



COSTA RICA. Programa de Agua Potable y Saneamiento para el Nivel Subnacional (CR-T1034)

PLAN MAESTRO DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DE Y SANEAMIENTO DE LA CIUDAD DE CARTAGO

Junio 2010



ÍNDICE

PARTE A: SISTEMA DE AGUA POTABLE.....	6
1 SISTEMA ACTUAL.....	6
1.1 CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA ZONA Y DE LOS SISTEMAS	6
1.1.1 Generalidades	6
1.1.2 Aspectos físicos.....	9
1.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA	11
1.2.1 Fuentes actuales.	11
1.2.2 Sistemas de conducción de los manantiales.....	14
1.2.3 Red de distribución.....	14
1.2.4 Tanques de almacenamiento	16
1.2.5 Modelo del sistema.....	16
1.2.6 Sistema de desinfección.....	20
1.2.7 Calidad del agua.....	20
1.2.8 Estado de la cuenca y zona de protección.....	20
1.2.9 Vulnerabilidad ambiental	21
1.2.10 Evaluación del riesgo	21
1.2.11 Conclusiones del estado las instalaciones existentes	21
1.3 GESTIÓN ACTUAL DEL SISTEMA.....	24
1.3.1 Aspectos institucionales	24
1.3.2 Organización para la gestión del sistema.....	27
1.3.3 Aspectos de operación y mantenimiento.....	28
1.3.4 Aspectos Financieros	30
1.3.5 Tarifas.....	31
1.3.6 Aspectos comerciales.....	31
2 POBLACIÓN ACTUAL.....	34
2.1 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA POBLACIÓN ACTUAL POR CONEXIONES	34
2.2 PROYECCIONES DE POBLACIÓN	34
2.3 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA POBLACIÓN FUTURA, PARA EL SISTEMA ACTUAL.	35
3 CONSUMO ACTUAL	37
3.1 GENERALIDADES	37
3.2 DISTRIBUCIÓN DEL CONSUMO ACTUAL.....	37
3.3 AGUA NO CONTABILIZADA.....	38
3.4 PROYECCIÓN DEL CONSUMO DEL SISTEMA.	39
4 BALANCE HÍDRICO DEL SISTEMA	41
5 RECURSOS HÍDRICOS DE LA ZONA	42
5.1 AGUAS SUPERFICIALES	42
5.2 AGUAS SUBTERRÁNEAS	42
6 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA POBLACIÓN Y EL CONSUMO FUTURO	43
6.1 DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN SEGÚN ÁREAS DE ZONAS DE CONSUMO O DE PRESIÓN, Y/ O ZONAS DISTRITALES	43
6.2 DEFINICIÓN DE LAS ÁREAS DE ZONAS DE CONSUMO O DE PRESIÓN.	44
6.3 CONSUMO DE AGUA DE LAS ZONAS DEFINIDAS	47
6.4 BALANCE DE AGUA DE LAS ZONAS DEFINIDAS CON LA PRODUCCIÓN ACTUAL Y LOS DEFICITS POSIBLES FUTUROS.....	47
7 FORMULACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.	48
7.1 FUENTES SELECCIONADAS	48
7.1.1 Fuentes superficiales.....	48
7.1.2 Fuentes subterráneas.....	49
7.2 DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS	49
7.2.1 Alternativa No 1: Captación de los Ríos Sombrero, Patarrá, Estrella y Naranjo más pozos para la época de sequía, con la integración de los tres sistemas de la región.	49
7.2.2 Alternativa No 2: Captación de los Ríos Sombrero, Patarrá y Estrella, más pozos para la época de sequía, solo para Cartago.	55

8	ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS	58
8.1	ANÁLISIS DE MÍNIMO COSTO DE LAS ALTERNATIVAS	58
8.1.1	Presupuesto de la Alternativa No 1.	58
8.1.2	Presupuesto de la Alternativa No 2.	60
8.2	METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS ALTERNATIVAS.....	62
8.2.1	Flujo de inversiones, reposición de infraestructura y costos anuales	62
8.2.2	Resultados del análisis de mínimo costo	63
8.3	ANÁLISIS POR OTROS CRITERIOS DE LAS ALTERNATIVAS.....	64
8.3.1	Análisis según aspectos ambientales.....	64
8.3.2	Análisis de vulnerabilidad.....	64
8.4	SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA.	65
8.4.1	Análisis de la alternativa seleccionada con los otros sistemas, Oreamuno y Paraíso.	65
8.4.2	Aspectos institucionales	66
9	PROYECTO PROPUESTO.....	66
9.1	ETAPAS DE DESARROLLO	66
9.2	ETAPAS DE DESARROLLO	67
9.2.1	Etapa I.	68
9.2.2	Etapa 2.	68
9.2.3	Etapa 3.	68
9.3	OBRAS DE MEJORAS Y OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA EXISTENTE	68
9.4	NUEVAS OBRAS DE SUMINISTRO	69
9.5	OBRAS DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN.....	69
9.5.1	Almacenamiento	69
9.5.2	Redes de distribución	70
9.6	PROGRAMAS DE GESTIÓN DE LOS SISTEMAS.....	71
9.6.1	Plan para la reducción del agua no contabilizada.	71
9.6.2	Programa de estudio y regularización de los recursos hídricos.	72
9.6.3	Implementación de la organización a ser propuesta (estudio en proceso independiente de esta consultoría) en el acueducto.	73
9.6.4	Seguimiento al Plan Maestro.....	73
9.6.5	Programa actual del ANC.....	73
9.7	ASPECTOS AMBIENTALES DE LAS OBRAS DEL PLAN MAESTRO	73
9.8	PRESUPUESTO DE LAS OBRAS PROPUESTAS.....	73
9.8.1	Introducción	73
9.8.2	Costos Unitarios	74
9.8.3	Costos totales.....	74
9.9	CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS	76
	PARTE B: SISTEMA DE SANEAMIENTO.....	78
1	SISTEMA ACTUAL DE RECOLECCIÓN Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES	78
2	DIAGNOSTICO DE LA SITUACION ACTUAL.....	78
2.1	INFRAESTRUCTURA DE SANEAMIENTO	78
2.1.1	Sistema de alcantarillado sanitario	79
2.1.2	Tanques sépticos	81
2.1.3	Situación actual	81
2.2	CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA POR USO DE TANQUES SÉPTICOS Y VERTIDO DE AGUAS NEGRAS SIN TRATAMIENTO.....	84
3	CONCEPTUALIZACION DEL PROYECTO DE SANEAMIENTO	84
3.1	ÁREA EN ESTUDIO	84
3.2	PERIODO DE ALCANCE DEL PROYECTO Y POBLACIÓN BENEFICIADA	86
3.3	CAUDALES DE AGUAS RESIDUALES	88
3.3.1	Análisis del consumo de agua potable	88
3.3.2	Producción de Aguas Negras.....	90
4	LEGISLACIÓN APLICABLE AL PROYECTO	92
5	CONCEPTUALIZACION DEL PROYECTO	92

6	CARACTERIZACIÓN DE LOS CUERPOS RECEPTORES	94
6.1	ESTUDIOS HIDROLÓGICOS.....	94
6.2	ESTUDIOS DE CALIDAD DE AGUA	94
7	PREDIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA.....	95
7.1	REDES DE ALCANTARILLADO SANITARIO	95
7.1.1	Consideraciones generales.....	95
7.1.2	Cuencas y redes de alcantarillado	96
7.2	ESTACIONES DE BOMBEO	97
7.3	SISTEMA DE TRATAMIENTO	99
7.3.1	Consideraciones generales.....	99
7.3.2	Análisis de alternativas.....	100
7.3.3	Proyecto propuesto de planta de tratamiento.....	110
7.4	SISTEMA DE DISPOSICIÓN FINAL.....	112
7.5	ANÁLISIS DE REUSO DEL AGUA TRATADA	112
8	EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES	113
9	ESTIMACIONES DE COSTOS.....	113
9.1	COSTOS UNITARIOS	113
9.2	RED, COLECTORES Y EMISARIO	114
9.3	ESTACIONES DE BOMBEO Y LÍNEA DE IMPULSIÓN.....	115
9.4	PLANTA DE TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL	117
9.5	LOTES Y SERVIDUMBRES.....	118
9.6	ESTIMACIÓN PRELIMINAR DE COSTOS.....	119
10	CRONOGRAMA DE EJECUCION DE LAS OBRAS	119

LISTADO DE ANEXOS

Anexo 1: Metodología y proyecciones de población y de consumo de agua.

Anexo 2: Criterios de Diseño

Anexo 3: Hidrogeología e hidrología

Anexo 4: Planos de la red de abastecimiento de agua potable.

Anexo 5: Estados financieros

Anexo 6: Costos unitarios a nivel de plan maestro.

Anexo 7: Análisis económico de las alternativas

Anexo 8: Planos de obras a nivel de plan maestro.

Anexo 9: Componente de control y reducción de pérdidas de agua potable, gestión operativa y comercial de los servicios.

Anexo 10. Aspectos ambientales.

Anexo 11. Estudios de calidad de agua de los cuerpos receptores de aguas tratadas

Anexo 12: Archivos digitales de análisis hidráulico en WaterCad

Abreviaturas

°C:	Grados Celsius (temperatura)
ANC:	Agua No Contabilizada
AyA:	Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
DPD; DP:	Demanda Promedio Diaria
DMD:	Demanda máxima diaria
Hab:	Habitantes
HD:	Hierro Dúctil (tubería)
HF:	Hierro Fundido (tubería)
HG:	Hierro Galvanizado (tubería)
HP:	Potencia en Caballos de Fuerza
ICE:	Instituto Costarricense de Electricidad
IGN:	Instituto Geográfico Nacional
km:	Kilómetros
KW	Kilovatios
KWH	Kilovatios - hora
l/s; l/seg:	Litros por segundo
lppd:	Litros por persona por día (dotación)
MINAET:	Ministerio del Ambiente, energía y Telecomunicaciones
m:	Metros
mm:	Milímetros
mca:	Metros columna de agua
m2:	Metros cuadrados
m3:	Metros cúbicos
mgr/l:	Miligramos por litro (o partes por millón ppm)
m/seg:	Metros por segundo
m.s.n.m:	Metros sobre el nivel del mar (elevación)
ND:	Nivel dinámico
PVC:	Cloruro de Polivinilo (tubería)
PEAD:	Polietileno de alta densidad
Psi:	Libras por pulgada cuadrada
Q:	Caudal
SENARA	Servicio Nacional de Riego y Avenamiento
TDH:	Total dynamic head, carga dinámica total
US\$	Dólares de los Estados Unidos de América
VP:	Valor presente
VAN:	Valor actual neto
Volt:	Voltios
VRP:	Válvula Reguladora de Presión
VSP:	Válvula sostenedora de presión

PARTE A: SISTEMA DE AGUA POTABLE

1 SISTEMA ACTUAL

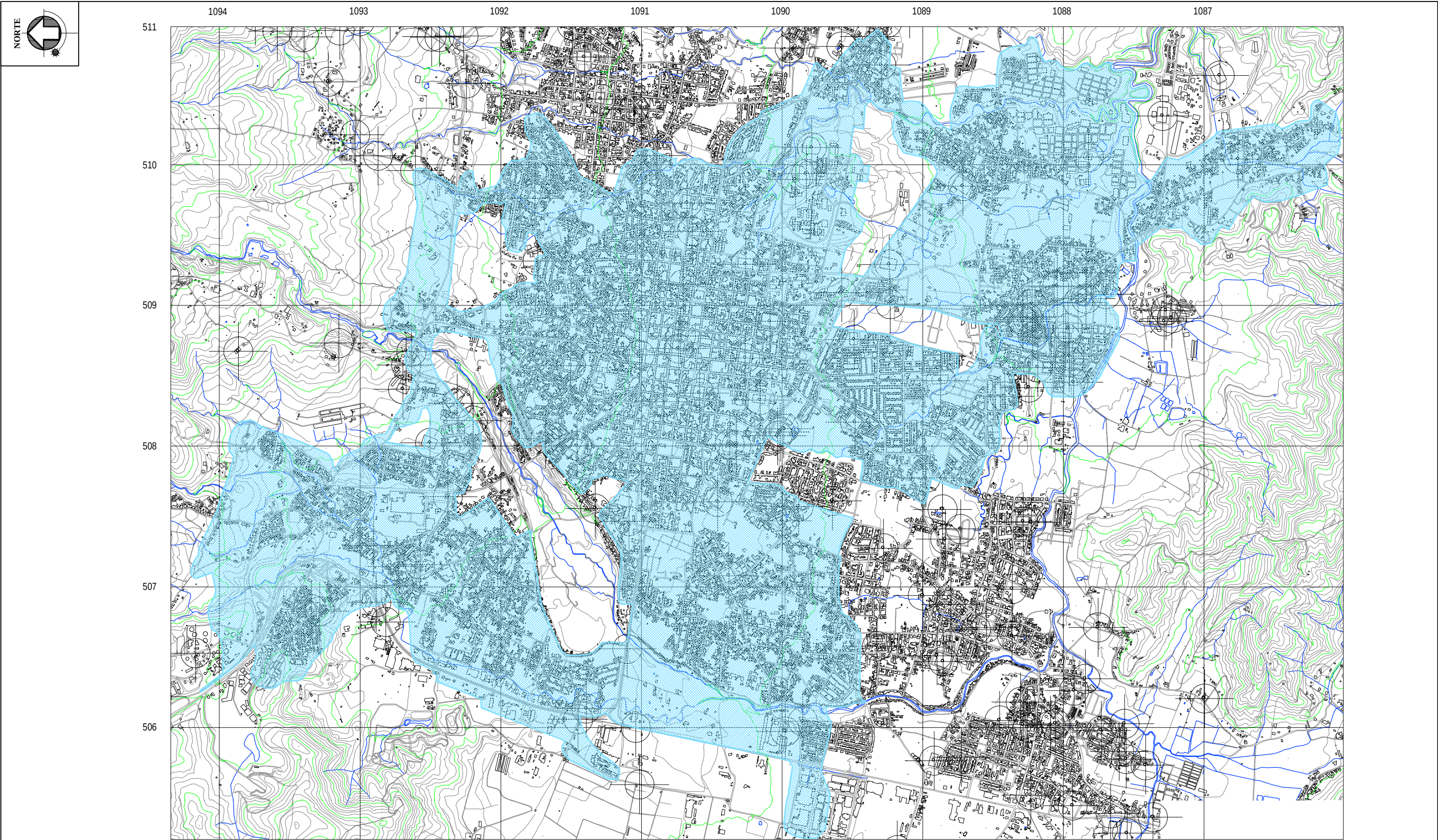
1.1 CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA ZONA Y DE LOS SISTEMAS

1.1.1 Generalidades

El área de estudio para el sistema principal de abastecimiento de agua potable de Cartago, comprende los distritos El Carmen, San Nicolás, Oriental, Occidental, Guadalupe, Dulce Nombre y San Francisco, tal como se muestra en la Figura 1.1.1.1.

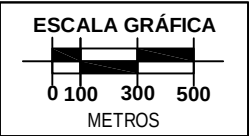
La zona de estudio, contiene distintas topografías con pendientes altas en el norte, de medias a planas en los sectores centrales y planas en los sectores del sur. Así por ejemplo, el sector de San Nicolás, que se ubica en las serranías del Ochomogo, el terreno es plano en sus inicios y se profundiza hacia los sectores más al suroeste. La parte central del sistema donde se ubican los sectores de El Carmen y los distritos centrales, las topografías son de altas a planas, dado que se ubican en las estribaciones del macizo del Volcán Irazú y se inician las planicies del Valle de El Guarco. De igual forma, los distritos de Guadalupe y Dulce Nombre, que flanquean los sectores oeste y este, son planos con pendientes medias no tan abruptas. Esta situación se presenta también para el distrito de San Francisco, excepto que está dividido por el Río Aguacaliente, de tal forma las pendientes al sur del mismo se incrementan hasta llegar a las serranías de los montes de Dulce Nombre. Los ríos que drenan esta zona son: Reventado y Toyogres, que desembocan en el Río Aguacaliente en el sector sur del sistema.

Los manantiales de la zona norte de Cartago son producto de los acuíferos volcánicos de la Cordillera Central, especialmente del volcán Irazú, a una elevación promedio de 1500-1550 m.s.n.m. o más. Dentro de estos manantiales se distinguen cuatro principales y dos secundarios, denominados Río Loro en el sector noroeste de la ciudad, la captación de Arriaz, contiguo a la carretera a San José, a la derecha subiendo al Alto de Ochomogo desde Cartago, un manantial menor llamado Padre Méndez y una pequeña fuente, La Misión, el sector norte, que prácticamente no ingresa al sistema central y se queda para el acueducto alto de Llano Grande. Además, existen dos manantiales principales en el sector noreste, aguas abajo de la ciudad de Cot, Paso Ancho y Lankaster, cuya producción se mantiene permanente a lo largo del año. De igual forma, el sistema principal de suministro del acueducto se abastece del agua del Proyecto Orosi, mediante una derivación a partir de la línea de conducción del Acueducto Metropolitano de San José, que proviene del embalse del Llano perteneciente al proyecto hidroeléctrico de Río Macho. Esta derivación alimenta la planta de tratamiento ubicada en las cercanías del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), operada por el AyA, cuya distribución se realiza por medio de una estación de bombeo que impulsa el agua a la red de distribución de Cartago Centro, a los tanques de distribución del Tecnológico y al tanque de Cola. Asimismo, parte de la producción de la planta se distribuye por gravedad a los sectores del sur, Dulce Nombre y parte de Aguacaliente. Es necesario mencionar que la estación de bombeo también es operada por el AyA.



CARTAGO ÁREA DE ESTUDIO

ESCALA GRÁFICA



PROYECTO : Programa de Agua Potable y Saneamiento para el Nivel Subnacional	CARTAGO 	CONTENIDO: CARTAGO ÁREA DE ESTUDIO	ESCALA: GRÁFICA ARCHIVO: FIGURAS.DWG FECHA: ABRIL 2010	FIGURA: 1.1.1.1
---	--	--	---	----------------------------

La precipitación promedio anual de la zona es 1,400 mm; la temperatura promedio es alrededor de los 20-22 °C, siendo los meses más secos los de marzo y abril donde se producen temperaturas del orden de los 24 a 26 °C. Las mínimas son alrededor de los 12-14°C. Los meses más lluviosos septiembre y octubre.

Toda la zona de estudio se ha caracterizado por estar vinculada a la actividad agrícola de hortalizas en las partes altas de la ciudad, en las faldas del Volcán Irazú y en menor medida con actividades de ganadería lechera. Además de las nacientes de este sistema, sobre esa zona donde afloran otros manantiales, que abastecen a los sistemas de abastecimiento de agua de las ciudades de Paraíso y Oreamuno, producto de los acuíferos que se explican con detalle en el Anexo 3 de este Informe.

Otra de las actividades que se ha desarrollado con gran intensidad en este sector de Cartago, es la industrial, que se ubica mayormente en el Distrito Guadalupe, donde se han instalado varias zonas francas, con diversos tipos de industria, que ha demandado gran cantidad de agua para el sistema de Cartago y que también, se abastecen de pozos de producción, sin que hasta fecha se haya determinado la explotación verdadera de los mismos.

La población de los distritos que conforman el sistema, al 31 de diciembre del 2008, se muestra en el Cuadro 1.1.1.1 que se muestra a continuación:

Cuadro 1.1.1.1: Población actual de los distritos

Distrito	Habitantes 2008
Oriental	15,026
Occidental	12,294
El Carmen	17,682
San Nicolás	25,531
Guadalupe	14,433
Dulce Nombre	7,709
Aguacaliente SF	32,040
Totales	124,715

Fuente: INEC Encuesta de Hogares 2008

Para el censo del año 2000, último disponible en el país, la población era de unos 109.690 habitantes y menos de un 8% se ubicaba en zonas rurales.

Desde el punto de vista de desarrollo humano, el cantón de Cartago, es uno de los primeros del país, ya que ocupó el puesto 12 y 14 en los años 2000 y 2005 respectivamente con valores de 0,786 y 0,813 en el mismo orden, situándose dentro de los cantones con un IDH medio-alto y por encima del promedio cantonal para el año 2005 (0,752)

1.1.2 Aspectos físicos

Geología

El cantón de Cartago está constituido geológicamente por materiales de los períodos Terciario y Cuaternario; siendo las rocas volcánicas del Terciario las que predominan en la región.

En el período Terciario se encuentran rocas de origen sedimentario, volcánico e intrusivo, de la época Mioceno. Las sedimentarias corresponden a las formaciones Pacacua y Coris y a materiales indiferenciados; la formación Pacacua, es una secuencia de materiales constituida por interestratificaciones de conglomerados brechosos y areniscas conglomeráticas, areniscas, limolitas y lutitas, todas tobáceas, en algunas partes con coloraciones moráceas, la cual se sitúa en el sector aledaño al barrio Ochomogo, así como al norte, sur y oeste del poblado Coris, lo mismo que en el cerro Tablazo, al igual que al norte del poblado Navarro y en las proximidades de las márgenes del curso inferior de los ríos Navarro, Navarrito y Sombrero; la formación Coris corresponde a una secuencia de areniscas cuarzosas, espesa, con capas delgadas de lutita y algunos lentes locales de lignito, que se ubica en las cercanías de hacienda Quitarrazú; y los materiales Indiferenciados, se localizan en las márgenes de quebrada Guayaba.

Las rocas volcánicas pertenecen al grupo Aguacate el cual está compuesto principalmente por coladas de andesita y basalto, aglomerado, brechas y tabas, localizado al sur del cantón, a partir de la margen al sur del río Humo; lo mismo que en ,alto Cedral y sector sureste del mismo, próximo al límite cantonal, así como en el distrito Corralillos, en las nacientes del río Navarrito y cerro Jucosal. Las rocas intrusivas pertenecen a los intrusivos ácidos de la cordillera de Talamanca, tales como dioritas cuárcicas y granodioritas, también gabros y granitos, los cuales se ubican entre la ladera sur del alto Cedral y las márgenes del río Humo; así como en el alto Caña.

De los materiales del período Cuaternario, se localizan rocas de origen volcánico y sedimentario, de la época Holoceno. La primera pertenece a edificios volcánicos recientes y actuales, y piroclastos asociados ubicados al norte del cantón a partir del sector aledaño al barrio Quircot, lo mismo que en el de Pitahaya. Las rocas sedimentarias corresponden a depósitos fluviales y coluviales, localizados en las cercanías de la ciudad de Cartago y de ésta al poblado Coris, al igual que en las proximidades a las villas Dulce Nombre, San Francisco y el barrio Lourdes, así como las márgenes del río Navarro, próximo a su confluencia con el río Agua Caliente.

Geomorfología

El cantón de Cartago presenta cuatro unidades geomórficas, denominadas forma de origen tectónico y erosivo, de origen volcánico, de sedimentación aluvial y la originada por remoción en masa.

La unidad de origen tectónico y erosivo, constituido por la cordillera de Talamanca, se localiza en los cerros Carpintera, en las márgenes del río Conejo, al suroeste del poblado Coris, así como en la zona sureste del cantón a partir del barrio Lourdes. Esta unidad se caracteriza por presentar valles profundos con laderas de fuerte pendiente. Las divisorias son angostas. Esta unidad

comprende rocas viejas de las formaciones San Miguel, Aguacate y Coris; además presenta intrusiones ácidas y básicas, así como volcánicas. La forma de la cordillera es compleja al estar influenciada por fallas y pliegues, lo mismo que por la diversidad de rocas. Su origen se debió a una sedimentación marina que ocurrió hasta el Mioceno Medio, luego se inició un ascenso y plegamiento durante el Mioceno Medio al Superior. Posteriormente un Plutonismo con magmas ácidas y básicas originando las intrusiones, el cual es muy posible que llegó hasta el Plioceno.

La unidad de origen volcánico, representada por el Volcán Irazú, se ubica al norte de villa Taras; la cual se caracteriza por laderas que tienen todo tipo de pendientes. Los contornos de las lomas son redondeados, debido al grueso espesor de cenizas recientes que cubre casi todo el macizo. El cerro Cabeza de Vaca podría ser un cúmulo de lava. La unidad está compuesta por rocas volcánicas, tales como brechas, lavas, tobas, aglomerados, ignimbritas, ceniza y también muchas corrientes de lodo y lahares. El grado de meteorización de las rocas es muy variable. Su origen se debe al cúmulo de rocas volcánicas de diferente tipo. La erosión ha tomado parte en el labrado del sistema de drenaje, con carácter radial.

La unidad de sedimentación aluvial, representada por el abanico aluvial del río Reventado, se localiza en las proximidades de la ciudad de Cartago, de Villa Dulce Nombre y del poblado Coris; la cual presenta su pendiente general de 3° a 4° con variaciones locales que lo llevan hasta 6°. Las laderas del río Reventado que lo cortan, suelen ser verticales. En su superficie, hay abundancia de antiguos canales abandonados ocasionando un microrelieve muy irregular. Los espacios interfluviales son mayores de 200 metros. Esta unidad se compone de abundantes fragmentos subangulares de lava andesítica, traídos en forma de corriente de lodo y lahares, todo esto dentro de una matriz muy piroclástica. Su origen se debe a sucesivos aportes del río Reventado, que desde épocas remotas ha estado transportando materiales.

La unidad originada por remoción en masa, representada por el deslizamiento del río Reventado, situado desde el sector norte de villa Tierra Blanca hasta el suroeste de la misma. Estos deslizamientos se caracterizan por ser paralelos al cauce del río Reventado, los cuales caen a este río o alguno de sus afluentes. Presentan grietas y cambios bruscos en el relieve del terreno. En villa Llano Grande se observan grandes escarpes de más de veinte metros verticales en relación con la cicatriz de la cabecera. Esta unidad se compone de rocas eminentemente volcánicas, procedentes del volcán Irazú. Hay meteorización en alto grado y profundidad. Se observan rocas arcillificadas que constituyen mantos ideales para el movimiento. Su origen se debe a una profunda meteorización de las rocas, que unida a la fuerte precipitación han ocasionado los movimientos del terreno. La profundización del cauce actual del río Reventado, ha contribuido notablemente al desequilibrio de sus laderas y reactivado los deslizamientos.

Altitudes

Las elevaciones, en metros sobre el nivel medio del mar, del centro urbano de los distritos del cantón son las siguientes: Parte Oriental de la Ciudad de Cartago 1.426, Parte Occidental de Ciudad de Cartago 1.435. Villa Carmen 1 515, Villa Taras 1.445, Villa San Francisco 1.330, Villa Guadalupe 1.400, Villa Corralillo 1.665, Villa Tierra Blanca 2.080, Villa Dulce Nombre 1.340, Villa Llano Grande 2.270 y Villa Quebradilla 1.410.

Hidrografía

El sistema fluvial del cantón de Cartago, corresponde a las vertientes del Caribe y del Pacífico. A la primera, pertenece la subvertiente del Caribe, con la cuenca del río Reventazón Parismina, la cual es drenada por el río Reventado, que recibe a los ríos Retes, Taras y su afluente Arriaz; lo mismo que por los ríos Coris, Cabrera, Purires.

La confluencia de los ríos Reventado y Purires dan origen al río Agua Caliente, al que se le unen los ríos Chinchilla, Toyogres y sus afluentes Seco, Barquero, Blanquillo, y Navarro con sus tributarios Navarrito, Sombrero, Perlas y Naranjo. Otros ríos que irrigan la zona son los ríos Macho y sus afluentes Queverí y Chingori Grande; así como por los dos ríos Humo y el Chirí. Estos cursos de agua excepto, los ríos Macho, Humo, río Reventado, nacen en el cantón; los cuales presentan un rumbo de noreste a suroeste, de suroeste a noreste y de noroeste a sureste. Los ríos Reventado, Retes, Chinchilla, Naranjo, Aguacaliente y Purires, son límites cantonales; los tres primeros con Oreamuno; el cuarto con Paraíso; y los dos últimos con El Guarco. Se localiza en el área la laguna Doña Ana.

A la vertiente del Pacífico, pertenecen las cuencas de los ríos Grande de Tárcos y Pirris.

La primera es drenada por los ríos Tiribí, Chiquito, y las quebradas Fierro y Quirrazú. Estos cursos de agua nacen en el cantón, los cuales presentan un rumbo de noreste a suroeste. El río Tiribí es límite con el cantón de Goicoechea de la provincia de San José.

La cuenca del río Pirris es drenada por el río Alumbre y sus afluentes el río Conejo y las quebradas Alumbre y Molina; lo mismo que por el río Santa Elena, que se origina en la confluencia de los ríos San Cristóbal Sur y San Cristóbal Norte, al que se le une el río San Lorenzo. Estos cursos de agua, excepto los ríos San Cristóbal Norte y San Cristóbal Sur nacen en el cantón; los cuales presentan una dirección de noreste a suroeste. Los ríos Alumbre, Santa Elena, San Cristóbal Norte y San Lorenzo son límites cantonales; los tres primeros con Desamparados de la provincia San José y el último con El Guarco.

1.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

1.2.1 Fuentes actuales.

Como se dijo anteriormente, este sistema de abastece de manantiales en la parte norte de la zona y de agua superficial tratada en la parte sur (baja), agua que se impulsa por una estación de bombeo contra la red, siendo uno de los tanques principales denominado de Cola, tanque terminal de este sistema de bombeo, que en la actualidad no funciona como tal.

La producción de las fuentes y de la estación de bombeo mencionada, se obtuvo de las mediciones ultrasónicas que realizadas por personeros del Dpto del Acueducto de la Municipalidad con la empresa R&M para el mes de octubre de 2009, para la línea de Paso Ancho–Turbina, después de la conexión al tanque de Oreamuno, además, con los resultados de las mediciones del sistema SCADA, para el mes de octubre, tanto de la entrada como la salida de los tanques principales, San Blas, Turbina, Arriaz, RECOPE, así como del bombeo de la planta

de tratamiento y la medición que se suministra por gravedad a la zona sur, cuyos resultados se muestran en el Cuadro 1.2.1.1.

Cuadro 1.2.1.1: Producción de las fuentes actuales en l/seg

Fuente	Q producción l/seg (1)
Paso Ancho	45
Lankaster	80
Río Loro	60
Arriaz	60
Padre Méndez	15
Planta de bombeo	211
Planta por gravedad	28
P. La Mora	10
P. La Joya	20
P. Pitahaya	8
P. Lourdes	10
P. ANDA	5
Totales	552

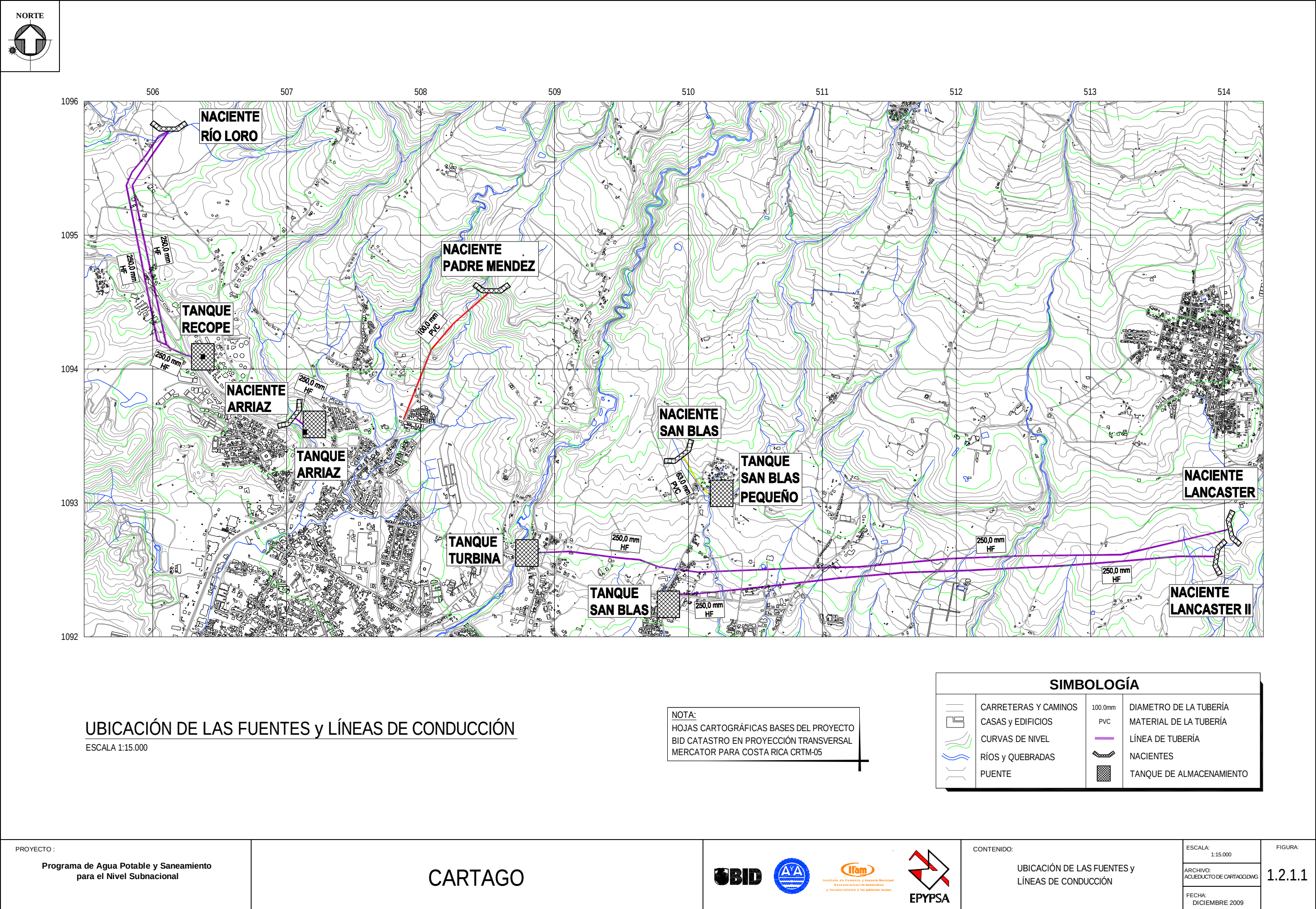
Fuente: (1) Mediciones de R&M y del sistema SCADA, del mes de octubre 2009

Tal como se muestra la producción de todas las fuentes, en promedio es unos 552 l/seg, para el mes de octubre del año 2009. Empero, para la época seca se podrían obtener caudales del orden de los 500 l/seg o menos, de acuerdo con los estudios hidrológicos realizados. Más adelante se indican los probables caudales para la época de sequía extrema de 1:25 años de retorno, ver Anexo 3 de este informe.

Como se observa en el Cuadro 1.2.1.1, la producción de los pozos es poco significativa, dado que solo representa el 5% del total, y aún más en la situación actual, dada la información del Departamento de Acueducto, que informaron que los pozos ANDA y Calle Calderón están fuera de operación.

Pese a su incertidumbre, los valores de producción anteriormente estimados como mínimos son conservadores. Por otro lado, las obras propuestas adelante, de las zonas de presión y del sistema de distribución, no son afectadas por variaciones en la producción de las fuentes.

En la figura 1.2.1.1 se muestra la ubicación de esta fuente con su correspondiente elevación, con las algunas de las características principales.



1.2.2 Sistemas de conducción de los manantiales

Este el acueducto data de varias décadas, especialmente las conducciones de las fuentes de Paso Ancho, Lankaster, Arriaz y Río Loro, con diámetros de 250 mm de material mayormente de HF, que llegan a los tanques de RECOPE, Turbina, San Blas y Arriaz. Todas estas conducciones son por gravedad. Además, se cuenta también con conducciones de PVC de la fuente de Padre Méndez por gravedad con diámetros de 100 mm e ingresa directamente a la red de la parte alta. Estas tuberías, en algunos casos funcionan también como líneas de distribución, especialmente para abastecer a los sectores altos del sistema, antes de que ingresen a los tanques principales de RECOPE y Turbina. Se estima que la longitud de conducción es alrededor de los 16 kms.

Las longitudes y los diámetros de la línea se observan en Cuadro 1.2.2.1

Cuadro 1.2.2.1.1: Longitudes y diámetros de las líneas de conducción

Diámetro (mm)	Longitud m	Porcentaje
250 HF	14,740	90.1%
100 PVC	1,613	9.9%
Total	16,353	100.0%

Fuente: Datos de la Municipalidad

1.2.3 Red de distribución

Tal como se explicó arriba, algunos sectores se abastecen directamente desde líneas de conducción, tal es el caso de algunos sectores altos, tales como Ochomogo, Taras, el sector alto de San Blas y el sector alto del tanque de La Turbina.

La red de distribución tiene unos 150 kms de longitud, con diámetros que van desde los 50 mm hasta los 600 mm de HD, este último perteneciente a la línea de impulsión principal desde la estación de bombeo de la planta de tratamiento al tanque de Cola. En el Cuadro 1.2.3.1 se muestra un resumen de estas tuberías de la red de distribución de Cartago.

Es de mencionar, que en la actualidad, existe una doble red en el centro de la ciudad, antigua, que no fue desconectada cuando se instaló la nueva tubería que se indica en el cuadro mencionado en los años 80, cuya longitud asciende a unos 10 kms , en diámetros de 100 a 25 mm de materiales de AC, HF y HG.

