	3,694	3,837	3,987	4,141	4,302	19,961
Nombre del Programa: Mejorar y eficientar los índices de recaudación y cobranzas						
12. Eficientar los procesos de facturación y cobranza						
Implementar un equipo de trabajo debidamente entrenado y capacitado para que se encarguen exclusivamente de la toma de lecturas en los micro medidores de igual manera controlar las perdidas comerciales, eficientando el recaudo y reduciendo la morosidad.	0	0	0	10,573	10,573	21,145
Nombre del Programa: Comunicación y Educación						
13. Elaboración de guías educativas que promuevan buenas prácticas (Generación de contenidos y producción de eventos)						
Para promover visibilidad publica del prestador y difundir mensajes asociados al tema del evento (ej. Día Mundial del Agua, feria de los recursos naturales, Aniversario de ADS, stand informativo y educativo, o cualquier otra actividad relacionada etc.)	1,099	1,099	1,099	1,099	1,099	5,495
14. Preparación y ejecución de campañas, ferias, programas, encuentros en centros educativos y otras instituciones						
Para difundir información y promover conductas acordes al uso racional de los servicios prestados	1,759	1,759	1,759	1,759	1,759	8,795
TOTAL DE LAS ACTIVIDADES DEL PROGRAMA DE RANC	266,441	275,156	285,238	306,266	317,109	1,450,209

Tabla 5-11 Costos y descripción Programa RANC 2016 – 2020

Las actividades que se incluyen en el Programa indicados se ejecutan con financiamiento externo o interno según el detalle indicado en el propio Plan de Negocios. Algunas de las actividades que se desarrollan con el personal y recursos propios disponibles de AdS aparecen como con "costo cero".

5.12.1. Recomendaciones para mejora de performance de la red

Se indican algunas recomendaciones que deben ser consideradas en la ejecución de las nuevas:

- Adoptar 2" como diámetro mínimo para las tuberías de la red de distribución.
- Para la tubería de las redes de distribución utilizar material plástico como PVC con junta elástica JE (aro de hule) o Polietileno de alta densidad (PEAD) para una presión máxima no menor a los 150psi o 10bar.
- Realizar las pruebas hidráulicas que corresponde a toda nueva tubería instalada. Considerar una presión de prueba de 1,5 veces la presión máxima de trabajo no mayor que la presión máxima de la tubería.
- Instalación con una tapada (profundidad hasta la generatriz superior exterior de la tubería) no menor a los 0,60m recomendándose una tapada de 0,80m. En cruce de calles utilizar una tapada mínima de entre 1,0 y 1,2m de lo contrario proteger la tubería con una capa de concreto pobre o colocarla dentro de una camisa metálica de mayor resistencia.
- Construir los anclajes requeridos en piezas especiales (codo, tee, otros) y válvulas de cierre.
- Utilizar válvulas de cierre con cierre elastomérico y unión con junta elástica (aro de hule)
- Las conexiones domiciliarias instalarlas con una tapada mínima de 0,40m

Luego en la fase de operación de las redes, se recomiendan seguir los siguientes puntos:

- Operar la redes con una presión máxima de hasta 5.0bar o 70psi
- Tender a evitar, en lo posible, el continuo vaciado y llenado asociado a un régimen intermitente de servicio
- Realizar las reparaciones de las tuberías con los materiales adecuados para cada caso.

6. ESTIMACIÓN DE COSTOS

En el presente capítulo se presenta la estimación de costos de las obras propuestas para el PIIAP. Dicha estimación se realiza a partir de costos unitarios definidos a partir del estudio de los precios de licitaciones de obras del PROMOSAS y, en caso de no existir, de antecedentes de otros proyectos en los cuales ha participado el Consultor.

A partir de los costos unitarios definidos, se elaboran luego, los presupuestos para cada uno de las componentes previstas en el PIIAP, los cuales a su vez se consolidan en un cronograma de inversiones anuales para el período de Proyecto.

Los costos unitarios corresponden al precio que se estima deberían pagar las Prestadoras a empresas Contratista por la ejecución de los trabajos descritos para cada tipo de obra. Se asumen algunas premisas generales que han sido consideradas en la elaboración de los costos, como ser:

- i). Los costos están expresados en Dólares Americanos, actualizados al año 2016 (tasa de cambio equivalente a 22,5 Lempiras por Dólar).
- ii). Se incluyen todos los costos asociados a la ejecución de las obras a través de una empresa constructora Contratista, incluyendo sus costos indirectos internos, utilidad y otras componentes del precio a contratar.
- iii). No se incluyen impuestos (ISV, otros).
- iv). No se incluyen los costos de adquisición de terrenos ni pago de servidumbres, cánones u otras compensaciones de ningún tipo.
- v). Se incluye un 15% de costos de ingeniería de detalle y supervisión de las obras.
- vi). No se incluyen costos financieros de préstamos de capital para ejecución de las obras.

En el presente capítulo se presentan las hipótesis utilizadas en la elaboración del modelo de estimación de costos de inversión y de operación y mantenimiento, el cual se ha dividido en las siguientes componentes:

- Sistema de distribución principal (troncales) y tuberías de impulsión.
- Tanques de almacenamiento apoyados y elevados.
- Construcción y equipamiento de pozos (perforaciones).
- Plantas potabilizadoras.
- Estaciones de bombeo.
- Actividades de reducción de pérdidas físicas y comerciales.

6.1. Construcción de tuberías y redes de distribución

6.1.1. Instalación de tuberías

Para las tuberías de hasta 10" se han utilizado los antecedentes de las licitaciones recientes del PROMOSAS. En el costo de esta componente, se incluyen los siguientes rubros:

- + Levantamiento topográfico, incluye el trazado y marcado.
- + Suministro de tubería PVC SDR 26.
- + Instalación de tubería, incluye excavación, cama, relleno.
- + Prueba Hidráulica.
- + Desinfección de tubería.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	Costo unitario (USD)
Suministro e instalación de tubería PVC 10"	m	70
Suministro e instalación de tubería PVC 8"	m	58
Suministro e instalación de tubería PVC 6"	m	40
Suministro e instalación de tubería PVC 4"	m	27
Suministro e instalación de tubería PVC 3"	m	21
Suministro e instalación de tubería PVC 2"	m	16
Construcción de nueva conexión domiciliaria ½"	Unidad	130

Tabla 6-1 Costos unitarios de instalación de tuberías PVC hasta 10" de diámetro

Se agrega un costo unitario para sustitución de conexiones, para ser agregado en proyectos de sustitución de tuberías (reducción de pérdidas).

