

PLAN DIRECTOR DEL RECURSO HÍDRICO DE SAN ANDRES- PDRH



**INFORME PRODUCTO 2 -
DIAGNÓSTICO SITUACIÓN
ACTUAL**

CONTRATO 008 de 2015

ABRIL 08 DE 2016

PDR_SAI_RP_PR2_RV2

PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA

TODOS POR UN
NUEVO PAÍS
PAZ EQUIDAD EDUCACIÓN



BID
Banco Interamericano
de Desarrollo

25 AÑOS
Findeter

NGRD
Unidad Nacional para la Gestión del
Riesgo de Desastres
Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres

**CDM
Smith**

INGESAM
una compañía CDM Smith Inc.

CONTROL DE REVISIONES

TITULO DEL DOCUMENTO:	PRODUCTO 2 - DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	
CLIENTE:	FINANCIERA DE DESARROLLO TERRITORIAL - FINDETER	
PROYECTO: ELABORACIÓN DEL PLAN DIRECTOR DEL RECURSO HÍDRICO EN LA ISLA DE SAN ANDRÉS	No. CONTRATO CONTRATO N° 008 - 2015	

DESCRIPCIÓN DE REVISIONES

VERSIÓN	DESCRIPCIÓN Y/O ESTADO	FECHA DE APROBACIÓN	OBSERVACIONES
0	-	19-01-2016	
1	Atención observaciones interventoría y cliente - Febrero 7 de 2016	18-03-2016	
2	Atención observaciones interventoría y cliente Abril 5 de 2016	08-04-2016	

DESCRIPCIÓN DE ANEXOS

Se atienden las observaciones del cliente e interventoría según informe recibido el 7 de febrero de 2016, se incluye análisis de nueva información obtenida en visitas a campo. Se atienden otras observaciones

CONTROL DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

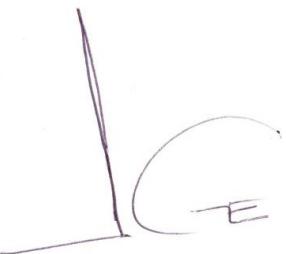
REVISADO POR:  Alejandro Gomez Espanol Gerente de Proyecto CDM Smith INC	APROBADO POR:  Susan Morea Director de Proyecto CDM Smith INC
---	---

Tabla de Contenido

Lista de Figuras	VI
Lista de Tablas	XII
Lista de Fotos	XVII
Lista de Anexos.....	XIX
Sección 1. INTRODUCCIÓN	1-1
1.1 Introducción.....	1-1
1.2 Organización del documento	1-3
1.3 Antecedentes Isla de San Andrés.....	1-7
1.3.1 Ubicación geográfica.....	1-7
1.3.2 Disposición urbanística	1-8
1.3.3 Vías de comunicación dentro de la isla de San Andrés	1-13
1.3.4 Usos de suelo.....	1-16
Sección 2. METODOLOGÍA APLICADA Y EQUIPO DE TRABAJO.....	2-1
2.1 Marco metodológico.	2-1
2.1.1 Fuentes de Agua.....	2-2
2.1.2 Plantas de potabilización	2-2
2.1.3 Sistemas de distribución	2-2
2.1.4 Tratamiento de aguas residuales	2-3
2.1.5 Sistema de alcantarillado.....	2-3
2.1.6 Sistema de drenaje y manejo de aguas lluvias.....	2-3
2.1.7 Aspectos institucionales y legales.....	2-4
2.1.8 Aspectos financieros y tarifarios	2-4
2.1.9 Aspectos ambientales.....	2-5
2.1.10 Aspectos sociales.....	2-5
2.2 Equipo de trabajo.....	2-5
Sección 3. MARCO LEGAL Y DIAGNÓSTICO INSTITUCIONAL	3-1
3.1 Reglamentación	3-3
3.2 Marco Jurídico	3-12
3.2.1 Marco jurídico institucional a nivel nacional	3-12
3.2.2 Marco Jurídico institucional a nivel departamental	3-16
3.3 Decisiones judiciales.....	3-19
3.4 Gestión de los servicios de acueducto y alcantarillado de la Isla de San Andrés.....	3-24
Sección 4. DIAGNÓSTICO SOCIAL Y ECONÓMICO.....	4-1
4.1 Diagnóstico Económico	4-1
4.1.1 Caracterización económica social de la población.....	4-1
4.1.2 Indicadores de prestación de los servicios.	4-3
4.1.3 Caracterización económica de la isla.....	4-4

4.1.4	Diagnóstico del sector gestión del recurso hídrico.....	4-6
4.2	Diagnóstico Social	4-15
4.2.1	Condiciones Sociales.....	4-15
4.2.2	Salud Pública.....	4-16
4.2.3	Aspectos educativos.....	4-19
4.2.4	Organizaciones cívicas	4-21
4.2.5	Nivel de ingresos	4-23
4.2.6	Disponibilidad de recursos humanos	4-25
4.2.7	Percepción de la comunidad frente al servicio de abastecimiento de agua y saneamiento	4-26
4.2.8	Usos del agua.....	4-40
Sección 5.	ESTIMACIÓN DE POBLACIÓN Y DEMANDA.....	5-1
5.1	Población actual.....	5-1
5.2	Población flotante	5-3
5.3	Proyección inicial de población	5-4
5.3.1	Método Aritmético	5-4
5.3.2	Método geométrico	5-5
5.3.3	Método exponencial	5-5
5.4	Nivel de complejidad de los proyectos	5-7
5.5	Periodo de diseño.....	5-7
5.6	Dotación neta.....	5-8
5.6.1	Dotación neta para población residente	5-8
5.6.2	Dotación neta para población flotante	5-9
5.7	Pérdidas del sistema.....	5-11
5.8	Dotación bruta.....	5-12
5.9	Caudal medio diario	5-13
5.10	Caudal máximo diario	5-14
5.11	Caudal máximo horario	5-14
Sección 6.	DIAGNÓSTICO FUENTES DE ABASTECIMIENTO	6-1
6.1	Hidrología e hidrogeología para aguas subterráneas.....	6-1
6.2	Hidrología para aguas superficiales	6-2
6.2.1	Estudios existentes.....	6-2
6.2.2	Información existente	6-3
Sección 7.	DIAGNÓSTICO SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE	7-1
7.1	Normatividad aplicable	7-1
7.2	Diagnóstico sistema existente – Planta de tipo convencional Duppy Gully.....	7-2
7.2.1	Fuentes de abastecimiento	7-2
7.2.2	Descripción y evaluación planta Duppy Gully	7-16
7.3	Diagnóstico sistema existente – planta desaladora Lox Bight.....	7-45
7.3.1	Ubicación de la Planta desalinizadora Lox Bight.....	7-45
7.3.2	Descripción y evaluación de los procesos Lox Bight.....	7-46
7.4	Evaluación calidad del agua según el IRCA para datos históricos.....	7-73
Sección 8.	DIAGNÓSTICO SISTEMA DE ACUEDUCTO	8-1
8.1	Operador del sistema	8-1

8.2	Descripción general del sistema de acueducto.....	8-1
8.3	Estaciones de bombeo.....	8-6
8.3.1	Sistema de bombeo Planta Desalinizadora (Lox Bight) – Tanques del Cliff	8-7
8.3.2	Sistema de bombeo Duppy Gully – Tanques	8-11
8.3.3	Mediciones en estaciones de bombeo	8-22
8.4	Sistemas de conducción.....	8-24
8.5	Sistema de Almacenamiento	8-26
8.6	Diagnóstico Mecánico y Estructural de sistemas de bombeo y tanques de almacenamiento	8-32
8.6.1	Diagnóstico mecánico estaciones de bombeo.....	8-32
8.6.2	Diagnóstico estructural de tanques de almacenamiento	8-34
8.7	Redes de distribución.....	8-38
8.7.1	Sectorización	8-38
8.7.2	Topología del sistema.....	8-48
8.8	Continuidad del servicio	8-52
8.9	Análisis operativo del sistema.....	8-54
8.9.1	Zona urbana.....	8-54
8.9.2	Zona rural	8-56
8.9.3	Estado de las válvulas.....	8-58
8.10	Agua no contabilizada	8-59
8.11	Modelación hidráulica del sistema actual.....	8-66
8.11.1	Zona urbana – North End.....	8-67
Sección 9. DIAGNÓSTICO SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO	9-1	
9.1	Sistema de alcantarillado sanitario existente.....	9-4
9.1.1	Distrito Sanitario 1	9-5
9.1.2	Distrito Sanitario 2	9-20
9.1.3	Distrito Sanitario 3	9-33
9.1.4	Distrito Sanitario 4	9-47
9.1.5	Puntos críticos de la red	9-55
9.2	Sistema de bombeo	9-57
9.2.1	Estación de bombeo 1	9-57
9.2.2	Estación de Bombeo 2	9-58
9.2.3	Estación de Bombeo 3	9-59
9.2.4	Estación de Bombeo 4	9-60
9.2.5	Estado estructural y mecánico de las instalaciones y los equipos de bombeo del sistema	9-61
9.3	Aspectos operativos y de mantenimiento de la red	9-71
9.3.1	Control de reboses	9-83
9.3.2	Control de descargas al alcantarillado por bombeo grandes productores	9-84
9.4	Alcantarillado sanitario sector rural.....	9-84
9.4.1	Soluciones individuales para la gestión de las aguas residuales	9-88
9.4.2	Descargas de Aguas Residuales de Pozos sépticos	9-111
9.4.3	SMIA	9-112
9.5	PTAR	9-115
9.6	Vertimientos directos al mar	9-117

9.6.1	Emisario Submarino	9-117
9.6.2	Vertimientos directos de aguas residuales al mar.....	9-126
9.6.3	Manejo de aguas residuales y lodos de pozos y tanques sépticos.....	9-129
Sección 10. DIAGNÓSTICO SISTEMA DE DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS		10-1
10.1	Diagnóstico sistema de drenaje existente Plan Maestro.....	10-1
10.1.1	Áreas de cobertura e infraestructura existente.....	10-1
10.1.2	Zonas inundables	10-4
10.1.3	Análisis de la capacidad hidráulica de la infraestructura existente en el Plan Maestro 10-6	
10.2	Obras de drenaje propuestas para el alcantarillado pluvial.....	10-10
10.2.1	Drenajes.....	10-10
10.2.2	Obras complementarias	10-16
10.3	Análisis de la situación actual del sistema de alcantarillado pluvial	10-16
10.3.1	Análisis del sistema de alcantarillado pluvial.....	10-16
10.3.2	Obras construidas según lo planteado en el Plan Maestro.....	10-17
10.3.3	Análisis del planteamiento de las soluciones propuestas en el Plan Maestro....	10-20
Sección 11. DIAGNÓSTICO DE LAS AFECTACIONES AMBIENTALES ASOCIADAS A LA GESTIÓN ACTUAL DEL RECURSO HÍDRICO		11-1
11.1	Cuenca El Cove	11-2
11.1.1	Planta de tratamiento de agua potable – PTAP Duppy Gully	11-2
11.1.2	Predios de la cuenca El Cove	11-4
11.2	Zona de descarga del agua de rechazo de la planta desalinizadora Lox Bight.....	11-5
11.3	Zona de descarga de lodos residuales provenientes de las actividades de evacuación y limpieza de pozos sépticos.....	11-7
11.4	Emisario Submarino	11-9
11.5	Zonas sin conexión al sistema de alcantarillado sanitario	11-13
11.6	Relleno Sanitario Magic Garden.....	11-16
11.7	Zona de rebose del alcantarillado	11-19
Sección 12. Evaluación Comparativa de la gestión del agua en San Andrés		12-1
12.1	Gestión integrada del recurso hídrico	12-1
12.1.1	Los principios de Dublín	12-2
12.1.2	Definición de gestión integral del recurso hídrico.....	12-3
12.2	Gestión del agua en el mundo	12-4
12.2.1	Caso de estudio: Singapur	12-5
12.2.2	Caso de estudio: Plan integral de gestión del recurso hídrico de Suffolk County, Nueva York.....	12-12
12.3	Gestión del agua en el Caribe	12-19
12.3.1	Caso de estudio: Las Bahamas	12-20
12.3.2	Caso de estudio: Jamaica.....	12-23
12.4	Análisis comparativo del caso San Andrés.....	12-25
Sección 13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		13-1
13.1	Conclusiones generales	13-1
13.2	Marco legal e institucional	13-3
13.3	Diagnóstico económico y social	13-4

13.3.1	Diagnóstico económico.....	13-4
13.3.2	Diagnóstico Social.....	13-6
13.4	Diagnóstico sistemas de tratamiento de agua potable.....	13-10
13.4.1	Diagnóstico Duppy Gully.....	13-10
13.4.2	Diagnóstico de la Desaladora Lox Bight	13-13
13.5	Estimación de población y demanda	13-13
13.6	Sistema de Acueducto	13-14
13.7	Sistema de alcantarillado sanitario	13-18
13.8	Diagnóstico Alcantarillado Pluvial.....	13-23
13.9	Diagnóstico gestión ambiental	13-24
13.10	Evaluación comparativa de la gestión del agua	13-25
13.11	Hidrogeología y aguas subterráneas.....	13-25
Sección 14. BIBLIOGRAFÍA		14-1

Lista de Figuras

Figura 1 1 Ubicación San Andrés Isla	1-7
Figura 1 2 Zonas urbana y rural isla de San Andrés	1-8
Figura 1 3 Barrios zona norte “North End”	1-9
Figura 1 4 Barrios Parte Rural “South End”	1-10
Figura 1 5 Disposición urbanística en la parte norte de San Andrés.	1-11
Figura 1 6 Disposición urbanística en la parte sur de San Andrés.	1-12
Figura 1 7 Vía Principal Perimetral de San Andrés.	1-13
Figura 1 8 Vías urbanas en San Andrés.	1-14
Figura 1 9 Vías Rurales en San Andrés.	1-15
Figura 1 10 Usos de suelo establecidos en el POT 2003 en San Andrés	1-16
Figura 3 1. Marco Normativo e instrumental para la gestión integral del recurso hídrico	3-2
Figura 4 1 Ocupación por rama de actividad. Años 2007 -2012	4-24
Figura 4 2 Tipo de fuente abastecedora	4-27
Figura 4 3 Percepción calidad de agua en las encuestas realizadas	4-29
Figura 4 4 Calificación calidad de agua según la fuente	4-29
Figura 4 5 Calificación calidad del agua según fuente	4-30
Figura 4 6 Tipos de residuos generados	4-39
Figura 4 7 Disposición final de los residuos sólidos.	4-40
Figura 4 8 Usos del agua en las viviendas	4-40
Figura 5 1 Fuente del agua para cocinar archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa catalina	5-9
Figura 5 2 Cálculo de dotación neta de población flotante	5-10
Figura 6 1 Épocas de ocurrencia de fenómenos El Niño en Colombia, clasificados por intensidad y duración.....	6-2
Figura 6 2 Épocas de ocurrencia de fenómenos La Niña en Colombia, clasificados por intensidad y duración.....	6-3
Figura 6 3 Ubicación estaciones meteorológicas IDEAM en San Andrés.	6-5
Figura 6 4 Cuerpos de agua identificados en la Isla.....	6-6
Figura 7 1 Ubicación Pozos concesionados a PROACTIVA	7-5
Figura 7 2 Variación promedio mensual de conductividad y cloruros Pozo 3	7-7
Figura 7 3 Variación promedio mensual de conductividad y cloruros Pozo 7	7-7
Figura 7 4 Variación promedio mensual de conductividad y cloruros Pozo 6	7-8
Figura 7 5 Variación promedio mensual de conductividad y cloruros Pozo 7	7-8
Figura 7 6 Variación promedio mensual de conductividad y cloruros Pozo 8	7-9
Figura 7 7 Variación promedio mensual de conductividad y cloruros Pozo 10	7-9
Figura 7 8 Variación promedio mensual de conductividad y cloruros Pozo 13	7-10
Figura 7 9 Variación promedio mensual de conductividad y cloruros Pozo 14	7-10
Figura 7 10 Variación promedio mensual de conductividad y cloruros Pozo 15	7-11
Figura 7 11 Variación promedio mensual de conductividad y cloruros Pozo 15A	7-11
Figura 7 12 Variación promedio mensual de conductividad y cloruros Pozo 23	7-12
Figura 7 13 Variación promedio mensual de conductividad y cloruros Pozo 25	7-12
Figura 7 14 Variación promedio mensual de conductividad y cloruros Pozo 27	7-13
Figura 7 15 Dimensiones de la canaleta Parshall.....	7-20
Figura 7 16 Dosis de Cal hidratada PTAP Duppy Gully	7-23
Figura 7 17 Dosis de Hipoclorito PTAP Duppy Gully	7-24
Figura 7 18 Dosis de Sulfato de Aluminio tipo B PTAP Duppy Gully	7-24
Figura 7 19 Variación promedio anual Turbiedad PTAP Duppy Gully	7-37
Figura 7 20 Variación promedio anual alcalinidad PTAP Duppy Gully	7-37
Figura 7 21 Variación promedio anual dureza PTAP Duppy Gully	7-38