Cuadro 1.2.3.1: Resumen de las tuberías de red de Cartago

Diámetro (mm)	Longitud m	Porcentaje
600 HD	714	0.5%
500 HD	114	0.1%
450 HD	1,329	0.9%
400 HD	114	0.1%
300 PVC	4,910	3.3%
250 PVC Y HF	21,354	14.2%
200 PVC Y HF	9,518	6.3%
150 PVC Y HF	16,304	10.9%
125 HF	1,909	1.3%
100 PVC Y HF	39,791	26.5%
75 PVC	1,409	0.9%
68 PVC	33,669	22.4%
50 PVC	18,312	12.2%
38 PVC	585	0.4%
Total	150,031	100.0%

Fuente: Datos de la Municipalidad

En la Figura 1.2.3.1 se muestra un esquema del sistema actual, donde se ubican la captación, conducción, planta, tanque y la red con sus ramales, que se explica como sigue:

- La fuente de Río Loro, por medio de dos líneas de tubería de 250 HF, que ingresan al tanque de RECOPE, del cual sale una tubería de 250 mm, que abastece a los sectores altos de San Nicolás y la parte alta del sector de Taras (sector bajo de este tanque). En la actualidad a esta línea de distribución se le instaló una válvula hidráulica sostenedora, que permite el mantener presiones adecuadas a la parte alta citada y suministrar agua a los sectores bajos. Además, ha permitido una mejor regulación de caudales, que se almacenan en el Tanque RECOPE, que es regulado por el Sistema SCADA, que se explica adelante.
- La fuente de Arriaz, ingresa a los tanques del mismo nombre por medio de una conducción pequeña, de los cuales salen dos tuberías que abastecen a los sectores de Quircot y Taras Bajo, así como a la parte central, aguas arriba de la avenida sexta, por medio de tubería de 200 mm HF, que cruza el Río Reventado.
- La fuente de Paso Ancho, según se dijo, abastece al tanque de Turbina, pero además abastece de forma directa la parte alta de este tanque a través de la línea de conducción. Es de mencionar, que esta línea de conducción tiene una derivación para el Tanque Mil, del sistema de Oremuno, cuyo caudal medido en el marco de este estudio es de unos 20 l/seg. El tanque turbina, abastece mayormente el distrito El Carmen en su parte alta.
- La fuente Lankaster, suple de agua al tanque de San Blas, por medio de una tubería de 250 mm HF, del cual sale una de distribución de igual diámetro que abastece de agua a la parte baja del distrito El Carmen en su sector este, llegando al cuadrante de los distritos centrales.

- La fuente de Padre Méndez, se interconecta a la red directamente y se mezcla a los sectores que se abastecen del tanque RECOPE y parte de Turbina.
- La planta de tratamiento que se abastece de una derivación del proyecto Orosi, por medio de un sistema de bombeo y una línea de impulsión de 600, 500, 450 mm de HD, suple de agua a los sectores centrales, la mayor parte del distrito Guadalupe, el sector de Caballo Blanco.
- De este planta, se suministra por gravedad a los sectores de Dulce Nombre por medio de una tubería de 250-200 de HF.

1.2.4 Tanques de almacenamiento

El sistema cuenta con ocho tanques, cuyo volumen total debería ser suficiente para las necesidades actuales, pero es insuficiente para algunos sectores, debido a su distribución espacial. En el Cuadro 1.2.4.1 se presentan los tanques actuales y sus volúmenes.

Cuadro 1.2.4.2: Resumen de volúmenes de almacenamiento del Sistema Cartago

Tanque	Capacidad m ³	Elevación m.s.n.m
Tanque Cola	5,000	1,460
Arriaz	1,250	1,485
RECOPE	1,000	1,554
San Blas	750	1,515
Turbina	4,000	1,548
Central	2,500	1,467
Tecnológico	1,000	1,416
Planta	5,000	1,415
Cocorí	1,000	1,370
Totales	21,500	

Fuente: Datos de la Municipalidad

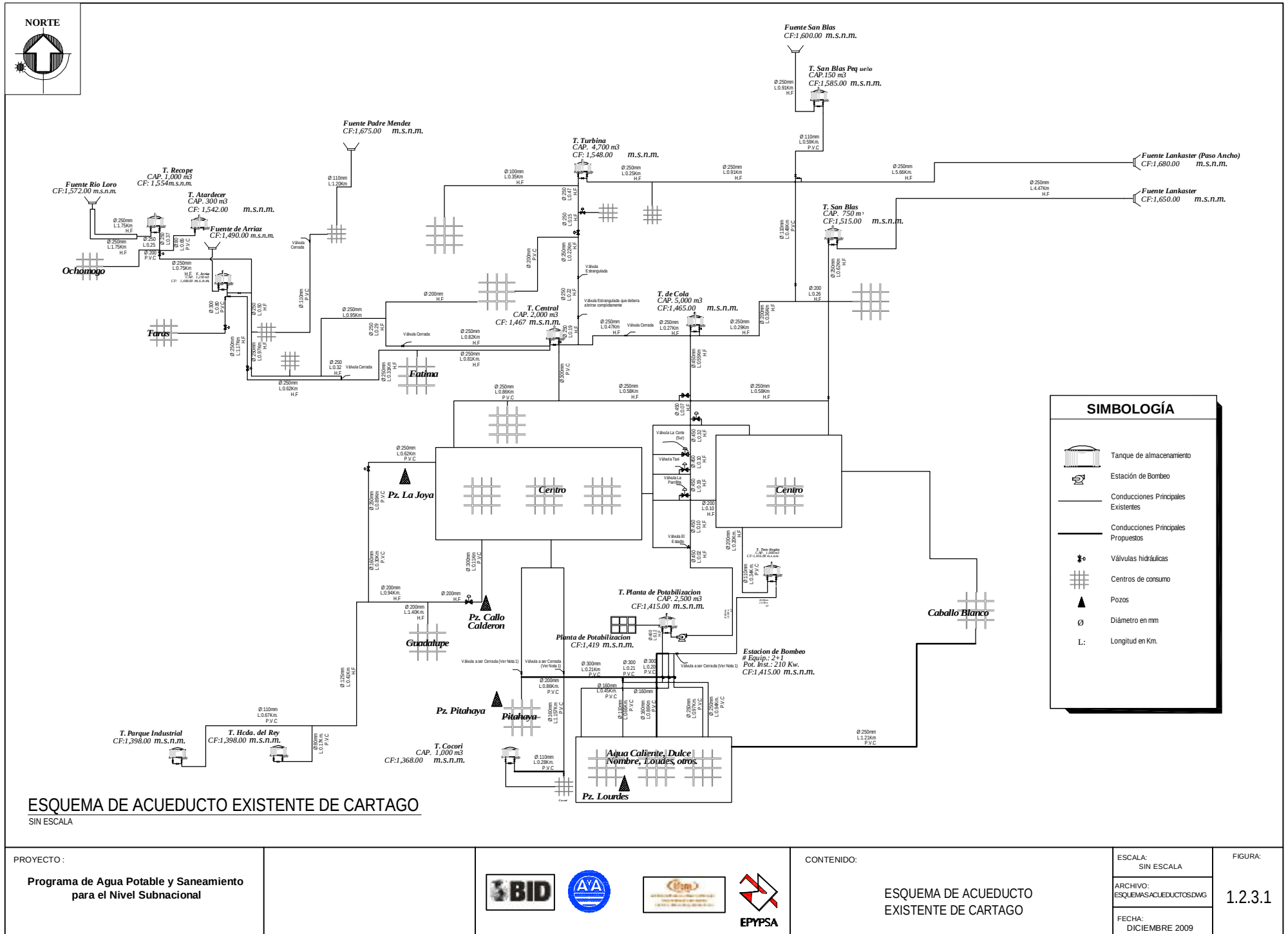
Como se observa el volumen de almacenamiento es de unos 21,500 m³, representa el 45 % del volumen promedio diario consumido en la actualidad de unos 552 l/s, como promedio de todo el sistema. De acuerdo con las normas del AyA y que se muestran en el Anexo 2 de Criterios de Diseño, el porcentaje de almacenamiento debe estar dentro del rango del 30 a 35% del caudal promedio diario, por lo que de este punto de vista pareciera que el volumen es suficiente, para las necesidades actuales.

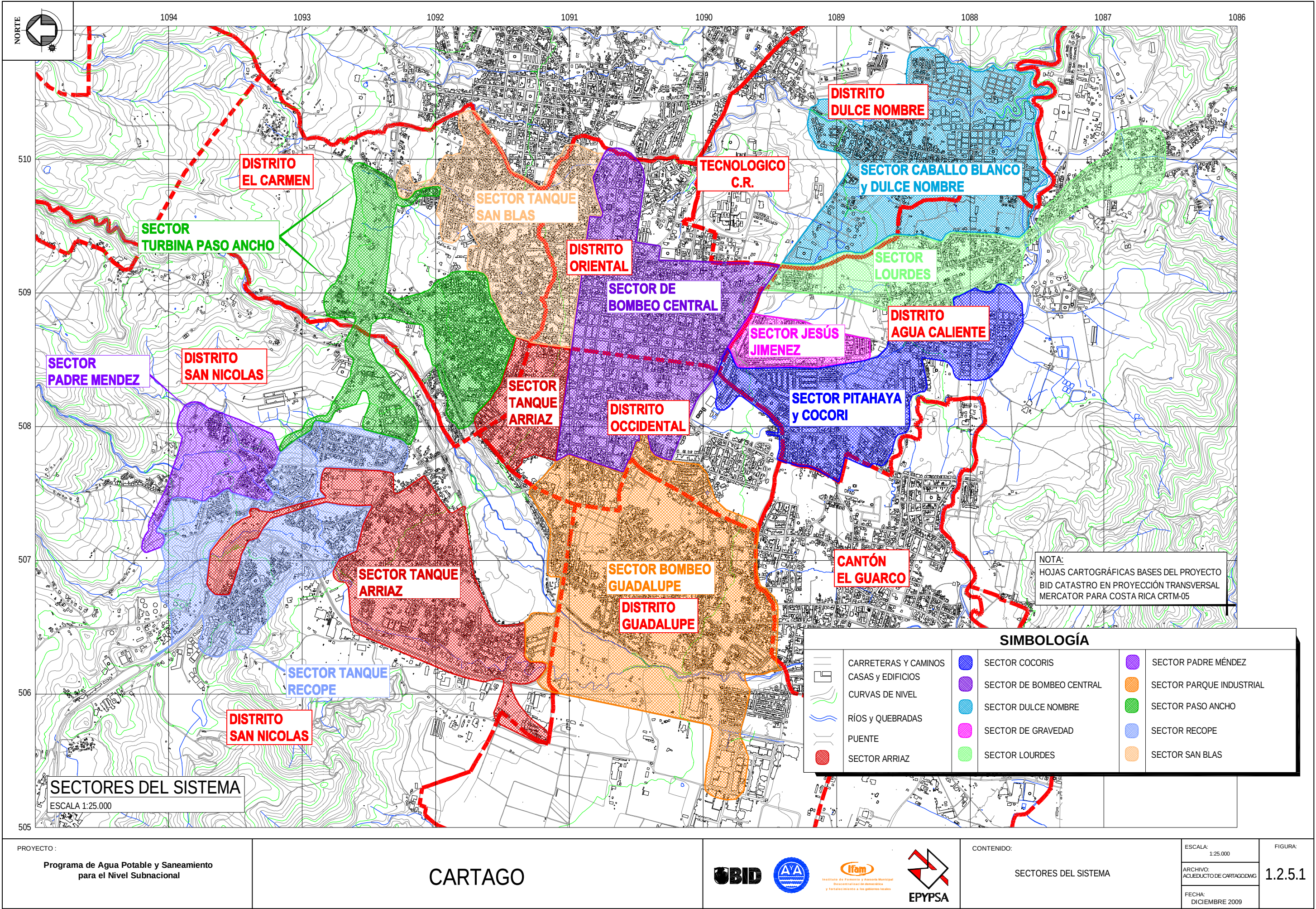
Empero, desde la perspectiva de las zonas de presión o zonas de abastecimiento, se producen déficits importantes, tales son los casos de las zonas de San Blas o de RECOPE, situación que analiza más adelante con las demandas futuras de cada una.

1.2.5 Modelo del sistema

Para establecer el modelo del sistema, se utilizó la información suministrada por el Dpto de Acueducto, con la actualización de los ingenieros de ese departamento, además de la información de la facturación actual, por medio de los facturación de los meses de septiembre y

octubre del año 2009, donde se indican todos los abonados de las rutas o sectores de facturación del Departamento de Informática de la Municipalidad, así como con los planos correspondientes. Esta información posee datos de cuenta, cédula, dirección, distrito, sector, manzana, medidor si existe, lectura actual y lectura anterior. Dicha información se puso en planos de las rutas de facturación de los distritos para cada sector y cada manzana, ver figura 1.2.5.1, con lo cual se determinó la demanda de agua promedio de toda la red del sistema, uniformándola a la producción del sistema, que ingresa la misma, que en el caso de este informe es de 552 l/seg. Con base en estos datos actualizados, de la demanda de agua de la red, se realizaron las corridas de computadora, poniendo los datos de los equipos de bombeo de la planta de tratamiento y de los caudales de entrada de cada uno de los tanques. Los resultados se explican adelante en cada componente del sistema.





1.2.6 Sistema de desinfección

En la actualidad se cuenta con dos tipos de sistemas de desinfección, uno con gas cloro, que se aplica en los tanques principales, RECOPE, Arriaz, Turbina, San Blas y la planta de tratamiento, cuya operación se lleva a cabo por medio de una empresa privada, quien además suministra el mantenimiento de dicho sistema. Asimismo, para los sitios de Padre Méndez, Naciente San Blas y la Ladrillera en Lourdes, se aplica solución de hipoclorito de calcio en forma líquida, operados dichos sistemas por la misma empresa antes citada.

1.2.7 Calidad del agua

De acuerdo con los análisis de calidad del agua que se han realizado de las fuentes, antes de la cloración, se muestra que existe contaminación fecal en las propias fuentes, según los datos de la Fundación Tecnológica de Costa Rica (FUNDATEC), efectuados en los meses de febrero a septiembre del año 2008. Según estos resultados, se han presentado problemas de contaminación bacteriológica en las fuentes de Paso Ancho, Río Loro y La Misión, especialmente. Por las visitas realizadas, se pudo observar aguas escorrentía que trascurren sobre la captación de la fuente de Paso Ancho, que posiblemente en su momento produce este tipo de contaminación. Por las informaciones recibidas, se presume que esta agua de escorrentía proviene incluso de algunas lecherías que se ubican aguas arriba de esta captación.

En cuanto a los datos físico-químicos, se advierte que los niveles de nitratos en las dos fuentes antes mencionadas, principalmente Paso Ancho y Lancaster, han ido en aumento y en algunas de las muestras se acercan a los valores recomendados y menos de los casos a los valores máximos admisibles, es decir, que oscilan en valores de 25 a 40 mg/l. En cuanto a plaguicidas, la Municipalidad a través de FUNDATEC, lleva mensualmente desde febrero del 2009, análisis de estos componentes organoclorados y organofosforados, y hasta la fecha no se han detectado presencia de estos componentes.

En los análisis de calidad de la red, según los análisis efectuados por FUNDATEC, en la mayoría de las muestras es completamente potable en más de un 95 % de las muestras realizadas, no así en otros casos, los menos, donde se han detectado contaminación bacteriológica, casos que se han presentado en los sectores de Quircot, Taras, entre otras. Empero, quizás debido a contaminaciones locales se han detectado muestras en los distritos centrales, específicamente en el EBAIS del centro, donde se presentaron coliformes totales, pero sin la presencia de coliformes fecales, que deberán ser monitoreados constantemente, dado que podría deberse según la información de los operadores del sistema, que se deba al almacenamiento de agua domiciliar, por medio de tanques de succión, principalmente.

1.2.8 Estado de la cuenca y zona de protección

La cuenca receptora de las fuentes actuales, proviene de los acuíferos que se subyacen las faldas del Volcán Irazú, ver Anexo 3 de este Informe, donde se desarrollan actividades agrícolas de cultivos de hortalizas de forma intensa, que hasta la fecha no incidido, según se apuntó arriba, que existan contaminación grave por los plaguicidas.

En el año 2001, se llevó a cabo un estudio para delimitar las zonas de protección de los manantiales¹, que delimitó las posibles áreas de recarga y por ende de protección, dando como resultado las siguientes recomendaciones:

- Gestionar apoyo técnico y económico a instituciones del Recurso Hídrico, (SENARA; AyA, entre otras) en conjunto con las universidades, para que realicen estudios como proyectos de tesis o institucionales, para las zonas de interés del acuífero.
- Realizar aforos de los ríos y quebradas aguas arriba de la recarga de los acuíferos de los manantiales. Estos aforos deberían ser al menos mensualmente, así como de las propias fuentes de los manantiales.
- Prevenir contaminaciones de agua superficial de estos manantiales.
- Perforar tres pozos testigo en las áreas de recarga de los manantiales, para determinar sus parámetros hidráulicos, como permeabilidad, transmisibilidad, capacidad de almacenamiento, etc.
- Extender en al menos 2 km², las áreas de estudio de cada uno de los manantiales, para determinar sus características hidrogeológicas.
- Instalar con estaciones hidrométricas en las áreas de recarga, en conjunto con las instituciones del IMN, ITCR, SENARA, AyA, e incluso el ICE, para establecer correlaciones de precipitación versus caudal de los mismos manantiales.

1.2.9 Vulnerabilidad ambiental

Es evidente que la vulnerabilidad de estas fuentes se enmarca en el uso intensivo de estas cuencas, cuyas actividades hacen de las mismas vulnerables a la contaminación, especialmente por agroquímicos, específicamente los nitrogenados y fosforados, dado que se aplican de forma sin control sobre estos terrenos. Empero, como se explicó arriba, esta situación todavía no se ha presentado, por lo que el uso de los plaguicidas aguas arriba de los manantiales deberá regularse, los estudios que se recomiendan en el estudio citado anteriormente.

1.2.10 Evaluación del riesgo

El riesgo por tanto de estas fuentes, se produce por la posible contaminación agroquímicos que se aplican en la agricultura, situación que tendrá que ser contrarrestada por un adecuado manejo de cuenca en toda su extensión, donde se deberá incluir a todos los entes involucrados, que manejan y controlan dichas actividades agrícolas, tal como se indica en el estudio de zonas de protección de los manantiales.

1.2.11 Conclusiones del estado las instalaciones existentes

1.2.11.1 Captaciones de manantiales

Los problemas principales que se determinaron durante el diagnóstico para estas instalaciones se resumen como sigue:

¹ Delimitación de las Zonas de Protección de los Manantiales de Cantón de Cartago, Lic. Viviana Ramos, mayo 2001.

- Según las visitas realizadas, la mayor parte de las captaciones actuales, no poseen protecciones para terceras personas y su acceso se realiza por en terrenos privados, que algunas veces dificulta el mantenimiento de estas instalaciones.
- En algunas de ellas, tal es caso de la fuente Paso Ancho, las aguas de escorrentía pasan por encima de ella, que podría producir grave contaminación.
- En conclusión, las fuentes requieren de mayor protección para el acceso de terceras personas, delimitar el acceso a las estructuras existentes, para protegerlas de contaminación y daños a las mismas.
- Además de construir sistemas para proteger de posibles contaminaciones de aguas residuales, como son: desvíos de esta agua por medio de tuberías, canalizaciones adecuadas de drenaje de las aguas de lluvia alrededor de la fuente, etc.
- Es de mencionar, como se explicó en texto arriba, que los niveles de nitratos de las fuentes de Paso Ancho y Lankaster, en algunos de los exámenes realizados sobrepasan los niveles de mínimos establecidos, por lo que se tendrá que tomar un mayor control de la contaminación, que se está presentando aguas arriba de las mismas y realizar los análisis a que se refiere el estudio de la zonas de protección.

1.2.11.2 Sistema de desinfección

Como se explicó arriba, la desinfección del sistema se aplica con gas cloro en los tanques y en las nacientes que no poseen tanques por medio de solución líquida, la cual desde el punto de vista de operación y mantenimiento no se tienen problemas al respecto, ya que la empresa privada que lleva acabo estas labores lo hace de forma correcta.

1.2.11.3 Sistema de conducción de los manantiales a los tanques de almacenamiento

Tal como se determinó en las corridas de computadora y en las mediciones realizadas citadas anteriormente, el sistema de la conducción del acueducto opera normalmente, es decir, que las capacidades de las tuberías con respecto a sus diámetros y materiales, corresponden a los resultados del modelo en comparación con las mediciones realizadas. Empero, con respecto a estos sistemas se esbozan algunos comentarios como sigue:

- La capacidad de la conducción de Río Loro-Tanque RECOPE, es de unos 65 l/seg. La capacidad de la fuente podría alcanzar valores de hasta 50 a 55 l/seg para la época de estiaje.
- La capacidad de la conducción de Turbina, también se aproxima a los 65 l/seg, empero la producción de la fuente de Paso Ancho podría bajar hasta los 50 a 40 l/seg.
- La capacidad de la línea de Lankaster-San Blas, es de unos 110 l/seg, siendo la producción de la fuente en la época de estiaje de unos 65 a 70 l/seg.
- En conclusión la capacidad de las conducciones es superior a la producción promedio de las fuentes, por que se tiene una mayor capacidad instalada.
- En algunos tramos de las conducciones, existen cajas de reunión, que tampoco poseen sistemas de protección, que bien podrían poner en peligro la calidad del agua con contaminaciones intencionales de terceras personas.
- Asimismo, existen tramos de tubería expuesta, que en varias ocasiones han sido dañados de forma intencional.

- Para un análisis hidráulico exhaustivo de estas líneas de conducción, tal como se recomendó en el estudio de Optimización de del Sistema de Agua de la Ciudad de Cartago², se requiere de levantamientos topográficos detallados, que permitan modelar las mismas en cada uno de sus tramos, por medio de planos de planta y perfil, así como proponer las mejoras, por medio de la colocación de válvulas de aire (de dos sentidos admitir y expulsar), así como válvulas de limpieza, y con la posibilidad de colocar macromedidores en la línea, en los tramos que mejor se estime conveniente.

1.2.11.4 Almacenamiento

Tal como se explicó con anterioridad, la capacidad de almacenamiento en la actualidad es mayor que los requerimientos de las Normas del AyA, pero con los siguientes inconvenientes:

- El Tanque Central, está fuera de operación en la actualidad y se propone que el mismo vuelva a operar, tal como se explica adelante.
- Las zonas de San Blas y de RECOPE, son deficitarias según la demanda que se tiene en la actualidad. Más adelante, se explica con detalle los requerimientos futuros de almacenamiento para estas dos zonas.
- Se requiere que todos los tanques posean mallas protectoras, máxime ahora que se han instalado sistemas de control.
- En el proyecto propuesto, que se expone adelante, se determinan los volúmenes que se requieren para cada una de las zonas de presión, especialmente de la RECOPE y San Blas.

1.2.11.5 Sistema de distribución

Este sistema se analiza a partir del modelo actual, con base en la distribución de la demanda de agua nudal, explicado con anterioridad. Asimismo, se utilizaron para los equipos de bombeo de la estación, se utilizaron las curvas de las bombas nuevas de la compañía ZEBOL, suministradores de las mismas. De modelo de esta, actualizada para este informe, con sus tuberías y demandas nudales, se obtuvieron los siguientes resultados y conclusiones:

- Al ser el sistema bombeo contra la red para los sectores centrales, Guadalupe y Caballo Blanco, las presiones que resultan en la parte alta de las mismas, especialmente de la Avenida 6 hacia abajo, son insuficientes en la demanda máxima horaria u hora pico. Esto se debe, a que el tanque de Cola, que no funciona como tal y tan solo tiene agua, cuando la producción de la fuente de Lankaster tiene remanente y se ingresa este al tanque de Cola, por medio de una válvula sostenedora de presión. En época de estiaje de la fuente, el tanque de Cola no almacena agua, ni del bombeo ni del remanente citado.
- Existe una doble tubería en los sectores centrales de la red, existente antigua que se encuentra en operación en la actualidad, de la cual no se tiene información, ni planos levantados por el Dpto de Acueducto de las tuberías que todavía se encuentran en operación, ni siquiera se conoce la longitud de las tuberías en este estado. Se sabe de ella cuando se realiza alguna conexión nueva o se repara una fuga, pero información que no se ha recopilado metódicamente. En todo caso, esta tubería deberá ser desconectada en su totalidad, primero para uniformar todas las conexiones a una misma red y en segundo lugar, para evitar fugas, que muy posiblemente se están presentando en la misma, dada su antigüedad y además que están sometidas más altas presiones de lo normal de la red existente.

² Informe de Optimización del Sistema de Agua de la Ciudad de Cartago, Ing, Eugenio Azofeifa, Septiembre 2005.

- Una de las situaciones que han reiterado en los diferentes estudios realizados, es que la zona sur, especialmente el abastecimiento de la Pitahaya, conexión con tanque Cororí y tanque Tecnológico, se realiza por medio del agua del bombeo, es decir, sectores más bajos que la estación o de los tanques de la planta, que tendrían suficiente carga para abastecer estos sectores por gravedad, según los diseños que posee la Municipalidad, a través del Dpto de Acueducto. Esta situación es inadecuada, dado que se utiliza el bombeo para abastecer a las zonas bajas de los tanques de la planta, donde incluso se interconectan las redes de la Pitahaya con las de Lourdes o Aguacaliente.
- Para las zonas altas del sistema que provienen de los tanques de los manantiales, las redes por si solas poseen capacidad para las demandas actuales y futuras, tal como se explica adelante, y presentan deficiencias por la falta de producción en las fuentes de agua, o por la operación de las válvulas hidráulicas instaladas, que todavía se encuentran algunas no operativas. El caso de la válvula de RECOPE, es evidente de la necesidad de poner a operar estas válvulas hidráulicas de forma controlada.
- En conclusión, como parte de este Plan Maestro se propone la sectorización de la red o zonas de presión, donde se optimice la utilización de los tanques y las válvulas hidráulicas instaladas, así como mantener presiones adecuadas sean estas mínimas o máximas, así como mejorar las condiciones hidráulicas, ampliar las redes principales en algunos sectores, tales como la zona sur que se explica adelante.

1.3 GESTIÓN ACTUAL DEL SISTEMA

1.3.1 Aspectos institucionales

La gestión municipal está regulada por lo establecido en el Código Municipal, Ley 7794 que está vigente desde julio de 1998 en la que se establece la autonomía política, administrativa y financiera que le confiere la Constitución Política del país a las municipalidades.

Las funciones principales, establecidas en el artículo 4 de dicho Código, son las siguientes:

- a) Dictar los reglamentos autónomos de organización y de servicio, así como cualquier otra disposición que autorice el ordenamiento jurídico.
- b) Acordar sus presupuestos y ejecutarlos.
- c) Administrar y prestar los servicios públicos municipales.
- d) Aprobar las tasas, los precios y las contribuciones municipales, y proponer los proyectos de tarifas de impuestos municipales.
- e) Percibir y administrar, en su carácter de administración tributaria, los tributos y demás ingresos municipales.
- f) Concertar, con personas o entidades nacionales o extranjeras, pactos, convenios o contratos necesarios para el cumplimiento de sus funciones.
- g) Convocar al municipio a consultas populares, para los fines establecidos en esta ley y su reglamento.

Es importante mencionar, que en lo que respecta al servicio de agua potable, según pronunciamientos de la Procuraduría General de la República: “ El Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados es la institución autónoma destinada por ley a ejercer una competencia especial en todo el territorio nacional en lo relativo al agua potable” (Dictamen C

062-93) y “...Conserva por otra parte, el AyA una competencia rectora en la materia relacionada con el suministro de agua potable y evacuación de aguas negras y residuos líquidos industriales, así como los pluviales en zonas urbanas. Ello conlleva, además que la opinión del Instituto sea necesaria desde los aspectos relacionados con la aprobación de proyectos y obras relacionadas con el tema, como los aspectos técnicos en la prestación del servicio.” (Dictamen C 019-98).

En lo referente a los ingresos municipales, el artículo 68 señala que: “La municipalidad acordará sus respectivos presupuestos, propondrá sus tributos a la Asamblea Legislativa y fijará las tasas y precios de los servicios municipales. Solo la municipalidad previa ley que la autorice, podrá dictar las exoneraciones de los tributos señalados”. El presupuesto anual como sus ejecuciones anuales debe ser aprobado por la Contraloría General de la República (CGR).

En lo que respecta las finanzas, la CGR es el ente encargado de aprobar los presupuestos anuales y las ejecuciones presupuestarias anuales y con respecto a las tasas por los servicios públicos, esta se fijan “...tomando en consideración el costo efectivo más un diez por ciento (10%) de utilidad para desarrollarlos. Una vez fijados, entrarán en vigencia treinta días después de su publicación en La Gaceta”, sin embargo, para las tarifas de agua potable, existe una estructura y bloques de consumo que se comentan más adelante.

El Código Municipal define algunas unidades organizacionales o puestos obligatorios que debe tener cada municipalidad:

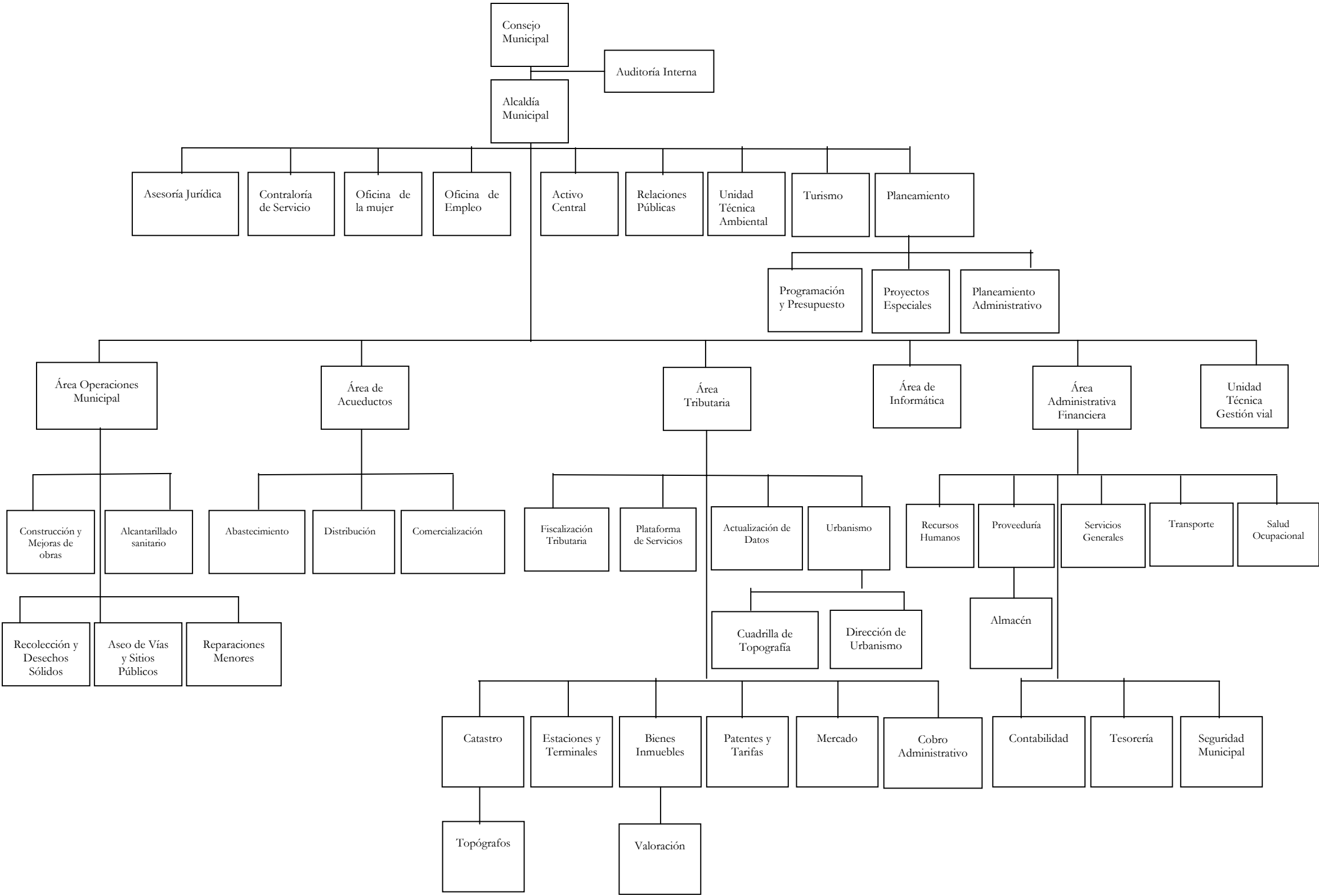
- El Concejo Municipal
- El Alcalde
- Presidente del Concejo.
- Los regidores municipales³
- Contador
- Auditor interno⁴

La estructura organizacional vigente, se muestra en la Figura 1.3.1.1, como sigue:

³ El número depende del presupuesto de la Municipalidad

⁴ Si los ingresos municipales son mayores a 100 millones de colones anuales.

Figura 1.3.1.1: Organigrama de la Municipalidad



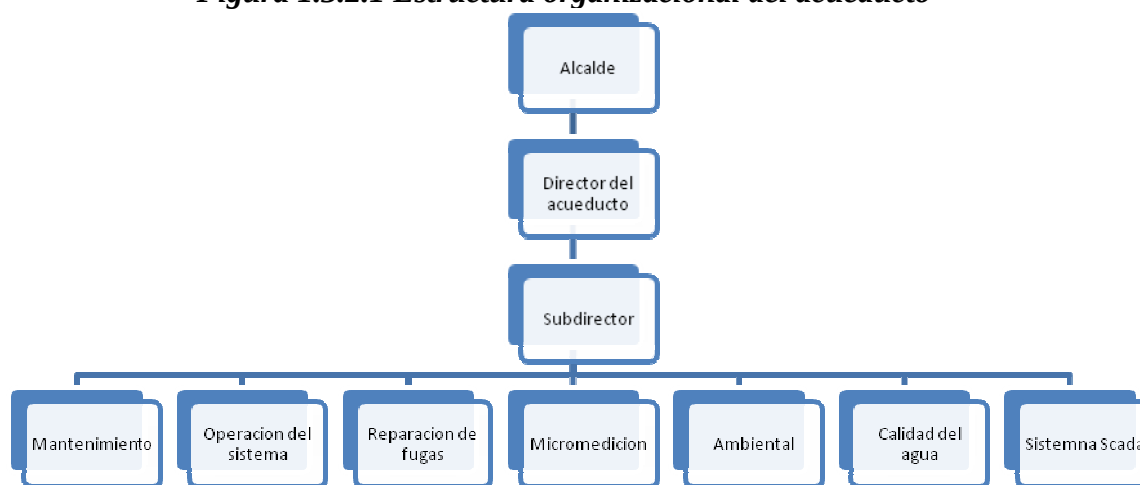
El área de acueductos está al mismo nivel que las otras áreas sustantivas y de apoyo en la Municipalidad, lo que nos indica que la gestión de acueducto tiene una alta importancia dentro de los servicios municipales y depende directamente del Alcalde. La tesorería, contabilidad, recursos humanos están ubicadas en el área administrativa financiera y la gestión de cobro está ubicada en el área tributaria que son de apoyo para toda la Municipalidad y por lo tanto a la unidad de acueducto.

Existe un manual de organización con la respectiva descripción de funciones y responsabilidades por cargo, el cual fue aprobado por el Concejo Municipal.

1.3.2 Organización para la gestión del sistema

La estructura organizacional del Departamento de Acueducto de Cartago se presenta en la siguiente figura:

Figura 1.3.2.1 Estructura organizacional del acueducto



Como se observa en la misma, no obstante que no es estrictamente oficial, está a cargo el Ing. Julio Urbina y la subdirección a cargo del Ing. Oscar Fernández. En la actualidad, el acueducto se maneja con esa estructura, donde sobresalen los siguientes aspectos:

- El Dpto de Mantenimiento de Infraestructura, se dedica a mantener todas las estructuras de las fuentes, líneas de conducción, los tanques y pozos en operación.
- El Dpto de Operación del sistema, se refiere a la operación fundamentalmente de las redes y de tanques, que se siguen manipulando por medio de válvulas de compuerta. Incluye la instalación de válvulas nuevas o sustitución, instalación de macromedidores, etc.
- Dpto de Reparación de fugas. Se encarga de la reparación de fugas, sean estas en la red o en las líneas de conducción.
- Dpto de Micromedición. Realiza la instalación de nuevos servicios, sustituye micromedidores y les suministra mantenimiento, así como también realiza inspecciones domiciliarias donde existan fugas dentro del domicilio.

- El Sistema de Control Operacional, tal como se explica en el siguiente apartado, coordinando las labores cuando se presentan fallas graves, que se detectan en el sistema SCADA.
- Control de calidad del agua, labores que se realizan de forma externa por otras empresas, ejemplo el Tecnológico de CR, quien realiza los muestreos y análisis de las aguas en todo el sistema, desde las fuentes hasta la red. Como se anotó anteriormente, la cloración la realiza por medio de contratos una empresa privada.
- Dpto Ambiental. Se encarga de poner en marcha los programas de conservación del recurso hídrico, especialmente de las nacientes del norte del sistema.