Para diámetros superiores se proponen los siguientes valores estimados para la instalación de tuberías de PVC (hasta 20" de diámetro) y tuberías de fundición dúctil (para diámetros mayores). La siguiente tabla se ha elaborado y actualizado en base a datos consolidados por el Consultor.

Diámetro	Costo por m lineal (USD / m)							
	Suministro	Transporte	Excavación, relleno, compactación	Valvulería y accesorios	Cámaras y anclajes	Costo directo total	Imprevistos y utilidad	Costo unitario
12"	40	3.68	11.37	11.6	6.16	72.8	10.2	83
14"	70	6.67	12.48	23	11.21	123.4	18.5	142
16"	85	7.41	14.15	27.72	13.43	147.7	22.2	170
18"	100	9.52	15.92	32.86	15.83	174.1	26.1	200

Diámetro	Costo por m lineal (USD / m)							
	Suministro	Transporte	Excavación, relleno, compactación	Valvulería y accesorios	Cámaras y anclajes	Costo directo total	Imprevistos y utilidad	Costo unitario
20"	115	11.11	17.79	37.83	18.17	199.9	30	230
24"	145	13.33	21.82	47.5	22.77	250.4	37.6	288
28"	175	22.22	26.23	59.17	28.26	310.9	46.6	357
32"	245	22.22	31.04	80.17	37.84	416.3	62.4	479
36"	320	22.22	36.23	102.67	48.11	529.2	79.4	609
40"	380	22.22	41.82	120.67	56.47	621.2	93.2	714
44"	460	66.67	47.79	158	73.25	805.7	120.9	927
48"	540	66.67	54.16	182	84.28	927.1	139.1	1,066

Tabla 6-2 Costos unitarios de instalación de tuberías de diámetro mayor a 10"

6.1.2. Otras mejoras en redes de distribución

Intervenciones puntuales en la red de distribución, como ser la instalación de válvulas de cierre y reductoras de presión.

Para las válvulas de cierre a partir de 3" (75mm) se recomienda la utilización de válvulas de compuerta con unión mediante junta elástica (JE). El costo indicado incluye:

- + Suministro de válvula de compuerta y accesorios para la instalación
- + Construcción de cámara de protección y anclaje

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	Costo unitario (USD)
Suministro e instalación válvula compuerta para PVC 10" con JE	unidad	1,950
Suministro e instalación válvula compuerta para PVC 8" con JE	unidad	1,300
Suministro e instalación válvula compuerta para PVC 6" con JE	unidad	810
Suministro e instalación válvula compuerta para PVC 4" con JE	unidad	640
Suministro e instalación válvula compuerta para PVC 3" con JE	unidad	490
Suministro e instalación válvula compuerta para PVC 2"	unidad	240

Tabla 6-3 Costos unitarios de instalación de válvulas de cierre

Para las válvulas reductoras se considera la instalación en línea (no incluye bypass), el costo indicado incluye:

- + Suministro de válvula reductora de presión y accesorios para la instalación

+ Construcción de cámara de protección y anclaje

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	Costo unitario (USD)
Suministro e instalación VRP 8"	unidad	2,400
Suministro e instalación VRP 6"	unidad	1,800
Suministro e instalación VRP 4"	unidad	1,200
Suministro e instalación VRP 3"	unidad	700
Suministro e instalación VRP 2"	unidad	600

Tabla 6-4 Costos unitarios de instalación de válvulas reductora de presión

6.1.3. Actividades complementarias

Si bien la mayor parte de las obras de redes y conducciones se realizan en trazados donde no existen pavimentos, se agrega una tabla para estimar los costos de remoción y reposición de pavimentos y excavación en roca para agregar a los costos de instalación de tuberías y otros.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	Costo unitario (USD)
Remoción y reposición de pavimento de concreto (e=0,15m)	m2	44
Remoción y reposición de pavimento de empedrado	m2	61
Remoción y reposición de acera de concreto	m2	22
Remoción y reposición de bordillo de acera	m	10
Reposición de pavimento granular (e=0,25m)	m2	11
Excavación en roca (uso de compresor)	m3	43

Tabla 6-5 Costos unitarios de remoción y reposición de pavimentos, excavación en roca

En el caso de instalación de tuberías, el ancho de la zanja que se debe considerar para la estimación del área de pavimento a remover y reponer es de 0.45m más el diámetro de la tubería.

Si la presencia de roca en el trazado es conocida, agregar un volumen de excavación equivalente al ancho indicado en una profundidad media de 0.40m más el diámetro de la tubería.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	Costo unitario (USD)
Ejecución de interconexión 10"	global	1,310
Ejecución de interconexión 8"	global	940
Ejecución de interconexión 6"	global	650
Ejecución de interconexión 4"	global	360
Ejecución de interconexión 3"	global	290
Ejecución de interconexión 2"	global	230

Tabla 6-6 Costos unitarios de ejecución de conexiones en redes

6.2. Tanques de almacenamiento

Los tanques de almacenamiento previstos se dividen en dos tipos, según su ubicación respecto del terreno: tanques apoyados y tanque elevados.

En ambos casos se han utilizado los precios de referencia de las licitaciones ejecutadas por PROMOSAS en el último año.

6.2.1. Tanques de almacenamiento apoyados

El costo presentado para los tanques apoyados corresponden a los volúmenes indicados en cada caso; para volúmenes de tanques no incluidos en la tabla se deben tomar los valores unitarios por 1,000 gal indicados o un valor similar en el rango requerido.

Los rubros indicados en estos precios incluyen a los siguientes:

- + Chapeo y limpieza del terreno
- + Trazado y marcado
- + Excavación en suelo
- + Acarreo de material (desperdicio)
- + Cimentación de mampostería con cama de arena
- + Solera perimetral inferior de concreto
- + Pared de ladrillo rafón reforzado o de concreto (según capacidad)
- + Losa de concreto para piso
- + Losa de concreto para techo
- + Tapadera metálica para tanque
- + Ventilación de tubos de HG (incluye codos, niples y malla)
- + Repello de paredes y piso de tanque y afinado
- + Pulido de paredes y piso e=0.5 cm.
- + Impermeabilización (aplicado con brocha) del interior del tanque
- + Aplicación de sellador en pared interior
- + Pintura acrílica para el exterior del tanque
- + Gradas de inspección en tanque (tipo peldaños)
- + Escalera exterior de tubo HG 1"
- + Cercado perimetral de alambre galvanizado
- + Portón de entrada tubo HG 1 ½"y malla ciclón

- + Caja de válvulas
- + Suministro e instalación de válvulas de entrada, salida y desagüe
- + Suministro e instalación de válvula de flotador
- + Prueba hidrostática de tanque
- + Proyecto ejecutivo del tanque (conexiones, dimensionado de estructura, layout general, detalles constructivos).