Figura 7 22 Variación promedio anual pH PTAP Duppy Gully	7-38
Figura 7 23 Consumo mensual de energía PTAP Duppy Gully	7-40
Figura 7 24 Valor mensual tarifa de energía PTAp Duppy Gully	7-41
Figura 7 25 Evolución del pH PTAP Duppy Gully	7-43
Figura 7 26 Variación promedio mensual turbiedad PTAP Duppy Gully	7-43
Figura 7 27 Variación promedio mensual alcalinidad PTAP Duppy Gully.....	7-44
Figura 7 28 Variación promedio mensual dureza PTAP Duppy Gully	7-44
Figura 7 29 Ubicación de la desaladora y áreas de servicio.....	7-46
Figura 7 30 Configuración pozos de captación planta Lox Bight.....	7-47
Figura 7 31 Calidad de agua a desalar - promedios mensuales.....	7-52
Figura 7 32 Promedios mensuales volúmenes de producción Lox Bight	7-67
Figura 7 33 Promedio mensuales de producción Vs conductividad y % de recuperación	7-68
Figura 7 34 Consumo de energía desaladora Lox Bight.....	7-71
Figura 7 35 Consumo energía Vs concentración cloruros en agua cruda desaladora Lox Bight	7-71
Figura 7 36 Consumo de energía Vs conductividad en agua cruda desaladora Lox Bight	7-71
Figura 8 1 Mapa de procesos del sistema de acueducto urbano.....	8-4
Figura 8 2 Mapa de procesos del sistema de acueducto rural	8-6
Figura 8 3 Esquema de localización y de elevaciones.....	8-8
Figura 8 4 Análisis hidráulico del sistema requerido Lox Bight – El Cliff.....	8-8
Figura 8 5 Curva de la bomba CR90-3.....	8-10
Figura 8 6 Curva de NPSH requerido	8-10
Figura 8 7 Esquema de localización y de elevaciones.....	8-12
Figura 8 8 Análisis hidráulico del sistema requerido Duppy Gully – La Loma	8-13
Figura 8 9 Curva de la bomba CR90-3.....	8-14
Figura 8 10 Curva de NPSH requerido	8-14
Figura 8 11 Esquema de localización y de elevaciones	8-16
Figura 8 12 Análisis hidráulico del sistema requerido Duppy Gully – San Luis.....	8-16
Figura 8 13 Curva de la bomba CR90-2	8-18
Figura 8 14 Curva de NPSH requerido	8-18
Figura 8 15 Esquema de localización y de elevaciones	8-19
Figura 8 16 Análisis hidráulico del sistema requerido	8-20
Figura 8 17 Curva de la bomba CR15-5	8-21
Figura 8 18 Curva de NPSH requerido	8-21
Figura 8 19 Esquema de registro de mediciones hidráulicas	8-24
Figura 8 20 Sectores hidráulicos de la zona urbana (North End)	8-39
Figura 8 21 Subsectores sector Hotelero.....	8-40
Figura 8 22 Subsectores sector Sarie Bay.....	8-40
Figura 8 23 Áreas de cobertura del servicio de acueducto en la zona urbana	8-41
Figura 8 24 Sectores hidráulicos de la zona rural.....	8-42
Figura 8 25 Comportamiento de la facturación de acueducto (Usos industrial, comercial, oficial y especial) (2014 – 2015)	8-46
Figura 8 26 Metros cúbicos facturados de acueducto (Usos industrial, comercial, oficial y especial) (2014 – 2015).	8-46
Figura 8 27 Comportamiento de la facturación de acueducto (Uso residencial) (2014 – 2015).....	8-47
Figura 8 28 Metros cúbicos facturados de acueducto (Usos industrial, comercial, oficial y especial) (2014 – 2015).	8-47
Figura 8 29 Materiales de tubería en North End	8-49
Figura 8 30 Diámetro de tuberías en North End	8-50
Figura 8 31 Diámetro de tuberías en zona North End	8-50
Figura 8 32 Materiales de tubería zona rural	8-51
Figura 8 33 Diámetro de tuberías en zona Rural	8-51
Figura 8 34 Diámetro de tuberías en zona Rural	8-52
Figura 8 35 Localización de las válvulas de control de cada sector de la zona urbana (North End)....	8-54
Figura 8 36 Válvula reguladora de presión Sector Sarie Bay.....	8-55

Figura 8 37 Localización tanques de almacenamiento sector rural.....	8-56
Figura 8 38 Válvulas del sector San Luis.....	8-57
Figura 8 39 Válvulas del sector Cove.....	8-57
Figura 8 40 Válvulas en el tanque de la Loma.....	8-58
Figura 8 41 Localización de válvulas compuerta en mal estado.....	8-59
Figura 8 42 Índice de agua no contabilizada total - Zona urbana - Zona rural (Nov. 2014 - Ago. 2015).....	8-60
Figura 8 43 IANC total del sistema Enero 2010 - Octubre 2015	8-61
Figura 8 44 Sub-sectorización sector hotelero.....	8-62
Figura 8 45 ICUF en empresas prestadoras de servicio de acueducto en Colombia	8-65
Figura 8 46 Perfil de tubería principal sector hotelero - Gradiente hidráulico	8-68
Figura 8 47 Velocidad en las tuberías.....	8-68
Figura 8 48 Perfil de tubería principal sector Sarie Bay - Gradiente hidráulico	8-69
Figura 8 49 Velocidad en las tuberías.....	8-70
Figura 8 50 Perfil de tubería principal sector Centro - Gradiente hidráulico.....	8-71
Figura 8 51 Velocidad en las tuberías.....	8-71
Figura 8 52 Perfil de tubería principal sector Almendros - Gradiente hidráulico	8-72
Figura 8 53 Velocidad en las tuberías.....	8-72
Figura 8 54 Perfil de tubería principal sector Natania - Gradiente hidráulico.....	8-73
Figura 8 55 Velocidad en las tuberías.....	8-74
Figura 8 56 Red principal sector hotelero con insuficiencia de capacidad hidráulica	8-75
Figura 8 57 Red principal sector centro con insuficiencia de capacidad hidráulica	8-75
Figura 8 58 Red principal sector Natania con insuficiencia de capacidad hidráulica	8-76
Figura 8 59 Tramos de tuberías en asbesto cemento	8-77
Figura 8 60 Perfil de tubería principal sector San Luis Sur - Gradiente hidráulico.....	8-78
Figura 8 61 Modelación hidráulica de redes principales - Velocidad.....	8-78
Figura 8 62 Perfil de tubería principal sector San Luis Norte - Gradiente hidráulico	8-79
Figura 8 63 Perfil de tubería principal sector Cove Norte - Gradiente hidráulico	8-80
Figura 8 64 Perfil de tubería principal sector Cove Sur - Gradiente hidráulico.....	8-80
Figura 8 65 Modelación hidráulica de redes principales - Velocidad.....	8-81
Figura 8 66 Sectores modelados La Loma	8-82
Figura 8 67 Perfil de tubería principal - Gradiente hidráulico y esquema de velocidades en la tubería	8-83
Figura 8 68 Perfil de tubería principal - Gradiente hidráulico y esquema de velocidades en la tubería	8-84
Figura 8 69 Perfil de tubería principal - Gradiente hidráulico y esquema de velocidades en la tubería	8-84
Figura 8 70 Perfil de tubería principal - Gradiente hidráulico y esquema de velocidades en la tubería	8-85
Figura 8 71 Perfil de tubería principal - Gradiente hidráulico y esquema de velocidades en la tubería	8-86
Figura 8 72 Red principal sector Loma con insuficiencia de capacidad hidráulica	8-86
Figura 8 73 Red principal sector Loma con insuficiencia de capacidad hidráulica	8-87
Figura 8 74 Tramos de tuberías en asbesto cemento	8-87
Figura 8 75 Tramos de tuberías en asbesto cemento	8-88
Figura 9 1 Perímetro de servicio de alcantarillado sanitario concesionado a Proactiva Aguas del Archipiélago S.A. E.S.P	9-1
Figura 9 2 Conformación de los distritos actuales del sistema de alcantarillado sector North End. Fuente: Catastro de redes Proactiva.	9-2
Figura 9 3 Redes de Alcantarillado Sanitario Distrito 1	9-5
Figura 9 4 Redes de Alcantarillado Sanitario por diámetro Distrito 1	9-7
Figura 9 5 Redes de Alcantarillado Sanitario por material Distrito 1	9-7
Figura 9 6 Red principal de alcantarillado sanitario, Perfil 1 Distrito 1. Planta	9-9
Figura 9 7 Tramos que no cumplen el chequeo de capacidad hidráulica. Perfil 1 Distrito 1. Planta... 11	9-

Figura 9 8 Red principal de alcantarillado sanitario, Perfil 2 Distrito 1. Planta	9-12
Figura 9 9 Tramos que no cumplen el chequeo de capacidad hidráulica. Perfil 2 Distrito 1. Planta... 9-13	
Figura 9 10 Red principal de alcantarillado sanitario, Perfil 3 Distrito 1. Planta..... 9-14	
Figura 9 11 Tramos que no cumplen el chequeo de capacidad hidráulica. Perfil 3 Distrito 1. Planta 9-15	
Figura 9 12 Red principal de alcantarillado sanitario, Perfil 4 Distrito 1. Planta..... 9-16	
Figura 9 13 Tramos que no cumplen el chequeo de capacidad hidráulica. Perfil 4 Distrito 1. Planta 9-17	
Figura 9 14 Red principal de alcantarillado sanitario, Perfil 5 Distrito 1. Planta..... 9-18	
Figura 9 15 Tramos que no cumplen el chequeo de capacidad hidráulica. Perfil 5 Distrito 1. Planta 9-19	
Figura 9 16 Distrito de Alcantarillado Sanitario 2	9-20
Figura 9 17 Redes de Alcantarillado Sanitario por diámetro Distrito 2	9-22
Figura 9 18 Redes de Alcantarillado Sanitario por material Distrito 2	9-22
Figura 9 19 Red principal de alcantarillado sanitario. Perfil 1 Distrito 2. Planta..... 9-25	
Figura 9 20 Tramos que no cumplen el chequeo de capacidad hidráulica. Perfil 1 Distrito 2. Planta 9-27	
Figura 9 21 Red principal de alcantarillado sanitario. Perfil 2 Distrito 2. Planta..... 9-28	
Figura 9 22 Tramos que no cumplen el chequeo de capacidad hidráulica. Perfil 2 Distrito 2. Planta 9-29	
Figura 9 23 Red principal de alcantarillado sanitario. Perfil 3 Distrito 2. Planta..... 9-31	
Figura 9 24 Tramos que no cumplen el chequeo de capacidad hidráulica. Perfil 3 Distrito 2. Planta 9-32	
Figura 9 25 Distrito de Alcantarillado Sanitario 3	9-33
Figura 9 26 Redes de Alcantarillado Sanitario por diámetro Distrito 3	9-35
Figura 9 27 Redes de Alcantarillado Sanitario por material Distrito3	9-35
Figura 9 28 Red principal de alcantarillado sanitario, Perfil 1 Distrito 3. Planta..... 9-37	
Figura 9 29 Tramos que no cumplen el chequeo de capacidad hidráulica. Perfil 1 Distrito 3. Planta 9-39	
Figura 9 30 Red principal de alcantarillado sanitario, Perfil 2 Distrito 3. Planta..... 9-40	
Figura 9 31 Tramos que no cumplen el chequeo de capacidad hidráulica. Perfil 2 Distrito 3. Planta 9-41	
Figura 9 32 Red principal de alcantarillado sanitario, Perfil 3 Distrito 3. Planta..... 9-43	
Figura 9 33 Tramos que no cumplen el chequeo de capacidad hidráulica. Perfil 3 Distrito 3. Planta 9-45	
Figura 9 34 Porcentaje de redes principales analizadas que no tienen capacidad hidráulica	9-46
Figura 9 35 Porcentaje de redes principales analizadas que no tienen capacidad hidráulica	9-46
Figura 9 36 Distrito de Alcantarillado Sanitario 4	9-47
Figura 9 37 Redes diseñadas en el Distrito 4, discriminadas por diámetro.	9-48
Figura 9 38 Redes de alcantarillado sanitario proyectadas en el diseño del Distrito 4 por sector.	9-49
Figura 9 39 Porcentaje de instalación de la tubería. Informe 91 Marzo de 2016	9-50
Figura 9 40 Avance en la instalación de la tubería, Programado Vs Ejecutado. Informe 91 Marzo de 2016.....	9-50
Figura 9 41 Avance instalación de tubería por mes. Distrito 4	9-51
Figura 9 42 Barrios el Cliff y Cocal. Distrito 4	9-52
Figura 9 43 Disposición de las viviendas en el barrio el Cliff. Distrito 47	9-52
Figura 9 44 Redes de Alcantarillado Sanitario por diámetro Distrito 4	9-54
Figura 9 45 Redes de Alcantarillado Sanitario por material Distrito 4	9-54
Figura 9 46 Localización descarga al mar y Pozo Café - Café	9-55
Figura 9 47 Excavación Estación de Bombeo No 4	9-61
Figura 9 48 Programación de mantenimiento de colectores de alcantarillado enero de 2016	9-74
Figura 9 49 Programación de mantenimiento de colectores de alcantarillado febrero de 2016	9-75
Figura 9 50 Zona rural por fuera del perímetro sanitario concesionado para el suministro del servicio de alcantarillado público, operado por la empresa Proactiva S.A.	9-85