1.3.3 Aspectos de operación y mantenimiento.

1.3.3.1 Operación del sistema

El acueducto actualmente opera de forma manual y por medio del sistema SCADA, que se explica en el Cuadro 1.3.3.1, siendo el porcentaje manual de un 30% y por medio del sistema de control en un 70%, según la información recibida por el Dpto de Acueducto. La operación manual es por medio de indicaciones a través de comunicación radial, desde el Jefe del Acueducto, hasta los capataces del sistema, para manipular válvulas de compuerta principalmente.

El sistema SCADA, se ubica en las instalaciones nuevas de la oficina del acueducto y los principales puntos de control se muestran en el Cuadro 1.3.3.1 con sus principales parámetros de control.

Cuadro 1.3.3.1: Puntos de control de SCADA.

Elemento	Mediciones			
	Caudal de entrada l/seg	Nivel m	Caudal de salida l/seg	Presión m.c.a
Tanque RECOPE	Se calcula	Sensor	Sensor	
Válvula RECOPE				Aguas arriba
Tanque Arriaz	No opera	No opera	Sensor	
Válvula Loyola	No opera			No opera
Válvula Quircot			Sensor	No opera
Tanque Turbina	Se calcula	Sensor	Sensor	
Válvula MOPT				No opera
Tanque San Blas	Da error	Sensor	Sensor	
Válvula Escuela SB				Aguas arriba
Válvula Iglesia SB				No opera
Tanque Cola		Sensor	Sensor	
Val Hormiga				No opera
Val Corte				No opera
Val Parrillita				No opera
Val Taxis				No opera
Val Estadio				No opera
Planta Tratamiento	Sensor		Ver notas	
Tanque Nuevo Planta				
Notas				
El caudal de salida por gravedad no funciona				
El caudal de salida para Paraíso funciona				

Elemento	Mediciones			
	Caudal de entrada l/seg	Nivel m	Caudal de salida l/seg	Presión m.c.a
El caudal de salida bombeo funciona				

Fuente: Datos de la Municipalidad

Este sistema, opera el sistema con algunos controles y comandos como sigue:

- Los caudales de entrada generalmente se determinan por medio de cálculo, de acuerdo con el caudal de salida y los niveles de tanque, especialmente de los tanques de la planta, donde se determina el caudal de bombeo para las zonas centrales.
- Los reportes que se realizan son el línea y de forma gráfica diariamente, donde se establece la operación de los puntos controlados en una semana, para definir la operación de la semana siguiente.
- Los sensores son de nivel principalmente y la transmisión de los datos al SACDA es por medio de radio.
- Los puntos, en este caso de las válvulas hidráulicas, la mayor parte no operan por falta de sensores o dispositivos de control.
- Con este sistema, se puede operar el apagado y/o arranque de estación de bombeo, según los niveles del tanque y del tanque Cola, a través de las presiones que se dan en la salida de la estación de bombeo, pero aún sin contar con controles remotos con señales desde/al tanque mencionado, dado que en este no tiene agua en la época de verano o estiaje.
- En la actualidad se tiene control de los caudales de salida de los tanques RECOPE, San Blas, Arriaz y el tanque de la planta, por medio del bombeo existente. Uno de los problemas que existe es el sensor de entrada del tanque San Blas, que produce errores de datos. Esto está en vía de solución con la empresa que instaló este sistema.
- No existe control de presiones en la red, excepto en una de las válvulas hidráulicas que se han instalado hasta la fecha, tal es el caso de la válvula de RECOPE.
- Se tiene programado instalar sensores de presión en la mayor parte de las válvulas hidráulicas que se han instalado hasta la fecha. Igualmente, se tienen sensores control intrusos en las válvulas principales y de les instalará también en todas las válvulas
- No existe todavía control del cloro residual en la red por medio de este sistema.
- Uno de mayores problemas que se tiene en la actualidad, es que estos atrasos se debe a que las compañías proveedoras de las mismas válvulas y del sistema SCADA, han fallado en el soporte técnico, primero al suministro de equipo y materiales y de asesoría a los operadores del sistema.

1.3.3.2 Mantenimiento del sistema

No obstante que el Dpto de Acueducto posee un manual para realizar las labores de mantenimiento del BID del año 1995, de forma programada, la misma no realiza y no existe un plan de acciones e inversiones, con los controles adecuados. Las obras menores se mantienen en correcto estado, tales como las zonas verdes.

Hasta la fecha, se han realizado labores de mantenimiento correctivo en los tanques metálicos, la impermeabilización del tanque de Cola, tanque Cocorí y de algunos tramos de las líneas de conducción, de Paso Ancho, Arriaz y Río Loro.

Reiteramos, que el Plan del BID, es bastante exhaustivo y se especifican las labores para cada uno de los componentes del acueducto, metódicamente no existe un plan de forma mensual o

semestral, que verifique el estado actual de los mismos y las posibles acciones preventivas o al menos correctivas.

1.3.3.3 *Equipo*

Para las labores de la operación y el mantenimiento, el personal del acueducto cuenta con los siguientes equipos y vehículos:

- Seis vehículos tipo pick-up y camionetas.
- Minicargador

1.3.4 Aspectos Financieros

Para los periodos terminados el 31 de diciembre de 2007 y 2008 y al 31 de agosto del 2009, la situación financiera del acueducto, medida a través de indicadores mostrados en el cuadro siguiente es bastante crítica, situación que probablemente se debe a que las tarifas actuales están vigentes desde julio de 2007. En la actualidad están tramitando un ajuste tarifario.

No se revalúan los activos fijos ni tampoco se auditan los estados financieros por una firma de auditores externos independientes que certifiquen que los estados financieros reflejan la gestión financiera del acueducto en forma razonable.

Esta situación es debido básicamente al atraso en los ajustes tarifarios, en los cuales como se indica más adelante pueden pasar varios años sin ajustar las tarifas, en donde los gastos crecen debido a mayores costos de los salarios, químicos, electricidad, etc., pero los ingresos se mantienen constantes.

Además la municipalidad no realiza ningún tipo de análisis financiero, ni proyecciones financieras o flujos de caja, ni calcula indicadores de gestión que permitan tomar decisiones gerenciales al Alcalde o al responsable del acueducto.

En el Cuadro 1.3.4.1 siguiente se muestran algunos indicadores financiero – operacionales del acueducto.

Cuadro 1.3.4.1: Indicadores financieros operacionales

	2009	2008	2007
GASTOS/INGRESOS DE OPERACIÓN SIN DEP.	0.88	0.80	1.05
GASTOS/INGRESOS DE OPERACIÓN CON DEP	0.99	0.88	1.14
SALARIOS/GASTOS DE OPERACIÓN SIN DEP	0.09	0.35	0.43
SALARIOS/GASTOS DE OPERACIÓN CON DEP	0.08	0.31	0.40
PERIODO MEDIO DE COBRO	9.01	4.38	3.56
RENTABILIDAD SOBRE LAS VENTAS	-0.06	0.07	-0.23
RENTABILIDAD SOBRE LOS ACTIVOS FIJOS	-0.03	0.05	-0.20
DEUDA/PATRIMONIO	0.36	0.49	1.86

Fuente: Datos de la Municipalidad

En el Anexo 5 se presentan los estados financieros de 2007, 2008 y a junio de 2009.

1.3.5 Tarifas

Las tarifas del servicio de agua potable son aprobadas por el Concejo Municipal, se informa de las mismas a la Contraloría General de la República y también se publican en el diario oficial La Gaceta y las mismas entran en vigencia un mes después de su publicación.

Las tarifas no son actualizadas en forma anual, ni aun por índices de indexación y mucho menos por cambios reales en el servicio por nuevos proyectos.

La estructura tarifaria actual, ver Cuadro 1.3.5.1, consta de dos partes: un consumo básico de 15 m³ y posteriormente existen rangos de consumo con un costo por m³ adicional y también existen las tarifas para servicios fijos, sin medidor, las cuales se presentan en el cuadro siguiente:

Cuadro 1.3.5.1: Tarifas vigentes en colones por m³/mes

Bloques	Domiciliaria	Ordinaria	Reproductiva	Preferencial	Gobierno
Serv. Fijo	3,900.00	7,800.00	11,700.00	3,900.00	5,850.00
Base 0-15m ³	1,650.00	3,300.00	4,950.00	1,650.00	2,475.00
16-25m ³	100.00	300.00	350.00	250.00	250.00
26-40m ³	350.00	350.00	350.00	250.00	250.00
41-60m ³	350.00	350.00	350.00	250.00	250.00
61-80m ³	450.00	400.00	500.00	250.00	250.00
81-100m ³	450.00	400.00	500.00	500.00	500.00
101-120m ³	500.00	500.00	600.00	500.00	500.00
Más de 120m ³	500.00	500.00	600.00	500.00	500.00

Fuente: Datos de la Municipalidad

Se observa que la tarifa medida y fija reproductiva es tres veces la residencial; la comercial es dos veces, la de gobierno una vez y media y la preferencial es igual respectivamente. En principio, la idea básica de esta estructura es que las tarifas reproductiva y comercial subsidien las otras categorías, principalmente la residencial.

1.3.6 Aspectos comerciales

La mayor parte de las municipalidades utiliza el sistema comercial Sistema Integrado Municipal (SIM), o sistemas similares, que generan información por categoría tarifaria y bloques de consumo de abonados, recaudación, consumos, etc.

Este tipo de programas y sistemas de información actualmente utilizados, de acuerdo con las evaluaciones del diagnóstico, no suministran la información suficiente para realizar una serie de actividades para la toma oportuna de decisiones, por lo que la gestión comercial no es en este sentido, eficiente.

Cualquier sistema de información debe producir resultados positivos en la gestión de una empresa, si se le da uso a la información generada por el sistema, detectándose problemas en la gestión del acueducto y a la vez permitiendo la toma oportuna de decisiones que permitan ejecutar acciones respectivas para solucionar estos problemas.

El sistema comercial debería proporcionar información oportuna para realizar análisis tales como:

- a) Las tendencias de la facturación por categoría tarifaria y bloques de consumo, con el objeto de determinar si están dentro de los parámetros de consumos racionales, tomando como referencia los consumos nacionales promedio o de la propia municipalidad, por ejemplo, consumos muy altos nos podrían indicar que las tarifas están muy bajas o existen problemas operacionales como altas presiones en las redes o fugas en las residencias o comercios.
- b) De acuerdo con la estructura tarifaria, en donde la tarifa básica ordinaria es dos veces y la reproductiva tres veces la tarifa residencial, cuyo objetivo básico es subsidiar a esta última categoría, el Sistema debería utilizarse para analizar si esta política de subsidios cruzados se está cumpliendo o como sucede en muchas situaciones las categorías de menos recursos subsidian a las clases medias y altas o a la ordinaria y reproductiva.
- c) Análisis de las tendencias del agua no contabilizada, que en la mayoría de municipalidades, se estima en el orden del 40%. El análisis oportuno de la información comercial debe permitir tomar medidas para reducir este indicador a niveles aceptables del orden del 25%.
- d) Las rutas de lectura son totalmente obsoletas y no obedecen a diseños técnicos. Deberían obedecer a diseños técnicos, que no solo tomen en cuenta la eficiencia de las lecturas, sino también las zonas de presión o de abastecimiento del sistema.
- e) La lectura de medidores aún se hace en forma manual, debiendo transcribirse luego los datos tomados –también manualmente-, al sistema informático. Debería realizarse al menos mediante equipos portátiles que permitan lectura digital y su transferencia automática, minimizando los errores y facilitando el control de calidad de las lecturas.
- f) Debería haber conexión automática entre el catastro de usuarios del acueducto y el catastro de bienes inmuebles.
- g) Los sistemas comercial y financiero deberían estar integrados, de tal forma que por ejemplo, la facturación mensual afecte en forma automática los estados financieros (el estado de resultados, balance de situación y tesorería).

- h) De igual forma, este sistema debería estar integrado con el Sistema de Información Geográfica del Proyecto, donde se integren los sistema de catastro de redes y la información cartográfica suministrada por el

Es de esperar que algunos de los requerimientos antes mencionados, se atiendan mediante una consultoría actualmente en desarrollo, por medio del Programa de Regularización de Catastro y Registro financiado por el BID, mediante el cual se contrató a la empresa PROYECTICA, para desarrollar un sistema de ingresos municipales denominado Sistema Tributario Municipal (SITRIMU) que también incluye el sistema de ingresos del acueducto e información sobre abonados, consumos, etc. y también se está negociando el desarrollo del módulo de egresos, que es de suponer que estará integrado al sistema de ingresos.

También en el Anexo 9 del Informe de Plan Maestro, Componente de Control y Reducción de Pérdidas de Agua Potable, Gestión Operativa y Comercial de los Servicios se propone desarrollar dos subproyectos que mejorarán notablemente el sistema comercial: el de catastro de usuarios y micro-medidores y el desarrollo de los programas de macromedición.

Por otro lado, debe señalarse que el sistema informático actual es considerado por la municipalidad como su sistema comercial, cuando es tan solo una parte de el. El sistema comercial debe ir más allá de un sistema informático y debe comprender e integrar el adecuado funcionamiento y desarrollo de las diferentes actividades comerciales, entre las que destacan: el catastro de usuarios, el diseño de las rutas de lectura, la micro-medición, la facturación, el cobro y los sistemas de información respectivos.

Actualmente las responsabilidades sobre los componentes del sistema entendido de la forma anterior, no están plenamente integradas.

Sin embargo, cabe señalar que la Municipalidad está realizando varios proyectos, entre los cuales se pueden mencionar el programa de agua no contabilizada⁵ y otros proyectos como el Sistema Tributario Municipal (SITRIMU) a través del Programa de Regularización del Catastro y Registro y está incluida dentro de las 7 municipalidades que cumplieron los requisitos exigidos por el Programa, para poner el sistema en operación como plan piloto a partir de octubre de 2010, proyecto que fortalecerá el sistema comercial integral en sus procesos de facturación y cobro de los servicios. También la Dirección de Servicio Civil está desarrollando un trabajo para la definición de una nueva estructura organizacional y además la consultoría en este aspecto que se contrató por medio de FOMUDE, alineada con el proyecto SITRIMU, la cual facilitará la gestión del sistema de acueducto. También se aprobó un aumento tarifario a finales del año 2009, que ha empezado a mostrar resultados positivos, ya que para el periodo enero-febrero 2010 se generan utilidades por 167 millones de colones y la Municipalidad estima que las tarifas serán actualizadas anualmente para garantizar la sostenibilidad financiera del acueducto.

⁵ La Municipalidad entregó el respectivo informe de avance.

2 POBLACIÓN ACTUAL

La población actualmente, año 2009 abastecida corresponde al equivalente de unas 30,998 conexiones domiciliarias, con una población de unos 109,000 habitantes en la actualidad, asumiendo una densidad por conexión de 3.54 personas por conexión.

2.1 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA POBLACIÓN ACTUAL POR CONEXIONES

La distribución de población por distrito por conexiones, se muestra en el Cuadro 2.2.1, se realizó por medio de los sectores de facturación, que corresponden a los distritos propiamente dichos.

Cuadro 2.1.1: Distribución espacial de la población actualmente servida por el sistema

Distrito	Servicios medidos	Servicios no medidos	Servicios totales	Población
Oriental	4,332	588	4,920	15,026
Occidental	2,566	454	3,020	12,391
El Carmen	3,302	851	4,153	14,275
San Nicolas	4,031	1,287	5,318	23,362
San Francisco	5,922	1,547	7,469	26,058
Guadalupe	2,711	741	3,452	11,735
Dulce Nombre	1,924	742	2,666	7,026
Totales	24,788	6,210	30,998	109,871

Fuente: Datos de la Municipalidad

2.2 PROYECCIONES DE POBLACIÓN

En esta sección presenta los resultados de las proyecciones de población, con un horizonte al año 2030, a fin de establecer el balance de agua a partir de la situación actual de producción de todas las fuentes.

Para establecer el consumo de agua actual y futuro, se parte de los datos de población del censo del año 2000 y de las encuestas de hogares de población del INEC al año 2008, de los distritos que conforman el sistema, cuya población se muestra en el Cuadro 2.1.1.

Cuadro 2.2.1: Datos de población por distrito.

Distrito	Habitantes 2008	Habitantes 2004	Habitantes 2000
Oriental	15,026	14,312	12,839
Occidental	12,294	11,916	11,139
El Carmen	17,682	17,150	15,980
San Nicolás	25,531	24,330	22,193
Guadalupe	14,433	13,729	12,515
Dulce Nombre	7,709	7,195	6,508
Aguacaliente SF	32,040	30,893	28,516
Totales	124,715	119,525	109,690

Fuente: Datos de la Municipalidad

La población se ha proyectado a partir de los datos de población de estos distritos, desde el año 2000 que fue el último censo, como los datos de las últimas encuestas del INEC de los años 2004 y 2008, hasta el año horizonte 2030.

Las proyecciones realizadas son las comúnmente utilizadas, como son: aritmética, geométrica y la logística, partiendo esta última de una población de saturación, con base en la población actual, asumiendo que la misma tendrá una “saturación poblacional” según los planes reguladores de donde este exista o al menos dos veces la población actual. En el **Anexo 1** Metodología y Proyecciones de Población, se presenta la Metodología de Cálculo y Resultados, de las proyecciones de población de todos los distritos, que cubre más de lo que comprende el sistema de agua, es decir, considerando la totalidad de la población, sin desglosar que lo estaría dentro del proyecto propuesto, que se explica en el siguiente apartado.

2.3 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA POBLACIÓN FUTURA, PARA EL SISTEMA ACTUAL.

La proyección espacial de la población para el sistema de agua, se basa en la distribución espacial actual del acueducto con base en las conexiones domiciliarias, asumiendo una densidad de hacinamiento de 3.54 personas por conexión. Por tanto, la proyección de población del sistema, se ha determinado, según las tasas de crecimiento de todos los distritos, tal como se observa en el Cuadro 2.3.1.

Cuadro 2.3.1: Proyección de la población futura del sistema de agua

Distrito	2,009	2,015	2,020	2,025	2,030
Tasas de crecimiento					
Oriental	1.97%	1.91%	1.80%	1.71%	1.64%
Occidental	1.26%	1.23%	1.19%	1.15%	1.11%
El Carmen	1.31%	1.28%	1.23%	1.19%	1.14%
San Nicolás	1.85%	1.79%	1.70%	1.62%	1.55%
Guadalupe	1.87%	1.81%	1.72%	1.64%	1.57%
Dulce Nombre	2.12%	2.04%	1.93%	1.82%	1.74%
Aguacaliente SF	1.59%	1.54%	1.48%	1.41%	1.36%
Proyecciones de población					
Oriental	15,515	17,053	18,648	20,301	22,016
Occidental	12,547	13,341	14,154	14,986	15,836
El Carmen	18,077	19,262	20,477	21,720	22,992
San Nicolás	26,438	28,893	31,438	34,071	36,794
Guadalupe	14,943	16,348	17,804	19,311	20,871
Dulce Nombre	7,972	8,820	9,703	10,622	11,577
Aguacaliente SF	33,088	35,722	38,438	41,235	44,113
Totales	128,580	139,438	150,663	162,247	174,200
Proyecciones de población del sistema					
Oriental	15,026	16,830	18,405	20,036	21,729
Occidental	12,391	13,337	14,150	14,982	15,832
El Carmen	14,275	15,405	16,377	17,371	18,389
San Nicolás	23,362	25,989	28,279	30,647	33,096
Guadalupe	11,735	13,071	14,235	15,440	16,687
Dulce Nombre	7,026	7,932	8,727	9,553	10,411
Aguacaliente SF	26,058	28,566	30,738	32,975	35,276
Totales	109,871	121,131	130,910	141,004	151,421

Fuente: Elaboración propia

3 CONSUMO ACTUAL

3.1 GENERALIDADES

El consumo en la actualidad se determinó, con base en los datos de facturación micromedición domiciliar de enero a noviembre del año 2008. Se estima, que las dotaciones por conexión de estas mediciones son de orden de los 26 m³ por mes, un poco alta con respecto al promedio nacional, que oscila en los 22-23 m³/mes. De igual forma, para el balance se utilizaron las mediciones de caudal de producción de las fuentes por parte del Dpto de Acueducto y de los macromedidores del sistema de control SCADA, que se muestran en el Cuadro 2.3.1.

En el cuadro 3.1.1, se muestran los porcentajes de las diferentes categorías según el número de conexiones, de las conexiones medidas en el sistema.

Cuadro 3.1.1: Número de conexiones y consumo actual medido del sistema estimado (m³/mes) y en l/seg

Categoría	No de usuarios	M3 facturados/mes	Caudal medido l/s	Promedio M3/mes
Domiciliaria	22,894	597,738	226.8	26.11
Ordinaria (Comercial)	1,385	51,547	19.6	37.21
Reproductiva (Industrial)	419	42,584	16.2	101.63
Preferencial y gobierno	90	13,596	5.2	150.91
Totales	24,788	705,465	268	28.46

Fuente: Datos de la Municipalidad

3.2 DISTRIBUCIÓN DEL CONSUMO ACTUAL

La distribución del consumo actual, por parte del Dpto Comercial de la Municipalidad, se realiza por los distritos que cubre el sistema y que se resume el promedio l/seg en el Cuadro 3.2.1, según los datos del año 2008.

Cuadro 3.2.1: Consumo de agua de los sectores del sistema en l/seg.

Distrito	Servicios medidos	Servicios no medidos	Servicios totales	Población	Consumo medido l/s	Porcentaje conex sin medición	Dotación medida lppd
Oriental	4,332	588	4,920	15,026	43	12%	245
Occidental	2,566	454	3,020	12,391	24	15%	170
El Carmen	3,302	851	4,153	14,275	34	20%	205
San Nicolas	4,031	1,287	5,318	23,362	43	24%	159
San Francisco	5,922	1,547	7,469	26,058	63	21%	208
Guadalupe	2,711	741	3,452	11,735	39	21%	285
Dulce Nombre	1,924	742	2,666	7,026	22	28%	270
Totales	24,788	6,210	30,998	109,871	267	20%	220

Fuente: Datos de la Municipalidad

3.3 AGUA NO CONTABILIZADA

Para determinar al ANC del sistema, se han considerado los datos de producción, partir de los tanques principales de RECOPE, Turbina, San Blas y de la producción de la planta de tratamiento, que posee como se dijo, existe una producción que se impulsa a la red y otra parte se suministra por gravedad. Además, existen cinco pozos que no operan de forma continua y según los datos del Dpto de Acueducto, esta producción de unos 50 l/seg. La producción de los manatales y de la planta de tratamiento, fue obtenida de los datos de los macromedidores del sistema SCADA y de mediciones realizadas por la municipalidad, por lo que se obtuvo una caudal entrando al sistema de 552 l/seg. Es de mencionar, que esta producción varía según la época de año, siendo los caudales menores en la época de verano, que incluyen disminuyen en un 20% especialmente para los manantiales. Se asume que la producción de la planta es constante.

Por tanto, con base en la facturación obtenida del Dpto de Informática, cuya facturación de todo un año fue de unos 705,000 m3/mes, se obtuvo el porcentaje de agua no Contabilizada, que se muestra en el Cuadro 3.3.1.1.

Cuadro 3.3.1.1: Agua No Contabilizada (ANC).

M3 facturados/mes	Caudal facturado l/s	Caudal medido de suministro l/s	ANC
704,681	267	552	52%

Fuente: Elaboración propia

El resultado anterior, ha sido corroborado en estudios anteriores que ha contratado la Municipalidad⁶, donde se dan los mismos valores del orden del 50 % del ANC. Empero, es de mencionar, que este porcentaje está determinado partiendo de la base que existe un 20% de conexiones sin medidor, alrededor del 6,200 para el año 2009, lo cual hace preveer como mucha de agua no facturada, se debe al alto consumo de las conexiones sin medidor, tal como se ha demostrado en varios estudios realizados por el AyA, donde se ha demostrado que estas conexiones consumen de 1.5 a 2 veces del promedio de las conexiones con medidor. Esta premisa fue corroborada por el estudio de SIA, donde se demostró que el porcentaje de 52.6% al inicio del plan piloto mencionado bajo a 32.3%, con solamente aumentar la cobertura de micromedición, es decir el ahorro fue de un 19.8% según el informe mencionado. Por tanto, una de las primeras acciones es obtener el 98 al 100% de micromedición. Es de mencionar, como es conocido, que no solamente la acción de obtener este porcentaje de medición se disminuirá ostensiblemente el ANC, sin que conlleva otras de índole comercial y operativo del sistema, que se explican con detalle el Anexo 9 de este informe.

Es de mencionar, que la Municipalidad ha contratado a una empresa para realizar estudios sobre el ANC, donde se espera que se obtengan resultados satisfactorios, donde se propongan los lineamientos desde el punto de vista comercial y operativo, que conlleven a disminuir estos

⁶ Estudio de ANC de zona piloto de Urbanización Los Jardines, Aguacaliente, Soluciones Integrales del Ambiente (SIA), año 2009. Estudio de Optimización del Sistema de Agua de Cartago, Eugenio Azofeifa, año 2005.

porcentajes de ANC, a valores más bajos en los próximos 5 años, tal como se explica a continuación.

3.4 PROYECCIÓN DEL CONSUMO DEL SISTEMA.

El consumo futuro de agua se ha proyectado, considerando el 50% de ANC, es decir, la demanda de agua que ingresa a los domicilios, más el ANC que se producen en el sistema, sea por pérdidas físicas como comerciales, con una disminución de este porcentaje hasta 25 % en el año 2030 y que las dotaciones de agua sean de alrededor de los 220 lppd, un poco mayor de lo usual en Costa Rica.

En el Cuadro 3.4.1, se presenta el cálculo de la proyección del consumo de agua para el Sistema de Cartago, con la totalidad de los habitantes de todo el sistema, de las 30,998 acometidas domiciliarias que existen en la actualidad.

Cuadro 3.4.1: Proyección del consumo

No	DESCRIPCION	2010	2015	2020	2025	2030
1	POBLACION PROYECTADA	111,579	121,131	130,910	141,004	151,421
2	COBERTURA	100%	100%	100%	100%	100%
3	POBLACION SERVIDA	111579	121131	130910	141004	151421
4	PORCENTAJE CON MEDICION	80%	90%	96%	97%	98%
5	PORCENTAJE SIN MEDICION	20%	10%	4%	3%	2%
6	POBLACION SERVIDA CON MEDICION	89263	109018	125674	136774	148392
7	POBLACION SERVIDA SIN MEDICION	22316	12113	5236	4230	3028
8	CONSUMO RESIDENCIAL					
9	DOTACION MEDIDA LPPD	220	220	220	220	220
10	DEMANDA DOMESTICA MEDIDA L/S	227	278	320	348	378
11	CONSUMO RESIDENCIAL NO MEDIDO					
12	DOTACION LPPD	264	264	264	264	264
13	DEMANDA DOMESTICA NO MEDIDA L/S	68	37	16	13	9
14	CONSUMO TOTAL RESIDENCIAL L/SEG	295	315	336	361	387
15	DOTACION PROMEDIO RESIDENCIAL LPPD	229	224	222	221	221
16	CONSUMO COMERCIAL					
17	% CON RESPECTO CONSUMO TOTAL	9%	9%	9%	9%	9%
18	DEMANDA COMERCIAL L/S	20	24	28	30	33
19	CONSUMO RESPRODUCTIVO					
20	% CON RESPECTO CONSUMO TOTAL	7%	7%	7%	7%	7%
21	DEM. INDUSTRIAL L/SEG	16	20	23	25	27
22	CONSUMO PREFERENCIAL Y GOBIERNO					
23	% CON RESPECTO CONSUMO TOTAL	2%	2%	2%	2%	2%
24	DEMANDA OFICIAL L/SEG	5	6	7	8	9
25	AGUA NO CONTABILIZADA					
26	% CON RESPECTO A DEMANDA TOTAL	52%	35%	30%	28%	25%
27	ANC EN L/SEG	201	196	169	165	152
28	CONSUMO PROMEDIO DIARIO TOTAL (L/SEG)	559	561	562	589	607
29	DOTACION BRUTA EN LPPD	433	400	371	361	346
30	CONSUMO MAXIMO DIARIO FIJA (L/SEG)	614	643	651	684	709
31	CONSUMO MAXIMO HORARIO (L/SEG)	810	852	873	923	965

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el cuadro, las consideraciones se han tomado en cuenta para el cálculo de esta demanda han sido los siguientes:

- La proyección de población parte de las conexiones del año 2009 y se proyectan a lo largo de los 20 años del período de planificación.

- Los porcentajes de micromedidores irán en aumento hasta alcanzar valores del 98% de cobertura.
- La demanda domiciliar no medida, se asume que su consumo es de 1.5 veces más del consumo promedio de los medidos, que según el Cuadro 3.2.1 es de 220 lppd.
- Se propone que el ANC, en los próximos 5 años disminuya a valores del orden del 35% y que para el año 2030 sea del 25%.
- Por tanto, la demanda máxima diaria para el año 2030, será de unos 710 l/seg para el sistema y una máxima horaria de unos 1050 l/seg.

En el Anexo 1, se muestra la metodología utilizada para el cálculo de estas proyecciones para el sistema de Cartago, donde se indican los factores de los consumos máximos diarios y horarios.

4 BALANCE HÍDRICO DEL SISTEMA

Esta sección contiene los balances de agua, sin proyecto con la determinación de los déficits esperados hasta el año 2030. En consecuencia, el balance de agua parte de los valores de la producción de las fuentes actuales y de la proyección del consumo de agua.

Con base en el caudal de producción mínima establecida 500 l/seg, determinado en el Análisis Hidrológico, ver Anexo 3 de este Informe, para una época sequía con un período de retorno de 1.25 años, en el Cuadro 4.1.1 se muestra el balance de agua del sistema hasta el año 2030, sin que se incorporen nuevas fuentes de agua. Esta producción mínima, sería la suma del caudal mínimo de los manantiales actuales más la producción de la planta, según lo que se ha determinado en el estudio hidrológico.

Cuadro 4.1.1: Balance de agua del sistema actual en l/seg

Descripción	2010	2015	2020	2025	2026
CONSUMO MAXIMO DIARIO FIJA (L/SEG)	614	643	651	684	709
PRODUCCION ACTUAL MINIMA	500	500	500	500	500
DEFICIT O SUPERAVIT DEL SISTEMA	113	143	150	184	209

Fuente: Elaboración propia

En consecuencia, el déficit que se espera para los próximos 21 años en este sistema sin considerar las nuevas poblaciones sería de alrededor de los 209 l/seg. Como se observa también el cuadro, el sistema podría ser deficitario aún en la época actual en el orden de los 113 l/seg, si se presentase una sequía como la que se comentó arriba.

Con base en la producción promedio obtenida del año 2009, que se asume en 552 l/seg, el balance de agua sería como se muestra en el Cuadro 4.1.2, donde se observa, que aún hoy, se presenta un déficit de unos 60 l/seg que se presenta mayormente en las partes altas donde el suministro es por los manantiales.

Cuadro 4.1.2: Balance de agua del sistema actual en l/seg, según caudal de producción promedio

Descripción	2010	2015	2020	2025	2026
CONSUMO MAXIMO DIARIO FIJA (L/SEG)	614	643	651	684	709
PRODUCCION ACTUAL PROMEDIO L/SEG	552	552	552	552	552
DEFICIT O SUPERAVIT DEL SISTEMA	62	91	99	132	157

Fuente: Elaboración propia

En síntesis, si se cumplen los pronósticos de la disminución del ANC del 52 al 25 %, en los próximos 20 años, el déficit que se podría esperar en una época de sequía sería de alrededor de los 200 l/seg, caudal con el cual se plantean las soluciones que se describen adelante y se analizan para determinar la más favorable.

5 RECURSOS HÍDRICOS DE LA ZONA

En consecuencia, los faltantes de agua de este sistema de agua, alcanzarían los 200 l/seg aproximadamente, de presentarse una sequía de 1:20 años, y satisfacer la demanda máxima diaria. Este caudal, por los estudios realizados por el AyA y otras entidades como la JASEC, se ha identificado, algunas posibles fuentes de agua, sean estas superficiales como subterráneas.

5.1 AGUAS SUPERFICIALES

En esta zona las aguas superficiales son escasas, excepto los ríos que se ubican al nor-este tal como el Río Birris, que en la actualidad está siendo utilizado para la generación de electricidad por la compañía JASEC. De tal forma, para poder utilizar esta fuente de agua se debería recurrir a un convenio con esta compañía para su utilización, pero con una condición muy difícil de dirimir dado que ya se tiene toda la infraestructura existente, para el proyecto hidroeléctrico.

Otros de los recursos hídricos superficiales, que se han estudiado en otras consultarías, son los ríos de la cuenca del Río Navarro-Aguacaliente-Orosi, en las partes altas y bajas, tales como el Río Estrella, Sombrero y Patarrá, que han servido de base para las soluciones de abastecimiento de agua de este sistema. Estas posibilidades, como se indica en esos estudios, podrían construirse por medio de sistemas de bombeo con altas cargas de agua o por gravedad, de tal forma que las nuevas fuentes ingresen al sistema hasta el Tanque Cola.

5.2 AGUAS SUBTERRÁNEAS

Sobre esta zona del Valle de El Guarco, existe un acuífero volcánico, producto de las erupciones del Volcán Irazú, que ha sido captado a través del afloramiento de los manantiales a las elevaciones de los 1,600 a 1,700 m.s.n.m, además de perforación de pozos de producción en las partes medias del valle.

Más adelante se determina la posibilidad de abastecer en parte este sistema, por medio de un campo de pozos en las partes bajas del sistema, que permitan incorporarse al mismo, al menos a

los tanques más bajos. Según los estudios realizados por la Consultora HIDROTECNIA⁷ Consultores, para la JASEC, así como información de este estudio que se adjunta en el Anexo 3, se estimó que existen varios sitios probables para la perforación de pozos de producción, que podrían incorporarse la producción de los mismos, en las partes bajas del sistema, como lo son los tanques de la planta de tratamiento.

6 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA POBLACIÓN Y EL CONSUMO FUTURO

6.1 DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN SEGÚN ÁREAS DE ZONAS DE CONSUMO O DE PRESIÓN, Y/O ZONAS DISTRITALES

Para la distribución espacial de la población, se han considerado aspectos de tipo urbanísticos principalmente, referidos a la densidad de población, que se exponen a continuación, de tal forma que la población establecida como meta en el año 2030, no sea sobrepasada ni sobreestimada, considerando las tasas de crecimiento antes establecidas, según cada distrito del área del proyecto, definida en el marco de este Plan Maestro.

Planes de Reguladores

Se han tomado en cuenta los planes reguladores de desarrollo urbano, sean los planteados por PRUGAM (Planificación Regional Urbana de la Gran Área Metropolitana de Costa Rica), o los que están elaborando los propios municipios, de manera tal, que en la distribución de la población, se respeten los límites de expansión de los mismos, según cada una de las zonas de desarrollo que se proponen. Para el caso de Cartago, se ha considerado el plan propuesto por PRUGAM y reformulado por la Municipalidad en su totalidad, donde se indican las posibles áreas de expansión de la población, así como los diferentes usos del suelo que se proponen en cada una de ellas. Es de mencionar, que las zonas del sur y la zona de Guadalupe, son las más propensas a desarrollarse para desarrollar proyectos de vivienda y donde se tienen planteados varios proyectos urbanísticos.

Tasas de crecimiento de la población.

Por lo anterior, se consideran las tasas de crecimiento de los distritos involucrados en el sistema, según cada una de las áreas del plan regulador, o en su defecto las densidades de población que se explican como sigue, como densidades máximas de crecimiento.

Densidades de población

Para la distribución actual de la población, según áreas de las zonas de consumo o según las áreas distritales, se ha determinado la densidad de población actual de cada una de esas áreas y se ha asumido una densidad de saturación, un poco menor de la establecido en los Planes de

⁷ “DIAGNÓSTICO Y PLAN PROPUESTO DE SOLUCIÓN PARA LOGRAR EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO PARA CUBRIR EL ABASTECIMIENTO DEL SERVICIO DE ACUEDUCTO DE LOS MUNICIPIOS DE CARTAGO” Año 2009

Desarrollo Urbano, dado que el año meta de este estudio alcanza los próximos 20 años, que se espera que estos índices de saturación no sean alcanzados todavía.

Propuesta de expansión de la población

Con base en lo anterior, se han considerado los siguientes lineamientos para distribución futura de la población:

- Determinación de la densidad de población por zonas de consumo y/o presión o zonas distritales.
- Establecimiento de la densidad de población de saturación, similar o un poco menor a las propuestas por los planes reguladores, considerando como año meta el 2030.
- Cálculo de la población según áreas de consumo y/o zonas distritales.
- Crecimiento de la población según las tasas de crecimiento y con las densidades propuestas en este estudio como máximas posibles.
- Distribución de la población según los planes reguladores.