Los costos de los tanques según su capacidad se indican en la tabla siguiente:

DESCRIPCIÓN	Costo total del tanque (USD)	Costo unitario (USD/1,000 gal)
Construcción de tanque apoyado, capacidad 25,000 galones	25,300	1,012
Construcción de tanque apoyado, capacidad 30,000 galones	28,100	937
Construcción de tanque apoyado, capacidad 40,000 galones	31,700	794
Construcción de tanque apoyado, capacidad 50,000 galones	35,200	704
Construcción de tanque apoyado, capacidad 70,000 galones	39,100	558
Construcción de tanque apoyado, capacidad 120,000 galones	61,300	511
Construcción de tanque apoyado, capacidad 132,000 galones	66,800	506
Construcción de tanque apoyado, capacidad 160,000 galones	74,200	464
Construcción de tanque apoyado, capacidad 310,000 galones	134,500	434

Tabla 6-7 Costos unitarios de construcción de tanques apoyados

6.2.2. Tanques de almacenamiento elevados

El costo presentado para los tanques apoyados corresponde a los volúmenes y alturas respecto del terreno indicados en cada caso.

Para volúmenes de tanques y alturas no incluidos en la tabla se deben tomar los valores unitarios por 1,000 galones indicados o un valor similar en el rango requerido.

Los rubros indicados en estos precios incluyen rubros similares a los indicados para los tanques apoyados, siendo tanto la estructura de apoyo como la propia cuba del tanque construido en acero con las características requeridas en el proyecto ejecutivo. Los costos indicados incluyen el proyecto ejecutivo de los tanques.

DESCRIPCIÓN	Costo total del tanque (USD)	Costo unitario (USD/1,000 gal)
Construcción de tanque elevado 20m, capacidad 10,000 galones	50,800	5,081
Construcción de tanque elevado 20m, capacidad 15,000 galones	62,200	4,148
Construcción de tanque elevado 20m, capacidad 65,000 galones	110,700	1,703
Construcción de tanque elevado 20m, capacidad 75,000 galones	123,000	1,639
Construcción de tanque elevado 30m, capacidad 5,300 galones	77,900	14,696

Tabla 6-8 Costos unitarios de construcción de tanques elevados

6.3. Construcción y equipamiento de pozos

6.3.1. Construcción de pozos

Las actividades que se incluyen en el costo indicado son las siguientes:

- + perforación pozo de investigación, diámetro efectivo de entubado provisional de 4''
- + perfilaje caliper, resistividad eléctrica y potencial espontaneo
- + estimado preliminar de caudal (inyección de aire)
- + ampliación a pozo productivo, para ser ademado con ademe final de PVC SDR-21 con el diámetro de diseño.
- + suministro e instalación de tubería ciega PVC SDR-21 del diámetro de diseño, incluye tapón de cierre
- + suministro e instalación de rejilla PVC con ranuras continuas de 0.05'' y ancho de pared de entrada que asegure el 30% de área abierta
- + suministro e instalación de empaque de grava
- + desarrollo y limpieza
- + prueba de calibración y recuperación
- + abatimiento y recuperación prueba escalonada
- + abatimiento y recuperación prueba caudal constante
- + análisis físico químicos y bacteriológicos durante aforo constante
- + construcción de sello sanitario
- + suministro de tubo piezométrico
- + construcción de base de concreto
- + revisión con cámara CCTV
- + desinfección final

Se indican los costos promedios para dos tipologías de pozos; para producción entre 800 y 1,200 gpm y para producción entre 200 y 300 gpm. El costo para perforaciones estimadas de otras capacidades se estimar a partir de los siguientes valores:

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	Costo unitario (USD)
Construcción de pozo 16", ademado 12", 250pies profundidad, 800 a 1,200 gpm	global	60,100
Construcción de pozo 12", ademado 8", 400pies profundidad, 250 a 300 gpm	global	45,700

Tabla 6-9 Costos unitarios de construcción de pozos

Los costos indicados son tomados del promedio de costos de los tres pozos perforados en Choloma y los tres pozos perforados en Siguatepeque por el PROMOSAS en el año 2016.

6.3.2. Equipamiento de pozos

Los ítems que están incluidos en el costo de equipamiento de los pozos son los siguientes:

- + Suministro de bomba según caudal y altura de diseño, incluye cable sumergible
- + Suministro de tubería de impulsión
- + Suministro de piezas HG para tren de descarga
- + Suministro de medidor Woltmann horizontal
- + Instalación de equipo de bombeo y tren de descarga completo
- + Suministro e instalación de manómetro
- + Instalación eléctrica
 - Suministro de tablero eléctrico y de control
 - Instalación de tablero eléctrico y de control
 - Suministro de cajas de conexionado de campo
 - Instalación de cajas de conexionado de campo
 - Suministro de cables para conexionado de tableros y equipos
 - Instalación de cables para conexionado de tableros y equipos
 - Suministro e instalación de puesta a tierra
 - Suministro e instalación de banco de condensadores
 - Instalación de electrodos de control de nivel
- + Conexión con tubería de impulsión

- + Puesta en operación del pozo
- + Pruebas de aceptación.

El costo de equipamiento se presenta en función de franjas de capacidad de producción de los pozos.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	Costo unitario (USD)
Equipamiento para pozo, capacidad 150 a 250 gpm	global	23,300
Equipamiento para pozo, capacidad 300 a 400 gpm	global	31,300
Equipamiento para pozo, capacidad 500 a 600 gpm	global	42,700
Equipamiento para pozo, capacidad 800 a 1000 gpm	global	67,600

Tabla 6-10 Costos unitarios de equipamiento de pozos

En el caso de pozos nuevos, se debe incluir las obras civiles y la conexión eléctrica exterior, eventualmente también una bomba dosificadora, según los costos unitarios indicados a continuación.

6.3.3. Obras auxiliares.

El costo de algunas obras auxiliares para pozos se indica a continuación:

- + Obras civiles:
 - Construcción de caseta para tableros y otros
 - Construcción de cerca perimetral; predio de 15 x 15m
 - Suministro e instalación de portón de acceso
- + Instalación eléctrica exterior, incluye el suministro e instalación de:
 - Transformadores
 - Cables, conectores, abrazaderas, grapos, aisladores, retenidas, accesorios
 - Postes de concreto y/o madera
 - Instalación de punto de medición de energía
 - Diseño eléctrico para ser presentado ante la ENEE y pago KVA
- + Suministro e instalación de bomba dosificadora:
 - Suministro e instalación de 1+1 bomba dosificadora de 10 lt/h;
 - Instalación eléctrica para bomba, incluye tablero comando
 - 2 tanques de 200 litros para preparación de hipoclorito de calcio

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	Costo unitario (USD)	OBSERVACIONES
Obras civiles para pozo; caseta, cercado y portón	global	9,600	
Instalación eléctrica exterior para pozo hasta 350 gpm	global	18,700	Agregar USD 20 por metro de línea de media tensión
Suministro e instalación de dosificación con hipoclorito (10 lt/h)	global	4,400	

Tabla 6-11 Costos auxiliares para equipamiento de pozos

6.4. Plantas Potabilizadoras

Para la estimación del costo de inversión de plantas potabilizadoras, en base a unidades modulares. Se indica la capacidad de potabilización, el costo total y un costo unitario por m³/día producido el cual puede ser utilizado para la estimación del costo de inversión de PTAP de otras capacidades.