Figura 9 51 Posibles usuarios de alcantarillado.....	9-86
Figura 9 52 Sectores con sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales no convencionales	9-90
Figura 9 53 Sectores con sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales no convencionales existentes, propuestos no ejecutados y propuestos por el PDRH-SAI 1.	9-91
Figura 9 54 Sectores con sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales no convencionales existentes, propuestos no ejecutados y propuestos por el PDRH-SAI 2.	9-92
Figura 9 55 Solución Sector Bottom House.....	9-94
Figura 9 56 Solución Sector Schooner Bight Planta.....	9-96
Figura 9 57 Sector Elsy Bar Planta	9-99
Figura 9 58 Sistema Ciudad Paraíso Planta	9-101
Figura 9 59 Sistema Ciudad Paraíso Planta	9-102
Figura 9 60 Sistema Ground Road Planta.....	9-104
Figura 9 61 Sistema Tom Hooker Planta	9-106
Figura 9 62 Sistema Court House Planta	9-107
Figura 9 63 Sistema de captación y distribución de aguas lluvias	9-114
Figura 9 64 Valores de pH reportados en los monitoreos realizados	9-119
Figura 9 65 Valores de DBO reportados en los monitoreos realizados	9-120
Figura 9 66 Valores de SST reportados en los monitoreos realizados	9-121
Figura 9 67 Valores de OD reportados en los monitoreos realizados	9-121
Figura 9 68 Valores de nitritos y nitratos reportados en los monitoreos realizados.....	9-122
Figura 9 69 Valores de fosfatos reportados en los monitoreos realizados	9-122
Figura 9 70 Valores de conductividad y temperatura reportados en los monitoreos realizados. 9-123	
Figura 9 71 Resultados de DBO	9-125
Figura 9 72 Resultados de SST.....	9-125
Figura 9 73 Resultados de DQO.....	9-126
Figura 9 74 Vertimientos de aguas sobre la zona litoral de San Andrés	9-127
Figura 10 1 Áreas de cobertura del servicio año 2007.	10-2
Figura 10 2 Subcuenca divididas en cada gran sector de drenaje.	10-3
Figura 10 3 Infraestructura para el manejo y evacuación de las aguas lluvias según el diagnóstico del plan maestro.	10-4
Figura 10 4 Zonas de inundación identificadas en la zona urbana de San Andrés, según el Plan Maestro.....	10-5
Figura 10 5 Infraestructura proyectada según el plan maestro.	10-15
Figura 10 6 Obras construidas hasta la fecha para el manejo de aguas lluvias	10-18
Figura 10 7 Canales construidos barrio obrero y almendros	10-19
Figura 11 1. Delimitación de la cuenca El Cove	11-2
Figura 12 1 Sur -Este asiático y la Ciudad -Estado de Singapur	12-5
Figura 12 2 Localización del Condado de Suffolk, Nueva York con sotas sobre el estuario Long Island	12-12
Figura 12 3 Modelo calibrado tridimensional de aguas subterráneas y de intrusión marina, del área del condado de Suffolk	12-14
Figura 12 4 Tiempos de viaje hasta la línea de costa, de la precipitación que cae desde las tierras altas viajando a través del acuífero, y descargando en las corrientes, bahías y la línea de costa	12-15
Figura 12 5 Impactos sobre el nivel de la lámina de agua en el acuífero debido a una elevación de 0.86m en el nivel del mar. (Arriba) Zona central de Suffolk. (Abajo) Zona Sur	12-16
Figura 12 6 Localización general de los Estados-Isla del Caribe	12-20
Figura 12 7 Localización general de Las Bahamas.....	12-21
Figura 12 8 Localización general de Jamaica	12-24
Figura 12 9 Antes de 1972, el Departamento de Salud del Condado de Suffolk permitía la construcción de pozos sépticos sin fondo según el detalle mostrado.	12-26
Figura 13 1 Esquema general del sistema de recursos hídricos existentes en la Isla de San Andrés	13-
3	

Figura 13 2 Localización de pozos para columnas estratigráficas y perfiles geológicos de la isla de San Andrés..... 13-29

Lista de Tablas

Tabla 2 1 Equipo profesional involucrado en el Producto 2	2-5
Tabla 3 1 Normatividad General.	3-3
Tabla 3 2 Normatividad Agua para consumo humano.	3-5
Tabla 3 3 Normatividad Agua Subterránea.	3-6
Tabla 3 4 Normatividad Vertimientos.	3-6
Tabla 3 5 Normatividad Tarifas servicios públicos.	3-7
Tabla 3 6 Normatividad tasas por utilización de agua.	3-8
Tabla 3 7 Normatividad tasas retributivas.	3-8
Tabla 3 8 Normatividad Medio Marino.	3-9
Tabla 3 9 Normatividad residuos ordinarios y peligrosos.	3-9
Tabla 3 10 Normatividad Fauna y Flora.	3-10
Tabla 3 11 Normatividad Cuencas Hidrográficas.	3-10
Tabla 3 12 Otros documentos y guías técnicas.	3-11
Tabla 3 13 Marco Jurídico a nivel Nacional	3-12
Tabla 3 14 Marco Jurídico a nivel local - Gobernación.....	3-18
Tabla 3 15 Marco jurídico a nivel local - CORALINA	3-18
Tabla 3 16 Marco Jurídico a nivel local - PROACTIVA.....	3-19
Tabla 3 17 Decisiones judiciales - Radicado 88001-23-31-000-2012-00001-01	3-20
Tabla 4 1 Población en el departamento y en San Andrés 1985 – 2013.	4-1
Tabla 4 2 Población total registrada según pertenencia étnica en San Andrés	4-2
Tabla 4 3 Usuarios de energía, diciembre de 2014	4-3
Tabla 4 4 Distribución de empleos por actividad económica en San Andrés, 2014.....	4-4
Tabla 4 5 Transferencia del sistema general de participaciones, septiembre 2015.	4-7
Tabla 4 6 transferencia del sistema general de regalías SGR bieno 2015—2016. Recursos asignados al departamento.....	4-7
Tabla 4 7 Saldos disponibles para inversión de los recursos del GR 2015-2016	4-8
Tabla 4 8 recursos propios del departamento	4-8
Tabla 4 9 Fuentes para inversiones consideradas en el plan nacional de desarrollo 2015-2018.	
Inversiones en infraestructura de acueducto y saneamiento básico departamento archipiélago de San Andrés. Providencia y Santa Catalina	4-9
Tabla 4 10 Programa San Andrés, Providencia y Santa Catalina - Etapa 2.	4-9
Tabla 4 11 PDA en San Andrés - Recursos disponibles	4-10
Tabla 4 12 Ejecución de PAEI 2014	4-11
Tabla 4 13 Recursos por componente y fuente – PAEI 2014.....	4-12
Tabla 4 14 Recursos por componente y fuente – PAEI 2015.....	4-12
Tabla 4 15 Tarifas vigentes a Junio de 2015 en San Andrés.....	4-14
Tabla 4 16 Porcentaje de cobertura de servicios público en San Andrés	4-18
Tabla 4 17 Tarifas PROACTIVA 2015 por uso y estrato	4-32
Tabla 4 18 Costo del agua según proveedor.....	4-32
Tabla 5 1 Resultados censos archipiélago de San Andrés y Providencia	5-1
Tabla 5 2 Población estimada para el año 2015, con base en los usuarios de la empresa de energía 2	5-2
Tabla 5 3 Distribución de la población año 2015.....	5-2
Tabla 5 4 Población residente estimada para cálculo de demanda	5-3
Tabla 5 5 Proyección de población - Método Aritmético - Geométrico - Exponencial.....	5-6
Tabla 5 6 Asignación del nivel de complejidad	5-7
Tabla 5 7 Asignación del periodo de diseño máximo según el nivel de complejidad.....	5-7
Tabla 5 8 Dotación neta máxima según clima y nivel de complejidad.	5-8
Tabla 5 9 Índice de agua no contabilizada	5-12
Tabla 5 10 Caudal medio diario actual (2015)	5-13
Tabla 5 11 Coeficiente de consumo máximo diario k1, según nivel de complejidad del sistema....	5-14

Tabla 5 12 Coeficiente de consumo máximo diario k2, según nivel de complejidad del sistema y tipo de red de distribución.	5-15
Tabla 5 13 Caudal máximo horario por tipo de red a analizar	5-15
Tabla 6 1 Estaciones climatológicas del IDEAM en San Andrés.	6-3
Tabla 6 2 Estaciones meteorológicas San Andrés y parámetros medidos	6-4
Tabla 7 1 Normatividad aplicable.	7-1
Tabla 7 2 Características físicas generales de los pozos de abastecimiento de la PTAP Duppy Gully. 7-2	
Tabla 7 3 Volumen total anual de captación por pozo desde enero del 2011 hasta octubre del 2015 7-3	
Tabla 7 4 Calidad promedio anual agua pozos de abastecimiento 3, 4, 6, 7 y 8	7-6
Tabla 7 5 Calidad promedio anual agua pozos de abastecimiento 10, 13, 14 y 15	7-6
Tabla 7 6 Calidad promedio anual agua pozos de abastecimiento 15A, 23, 25 y 27	7-6
Tabla 7 7 Promedio anuales parámetros fisicoquímicos agua cruda	7-13
Tabla 7 8 Variación del 90%ile mensual agua cruda PTAP Duppy Gully	7-14
Tabla 7 9 Carga de cloruros por pozo, totales anuales y concentración de cloruros promedio anual 7-14	
Tabla 7 10 Resumen parámetros agua cruda para evaluación de calidad de la fuente	7-15
Tabla 7 11 Caudal promedio por pozo y total para el 2014.	7-16
Tabla 7 12 Velocidad y tiempo de permanencia agua cruda en el canal de entrada	7-20
Tabla 7 13 Dimensiones típicas medidores Parshall W=9"	7-21
Tabla 7 14 Número de Froude para diferentes Q y relación Ha/W para las dimensiones dadas	7-21
Tabla 7 15 Consumo anual de productos químicos PTAP Duppy Gully	7-23
Tabla 7 16 tiempos de detención hidráulica en el floculador para diferentes caudales	7-26
Tabla 7 17 Evaluación floculador caudal de diseño	7-26
Tabla 7 18 Evaluación floculador caudal actual	7-27
Tabla 7 19 Evaluación floculador caudal dotaciones	7-27
Tabla 7 20 Evaluación floculador caudal Cuenca Cove	7-28
Tabla 7 21 Evaluación floculador caudal una sola línea	7-29
Tabla 7 22 Evaluación floculador caudal Cuenca Cove una sola línea	7-29
Tabla 7 23 Resultado evaluación sedimentadores	7-31
Tabla 7 24 Resultado de la evaluación de la filtración	7-34
Tabla 7 25 Parámetros para desinfección método concentración - tiempo	7-35
Tabla 7 26 Evaluación tiempo de contacto para desinfección.	7-36
Tabla 7 27 Calidad promedio tanque agua tratada PTAP Duppy Gully	7-36
Tabla 7 28 Porcentajes de remoción de los parámetros fisicoquímicos planta Duppy Gully.	7-39
Tabla 7 29 Consumo anual de energía PTAP Duppy Gully	7-40
Tabla 7 30 Uso de la cal empleada en la PTAPP Duppy Gully (enero 2011-octubre 2015)	7-42
Tabla 7 31 Captación y producción anual promedio en la desaladora	7-48
Tabla 7 32 Parámetros de diseño desaladora Lox Bight	7-49
Tabla 7 33 Calidad agua captada para desalar planta Lox Bight (datos promedio)	7-50
Tabla 7 34 Variación calidad agua captada para desalar Planta Lox Bight (Datos 90%ile)	7-51
Tabla 7 35 Parámetros de diseño filtros rápidos	7-54
Tabla 7 36 Comparación parámetros de diseño de filtros multimedia	7-54
Tabla 7 37 Propiedades físicas requeridas en los medios granulares utilizados en Lox Bight	7-55
Tabla 7 38 Calidad de efluente 1 (bajo condiciones de sólidos disueltos totales 23719.4 mg/l TDS) 7-57	
Tabla 7 39 Calidad de efluente 2 (alto contenido de sólidos disueltos totales 34380.92 mg/L TDS) . 7-58	
Tabla 7 40 Comparación de criterios adoptados y criterios de diseño recomendados	7-59
Tabla 7 41 Comparación de criterios adoptados y criterios de diseño recomendados	7-59
Tabla 7 42 Comparación de criterios adoptados y criterios de diseño recomendados	7-60
Tabla 7 43 calidad de agua abril 2014	7-62
Tabla 7 44 calidad de agua septiembre de 2015	7-63
Tabla 7 45 comparación de simulación Abril 2014 con parámetros medidos	7-63

Tabla 7 46 Comparación de simulación septiembre 2015 con parámetros medidos	7-64
Tabla 7 47 calidad agua desalada Planta Lox Bight (datos promedio)	7-68
Tabla 7 48 calidad de agua desalada Planta Lox Bight (datos 90%ile)	7-69
Tabla 7 49 Consumo de energía desaladora Lox Bight	7-70
Tabla 7 50 Consumo de reactivos desaladora Lox Bight	7-72
Tabla 7 51 Costos de productos químicos usados en Lox Bight.....	7-72
Tabla 8 1 Almacenamiento de agua subsistema urbano	8-3
Tabla 8 2 Almacenamiento de agua subsistema rural.....	8-5
Tabla 8 3 Comparación de cumplimiento de parámetros El Cliff.....	8-10
Tabla 8 4 Comparación de cumplimiento de parámetros - Sector La Loma.....	8-15
Tabla 8 5 Comparación de cumplimiento de parámetros - Sector San Luis	8-18
Tabla 8 6 Comparación de cumplimiento de parámetros	8-22
Tabla 8 7 Sistemas de conducción	8-24
Tabla 8 8 Análisis de diámetro económico para las tuberías de conducción	8-25
Tabla 8 9 Velocidades en tuberías de conducción	8-26
Tabla 8 10 Tanques de Almacenamiento del Cliff.....	8-27
Tabla 8 11 Almacenamiento operativo actual del Cliff	8-28
Tabla 8 12 Caudales de demanda por sector en zona urbana (North End)	8-28
Tabla 8 13 Almacenamiento operativo actual zona rural	8-30
Tabla 8 14 Caudales de demanda por sector en zona rural	8-31
Tabla 8 15 Análisis de capacidad de almacenamiento zona rural	8-31
Tabla 8 16 Área de cada sector	8-41
Tabla 8 17 Área de cada sector	8-43
Tabla 8 18 Usuarios por sector y tipo de uso	8-43
Tabla 8 19 Unidades de vivienda por sector	8-44
Tabla 8 20 Número de usuario Vs. Número de unidades de vivienda por sector	8-44
Tabla 8 21 Índice de micromedición nominal	8-45
Tabla 8 22 Longitud de tuberías por material y diámetro	8-48
Tabla 8 23 Descripción de la continuidad del servicio de acueducto	8-52
Tabla 8 24 Programación de abastecimiento de agua potable por zonas. Proactiva	8-53
Tabla 8 25 IANC por sector en la zona urbana (North End)	8-60
Tabla 8 26 IANC por sector en la zona rural.....	8-61
Tabla 8 27 Caudales máximo horarios por sector	8-67
Tabla 9 1 Longitud redes de alcantarillado sanitario existentes	9-4
Tabla 9 2 Redes de alcantarillado sanitario existentes en el Distrito 1	9-6
Tabla 9 3 Redes principales de alcantarillado sanitario existentes en el Distrito 1	9-8
Tabla 9 4 Red principal de alcantarillado sanitario, Perfil 1 Distrito 1	9-9
Tabla 9 5 Chequeo capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo. Perfil 1 Distrito 1	9-10
Tabla 9 6 Red principal de alcantarillado sanitario, Perfil 2 Distrito 1	9-11
Tabla 9 7 Chequeo capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo. Perfil 2 Distrito 1	9-12
Tabla 9 8 Red principal de alcantarillado sanitario, Perfil 3 Distrito 1	9-13
Tabla 9 9 Chequeo capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo. Perfil 2 Distrito 1	9-14
Tabla 9 10 Red principal de alcantarillado sanitario, Perfil 4 Distrito 1	9-15
Tabla 9 11 Chequeo capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo. Perfil 4 Distrito 1	9-16
Tabla 9 12 Red principal de alcantarillado sanitario, Perfil 5 Distrito 1	9-17
Tabla 9 13 Chequeo capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo. Perfil 5 Distrito 1	9-18
Tabla 9 14 Redes de alcantarillado sanitario existentes en el Distrito 2	9-21
Tabla 9 15 Redes principales de alcantarillado sanitario existentes en el Distrito 2	9-23
Tabla 9 16 Red principal de alcantarillado sanitario, Perfil 1 Distrito 2	9-23