6.2 DEFINICIÓN DE LAS ÁREAS DE ZONAS DE CONSUMO O DE PRESIÓN.

Estas áreas se han definido, con base a dos premisas principalmente:

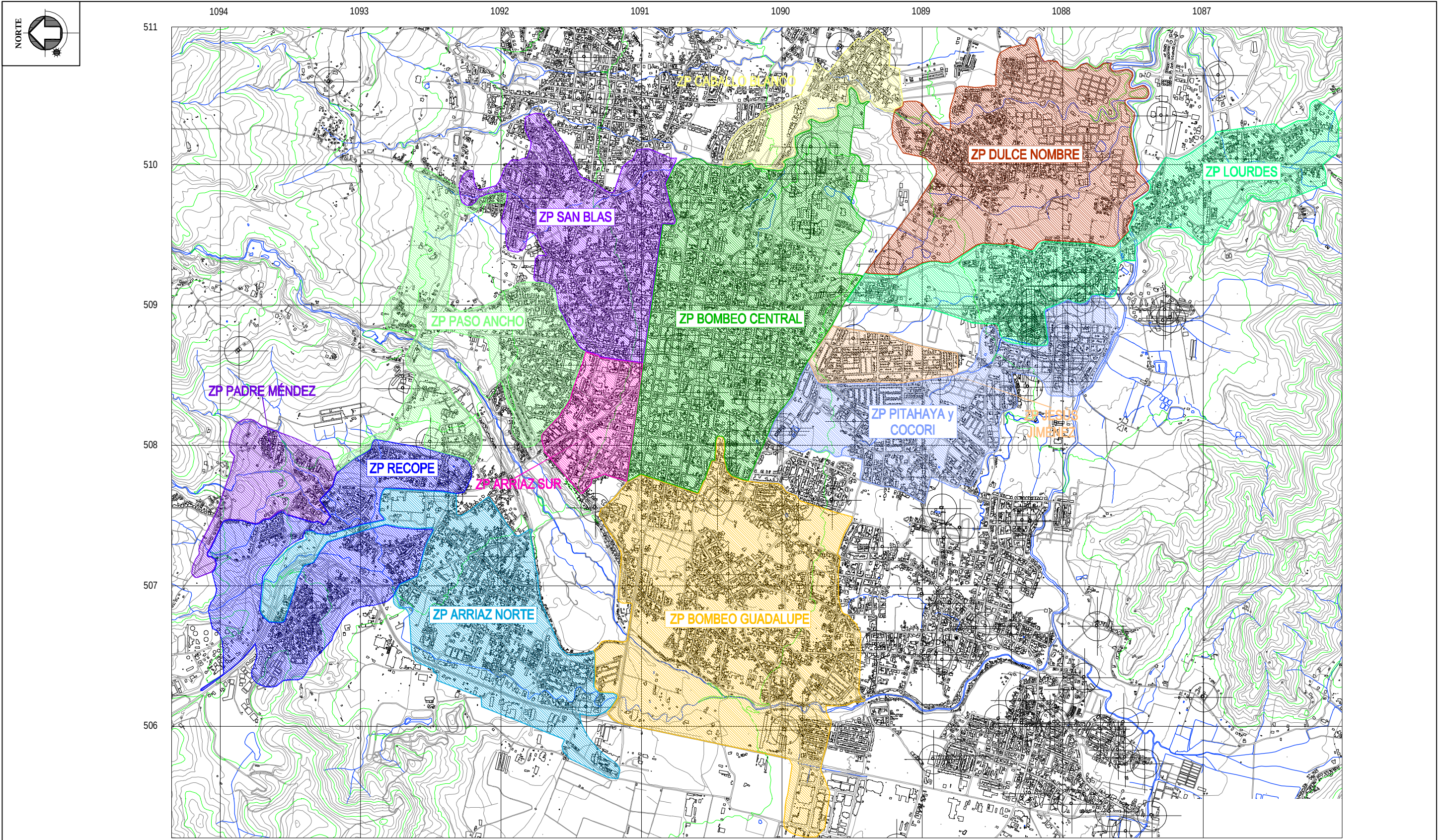
- Una de carácter hidráulico, de tal forma que las presiones del sistema de agua potable, no sobrepasen los 50 m.c.a en la mayoría de los casos y 70 m.c.a, para los casos extremos, especialmente en los ramales de gran longitud. Asimismo, las presiones mínimas serán de al menos 10 m.c.a para los puntos más bajos y que en promedio sean del orden de los 15 m.c.a.
- Que existiese conexión hidráulica con las tuberías principales del sistema, de tal forma que las nuevas tuberías, de ser requeridas, se conectasen a tanques y redes sin mayores problemas y con obras costosas y/o complicadas de operación.

En el Cuadro 6.2.1, se presenta la distribución espacial de la población futura, según cada zona mostrada, donde se observa que la población total es igual o similar a la proyectada y mostrada en el Cuadro 3.4.1, anterior, de tal forma que las premisas de crecimiento se mantengan. Asimismo, en la Figura 6.2.1, se muestra para este sistema de Cartago, la definición de zonas de consumo o de presión. En el mismo cuadro se muestra el consumo o demanda de agua futura, según los resultados del Cuadro 3.4.1.

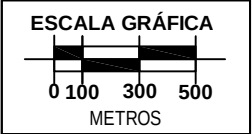
Cuadro 6.2.1: Distribución de la población por zonas de presión con el consumo correspondiente

Zona de presión	Area (m ²)	Hab/Ha	Hab 2030	QMD
RECOPE	1,423,285	78	11,070	51.8
Padre Méndez	486,247	23	1,129	5.3
Arriaz Norte	1,740,890	56	9,716	45.5
Arriaz Sur	457,325	94	4,290	20.1
Paso Ancho	1,274,506	86	10,947	51.3
San Blas	1,307,717	123	16,040	75.1
Guadalupe	3,192,484	87	27,919	130.7
Central	2,843,176	78	22,258	104.2
Pitahaya y Cocori	1,458,521	99	14,437	67.6
Jesús Jiménez	308,629	122	3,769	17.7
Lourdes	1,584,833	99	15,619	73.2
Dulce Nombre	2,024,684	54	10,940	51.2
Caballo Blanco	454,403	72	3,285	15.4
Totales	18,102,297		151,421	709

Fuente: Elaboración propia



CARTAGO ZONA DE PRESIÓN
ESCALA GRÁFICA

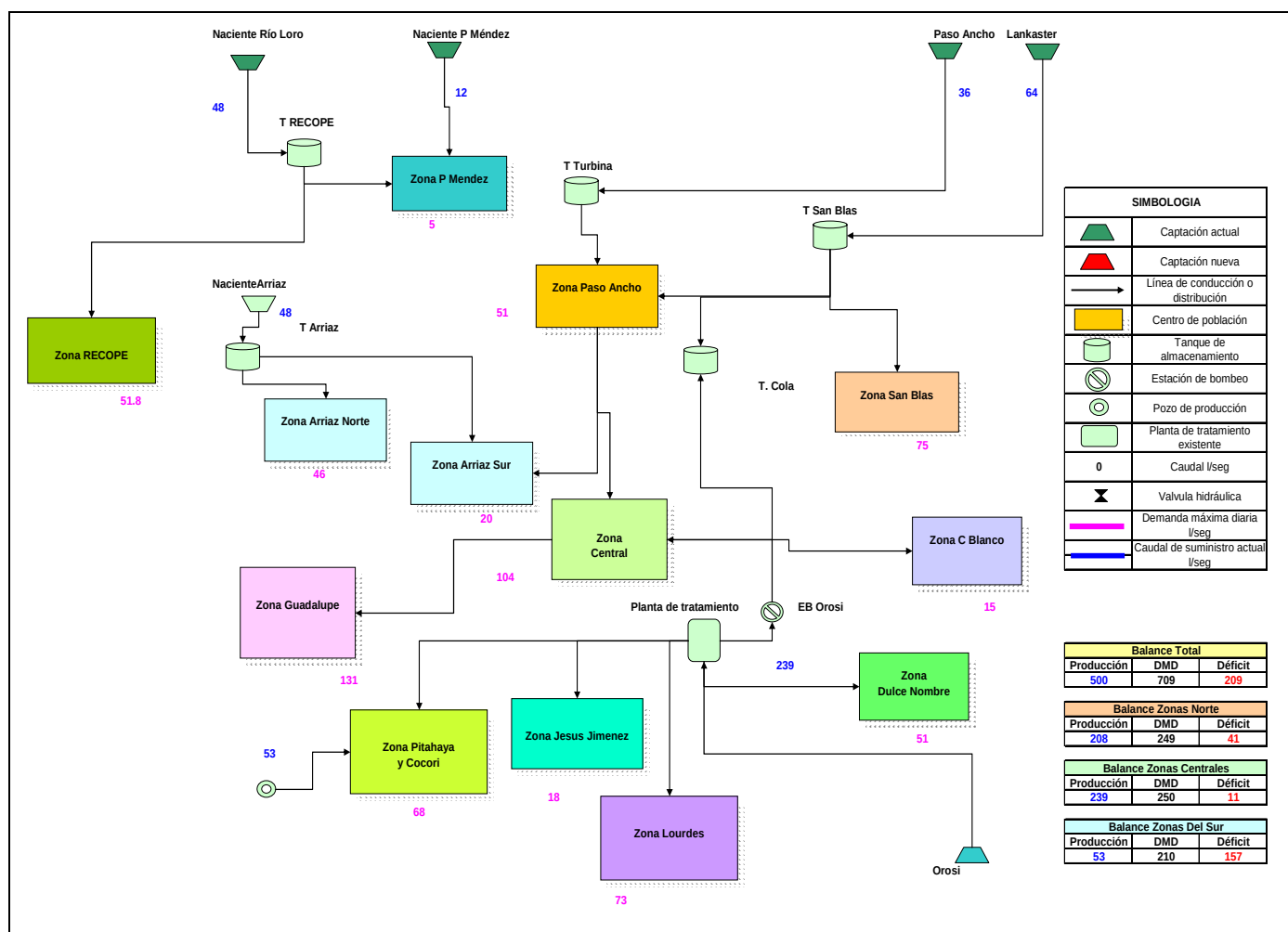


PROYECTO : Programa de Agua Potable y Saneamiento para el Nivel Subnacional	CARTAGO 	CONTENIDO: CARTAGO ZONA DE PRESIÓN	ESCALA: GRÁFICA ARCHIVO: FIGURAS.DWG FECHA: ABRIL 2010	FIGURA: 6.2.1
---	--	--	---	-----------------------------

6.3 CONSUMO DE AGUA DE LAS ZONAS DEFINIDAS

En la Figura 6.3.1 se muestra de forma esquemática esta distribución espacial donde se aprecian los consumos máximos diarios de cada zona en particular, considerando el sistema de suministro en la actualidad, sea este de tanque de almacenamiento o de la fuente, manantial o pozo de forma directa, con los caudales mínimos de cada una de estas fuentes.

Figura 6.3.1: Esquema de distribución espacial del consumo por zonas de presión



6.4 BALANCE DE AGUA DE LAS ZONAS DEFINIDAS CON LA PRODUCCIÓN ACTUAL Y LOS DEFICITS POSIBLES FUTUROS

En la figura anterior, también se presenta la producción mínima de todas las fuentes de agua en la actualidad, para una situación de sequía, por lo que se puede apreciar las deficiencias o los faltantes de agua según cada una de las zonas de presión o de consumo. De esta figura se nota, que las deficiencias mayores que se presentan en este sistema son las siguientes zonas:

- En las zonas del Sur, en caso de que solamente se considerará la producción de los pozos, el faltante será de unos 157 l/seg.

- Las zonas que se abastecen de los manantiales, tendrían un faltante de unos 41 l/seg, que se presentaría mayormente en las zonas de San Blas y Turbina (Paso Ancho).
- En caso de utilizarse toda la producción de la planta, de unos 239 l/seg como promedio, tanto se podrían satisfacer las demandas de las zonas centrales de con un faltante de unos 11 l/seg.
- Por tanto, la nueva fuente de agua, se ingresar directamente a las zonas centrales a través del tanque Cola, en unos 200 l/seg, tanto se requeriría un caudal de bombeo de unos 50 l/seg como promedio diario.
- Así, toda la producción de la planta, restando este caudal de 50 l/seg, podría ser utilizada para las zonas del Sur, Pitahaya, Jiménez, Dulce Nombre y Lourdes.
- El déficit de las zonas de norte, en caso de una extrema sequía, sería mediante la instalación de un sistema de bombeo hacia el tanque de San Blas, con caudal de unos 40 l/seg, desde el tanque de Cola, aprovechando la misma tubería instalada en la actualidad.

7 FORMULACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.

Tal como se mencionó con anterioridad, las fuentes más propicias para solventar el déficit que se presentará el año 2030, según la demanda máxima diaria de cada una de las zonas de presión, dadas en la Figura 6.3.1, serían las aguas superficiales de toda la región del Valle de El Guarco, principalmente los afluentes al sur de la cuenca del Río Navarro y el acuífero del mismo valle, ubicado en los distritos de Aguacaliente y Dulce Nombre. Ambas fuentes de agua, se evaluaron con detalle en el estudio de la Nota 6, por para el presente análisis se han considerado las mismas premisas, considerando que ambas podrían tener como tanques terminales, los tanques de la planta de tratamiento y el tanque de Cola, tal como se explica a continuación.

7.1 FUENTES SELECCIONADAS

7.1.1 Fuentes superficiales

Las fuentes potenciales consideradas, que se ubican dentro de los límites del Valle de El Guarco, sobresalen las se enumeran como sigue:

- Río Birrís en la parte alta (noreste) de la zona del valle.
- Río Purires en la zona oeste del Valle, en el cantón de El Guarco.
- Río Navarro en la zona sur de la ciudad de Cartago.
- Río Orosi, en la zona sur-este de la ciudad de Cartago.
- Ríos Sombrero, Estrella, Naranjo y Patarrá, todos afluentes del Río Navarro, que se captarían en la parte alta del mismo.

De todas estas fuentes, analizadas en el estudio de la Nota 6, se formularon varias opciones de solución, analizadas también en otros estudios para la misma zona, se determinó, que los ríos más económicos, dado que se captarían por gravedad y no poseen conflictos significativos para la generación eléctrica⁸, serían los ríos de Estrella, Sombrero, Patarrá y Naranjo, para el abastecimiento de agua de las ciudades de Cartago, Oreamuno y Paraíso, todas circunvecinas,

⁸ El impacto sobre el embalse de Cachi según los estudios realizados no es significativo.

con la ejecución de un proyecto en conjunto para los tres sistemas. El Río Purires, quedaría para los sistemas de El Tejar, San Isidro y otras comunidades del cantón de El Guraco.

Según los analices hidrológicos realizados en el estudio en mención, la producción promedio de los ríos de la cuenca alta del Río Navarro, Sombrero, Estrella, Naranjo y Patarrá, sería de unos 500 l/seg, caudal suficiente para las necesidades futuras de los tres sistemas en conjunto, es decir, unos 200 l/seg para la ciudad de Cartago y unos 100 l/seg, que se repartirían entre Paraíso y Oreamuno, para un total de 300 l/seg.

7.1.2 Fuentes subterráneas

Como se mencionó anteriormente, una de las posibles fuentes de agua sería la explotación del acuífero del Valle de El Guarco en su parte baja, de la planta de tratamiento actual de agua potable hacia la zona sur de Aguacaliente, donde se propone perforar pozos de unos 200-250 metros de profundidad, donde se esperaría que la producción de los mismos sea alrededor de unos 10-15 l/seg, tal como se indica en el Anexo 3 de este informe.

7.2 DESCRIPCIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

Dado que las fuentes de suministro se basan, una en agua superficial totalmente por gravedad y otra por agua subterránea por medio de sistemas de bombeo, con tanques terminales comunes -tanque Cola del Sistema de Cartago y al tanque de la planta de tratamiento actual-, las modificaciones en la red de distribución son iguales las soluciones que se explican como sigue, por lo que no se consideran dentro del análisis de las mismas.

7.2.1 Alternativa No 1: Captación de los Ríos Sombrero, Patarrá, Estrella y Naranjo más pozos para la época de sequía, con la integración de los tres sistemas de la región.

El propósito de esta alternativa es la captación de los ríos mencionados y captar un determinado caudal, para satisfacer la demanda de los tres sistemas de 300 l/seg, cuando se presente la sequía, tal como se explica adelante.

Tomas de los Ríos Sombrero, Patarrá, Estrella y Naranjo

Se proponen que sean estructuras de concreto anclada en la roca existente, con canal de recolección perpendicular al flujo y salida por el margen derecho del río. La elevación de las tomas tendrá un nivel de agua en el canal de captación sea de 1505 m.s.n.m.

Líneas de conducción tomas –desarenadores

Las conducciones serán con tuberías de PEAD, de tal forma que se conduzcan los caudales antes citados.

Desarenadores

Los desarenadores que se proponen para todos los ríos, son estructuras de concreto, ambos con cámara de disipación de energía, vertederos de entrada y de salida, con dos canales de desarenado, de flujo horizontal. Las capacidades nominales de ambos desarenadores son:

- Río Sombrero. Capacidad nominal de 200 l/seg y se ubicará a una elevación de 1504 m.s.n.m.

- Río Estrella. Capacidad nominal de 200 l/seg y se ubicará a una elevación de 1504 m.s.n.m.
- Río Patarrá: Capacidad nominal 75 l/seg y se ubicará una elevación de 1504 m.s.n.m.
- Río Naranjo: Capacidad nominal de 75 l/seg y se ubicará una elevación de 1504 m.s.n.m.

En el Cuadro 7.2.1.1, se muestran los caudales mínimos de los ríos anteriores, donde se observa que los caudales mínimos son del orden de los 565 l/seg para el mes de abril con un período de retorno de unos 1:2 años, resultados del estudio hidrológico de la Nota 7. Para un período de retorno de sequía de 1:10 años es de 232 y de 1:20 años 177 l/seg para una sequía extrema de 1:20 años.

Cuadro 7.2.1.1: Caudales de las fuentes superficiales a ser incorporadas en l/seg, a 1,505 m.s.n.m.

Ríos	Sombrero (1)	Patarrá (2)	Estrella (3)	SUMA (4)=(1)+(2)+(3)	Naranjo (5)	SUMA (6)=(4)+(5)
Caudales mensuales mínimos (abril)	225	78	200	503	62	565
Período de retorno 1:10 años	91	31	85	207	25	232
Período de retorno 1:20 años	69	24	65	158	19	177

Fuente: HICROTECNIA Consultores SA del estudio de la Nota 7

Con base en lo anterior, se propone la implementación de un campo de pozos alrededor de la zona de la planta de tratamiento de Cartago, sobre el distrito de Dulce Nombre, con una cantidad de alrededor de unas siete unidades, con una producción promedio de 15 a 20 l/seg, tal como se propone en el Anexo 3 de este informe, Estudios Hidrogeológicos. Se espera que las profundidades de perforación serían de unos 200-250 metros y el nivel del agua estaría a unos 100-150 metros. Se espera que esa producción sea la necesaria para completar los 300 l/seg cuando los ríos propuestos obtengan el nivel de producción de los 177 l/seg.

Líneas de conducción hasta la planta de tratamiento.

Todas las líneas de conducción serán de HD y Acero de alta resistencia, para los sifones del Río Navarro, con diámetros de 600, 500, 350 y 300 mm.

Cruce del Río Navarro

Se propone realizar el cruce del río Navarro en tubería de acero de DN 600 mm, colocada sobre pilares de concreto, a una altura suficiente para evitar las avenidas máximas del río. En este sector, la tubería alcanzará su máxima presión estática de casi 38 Kg/cm².

Línea de conducción Cruce del Río Navarro – a planta de tratamiento propuesta

Luego del cruce del Río Navarro, la tubería ascenderá rápidamente en dirección hacia Cartago. Los primeros 660 m de este tramo, presentan una pendiente del orden del 40%. Se propone colocar la tubería de acero de DN 600 mm, sobre el terreno, sobre apoyos concreto anclados

sobre terreno firme. Esta solución dependerá en gran medida de los estudios de geotecnia detallados que deberán realizarse en esta zona en la etapa previa al diseño final.

Luego de este ascenso a alta pendiente, la tubería continuará ascendiendo con pendientes del orden del 20% por unos 1360 m más, hasta alcanzar el punto máximo antes de seguir hacia la planta de tratamiento. Este tramo ascendente se propone ejecutarlo mediante tubería de DN 600 mm de acero, enterrado. La tubería luego sigue por unos 1,050 m más hasta alcanzar el sitio de planta, a campo traviesa, ya que el camino existente alcanza cotas superiores a las de las obras de toma. Este tramo se propone ejecutarlo con tubería de hierro dúctil, enterrada.

Planta de tratamiento

La planta de tratamiento será del tipo CEPIS, con entrada a una elevación de 1492 msnm con una capacidad nominal de 300 l/seg, de filtración rápida y operará totalmente por gravedad. Constará de cámara de disipación de energía, canaleta tipo Parshall para lograr la mezcla rápida de los coagulantes y también como medio hidráulico de foro, tres floculadores hidráulicos de flujo vertical, tres sedimentadores de alta tasa y seis filtros rápidos de medio dual, antracita y arena y sistema de desinfección con cloro gaseoso.

En el sitio de planta se ubicará además, la casa del operador, caseta de operación, laboratorio de control de calidad y bodega de químicos y materiales. Contará además con espacio para estacionamiento. Además, contendrá una laguna para la sedimentación de los lodos producidos en el proceso de purificación del agua.

Tanque de almacenamiento

Luego de la planta de tratamiento, se propone la construcción de un tanque de almacenamiento y de regulación para un caudal de 300 l/seg. El volumen será de unos 2,000 m³ que permitiría poco menos de dos horas de suspensión del servicio en la planta o en el sistema de conducción y que representa un 8% del volumen promedio diario de los 300 l/seg. La elevación del fondo del tanque será del orden de 1,483 m.s.n.m.

Línea de distribución tanque Lourdes – interconexión hacia el sistema de Paraíso

Del tanque de agua tratada en la planta de tratamiento, saldrá una línea de distribución principal hasta el tanque de Cola de la Ciudad de Cartago. Antes, en las cercanías de la planta de tratamiento existente del acueducto Orosi, se interconectará con este sistema y se derivará una línea de distribución principal hacia el Sistema de Paraíso.

Este tramo será de 600 mm de HD con una longitud de 4,060 metros.

Línea de distribución hacia el Sistema de Paraíso

Para suministrar agua al sistema de Paraíso, se propone instalar una tubería de 200 mm de PVC o PEAD desde la intersección anterior al tanque MUCAP. Su longitud será de unos 4350 metros, con una capacidad de unos 50 l/seg.

Línea de distribución interconexión al sistema de Paraíso – tanque Cola

Luego de la interconexión descrita la tubería de DN 600 mm continúa hasta el tanque de Cola de la Ciudad de Cartago. Su longitud es de unos 3,146 metros, tal como se muestra en la Figura 7.2.1.1.

Línea de interconexión con el Sistema Oreamuno

Antes de llegar al tanque Cola, para abastecer el sistema de Oreamuno, se propone una derivación una línea por gravedad, hasta un nuevo tanque en Oreamuno, que sirva para los sectores bajos a una elevación de 1462 m.s.n.m.

Pozos de producción

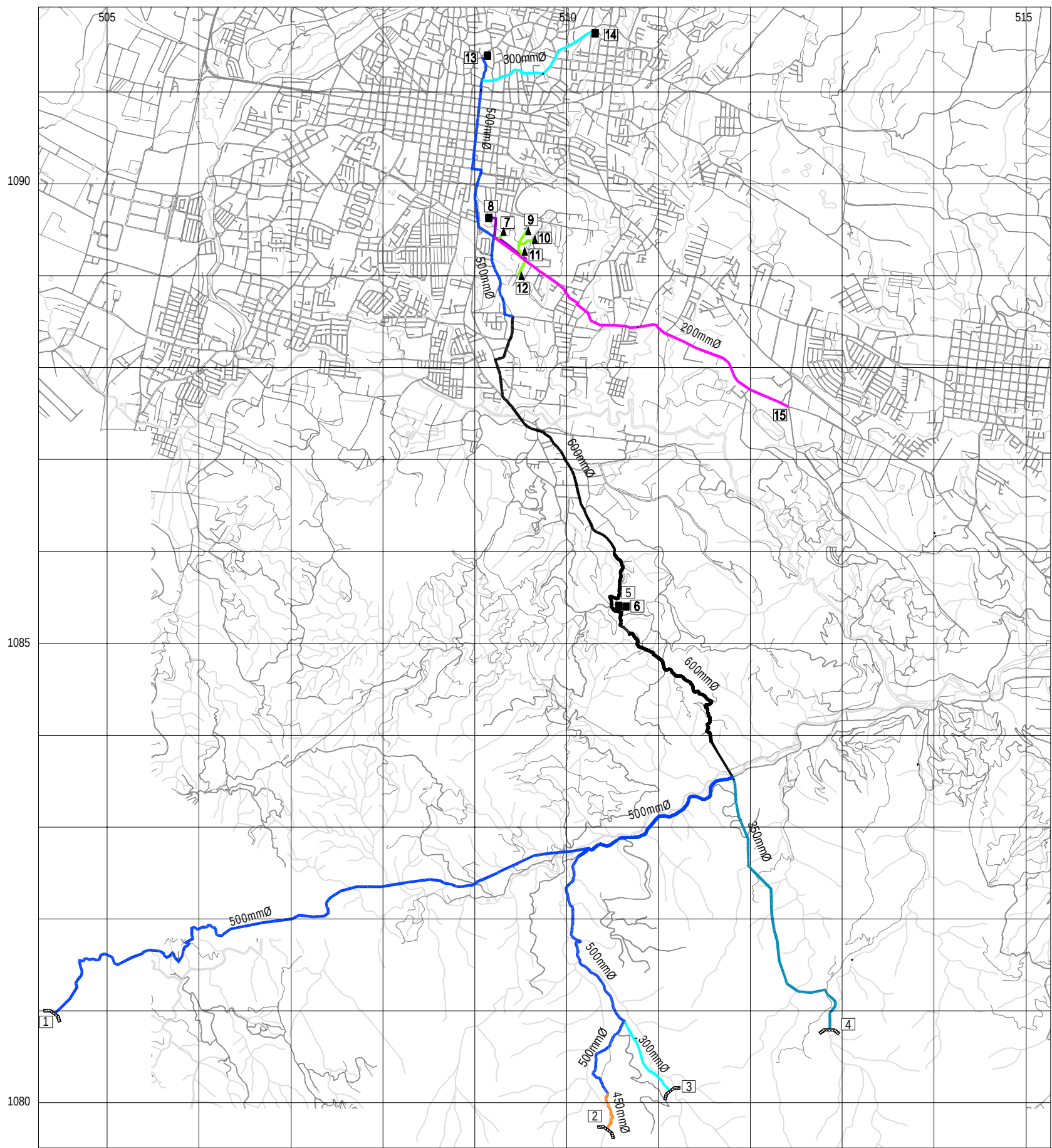
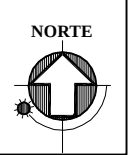
Como se explica arriba, para satisfacer la demanda de los 300 l/seg, de los tres sistemas que se proponen en esta alternativa, se debe suplir el faltante cuando las fuentes superficiales obtengan los caudales mínimos de 1:20 años que se estima en unos 177 l/seg. Por tanto, considerando las premisas de los estudios hidrogeológicos del estudio de la Nota 6, se proponen pozos de producción de unos 200-250 metros de profundidad, con ademes de 300 mm y con producciones de unos 15 a 20 l/seg, según las conclusiones del Anexo 3. Se propone para suplir el faltante de las nuevas fuentes superficiales, la implementación de unos 7 pozos.

En el Cuadro 7.2.1.1, se resumen las cantidades de obra de esta alternativa.

Cuadro 7.2.1.1: Resumen de los componentes de la Alternativa No 1

Nº	Descripción	Unidad	Cantidad
A	Sistema captaciones de Sombrero, Patarrá y Estrella hasta derivación Paraíso		
1	Captación Sombrero	l/seg	200
2	Desarenador Sombrero	l/seg	200
3	Captación Patarrá	l/seg	60
4	Desarenador Patarrá	l/seg	60
5	Captación Naranjo	l/seg	90
6	Desarenador Naranjo	l/seg	90
7	Captación Estrella	l/seg	200
8	Desarenador Estrella	l/seg	200
9	Tuberías Sombrero Patarrá Planta		
9.1	Tubería PEAD RD-17 300mm	m	905
9.2	Tubería HD 450mm K9	m	420
9.3	Tubería HD 500mm K9	m	1705
9.4	Tubería HD 600mm K9	m	1900
9.5	Tubería acero c/uniones soldadas 500mm e:7,9	m	3560
9.6	Tubería acero c/uniones soldadas 600mm e:7,9	m	720
10	Tuberías Estrella Sombrero		
10.1	Tubería HD 500mm K9	m	4,820
10.2	Tubería acero c/uniones soldadas 500mm e:7,9	m	2,270
11	Tuberías Naranjo Sombrero		
11.1	Tubería HD 350mm K9	m	2,265
11.2	Tubería acero c/uniones soldadas 350mm e:7,9	m	2,670
12	Planta de tratamiento y tanque	l/seg	300
12.1	Terrenos planta y tanque	m2	3,000
12.2	Planta de tratamiento	l/seg	300
12.3	Tanque asentado de concreto	m3	1,500
13	Tuberías Planta Derivación Paraíso		
13.1	Tubería HD 500mm K9	m	895
13.2	Tubería HD 600mm K9	m	2,175
13.3	Tubería acero c/uniones soldadas 600mm e:7,9	m	1,995
14	Puente Río Sombrero	ml	50
15	Puente Río Navarro	ml	110
16	Pasos de río	Unidad	3
17	Terrenos y servidumbres	m2	
17.1	Servidumbres	m2	48144
17.2	Terrenos	m2	50000
18	Asfaltos	ml	6,045
B	Tuberías de Derivación Paraíso hasta Derivación Oreamuno		
1	Tubería HD 500mm K9	m	1,915
2	Asfaltos	m	1,915
C	Tuberías de Derivación Oreamuno hasta Tanque Cola		
1	Tubería HD 500mm K9	m	260
2	Asfaltos	m	260
D	Derivación Paraíso		
1	Tubería PVC SDR-21 200mm	m	4,805
2	Asfaltos	m	2,403
E	Derivación Oreamuno		
1	Tubería PVC SDR-26 300 mm	m	1,455
2	Asfaltos	m	1,455
F	Pozos		
1	Pozo de 200m	Unidad	7
2	Equipo de bombeo 30HP	Unidad	7
3	Instalación eléctrica de pozos	Unidad	7
4	Tubería succión e impulsión pozos		
4.1	Tubería acero c/uniones soldadas 150mm e:7,9	m	700
4.2	Tubería PVC SDR-26 150mm	m	1145
4.3	Tubería PVC SDR-26 250mm	m	685
5	Terrenos y servidumbres	m2	6300
6	Asfaltos	ml	1830

Fuente: Elaboración propia



SIMBOLOGÍA			
	TUBERÍA PVC 600 mmØ		CARRETERAS Y CAMINOS
	TUBERÍA PVC 500 mmØ		RÍOS y QUEBRADAS
	TUBERÍA PVC 450 mmØ		PUENTE
	TUBERÍA PVC 400 mmØ		DIÁMETRO DE LA TUBERÍA
	TUBERÍA PVC 350 mmØ		NACIENTE O TOMA
	TUBERÍA PVC 300 mmØ		POZO
	TUBERÍA PVC 250 mmØ		TANQUE DE ALMACENAMIENTO
	TUBERÍA PVC 200 mmØ		
	TUBERÍA PVC 150 mmØ		
	TUBERÍA PVC 100 mmØ		

NOMENCLATURA	
1	TOMA RÍO ESTRELLA (ELEV. 1505.00 m.s.n.m.)
2	TOMA RÍO SOMBRERO (ELEV. 1504.00 m.s.n.m.)
3	TOMA RÍO PATARRÁ (ELEV. 1505.00 m.s.n.m.)
4	TOMA RÍO NARANJO (ELEV. 1505.00 m.s.n.m.)
5	TANQUE ALMACENAMIENTO LOURDES (ELEV. 1483.00 m.s.n.m.)
6	PLANTA TRATAMIENTO LOURDES (ELEV. 1492.00 m.s.n.m.)
7	POZO (ELEV. 1390.00 m.s.n.m.)
8	TANQUE OROSI (ELEV. 1415.00 m.s.n.m.)
9	POZO (ELEV. 1398.00 m.s.n.m.)
10	POZO (ELEV. 1398.00 m.s.n.m.)
11	POZO (ELEV. 1372.00 m.s.n.m.)
12	POZO (ELEV. 1345.00 m.s.n.m.)
13	TANQUE COLA (ELEV. 1460.00 m.s.n.m.)
14	TANQUE OREAMUNO (ELEV. 1462.00 m.s.n.m.)
15	DERIVACIÓN PARAÍSO

CARTAGO ALTERNATIVA 1
ESCALA 1:50.000

PROYECTO :
Programa de Agua Potable y Saneamiento
para el Nivel Subnacional

CARTAGO



CONTENIDO:
CARTAGO
ALTERNATIVA 1

ESCALA:
1:50.000
ARCHIVO:
ALTERNATIVAS.DWG
FECHA:
ABRIL 2010

FIGURA:
7.2.1.1

7.2.2 Alternativa No 2: Captación de los Ríos Sombrero, Patarrá y Estrella, más pozos para la época de sequía, solo para Cartago.

Esta alternativa es idéntica que la anterior, solo para la demanda de Cartago, cuyo sistema requeriría de unos 200 l/seg, según se ha mencionado. Tomando en cuenta este valor, el caudal que se requeriría en pozos es de apenas 43 l/seg, tal como se presenta en el Cuadro 7.2.2.1, considerando que el Río Naranjo abastecerá de forma individual a Paraíso.

Cuadro 7.2.2.1: Caudales de los ríos solo para Cartago

Ríos	Sombrero (1)	Patarrá (2)	Estrella (3)	SUMA (4)=(1)+(2)+(3)
Caudales mensuales mínimos (abril)	225	78	200	503
Período de retorno 1:10 años	91	31	85	207
Período de retorno 1:20 años	69	24	65	158

Fuente: HIDROTECNIA Consultores SA del estudio de la Nota 7

Considerando lo anterior, el Cuadro 7.2.2.2, se resumen los componentes de esta alternativa, que se muestra en la Figura 7.2.2.1.

Cuadro 7.2.2.2: Resumen de los componentes de la Alternativa No 2

Nº	Descripción	Unidad	Cantidad
A Sistema captaciones de Sombrero, Patarrá y Estrella hasta derivación Paraíso			
1	Captación Sombrero	l/seg	100
2	Desarenador Sombrero	l/seg	100
3	Captación Patarrá	l/seg	60
4	Desarenador Patarrá	l/seg	60
7	Captación Estrella	l/seg	100
8	Desarenador Estrella	l/seg	100
9	Tuberías Sombrero Patarrá Planta		
9.1	Tubería PEAD RD-17 300mm	m	905
9.2	Tubería HD 450mm K9	m	420
9.3	Tubería HD 500mm K9	m	3605
9.4	Tubería acero c/uniones soldadas 500mm e:7,9	m	4280
10	Tuberías Estrella Sombrero		
10.1	Tubería HD 500mm K9	m	4,820
10.2	Tubería acero c/uniones soldadas 500mm e:7,9	m	2,270
12	Planta de tratamiento y tanque	l/seg	200
12.1	Terrenos planta y tanque	m2	3,000
12.2	Planta de tratamiento	l/seg	200
12.3	Tanque asentado de concreto	m3	1,500
13	Tuberías Planta Derivación Paraíso		
13.1	Tubería HD c/uniones bridadas 500mm K9	m	895
13.2	Tubería HD c/uniones bridadas 600mm K9	m	2,175
13.3	Tubería acero c/uniones soldadas 600mm e:7,9	m	1,995
14	Puente Río Sombrero	ml	50
15	Puente Río Navarro	ml	110
16	Pasos de río	Unidad	3
17	Terrenos y servidumbres	m2	
17.1	Servidumbres	m2	66678
17.2	Terrenos	m2	50000
18	Asfaltos	ml	6,045
B Tuberías de Derivación Paraíso hasta Derivación Oreamuno			
1	Tubería HD c/uniones bridadas 500mm K9	m	1,915
2	Asfaltos	m	1,915
C Tuberías de Derivación Oreamuno hasta Tanque Cola			
1	Tubería HD c/uniones bridadas 500mm K9	m	260
2	Asfaltos	m	260
D Derivación Paraíso			
1	Tubería PVC SDR-21 200mm	m	4,805
2	Asfaltos	m	2,403
E Derivación Oreamuno			
1	Tubería HD c/uniones bridadas 300mm K9	m	1,455
2	Asfaltos	m	1,455
F Pozos			
1	Pozo de 200m	Unidad	3
2	Equipo de bombeo 30HP	Unidad	3
3	Instalación electrica de pozos	Unidad	3
4	Tubería succión e impulsión pozos		
4.1	Tubería acero c/uniones soldadas 150mm e:7,9	m	300
4.2	Tubería PVC SDR-26 150mm	m	463
4.3	Tubería PVC SDR-26 200mm	m	584
5	Terrenos y servidumbres	m2	2700
6	Asfaltos	ml	1047

Fuente: Elaboración propia



NOMENCLATURA

1	TOMA RÍO ESTRELLA (ELEV. 1505.00 m.s.n.m.)
2	TOMA RÍO SOMBRERO (ELEV. 1504.00 m.s.n.m.)
3	TOMA RÍO PATARRÁ (ELEV. 1550.00 m.s.n.m.)
4	TANQUE ALMACENAMIENTO LOURDES (ELEV. 1483.00 m.s.n.m.)
5	PLANTA TRATAMIENTO LOURDES (ELEV. 1492.00 m.s.n.m.)
6	TANQUE OROSI (ELEV. 1415.00 m.s.n.m.)
7	PLANTA TRATAMIENTO CARTAGO (ELEV. 1240.00 m.s.n.m.)
8	POZO (ELEV. 1258.00 m.s.n.m.)
9	POZO (ELEV. 1240.00 m.s.n.m.)
10	POZO (ELEV. 1222.00 m.s.n.m.)
11	TANQUE COLA (ELEV. 1460.00 m.s.n.m.)