En la tabla siguiente se muestra en forma general, el alcance del suministro, incluyendo el diseño y la puesta en operación de la PTAP.

Caudal (m ³ /h)	25	50	75	100	200	400	600
Celda de Sedimentación-Filtración	78,045	105,270	152,968	189,750	379,500	759,000	1,138,500
Equipamiento, Kit dosificación c/tablero	24,750	35,970	49,500	60,555	121,110	242,220	363,330
Bomba de Lavado y Accesorios	8,580	9,550	10,550	11,880	23,760	47,520	71,280
Tuberías y Válvulas Actuadas	14,685	17,985	29,370	36,135	72,270	144,540	216,810
Fundación	6,372	6,372	12,744	15,930	31,860	63,720	95,580
Montaje	12,606	16,878	24,239	29,832	59,664	119,328	178,992
Tanque de desinfección	10,954	16,773	22,227	26,602	41,719	67,197	92,652
Local PPQQ	9,403	12,537	16,716	26,119	31,343	37,611	37,611
Imprevistos 10%	16,540	22,133	31,831	39,680	76,123	148,114	219,476
Diseño y supervisión 15%	27,290	36,520	52,522	65,472	125,602	244,387	362,135
Inversión Total (USD)	209,225	279,988	402,667	501,956	962,951	1,873,636	2,776,365
Inversión / m³ (USD/m³.día)	349	233	224	209	201	195	190

Tabla 6-12 Costos para suministro e instalación de PTAP

Algunos costos NO incluidos en la tabla anterior y que pudieran ser significativos para tener en cuenta en la estimación de inversiones son: cercado del predio, calle de acceso,

alimentación eléctrica exterior, instalaciones de toma y conducción de agua bruta, instalaciones de bombeo de agua potabilizada.

6.5. Estaciones de bombeo

En este punto se agrega una estimación de los costos de estaciones de bombeo en línea, tipo recalque o desde un tanque apoyado. Se incluye el costo de los siguientes ítems:

- + Suministro de los siguientes elementos:
 - 1+1 Bomba centrífuga que cumpla con los datos de caudal y altura de diseño, rendimiento estimado 70%
 - Fitting HG para succión e impulsión de ambas bombas
 - Gabinete eléctrico
 - Presostato
 - Flotador o similar para protección de bomba contra trabajo en seco
- + Obras civiles e instalación:
 - Instalación de equipo de bombeo, incluye puesta en marcha
 - Instalación de gabinetes eléctricos y accesorios de protección contra descargas atmosféricas
 - Losa de concreto y techo liviano protección equipo de bombeo.

En la tabla siguiente se muestran valores unitarios y totales para diferentes potencias instaladas (se refiere a una de las bombas indicadas como 1+1). Los valores surgen de estimación propia del Consultor a partir de precios de proyectos similares, incluyendo la obra de bombeo incluida en la licitación de PROMOSAS para Teupasenti del presente año.

Potencia instalada (kW)	Costo unitario (USD/kW)	Costo total (USD)
3	3,700	11,100
5	3,080	15,400
10	2,400	24,000
15	2,070	31,050
20	1,870	37,400
30	1,620	48,600
50	1,350	67,500
75	1,160	87,000
100	1,050	105,000

Tabla 6-13 Costos para implantación de estaciones de bombeo

Algunos costos NO incluidos en la tabla anterior y que pudieran ser significativos para tener en cuenta en la estimación de inversiones son: cercado del predio, calle de acceso y alimentación eléctrica exterior.

6.6. Actividades de reducción de pérdidas

En la proyección de la demanda se ha tenido en cuenta que las pérdidas físicas y comerciales se deben controlar y reducir de manera de que la proyección final de la demanda sea menor que la resultara en condiciones de pérdidas constantes.

La mayoría de las acciones que se deben realizar no corresponden directamente a inversiones en infraestructura sino que responden principalmente a acciones de mejora de gestión, contratación de personal, capacitación, generación de procedimientos, control de procesos existentes.

De todos modos se agregan los costos unitarios de algunas inversiones que generalmente forman parte de los planes de reducción de pérdidas.

6.6.1. Suministro e instalación de macromedidores

De las licitaciones ejecutadas por PROMOSAS el costo unitario de suministro e instalación de macromedidor tipo Woltmann, incluyendo la cámara de protección. No incluye bypass ni válvulas de cierre antes del medidor.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	Costo unitario (USD)
Suministro e instalación de macromedidor Woltmann 8"	unidad	3,090
Suministro e instalación de macromedidor Woltmann 6"	unidad	2,470
Suministro e instalación de macromedidor Woltmann 4"	unidad	1,840
Suministro e instalación de macromedidor Woltmann 3"	unidad	1,230
Suministro e instalación de macromedidor Woltmann 2"	unidad	930

Tabla 6-14 Costos suministro e instalación macro medidores

6.6.2. Otras actividades para reducción de pérdidas.

- + Campaña de detección y reparación de fugas: incluye,
 - Campaña de detección de fugas visibles y no visibles: USD 480 /km.
 - Reparación de fugas: estimado USD 1,120 /km (estimado 2 fugas en redes más 30 fugas en conexiones).
 - Total por la actividad: USD 1,600 /km
- + Instalación de medidores (referido a medidores domiciliarios ½"):

- Suministro de medidor: USD 15.
 - Instalación de medidor nuevo: USD 44 (incluye caja, accesorios y mano de obra).
 - Sustitución de medidor: USD 21 (incluye accesorios y mano de obra).
 - Costo unitario total por instalación de medidor nuevo: USD 59.
 - Costo unitario total por sustitución de medidor: USD 36.
- + Actividades de reducción de pérdidas comerciales:
- Plan de mantenimiento preventivo y correctivo de micromedición
 - Mantenimiento del catastro de usuarios
 - Detección de clandestinos y medición irregular
 - Gestión de cortes y reconexión
 - Mantenimiento de sistemas informáticos de gestión comercial y administrativo financiero.
 - El costo anual estimado de las actividades anteriores es del orden de USD 3.5 por usuario.