Tabla 9 17 Chequeo capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo.	
Perfil 4 Distrito 1	9-25
Tabla 9 18 Red principal de alcantarillado sanitario, Perfil 2 Distrito 2	9-27
Tabla 9 19 Chequeo capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo.	
Perfil 4 Distrito 1	9-28
Tabla 9 20 Red principal de alcantarillado sanitario. Perfil 3 Distrito 2	9-30
Tabla 9 21 Chequeo capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo.	
Perfil 3 Distrito 2	9-31
Tabla 9 22 Redes de alcantarillado sanitario existentes en el Distrito 3	9-34
Tabla 9 23 Redes de alcantarillado sanitario existentes en el Distrito 3	9-36
Tabla 9 24 Red principal de alcantarillado sanitario, Perfil 1 Distrito 3	9-36
Tabla 9 25 Chequeo capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo.	
Perfil 1 Distrito 3	9-38
Tabla 9 26 Red principal de alcantarillado sanitario, Perfil 2 Distrito 3	9-39
Tabla 9 27 Chequeo capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo.	
Perfil 2 Distrito 3	9-40
Tabla 9 28 Red principal de alcantarillado sanitario, Perfil 3 Distrito 3	9-42
Tabla 9 29 Chequeo capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo.	
Perfil 3 Distrito 3	9-43
Tabla 9 30 Longitud y porcentaje de redes principales que no tienen capacidad hidráulica	9-45
Tabla 9 31 Longitud y porcentaje de redes principales que no cumplen con la fuerza tractiva mínima requerida por norma	9-46
Tabla 9 32 Redes de alcantarillado sanitario proyectadas en el diseño del Distrito 4	9-48
Tabla 9 33 Longitud de redes de alcantarillado sanitario proyectadas en el diseño del Distrito 4 por sector.....	9-48
Tabla 9 34 Avance en la instalación de la tubería. Informe 91 Marzo de 2016	9-50
Tabla 9 35 Redes de alcantarillado sanitario existentes en el Distrito 4	9-53
Tabla 9 36 Cronograma de mantenimiento preventivo y correctivo de alcantarillado año 2016 ..	9-73
Tabla 9 37 Cronograma de mantenimiento preventivo Estación de bombeo ARD No. 1.	9-79
Tabla 9 38 Cronograma de mantenimiento preventivo Estación de bombeo ARD No. 2.	9-80
Tabla 9 39 Cronograma de mantenimiento preventivo Estación de bombeo ARD No. 3.	9-81
Tabla 9 40 Sitios seleccionados para la implementación de soluciones individuales para la gestión de las aguas residuales.....	9-88
Tabla 9 41 Resultados obtenidos en ambos programa (CORALINA y Proactiva S.A.).....	9-119
Tabla 9 42 Valores promedio obtenidos en el periodo comprendido entre 2012 y 2015, para los parámetros pH, DQO, DBO, SST, Cadmio, Cromo, Mercurio y Plomo	9-123
Tabla 10 1 Evaluación capacidad hidráulica canales existentes según plan maestro.	10-6
Tabla 10 2 Características estaciones de bombeo existentes según el Plan Maestro	10-8
Tabla 10 3 Evaluación hidráulica de las estaciones de bombeo existentes según el Plan Maestro	10-8
Tabla 10 4 Obras proyectadas cuenca Barrio Obreros	10-10
Tabla 10 5 Obras proyectadas cuenca Almendros Cajasai	10-10
Tabla 10 6 Obras Proyectadas cuenca Juan XXIII	10-11
Tabla 10 7 Obras Proyectadas cuenca Gobernación Asamblea	10-11
Tabla 10 8 Proyectadas cuenca Humedal - Américas	10-11
Tabla 10 9 Proyectadas Cuenca Sunrise Park.....	10-12
Tabla 10 10 Obras Proyectadas cuenca Yokohama.....	10-12
Tabla 10 11 Obras Proyectadas cuenca Club Náutico	10-12
Tabla 10 12 Obras Proyectadas cuenca Duarte Blum.....	10-12
Tabla 10 13 Obras Proyectadas cuenca Costa Rica.....	10-12
Tabla 10 14 Obras Proyectadas cuenca Los Profesores.....	10-13
Tabla 10 15 Obras Proyectadas cuenca Simpson Well.....	10-13
Tabla 10 16 Obras Proyectadas cuenca Ideam.....	10-13
Tabla 10 17 Obras Proyectadas cuenca Bight.....	10-13
Tabla 10 18 Obras Proyectadas cuenca Sarie bay.....	10-14
Tabla 10 19 Obras Proyectadas cuenca Red Ground	10-14

Tabla 10 20 Obras Proyectadas cuenca Red Ground	10-14
Tabla 10 21 Estado actual estaciones de bombeo sistema pluvial	10-17
Tabla 10 22 Obras construidas según lo planteado en el Plan Maestro	10-18
Tabla 11 1. Zonas donde se presentan afectaciones ambientales asociadas al manejo actual del recurso hídrico	11-1
Tabla 11 2. Programa de monitoreo establecido en la Resolución 017 de 2012, art. 1, literal c .	11-10
Tabla 11 3. Comparación de los promedios anuales con la Resolución 631 de 2015, artículo 8 .	11-11
Tabla 13 1 Software que permiten modelar flujo y transporte y sus aplicaciones	13-28

Lista de Fotos

Foto 4 1 Cisterna construida en el barrio La Loma.....	4-33
Foto 4 2 Pozos y desagües, instalaciones típicas en San Andres.....	4-34
Foto 7 1 Pozo Pz6 ubicado en los precios de la planta Duppy Gully.....	7-4
Foto 7 2 Panorámica planta de tratamiento Duppy Gully.....	7-16
Foto 7 3 Panorámica tanque de recepción agua, regleta para medición de nivel.....	7-17
Foto 7 4 Caseta de Bombeo agua cruda, estación de bombeo.....	7-18
Foto 7 5 Canal de Ingreso y canaleta Parshall para aplicación de químicos	7-18
Foto 7 6 Tolva para preparación de CAL, punto de aplicación de CAL en la canaleta Parshall.	7-19
Foto 7 7 Tanque preparación sulfato de aluminio, dosificador.....	7-19
Foto 7 8 Punto aplicación de químicos, planta Duppy Gully	7-22
Foto 7 9 Ingreso a las unidades de floculación, cámara de floculadores, salida y canal agua flokulada.	7-25
Foto 7 10 Unidad de sedimentación, canal de agua sedimentada.....	7-31
Foto 7 11 Ingreso de agua a unidad de filtración, batería de filtros.	7-33
Foto 7 12 Izquierda: Filtro sin lavar (terminando carrera), Derecha: filtro recién lavado (iniciando carrera)	7-33
Foto 7 13 Caseta de cloración, detalle bomba dosificadora	7-34
Foto 7 14 Pozos de abastecimiento desaladora	7-47
Foto 7 15 Sistema de filtración multimedia	7-53
Foto 7 16 Foto Skid de osmosis inversa y membrana.....	7-56
Foto 8 1 Sistema de aprovechamiento de agua subterránea en vivienda	8-2
Foto 8 2 Sistema típico de recolección de agua lluvias	8-3
Foto 8 3 Sistema de bombeo Planta desalinizadora - El Cliff.....	8-7
Foto 8 4 Sitios para medición de caudal y presión en el sistema de bombeo de Lox Bight	8-23
Foto 8 5 Sitios para medición de caudal y presión en el sistema de bombeo de Lox Bight	8-23
Foto 8 6 Tanques de Almacenamiento del Cliff.....	8-27
Foto 8 7 Caja de válvulas a la salida de los tanques del Cliff	8-29
Foto 8 8 Fotografías tanques de La Loma, San Luis y Cove	8-30
Foto 8 9 Fuga en la base de la bomba No 2 - Sistema de Bombeo Lox Bight	8-33
Foto 8 10 Sistema de Bombeo Duppy Gully	8-33
Foto 8 11 Tanques de almacenamiento del Cliff	8-35
Foto 8 12 Fotografías tanques de almacenamiento de Duppy Gully y La Loma	8-36
Foto 8 13 Tanque San Luis y Tanque El Cove	8-37
Foto 8 14 Imágenes de las inspecciones con CCTV	8-62
Foto 9 1 Pozo 2-118, pozo Café - Café. Esquina Avenida Colombia con Carrera 1B. Encharcamiento generado por rebose del pozo 2-118	9-56
Foto 9 2 Esquina Café -Café, Edificio Hansa Coral. Pozo 2-118	9-56
Foto 9 3 Pozo húmedo Estación de Bombeo No 1	9-58
Foto 9 4 Estación de Bombeo No 2	9-59
Foto 9 5 Estación de Bombeo No 3	9-60
Foto 9 6 Estado Estación de Bombeo No 4	9-60
Foto 9 7 Estación de bombeo 1	9-62
Foto 9 8 Muros estación de bombeo 1	9-62
Foto 9 9 Equipos estación de bombeo 1	9-63
Foto 9 10 Equipos estación de bombeo 1	9-63
Foto 9 11 Red de impulsión estación de bombeo 1	9-63
Foto 9 12 Tapas superiores del pozo húmedo. Estación de bombeo 1	9-64
Foto 9 13 Soporte para izar o mover las bombas. Estación de bombeo 1	9-64
Foto 9 14 Estación de bombeo 2	9-65

Foto 9 15 Muros y escalera pozo húmedo. Estación de bombeo 2	9-65
Foto 9 16 Pozo húmedo. Estación de bombeo 2	9-66
Foto 9 17 Escalera pozo seco. Estación de bombeo 2	9-66
Foto 9 18 Pozo seco. Estación de bombeo 2	9-66
Foto 9 19 Inspección visual de estación de bombeo 2	9-67
Foto 9 20 Inspección visual muros y vigas pozo seco. Estación de bombeo 2	9-67
Foto 9 21 Filtro de olores. Estación de bombeo 2	9-67
Foto 9 22 Nueva construcción. Estación de bombeo 2	9-68
Foto 9 23 Estación de bombeo 3	9-68
Foto 9 24 Rejillas, parte superior del pozo húmedo. Estación de bombeo 3	9-69
Foto 9 25 Pozo húmedo. Estación de bombeo 3	9-69
Foto 9 26 Equipos. Estación de bombeo 3	9-69
Foto 9 27 Estación de bombeo 3	9-70
Foto 9 28 Mantenimiento con Rotosonda sector peatonal	9-76
Foto 9 29 Primer Tramo - Interfase Tierra Mar	9-82
Foto 9 30 Sistema de Lastres	9-83
Foto 9 31 Tramo final	9-83
Foto 9 32 Sector Bottom House	9-95
Foto 9 33 Sector Schooner Bight	9-98
Foto 9 34 Sector Elsy Bar	9-100
Foto 9 35 Sistema Ciudad Paraíso	9-103
Foto 9 36 Sistema Ground Road	9-105
Foto 9 37 Sistema Tom Hooker	9-106
Foto 9 38 Sistema Court House	9-108
Foto 9 39 Datos de monitoreo 2010	9-110
Foto 9 40 Descarga de aguas domésticas procedentes de pozos sépticos	9-112
Foto 9 41 Estado actual PTAR KROFTA	9-116
Foto 9 42 Llegada impulsión del emisario submarino al mar	9-117
Foto 9 43 Tubería de descarga al mar	9-127
Foto 9 44 Tubería de descarga al mar	9-128
Foto 9 45 Compuerta de control. Tubería de descarga al mar	9-128
Foto 9 46 Punto de descarga de lodos	9-129
Foto 9 47 Punto de descarga de lodos	9-129
Foto 11 1. Lechos de secado PTAP Duppy Gully	11-3
Foto 11 2. Disposición de lodos generados en la PTAP Duppy Gully	11-3
Foto 11 3. Limpieza de las zonas afectadas por el vertimiento de los lodos	11-4
Foto 11 4. Disposición incorrecta de residuos en la cuenca El Cove	11-4
Foto 11 5. Terrenos deforestados en la cuenca El Cove	11-5
Foto 11 6. Descarga del agua al mar del agua de rechazo de la planta desalinizadora Lox Bight	11-6
Foto 11 7. Punto de descarga de lodos en el Km 3, sector Morris Landing	11-7
Foto 11 8. Descarga del lodo al mar	11-8
Foto 11 9. Emisario submarino	11-9
Foto 11 10. Sistemas de manejo integral del agua instalado en Schooner Bight	11-13
Foto 11 11. Problemática ambiental de los sistemas individuales de tratamiento de agua residual doméstica	11-14
Foto 11 12. Conexiones erradas con vertimientos al mar	11-15
Foto 11 13. Relleno Sanitario Magic Garden	11-16
Foto 11 14. Piscina de lixiviados contigua al Área 4	11-17
Foto 11 15. Contaminación por lixiviados de un Gully	11-17
Foto 11 16. Alistamiento del área 5	11-18
Foto 11 17. Zona de rebose del Alcantarillado Sanitario, Café - Café	11-20
Foto 12 1 Aspecto general del embalse Macritchie. Construido en 1922	12-6
Foto 12 2 Planta de tratamiento NEWater en Krangi	12-8
Foto 12 3 Aspecto general de inundación Bradell Road, Singapur. Diciembre de 1978	12-10