ESCALA 1:50.000

7.2.2.1

8 ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS

Para el análisis de las alternativas, en primera instancia se elaboró una evaluación hidráulica de las mismas, con la integración de todo el sistema, para luego presupuestarlas con base en los precios unitarios a nivel de Plan Maestro, obtenidos por diferentes costos unitarios de proyectos desarrollados en el país, que se presentan en el **Anexo 6** de este informe. Los presupuestos se basaron con las cantidades de obra que se indicaron en los cuadros anteriores.

8.1 ANÁLISIS DE MÍNIMO COSTO DE LAS ALTERNATIVAS

Con base en estos costos unitarios y con base en las cantidades de obra, se elaboraron los presupuestos de las dos alternativas anteriores, que se indican a continuación.

Dado que los costos han sido estimados en el nivel de prefactibilidad, para obtener los costos directos de ellas, se ha adicionado un porcentaje del 15% por imprevistos, a fin de cubrir con un margen de seguridad a estas estimaciones, las cuales deberán actualizarse durante la fase de diseño definitivo.

Adicionalmente, sobre los costos directos se ha considerado un 10.5 % por ingeniería y supervisión de obras, en la fase constructiva.

8.1.1 Presupuesto de la Alternativa No 1.

En el Cuadro 8.1.1.1, se muestra el presupuesto de la alternativa No 1, donde se que el monto de la misma asciende a unos US\$ 28.5 millones, donde es de indicar, que la alternativa considera los tres sistemas de agua potable, Cartago, Paraíso y Oreamuno, que se distribuyen los costos, tal como se explica abajo.

Cuadro 8.1.1.1: Presupuesto de la alternativa No 1

Nº	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo (US \$)	
				Unitario	Total
A Sistema captaciones de Sombrero, Patarrá y Estrella hasta derivación Paraíso					
1	Captación Sombrero	l/seg	200	1,188	237,542
2	Desarenador Sombrero	l/seg	200	531	106,136
3	Captación Patarrá	l/seg	60	1,508	90,503
4	Desarenador Patarrá	l/seg	60	1,120	67,194
5	Captación Naranja	l/seg	90	1,333	120,000
6	Desarenador Naranja	l/seg	90	2,244	202,000
7	Captación Estrella	l/seg	200	1,188	237,542
8	Desarenador Estrella	l/seg	200	531	106,136
9	Tuberías Sombrero Patarrá Planta				
9.1	Tubería PEAD RD-17 300mm	m	905	96	86,595
9.2	Tubería HD 450mm K9	m	420	270	113,232
9.3	Tubería HD 500mm K9	m	1705	325	554,467
9.4	Tubería HD 600mm K9	m	1900	399	758,420
9.5	Tubería acero c/uniones soldadas 500mm e:7,9	m	3560	554	1,971,884
9.6	Tubería acero c/uniones soldadas 600mm e:7,9	m	720	638	459,562
10	Tuberías Estrella Sombrero				
10.1	Tubería HD 500mm K9	m	4,820	317	1,525,900
10.2	Tubería acero c/uniones soldadas 500mm e:7,9	m	2,270	532	1,208,412
11	Tuberías Naranja Sombrero				
11.1	Tubería HD 350mm K9	m	2,265	205	463,216
11.2	Tubería acero c/uniones soldadas 350mm e:7,9	m	2,670	372	993,053
12	Planta de tratamiento y tanque	l/seg	300		
12.1	Terrenos planta y tanque	m2	3,000	50	150,000
12.2	Planta de tratamiento	l/seg	300	5,386	1,615,821
12.3	Tanque asentado de concreto	m3	1,500	420	630,000
13	Tuberías Planta Derivación Paraíso				
13.1	Tubería HD 500mm K9	m	895	338	302,632
13.2	Tubería HD 600mm K9	m	2,175	423	919,347
13.3	Tubería acero c/uniones soldadas 600mm e:7,9	m	1,995	662	1,320,291
14	Puente Río Sombrero	ml	50	957	47,843
15	Puente Río Navarro	ml	110	4,743	521,784
16	Pasos de río	Unidad	3	9,569	28,706
17	Terrenos y servidumbres	m2			
17.1	Servidumbres	m2	48144	5	240,720
17.2	Terrenos	m2	50000	50	2,500,000
18	Asfaltos	ml	6,045	7	40,968
19	Accesorios	gl	1		317,713
Subtotal				17,937,619	
B Tuberías de Derivación Paraíso hasta Derivación Oreamuno					
1	Tubería HD 500mm K9	m	1,915	338	647,532
2	Asfaltos	m	1,915	6	11,796
3	Accesorios	gl	1		19,426
Subtotal				678,754	
C Tuberías de Derivación Oreamuno hasta Tanque Cola					
1	Tubería HD 500mm K9	m	260	338	87,916
2	Asfaltos	m	260	6	1,602
3	Accesorios	gl	1		2,637
Subtotal				92,155	
D Derivación Paraíso					
1	Tubería PVC SDR-21 200mm	m	4,805	111	535,373
2	Asfaltos	m	2,403	4	10,763
3	Accesorios	gl	1		16,061
Subtotal				562,197	
E Derivación Oreamuno					
1	Tubería PVC SDR-26 300 mm	m	1,455	156	226,980
2	Asfaltos	m	1,455	5	7,333
3	Accesorios	gl	1		6,809
Subtotal				241,123	
F Pozos					
1	Pozo de 200m	Unidad	7	300,000	2,100,000
2	Equipo de bombeo 30HP	Unidad	7	20,000	140,000
3	Instalación electrica de pozos	Unidad	7	20,000	140,000
4	Tubería succión e impulsión pozos				
4.1	Tubería acero c/uniones soldadas 150mm e:7,9	m	700	158	110,923
4.2	Tubería PVC SDR-26 150mm	m	1145	73	83,516
4.3	Tubería PVC SDR-26 250mm	m	685	117	80,217
5	Terrenos y servidumbres	m2	6300	50	315,000
6	Asfaltos	ml	1830	4	8,070
7	Accesorios	gl	1		4,912
Subtotal				2,982,638	
Total 1					22,494,485
Imprevistos 15 %					3,374,173
Total 2					25,868,658
Administración y supervisión					2,716,209
Total 3					28,584,867

Fuente: Elaboración propia

A este nivel de Plan Maestro, las inversiones para cada uno de los tres sistemas, Cartago, Oreamuno y Paraíso, se realizó de la siguiente forma:

- Las inversiones se distribuyen proporcionalmente al caudal, cuando las obras son comunes para los tres sistemas o dos o solo uno. Así, el componente A sirve para los tres sistemas, el componente B, sirve para Cartago y Oreamuno, y los componentes C para Cartago, D para Paraíso y E para Oreamuno.
- El componente F del campo de pozos, servirá para los tres sistemas cuando se presente la época de sequía.

Con base en lo anterior, las inversiones para cada uno de los tres sistemas resultaron tal como se muestra en el Cuadro 8.1.1.2.

Cuadro 8.1.1.2: Distribución porcentual de las inversiones para los sistemas de Cartago, Paraíso y Oreamuno, según las caudales

Sistema	Caudal (L/s)	% Costo	Costo (\$)
Cartago	200	64.8%	18,530,071
Paraíso	50	18.0%	5,145,148
Oreamuno	50	17.2%	4,909,648
Total	300	100.0%	28,584,867

Fuente: Elaboración propia

8.1.2 Presupuesto de la Alternativa No 2.

En el Cuadro 8.1.2.1, se muestra el presupuesto de la alternativa No 2, donde se que el monto de la misma asciende a unos US\$ 23 millones.

Cuadro 8.1.1.1: Presupuesto de la alternativa No 2					
Nº	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo (US \$)	
				Unitario	Total
A Sistema captaciones de Sombrero, Patarrá y Estrella. Conduccion y Tramo 1 Dist.					
1	Captación Sombrero	l/seg	100	2,375	237,542
2	Desarenador Sombrero	l/seg	100	531	53,068
3	Captación Patarrá	l/seg	60	1,508	90,503
4	Desarenador Patarrá	l/seg	60	1,120	67,194
7	Captación Estrella	l/seg	100	2,375	237,542
8	Desarenador Estrella	l/seg	100	531	53,068
9	Tuberías Sombrero Patarrá Planta				
9.1	Tubería PEAD RD-17 300mm	m	905	96	86,595
9.2	Tubería HD 450mm K9	m	420	270	113,232
9.3	Tubería HD 500mm K9	m	3605	325	1,172,349
9.4	Tubería acero c/uniones soldadas 500mm e:7,9	m	4280	554	2,370,692
10	Tuberías Estrella Sombrero				
10.1	Tubería HD 500mm K9	m	4,820	317	1,525,900
10.2	Tubería acero c/uniones soldadas 500mm e:7,9	m	2,270	532	1,208,412
12	Planta de tratamiento y tanque	l/seg	200		
12.1	Terrenos planta y tanque	m2	3,000	50	150,000
12.2	Planta de tratamiento	l/seg	200	5,700	1,140,000
12.3	Tanque asentado de concreto	m3	1,500	420	630,000
13	Tuberías Planta Derivación Paraíso				
13.1	Tubería HD 500mm K9	m	3,070	338	1,038,080
13.2	Tubería acero c/uniones soldadas 500mm e:7,9	m	1,995	554	1,105,031
14	Puente Río Sombrero	ml	50	957	47,843
15	Puente Río Navarro	ml	110	4,743	521,784
16	Pasos de río	Unidad	3	9,569	28,706
17	Terrenos y servidumbres	m2			
17.1	Servidumbres	m2	66678	5	333,390
17.2	Terrenos	m2	50000	50	2,500,000
18	Asfaltos	ml	6,045	7	40,968
19	Accesorios	gl	1		256,011
Subtotal				15,007,909	
B Tuberías Tramo 2 distribución					
1	Tubería HD c/uniones bridadas 500mm K9	m	1,915	338	647,532
2	Asfaltos	m	1,915	6	11,796
3	Accesorios	gl	1		19,426
Subtotal				678,754	
C Tuberías Tramo 2 distribución					
1	Tubería HD c/uniones bridadas 500mm K9	m	260	338	87,916
2	Asfaltos	m	260	6	1,602
3	Accesorios	gl	1		2,637
Subtotal				92,155	
F Pozos					
1	Pozo de 200m	Unidad	3	300,000	900,000
2	Equipo de bombeo 30HP	Unidad	3	20,000	60,000
3	Instalación eléctrica de pozos	Unidad	3	20,000	60,000
4	Tubería succión e impulsión pozos				
4.1	Tubería acero c/uniones soldadas 150mm e:7,9	m	300	158	47,538
4.2	Tubería PVC SDR-26 150mm	m	463	73	33,771
4.3	Tubería PVC SDR-26 200mm	m	584	98	57,282
5	Terrenos y servidumbres	m2	2700	50	135,000
6	Asfaltos	ml	1047	5	4,722
7	Accesorios	gl	1		2,732
Subtotal				1,301,045	
Total 1					17,079,863
Imprevistos 15 %					2,561,980
Total 2					19,641,843
Administración y supervisión					2,062,393
Total 3					21,704,236

Fuente: Elaboración propia

8.2 METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS ALTERNATIVAS

El análisis económico se realiza con base en el método del Valor Actual Neto (VAN) o Valor Presente (VP), del flujo de las inversiones y de los gastos anuales de operación y mantenimiento generados por las obras de cada alternativa.

Para comparar las diferentes alternativas de acuerdo al VAN, estas deben dar el mismo beneficio. En este caso, producen el mismo flujo de caudales a lo largo del periodo de planificación.

8.2.1 Flujo de inversiones, reposición de infraestructura y costos anuales

Inversiones

El flujo de las inversiones está determinado por la necesidad de la entrada en operación de las nuevas obras, para satisfacer el déficit entre la demanda máxima diaria y la capacidad de las fuentes de suministro.

Para determinar los costos de inversiones de las alternativas se han utilizado los costos unitarios de otros proyectos elaborados por el Consultor a nivel diseños finales y de Plan Maestro, además de cálculos que se han determinado para este proyecto, ver **Anexo 6: Costos Unitarios de Plan Maestro**.

Costos de reposición de equipos

Se ha considerado que –principalmente los equipos electromecánicos- deberán ser sustituidos parcialmente en forma periódica. Para esto se han considerado los siguientes porcentajes de inversión inicial, según los periodos que se indican como sigue:

- Reposición equipos cada 5 años en un 5 % del total de las inversiones de los equipos.
- Reposición por vida útil a los 15 años en un 10 % del total de las inversiones de los equipos.

Costos anuales

El flujo de los costos anuales está determinado por la operación y el mantenimiento de las nuevas obras, requeridas para satisfacer **el déficit entre la demanda promedio diaria y la producción promedio de las fuentes**.

Los costos anuales proyectados pueden ser divididos conceptualmente en dos categorías:

- **Costos variables:** Son los costos que varían de acuerdo a la cantidad de agua producida. Corresponden básicamente a los costos de operación o producción de los sistemas de abastecimiento. En esta categoría se incluyen los costos de productos químicos y de energía eléctrica para operar equipos de bombeo. Los costos variables en cada alternativa se han calculado dependiendo del caudal suministrado anualmente. Los costos unitarios utilizados para determinar estos costos anuales se detallan en el Cuadro 4.2.1.1.

Cuadro 4.2.1.1: Precios de energía y químicos

ITEM	PRECIO UNITARIO (US\$)
Energía	0.09 KW-hora
Químicos:	
Sulfato de aluminio	450/ton
Gas cloro	200/ton

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo del costo de los químicos necesarios, se realizó una estimación de acuerdo con los consumos usuales, según las siguientes dosificaciones: 2 mg/l para el cloro y 20 mg/l para el sulfato de aluminio en el caso de filtración directa y 30 mg/l para los casos de potabilización completa, y 0,20 mg/l polímero.

- **Costos fijos:** Son los costos que no dependen de los volúmenes producidos. Pueden más bien asociarse a la magnitud de las inversiones y están compuestos principalmente por los costos de mantenimiento. Se estima, que para los sistemas de bombeo, este costo es del 5% del costo de las inversiones realizadas⁹ y para los sistemas por gravedad de un 3%.

8.2.2 Resultados del análisis de mínimo costo

En los cuadros del **Anexo 7: Análisis Económico de las Alternativas**, se presentan los detalles de las inversiones y flujos de caja de cada alternativa. En el cuadro 8.2.2.1 se resumen los resultados del análisis económico, para tasas de descuento del 12%, con costo de la energía eléctrica de **US\$ 0,09/Kwh**.

Cuadro 8.2.2.1: Comparación de alternativas por evaluación económica

Alternativa	Inversiones US \$	VPN (inversiones y costos anuales) US \$
Alter 1: Proyecto integral solo Cartago	18,530,071 (1)	20,603,650
Alter 2: Proyecto para solo Cartago	21,704,236	23,809,995

Fuente: Elaboración propia

(1) Incluye solamente la inversión de Cartago dado en el Cuadro 8.1.1.2

De acuerdo con los resultados del cuadro anterior, desde el punto de vista de mínimo costo la alternativa más favorable es la No 1. Para esta alternativa, tanto las inversiones, el valor actual neto, como los costos de operación son menores.

⁹ En proyectos similares, se han determinado porcentajes de este orden, en sistemas de Montevideo-Uruguay, Quito-Ecuador y Mérida-Venezuela.

8.3 ANÁLISIS POR OTROS CRITERIOS DE LAS ALTERNATIVAS

Si bien las tres alternativas analizadas se ubican sobre la misma área geográfica y presentan similares condiciones de construcción y operación, el siguiente análisis confirma que la mejor solución es la que resulta del análisis de mínimo costo.

8.3.1 Análisis según aspectos ambientales

Las dos alternativas analizadas presentan condiciones de construcción y de operación, iguales, por lo que el análisis con respecto a este componente ambiental, es similar o igual.

En consecuencia, con respecto a estos aspectos ambientales, las dos alternativas poseen los mismos problemas, por lo que la No 1, sigue siendo la seleccionada para los propósitos de este estudio. Ambas provocan en primera instancia en el proceso de la construcción, efectos negativos, que se solventan al finalizar la construcción de las obras, por la estabilización de los efectos negativos.

8.3.2 Análisis de vulnerabilidad

La vulnerabilidad general de las dos alternativas es igual, tanto por tratarse de obras casi iguales. Por lo tanto, las dos presentan efectos similares, los cuales están valorados dentro de los costos de las propias obras.

Los siguientes son los principales riesgos que presentan, -no solo las obras de las alternativas-, sino en general las obras existentes y propuestas.

- **Riesgo sísmico:** Esta amenaza está asociada a la tectónica general del país y a las fallas locales cercanas al área del estudio. El principal efecto del riesgo sísmico tiene que ver principalmente con roturas de las tuberías y adicionalmente con deslizamientos de tierra en el caso de las líneas de conducción. El uso de tuberías y uniones flexibles en los proyectos, minimizará este riesgo, siendo por su mismo efecto menos vulnerable, la opción que tenga menor cantidad de tuberías, en este caso, las alternativas N° 1 es la que presentaría el mayor efecto negativo. En dos alternativas se ubican fallas de gran tamaño, que en el pasado se han activado, con movimientos de tierra importantes, tal es el caso de la falla de Aguacaliente.
- **Movimientos de masa del terreno:** Además de los movimientos de masas de tierra originados por sismo, están los que se asocian con la topografía, la geología y la escorrentía superficial en los sitios en donde se erigirán las obras.
- **Riesgo por inundaciones:** Este riesgo trata riesgo de que las estructuras e instalaciones puedan quedar anegadas sin posibilidad de operarlas. De la misma forma las dos opciones, poseen un alto riesgo que de que se produzcan inundaciones, dado que son captaciones superficiales y se tendría que cruzar el Río Navarro, por medio de un puente.
- **Riesgo volcánico:** Dado que en el valle central se ubica dentro de la cordillera volcánica central del país, es claro que el riesgo por unas erupciones volcánicas es de una probabilidad alta.

- Riesgo de sequía. En ambas se presentaría el mismo fenómeno, que se corrigiendo con la perforación de los pozos propuestos para cada una.

8.4 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

8.4.1 Análisis de la alternativa seleccionada con los otros sistemas, Oreamuno y Paraíso.

Con base en lo anterior, se realizó para los otros dos sistemas Oreamuno y Paraíso, el mismo análisis de comparación de alternativas, que dio como resultado, lo que se expone en el Cuadro 8.4.1.1, donde se observa y se concluye con las siguientes consideraciones:

Cuadro 8.4.1.1: Comparación de alternativas o combinaciones para toda la región

Alternativas o combinaciones	Inversiones US \$	VPN (inversiones y costos anuales) US \$
Comparación de alternativas para el sistema de Paraíso.		
Proyecto Integral solo Paraíso	5,145,148	5,708,998
Proyecto Naranja	4,544,194	5,040,776
Pozos para Paraíso	3,150,910	5,007,018
Comparación de alternativas para el sistema de Oreamuno		
Proyecto Integral solo Oreamuno	4,909,648	5,452,616
Pozos para Oreamuno	3,150,910	5,007,018
Comparación de alternativas Proyecto Integral vs Suma alternativas de otros sistemas		
Proyecto Integral todos los sistemas	28,584,867	31,193,801
Pozos para Paraíso	3,150,910	5,007,018
Pozos para Oreamuno	3,150,910	5,007,018
Proyecto Sombrero solo Cartago	21,704,236	23,809,995
Proyectos individuales	28,006,056	33,824,030

Fuente: Elaboración propia

- Como se observa, la Alternativa de Pozos en Paraíso es la más ventajosa de las alternativas estudiadas.

- De igual forma, se obtiene que la Alternativa de Pozos para Oreamuno, es la más favorable desde el punto de vista de mínimo costo.
- De separarse estos dos sistemas del proyecto integral, tal como se demostró anteriormente, la Alternativa de las captaciones de los Ríos Estrella, Sombrero y Patarrá para el sistema de Cartago, sería más onerosa que se ejecutará el proyecto integral.
- Si comparamos el Proyecto Integral, con la sumatoria de los otras posibilidades de forma individual, el proyecto sería el más económico con una diferencia de unos US\$ 2.7 millones, por lo que desde el punto de vista economía del país, el proyecto en conjunto sería el más beneficioso para la región y el país.

8.4.2 Aspectos institucionales

La situación anterior, implicaría un acuerdo entre todas las municipalidades involucradas en el proyecto, es decir, Cartago, Oreamuno y Paraíso, de tal forma que el mismo se implemente de forma conjunta y que para efectos de país es la mejor solución.

Es de mencionar también, que el acuífero de la región, tal como se explica en el Anexo 3, deberá estudiarse con detenimiento y con estudios de investigación más exhaustivos, que determinen las posibilidades reales de explotación.

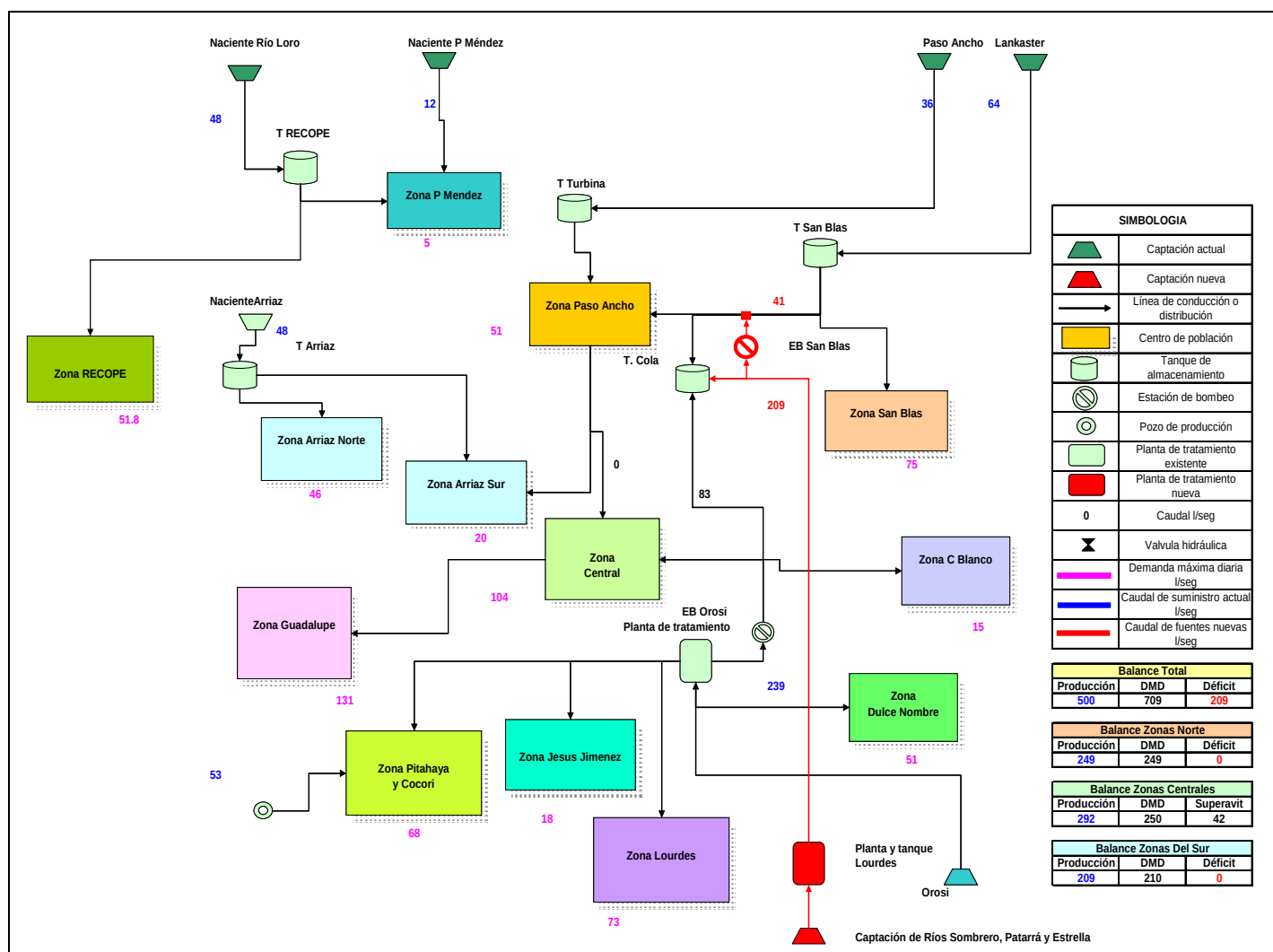
9 PROYECTO PROPUESTO

9.1 ETAPAS DE DESARROLLO

Este apartado incluye la definición del proyecto en lo que se refiere a los sistemas de suministro, redes y tanques, integrando la alternativa seleccionada, en este caso la alternativa integral, mediante la interconexión de las tuberías de conducción; segundo, los requerimientos del almacenamiento para todas las zonas de consumo, tercero con la implementación de las mejoras y ampliaciones de las redes de distribución. En síntesis, el nuevo proyecto consiste en lo siguiente:

- Implementar los proyectos de mejoras y de optimización de sistemas.
- Implementar el proyecto de la captación del Río Sombrero, Río Patarrá y Río Estrella, con una nueva planta de tratamiento en Lourdes con un nuevo tanque de 1,500 m³, para luego conducir el agua hasta el tanque de Cola.
- Ampliar el almacenamiento de las zonas de RECOPE y San Blas, mejoras a los tanques de concreto Central y Cocorí, tal como se explica adelante.
- Separar las zonas de presión del sur, con la instalación de nuevas líneas de distribución desde los tanques de la planta. Estos tanques, tendrán el caudal casi total del proyecto Orosi y el bombeo será mínimo, para las situaciones de extrema sequía, tal como se observa en la Figura 9.1.1, donde se indican los caudales de producción de las fuentes actuales para la producción de sequía y las propuestas, con las demandas de cada una de las zonas.
- Ampliaciones y mejoras a la red de distribución, que se muestran con detalle en el Anexo 8 de este informe.

Figura 9.1.1: Balance del sistema con la nueva fuente de la Captación de los ríos Sombrero, Patarrá y Estrella.



9.2 ETAPAS DE DESARROLLO

En consecuencia, las etapas de desarrollo, se refieren más bien, a una secuencia de obras a implementar en el tiempo, de tal forma que las inversiones se diluyan en el período de planificación, impactando lo menos posible en los aspectos financieros de los entes operadores, en este caso las municipalidades. Por tanto, se considera, que las etapas de desarrollo, se definen como aquellas inversiones que se requieren para satisfacer los faltantes de agua en primera instancia, y una segunda etapa, referida a las mejoras y ampliaciones de redes y tanques.

9.2.1 Etapa 1.

Comprende esta etapa la implementación de las siguientes obras:

- Implementación de algunas de las obras que se proponen como optimización del sistema, es decir las más urgentes, especialmente, la readecuación de la planta de tratamiento actual para la calidad del agua del proyecto Orosi, instalar la línea de impulsión directa al tanque de Cola¹⁰, para mejorar la operación del sistema de las Zonas Centrales y de Guadalupe y Caballo Blanco, así con la ampliación de las redes de la zona sur¹¹, para separarlas de las zona central. Instalación de macromedidores con el sistema SCADA, para las conducciones de los manantiales.
- Construcción del nuevo sistema de suministro, que consiste en la captación de los Ríos Sombrero, Estrella, Patarrá y Naranjo, enmarcado dentro del Proyecto Integral de la Región de El Guarco.

9.2.2 Etapa 2.

Consiste esta etapa en las siguientes obras:

- Además del proyecto de separación de las zonas del sur, ampliar las redes de estas zonas por medio de tuberías principales, zonas que se han definido como: Pitahaya, Lourdes y Dulce Nombre.
- Se propone también las ampliaciones de la red de Guadalupe, que se asume también tenderá a un crecimiento mayor que las demás, debido a la construcción de viviendas y la ampliación de la zona industrial que requerirá de más agua.
- Dentro de esta misma etapa, se contempla la ampliación y mejoras del sistema de almacenamiento y la instalación de hidrantes en toda la red de distribución.
- Construcción de una estación de bombeo, para las Zonas Altas de Cartago, específicamente hacia el tanque San Blas, con un caudal de unos 40 l/seg, para que opere en las épocas de extrema sequía.

9.2.3 Etapa 3.

Contempla esta etapa las siguientes obras:

- Mejoras a red de distribución por diámetros en mal estado y tuberías de diámetros pequeños.
- Se incluyen también las desconexiones de la red antigua, que está actualmente en operación, así como el cambio de válvulas que se encuentran en mal estado.

9.3 OBRAS DE MEJORAS Y OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA EXISTENTE

Con base en el diagnóstico, se determinó que las mejoras inmediatas del sistema, que optimicen la operación del sistema, serían las siguientes:

- Mejoras menores a las captaciones existentes.

¹⁰ Este proyecto será ejecutado por la Municipalidad

¹¹ Proyecto diseñado por HIDROTECNIA Consultores, año 2008, en propiedad de la Municipalidad.

- Instalación de macromedidores para las líneas de conducción de las nacientes, puntos que serán determinados luego de estudio hidráulico de las líneas de conducción, tal como se propuso anteriormente.
- Control de caudales por transmisión remota de estos macromedidores.
- Readecuar planta de tratamiento existente para la calidad del agua de Orosi actual.
- Proyecto de nueva línea de impulsión al tanque Cola (ver nota 9).
- Implementar el proyecto de las líneas de la Zona Sur, los tramos que ya se encuentran diseñados por la Municipalidad, de tal forma que se evite el bombeo para esta zona y se abastezca de los tanques de la planta de tratamiento.
- Ampliar el sistema de almacenamiento y las mejoras a los tanques existentes, esto es los tanques Central y Cocorí.
- Desconexión de la red existente en la Zona Central, de aproximadamente 10 kms.
- Cambios de válvulas de compuerta existente y mejoras a tuberías de diámetros menores.
- Igualmente, se propone la instalación del 100% de micromedición.

9.4 NUEVAS OBRAS DE SUMINISTRO

Se considera que estas nuevas obras se implementarán en la Etapa I, según se describió arriba, que consiste en la captación de los ríos Sombrero, Estrella, Patarrá y Naranjo, con sus respectivas líneas de conducción, planta de tratamiento y tanque de almacenamiento, con las líneas de distribución hasta los tanque Cola en Cartago, Tanque Nuevo en Oreamuno y la interconexión con el sistema de la red de Paraíso. Las obras serían como siguen:

- Captaciones de los ríos Sombrero, Estrella, Patarrá y Naranjo, con sus respectivos desarenadores.
- Líneas de conducción en longitudes de 4,200 metros de 600 mm HD, 8,000 m de 500 mm y unos 30,000 metros entre tuberías de 450 mm a 200 mm, de HD, PVC y Acero.
- Planta de tratamiento de 300 l/seg.
- Tanque de almacenamiento de 2,500 m³.
- Línea de distribución de 600 y 500 mm de HD, hasta el tanque de Cola.
- Estación de bombeo en Tanque de Cola de unos 25 HP, para suplir los faltantes de la época de sequía, de tal forma que se trasiegue agua hasta el tanque San Blas.

9.5 OBRAS DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN

9.5.1 Almacenamiento

Las nuevas obras de almacenamiento, determinadas bajo los parámetros de diseño del Anexo 2, que determina el volumen de un 33% del caudal promedio diario, para zona de presión, y que se explica en el Cuadro 9.4.1.1, donde se indican los volúmenes requeridos para el año 2030, las

capacidades de los tanques existentes, las necesidades futuras y los tanques propuestos para cada zona de consumo o de presión.

Así, como se observa en el cuadro, los nuevos tanques que se proponen serían como sigue:

- Tanque asentado de 500 m3, para los sectores de RECOPE, que se ubicaría a la par del existente en propiedad de RECOPE, a una elevación de 1200 m.s.n.m, asentado y de concreto. Se estima que el terreno para este tanque sea de unos 200 m2.
- Tanque concreto asentado de 1250 m3, ubicado cercano al tanque de San Blas, a una elevación de 1222 m.s.n.m. Se propone para este tanque, un lote que se ubica aguas arriba del existente para lo cual se requiere de un lote de unos 400 a 500 m2.
- Como se dijo anteriormente, estos dos tanques son parte también de las obras de optimización que se proponen para este sistema.
- Para las zonas del Centro, Guadalupe y Caballo Blanco, no se requiere de aumentar el almacenamiento, si se mejora el tanque Central.
- Para las zonas del sur, con la nueva construcción del tanque de la planta de 2,500 m3, el almacenamiento es suficiente para todas las zonas, por lo tanto no se proponen nuevos tanques para las mismas.

Cuadro 9.4.1.1: Resumen del almacenamiento en m3.

Zonas	QMD l/seg	QP l/seg	Vol Requerido m3	Tanques existentes que suplen a las zonas		Déficit o superávit m3	Propuesta en m3	Tanques propuestos m3
				Volumen m3	Nombre			
RECOPE	51.8	45.1	1,285	1,000	RECOPE	285.32		
P Méndez	5.3	4.6	131	0		131.16	416	500
Arriaz Norte	45.5	39.6	1,128	1,750	ARRIAZ	621.78		
Arriaz Sur	20.1	17.5	498	0		498.10	124	-
Paso Ancho	51.3	44.6	1,271	4,000	TURBINA	2728.94		
San Blas	75.1	65.3	1,862	750	SAN BLAS	1112.40		1,250
Central	104.2	90.6	2,584	5,000	COLA+CENTRAL	2415.67		
Guadalupe	130.7	113.7	3,242	2,500		741.53		
Caballo Blanco	15.4	13.4	381	0		381.49	1,292.7	-
Pithaya y Cocorí	67.6	58.8	1,676	6,000	TANQUES PLANTA + COCORI + TECNOLOGICO	4323.78		
Jesús Jimenez	17.7	15.4	438	1,000		562.34		
Lourdes	73.2	63.6	1,814	0		1813.65		
Dulce Nombre	51.2	44.6	1,270	0		1270.21	1802	-
Totales	709.1	616.6	17,581	22,000				1,750

Fuente: Elaboración propia

9.5.2 Redes de distribución

Tal como se explicó arriba, ver figura 6.2.1, la zonificación de la red que se propone es de la siguiente forma:

- Zona RECOPE: Cubre esta zona la parte alta del tanque del mismo nombre, que se abastece directamente de la fuente de Río Loro, así como además, la zona del mismo tanque con una elevación de 1553 m.s.n.m hasta llegar a las cotas de 1453 m.s.n.m.
- Zona Padre Méndez: Se abastece esta zona de la misma fuente, sin tanque, desde la elevación de los 1563 m.s.n.m hasta los 1472 m.s.n.m. Se encuentra ubicada entre las zonas de RECOPE, Arriaz y Turbina (Paso Ancho).
- Zona Arriaz Norte: Se abastece del tanque de Arriaz de la elevación de los 1536 m.s.n.m hasta llegar a límite del río Reventado, en los 1409 m.s.n.m.
- Zona Arriaz Sur: Se abastece de la red anterior, desde la elevación de 1468 m.s.n.m, hasta la elevación de 1438 m.s.n.m. Se comunica por medio de una tubería que cruza el Río Reventado de 200 mm.
- Zona Paso Ancho o Turbina: Se abastece la parte alta de la línea de conducción de Paso Ancho y del tanque Turbina. Las elevaciones van desde la 1570 m.s.n.m y la 1468 m.s.n.m.
- Zona San Blas: Se abastece del tanque del mismo nombre de la elevación de los 1517 m.s.n.m hasta las inmediaciones de la Basílica de Los Ángeles, cuya elevación es de unos 1428 m.s.n.m.
- Zona Central: Cubre toda la zona central, especialmente los dos distritos centrales, Occidental y Oriental. Las elevaciones van desde la 1447 m.s.n.m y la 1370 m.s.n.m.
- Zona Guadalupe: Cubre la mayor parte del distrito del mismo nombre desde la elevación de los 1441 m.s.n.m hasta las partes bajas cuya elevación es de los 1388 m.s.n.m.
- Zona Caballo Blanco: Se abastece de la zona del Central a la elevación de 1411 m.s.n.m hasta las elevaciones de 1358 m.s.n.m en el distrito de Dulce Nombre.
- Zona Pitahaya y Cocorí: Comprende la zona que se ubica desde la elevación de los 1419 m.s.n.m hasta llegar a la elevación de los 1329 m.s.n.m.
- Zona Jesús Jiménez: Comprende la urbanización del mismo nombre y se abastece de los tanques de la planta de tratamiento.
- Zona Lourdes: Se abastece de los tanques de la planta y va desde ese sector hasta las partes altas de Lourdes en Aguacaliente, desde las elevaciones de los 1392 m.s.n.m hasta los 1311 m.s.n.m.
- Zona Dulce Nombre: Se abastece también de los tanques de la planta, desde la elevación de los 1392 a los 1300 m.s.n.m.