7. PRESUPUESTO DE LAS OBRAS PREVISTAS

El presupuesto de las obras previstas se ha realizado en función de los costos unitarios definidos en el punto anterior. En caso de que una obra no coincida exactamente en sus características o dimensiones con alguna de las obras incluidas en el estudio de costos unitarios, se procede a realizar una interpolación lineal entre los ítems con costos ya definidos.

A continuación se presentan los presupuestos para cada una de las etapas de obras definidas para el PIIAP. En particular, para el caso de Aguas de Siguatepeque, las obras se han agrupado para cada uno de los sectores descritos.

Para cada área se indican las mejoras requeridas formuladas en proyectos que conforman grupos de obra que deben desarrollarse en forma conjunta. Los proyectos contienen a las propuestas definidas para cubrir la demanda prevista para el año 2030.

Se indican los años en que se prevé la ejecución de las obras, lo cual dependerá en definitiva de la capacidad de la Prestadora para poder gestionar los recursos requeridos para la construcción

7.1. Obras construcción de captación y plantas potabilizadoras

Estas obras se hacen necesarias para ampliar la capacidad de producción al sistema general de producción de Aguas de Siguatepeque.

CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE CAPTACIÓN Y PLANTAS POTABILIZADORAS					
Descripción	Año ejecución	Unidad	Cantidad	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Toma en fuente Quebrada La Laguna, 50 L/s	2019	gl	1	60,480	60,480
Línea de Conducción de trasvase a El Tablón DN300mm	2019	m	2,500	83	207,500
Toma en fuente Quebrada Rincón, 60 a 100 L/s	2020	gl	1	60,480	60,480
Línea de Conducción desde Q. Rincón a PTAP RO, DN 350mm	2020	m	10,400	142	1,476,800
Ampliación PTAP Rosenthal Oliva a 200 L/s	2020	un	1	2,200,000	2,200,000
Refuerzo tuberías de distribución desde RO, DN 250mm	2020	m	2,250	70	157,500
Refuerzo tuberías de distribución desde RO, DN 200mm, hacia Parnaso	2020	m	2,330	58	135,140
Sub total Obras de Captación y Conducciones					2,097,900 USD
Sub total Obra PTAP					2,200,000 USD
Total Obra Ampliación Capacidad de Producción Sistema RO					4,297,900 USD

Tabla 7-1 Costos obras ampliación fuente de suministro

7.2. Obras construcción e implantación Sector Sur

En el siguiente cuadro se presentan los montos de inversión correspondientes a la implantación del Sector Sur, el que se corresponde a una ampliación significativa de la expansión geográfica del sistema.

IMPLANTACIÓN SECTOR SUR					
Descripción	Año ejecución	Unidad	Cantidad	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Ampliación producción en sector Sur					
Construcción de pozos zona SUR, 250 GPM	2022 /26	un	2	101,700	203,400
Suministro e instalación Tubería PVC DN 150mm hacia tanque Sur PN 10	2022	m	1,000	40	40,000
Suministro e instalación Tubería PVC DN 150mm hacia tanque Sur PN 10	2026	m	1,000	40	40,000
Construcción Tanque sector Sur					
Construcción de tanque apoyado, capacidad 1000m ³ (264,200 galones)	2021	un	1	115,000	115,000
Construcción Red de Distribución					
Suministro e instalación Tubería PVC DN 250mm, PN 10	2021	m	1,100	70	77,000
Suministro e instalación Tubería PVC DN 150mm, PN 10	2021	m	2,565	40	102,600
Suministro e instalación Tubería PVC DN 100mm, PN 10	2021	m	2,735	27	73,845
Suministro e instalación Tubería PVC DN 75mm, PN 10	2021	m	3,000	21	63,000
Suministro e instalación Tubería PVC DN 50mm, PN 10	2021	m	3,300	16	52,800
Suministro e instalación Tubería PVC DN 75mm, PN 10	2022	m	2,200	21	46,200
Suministro e instalación Tubería PVC DN 50mm, PN 10	2022	m	2,420	16	38,720
Suministro e Instalación de VRP DN 150mm	2021	un	1	2,400	2,400
Suministro e instalación de macromedidor Woltmann 8"	2021	un	1	3,090	3,090
Total Obras de Mejora Producción y Distribución Sector Sur					858,055 USD

Tabla 7-2 Costos obras implantación Sector Sur

7.3. Obras construcción e implantación Sector Este

En el siguiente cuadro se presentan los montos de inversión correspondientes a la implantación del Sector Este, el que se corresponde a una ampliación significativa de la expansión geográfica del sistema.

IMPLANTACIÓN SECTOR ESTE					
Descripción	Año ejecución	Unidad	Cantidad	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Ampliación producción en sector Este					
Construcción de pozo zona Este, 200 GPM	2026	un	1	101,700	101,700
Suministro e instalación Tubería PVC DN 150mm hacia tanque Este PN 10	2026	m	1,200	40	48,000
Construcción Tanque sector Este					
Construcción de tanque apoyado, capacidad 700m ³ (185,000 galones)	2022	un	1	83,475	83,475
Suministro e instalación de macromedidor Woltmann 8"	2022	un	1	3,090	3,090
Construcción Recalque Parnaso hacia sector Este					
Construcción recalque Q = 21 L/s, H = 50mca	2022	kw	15	2,070	31,050
Suministro e instalación Tubería PVC DN 150mm, PN 10	2022	m	960	40	38,400

IMPLANTACIÓN SECTOR ESTE					
Descripción	Año ejecución	Unidad	Cantidad	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Construcción Red de Distribución Principal					
Suministro e instalación Tubería PVC DN 250mm, PN 10	2022	m	400	70	28,000
Suministro e instalación Tubería PVC DN 150mm, PN 10	2022	m	520	40	20,800
Suministro e instalación Tubería PVC DN 100mm, PN 10	2022	m	925	27	24,975
Total Obras de Mejora Producción y Distribución Sector Este					379,490 USD

Tabla 7-3 Costos obras implantación Sector Este

7.4. Obras construcción e implantación Sector Santa Marta

En el siguiente cuadro se presentan los montos de inversión correspondientes a la mejora del Sector Santa Marta.