Lista de Anexos

- Anexo 3 1 Relación De Cláusulas Del Contrato De Operación Del 8 De Septiembre De 2005**
- Anexo 3 2 Relación Cláusulas objeto de cambio Del Contrato De Operación Del 8 De Septiembre 2005**
- Anexo 3 3 Estudios requeridos para la etapa de estudios complementarios**
- Anexo 4 1 Documento CONPES 179**
- Anexo 4 2 Metodología para la realización de las encuestas**
- Anexo 6 1 Hidrogeología.**
- Anexo 7 1 Criterios de evaluación Plantas de tratamiento.**
- Anexo 7 2 Valores mensuales de captación pozos abastecimiento Planta Duppy Gully, volumen diario promedio y volumen total por pozo para el periodo enero 2011 a octubre 2015**
- Anexo 7 3 Valores mensuales promedio calidad agua para el periodo enero 2011 a octubre 2015
Pozos abastecimiento Planta Duppy Gully**
- Anexo 7 4 Valores 90 %ile mensuales calidad agua para el periodo enero 2011 a octubre 2015 Pozos abastecimiento Planta Duppy Gully**
- Anexo 7 5 Valores mensuales promedio para el periodo enero 2011 a octubre 2015. Planta Duppy Gully**
- Anexo 7 6 Valores 90 %ile mensuales desde 2011 a octubre 2015 Planta Duppy Gully**
- Anexo 7 7 Hojas de cálculo evaluación PTAP Duppy Gully**
- Anexo 7 8 Valores de consumo mensual Productos Químicos PTAP Duppy Gully**
- Anexo 7 9 Valores mensuales de consumo y tarifa de mensual de energía en PTAP Duppy Gully**
- Anexo 7 10 Valores y variación mensuales de captación y producción Desaladora Lox Bight**
- Anexo 7 11 Registros de operación Pozo C Desaladora Lox Bight (periodo enero del 2011 a noviembre 2015)**
- Anexo 7 12 Registros de operación Desaladora Lox Bight**
- Anexo 7 13 Valores mensuales calidad de agua cruda Desaladora Lox Bight**
- Anexo 7 14 Valores mensuales Calidad Agua desalada Desaladora Lox Bight**
- Anexo 7 15 Valores Consumo de energía desaladora Lox Bight**
- Anexo 7 16 Datos mensuales de consumo de químicos usados en Desaladora Lox Bight**
- Anexo 7 17 Requerimientos de diseño en Filtros Multimedia Desaladora Lox Bight**
- Anexo 7 18 Ficha técnica membrana osmosis inversa planta Desaladadora Lox Bight**
- Anexo 7 19 Resultados detallados de las simulaciones para validación del diseño.**
- Anexo 7 20 Resultados detallados de las simulaciones bajo condiciones reales de operación en escenarios máximos (salinidad real medida y caudal de diseño).**
- Anexo 7 21 Valores IRCA y nivel de riesgo para agua potable San Andrés (Periodo 2007 - 2013)**
- Anexo 7 22 Revisión y análisis de los registros de mantenimiento efectuados en la desaladora en los últimos dos años**
- Anexo 8 - 1 Memorias de cálculo revisión de funcionamiento de sistemas de bombeo**
- Anexo 8 - 2 Esquema red principal de acueducto del sector Hotelero**
- Anexo 8 - 3 Esquema red principal de acueducto del sector Sarie Bay**
- Anexo 8 - 4 Esquema red principal de acueducto del sector Centro**
- Anexo 8 - 5 Esquema red principal de acueducto del sector Almendros**
- Anexo 8 - 6 Esquema red principal de acueducto del sector Natania**
- Anexo 9 1 Mapa 1 Plano General de Alcantarillado**
- Anexo 9 2 Mapa 2 Distritos y Redes de Alcantarillado**
- Anexo 9 3 Mapa 3 Alcantarillado Diámetro Distritos**
- Anexo 9 4 Mapa 4 Alcantarillado Materiales Distritos**
- Anexo 9 5 Mapa 5 Perfiles Distrito 1**
- Anexo 9 6 Mapa 6 Perfiles Distrito 2**
- Anexo 9 7 Mapa 7 Perfiles Distrito 3**
- Anexo 9 8 Perfil 1 D1**
- Anexo 9 9 Perfil 2 D1**
- Anexo 9 10 Perfil 3 D1**

Anexo 9 11 Perfil 1 D2-1

Anexo 9 12 Perfil 1 D2-2

Anexo 9 13 Perfil 2 D2

Anexo 9 14 Perfil 3 D2

Anexo 9 15 Perfil 1 D3

Anexo 9 16 Perfil 2 D3

Anexo 9 17 Perfil 3 D3

Anexo 9 18 Chequeo capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo

Anexo 11 1 Identificación de afectaciones ambientales

Sección 1.

INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción

Como parte de la estrategia de reafirmación de la soberanía nacional en el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, la Presidencia de la República adelanta actualmente en este Departamento el Programa de Apoyo al Desarrollo Sostenible del Departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

El segundo componente de dicho programa interviene en la provisión y acceso a los servicios de agua y saneamiento. Bajo este componente se financiarán acciones tendientes a mejorar la calidad de la prestación de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado de aguas residuales y alcantarillado de aguas lluvias, garantizando un aprovechamiento sostenible de las fuentes y la minimización de descargas a las áreas receptoras. Una de las herramientas identificadas para el logro de este objetivo es el desarrollo de los estudios correspondientes a la Elaboración del Plan Director del Recurso Hídrico en la Isla de San Andrés - PDRH.

El PDRH articula la información técnica generada y la visión de los sectores institucional, social y normativo vinculados en la estrategia de gestión y aprovechamiento sostenible del recurso hídrico; conformando una herramienta de planificación viva y dinámica que apoya desde una base técnica la toma de decisiones confiables sobre estrategias, prioridades e inversiones necesarias para propender por la estabilidad y conservación ambiental de cada uno de los componentes del ciclo hídrico en San Andrés, mientras se desarrolla la infraestructura adecuada para satisfacer las necesidades de aprovechamiento de la población.

Con el objetivo de contratar la consultoría para la elaboración de los estudios, la Financiera de Desarrollo Territorial – FINDETER, adelantó la solicitud de propuestas SEP.No.004 de 2015. Como resultado del proceso de selección, se seleccionó al Consorcio Asociación temporal CDM Smith-INGESAM como la firma de consultoría encargada del desarrollo de los estudios. El contrato 008 de 2015 celebrado entre FINDETER y el Consorcio, constituye el acuerdo contractual para el desarrollo del proyecto. Finalmente, con el fin de garantizar una adecuada supervisión del desarrollo del contrato, FINDETER ha seleccionado a la firma PROACTIVA como interventor del mismo.

Una vez finalizada la etapa de planeación del proyecto se ha definido que el objeto general del mismo se logrará a partir del desarrollo de siete etapas principales y complementarias, cada una contenida en un producto:

1. Producto 1: Inventario y análisis de información existente.
2. Producto 2: Diagnóstico de la situación actual.
3. Producto 3: Estudios Complementarios.
4. Producto 4: Balance hídrico de la isla de San Andrés.
5. Producto 5: Análisis y selección de alternativas.
6. Producto 6: Plan de Obras e Inversiones.

7. Producto 7: Diseños definitivos.

El presente informe constituye el Producto 2: Diagnóstico de la situación actual. Desde un punto de vista contractual, el objetivo de este producto es describir la situación actual de la gestión del recurso hídrico en la isla de San Andrés incluyendo recomendaciones sobre los distintos componentes del ciclo hídrico. Igualmente, debe incluirse en el informe la percepción de las comunidades y grupos sociales acerca del recurso hídrico. Finalmente, se considera dentro del alcance de este producto la comparación entre la gestión del recurso hídrico en la isla de San Andrés y las demás islas del caribe y la presentación de casos exitosos de gestión en el mundo.

Para el desarrollo del presente producto, se ha contado con la información recopilada y analizada en el Producto 1. Es claro que, en la medida en que se profundiza en el conocimiento de cada uno de los sistemas surgen requerimientos de información puntual y especializada. Este caso no es la excepción. Gran parte del tiempo dedicado al desarrollo del producto se ha invertido en responder estos interrogantes específicos. Para ello ha sido necesario realizar múltiples visitas técnicas a los distintos componentes desarrollando, desde recorridos por la cuenca de El Cove, hasta la revisión de los registros diarios de horas de bombeo para los distintos sistemas. Se han realizado revisiones por parte de los especialistas en cada uno de los componentes de la infraestructura existente para el aprovechamiento del recurso: hidrogeología, geología, plantas de tratamiento, sistemas de acueductos, alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial. Igualmente, se han desarrollado distintos trabajos de campo que han permitido complementar el conocimiento del estado actual de los elementos principales condicionantes de la gestión del ciclo del agua en la isla de San Andrés: Aspectos ambientales, sociales, económicos e institucionales.

Un aspecto muy importante del plan es el relacionado con la gestión social que actualmente se adelanta con el fin de involucrar a los interesados en la gestión del agua y a la comunidad en general a efectos de lograr su participación activa a lo largo del desarrollo pero sobre todo, en aquellos momentos en que se toman decisiones. Se han adelantado reuniones, convocatorias y una primera encuesta que permite concluir sobre diversos aspectos de la percepción de la comunidad respecto al recurso hídrico. Otro aspecto importante es el relativo a la presentación del PDRH al nuevo equipo de Gobierno departamental dentro del cual se ubican algunos de los principales protagonistas desde el punto de vista institucional.

Para la realización de estos trabajos se ha contado con la colaboración del personal que desde las distintas instituciones apoya el PDRH, especialmente: Proactiva, Coralina, Invemar, Secretarías departamentales de planeación, infraestructura y obras públicas, Aguas de San Andrés, Interventoría al contrato de operación, Gremio Hotelero y comunidades. En el nivel nacional, se ha contado con el apoyo de la Cancillería de la República que patrocina la actualización del POT 2003, la Comisión de Regulación de Agua Potable, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y distintas dependencias de nuestro cliente FINDETER.

A partir de la información recopilada, ha sido posible revisar cada uno de los aspectos relacionados bien con la fase de oferta o con aquella de demanda de la gestión del recurso hídrico en la isla de San Andrés. Esta revisión no solo ha sido cualitativa. Además de describir los aspectos fundamentales de cada uno de los sistemas, infraestructura y condiciones de operación; se han evaluado desde un punto de vista técnico los principales aspectos de su funcionamiento. Estas valoraciones, en la actual etapa del proyecto, han sido principalmente hidráulicas partiendo de la

información existente. Igualmente, el criterio de nuestros distintos especialistas nacionales e internacionales ha jugado un papel importante en los diagnósticos realizados. Es posible que, para lograr un conocimiento técnico detallado de la operación de los sistemas, existan otros aspectos técnicos por revisar los cuales no han sido desarrollados en este producto principalmente porque no se ha encontrado información existente al respecto. Incluso, es posible que en algunos casos deba adelantarse información primaria para ello.

Además de la valoración técnica de la infraestructura existente dispuesta para la satisfacción de la demanda, se han analizado los aspectos institucionales principales relacionados con el recurso hídrico en la isla de San Andrés, el papel normativo y de control sobre la oferta ejercido por CORALINA. Aquel relativo a la regulación, estructuración y gerencia del recurso desempeñado por la Gobernación, así mismo, se han estudiado distintos aspectos relativos a la empresa privada encargada de la operación y mantenimiento del sistema, así como de la prestación del servicio; PROACTIVA. Los aspectos normativos, legales y financieros de la gestión del recurso también han sido revisados.

Finalmente, partiendo de los resultados de las investigaciones, las valoraciones técnicas y el estudio de los otros distintos aspectos, y del criterio y experiencia del equipo experto de trabajo, la consultoría ha realizado las recomendaciones pertinentes con el objetivo de mejorar la gestión del recurso hídrico en un todo, a partir del mejoramiento del desempeño de cada una de sus partes. No obstante, en varios casos la información disponible no ha sido suficiente para lograr un concepto concluyente sobre la situación y se ha considerado necesario el desarrollo de trabajos complementarios, tendientes a brindar los elementos necesarios para tener información definitiva. En estos casos, la recomendación consiste en definir los trabajos de campo y estudios complementarios que deberán realizarse en la siguiente etapa del proyecto.

Además del criterio de la Consultoría, la definición de estas actividades será previamente concertada con la Interventoría y FINDETER. Los trabajos relativos a su desarrollo, resultados y conclusiones constituirán el cuerpo del siguiente entregable: Producto 3: Estudios complementarios.

1.2 Organización del documento

Con el fin de garantizar el registro de las actividades realizadas por la Consultoría para el desarrollo del producto, se incluye un capítulo con un resumen al respecto. Una vez realizada la introducción al trabajo, se presenta el desarrollo del documento dentro de un marco lógico vinculado al ciclo hídrico.

Inicialmente, se presenta un análisis relativo al escenario dentro del cual se desarrolla la gestión del recurso hídrico en la isla de San Andrés. Por ser transversales a todos los eslabones del ciclo hídrico los componentes social, institucional y económico condicionan la gestión del agua y constituyen el marco dentro del cual ocurren los eventos y al cual deben ajustarse las actuaciones relativas a la producción y aprovechamiento del agua. A partir del conocimiento del contexto general, se abordan los distintos aspectos relativos a las etapas del ciclo.

Se analiza el componente de oferta presentando lo correspondiente a las distintas fuentes; igualmente a partir de la información recolectada, se realiza un análisis de los componentes de la demanda en lo que se ha denominado como aprovechamiento, finalmente se presenta un análisis de los componentes del sistema de acueducto y alcantarillado tanto de la parte urbana como de la rural y las respectivas consideraciones con respecto a la gestión del componente ambiental tanto en la operación de los sistemas, como en su implementación y mantenimiento. De manera más precisa y con el fin de facilitar la búsqueda al lector, el contenido del estudio se resume como sigue.

- Sección 1. Introducción

Se tratan en esta sección los antecedentes, el marco dentro del cual se desarrolla la consultoría y los aspectos fundamentales relativos al objetivo de la consultoría y del Producto 2. Se incluyen además comentarios fundamentales sobre lo que se solicita desde el punto de vista contractual y la manera en que se ha cumplido con este requerimiento.

Finalmente, se define lo que debe esperarse de este producto y se establecen los lineamientos para lo que hace parte del Producto 3 siguiente. Adicionalmente, se realiza una introducción general al marco del documento. Se presenta en esta sección el contenido de cada uno de los capítulos con el fin de permitir al lector una idea global general del contenido del estudio.

- Sección 2. Metodología aplicada y equipo de trabajo

Se comentan en esta sección distintos aspectos relativos a los procesos contractuales de inicio del contrato, la metodología aplicada para realizar los diferentes diagnósticos con base en información secundaria y los criterios reglamentarios y contractuales para realizar dicha actividad, así mismo se relaciona el equipo de trabajo involucrado en la generación de este producto.

- Sección 3. Marco legal e institucional

En esta sección se establece la legislación bajo la cual se debe regir el proyecto, a nivel nacional, departamental y local. Además se realiza un análisis de este marco normativo para definir la pertinencia y utilidad de la normatividad actual en la implementación de este tipo de proyectos que buscan la gestión integral del recurso hídrico, de este análisis se derivan conclusiones y recomendaciones para la viabilidad del plan del recurso hídrico en desarrollo.

- Sección 4. Diagnóstico Social y económico

Dentro de esta sección se realiza un diagnóstico de la situación socioeconómica actual de San Andrés, realizando una caracterización económica y social y analizando los diferentes indicadores de la prestación de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado. Adicionalmente se realiza un análisis de la percepción de la comunidad frente al servicio de abastecimiento de agua y recolección de las aguas residuales, en la zona urbana y rural.

- Sección 5. Población, dotación y demanda para el diagnóstico hidráulico

Para realizar la evaluación hidráulica de los sistemas de acueducto y alcantarillado, es necesario establecer parámetros que son transversales a los distintos componentes, en esta sección se realiza una estimación de la población actual y población flotante con base en información de fuentes oficiales (DANE, Secretaría de salud, secretaría de turismo, OCCRE entre otras entidades), de esta

manera se definió el nivel de complejidad, el periodo de diseño y las demandas de la población teniendo en cuenta las características propias de los residentes de la isla de San Andrés (raizales y no raizales) y población flotante compuesta principalmente de turistas que visitan San Andrés, estimando con base a esta información los caudales para el abastecimiento de la demanda de dicha población.