El resultado final, una vez que se incorporaron las nuevas demandas de agua, fue de ampliación de las líneas de distribución y algunas conexiones entre zonas, que se muestran como ampliaciones, con sus diferentes diámetros y longitudes e interconexiones, en el Anexo 8 de este informe y detalla en el presupuesto que se presenta adelante. Asimismo, en el Anexo 12, se presentan los resultados de la corrida hidráulica en WaterCad del modelo futuro de este sistema.

9.6 PROGRAMAS DE GESTIÓN DE LOS SISTEMAS

9.6.1 Plan para la reducción del agua no contabilizada.

Las premisas y proyecciones del Plan Maestro están basadas en una reducción significativa del agua no contabilizada. Por lo tanto es imprescindible ejecutar y mantener el plan de ANC, que se está ejecutando en la actualidad. No obstante, que se tiene en marcha este proyecto de Reducción

del ANC, a continuación se esbozan algunos comentarios respecto a este tema, que se explican con detalle en el Anexo 9 de este informe.

Este plan comprende los siguientes subproyectos:

1. Metodología de cálculo y desagregación de pérdidas
2. Censo de usuarios y catastro de micro medidores
3. Catastro de redes de agua potable y alcantarillado
4. Metodología de evaluación de sectores operativos
5. Modelación matemática de sistemas de agua potable
6. Pre -diseño de proyectos de macro medición y micro medición a nivel local
7. Programa de Uso racional del agua

En el Anexo 9 para cada uno de estos sub-proyectos, se definen:

- Objetivo
- Justificación
- Alcance
- Conceptos principales
- Actividades mínimas en oficina
- Actividades mínimas en campo
- Información técnica a entregar
- Productos

El alcance y complejidad de este programa requiere de su ejecución mediante contratos de consultoría, los cuales se justificarían para regiones o grupos de municipalidades. Lo anterior sin embargo no obvia que gran parte de los principios, objetivos y actividades puedan ser llevados a cabo individualmente por las municipalidades.

9.6.2 Programa de estudio y regularización de los recursos hídricos.

Este programa se propone con el objetivo de estudiar y caracterizar las nacientes actuales y definir las medidas de protección necesarias que aseguren su sostenibilidad en el tiempo. Dentro de las acciones de este programa se incluyen:

- Estudio hidrogeológico de las zonas de recarga de las fuentes con base en el estudio de Delimitación de las Zonas de Protección de los Manantiales.
- Definición de medidas de protección de las fuentes, incluyendo adquisición de terrenos para su protección y regularización del uso del suelo en las zonas de recarga, según el estudio mencionado.
- Aforos mensuales de todas las fuentes de manantial además de las mediciones de macromedidores, que se recomiendan más adelante.
- Normalización y legalización de las concesiones de agua.
- Normalización, legalización y adquisición cuando proceda, de los derechos, terrenos y servidumbres.

9.6.3 Implementación de la organización a ser propuesta (estudio en proceso independiente de esta consultoría) en el acueducto.

En los términos de referencia del proyecto con el BID, a solicitud del IFAM, se excluyeron los estudios institucionales, en los cuales era necesario analizar la estructura organizacional del acueducto y en su lugar el Instituto contrató por medio de FOMUDE una consultoría para desarrollar modelos de estructuras organizacionales del acueducto de acuerdo con el tamaño de la Municipalidad, clasificadas en pequeña, mediana y grande¹².

9.6.4 Seguimiento al Plan Maestro

El Plan Maestro no solo es un instrumento para definir las nuevas obras requeridas por los acueductos. Es también la principal herramienta de planificación para el desarrollo del sistema. En este sentido, la Municipalidad deberá dar seguimiento al Plan Maestro y definir las nuevas obras, los permisos para nuevas urbanizaciones y las obras a ser solicitadas a los desarrolladores urbanísticos en concordancia con el Plan. De especial importancia será registrarse en función de las zonas de presión establecidas.

Por otro lado, las desviaciones respecto al plan, tales como crecimiento poblacional diferente al proyectado, establecimiento de urbanizaciones, asentamientos o en general consumos no previstos en el plan o variaciones en los caudales mínimos de las fuentes de producción, deberán ser documentados, de manera que el Plan Maestro pueda ser revisado y actualizado periódicamente, preferiblemente cada cinco años.

9.6.5 Programa actual del ANC

Tal como se mencionó anteriormente, en la actualidad se está desarrollando un plan de ANC¹³ por medio de una consultoría externa que se espera que finalice a finales del año 2010. Con base en los resultados que se obtengan, se podrán definir para los próximos años, las acciones a seguir para disminuir los porcentajes de ANC a valores como los que se proponen en este Plan Maestro y se cumplan las metas establecidas.

9.7 ASPECTOS AMBIENTALES DE LAS OBRAS DEL PLAN MAESTRO

En el Anexo N° 10 se presentan los aspectos ambientales de las obras del Plan Maestro.

9.8 PRESUPUESTO DE LAS OBRAS PROPUESTAS

9.8.1 Introducción

El presupuesto de los diseños a este nivel de plan maestro se ha elaborado con base en precios obtenidos de cotizaciones de proveedores de tuberías de Acero, HD, PEAD, válvulas y accesorios que existen en el país. Además, se han utilizado precios de otros proyectos elaborados

¹² En Junio de 2010 esta consultoría está en proceso.

¹³ Ejecutado por Consorcio Fluidis SEM en la actualidad.

por los consultores, así como de información de proyectos donde han laborado nuestros profesionales en América Latina.

Los costos de instalación se han determinado con base a la experiencia del consultor y de datos compañías constructoras que laboran en el campo del abastecimiento de agua y saneamiento por varios años en el país.

9.8.2 Costos Unitarios

Los costos unitarios consideran los costos del material, transporte, almacenaje, seguros, etc, se muestran en el **Anexo 6** de este informe. Los costos de mano de obra o de instalación, suponen rendimientos de colocación de tubería de cada uno de los diámetros involucrados con las maquinarias requeridas.

Los costos de instalación de accesorios y válvulas se han considerado como un porcentaje de su costo directo, esto es un 3% para los sistemas de conducción y de un 5%, para las redes de distribución.

9.8.3 Costos totales

Para determinar el costo total se calculó el costo de los materiales más el de instalación o costo de la mano de obra, a partir del cual, se adicionaron los imprevistos y los gastos administrativos, siendo el 15% para los primeros y del 10.5 % para los segundos.

En Cuadro 9.7.3.1 se muestra el presupuesto de las obras, según los rubros que se han definido de Obras de Suministro, Obras de Optimización y Obras de Redes y Tanques. De igual forma, se presenta los cálculos particulares de cada una de las obras según la lista de cantidades que se desprenden de los planos nivel de plan maestro.

Cuadro 9.7.3.1: Presupuesto total del Proyecto.					
Nº	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo (\$)	
				Unitario	Total
A	Obras nuevas de suministro				
1	Alternativa integral para Cartago	gl	1		14,581,996
	Subtotal				14,581,996
B	Obras de optimización				
1	Mejoras a captaciones	Unidad	4	5,000	20,000
2	Mejoras a tuberías de conducción	gl	1		45,000
3	Instalación de macromedidores	Unidad	4	10,000	40,000
4	Mejoras a tanques metálicos	Unidad	2	15,000	30,000
5	Mejoras a tanque Central	gl			75,000
6	Mejoras a tanque Cocori	gl			30,000
7	Readecuación planta tratamiento actual	gl			600,000
8	Accesorios	gl	1		4,050
	Subtotal				844,050
C	Ampliaciones de la red				
1	Distribución sistema Pitahaya y Cocorí				
1.1	Tubería PVC SDR-26 150mm s/asfalto	m	20	73	1,459
1.2	Tubería PVC SDR-26 200mm s/asfalto	m	850	98	83,445
2	Distribución sistemas Dulce Nombre y Lourdes				
2.1	Tubería PVC SDR-26 150mm s/asfalto	m	1800	73	131,292
3	Distribución sistemas Caballo Blanco y Dulce Nombre				
3.1	Tubería PVC SDR-26 200mm s/asfalto	m	775	98	76,082
4	Tanques				
4.1	Tanque nuevo RECOPE	m3	500	420	210,000
4.2	Tanque nuevo San Blas	m3	1250	420	525,000
4.3	Terrenos para tanques	m2	750.0	50	37,500
5	Estación de bombeo Tanque Cola a San Blas				
5.1	Estación de bombeo 40 L/s	HP	50.0	4,210	210,483
6	Accesorios	gl	1		8,768
	Subtotal ampliación red				1,284,028
7	Mejoras propuesta Hidrotecnia linea zona Sur (Informe Nota 6)				
7.1	Trayecto 1	gl	1		302,651
7.2	Trayecto 2	gl	1		119,598
7.3	Trayecto 3	gl	1		134,694
8	Accesorios	gl	1		34,263
	Subtotal ampliación zonas del sur				591,207
	Subtotal ampliación redes				1,875,235
D	Mejoras a red existente				
1	Tuberías en malas condiciones				
1.1	Tubería PVC SDR-26 50mm s/asfalto	m	1790	39	70,616
1.2	Tubería PVC SDR-26 75mm s/asfalto	m	15340	45	696,344
1.3	Tubería PVC SDR-26 100mm s/asfalto	m	1410	52	73,673
1.4	Tubería PVC SDR-26 150mm s/asfalto	m	365	73	26,623
2	Desconexión de tuberías de red deteriorada				
2.1	Desahabilitación de tubería deteriorada y reconexión de servicios	m	10000	25	250,000
3	Tuberías con diámetros menores a 50mm				
3.1	Tubería PVC SDR-26 50mm s/asfalto	m	630	39	24,854
4	Reconexión de previstas	Unidad	1,000	50	50,000
5	Cambio de válvulas				
5.1	Válvula compuerta 100mm @ 500m	Unidad	385	477	183,502
6	Hidrantes (radio 150m)				
6.1	Hidrante y accesorios	Unidad	173	1,500	259,500
	Subtotal				1,635,111
Total 1					18,936,391
Imprevistos 15 %					2,840,459
Total 2					21,776,850
Administración y supervisión					2,286,569
Total 3					24,063,419

Fuente: Elaboración propia

9.9 CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

Con base en las Etapas definidas anteriormente, se propone que el plan de ejecución se inicie el año 2011, a partir del cual se implementen las obras de optimización y las obras nuevas de suministro, tal como se muestra en la Figura 9.8.1. Como se observa en la figura, el propósito del cronograma es que las obras suministro nuevas estén implementadas en los próximos tres años, a partir del año 2010.

Asimismo, al figura muestra en flujo de inversiones de en US\$, por cada acción del programa y su resultado para cada etapa del proyecto.

Figura 9.8.1: Cronograma de ejecución e inversión obras, miles de US\$

ETAPAS	ACTIVIDADES	AÑOS																				Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
ETAPA I	Mejoras al sistema y obras de optimización.																					
	Trámites de concesión de aguas ríos del sur, Sombrero, Estrella, Patarrá y Naranjo																					
	Diseños finales de Ríos Sombrero, Estrella, Patarrá y Naranjo																					
	Construcción obras del Ríos Sombrero y otros																					
ETAPA II	Diseños finales obras red principal y zona del sur																					
	Implementación de lineas principales y zonas del sur																					
ETAPA III	Diseños ampliación y mejoras a red de distribución																					
	Implementación de obrasde redes																					
COSTOS DE IMPLEMENTACION EN MILES DE US\$		536	536	6,177	6,177	7,368	1,607	416	416	416	416											24,063

PARTE B: SISTEMA DE SANEAMIENTO

1 SISTEMA ACTUAL DE RECOLECCIÓN Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES

Al igual que otras ciudades o centros urbanos de mediana y alta densidad en el país, el manejo de las aguas negras (higiene y baños), en la mayor parte del área de estudio se realiza por medio de tanques sépticos y drenajes. Empero, en la zona central de Cartago, (cuadrantes centrales y zonas comerciales) el vertido de aguas jabonosas y en algunos casos el vertido del efluente del tanque séptico al alcantarillado pluvial (cunetas, caños y en algunos casos directamente a los colectores pluviales), son casos frecuentes de observar en la ciudad. Tal como se explica adelante, en esta zona central de la ciudad, se cuenta con un alcantarillado sanitario que cubre un porcentaje bajo de la población, que data de las primeras décadas del siglo pasado.

El vertido de aguas jabonosas a las diferentes cuencas hidrográficas del Valle de El Guarco, sobre las que se encuentra fundada la ciudad y sus alrededores, es una actividad muy común y no es sancionada por la Municipalidad o el Ministerio de Salud de la zona.

La limpieza de los tanques sépticos es realizada por empresas privadas que se dedican a la recolección y disposición final de estos desechos, mediante la contratación directa realizada por el cliente, pero no se cuenta con un adecuado control y seguimiento a la disposición final de dichas aguas o lodos de limpieza.

2 DIAGNOSTICO DE LA SITUACION ACTUAL

2.1 INFRAESTRUCTURA DE SANEAMIENTO

El crecimiento de la población en la ciudad y sus alrededores, han aumentado en los últimos años, lo que ha ejercido una presión sobre los recursos hídricos de la región, más aún los subterráneos, y además sobre el uso del suelo de región debido al vertido de aguas jabonosas y en algunos casos, aguas de salida del tanque séptico, al sistema pluvial y quebradas de la zona, sin ningún tratamiento. Esto se acentúa, especialmente en el cuadrante principal de la ciudad, en donde la densidad de población y comercio son mayores.

En algunos casos las viviendas, especialmente de bajos recursos, ubicadas en las laderas de los ríos y quebradas, especialmente en precario, no tienen tanque séptico adecuados (capacidad, tiempo de retención, disposición de entradas y salidas, etc) y descargan las aguas negras directo a los cauces, incrementando el efecto de contaminación y presión sobre el uso de los recursos hídrico, limitando totalmente su uso, al transporte y disposición final de aguas negras, dando como resultado final su contaminación y pérdida del ecosistema natural.

2.1.1 Sistema de alcantarillado sanitario¹⁴

El sistema de alcantarillado sanitario existente cubre el sector central de la ciudad y existen urbanizaciones periféricas al centro que cuentan con sistemas propios de alcantarillado.

La información básica que a continuación se detalla sobre la situación actual y evaluación de los sistemas de alcantarillado sanitario

El primer sistema de alcantarillado sanitario, que cubría la zona central, mercado y zona de la Municipalidad actual, fue construido en 1911 y posteriormente ampliado en 1962.

Actualmente la red consta de poco más de 1650 pozos de registro de diferentes profundidades, y una red de tuberías en la que predominan los materiales de alcarraza, con diámetros que varían de 100 a 300 mm y todo el sistema funciona por gravedad. En el siguiente cuadro se detallan los tramos y diámetros de la red.

Cuadro 2.1.1.1: Diámetros de la red.

Diámetro (mm)	Número Tramos
100	3
100	96
150	253
200	642
250	31
300	30

Fuente: Proyecto Investigación de Redes de Alcantarillado de Cartago

En cuanto a la cobertura del alcantarillado sanitario actual y su longitud, en el siguiente cuadro se detallan ambos casos.

Cuadro 2.1.1.2: Cobertura actual del servicio de alcantarillado sanitario

DISTRITO	ABONADOS	TUBERIA (km)
Distrito Central	2731	21
Distrito Occidental	1240	10
Distrito El Carmen	433	4
Distrito San Francisco	2688	27
Distrito Guadalupe	9	2
Distrito Dulce Nombre	3	2

Fuente: Proyecto Investigación de Redes de Alcantarillado de Cartago

¹⁴ Datos del Proyecto de Investigación del Alcantarillado Sanitario de Cartago, elaborado por la empresa Soluciones Integrales del Ambiente

El proyecto original contaba con planta de tratamiento de aguas residuales, similar al sistema que se construyó para las ciudades principales del Valle Central: San José, Heredia y Alajuela. Esta planta de tratamiento siempre estuvo bajo la responsabilidad de la Municipalidad, pero desde hace poco más 40 años no está en funcionamiento.

En Cartago, hay algunas urbanizaciones que cuentan con sistema de recolección y tratamiento de aguas negras, entre ellas se encuentran las siguientes:

Cuadro 2.1.1.3: Urbanizaciones con planta de tratamiento

- PTAR Manuel de Jesús JIMENEZ
- PTAR Cocori
- PTAR Jardines de Agua Caliente
- PTAR Ciudad de Oro
- PTAR TEC
- PTAR San Antonio de Padua
- PTAR Las Américas

Fuente: Datos de la municipalidad

En la Figura 2.1.1 se muestra el área actualmente cubierta por alcantarillado sanitario, pero lamentablemente no se cuenta con ninguna planta de tratamiento en operación, por lo que todas las aguas negras son vertidas sin tratamiento a los ríos de la zona, especialmente los ríos:

- Taras
- Reventado
- Aguacaliente
- Toyogres-Seco
- Quebrada Molino
- Coris-Purires

Se han identificado más de 130 puntos de vertido a lo largo de la red hidrográfica de la zona de Cartago, desde descargas individuales hasta descarga de urbanizaciones

En el marco del proyecto de Investigación de Redes de Alcantarillado Sanitario de Cartago, contratado por la Municipalidad de Cartago a la Empresa Soluciones Integrales del Ambiente se logró determinar que la mayor parte de la red está en buen estado a pesar de la edad de instalación y años de operación. Se cuenta con un levantamiento detallado de la infraestructura de recolección y conducción, pero no se cuenta con la nivelación de pozos de registro

2.1.2 Tanques sépticos

Según un estudio contratado por AyA, en 1997-1998 (Proyecto Ciudades Intermedias) sobre el uso de tanques sépticos en la ciudad, se concluye lo siguiente:

- El tanque séptico es empleado en un 73.2% de las viviendas.
- De las restantes, un 25.3% usa la red de alcantarillado sanitario, un 0.5% descarga directamente en las quebradas de la zona y un 0.3% utiliza el pozo negro.
- El 92.7% de las viviendas lanza las aguas jabonosas al tanque séptico. El sistema de drenaje se emplea en el 73.5% de las viviendas que utiliza el tanque séptico. En cuanto a su ubicación, el 57.8% de estos se encuentra en el fondo de los lotes.
- Según el 73.5% de los usuarios, el funcionamiento de los tanques sépticos es aceptable, a pesar de los problemas generados por su utilización: 9.7% tiene problemas con malos olores, 9.8% con obstrucciones y 3.2% con rebalses.
- En cuanto al mantenimiento que se les brinda, el 5.8% lo hace con frecuencia anual y el 32.7% nunca los ha limpiado. Solamente el 4.7% de los usuarios ha hecho gastos con ese fin, durante los últimos tres meses.

En Cartago existen, bajo el suelo orgánico, capas de arcillas color gris de baja permeabilidad, que generalmente coinciden con depresiones topográficas, además, como el nivel freático se encuentra muy superficial (alrededor de 1 m de profundidad), se dificulta el funcionamiento eficaz de los tanques sépticos.

2.1.3 Situación actual

Ninguna de las plantas de tratamiento de las urbanizaciones visitadas estaba en funcionamiento, algunas prácticamente se encontraban abandonadas, aunque sus estructuras presentan condiciones de rescate en algunos casos. Esto significa que todo el efluente está siendo descargado directamente en las quebradas y ríos que pasan cerca de estas.

El suelo de la región no permite un buen drenaje y, además, este no recibe un mantenimiento adecuado (según información de los propios habitantes), es de esperar que funcione mal.

Los principales problemas asociados al uso de tanques sépticos, están asociados con los siguientes aspectos identificados en el sitio:

- Problema de manejo de aguas pluviales:
 - deficiente cobertura de alcantarillado pluvial
 - falta de capacidad del alcantarillado pluvial existente
 - zonas de inundación

Provocan que una solución de alcantarillado sanitario sin resolver el problema pluvial, un incremento de conexiones ilícitas en zonas conflictivas.

- Uso intensivo de T.S sin en lotes pequeños de viviendas económicas provoca al final y principalmente en zonas arcillosas (Paraíso, Oremono, etc) provocan al final mal funcionamiento de drenajes y el vertido de efluentes jabonosos y en algunos casos de salida de TS a las cunetas pluviales y por ende a los ríos.

- Las zonas comerciales centrales de las ciudades vierten sus aguas jabonosas a cunetas pluviales, y en algunos casos el vertido directo de todas las aguas negras al alcantarillado pluvial.
- Inundación o desbordamientos de alcantarillados pluviales con conexiones ilícitas de aguas jabonosas y salidas de TS provoca condiciones insalubres y focos de contaminación y de salud.
- No hay control o seguimiento a manejo de lodos de TS, a pesar de ser responsables de brindar un sistema de abastecimiento de agua.
- Urbanizaciones con plantas de tratamiento abandonadas, debido a falta de mantenimiento y adecuada operación, provocan vertido de aguas negras sin tratamiento a ríos.
- Vertido de aguas jabonosas a cunetas, con autorización del Ministerio de Salud en años 50 y 60, provoca generalización del vertido de efluentes a cunetas.
- Viviendas y comercios colindantes con ríos y quebradas vierten aguas jabonosas y algunos casos negras a dichos cuerpos de agua.
- El consumo excesivo de agua potable y el brindar un buen servicio de abastecimiento de agua potable en cantidad, continuidad, muy bajo costo o ninguno, incrementa la producción de aguas jabonosas y residuales, lo que agrava el problema, por lo que no puede haber un proyecto de agua potable sin que se contemple un componente de mejoramiento del manejo de aguas negras. O bien no debe haber un proyecto de aguas negras, sin el mejoramiento del manejo de aguas pluviales.
- Falta de planificación estratégica en la solución a problemas ambientales y de saneamiento.
- Las autoridades locales no han contribuido a una solución integral (aguas residuales y lodos), por lo que una solución debe incorporar la solución de ambos problemas, como parte de un mismo proyecto de saneamiento.

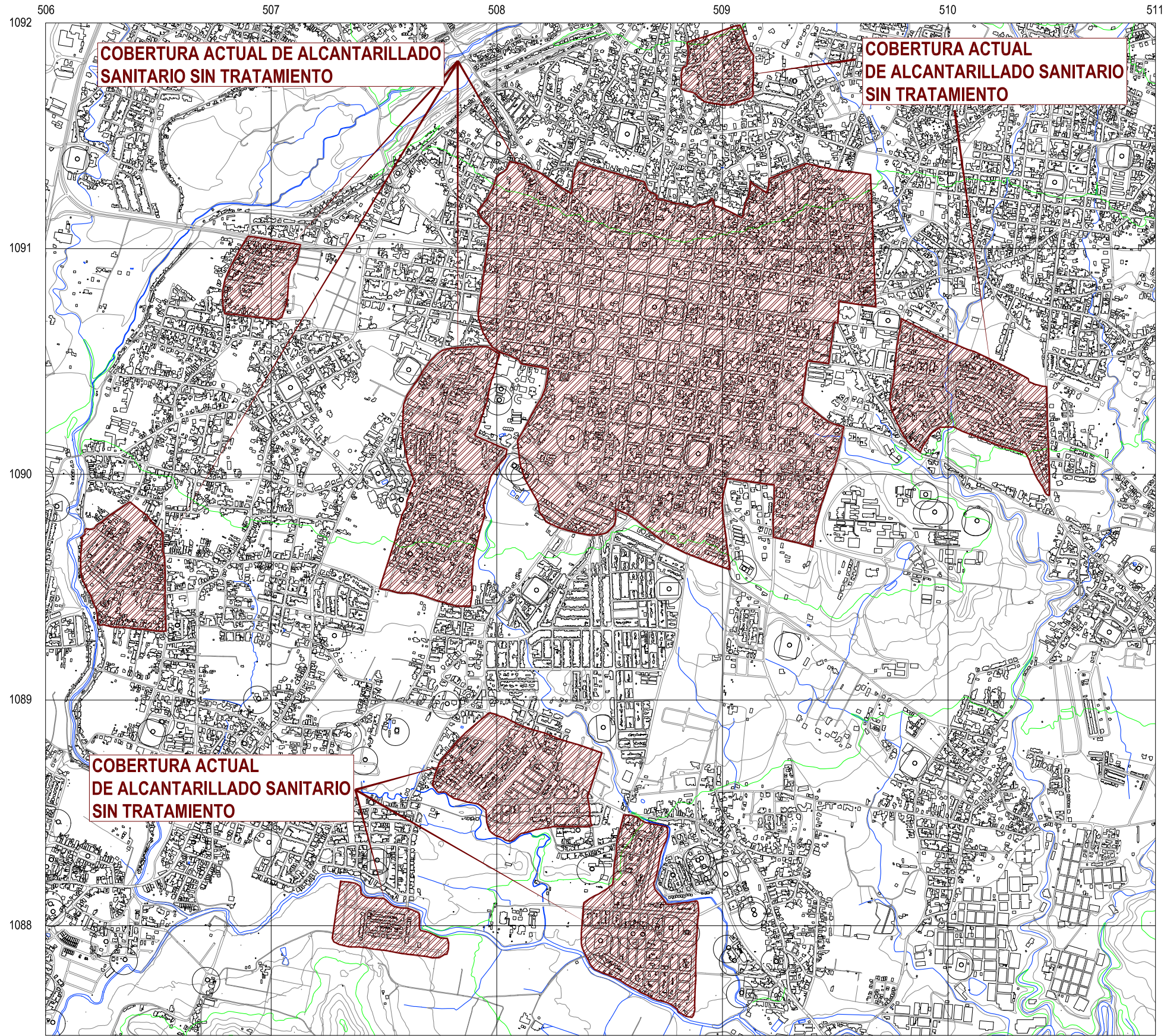
En resumen, los tanques sépticos son los sistemas de manejo de aguas negras más utilizados en la zona, pero no existen facilidades para el manejo integrado y adecuado de sus desechos, luego de la limpieza de dichos tanques, en forma sanitaria y ambientalmente amigable y económicamente viable.

Tal y como se ha indicado, la empresa privada y a nivel de PIME (Pequeña Industria), ha asumido la responsabilidad de la limpieza de los tanques sépticos pero no cuentan con facilidades de tratamiento final para los lodos de limpieza. El Ministerio de Salud, El AyA y las Municipalidades, hasta la fecha, no han regulado esta actividad que evite la contaminación del recurso hídrico, impidiendo que los camiones de limpieza viertan sus desechos sin tratamiento a los ríos y quebradas de la zona.



SIMBOLOGÍA			
	CARRETERAS Y CAMINOS		PUENTE
	CASAS y EDIFICIOS		COBERTURA ACTUAL DE ALCANTARILLADO SANITARIO SIN TRATAMIENTO
	CURVAS DE NIVEL		SITIO PROPUESTO PARA PLANTA DE TRATAMIENTO
	RÍOS y QUEBRADAS		

ALCANTARILLADO SANITARIO EXISTENTE y SITIOS PROPUESTOS PARA TRATAMIENTO
ESCALA 1:20.000



En Cartago existen, bajo el suelo orgánico, capas de arcillas color gris de baja permeabilidad, que generalmente coinciden con depresiones topográficas, además, como el nivel freático se encuentra muy superficial (alrededor de 1 m de profundidad), se dificulta el funcionamiento eficaz de los tanques sépticos.

2.2 CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA POR USO DE TANQUES SÉPTICOS Y VERTIDO DE AGUAS NEGRAS SIN TRATAMIENTO

El denominado Valle del Guarco incluye importantes centros poblacionales, además de la ciudad de Cartago, comprende las ciudades de San Rafael de Oreamuno, Tejar y San Isidro de El Guarco, así como Paraíso. Esta zona está comprendida dentro de la cuenca alta del río Reventazón. Los afluentes principales del río Reventazón en este sector son los ríos Agua Caliente, Pucare, Pérez, y Chirí por el norte y el río Navarro por el oeste, que forma parte de la subcuenca del río Agua Caliente.

La geología que comprende el Valle Del Guarco es variada, hacia la parte norte existe una marcada influencia del vulcanismo Pliocénico y Reciente asociado al volcán Irazú, al este predominan rocas volcánicas del Plioceno pertenecientes al Grupo Aguacate y la parte sur comprende litologías sedimentarias marinas del Mioceno de la Cuenca Candelaria.

Con respecto a la hidrogeología del área, Gomez (2009) elaboró un estudio hidrogeológico preliminar para el Valle del Guarco y definió con base en las unidades geológicas y la información de pozos y manantiales más importantes, los acuíferos presentes en el valle.

Gómez (2009) indica que a partir de los perfiles hidrogeológicos y la ubicación de los manantiales, se distinguen al menos tres acuíferos en la cuenca alta del río Reventazón: acuífero volcánico superficial en rocas de la Formación Reventado; acuífero poroso en los depósitos no consolidados y acuífero fisural en rocas sedimentarias y volcánicas, dentro de las cuales existe además una zona con influencia termal, dada la cercanía al intrusivo de Talamanca y la presencia de la Falla Aguacaliente. Los principales acuíferos de la zona se definen como Volcánico Superficial, acuífero Poroso y el Acuífero Fisural, cuya descripción detallada se muestra en el Anexo 3 de este Informe.

3 CONCEPTUALIZACIÓN DEL PROYECTO DE SANEAMIENTO

3.1 ÁREA EN ESTUDIO

En términos generales, el estudio genera tres áreas de interés:

- El área político-administrativa, generada a partir de la división territorial en distritos, cantones, provincias, áreas de influencia del gobierno local, zonas administrativas de acción ejecutiva, etc. Esta área es de mayor tamaño y su análisis se muestra en la Sección A-1.1.

- El área de cobertura del servicio de acueducto, obtenida a raíz del área actual de abastecimiento de agua y el crecimiento potencial del área de cobertura actual, considerando crecimiento demográfico, industrial, turístico, etc. Esta área es igual o menor tamaño que la anterior. Esta área fue establecida en la Sección A-1.2.
- El área de cobertura del proyecto de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales: Esta área es igual o menor a las anteriores ya que corresponde solamente al centro urbano según lo establecen los Términos de Referencia del Proyecto.

Como en todas las ciudades del país, el crecimiento de la población en los últimos lustros, ha sido hacia la periferia, mientras que el sector central ha tenido un rápido crecimiento comercial y de servicios.

Cartago ha basado su desarrollo partiendo de una retícula central, que en la actualidad funciona como el centro de servicios de la ciudad, y se ha desarrollado a su alrededor, principalmente al Sur y al Este. Esto debido a que los dos polos de desarrollo urbano son: el Instituto Tecnológico de Costa Rica y la Zona Franca Industrial al Oeste, sobre la Carretera Interamericana Sur. En el centro de estos dos importantes sectores urbanos, se ha expandido la zona residencial y ha unido prácticamente el centro de Cartago con Tejar de El Guarco, Aguacaliente y Guadalupe. También se puede mencionar un crecimiento urbano al Este de la ciudad, sobre el eje vial Cartago - Paraíso, con áreas residenciales y un área industrial estancada.

Al Oeste de la ciudad, sobre el eje de la carretera Interamericana, y desde Ochomogo hasta San Isidro de El Guarco, el uso predominante del suelo es el industrial, con algunas pequeñas áreas de uso comercial y un moderado crecimiento urbano.

Las tendencias de crecimiento están dadas por un lado, para consolidar el centro urbano principal como núcleo de servicios institucionales y privados, sobre la base de la densificación y el desplazamiento de la vivienda en ese sector. La segunda tendencia de crecimiento está orientada para el sector vivienda y consolida la Zona Sur de la ciudad como área residencial con pequeños núcleos de servicios en los centros de población de Guadalupe, Tejar y Aguacaliente. La tercera tendencia es consolidar el eje industrial Ochomogo - San Isidro de El Guarco.

Debido a que todo sistema de alcantarillado sanitario se conceptualiza por cuencas hidrográficas, y tomando en consideración que la zona oeste de Cartago incluye tanto zonas residenciales como zonas industriales, y que su evacuación hacia la planta de tratamiento ubicada al Sur de la ciudad, requiere de un colector final cuyo alineamiento estaría orientado sobre las márgenes del río Agua Caliente, ello obliga a incluir dentro del análisis de proyecto (saneamiento y alcantarillado) los distritos El Guarco y zona Industrial. De acuerdo con lo explicado anteriormente, su localización geográfica y topografía, forman parte de la misma cuenca, y la tendencia de crecimiento y densificación de estos no permite analizar Cartago sin incluirlos.

Toda la ciudad se caracteriza por una topografía regular, con pendientes suaves.

El área de estudio para alcantarillado sanitario, se ha delimitado considerando al menos los siguientes criterios:

- Problemática del uso de tanques sépticos especialmente problemática del sistema de drenajes (lotes pequeños, tipo de suelo, etc)
- Mayor densidad de población con uso de tanques sépticos u otros manejos clandestinos del agua residual (vertidos de aguas a ríos y quebradas, vertidos al sistema pluvial, etc).
- Problemática general del vertido de aguas jabonosas y negras al sistema pluvial, parcialmente tratadas (efluentes de tanques sépticos o de plantas de tratamiento con o sin mantenimiento)
- Hidrografía a fin que permita el drenaje por gravedad de los sistemas
- Ubicación de la posible planta de tratamiento
- Cobertura del sistema de abastecimiento de agua potable.
- Debido al uso intensivo del alcantarillado pluvial para el vertido de las aguas jabonosas y en ocasiones el efluente del tanque séptico, otro criterio utilizado en la definición del área de estudio del proyecto de saneamiento, ha sido la identificación de zonas de inundación por deficiente capacidad del alcantarillado pluvial, provocando la contaminación de toda la zona al desbordarse los conductos que llevan las aguas negras.
- Áreas de expansión futura y planes reguladores de uso del suelo y desarrollo urbano e industrial. Este último ha sido de gran relevancia en virtud de la implantación de la zona industrial de Cartago (oeste de la ciudad).

Dentro del área de estudio existe una cobertura de casi la totalidad de los usuarios en cuanto al servicio de agua potable.

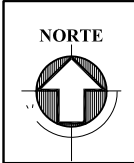
Para la definición del área de proyecto del sistema de alcantarillado sanitario de la ciudad se consideró el área de ocupación actual y el área de posible expansión urbana futura, a lo largo de los ejes de desarrollo ya indicados, pero cubriendo las zonas urbanas incluidas dentro de las cuencas de drenaje, independientemente que pertenezcan o no la ciudad de Cartago.

Basados en los aspectos indicados, el área de estudio del proyecto de alcantarillado sanitario fue demarcada y se muestra en la Figura 3.1.

3.2 PERIODO DE ALCANCE DEL PROYECTO Y POBLACIÓN BENEFICIADA

El proyecto ha sido evaluado para atender las necesidades de la población hasta el año 2030. El estudio detallado del crecimiento de la población, se muestra en la Sección A-2, la proyección completa de población fue hecha para todas las ciudades que componen el presente estudio.