OBRA DISTRIBUCIÓN SECTOR SANTA MARTA					
Descripción	Año ejecución	Unidad	Cantidad	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Construcción Tanque sector Santa Marta					
Construcción de tanque apoyado, capacidad 400m ³ (106,000 galones)	2022	m ³	1	61,300	61,300
Construcción de tanque apoyado, capacidad 100m ³ (Altos SM), (26,420 galones)	2026	m ³	1	28,100	28,100
Construcción Recalque Santa Marta Alto					
Construcción recalque Q = 6 L/s, H = 85mca	2026	kw	8,0	2,600	20,800
Suministro e instalación Tubería PVC DN 100mm, PN 16	2026	m	1,600	60	96,000
Suministro e Instalación Válvulas Especiales					
Válvula reguladora de caudales, DN 8"	2018	un	1	3,500	3,500
Suministro e instalación de macromedidor Woltmann 8"	2018	un	1	3,090	3,090
Suministro e instalación de válvulas sectorización	2018	un	5	560	2,800
Construcción Red de Distribución (altos SM)					
Suministro e instalación Tubería PVC DN 100mm, PN 10	2026	m	1,020	27	27,540
Suministro e instalación Tubería PVC DN 100mm, PN 10	2026	m	320	27	8,640
Suministro e instalación Tubería PVC DN 75mm, PN 10	2026	m	400	21	8,400
Suministro e instalación Tubería PVC DN 50mm, PN 10	2026	m	440	16	7,040
Total Obra Distribución Sector Santa Marta					267,210 USD

Tabla 7-4 Costos obras implantación Sector Santa Marta

7.5. Obras construcción e implantación Sector Calanterique

En el siguiente cuadro se presentan los montos de inversión correspondientes a la mejora del Sector Calanterique.

OBRA DISTRIBUCIÓN SECTOR CALANTERIQUE					
Descripción	Año ejecución	Unidad	Cantidad	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Suministro e Instalación Válvulas Especiales					
Suministro e instalación de macromedidor Woltmann 12"	2018	un	1	4,500	4,500
Suministro e instalación de válvulas sectorización	2018	un	5	560	2,800
Suministro e instalación de macromedidor Woltmann 8"	2018	un	1	3,090	3,090
Ampliación Recalque Altos Calanterique					
Ampliación recalque Q = 4 L/s, H = 32mca	2026	un	1	8,600	8,600
Construcción Red de Distribución					
Empalmes en cruces de tuberías Barrio El Carmen	2018	un	50	290	14,500
Total Obra Distribución Sector Calanterique				33,490 USD	

Tabla 7-5 Costos obras implantación Sector Calanterique

7.6. Obras construcción e implantación Sector Parnaso

En el siguiente cuadro se presentan los montos de inversión correspondientes a la mejora del Sector Parnaso.

OBRA DISTRIBUCIÓN SECTOR PARNASO					
Descripción	Año ejecución	Unidad	Cantidad	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Mejoras en sector tanque Parnaso					
Válvula reguladora de caudales, DN 8"	2018	un	1	3.500	3,500
Suministro e instalación de válvulas sectorización	2018	un	5	560	2,800
Suministro e instalación Tubería PVC DN 100mm, PN 10	2018	m	350	27	9,450
Construcción Recalque sub sector Parnaso Alto					
Construcción recalque Q = 15 L/s, H = 90mca	2023	m	1	37,400	37,400
Suministro e instalación Tubería PVC DN 200mm, PN 16	2023	m	1,265	90	113,850
Construcción Tanque sub sector Parnaso Alto					
Construcción de tanque apoyado, capacidad 350m3 (92,500 galones)	2023	un	1	61,300	61,300
Suministro e instalación de macromedidor Woltmann 6"	2023	un	1	2,470	2,470
Construcción Red de Distribución					
Válvula reguladora de caudales, DN 3" (sub sector Parnaso Alto)	2023	un	1	3,500	3,500
Suministro e instalación Tubería PVC DN 150mm, PN 10 (Parnaso Alto)	2023	m	85	40	3,400
Suministro e instalación Tubería PVC DN 100mm, PN 10 (Parnaso Alto)	2023	m	1,300	27	35,100
Suministro e instalación Tubería PVC DN 75mm, PN 10 (Parnaso Alto)	2023	m	2,000	21	42,000
Suministro e instalación Tubería PVC DN 50mm, PN 10 (Parnaso Alto)	2023	m	2,500	16	40,000
Suministro e instalación Tubería PVC DN 75mm, PN 10 (Parnaso Alto)	2028	m	1,000	21	21,000
Suministro e instalación Tubería PVC DN 50mm, PN 10 (Parnaso Alto)	2028	m	1,250	16	20,000
Total Obra Distribución Sector Parnaso					395,770 USD

Tabla 7-6 Costos obras implantación Sector Parnaso

7.7. Obras construcción e implantación Norte Las Colinas

En el siguiente cuadro se presentan los montos de inversión correspondientes a la mejora del Sector Norte Las Colinas.

MEJORAS PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN SECTOR NORTE - LAS COLINAS					
Descripción	Año ejecución	Unidad	Cantidad	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Ampliación producción sector Norte					
Construcción de captación Militar, 15 L/s	2018	gl	1	27,220	27,220
Línea de conducción Militar a PTAP DN150mm	2018	m	2,895	40	115,800
Construcción PTAP en zona Norte 40 L/s	2018	m ³ /día	3,456	217	749,952
Derivación desde fuente Chamalucara hacia PTAP zona Norte, DN150mm	2019	m	2,120	40	84,800
Construcción de pozos zona Norte - Colinas, 120 GPM	2026	un	1	101,700	101,700
Construcción Tanque sector Norte					
Construcción de tanque apoyado, capacidad 400m ³ (105,750 galones)	2018	un	1	61,300	61,300
Construcción de tanque apoyado, capacidad 350m ³ (Las Colinas) (92,550 galones)	2019	un	1	56,500	56,500
Construcción Red de Distribución Principal					
Suministro e instalación Tubería PVC DN 200mm, PN 10	2018	m	550	58	31,900
Suministro e instalación Tubería PVC DN 75mm, PN 10	2018	m	850	21	17,850
Suministro e instalación Tubería PVC DN 100mm, PN 10 (Colinas)	2019	m	520	27	14,040
Suministro e instalación Tubería PVC DN 75mm, PN 10 (Colinas)	2019	m	300	21	6,300
Construcción de 2 Recalques a Sector Colinas					
Construcción recalque a Tanque Colinas Q = 15.5 L/s, H = 45mca	2019	kw	10	2,400	24,000
Suministro e instalación Tubería PVC DN 150mm, PN 10	2019	m	1,320	40	52,800
Construcción recalque a Tanque Quebra carga Q = 5.0 L/s, H = 10mca	2019	kw	1,0	5,500	5,500
Suministro e instalación Tubería PVC DN 75mm, PN 10	2019	m	50	21	1,050
Total Obras de Mejora Producción y Distribución Sector Norte Las Colinas					1,350,712 USD

Tabla 7-7 Costos obras implantación Sector Norte Las Colinas

7.8. Obras construcción e implantación Colonia Mata

En el siguiente cuadro se presentan los montos de inversión correspondientes a la implantación del Sector Colonia Mata.