- Sección 6. Diagnóstico Fuentes de abastecimiento

En esta sección se realiza la evaluación de la disponibilidad del recurso hídrico para consumo humano desde dos fuentes: aguas superficiales y aguas subterráneas. El análisis de las aguas superficiales se enfoca principalmente al estudio de hidrología para saber la cantidad de agua que se puede transportar por los cuerpos de agua permanentes o esporádicos y tener una idea de la cantidad de recurso aprovechable para consumo humano, en cuanto a las aguas subterráneas se realiza el diagnóstico de este recurso teniendo en cuenta la oferta y la demanda del mismo por medio de la información de la explotación del acuífero mediante los pozos concesionados a PROACTIVA y de los barrenos pertenecientes a usuarios privados, así mismo se estudia la información secundaria útil para definir los requerimientos para establecer el estado actual hidrogeológico de la isla de San Andrés y la posibilidad del uso de agua lluvia para la recarga del acuífero, presentando conclusiones y recomendaciones para la efectiva gestión y conservación de este recurso.

- Sección 7. Diagnóstico sistemas de tratamiento de agua potable

El diagnóstico de los sistemas de potabilización disponibles en la isla de San Andrés se trata en esta sección, la cual se desarrolla mencionando la normatividad aplicable para definir los parámetros de evaluación y se divide teniendo en cuenta las dos plantas existentes; inicialmente, se describe la planta de tratamiento convencional Duppy Gully, se analiza su fuente de abastecimiento teniendo en cuenta la calidad de agua de los pozos, se realiza la descripción de los procesos que la componen y se presenta el análisis hidráulico de cada unidad de tratamiento, así mismo se presenta un diagnóstico de la calidad de agua tratada, el consumo de químicos y el consumo energético de dicha planta. En cuanto a la planta desalinizadora Lox Bight se realiza la descripción de la captación y de los procesos que componen, se realiza la evaluación de los criterios de diseño de la desaladora y se analiza las calidades de agua cruda y desalada, así mismo se realiza el análisis del consumo de energía de la planta, el consumo de químicos y el mantenimiento.

- Sección 8. Diagnóstico sistema de acueducto

En esta sección se realiza la descripción general del sistema de acueducto, se realiza un análisis de las estaciones de bombeo tanto del sistema de bombeo de la planta desalinizadora al tanque Cliff como el sistema de bombeo de la planta Duppy Gully hacia los tanques La Loma, El Cove y San Luis. Igualmente, se realiza el análisis de los sistemas de conducción de cada tanque hacia su respectivo sector. En cuanto al sistema de almacenamiento se analiza la capacidad actual del mismo y la capacidad requerida por sector. En cuanto a las redes de distribución el análisis se realiza según la sectorización, tanto de la parte rural como de la urbana mediante la identificación de la topología de las mismas, la continuidad del servicio, se realiza un análisis de agua no contabilizada y de pérdidas en el sistema y se realiza una modelación hidráulica del sistema, con base a la información

suministrada por el operador PROACTIVA, generando para todos los componentes recomendaciones y conclusiones del estado actual de los mismos.

- Sección 9. Diagnóstico sistema de alcantarillado sanitario

Para el análisis del sistema de alcantarillado de la isla de San Andrés, en esta sección se realiza la descripción del sistema sanitario existente por distritos en la zona urbana, se describen y analizan las estaciones de bombeo y el emisario submarino. Igualmente se realiza un análisis de la capacidad hidráulica de los ramales principales por cada distrito, en cuanto al alcantarillado sanitario en el sector rural, se describen las soluciones individuales existentes, su estado y funcionamiento actual. Asimismo se realiza una descripción de la PTAR existente, del manejo de las aguas residuales y lodos de pozos y tanques sépticos y de los vertimientos directos que actualmente se están realizando al mar.

- Sección 10. Diagnóstico sistema de drenaje de aguas lluvias

En esta sección se realiza una descripción del sistema de manejo de aguas lluvias existente en la zona urbana de la isla de San Andrés, se describen las estaciones de bombeo y se analiza su funcionamiento actual, así mismo, se hace un análisis del manejo de las aguas lluvias llevado a cabo en la zona rural y los inconvenientes que se presentan por la falta de infraestructura o de infraestructura inadecuada para el manejo de las escorrentías en épocas de lluvias.

- Sección 11. Diagnóstico Ambiental asociado a la gestión del recurso hídrico

El análisis ambiental se hace en esta sección y se realiza en torno a la gestión ambiental llevada a cabo con respecto al recurso hídrico en la isla de San Andrés hasta la fecha, se identifican las afectaciones que se presentan alrededor de los predios de la cuenca Cove, especialmente en la planta Duppy Gully con respecto al manejo de los lodos producto del proceso de tratamiento, igualmente se analizan las zonas de descarga del agua de rechazo de la planta desalinizadora, la zona de descarga de lodos provenientes de las actividades de limpieza de los pozos sépticos, la descarga del emisario submarino, el manejo del lixiviados en el relleno sanitario y del manejo del agua residual de las zonas que no se encuentran conectadas a ningún tipo de alcantarillado sanitario, así como los reboses que se presentan en el sistema urbano.

- Sección 12. Evaluación comparativa de la gestión del agua en San Andrés

En esta sección se introduce el concepto de la Gestión Integral del Recurso Hídrico – GIRH. Con el fin de brindar una idea de los resultados que pueden llegar a obtenerse, se estudian dos casos de una exitosa implementación de este enfoque a nivel del mundo. Una revisión de la situación actual a nivel de las islas del Caribe es igualmente presentada a partir del análisis de los casos de Las Bahamas y Jamaica. Finalmente, se realiza una discusión sobre los principales aspectos encontrados.

- Sección 13. Conclusiones y recomendaciones

Dentro de esta sección se encuentran las conclusiones más relevantes y las respectivas recomendaciones de cada uno de los temas tratados, iniciando con los aspectos socioeconómicos,

pasando por las conclusiones respecto a la análisis técnico realizado tanto a las fuentes de abastecimiento, como a las plantas de tratamiento, redes de distribución, almacenamiento, redes de recolección, sistemas de tratamiento y descargas, terminando con las conclusiones de la gestión ambiental con respecto al manejo del recurso hídrico en la isla de San Andrés.

- Sección 14. Bibliografía

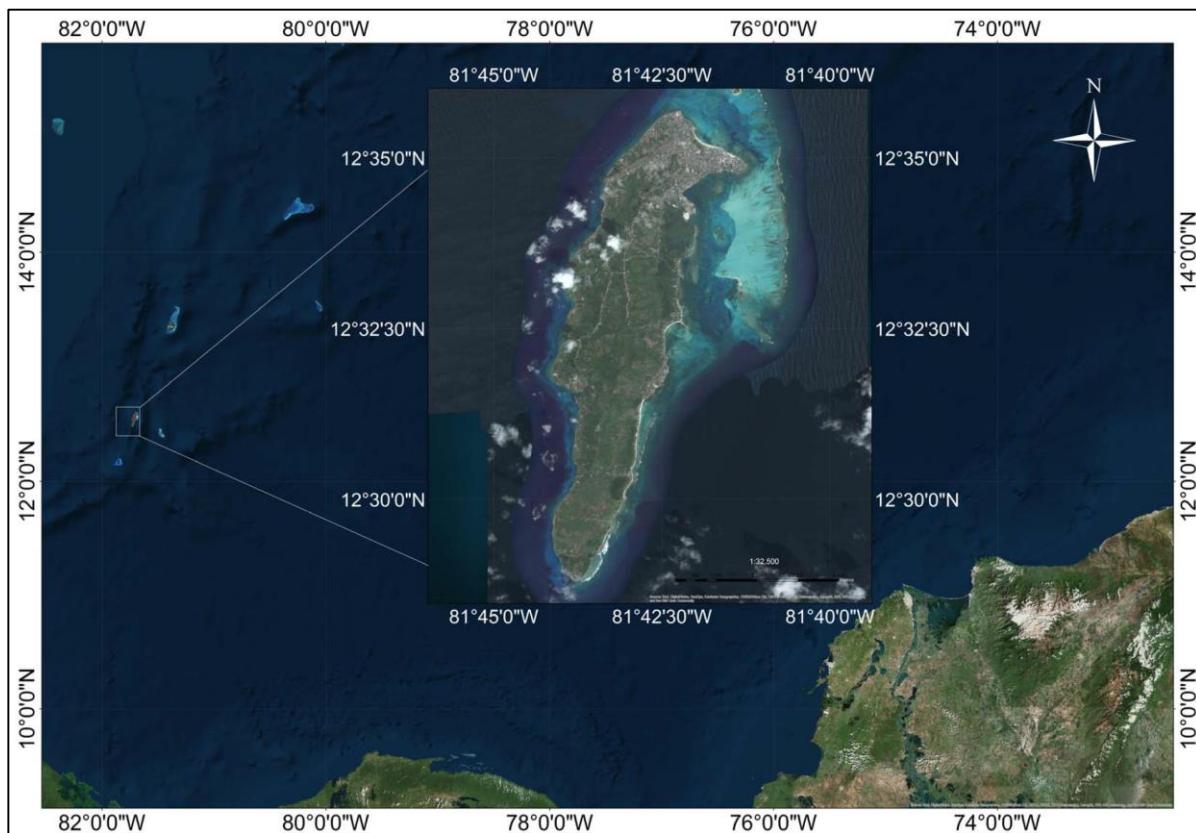
En esta sección se presentan todos los textos usados en el análisis de todos los componentes realizados en este informe.

1.3 Antecedentes Isla de San Andrés

1.3.1 Ubicación geográfica

La Isla de San Andrés se encuentra localizada a 80 km de la costa de Nicaragua y a 775 kilómetros al noroeste de la costa de Colombia, cuenta con una superficie 26 km² de superficie la convierten en la isla de San Andrés más grande del archipiélago. Providencia, la isla de San Andrés que le sigue en tamaño, se encuentra a 80 km al noreste

Figura 1-1 Ubicación San Andrés Isla



Fuente: Consultor.

El acceso a la isla de San Andrés se realiza por medio aéreo a través del aeropuerto internacional Alfonso Bonilla Aragón y vía marítima por medio del Puerto de San Andrés. La isla de San Andrés se encuentra dividida en dos grandes áreas, la zona urbana conocida como North End, y la parte rural conocida como South End. En la siguiente figura se puede observar los límites entre el área rural y urbana.

1.3.2 Disposición urbanística

San Andrés se encuentra dividido políticamente en dos áreas, el North End y el South End, como se muestra en la siguiente figura

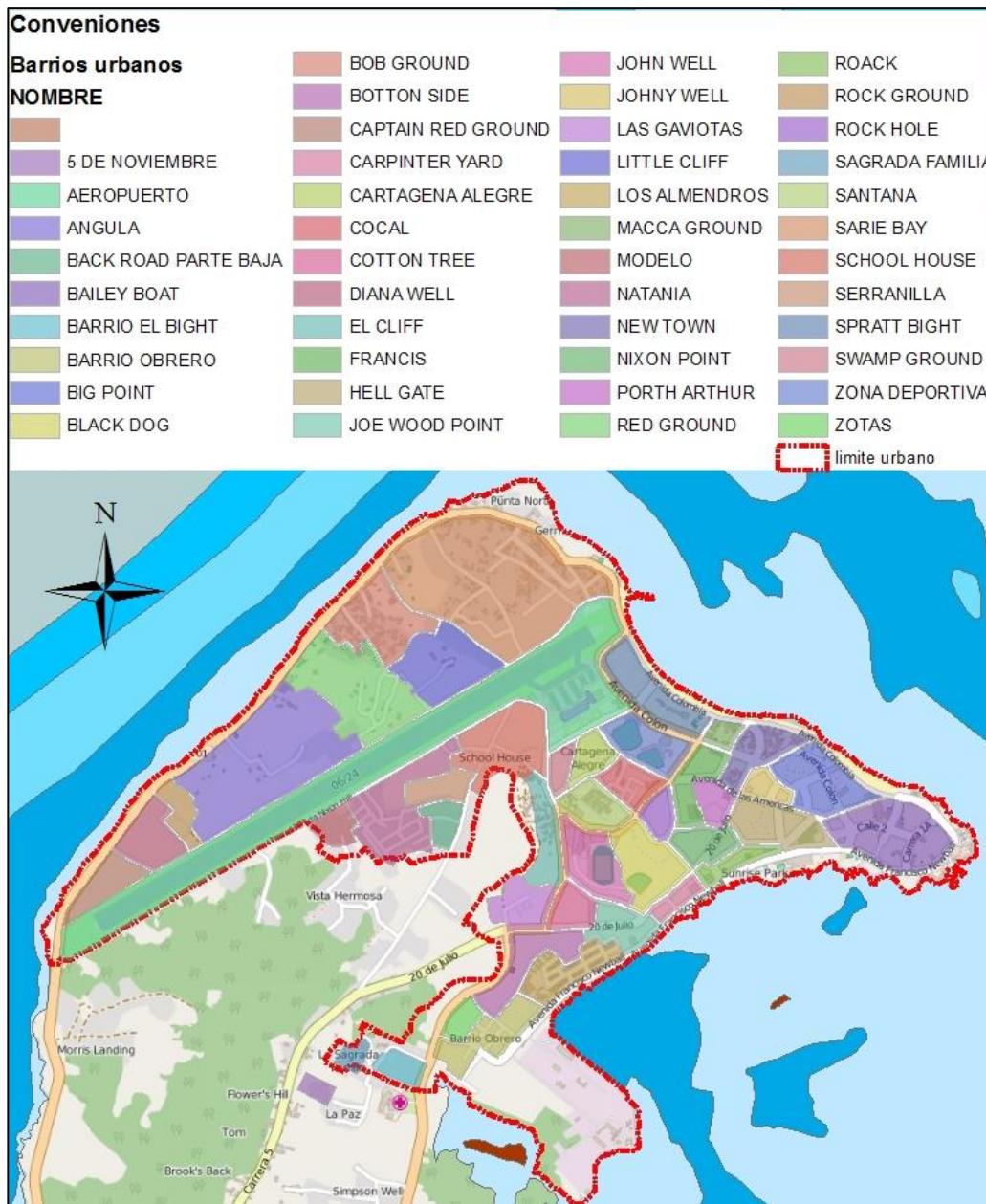
Figura 1-2 Zonas urbana y rural isla de San Andrés



Fuente: Consultor.

La disposición urbanística en la parte norte se caracteriza por tener calles principales definidas con sus respectivas manzanas, especialmente en la zona hotelera y comercial, y en barrios consolidados como Serie Bay, Almendros, gaviotas, entre otros. Pero existen otros barrios que aunque se encuentran en el área North End, han tenido procesos de urbanización que difieren del esquema típico tradicional que se presentan en ciudades del interior (continente) en donde no se han respetado anchos mínimos de vías ni andenes y por el contrario se presentan callejuelas angostas sin un orden preestablecido en las normas de planeación de la isla de San Andrés.

Figura 1-3 Barrios zona norte “North End”



Fuente: Consultor/POT SAI 2003

Igualmente en el South End, la disposición urbanística se ha venido generando en función de los Legados, esto en gran parte se debe a que el patriarca de la familia hereda a sus hijos y estos a su vez a sus hijos, y van construyendo de esta forma sobre sus territorios. Esto sucede de manera más marcada en la parte sur de la isla de San Andrés. En las siguientes figuras se muestran los barrios y disposición urbanística de la isla de San Andrés, según información del POT vigente hasta al momento.