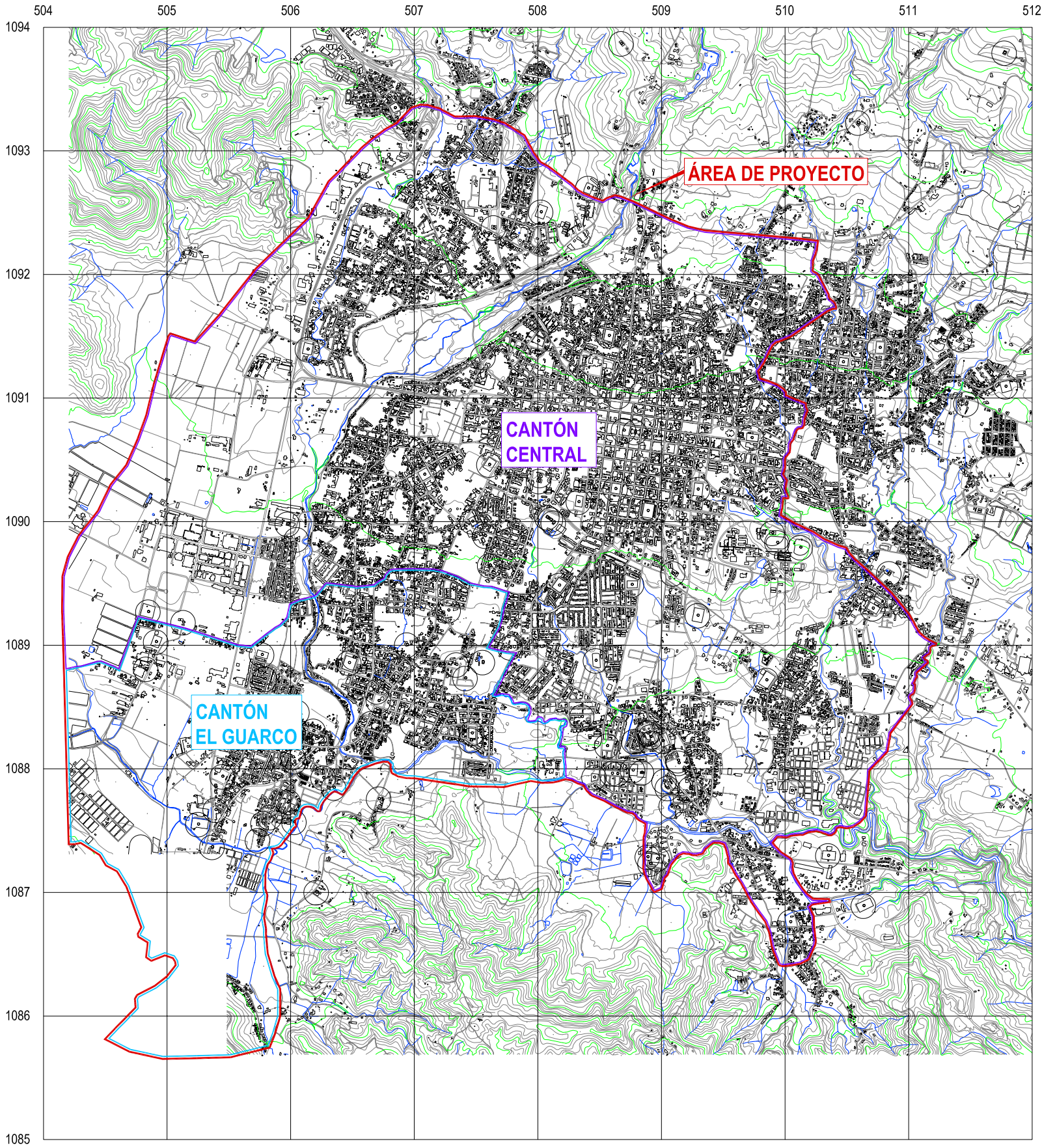
La proyección de la población, cubre en detalle el período 2010 - 2030. La metodología del cálculo de las proyecciones de población y de demanda de agua, se presenta en el Anexo 1: Estudios Demográficos, así como el método de la proyección seleccionada. La Sección A-2, del informe describe los supuestos de la proyección y presenta los principales resultados finales obtenidos.



SIMBOLOGÍA			
	CARRETERAS Y CAMINOS		ÁREA DE PROYECTO
	CASAS y EDIFICIOS		CANTÓN CENTRAL
	CURVAS DE NIVEL		CANTÓN DE EL GUARCO
	RÍOS y QUEBRADAS		
	PUENTE		

ÁREA DE ALCANTARILLADO y
DIVISIÓN POLÍTICA-ADMINISTRATIVA

ESCALA 1:40,000



PROYECTO :

Programa de Agua Potable y Saneamiento
para el Nivel Subnacional

CARTAGO



CONTENIDO:

ÁREA DE ALCANTARILLADO y
DIVISIÓN POLÍTICA-ADMINISTRATIVA

ESCALA:
1:40.000

ARCHIVO:
CARTAGO FIGURA.DWG

FECHA:
ABRIL 2010

FIGURA:

3.1

Con base en la información de la población proyectada del sistema de abastecimiento de agua, y considerando la superposición de las tres áreas características ya citadas, y suponiendo una distribución uniforme de la población por cada sector censal proyectado, se obtuvieron los resultados de la población actual y crecimiento futuro, mostrado en el siguiente Cuadro 3.2.1.

Para los fines del presente análisis, se ha evaluado también la proyección de población de los distritos de San Isidro y Tejar de El Guarco, tal como se indica en este Cuadro 3.2.1.

Cuadro 3.2.1: Proyección de la población para el área de saneamiento.

DESCRIPCION	2010	2015	2020	2025	2030
CARTAGO					
Población de Saneamiento (hab)	111.579	121.131	130.910	141.004	151.421
Población de Alcantarillado (hab)	89.125	96.652	104.433	112.462	120.747
GUARCO-TEJAR-SAN ISIDRO					
Población de Saneamiento (hab)	33.323	35.629	37.975	40.355	42.766
Población de Alcantarillado (hab)	28.324	30.284	32.279	34.302	36.351
TOTAL PROYECTO					
Población de Saneamiento (hab)	145.043	156.783	168.882	181.328	194.124
Población de Alcantarillado (hab)	117.450	126.937	136.711	146.764	157.098

Fuente: Elaboración propia

3.3 CAUDALES DE AGUAS RESIDUALES

3.3.1 Análisis del consumo de agua potable

Previo a la estimación de la producción de aguas residuales dentro del área de cobertura del proyecto de saneamiento, es necesario considerar los resultados del análisis de demandas y consumos de agua potable en el área en estudio, detallados en la Sección A-3, en virtud de que la primera es consecuencia de la segunda, es decir, que el agua residual nace por el uso del agua dentro de los centros de consumo (viviendas, comercios, industrias, etc).

En Costa Rica, se han establecido cinco categorías de consumo. Estas han sido adoptadas por la mayoría de las entidades encargadas de la administración de los servicios de abastecimiento de agua, no sólo para el control del servicio, sino, también para la formulación del sistema tarifario correspondiente.

Considerando las proyecciones de población y los factores de demanda, consumo y crecimiento de la cobertura de los servicios, los resultados obtenidos de los estudios sobre demandas y

consumos, para el área a servir por el alcantarillado sanitario, se resumen en el siguiente Cuadro 3.3.1. Para los distritos de San Isidro y Tejar, se ha evaluado de forma preliminar el consumo de agua, según parámetros con otros sistemas afines, tales como los de Paraíso y Oreamuno. De igual forma, para la proyección del consumo industrial y sus descargas de aguas servidas, no conectada a los sistemas de agua potable de Cartago o de Tejar.

Cuadro 3.3.1: Consumos de agua potable dentro del Área de Saneamiento

DESCRIPCION	2010	2015	2020	2025	2030
CARTAGO					
Población de Saneamiento (hab)	111.579	121.131	130.910	141.004	151.421
Población de Alcantarillado (hab)	89.125	96.652	104.433	112.462	120.747
Dotación global (lppd)	427	407	395	379	379
Dotación sin pérdidas (lppd)	274	274	273	273	273
Caudal agua potable Área Saneamiento (l/seg)	441	456	478	493	529
Caudal agua potable Área Alcantarillado(l/seg)	283	306	330	356	382
GUARCO-TEJAR-SAN ISIDRO					
Población de Saneamiento (hab)	33.323	35.629	37.975	40.355	42.766
Población de Alcantarillado (hab)	28.324	30.284	32.279	34.302	36.351
Dotación global (lppd)	411	426	398	380	379
Dotación sin pérdidas (lppd)	235	286	275	274	273
Caudal agua potable Área Saneamiento (l/seg)	90	117	120	127	135
Caudal agua potable Área Alcantarillado(l/seg)	76	100	102	108	114
ZONA INDUSTRIAL NO CONSIDERADA DENTRO DEL SISTEMA DE AGUA CARTAGO					
Caudal agua potable Área Saneamiento (l/seg)	40	53	65	78	92
TOTAL PROYECTO					
Población de Saneamiento (hab)	145.043	156.783	168.882	181.328	194.124
Población de Alcantarillado (hab)	117.450	126.937	136.711	146.764	157.098
Caudal agua potable Área Saneamiento (l/seg)	572	626	664	699	756
Caudal agua potable Área Alcantarillado(l/seg)	400	459	498	542	589

Fuente: Elaboración propia

Es importante reiterar que el área de saneamiento y alcantarillado incluye la población de: Cartago, El Tejar, San Isidro y la zona industrial de Cartago.

3.3.2 Producción de Aguas Negras

El concepto de Producción Per Capita de Aguas Negras será utilizado, como base para el cálculo de la cantidad total de aguas negras producidas en el área de proyecto. Se considera que una parte porcentual del volumen de agua potable, que ingresa a los servicios desde el sistema de abastecimiento ingresará al sistema de recolección y tratamiento en la forma de desecho líquido. La conversión del volumen de agua potable consumido por la población a volumen de aguas negras producidas por ella misma, se obtiene a partir de la aplicación de un coeficiente de retorno, o valor porcentual de conversión al sistema. Para fines del presente caso se ha utilizado un factor de 0.8.

Al igual que se ha explicado en secciones anteriores, el Área de Saneamiento incluye dos áreas de estudio y desarrollo, el área cubierta por alcantarillado sanitario y el área que continuará con tanques séptico y drenajes. El cálculo del volumen de limpieza de los tanques sépticos, se ha fundamentado en los siguientes criterios:

- Todas las familias cuenta con al menos un tanque séptico (TS) convencional con un volumen mínimo de 1.50 veces el caudal promedio diario de aguas negras (según lo establece el CFIA y el Ministerio de Salud)
- Todos los TS deben ser vaciados una vez al año, en al menos el 75% de su volumen total, dejando en el tanque séptico, al menos un volumen mínimo de lodos activos que permitan la continuidad.
- Cada familia básica en vivienda unifamiliar está constituida por 4 personas

Basados en las estimaciones actuales y futuras de los consumos de agua, y tomando en cuenta los factores de retorno definidos para el proyecto y mostrados en el Anexo 2: Criterios de Diseño, se obtuvieron los caudales de aguas residuales producidos por el área de saneamiento en estudio, que se resumen en el siguiente Cuadro 3.3, incluyendo los volúmenes de limpieza de tanques sépticos que deben ser tratados en la nueva planta de tratamiento, para aquella población que no va a ser beneficiada con el sistema de alcantarillado sanitario.

Cuadro 3.3: Caudales de aguas residuales en el Área de Saneamiento

DESCRIPCION	2010	2015	2020	2025	2030
CARTAGO					
Población de Saneamiento (hab)	111.720	121.155	130.908	140.972	151.358
Población de Alcantarillado (hab)	89.125	96.652	104.433	112.462	120.747
Caudal aguas residuales Área Saneamiento (l/seg)	352	364	382	394	423
Caudal aguas residuales Área Alcantarillado (l/seg)	226	244	264	284	305
Caudal Limpieza de Tanques Sépticos (m3/d)	15	16	17	19	20
GUARCO-TEJAR-SAN ISIDRO					
Población de Saneamiento (hab)	33.323	35.629	37.975	40.355	42.766
Población de Alcantarillado (hab)	28.324	30.284	32.279	34.302	36.351
Caudal aguas residuales Área Saneamiento (l/seg)	72	94	96	102	108
Caudal aguas residuales Área Alcantarillado (l/seg)	61	80	82	87	91
Caudal Limpieza de Tanques Sépticos (m3/d)	2	3	3	4	4
ZONA INDUSTRIAL					
Caudal aguas residuales Área Saneamiento (l/seg)	32	42	52	62	73
Caudal aguas residuales Area Alcantarillado (l/seg)	32	42	52	62	73
TOTAL PROYECTO					
Población de Saneamiento (hab)	145.043	156.783	168.882	181.328	194.124
Población de Alcantarillado (hab)	117.450	126.937	136.711	146.764	157.098
Caudal aguas residuales Área Saneamiento (l/seg)	457	501	531	559	605
Caudal aguas residuales Área Alcantarillado (l/seg)	320	367	399	433	471
Caudal Limpieza de Tanques Sépticos (m3/d)	18	20	21	23	24

Fuente: Elaboración propia

4 LEGISLACIÓN APLICABLE AL PROYECTO

Con respecto a la legislación relacionada con la conceptualización, diseño, construcción y operación del proyecto, en el Anexo 2 se detallan las normas y leyes más relevantes.

5 CONCEPTUALIZACION DEL PROYECTO

El sistema fue concebido acorde con los parámetros y criterios de proyecto definidos en el Anexo 2: Criterios de Diseño

El objetivo del proyecto de saneamiento es el de atender al mayor porcentaje de población, pues una solución de saneamiento tiene que abarcar toda el área, pues la población puede sufrir riesgos de salud cuando la cobertura del sistema es reducida.

El sistema de recolección de aguas negras propuesto es de tipo convencional, separativo, donde los efluentes se transportan hasta una planta de tratamiento. El sistema de tratamiento busca alcanzar los índices de reducción de carga orgánica, coliformes y nutrientes definidos en la legislación vigente y en los usos del agua del cuerpo receptor, aguas abajo del punto de descarga.

El sistema propuesto, que será evaluado en la próxima fase del estudio, estará conformado por colectores principales proyectados por las cercanías de las quebradas y con diversas estaciones de bombeo para el trasvase de las cuencas. Por este motivo, en el presente estudio se procurará seguir las pendientes de las cuencas hasta el límite de ocupación de las mismas, y conducir sus desechos hasta un colector principal, hacia donde todas las aguas negras son conducidas a la futura planta de tratamiento.

Otro aspecto de importancia, es con relación al sistema de tratamiento para el cual se han propuesto nuevos conceptos y tecnologías, tomando en consideración los cambios en la legislación de aguas servidas ocurridos en los últimos años en el país.

Tomando en consideración de la característica de ocupación de la ciudad, con grandes áreas de expansión se propone la construcción del sistema en etapas:

- Etapa I: en una primera etapa, se procurará la conexión del cuadrante central y la conexión de todos los sistemas de alcantarillados que actualmente están operando pero sin tratamiento y para las zonas urbanas que podrían beneficiarse con el paso de los colectores a construir. Su conducción final hasta la planta de tratamiento que sería ubicada al sur o al sur este del Área en Estudio, según se muestra en los planos del Anexo 8 – Planos de Obras a Nivel de Plan Maestro. Esto permitirá dar freno a la situación de contaminación de aguas a ríos y sistemas pluviales. Esta etapa incluirá la construcción de la planta de tratamiento con la previsión espacial de crecimiento para el futuro,

incluyendo el tratamiento de las aguas cubiertas por el sistema de alcantarillado y para el resto del área con tanques sépticos

- Etapa II: incluirá la ampliación de la red de alcantarillado sanitario hacia las zonas de El Guarco, San Isidro y la zona oeste de la ciudad de Cartago, incluyendo si fuera necesario la Zona Industrial Oeste de Cartago.
- Etapa III: la inclusión de zonas ubicadas en la margen derecha del río Agua Caliente y algunas zonas periféricas del Este de la ciudad, consideradas en función de un análisis económico adecuado y la factibilidad técnica de su ejecución. Además de esto debe ser prevista la ejecución de obras en la planta de tratamiento, para el caudal de las cuencas de las áreas de expansión que serán conducidas hacia ella, así como también el cambio de tuberías existentes para atender de este aumento de caudal afluente.

De igual forma, para los sistemas de bombeo de aguas negras, sin son requeridos, serán propuestos en la siguiente fase del estudio, estarán constituidos básicamente por tres unidades principales: Cámara de tratamiento preliminar, estación de bombeo y línea de impulsión. Además, los sistemas de bombeo serán del tipo sumergible.

Para el sistema de tratamiento se proponen sistemas de bajo costo de mantenimiento, operación y control operativo y que en los últimos años han tomado auge a raíz del crecimiento de los sistemas de tratamiento en las industrias del país.

Para el dimensionamiento de las plantas de tratamiento, entre las opciones existentes y de mayor uso en el país, especialmente en el sector industrial, se seleccionó en principio las que tienen potencial para atender el grado de tratamiento definido en el Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales (Decreto N° 26042-S-MINAE), o sea:

- $DBO_5 < 50,0 \text{ mg / l}$
- $SST < 50,0 \text{ mg / l}$

La tecnología actual de tratamiento dispone de varios procesos capaces de atender los niveles de eficiencia exigidos, en el espacio o terreno disponible para el desarrollo del sistema de tratamiento.

De lo expuesto se concentró la atención en las lagunas aireadas, y los lodos activados de aireación extendida, alternativas que serán analizadas desde el punto de vista técnico-económico, en la etapa siguiente del estudio, a fin de seleccionar la que se propondrá como solución. Es importante destacar que si por razones de espacio no es posible la implementación de un sistema de tratamiento de los indicados, se llevará a cabo un análisis técnico-económico para otras opciones de tratamiento, tales como:

- Lodos Activados modalidad Convencional,
- Reactores Anaeróbicos seguidos de Lodos Activados de Aireación Extendida,
- Tratamiento Físico-Químico Preliminar seguido de lodos activados de aireación extendida

En cualquier opción de tratamiento que se analice, siempre se proyectarán sistemas de tratamiento preliminar en la entrada de la planta compuesto por rejillas y un canal Parshall para medición de caudal, el tratamiento final de lodos y la desinfección del agua mediante sistemas de Ultra Violeta.

Es importante destacar que el diseño final del sistema de tratamiento debe contemplar no solo el proceso de las aguas residuales del área en estudio, sino que además contemplará la capacidad y componentes de tratamiento requeridos para atender el tratamiento de lodos de limpieza de tanques sépticos, para una población equivalente dentro del área de estudio del sistema de acueducto municipal. Además, la conceptualización final del proyecto es también consecuente con las propuestas planteadas por estudios recientes contratados por la Municipalidad.

6 CARACTERIZACIÓN DE LOS CUERPOS RECEPTORES

6.1 ESTUDIOS HIDROLÓGICOS

Se realizaron estudios hidrológicos para valorar si el cuerpo receptor identificado para el vertido de las aguas negras tratadas es de flujo permanente, mediante la estimación de los caudales mínimos estimados para una probabilidad de ocurrencia del 50%, y la valoración del caudal máximo de crecidas máximo para efectos de ubicación de los puentes-canal y las zonas de inundación de los sitios de bombeo, colectores por riberas o laderas de los ríos y de la planta de tratamiento.

En el siguiente cuadro se muestran los resultados obtenidos, que demuestran que el caudal es de flujo continuo al contar con un caudal base igual o superior al caudal de diseño final de la planta de tratamiento.

Cuadro 6.1: Caudales máximos y mínimos del cuerpo receptor recomendado

CAUDAL AGUAS NEGRAS (l/seg)	RIO RECEPTOR	AREA CUENCA (km2)	ELEVACION (msnm)	CAUDALES DEL RIO	
				MINIMO (l/s)	MAXIMO (m3/s)
417,50	Río Aguacaliente	132,95	1320	1166	405

Fuente: Elaboración propia, ver Anexo 3

En el Anexo 3 se muestra el detalle de los estudios hidrológicos.

6.2 ESTUDIOS DE CALIDAD DE AGUA

Se tomaron muestras compuesta del agua del cuerpo receptor, en el punto indicado en la Figura 3.1 y Lámina S-01 del Anexo 8, propuesta para el vertido de las aguas residuales tratadas, y los resultados se adjunta en el Anexo 11.

7 PREDIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA

7.1 REDES DE ALCANTARILLADO SANITARIO

7.1.1 Consideraciones generales

El sistema de recolección de aguas negras propuesto, para las áreas no cubiertas actualmente es de tipo convencional, separativo, donde los efluentes se transportan hasta una planta de tratamiento o estación de bombeo.

El sistema de tratamiento propuesto y su ubicación buscan alcanzar los índices de reducción de carga orgánica, coliformes y nutrientes definidos en la legislación.

El área del proyecto fue fraccionada en varias cuencas principales. El trazado de los colectores y redes secundarias, así como las principales unidades del sistema, se muestran en las siguientes secciones de este informe.

Las aguas de desecho drenan por gravedad a través de casi toda el área, debido a las condiciones topográficas de la zona.

En el estudio consideró la implantación de redes de alcantarillado sanitario en toda el área identificada en secciones anteriores (en el cuadrante central y algunos barrios y urbanizaciones periféricos), donde se ubica la mayor densidad de población del área en estudio.

La red de alcantarillado sanitario fue dividida en diferentes componentes, según se detalla a continuación:

- Tramos iniciales: caracterizados por pozos de 0,80 m de diámetro interno o terminales de limpieza convencional, y tuberías de PVC SDR 41 de 150 mm de diámetro y profundidad mínima de 1,20 y máxima de 2,00 m.
- Redes Secundarias, con una cobertura inicial en toda cuenca y sub-cuenca, con longitudes de tramos máximas de 500 m y diámetros de 150 mm en PCV SDR 41 o ASTM 3034.
- Redes Primarias, que recolectan tanto las redes secundarias, como nuevos vertidos en su recorrido y generalmente conforman los inicios de los colectores y emisarios finales a la planta de tratamiento. Estas redes generalmente están conformadas por diámetros de 200 a 250 mm en PCV SDR 41 o ASTM 3034.
- Colectores finales, son las conducciones finales desde la red de alcantarillado hasta la planta de tratamiento. Estas conducciones son en tuberías PVC SDR 41 o ASTM 3034 de 200 a 350 mm de diámetro y mayores, según la población servida y las condiciones geomorfológicas de los alineamientos y sitios utilizados para su instalación.

- Emisarios de aguas tratadas, comprende las conducciones en SDR 41 o ASTM 3034 de 200 a 350 mm de diámetro y mayores, según la población servida y las condiciones geomorfológicas de los alineamientos y sitios utilizados para su instalación

Para los sistemas de tratamiento se efectuó un análisis económico de las propuestas ya identificadas, principalmente al considerar las diferencias tecnológicas entre cada opción de tratamiento evaluada, los costos de inversión, operación y mantenimiento.

7.1.2 Cuencas y redes de alcantarillado

El sistema de recolección está conformado por varias 6 cuencas principales de drenaje, 5 a 6 estaciones de bombeo y algunas sub-cuencas menores.

Los colectores principales propuestos son:

- Norte-Este: que cubre las zonas norte y este de la ciudad.
- Colector Central, que cubre el sistema actual de red de alcantarillado sanitario de la ciudad.
- El colector Oeste, que cubre la zona de El Guarco, parte de la zona industrial oeste y parte del sur-oeste de la ciudad.
- El colector sur Oeste, que cubre la zona industrial sur y la zona de San Isidro
- El colector Agua Caliente, que recolecta los colectores Oeste, Sur Oeste y sur de la ciudad.

Todos los colectores descargan sus aguas a la planta de tratamiento propuesta.

La red propuesta en aquellas áreas que actualmente no cuentan con red de alcantarillado, estará orientada según el drenaje natural y geomorfología de la ciudad, conformada por diferentes sub-cuencas que impiden un drenaje completo uniforme por gravedad.

El área total de las cuencas de drenaje miden 352,6 Ha, y la red que la cubre presenta la siguiente distribución y características.

Cuadro 7.1: Características de la red de alcantarillado propuesta.

Pozos	Pozos Metros basicos	Pozos Metros adicionales	Longitud Tuberías (m)					
			Tramos Iniciales (150mm)	Redes de Alcantarillado		Colectores y Emisarios		Total
				150 mm	200 mm	200 mm	250-350 mm	
4.206,2	4.206,2	5.678,4	33.743,0	56.793,8	85.190,8	7.018,5	10.527,8	541.388

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 3.1 se muestran el área de cobertura, mientras que en la Lámina S-01 del Anexo 8 se muestran las cuencas y sub-cuencas de drenaje, en conjunto con la ubicación de la planta de

tratamiento y la orientación y configuración de la red de alcantarillado sanitario propuesto y colectores del alcantarillado sanitario de la ciudad.

Es importante destacar que la propuesta de colectores, así como las zonas de ampliación de la red y propuesta de sitio de tratamiento, de este informe, es consistente con los estudios que han contratado la Municipalidad de Cartago, denominados Investigación de Redes de Alcantarillado Sanitario de Cartago, contratado por la Municipalidad de Cartago a la Empresa Soluciones Integrales del Ambiente.

7.2 ESTACIONES DE BOMBEO

Debido a las condiciones topográficas de algunas zonas de la ciudad del Area del Proyecto, se requiere la implementación de al menos 5 estaciones de bombeo. Cada uno de estos sistemas de bombeo de aguas negras, recomendados, están constituidos básicamente por tres o más unidades principales: cámara de tratamiento preliminar, estación de bombeo y línea de impulsión.

- a) La cámara de tratamiento comprende un sistema de separación de sólidos y otros materiales flotantes, por medio de rejillas y un desarenador, para separar las partículas precipitables. Los elementos que componen esta unidad son los siguientes:
 - Estructura de concreto: será del tipo enterrada y estará provista de una tapa de acceso y una escalera. La geometría de esta estructura será similar a la de los pozos de registro del sistema de colectores.
 - Sistema de entrada: estará provisto de rejillas para la separación de sólidos y otros materiales flotantes.
 - Cámara de desarenación: tendrá capacidad para separar las partículas de mayor magnitud, cuyo arrastre puede ocasionar problemas operativos en el resto de las unidades del sistema de bombeo.
- b) La estación de bombeo considera el uso de un cárcamo de bombeo y un sistema electromecánico, que permite la evacuación de los desechos líquidos efluentes de la cámara de pretratamiento. Los elementos principales de esta unidad son los siguientes:
 - Sistema de entrada: estará compuesto por un accesorio “y” y una tubería de acceso que permitirá la disipación de energía en el flujo. La altura de descarga de la tubería, que ingresa al pozo de bombeo, deberá ser de 10 centímetros sobre el nivel mínimo de succión requerido por el equipo de bombeo seleccionado. Esto se recomienda con el propósito de evitar fluctuaciones bruscas, en la superficie libre del líquido por bombear.
 - Pozo de bombeo: consistirá en una estructura de concreto enterrada con capacidad para almacenar el volumen de desechos. Incluye la tapa y escalera de acceso.
 - Equipo de bombeo: contará con al menos dos unidades motor-bomba sumergible, con capacidad para bombear el caudal determinado para la primera etapa operativa. Una de estas

unidades se considera equipo de reserva, de tal modo que cada una de ellas tenga la capacidad total requerida.

- Sistema de levante de equipos: consiste en una columna guía de acero y un acople automático que permitirá la colocación o desmontaje de los equipos de bombeo, desde el nivel exterior de la estructura de la estación.
- Tubería de rebalse: se proporcionará para situaciones de emergencia en las que, por razones operativas, el nivel de los desechos líquidos aumenta excesivamente en el pozo de bombeo.
- Control de niveles: comprenderá todos los elementos electromecánicos necesarios para la automatización del funcionamiento de las estaciones consideradas. El nivel mínimo corresponde a la altura mínima de succión requerida por los equipos. El nivel máximo concuerda con el volumen de bombeo por utilizar.
- Sistema de ventilación: estará constituido por una tubería prevista para la evacuación de los gases producidos por la descomposición de la materia orgánica trasegada.
- Protección eléctrica: se dispondrá de los elementos necesarios para la protección de las unidades de bombeo contra el alto nivel del flujo almacenado, cambio de voltaje, aumento de presión y altas temperaturas.
- Instalación eléctrica: comprenderá todos los elementos eléctricos, (cables, tablero de control, poste de concreto, transformadores y extensión de líneas de alimentación), que se requieren para el adecuado funcionamiento del resto de los componentes ya descritos.

c) El sistema de impulsión estará constituido por los siguientes elementos:

- Caja de válvulas: estará provista de una válvula de retención destinada a evitar la inversión del flujo, una válvula de compuerta para las actividades de mantenimiento previstas en la línea y los niples, y accesorios (en hierro dúctil) requeridos para su interconexión.
- Tubería de impulsión: se considera el uso de tubería de PVC SDR 26, como recomendación preliminar. Incluye los accesorios, mecanismos operativos y bloques de anclaje requeridos.

En la Lámina S-01 se muestra la ubicación de las estaciones de bombeo y sus cuencas de drenaje y en la Lámina 03 se muestra el detalle de las estaciones de bombeo se muestran en la Lámina S-03.

Las principales características del sistema de bombeo se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 7.2: Características de las estaciones de bombeo.

Ciudad	Caudales de Bombeo (m3/hora)			Impulsión		Potencia (HP)		
	Mínimo	Promedio	Máximo	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Equipos	Unitaria	Instalada final
Cartago	1.060,33	2.120,65	3.180,98					
EB-1	47,03	94,06	141,09	950,00	150,00	5,00	20,00	100,00
EB-2	3,12	6,25	9,37	374,00	50,00	3,00	1,00	3,00
EB-3	4,43	8,86	13,30	125,00	38,00	3,00	5,00	15,00
EB-4	1,97	3,93	5,90	290,00	38,00	2,00	2,00	4,00
EB-5	0,93	1,87	2,80	372,00	38,00	2,00	1,00	2,00

Fuente: Elaboración propia

Ciudad	Estación de bombeo						
	Longitud (m)	Ancho (m)	Prof. Útil (m)	Prof. Total (m)	Vol. cisterna (m3)	Caudal Bombeo (m3/minuto)	Tiempo Vaciado (minutos)
Cartago							
EB-1	7,10	6,00	3,00	4,30	127,8	130,00	14,75
EB-2	5,10	1,20	1,50	4,30	9,18	4,00	68,85
EB-3	5,10	1,20	1,50	4,30	9,18	4,00	68,85
EB-4	4,10	2,20	1,50	4,30	13,53	20,00	40,59
EB-5	4,10	3,00	1,50	4,30	18,45	50,00	22,14

Fuente: Elaboración propia

A parte de las estaciones de bombeo indicadas y identificadas en la Lámina S-1, se considera que existen una sexta estación de bombeo a la entrada de la planta de tratamiento, que tendría el aporte de los caudales de agua del Colector Central Este, alineado según la Quebrada Zopilote. Esta estación de bombeo podría ser sustituida también por una sistema de sifón invertido hacia la planta de tratamiento, la decisión final sobre este aspecto debe ser tomada durante la etapa de diseño.

7.3 SISTEMA DE TRATAMIENTO

7.3.1 Consideraciones generales

Tal y como se ha indicado en la Sección 5, el sistema de tratamiento identificado, así como sus diferentes alternativas busca alcanzar los índices de reducción de carga orgánica, coliformes y nutrientes definidos en la legislación vigente y en los usos del agua del cuerpo receptor, aguas

abajo del punto de descarga, considerando si el cuerpo receptor es de flujo permanente o discontinuo orientando los resultados bajo el concepto de Caudales Mínimos.

Se han propuesto tres posibles soluciones de procesos unitarios de tratamiento, considerando la tecnología actual y los niveles de eficiencia exigidos, por lo que se concentró la atención en las lagunas de estabilización facultativas, las lagunas aireadas, y los lodos activados de aireación extendida, alternativas que fueron analizadas desde el punto de vista económico.

En cualquier opción de tratamiento, en la entrada de la planta existirá un tratamiento preliminar compuesto por rejillas y un canal Parshall para medición de caudal, el tratamiento final de lodos de la planta y lodos de limpieza de tanques sépticos y la desinfección del agua mediante sistemas de Ultra Violeta.

7.3.2 Análisis de alternativas

Es importante destacar que el diseño final del sistema de tratamiento contemplará no solo el proceso de las aguas residuales del área en estudio, sino que además contemplará la capacidad y componentes de tratamiento requeridos para atender el tratamiento de lodos de limpieza de tanques sépticos, para una población equivalente dentro del área de estudio del sistema de acueducto municipal y no cubierta por el proyecto de alcantarillado sanitario.

A continuación se presentan las principales características de las soluciones de tratamiento propuestas.

- Lagunas de Estabilización Facultativas

De los métodos de tratamiento de desechos domésticos utilizados en los países de clima tropical, las lagunas de estabilización son uno de los procesos más económicos y eficientes que existen actualmente, teniendo también la gran ventaja de ser el proceso más eficiente para la reducción de microorganismos patógenos además de su simplicidad y facilidad en la operación.

Las lagunas de estabilización se adecuan perfectamente al clima tropical donde los fenómenos naturales no controlables que interfieren en los mecanismos de autodependencia de las lagunas como insolación, evaporación, ventilación, precipitación pluviométrica y temperatura, no interfieren de manera negativa en el proceso.

Las condiciones operacionales y algunas razones relacionadas con la cinética de degradación de la materia orgánica tornan a veces deseable la utilización de arreglos en el sistema, con el objetivo de obtener un efluente de mejor calidad.

El principal problema de este tipo de unidades de tratamiento es la enorme área o propiedad requerida y con topografía plana o de muy baja pendiente.

- Lagunas Aireadas

El tipo de laguna aireada que se analiza es el de mezcla completa que funciona como un proceso incipiente de lodos activados con la facilidad de poder optar a la recirculación de lodos y completa con ello un cambio de esquema de tratamiento reduciendo con el tiempo las inversiones.

El suministro de oxígeno lo llevan a cabo aireadores flotantes o de superficie, con alto rendimiento y baja potencia.

Estas unidades contarán con lagunas de sedimentación para facilitar las labores constructivas y reducir los costos de inversión.

El elevado tiempo de retención hidráulico y celular, permiten obtener efluente de alta calidad físico-química y bacteriológica, con bajos costos operativos y de mantenimiento, con excepción del costo de la energía eléctrica.

El principal problema de este tipo de unidades es que requiere de suministro eléctrico en alta tensión y trifásico, para efectos de lograr

- Lodos Activados de Aireación Extendida

Esta alternativa tiene la ventaja de compatibilizar el empleo de un sistema de lagunas como reactores (con el objeto de economizar obra de hormigón), diseñando el mismo como un sistema de lodos activados en la modalidad de aireación extendida. En ese sentido se tendrían lagunas aireadas funcionando en o en serie o en paralelo, dependiendo de la topografía, utilizando para la remoción de los sólidos generados en el proceso, unidades de sedimentación secundaria, realizando el tratamiento posterior de los lodos generados mediante espesado, digestión aeróbica y sistema mecánico de deshidratación.

Con este sistema se logran dos de las principales ventajas inherentes a los sistemas extensivos e intensivos de tratamiento. Por un lado, se logra la economía de los sistemas extensivos de tratamiento al utilizar una estructura de material térreo para los reactores, mientras que en lo que refiere a los sistemas intensivos de tratamiento se logra economizar en lo que respecta al área necesaria de tratamiento debido al empleo de aireación mecánica.

Se prediseñaron los sistemas de tratamiento propuesto y se consideró una configuración final de cada sistema, lo que con los retiros de linderos exigidos por la legislación vigente, permitió estimar los tamaños de lotes, que se resumen en el siguiente cuadro.