IMPLANTACIÓN SECTOR COLONIA MATA					
Descripción	Año ejecución	Unidad	Cantidad	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Ampliación producción en sector Colonia Mata					
Construcción de pozos Colonia Mata, 120 GPM	2024	un	2	101,700	203,400
Suministro e instalación Tubería PVC DN 150mm hacia tanque CM PN 10	2024	m	3,000	40	120,000
Construcción Tanque sector Colonia Mata					
Construcción de tanque apoyado, capacidad 400m3 (26,420 galones)	2024	m3	1	61,300	61,300
Suministro e instalación de macromedidor Woltmann 8"	2024	un	1	3,090	3,090
Construcción Red de Distribución Principal					
Suministro e instalación Tubería PVC DN 200mm, PN 10	2024	m	180	58	10,440
Suministro e instalación Tubería PVC DN 150mm, PN 10	2024	m	620	40	24,800
Suministro e instalación Tubería PVC DN 100mm, PN 10	2024	m	1,100	27	29,700
Total Obras Implantación sector Colonia Mata					452,730 USD

Tabla 7-8 Costos obras implantación Sector Colonia Mata

7.9. Obras construcción e implantación Colonia Orellana

En el siguiente cuadro se presentan los montos de inversión correspondientes a la implantación del Sector Colonia Orellana.

OBRA DISTRIBUCIÓN SECTOR COLONIA ORELLANA					
Descripción	Año ejecución	Unidad	Cantidad	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Ampliación producción en sector Colonia Orellana					
Construcción de pozos Colonia Orellana, 75 GPM	2025	un	1	101,700	101,700
Suministro e instalación Tubería PVC DN 150mm hacia tanque CO PN 10	2025	m	1,000	40	40,000
Construcción Tanque sector Colonia Orellana					
Construcción de tanque apoyado, capacidad 100m3 (26,400 galones)	2025	m3	1	28,100	28,100
Construcción Red de Distribución					
Suministro e instalación Tubería PVC DN 100mm, PN 10	2025	m	250	27	6,750
Suministro e instalación Tubería PVC DN 75mm, PN 10	2025	m	500	21	10,500
Suministro e instalación Tubería PVC DN 50mm, PN 10	2025	m	500	16	8,000
Total Obra Distribución Sector Colonia Orellana					195,050 USD

Tabla 7-9 Costos obras implantación Sector Colonia Orellana

7.10. Resumen de las inversiones previstas en el Plan

En lo siguiente cuadro se muestra un resumen de las inversiones estimadas para el presente Plan, agrupadas por sector de distribución.

Descripción	Año ejecución	Costo estimado (USD)
Ampliación fuentes principales		4,297,900
Incorporación de fuente Quebrada La Laguna, 50 l/s, incluye línea de conducción 12"	2019	267,980
Incorporación de fuente Quebrada Rincón, 100 l/s, incluye línea de conducción 14"	2020	1,537,280
Aplicación PTAP R.O. 100 l/s adicionales; incluye líneas de conducción 8" y 10" a tanques principales	2020	2,492,640
Mejora abastecimiento sector Norte		1,350,712
1era etapa: Captación fuente Militar 15 l/s; conducción 6"; PTAP Norte 40 l/s (incluye fuente Chamalucuará); tanque 105,750 gal; red distribución principal	2018	1,004,022
2da etapa: Ampliación tanque Las Colinas (95,550 gal); recalque 15 l/s con línea de impulsión 6"; mejoras red distribución Las Colinas	2019	244,990
Construcción de pozo en zona Norte, 120 gpm	2026	101,700
Implantación nuevo sector Sur		858,055
Implantación de nuevo sector Sur; incluye: construcción de dos pozos nuevos 250 gpm; tubería de impulsión, tanque 260,000 gal; red principal de distribución	2021-22 / 26	858,055
Mejora abastecimiento sector Santa Marta		267,210
Mejoras sector Tanque Santa Marta; incluye: nuevo tanque 100,000 galones; mejoras red de distribución	2018 / 2022	70,690
Ampliación sector Altos de Santa Marta; incluye: tanque 26,000 galones; recalque 6 l/s; tubería de impulsión 4"; red principal de distribución	2026	196,520
Mejora abastecimiento sector Calanterique		33,490
Mejoras sector Tanque Calanterique: mejoras red de distribución	2018	24,890
Ampliación capacidad recalque a Altos de Calanterique; Q= 4 l/s	2026	8,600
Mejora abastecimiento sector Parnaso / Implantación nuevo sector Parnaso Alto		395,770
Mejoras sector Tanque Parnaso mejoras red de distribución	2018	15,750
Implantación de sector Parnaso Alto; incluye: recalque 15 l/s desde tanque Parnaso; tanque 92,500 gal; línea de impulsión y red principal de distribución	2023 / 2028	380,720
Implantación nuevo sector Este		379,490
Implantación de nuevo sector Este; incluye: construcción de dos pozos nuevos 200 gpm; tanque 185,000 gal; bombeo desde tanque Parnaso 21 l/s; líneas de impulsión y red principal de distribución	2022 / 2026	379,490

Descripción	Año ejecución	Costo estimado (USD)
Implantación sector Colonia Mata		452,730
Implantación de sector Colonia Mata; incluye: perforación dos pozos 120 gpm; tanque 105,700 gal; líneas de impulsión y red principal de distribución	2024	452,730
Implantación sector Colonia Orellana		195,050
Implantación de sector Colonia Orellana; incluye: perforación un pozo 75 gpm; tanque 26,400 gal; líneas de impulsión y red principal de distribución	2025	195,050
TOTAL DE INVERSIONES PREVISTAS (USD)		8,230,407

Tabla 7-10 Resumen costos de las obras propuestas

Si se toma el promedio de usuarios de agua potable a lo largo del período, la inversión para los 14 años del Plan es USD 501 por usuario (USD 36 por año).

La distribución de los costos en los grupos de inversiones definidas al inicio del capítulo 5, es la siguiente:

Grupo de Inversiones	Monto Inversión (USD)	Participación
Ampliación de la capacidad de producción del Sistema RO (100 l/s)	4,297,900	52.2%
Mejoras en sector Norte	1,350,712	16.4%
Mejoras en otras áreas servidas actualmente	119,930	1.5%
Implantación de nuevos sectores de servicio (Sur, Este, Parnaso Alto, Colonia Mata, Colonia Orellana)	2,461,865	29.9%
TOTAL DE INVERSIONES (USD)	8,230,407	

Tabla 7-11 Distribución de costos de las obras propuestas

Si se considera una media para el período de 14,482 usuarios en el área actualmente servida, la inversión promedio en dicha área es de 398 USD/usuario (USD 28.4 anuales). Para los 3,823 usuarios previstos al final del período en las nuevas áreas servidas, la inversión requerida para incorporarlos al sistema es equivalente a 641 USD/usuario (USD 46 anuales).