Figura 1-4 Barrios Parte Rural “South End”



Fuente: Consultor/POT SAI 2003

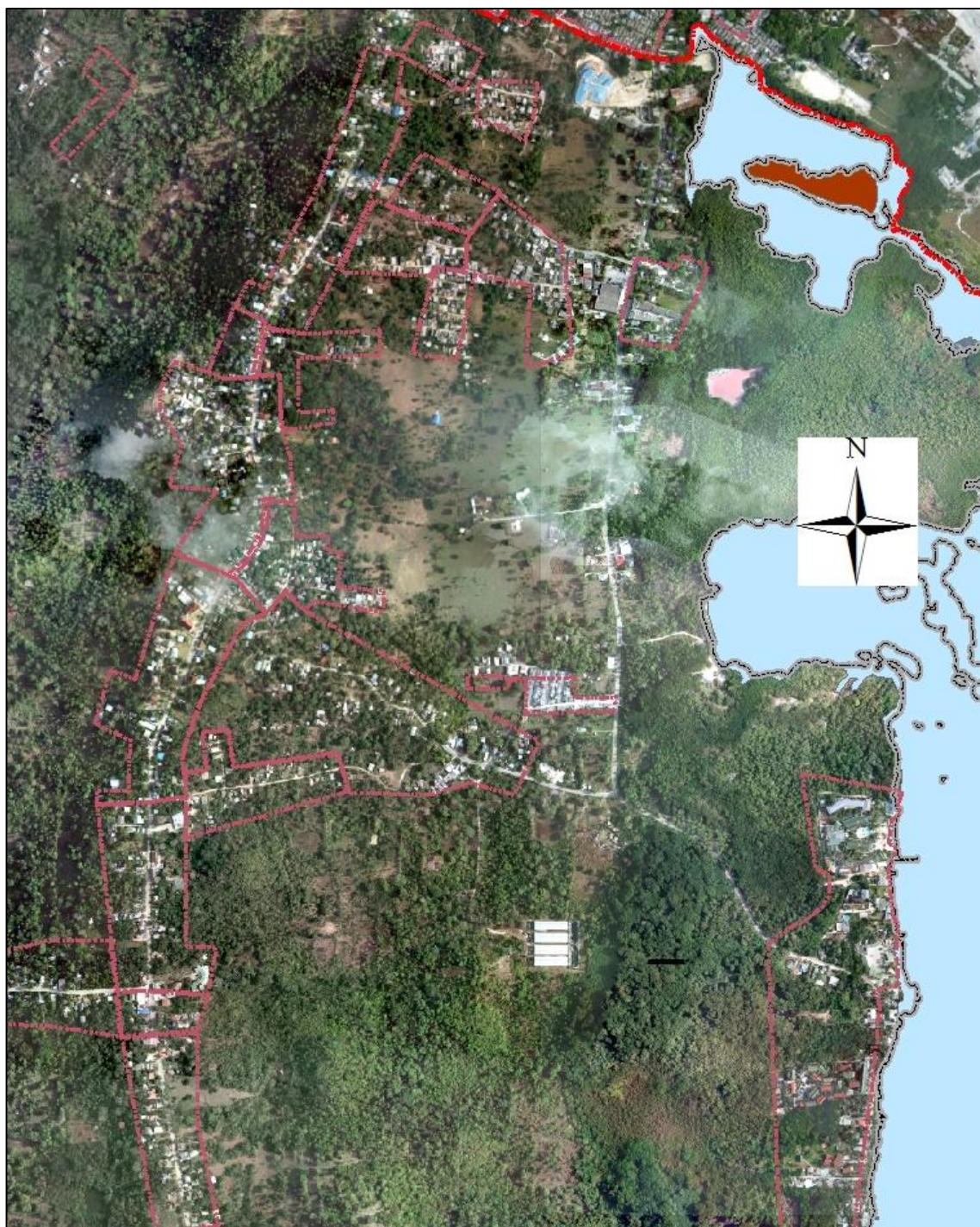
En las siguientes figuras se puede observar la disposición de las construcciones de algunas zonas a manera de ejemplo en el área urbana y rural de la isla de San Andrés.

Figura 1-5 Disposición urbanística en la parte norte de San Andrés.



Fuente: Consultor/POT SAI 2003

Figura 1-6 Disposición urbanística en la parte sur de San Andrés.



Fuente: Consultor/POT SAI 2003

1.3.3 Vías de comunicación dentro de la isla de San Andrés

En San Andrés existe la vía principal que comunica la parte norte con la parte sur conocida como la vía perimetral. Esta se encuentra completamente pavimentada y en buen estado, tiene una longitud de 28 km aproximadamente, y recorre todo el perímetro de la isla de San Andrés. En general, los materiales de construcción de las vías son en pavimento rígido (concreto) especialmente las vías urbanas (North End), existen vías destapadas (afirmado) que se encuentran en buen estado. En la siguiente figura se puede observar esta vía perimetral.

Figura 1-7 Vía Principal Perimetral de San Andrés.



Fuente: Consultor/POT SAI 2003

En la parte urbana, especialmente en la zona hotelera y centro, las vías se encuentran completamente pavimentadas, en su mayoría en concreto y en buen estado. En la parte sur, igualmente las vías principales se encuentran pavimentadas y en buen estado, con excepción de algunos tramos de calles, especialmente al extremo sur de la isla de San Andrés.

Figura 1-8 Vías urbanas en San Andrés.



Fuente: Consultor/POT SAI 2003

Figura 1-9 Vías Rurales en San Andrés.

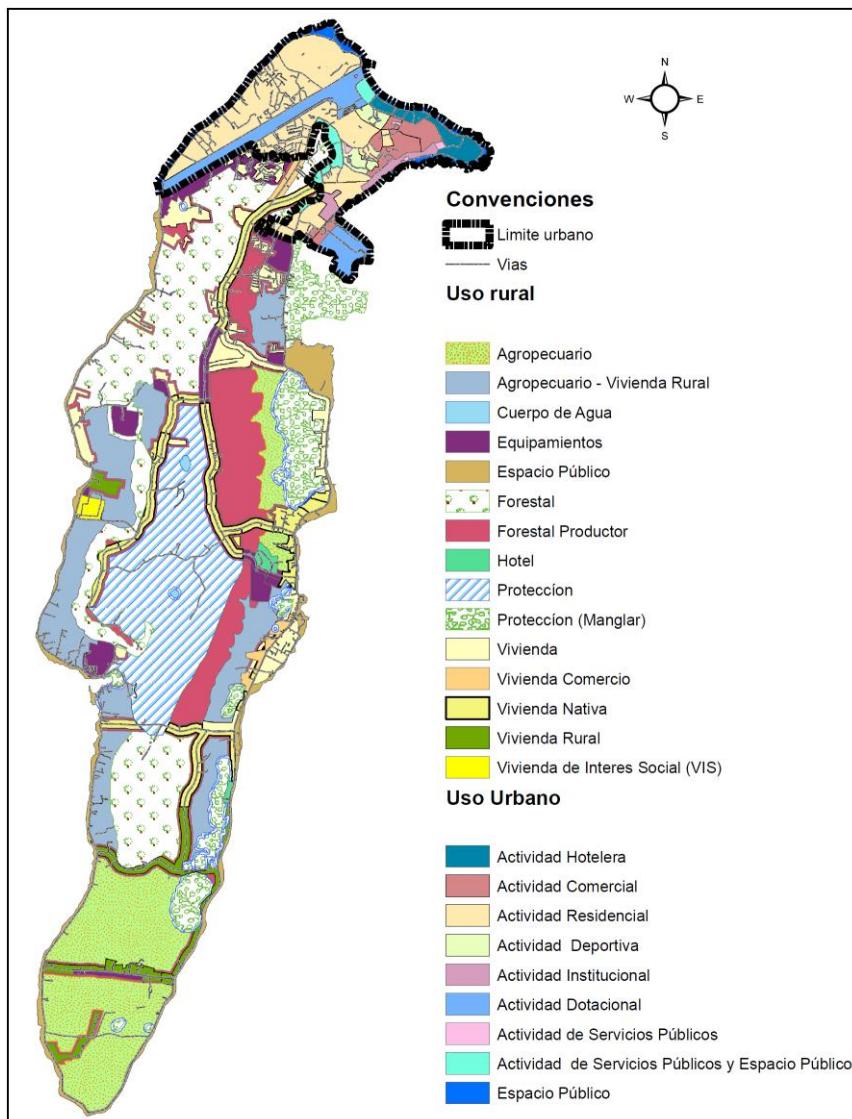


Fuente: Consultor/POT SAI 2003

1.3.4 Usos de suelo

Dentro de la información revisada, se encuentra en el POT del año 2003 la delimitación de los usos de suelo establecidos para la isla de San Andrés. En la siguiente figura se puede observar los diferentes usos de suelos.

Figura 1-10 Usos de suelo establecidos en el POT 2003 en San Andrés



Fuente: Consultor/POT 2003

Dentro del POT 2003, se encuentran los conflictos de usos de suelo comparando la situación anterior al año de realización del POT con lo planteado en el mismo. Debido a que han pasado más de 12 años de este planteamiento y teniendo en cuenta el desarrollo que se ha venido dando en la isla de San Andrés, se considera que el análisis de conflicto de uso de suelo es desactualizada, además que no se tienen planos o mapas en donde se muestre dicho conflicto analizado para ese entonces.

Actualmente el documento del POT se encuentra en proceso de actualización, de dicho proceso se encuentra publicado el documento de diagnóstico, pero no se han publicado mapas ni planos del mismo. Se obtuvo información que la consultoría que estaba actualizando el POT terminó la contratación en diciembre en 2015 y que hasta el momento no se han publicado más resultados de dicha actualización.

Sección 2.

METODOLOGÍA APLICADA Y EQUIPO DE TRABAJO

2.1 Marco metodológico.

A partir de las investigaciones e información recopilada y evaluada, visitas a la isla de San Andrés y entrevistas, CDM Smith-INGESAM realizó el diagnóstico de la situación actual del recurso hídrico en la isla de San Andrés, teniendo en cuenta los siguientes aspectos, previstos contractualmente:

- Descripción de la población: se tuvo en cuenta condiciones sociales, demográficas y aspectos como localización, disposición urbanística (incluyendo vías y su material), estratificación, uso de suelo, organizaciones cívicas entre otros.
- Marco institucional: se identificó la legislación o normativa del recurso hídrico en la isla de San Andrés, identificando los principales actores, sus roles e identificando oportunidades de mejora para tener una gestión eficiente del agua.
- Se analizó mediante la información existente, el funcionamiento actual del sistema de acueducto y alcantarillado, teniendo en cuenta los parámetros que se deben evaluar citados en la Tabla A.4.1 del Título A del RAS 2000, incluyendo un análisis del estado actual de la infraestructura de agua potable y saneamiento en las áreas urbanas y rurales nucleadas, el manejo actual de las aguas lluvias, tanto el realizado por las entidades a cargo, como el uso que le dan las comunidades a este recurso.
- Igualmente, se realizó un análisis de los indicadores básicos de la prestación del servicio de agua potable y saneamiento básico y un análisis económico del sector haciendo especial énfasis en la disponibilidad de recursos y su fuente para inversión en el área de la gestión del recurso hídrico en la isla de San Andrés. Así mismo, se realizaron entrevistas y encuestas a la comunidad para conocer su percepción acerca de la calidad y continuidad del servicio, conocer que otras fuentes de abastecimiento poseen y conocer su cultura con relación al uso y manejo del agua.

El análisis se realizó de forma sistemática para cada uno de los componentes de la infraestructura desde las fuentes, la producción y la distribución del agua hasta la recolección y disposición final de las aguas residuales y lluvias. Igualmente se evaluaron aquellos componentes relacionados con la prestación misma de los servicios de acueducto y alcantarillado, incluyendo los temas relacionados con su cobertura, su operación y mantenimiento, con las quejas y reclamos de los usuario, con su estado de conformidad con las regulaciones existentes en el ámbito de la calidad del servicio y del cumplimiento de la normatividad ambiental y otros, para llevar a cabo el análisis mencionado, se tuvo en cuenta la siguiente metodología.

2.1.1 Fuentes de Agua

Se efectuará un diagnóstico de la situación actual de los acuíferos San Andrés y San Luís, del agua subterránea que sirve a un buen número de pozos utilizados como fuente de agua y de los cuerpos de agua dulce históricos o aún existentes en la isla de San Andrés. Se revisará la calidad y cantidad disponibles y sus posibles afectaciones o amenazas para conocer sus vulnerabilidades.

Se efectuará también el diagnóstico de las fuentes de agua en la zona rural en donde aproximadamente el 6% de la población capta agua dulce desde pozos caseros mientras el 70% lo hace a partir de agua lluvia. Existen aproximadamente 240 pozos domésticos de los cuales el 71% reporta contaminación por nitrogenados y el 96% contaminación microbiológica.

En términos generales, se estima que en San Andrés existen cerca de 6035 aljibes y pozos domésticos de los cuales 5837 son para uso doméstico y su explotación no se encuentra regulada. Por esta razón CDM Smith-INGESAM dará prioridad en este diagnóstico a la situación de abastecimiento, continuidad y calidad del agua dulce para usos humanos en la zona urbana y rural así como a lo relativo a la localización y utilización de pozos domésticos.

Este análisis se desarrolla en la Sección 6 Diagnóstico fuentes de abastecimiento, donde se realiza el análisis de las aguas subterráneas, hidrología e hidrogeología y en la Sección 7 Diagnóstico sistema de tratamiento de agua potable, en donde se realiza un análisis de calidad de agua cruda enmarcada en el tipo de tratamiento a recibir en cada planta.

2.1.2 Plantas de potabilización

Se evaluará el estado de las dos plantas de agua potable con que cuenta la isla de San Andrés. La planta desalinizadora de Lox Bight con capacidad de 50 l/s, que sirve la zona urbana y la planta de tipo convencional de Duppy Gully, que sirve la zona rural, con capacidad de 66 l/s. En la inspección se determinará la condición física de las estructuras y de los equipos con el fin de determinar las necesidades de su modernización, renovación, mejora o reposición. Igualmente se evaluará la posibilidad de aumento en su capacidad de producción y la disponibilidad de terreno para ensanches. Este análisis se realiza en la Sección 7 Diagnóstico sistema de tratamiento de agua potable

2.1.3 Sistemas de distribución

Se evaluará el estado del sistema de distribución, su cobertura, sus problemas de tipo operativo, su estado físico y estructural, así como sus principales aspectos de vulnerabilidad en la prestación del servicio. Se incluirán en el análisis las redes de distribución, las estaciones de bombeo y los tanques de almacenamiento. Se evaluará la cobertura en la prestación del servicio así como su continuidad, presiones de servicio, regulación de presiones, manejo de demandas pico y otros. También se evaluarán las solicitudes de servicio realizadas por usuarios domésticos, comerciales u otros que no se hayan atendido, así como las quejas y peticiones existentes. Se dará un énfasis importante a

la confirmación del nivel de pérdidas o agua no contabilizada existente. Este tema es tratado en la Sección 8 Diagnóstico sistema de Acueducto.