Cuadro 7.3: Resumen del diseño preliminar de las alternativas de tratamiento

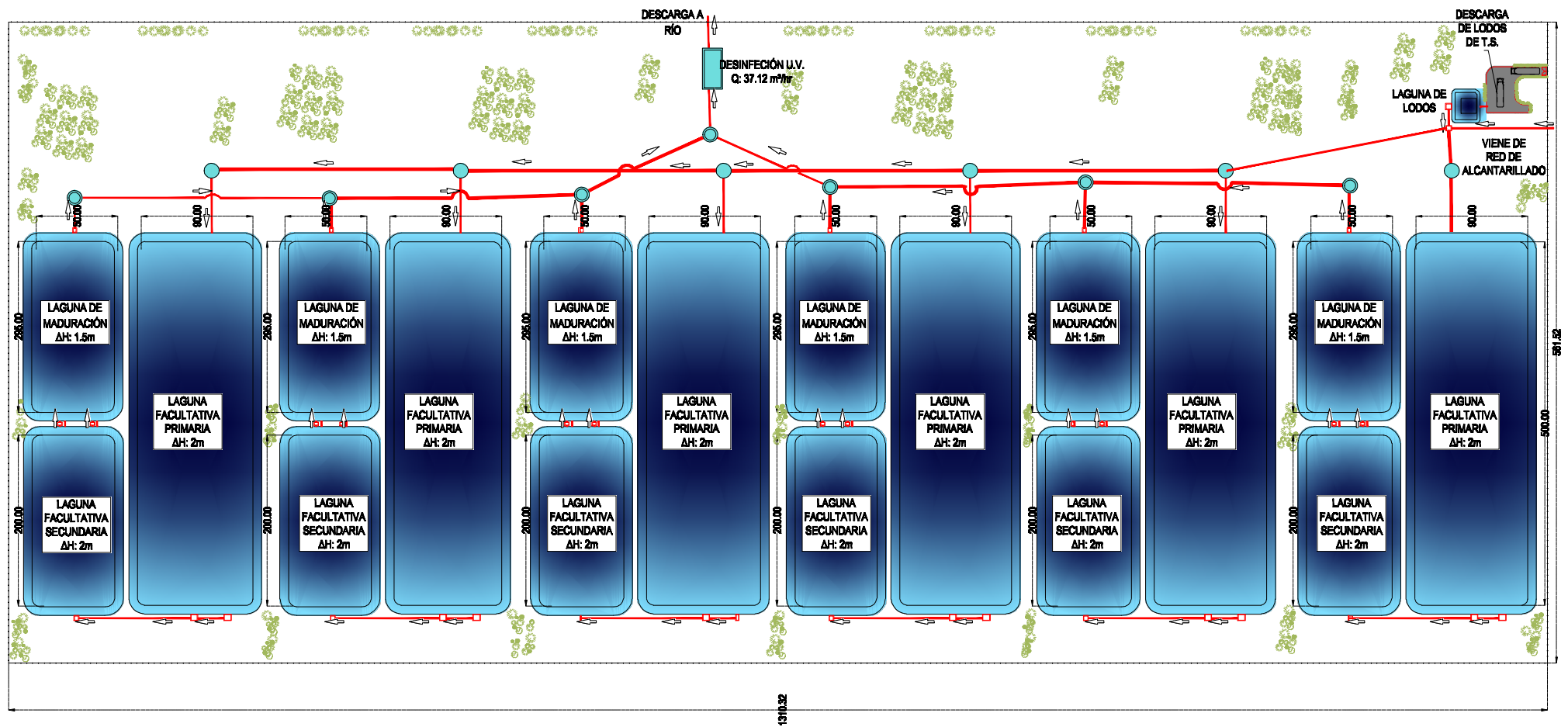
DESCRIPCION	CARTAGO	DESCRIPCION	CARTAGO
CARACTERISTICAS DEL PROYECTO			
Población cubierta por Alcantarillado Sanitario	120.747,00	Módulos completos	8,00
Caudal de Aguas Negras Promedio (m3/d)	36.046,94	- Longitud (m)	6,00
Caudal de Lodos de Tanques Sépticos (m3/d)	24,94	- Ancho (m)	3,00
Caudal Total de diseño (l/seg)	417,50	- Profundidad (m)	3,50
Carga Contaminante DBO (kg/d)	9.011,74	Potencia Total Instalada en Digestor (HP)	30,00
Carga Contaminante DQO (kg/d)	13.157,13	Desinfección por UV	
Carga de Sólidos Suspendidos (kg/d)	10.814,08	- Caudal (m3/hr)	1.501,96
Carga Nitrógeno Total (kg/d)}	965,98	- Concentración afluente (NMP.CF/100ml)	2,40E+09
LAGUNAS FACULTATIVAS		- Concentración efluente (NMP.CF/100ml)	< 1000
Módulos completos	6,00	Propiedad	
Lagunas Primaria		- Longitud (m)	140,80
- Longitud (m)	500,00	- Ancho (m)	1.015,20
- Ancho (m)	90,00	LODOS ACTIVADOS AIREACION EXTENDIDA	
- Profundidad (m)	2,00	Módulos completos	8,00
Laguna Secundaria		Tanque Bioselector	
- Longitud (m)	200,00	- Longitud (m)	10,00
- Ancho (m)	50,00	- Ancho (m)	2,00
- Profundidad (m)	2,00	- Profundidad (m)	3,50
Laguna de Maduración		Tanques de Aereación	
- Longitud (m)	295,00	- Módulos	2,00
- Ancho (m)	50,00	- Longitud (m)	50,00
- Profundidad (m)	1,50	- Ancho (m)	10,00
Desinfección por UV		- Profundidad (m)	3,50
- Caudal (m3/hr)	1.501,96	Potencia Total Instalada (HP)	1.400,00
- Concentración afluente (NMP.CF/100ml)	1,74E+05	Sedimentación Secundaria	
- Concentración efluente (NMP.CF/100ml)	< 1000	- Módulos	16,00
Propiedad		- Longitud (m)	20,30
- Longitud	561,52	- Ancho (m)	2,00
- Ancho	1.310,32	- Profundidad (m)	3,50
LAGUNAS AIREADAS		Adensador y Digestor Aeróbico Lodos	
Módulos completos	8,00	- Módulos	8,00
Laguna Aireada		- Longitud (m)	25,00
- Longitud (m)	90,00	- Ancho (m)	4,00
- Ancho (m)	60,00	- Profundidad (m)	3,50
- Profundidad (m)	3,00	Desinfección por UV	
Laguna de Sedimentación o Sedimentador		- Caudal (m3/hr)	1.501,96
- Longitud (m)	93,00	- Concentración afluente (NMP.CF/100ml)	2,40E+09
- Ancho (m)	35,00	- Concentración efluente (NMP.CF/100ml)	< 1000
- Profundidad (m)	1,50	Propiedad	
Potencia Total Instalada en Laguna (HP)	500,00	- Longitud (m)	403,2
Adensador y Digestor Aeróbico		- Ancho (m)	76,6

En las Figuras 7.1, 7.2 y 7.3 se muestran la configuración de las soluciones de tratamiento propuestas para el proyecto.

Con base en el diseño preliminar de las opciones de tratamiento, se llevó a cabo un análisis económico de las inversiones y gastos operativos de dichas opciones, basados en los costos de inversión y los costos de operación y mantenimiento, obtenidos a partir de los resultados del diseño preliminar de las obras, cuyos resultados se resumen en los siguientes cuadros.

Con base en los costos finales, se procedió con el cálculo del costo a valor presente, para un periodo de 20 años y una tasa interna de retorno del 12%, obteniéndose los siguientes resultados.

Es importante indicar que la ubicación propuesta para la planta de tratamiento obedece a una recomendación de la Municipalidad de Cartago, ya que dicha propiedad es de la JASEC. Además, se considera viable una propiedad ubicada al este de esta propiedad, en la margen derecha del río Toyogres, que también es propiedad de la JASEC, según fue manifestado por funcionarios de la Municipalidad de Cartago. Esta última propiedad, si bien se localiza más lejos del sitio propuesto.



PROYECTO:

Programa de Agua Potable y Saneamiento
para el Nivel Subnacional

CARTAGO



CONTENIDO:

PROPUESTA DE LAGUNAS
FACULTATIVAS

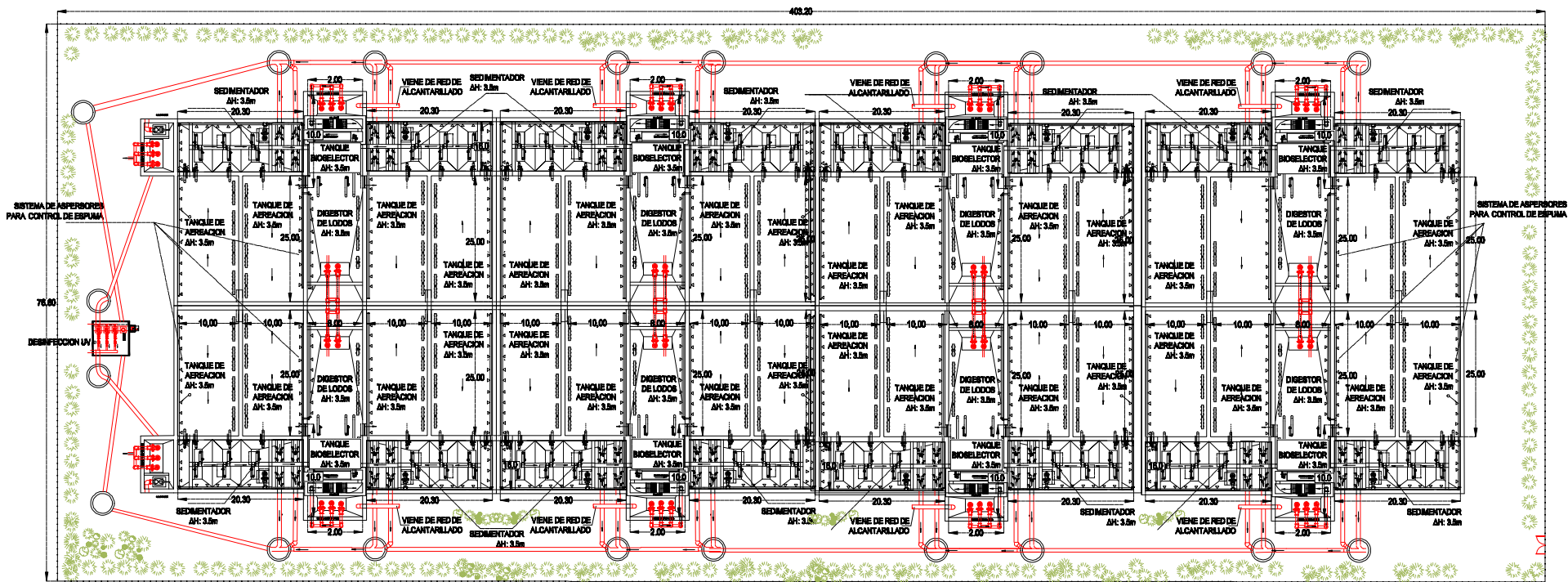
ESCALA:

ARCHIVO:
FIGURAS PLANTA DE
TRATAMIENTO DWS

FECHA:
ABRIL 2010

FIGURA:

7.1



PROYECTO:

Programa de Agua Potable y Saneamiento
para el Nivel Subnacional

CARTAGO



CONTENIDO:

PROPUESTA DE LODOS
ACTIVADOS Y AERACION
ESTENDIDA

ESCALA:

ARCHIVO:
FIGURAS PLANTA DE
TRATAMIENTO.DWG
FECHA:
ABRIL 2010

FIGURA:

7.3

Cuadro 7.3: Resumen de costos de inversión, operación y mantenimiento de las soluciones de tratamiento evaluadas.

LAGUNAS DE ESTABILIZACION

AÑO	No	Caudales miles m3/año		TOTAL INVERSIONES (\$)			GASTOS ANUALES (\$)			Flujo total de costos (\$)
		Planta de Tratamiento	Total	PLANTA DE TRATAMIE NTO	Total (\$)	Acumulado (\$)	O Y M	ENERGIA	Total gastos anuales	
							2% de inversión acumulada	Kw-hr		
2.010	1	10.659	10.659	88.822.357	88.822.357	88.822.357	1.776.447	-	1.776.447	90.598.804
2.011	2	10.659	10.659		-	88.822.357	1.776.447	-	1.776.447	1.776.447
2.012	3	10.659	10.659		-	88.822.357	1.776.447	-	1.776.447	1.776.447
2.013	4	10.659	10.659	-	-	88.822.357	1.776.447	-	1.776.447	1.776.447
2.014	5	10.659	10.659	-	-	88.822.357	1.776.447	-	1.776.447	1.776.447
2.015	6	10.659	10.659	-	-	88.822.357	1.776.447	-	1.776.447	1.776.447
2.016	7	13.245	13.245	-	-	88.822.357	1.776.447	-	1.776.447	1.776.447
2.017	8	13.245	13.245	-	-	88.822.357	1.776.447	-	1.776.447	1.776.447
2.018	9	13.245	13.245	-	-	88.822.357	1.776.447	-	1.776.447	1.776.447
2.019	10	13.245	13.245	-	-	88.822.357	1.776.447	-	1.776.447	1.776.447
2.020	11	13.245	13.245	-	-	88.822.357	1.776.447	-	1.776.447	1.776.447
2.021	12	13.245	13.245	-	-	88.822.357	1.776.447	-	1.776.447	1.776.447
2.022	13	13.245	13.245	-	-	88.822.357	1.776.447	-	1.776.447	1.776.447
2.023	14	15.610	15.610	-	-	88.822.357	1.776.447	-	1.776.447	1.776.447
2.024	15	15.610	15.610	-	-	88.822.357	1.776.447	-	1.776.447	1.776.447
2.025	16	15.610	15.610	-	-	88.822.357	1.776.447	-	1.776.447	1.776.447
2.026	17	15.610	15.610			88.822.357	1.776.447	-	1.776.447	1.776.447
2.027	18	15.610	15.610			88.822.357	1.776.447	-	1.776.447	1.776.447
2.028	19	15.610	15.610			88.822.357	1.776.447	-	1.776.447	1.776.447
2.029	20	15.610	15.610			88.822.357	1.776.447	-	1.776.447	1.776.447
2.030	21	15.610	15.610	-	-	88.822.357	1.776.447	-	1.776.447	1.776.447

LAGUNAS AIREADAS

AÑO	No	Caudales miles m3/año		TOTAL INVERSIONES (\$)			GASTOS ANUALES (\$)			Flujo total de costos (\$)
							O Y M	ENERGIA	Total gastos anuales	
		Planta de Tratamiento	Total	PLANTA DE TRATAMIENTO	Total (\$)	Acumulado (\$)	3% de inversión acumulada	Kw-hr		
2.010	1	10.659	10.659	17.574.696	17.574.696	17.574.696	527.241	259.625,38	786.866	18.361.563
2.011	2	10.659	10.659		-	17.574.696	527.241	259.625,38	786.866	786.866
2.012	3	10.659	10.659		-	17.574.696	527.241	259.625,38	786.866	786.866
2.013	4	10.659	10.659	-	-	17.574.696	527.241	259.625,38	786.866	786.866
2.014	5	10.659	10.659	-	-	17.574.696	527.241	259.625,38	786.866	786.866
2.015	6	10.659	10.659	4.000	4.000	17.578.696	527.361	259.625,38	786.986	790.986
2.016	7	13.245	13.245	-	-	17.578.696	527.361	259.625,38	786.986	786.986
2.017	8	13.245	13.245	-	-	17.578.696	527.361	259.625,38	786.986	786.986
2.018	9	13.245	13.245	-	-	17.578.696	527.361	259.625,38	786.986	786.986
2.019	10	13.245	13.245	-	-	17.578.696	527.361	259.625,38	786.986	786.986
2.020	11	13.245	13.245	8.000	8.000	17.586.696	527.601	259.625,38	787.226	795.226
2.021	12	13.245	13.245	-	-	17.586.696	527.601	259.625,38	787.226	787.226
2.022	13	13.245	13.245	-	-	17.586.696	527.601	259.625,38	787.226	787.226
2.023	14	15.610	15.610	-	-	17.586.696	527.601	259.625,38	787.226	787.226
2.024	15	15.610	15.610	-	-	17.586.696	527.601	259.625,38	787.226	787.226
2.025	16	15.610	15.610	4.000	4.000	17.590.696	527.721	259.625,38	787.346	791.346
2.026	17	15.610	15.610	-	-	17.590.696	527.721	259.625,38	787.346	787.346
2.027	18	15.610	15.610	-	-	17.590.696	527.721	259.625,38	787.346	787.346
2.028	19	15.610	15.610	-	-	17.590.696	527.721	259.625,38	787.346	787.346
2.029	20	15.610	15.610	-	-	17.590.696	527.721	259.625,38	787.346	787.346
2.030	21	15.610	15.610	8.000	8.000	17.598.696	527.961	259.625,38	787.586	795.586

LODOS ACTIVADOS AIREACION EXTENDIDA

AÑO	No	Caudales miles m3/año		TOTAL INVERSIONES (\$)			GASTOS ANUALES (\$)			Flujo total de costos (\$)
		Planta de Tratamiento	Total	PLANTA DE TRATAMIENTO	Total (\$)	Acumulado (\$)	O Y M	ENERGIA	Total gastos anuales	
							4% de inversión acumulada	Kw-hr		
2,010	1	13,157	13,157	12,543,174	12,543,174	12,543,174	501,727	685,802.88	1,187,530	13,730,703
2,011	2	13,157	13,157	-	-	12,543,174	501,727	685,802.88	1,187,530	1,187,530
2,012	3	13,157	13,157	-	-	12,543,174	501,727	685,802.88	1,187,530	1,187,530
2,013	4	13,157	13,157	-	-	12,543,174	501,727	685,802.88	1,187,530	1,187,530
2,014	5	13,157	13,157	-	-	12,543,174	501,727	685,802.88	1,187,530	1,187,530
2,015	6	13,157	13,157	504,500	504,500	13,047,674	521,907	685,802.88	1,207,710	1,712,210
2,016	7	13,157	13,157	-	-	13,047,674	521,907	685,802.88	1,207,710	1,207,710
2,017	8	13,157	13,157	-	-	13,047,674	521,907	685,802.88	1,207,710	1,207,710
2,018	9	13,157	13,157	-	-	13,047,674	521,907	685,802.88	1,207,710	1,207,710
2,019	10	13,157	13,157	-	-	13,047,674	521,907	685,802.88	1,207,710	1,207,710
2,020	11	13,157	13,157	1,009,000	1,009,000	14,056,674	562,267	685,802.88	1,248,070	2,257,070
2,021	12	13,157	13,157	-	-	14,056,674	562,267	685,802.88	1,248,070	1,248,070
2,022	13	13,157	13,157	-	-	14,056,674	562,267	685,802.88	1,248,070	1,248,070
2,023	14	13,157	13,157	-	-	14,056,674	562,267	685,802.88	1,248,070	1,248,070
2,024	15	13,157	13,157	-	-	14,056,674	562,267	685,802.88	1,248,070	1,248,070
2,025	16	13,157	13,157	504,500	504,500	14,561,174	582,447	685,802.88	1,268,250	1,772,750
2,026	17	13,157	13,157	-	-	14,561,174	582,447	685,802.88	1,268,250	1,268,250
2,027	18	13,157	13,157	-	-	14,561,174	582,447	685,802.88	1,268,250	1,268,250
2,028	19	13,157	13,157	-	-	14,561,174	582,447	685,802.88	1,268,250	1,268,250
2,029	20	13,157	13,157	-	-	14,561,174	582,447	685,802.88	1,268,250	1,268,250
2,030	21	13,157	13,157	1,009,000	1,009,000	15,570,174	622,807	685,802.88	1,308,610	2,317,610

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 7.4: Resumen del análisis de costo efectivo

DESCRIPCIÓN	INVERSIONES (US\$)	VALOR PRESENTE (US\$)
PLANTA DE TRATAMIENTO LAGUNAS FACULTATIVAS	88.822.357	92.739.175
PLANTA DE TRATAMIENTO LAGUNAS AIREADAS	17.574.696	21.648.744
PLANTA DE TRATAMIENTO DE LODOS ACTIVADOS AIREACION EXTENDIDA	12.543.173	21.076.622

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos permiten inferir que la mejor solución de tratamiento para ser implementada en el proyecto será la alternativa de Lodos Activados.

7.3.3 Proyecto propuesto de planta de tratamiento

El proyecto de tratamiento comprende las siguientes obras:

La planta de tratamiento propuesta consiste en:

- Pre-tratamiento constituido por cámara de llegada provisto de rejillas de doble retención y limpieza manual, así como dos canales desarenadores, operados en forma hidráulica, y utilizando como controlador de velocidad un vertedero proporcional.
- Tratamiento secundario, por medio de dos lagunas aireadas del tipo mezcla completa, que durante los primeros años de operación pueden operar como unidades facultativas y de aereación escalonada. Con suministro de aire mediante aereadores flotantes del tipo tornado.
- Una laguna de sedimentación, escavada en el terreno.
- Un sistema conjunto de espesamiento y digestión aeróbica de lodos, con aereadores de burbuja gruesa de fácil cambio y suministro de aire mediante soplantes (blowers) de desplazamiento positivo y una unidad de repuesto.

Un sistema de desaguado de lodos, mediante floculación y filtros banda

- Sistemas de bombeo para el retorno de agua del proceso de espesamiento, digestión y desaguado de lodos, al inicio del proceso.

Desinfección final del agua tratada mediante unidades de emisión de radiación ultravioleta, con una unidad de repuesto o unidades de cloración.

La PT contará con unidades y elementos accesorios, que facilitarán su operación:

- Caminos de acceso
- Cerca de malla ciclón
- Calles asfaltadas de circunvalación
- Tuberías de conducción de aguas afluentes y efluentes a cada proceso unitario de tratamiento indicado y cabezales de descarga a la quebrada Azul
- Tuberías para abastecimiento de agua potable
- Sistema de tuberías para aguas pluviales

- Sistema de alivio para sobrecargas hidráulicas por precipitación sobre las lagunas.
- Caseta de vigilancia de la entrada de la propiedad
- Torre de operaciones, consistente en un edificio de 3 pisos, con laboratorio para control de calidad del agua, oficinas de ingeniería, y centro de comando y control operacional de la planta de tratamiento
- Oficinas y bodegas para los empleados, con facilidades para cambio de ropa

Con el fin de facilitar la operación de la planta de tratamiento, se han proyectado los siguientes locales o casetas:

- Centro de operaciones y laboratorio de control de calidad
- Local de oficinas, bodega de la planta y vestuario
- Local de vigilancia
- Local de manejo de lodos, soplantes de aire del digestor y desaguado de lodos
- Local de desinfección del agua

En el Centro de operaciones se ubicarán las siguientes unidades operativas:

- La recepción de las instalaciones de tratamiento, y el laboratorio de control de calidad del agua de la planta de tratamiento.
- Oficinas de los profesionales e ingenieros responsables de la operación y una sala de reuniones
- El centro de comando y monitoreo operativo de la planta de tratamiento. En este sitio se operan los aereadores de las lagunas y se vigila el funcionamiento de todos los sistemas de bombeo, desaguado de lodos, desinfección por UV, etc.
- Contará además con servicios sanitarios en el primero y último piso.

El local de oficinas y bodega para los empleados u operadores, tiene por objeto brindar facilidades a los empleados y técnicos del proyecto, con baño completo, vestidor, bodega para herramientas y oficina para el técnico coordinador de la cuadrilla de mantenimiento.

El Local de vigilancia, estará ubicado en el camino de entrada a la propiedad, tendrá las facilidades necesarias para el control de accesos, con oficina y servicios sanitarios que estarán conectados a la tubería de alcantarillado sanitario afluente a la planta de tratamiento.

El local para desinfección; albergará las unidades de desinfección UV y los paneles de control de las mismas, y tendrá además facilidades para lavado del equipo y núcleo sanitario completo.

El local para manejo de lodos, se encuentra el filtro de bandas para deshidratación de los lodos así como las bombas de extracción de lodos de los digestores y el elevador de lodos desaguados al camión de volqueta de lodos deshidratado.

Además, en este local se ubican los soplantes que alimentan las parrillas de difusores de los digestores aeróbicos, así como los tableros eléctricos de los distintos equipos. Los soplantes son del tipo lóbulos rotativos (“roots”) y se tienen tres unidades, uno para cada digestor, y un cuarto como unidad alterna

En las Láminas S-01, S-02 Y S-03 se muestran los componentes más importantes del proyecto final, incluidos en el Anexo 8 de este informe.

7.4 SISTEMA DE DISPOSICIÓN FINAL

Este sistema comprende la tubería final que conducirá las aguas tratadas, desde la planta de tratamiento hasta el cuerpo receptor, evaluado previamente para este fin.

Para las condiciones actuales del proyecto de tratamiento y ubicación de dichas instalaciones, se ha propuesto una tubería de conducción de PVC SDR 41 de 350 a 400 mm de diámetro, para el efluente tratado, además de una tubería paralela de 500 mm de diámetro para el manejo de los excedentes de aguas pluviales. Ambas tuberías descargarán sus aguas al cuerpo receptor evaluado.

7.5 ANÁLISIS DE REUSO DEL AGUA TRATADA

El reuso de las aguas residuales tratadas del proyecto se orienta básicamente a dar solución a la disposición final de las aguas considerando los siguientes aspectos:

- Capacidad de asimilación del cuerpo receptor y su régimen hidrológico (caudales mínimos)
- Uso del agua del cuerpo receptor, aguas abajo del punto de descarga
- Regulaciones específicas para el cuerpo receptor
- Disponibilidad de agua para otros usos que no sean la dilución y transporte de contaminantes
- La imposición del Cánón de Vertido, que constituye un impuesto sobre el uso y vertido de aguas residuales a cuerpos de agua nacionales.

Bajo estas condiciones específicas y para cada caso en consideración, el posible reuso de las aguas sería orientado a:

- Irrigación de zonas verdes de parques, durante las madrugadas, y según la normativa vigente en materia de calidad del agua. Para este sistema se utilizaría un riego del tipo por aspersión o aéreo.
- Irrigación en cultivos de contacto secundario y terciario, en el cual el agua no estará en contacto con los agricultores o cosechadoras, ni en contacto con el producto (ejem. Cultivos de frutas, floricultura,), utilizando para ello el sistema de irrigación por goteo al pie del cultivo.
- Uso del agua en la piscicultura, específicamente en el cultivo de tilapias, a corde con las experiencias del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, CEPIS; de la Organización Panamericana de la Salud.
- Generación hidroeléctrica

Para el caso específico de este proyecto de saneamiento, se propone el uso de cualquiera de las opciones indicadas, especialmente la generación hidroeléctrica, que debido al volumen y carga sobre el río Agua Caliente, podría cubrir las necesidades básicas de energía de la planta de tratamiento, así como la venta de energía en el mercado nacional. Es importante indicar que la JASEC podría contar con las ventajas de generar mayor energía, a partir de aguas residuales

tratadas, si se realizara un proyecto integral de recolección de aguas residuales, de Cartago, El Tejar y Oreamuno, para lo cual podría implementar las obras de colectores finales y tratamiento de aguas residuales para todos dichos centros poblacionales, y vender el servicio de tratamiento en bloque o por metro cúbico tratado, en lugar de que cada municipalidad realice un proyecto independiente de recolección y tratamiento de aguas residuales.

8 EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

La metodología aplicada para proceder a la identificación y evaluación de los impactos y riesgos ambientales, se desarrolla en base a los conocimientos de las actividades inherentes a este tipo de proyecto, su comportamiento en el ambiente, así como la vulnerabilidad del medio ambiente receptor, y durante las dos fases importantes del proyecto: construcción y operación.

En el Anexo 10 se detallan los aspectos ambientales identificados que influyen o afectan el proyecto.

9 ESTIMACIONES DE COSTOS

9.1 COSTOS UNITARIOS

En el Anexo 6 se presentan los costos unitarios a nivel de Plan Maestro utilizados para la valoración de los presupuestos de las alternativas y del proyecto propuesto.

En el Cuadro 9.1 se muestran los principales costos unitarios utilizados en el presente proyecto.

Cuadro 9.1: Costos Unitarios para el proyecto

Costos Unitarios Sanitarios			
Item	Descripción	Unidad	Costo \$
1	Pozos de Registro Metro básico	m	783
2	Pozos de Registro Metro Adicional	m	244
3	Costo de tubería de 150 en asfalto	m	115
4	Costo de tubería de 200 en asfalto	m	130
5	Costo de tubería de 250 en asfalto	m	143
6	Costo de tubería de 300 en asfalto	m	163
7	Acometida Domiciliar	Global	297
8	Estación de Bombeo Pequeña	Hp	26233
9	Estación de Bombeo Grande	Hp	3499

Fuente: Elaboración propia

En el Anexo 6 se detallan los precios unitarios utilizados en la estimación final de costo de las obras del proyecto.

9.2 RED, COLECTORES Y EMISARIO

Para las redes de alcantarillados sanitarios, se presumieron profundidades de instalación entre los límites de norma, de 1.20 a 3,5 m y a partir de esta profundidad se consideró una estación de bombeo.

Los principales rubros considerados en la estimación y en la composición del costo de las redes y colectores, fueron los siguientes:

- Topografía de la ciudad.
- Demolición de pavimentos en los casos requeridos
- Desmonte y limpieza
- Excavación con maquinaria
- Excavación manual
- Excavación en roca (si se requiere)
- Ademado para zanjas con profundidades mayores a 1.50 m
- Encamado con lastre compacto
- Rellenos de lastre compacto
- Rellenos de tierra compacta
- Colocación de tubería
- Reposición de pavimentos en los casos requeridos
- Tipos de tuberías de la red de aguas negras:
 - o -Tubería de PVC ASTM 3034 de fabricación nacional, desde 150 mm hasta 375 mm de diámetro.
 - o -Tubería de concreto clase III y IV, ASTM C76, con refuerzo y de fabricación nacional, para diámetros mayores a 350 mm.
 - o -Tubería de hierro dúctil, norma AWWA C110 y C151, de fabricación extranjera, hasta 500 mm.

Los costos promedios determinados para este proyecto se resumen en el siguiente cuadro.

Cuadro 9.2: Costos de la red de alcantarillado sanitario

Costo \$ Pozos Metros básicos Diámetro 1.2m	Costo \$ Pozos Metros adicionales Diámetro 1.2m	Costos (US\$)					
		Costo \$ Tramos Iniciales (150mm)	Redes de Alcantarillado		Colectores y Emisarios		CostoTotal \$
			Costo \$ 150 mm	Costo \$ 200 mm	Costo \$ 200 mm	Costo \$ 250 mm	
3.293.475,8	1.385.531,2	3.880.443,9	6.531.291,6	11.081.900,0	912.992,6	1.506.144,0	28.591.779,1

Fuente: Elaboración propia

9.3 ESTACIONES DE BOMBEO Y LÍNEA DE IMPULSIÓN

Normalmente los costos de las estaciones de bombeo, se determinan a partir de curvas de costos que relacionan costo con caudal. Sin embargo, en el caso de los sistemas de bombeo de aguas negras, el costo de los equipos requeridos varía considerablemente en función de las características de caudal y altura de bombeo.

Al tomar en consideración lo anterior, los costos de las estaciones de bombeo fueron determinados con base en nuestros propios cálculos y con la ayuda de los datos suministrados por los fabricantes y distribuidores de equipos.

A partir de los cálculos hidráulicos y dimensiones de los tanques cisternas y casetas de bombeo, se establecieron costos por metro cúbico de concreto para el metro básico y para el de metro cúbico adicional, ambos tomados como referencia para la estimación de los costos de otras estaciones de bombeo con dimensiones distintas a las indicadas anteriormente y utilizadas para el cálculo de costos.

Los principales ítems considerados en la composición del costo de las estaciones de bombeo y las líneas de impulsión fueron los siguientes:

- Lote para estación de bombeo
- Servidumbres de acceso
- Concreto para la estructura del pozo y la caja de válvulas
- Desmonte, destronque y limpieza
- Excavación manual
- Excavación con maquinaria
- Encamado
- Ademado
- Rellenos con lastre compacto
- Tapa metálica
- Escalera metálica
- Desalojo y reemplazo de pavimentos

Para el cálculo de costos de los equipos motor-bombas por ser utilizados en las estaciones de bombeo propuestas, así como la instalación electromecánica correspondiente en cada una de ellas, se determinó el rango promedio de variación de costos con respecto al producto Caudal x Carga Dinámica para diferentes cotizaciones recibidas de distintos distribuidores. Aunque la variación de costos es muy sensible al cambio de los parámetros utilizados, se considera suficiente, para este nivel de estudios.

Los principales ítems considerados en la composición del costo de las estaciones de bombeo y las líneas de impulsión fueron los siguientes:

- Instalación mecánica (cachera): tubería y accesorios de hierro dúctil

- Caja de válvulas de salida: válvula de retención, válvula de compuerta, unión flexible, tubería y accesorios menores de hierro dúctil
- Equipo motor-bomba sumergible
- Sistema de rieles para la colocación y desmontaje de los equipos
- Tablero de control
- Sistema eléctrico, cables, ductos y postería
- Banco de transformadores y extensión de líneas primarias, si se requieren

Para las líneas de impulsión fue considerada una profundidad de colocación de 1 m, de acuerdo con las normas vigentes suministradas por AyA. En general se propuso el uso de tubería PVC SDR 26 en todos los casos; este criterio deberá ser revisado en las etapas posteriores del estudio.

Para el cálculo de los costos promedios de la obra gris se determinaron dos tipos de dimensiones básicas para las estaciones de bombeo:

- Tubería para las líneas de impulsión de PVC SDR 26
- Medición topográfica y nivelación del trazado propuesto
- Desalojo y reemplazo de pavimentos
- Desmonte, destronque y limpieza
- Excavación con maquinaria y manual
- Excavación en roca (si se requiere)
- Encamado con lastre compacto
- Rellenos de lastre compacto
- Rellenos de tierra compacta
- Tubería y colocación de esta
- Bloques de anclaje

Con base en la información disponible y el levantamiento de campo ejecutado, para este proyecto, se requiere la construcción de varias estaciones de bombeo cuyos costos se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 9.3: Costo de Estaciones de Bombeo

ESTACIONES	OBRA CIVIL	OBRA MECANICA	OBRA ELECTRICA	IMPULSION	TOTAL
EB-1	1.749.538	1.969.110	1.003.230	69.350	4.791.228,01
EB-2	58.318	65.637	33.441	14.586	171.981,93
EB-3	19.439	21.879	11.147	4.625	57.090,31
EB-4	38.879	43.758	22.294	10.730	115.660,62
EB-5	19.439	21.879	11.147	13.764	66.229,31

Fuente: Elaboración propia

9.4 PLANTA DE TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL

El costo de las unidades de tratamiento recomendadas en el proyecto, se determinó con base en cálculo detallado de los diferentes elementos que componen este ítem y para cada tipo de tratamiento propuesto. A cada uno de ellos se le ha asignado un costo unitario, de acuerdo con los precios de los materiales y equipos necesarios y el monto actual de los gastos de construcción en Costa Rica.

Los principales rubros incluidos en el cálculo del costo del sistema de tratamiento son:

- Lote o propiedad
- Servidumbres de acceso
- Concreto para la estructura del pozo y la caja de válvulas
- Desmonte, destronque y limpieza
- Excavación con maquinaria
- Encamado
- Ademado
- Rellenos con lastre compacto
- Concreto estructural y encofrados para todos los componentes estructurales.
- Elementos metálicos
- Escalera metálica
- Instalación mecánica: tuberías, equipos electromecánicos (soplantes, bombas, etc).
- Caja de válvulas de salida: válvula de retención, válvula de compuerta, unión flexible, tubería y accesorios menores de hierro dúctil.
- Sistema de rieles para la colocación y desmontaje de los equipos.
- Electrificación y Tableros de control.
- Sistema iluminación exterior, cables, ductos y postería.
- Banco de transformadores y extensión de líneas primarias, si se requieren.
- Laboratorio de Control de calidad
- Edificio de operaciones
- Caseta para el sistema de manejo de lodos
- Caseta para el sistema de desinfección
- Talleres
- Instalación de tuberías de evaluación de lodos
- Aceras, calles pavimentadas, accesos, parqueos
- Cercas de malla ciclón,
- Sistemas de vigilancia
- Paisajismo

Para el cálculo de costos de los equipos electromecánicos que serían utilizados en la planta de tratamiento, así como la instalación electromecánica correspondiente en cada una de ellas, se determinó el rango promedio de variación de costos con respecto a la potencia total demandada por el completo de tratamiento.

En el siguiente cuadro se muestra el resumen de los costos de la planta de tratamiento.

Cuadro 9.4: Costos de la Planta de Tratamiento

DESCRIPCIÓN	LODOS ACTIVADOS AIREACION EXTENDIDA
Terrenos	3.088.512
Lastre de Sustitución	543.578
Excavación	45.185
Relleno	0
Concreto reforzado	3.715.762
Geomembrana y Geotextil	0
Longitud adicional de Colectores	0
Desinfección U.V.	105.137
Equipo electromecánico total (aireación, raspadoras de lodos de sedimentadores, manejo de gases, etc)	5.045.000
SUBTOTAL \$	12.543.174

Fuente: Elaboración propia

9.5 LOTES Y SERVIDUMBRES

Para efectos del proyecto, se requieren de diferentes propiedades para la implantación de las principales obras de bombeo y tratamiento, ya que las tuberías de redes, colectores e impulsión han sido propuestas por las calles y vías públicas de la ciudad. Para los efectos del proyecto, se requiere la adquisición de las propiedades indicadas en el siguiente cuadro.

Cuadro 9.5: Propiedades mínimas del proyecto

SISTEMA	PROPIEDADES						PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL
	ESTACIONES DE BOMBEO			PLANTA TRATAMIENTO				
	LONGI-TUD (m)	ANCHO (m)	AREA (m2)	LONGI-TUD (m)	ANCHO (m)	AREA (m2)		
Cartago	0,0	0,0	0,0			-		
EB-1	17,1	16,0	273.6			-	100	27,360.00
EB-2	15,1	11,2	169.1			-	100	16,910.00
EB-3	15,1	11,2	169.1			-	100	16,910.00
EB-4	14,1	12,2	172			-	100	17,200.00
EB-5	14,1	13,0	183.3			-	100	18,330.00
Planta Tratamiento	0,0	0,0	0,0	403,2	76,6	30885.1	100	3,088,512.00
Total								3,185,222.00

Fuente: Elaboración propia

9.6 ESTIMACIÓN PRELIMINAR DE COSTOS

Los costos de terrenos requeridos para servidumbres de acceso, estaciones de bombeo y plantas de tratamiento, se calcularon con base en los datos que fueron suministrados por las secciones anteriores, dando como resultado un monto total del proyecto de US\$ **69.1** millones de dólares, según se detalla en el cuadro adjunto.

Cuadro 9.6: Resumen de costos del proyecto

RUBRO	MONTO (US\$)
ACOMETIDAS DOMICILIARES	7,975,473
REDES Y COLECTORES	28,591,779
ESTACIONES BOMBEO	5,202,190
PLANTA TRATAMIENTO	9,454,661
PROPIEDADES	3,185,222
SUBTOTAL	54,409,326
IMPREVISTOS (15%)	8,161,398
SUBTOTAL	62,570,725
INGENIERIA (10,50%)	6,569,926
TOTAL	69,140,651

Fuente: Elaboración propia

10 CRONOGRAMA DE EJECUCION DE LAS OBRAS

Para los efectos de ejecución del proyecto a nivel de plan maestro, se detalla a continuación una propuesta preliminar para el desarrollo del proyecto

CRONOGRAMA PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO

ETAPAS	ACTIVIDADES	AÑOS																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ETAPA I	Proceso de Licitación para el diseño, elaboración de planos, especificaciones técnicas, presupuesto, cartel de licitación																				
	Ejecución de los diseños totales y compra de propiedades																				
ETAPA II	Proceso de licitación para la Construcción de las obras de Saneamiento																				
	Construcción del proyecto de saneamiento																				
ETAPA III	Operaciones y Mantenimiento de los sistemas de Saneamiento																				
	Diseños ampliación y mejoras a red de alcantarillado en operación																				
	Construcción de las ampliaciones a la red de alcantarillado sanitario y tratamiento																				