Los costos asociados a la ejecución de las obras deberá ser tenido en cuenta en los estudios tarifarios que son necesarios para mantener una tarifa adecuada que permita el financiamiento de las inversiones, salvo los casos en que no corresponda por ser programas que no requiera el desembolso de una contrapartida por parte de la Prestadora o Municipio.

7.11. Otras consideraciones para la ejecución de las obras

Además de las gestiones destinadas a la obtención de los fondos necesarios para la ejecución de las obras, existen algunas actividades que deben ser consideradas previo a la ejecución de las obras incluidas en el Plan.

7.11.1. Gestión de los terrenos para implantación de las obras

Al igual que para el resto de la infraestructura prevista en el presente Plan de Inversiones, es importante que la Prestadora realice, con la debida anticipación, la gestión de los terrenos necesarios para la implantación de los pozos a perforar.

Los terrenos elegidos para la implantación de los pozos deben contar con una autorización para ser utilizados antes de la ejecución de las obras y en muchos procesos es requisito anterior a la realización de la licitación e incluso a la gestión del financiamiento.

Los terrenos que se utilicen deben ser propiedad de la Prestadora (adquirido por compra, donación o similar), o propiedad de la Municipalidad u otra Institución del Estado y ser cedido el usufructo del mismo en forma permanente a la Prestadora. Asimismo, en los casos que sean necesarios, se debe contar con servidumbre de paso para acceso a las instalaciones y en caso de conducción en terrenos privados, servidumbre de acueducto que permita el acceso a la Prestadora para tareas de instalación, operación y mantenimiento de la infraestructura.

7.11.2. Elaboración de los Documentos Técnicos para ejecución de las obras

Para la correcta ejecución de las obras previstas, es necesario el desarrollo del Diseño Ejecutivo de las mismas. Dicho Proyecto puede ser realizado en forma previa a la licitación de las obras o incluirse en la misma, modalidad "llave en mano".

Los diseños deben ser realizados por profesionales especializados en las disciplinas involucradas (civil, hidráulica, sanitaria, estructuras, hidrogeología, etc.) y deberán tenerse en cuenta aspectos de factibilidad de ejecución, suministro y empleo de materiales y equipos técnicamente adecuados, operación y mantenimiento de las obras, costos de inversión de acuerdo a las previsiones.

Por último, es necesario realizar todos los controles de calidad en la ejecución de las obras, de manera de asegurar una larga duración y un bajo costo de operación y mantenimiento de las mismas.

8. CRONOGRAMA DE INVERSIONES

En el siguiente cuadro se muestra el cronograma de desembolsos requeridos según las previsiones realizadas en el presente Plan.

Proyecto	Inversión por año (USD)						
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Ampliación Fuentes Principales							
Toma en Quebrada La Laguna, 50 l/s			267,980				
Toma en Quebrada Rincón, 100 l/s				1,537,280			
Aplicación PTAP R.O. 100 l/s; conducción 8" y 10"				2,492,640			
Mejora abastecimiento sector Norte							
1era etapa: Captación fuente Militar; PTAP Norte		1,004,022					
2da etapa: Tanque Las Colinas; recalque; impulsión			244,990				
3era etapa: Construcción de pozo, 120 gpm							
Mejora en otras áreas servidas actualmente							
Mejoras sector Santa Marta actual		9,390				61,300	
Mejoras sector Calanterique actual		24,890					
Mejoras sector Tanque Parnaso actual		15,750					
Implantación de nuevos sectores de servicio							
Implantación nuevo sector Sur					489,735	226,620	
Implantación nuevo sector Parnaso Alto							339,020
Implantación nuevo sector Este						229,790	
Implantación nuevo sector Colonia Mata							
Implantación nuevo sector Colonia Orellana							
Ampliación Sector Altos Santa Marta							
Total de Inversión USD / año	0	1,054,052	512,970	4,029,920	489,735	517,710	339,020

Proyecto	Inversión por año (USD)						
	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Ampliación Fuentes Principales							
Toma en Quebrada La Laguna, 50 l/s							
Toma en Quebrada Rincón, 100 l/s							
Aplicación PTAP R.O. 100 l/s; conducción 8" y 10"							
Mejora abastecimiento sector Norte							
1era etapa: Captación fuente Militar; PTAP Norte							
2da etapa: Tanque Las Colinas; recalque; impulsión							
3era etapa: Construcción de pozo, 120 gpm			101,700				
Mejora en otras áreas servidas actualmente							
Mejoras sector Santa Marta actual							
Mejoras sector Calanterique actual			8,600				
Mejoras sector Tanque Parnaso actual							
Implantación de nuevos sectores de servicio							
Implantación nuevo sector Sur			141,700				
Implantación nuevo sector Parnaso Alto					41,000		
Implantación nuevo sector Este			149,700				
Implantación nuevo sector Colonia Mata	452,730						
Implantación nuevo sector Colonia Orellana		195,050					

Ampliación Sector Altos Santa Marta			196,520				
Total de Inversión USD / año	452,730	195,050	598,220	0	41,000	0	0

Tabla 8-1Cronograma de inversiones del PIIAP

9. PIEZAS GRÁFICAS

A continuación se listan los planos que acompañan a este informe:

- H01: Densidad de población actual,
- H02: Densidad de población proyectada – año 2030
- H03: Sectores de distribución de agua actual
- H04: Sectores proyectados de distribución de agua – año 2030
- H05: Red actual de tuberías aductoras principales
- H06/H07: Red principal de tuberías aductoras proyectadas
- H08: Detalles mejoras proyectadas
- H09: Red actual de tuberías principales de distribución
- H10: Red proyectada de tuberías principales de distribución
- H11: Red principal distribución Colonia Mata (proyecto)
- H12: Red principal distribución Norte - Las Colinas (proyecto)
- H13: Red principal distribución Sector Este (proyecto)
- H14: Red principal distribución Sector Parnaso/ Guaratoro (proyecto)
- H15: Red principal distribución Sector Sur (proyecto)
- H16: Red principal distribución Sector Santa Marta (proyecto)
- H17: Red principal distribución Sector Calanterique (proyecto)
- H18: Ampliación fuentes superficiales