2.1.4 Tratamiento de aguas residuales

Se confirmarán y evaluarán las prácticas actuales en la isla en cuanto al tratamiento y disposición final de aguas residuales y de los sólidos extraídos de los numerosos tanques sépticos existentes con el fin de diagnosticar la situación. Igualmente, se confirmará y evaluará la situación de numerosas descargas puntuales de aguas residuales de la zona rural que contaminan acuíferos y playas. Este tema es tratado en la Sección 9 Diagnóstico sistema de alcantarillado sanitario.

2.1.5 Sistema de alcantarillado

Con respecto al sistema de alcantarillado sanitario se realizará un diagnóstico general de la infraestructura existente para confirmar su problemática. Con una extensión de redes de 25.8 km, la cobertura actual alcanza solo el 55% en el sector North End de la zona rural, mientras en los sectores San Luis y La Loma de la zona urbana y la zona rural no cuentan con servicio público de alcantarillado. Como resultado, cerca de 3263 unidades independientes funcionan en la isla contaminando los acuíferos y playas a partir de 65 puntos de vertimiento de aguas residuales.

Por lo anterior, se considera importante el diagnóstico de las redes existentes en cuanto a edad, material y adecuado funcionamiento con el fin de incorporar al servicio actual el número total de usuarios que potencialmente pueda atender. Sin embargo, se dará principal importancia a los aspectos relacionados con las aguas residuales en la zona rural pues la situación de falta de cobertura y soluciones técnicas funcionales afecta no solamente a la población sino además la calidad de las aguas en los acuíferos fuente de abastecimiento.

El sistema maestro de recolección, bombeo, conducción y disposición mediante un emisario submarino será igualmente evaluado principalmente en lo correspondiente a su capacidad, efectividad en la disposición de las aguas residuales, seguimiento a su comportamiento histórico y potencial capacidad futura. Para la zona rural se confirmarán y evaluarán las soluciones implementadas por la comunidad como insumo para la proyección de soluciones técnicas que armonicen con las prácticas ancestrales de la población nativa. El análisis de las redes de recolección de aguas residuales se realiza en la Sección 9 Diagnóstico sistema de alcantarillado Sanitario.

2.1.6 Sistema de drenaje y manejo de aguas lluvias

Se desarrollará un análisis de la capacidad de los sistemas drenaje y manejo de aguas lluvias, existentes. Con respecto a este tema y a partir de la visita realizada por CDM Smith - INGESAM a la isla (Junio 09 al 11 de 2015), fue posible verificar dos aspectos que en principio evidencian una equivocada gestión de las aguas lluvias en la isla. A pesar de contar con un sistema de drenaje

(canales, colectores y bombeos de gran capacidad), actualmente se presentan fuertes inundaciones en diversos puntos de San Andrés durante eventos de aguas lluvias. Sectores como la Av. Circunvalar y Simson Well se ven inundados debido a las aguas lluvias que se generan en la zona alta de Peper Hill. Esta situación se debe a que el proceso de urbanización eventualmente ha llenado cauces naturales de agua que anteriormente drenaban estos sectores. Otro ejemplo claro de esta afectación es la decisión tomada en 1965 de utilizar el material de dragado del puerto para llenar el sector en el cual actualmente se localiza el estadio el cual en ese entonces constituía un punto bajo natural y por lo tanto un reservorio de aguas lluvias. Como consecuencia no solo se eliminó este almacenamiento natural si no que extensas zonas urbanizadas en torno a este sector son inundadas anualmente en la temporada invernal.

Por otra parte, la revisión de la infraestructura pluvial existente y proyectada evidencia la práctica histórica de capturar aguas lluvias en puntos bajos para ser bombeada al mar. Además de las estaciones de bombeo existentes actualmente, el actual plan maestro de alcantarillado pluvial diseñado para mitigar el impacto de las actuales inundaciones contempla la construcción de ocho nuevas estaciones, todas con entrega de agua lluvia al mar.

Por lo anterior, durante la etapa de diagnóstico, además de la valoración técnica de la infraestructura existente y proyectada, se realizará un análisis de la filosofía general del sistema con el objetivo de revisar las virtudes e impactos del actual sistema y su conveniencia para el balance hídrico de la isla desde la perspectiva de manejo sostenible. Este tema se analiza en la Sección 10 Diagnóstico sistema de drenaje de aguas lluvias.

2.1.7 Aspectos institucionales y legales

Se realizará una evaluación del estado actual de las instituciones involucradas en el manejo del recurso agua. Se observará su conformación, sus fortalezas y deficiencias y analizará desde el punto de vista legal si existen demandas de los usuarios y en qué montos y en qué riesgos. Se indagará sobre otros aspectos pertinentes tales como la relación con la Superintendencia de Servicios Públicos y las entidades de control ambiental, específicamente en lo que respecta al PSMV y su cumplimiento, el cumplimiento en el pago de las tasas retributivas y otros aspectos. El análisis de estos aspectos se desarrolla en la Sección 3 Marco Legal y Diagnóstico Institucional.

2.1.8 Aspectos financieros y tarifarios

Se realizará una inspección de los estados financieros del operador para verificar niveles de endeudamiento, estado del recaudo de los servicios públicos, estado del pago de los subsidios y las tarifas aprobadas por la CRA para el servicio de acueducto, alcantarillado y disposición final de las aguas residuales. Igualmente, se analizará el estado de otros puntos de interés para establecer un marco inicial de los posibles impactos en la prestación de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado. Este tema es tratado en la Sección 4 Diagnóstico social y económico.

2.1.9 Aspectos ambientales

Se revisará el cumplimiento de la reglamentación ambiental de los servicios de acueducto y alcantarillado, de las licencias ambientales vigentes, de las resoluciones ambientales vigentes y de cualquier imposición o riesgo de imposición de multas o sanciones, que puedan afectar económica o financieramente la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado. El análisis de los aspectos ambientales se trata en la Sección 11 Diagnóstico ambiental asociado a la gestión del recurso hídrico.

2.1.10 Aspectos sociales

Siendo el factor social determinante para el éxito del estudio CDM Smith – INGESAM y su equipo de sociólogos/antropólogos con experiencia local, procederá a evaluar y confirmar el sentir general de la comunidad en relación con la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado y sus expectativas. Se realizarán algunas entrevistas particulares clave con líderes seleccionados para empezar a introducir las expectativas del presente proyecto y su sentir o sugerencias generales. Igualmente se tratará de obtener percepciones en relación con la disponibilidad general a pagar por la prestación de servicios públicos de agua y alcantarillado de buena calidad. Todo lo anterior con el fin de establecer una línea base social como punto de partida de la situación actual de la isla. Este tema es tratado en la Sección 4 Diagnóstico social y económico y en el anexo 4-2 se amplía el marco metodológico usado para el levantamiento de la información usada en el presente diagnóstico.

2.2 Equipo de trabajo

Para llevar a cabo el análisis de la situación actual de la isla de San Andrés, se contó con varios profesionales especialistas en diferentes áreas, como se muestra en el cuadro a continuación.

Tabla 2-1 Equipo profesional involucrado en el Producto 2.

Nombre	Tema Tratado
Susan Morea	Dirección y enfoque general y técnico del producto. Filosofía del producto. Aprobación de Producto.
Lloyd Townley	Dirección componente hidrogeología. Definición conceptual del componente. Orientación de actividades. Revisión. Capítulo aguas subterráneas.
Greg Wetterau	Dirección del componente de tratamiento de aguas. Definición conceptual del componente. Orientación de actividades. Revisión. Capítulo plantas de tratamiento.
Carlos Guerrero	Orientación del enfoque del producto. Interlocución con el cliente. Aspectos contractuales. Líder de servicio al cliente.

Nombre	Tema Tratado
Alejandro Gómez	Gerencia del proyecto. Planeación y cronograma del proyecto. Aspectos administrativos internos y externos. Implementación del enfoque general y técnico definido por la Dirección. Revisión del producto. Coordinación general con el cliente y la interventoría para el normal desarrollo del proyecto.
Adriana Ruiz Torres	Coordinadora del proyecto. Coordinación interdisciplinaria. Recepción y primer integrador de documentos diferentes disciplinas. Recepción y distribución de información de referencia. Comunicaciones. Capítulo Plantas de Tratamiento. Capítulo alcantarillado aguas lluvias.
Jaime A. Botet López	Componente técnico en La Isla. Solicitud y recopilación de información. Aspectos relevantes durante recorridos en campo. Relaciones institucionales con actores de la gestión del recurso. Atención a observaciones. Redacción del documento final. Aguas Residuales. Capítulos alcantarillado sanitario, acueducto y alcantarillado centros nucleados.
Silena Vargas	Componente social: Dirección del componente. Coordinación actividades sociales en la isla y el continente. Coordinación con el cliente.
Elizabeth Outten Lynton	Componente Social en La Isla. Presentación del proyecto a la comunidad. Diseño de campañas de socialización. Solicitud y recopilación de información. Aspectos relevantes con actores sociales de la gestión del recurso. Capítulo marco social.
Especialistas de apoyo	Acueductos, Alcantarillados, Ambiental, Económico, Legal, Institucional, Hidrogeología, Tratamiento de aguas residual y agua potable, etc.
Personal de apoyo	Dibujantes CAD, especialistas SIG, conductores, secretarias administrativa, etc.

Sección 3.

MARCO LEGAL Y DIAGNÓSTICO INSTITUCIONAL

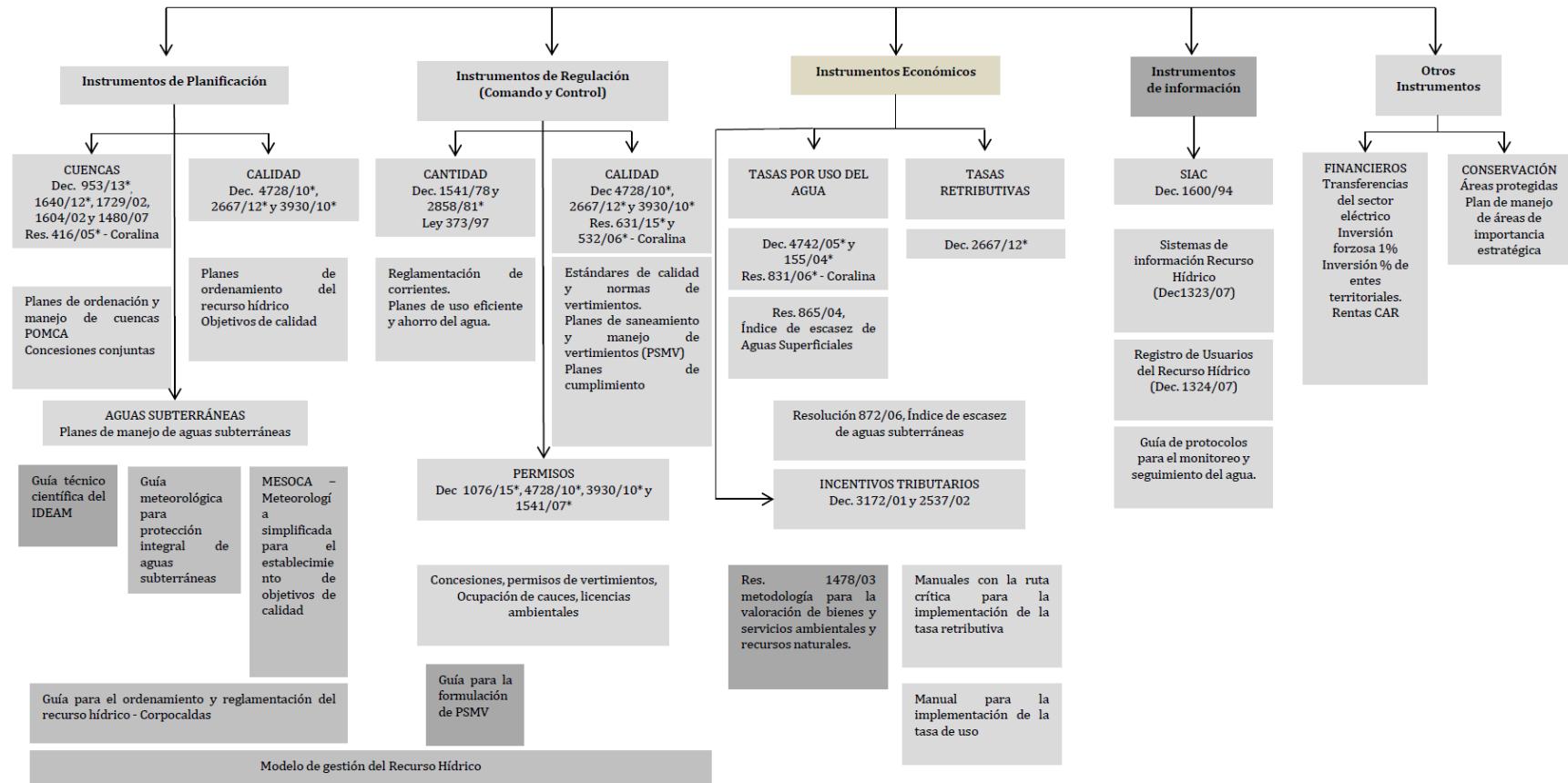
El marco normativo e institucional que se presenta tiene como finalidad resumir los instrumentos de gestión y la legislación relacionada con la gestión del recurso hídrico y que debe ser considerada en el desarrollo de la consultoría.

La gestión integral del recurso hídrico debe ser observada desde la perspectiva estatal, consolidada en la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico del 2010, del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, ahora Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, donde se presentan los instrumentos de gestión y la principal normatividad.

A continuación se describen los instrumentos para la gestión integral del recurso hídrico.

- **Instrumentos de Planificación:** Corresponden a las normas vigentes, herramientas de ordenamiento existentes y documento base para la planificación.
- **Instrumentos de Regulación:** Corresponden a la normatividad e instrumentos por medio de los cuales la autoridad ambiental y los demás entes responsables de la gestión del recurso hídrico ejercen acciones de comando y control.
- **Instrumentos económicos:** Corresponde a los instrumentos económicos y la normativa, bajo los cuales las entidades estatales tienen acceso a recursos económicos para el fortalecimiento de la gestión del recurso hídrico; como los incentivos que se dan a los sectores empresariales por el eficiente y correcto uso del agua.
- **Instrumentos de información:** Corresponde a los instrumentos existentes que consolidan la gestión actual del recurso hídrico y que sirven como base para la planificación y el cumplimiento de la legislación.
- **Otros instrumentos:** Corresponde a los instrumentos financieros y de conservación que deben ser aplicados para la gestión integral del recurso hídrico.

Figura 3-1. Marco Normativo e instrumental para la gestión integral del recurso hídrico



Fuente: Consultor/ Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, página 20, año 2010, MAVDT ahora MADS

(*) Normas Actualizadas por el Consultor

3.1 Reglamentación

A continuación se presenta una relación de la normatividad general y específica que compete a los marcos ambientales y de prestación del servicio que debe considerar el Plan Director del Recurso Hídrico – PDRH a lo largo de su desarrollo.

Tabla 3-1 Normatividad General.

Tema: Normatividad general					
Tipo de Norma	Número	Año	Entidad	Tema	Descripción
Ley	1	1972	Congreso de la República	Por el cual se dicta un estatuto especial para el Archipiélago de San Andrés y Providencia.	Estatuto especial para el Archipiélago de San Andrés y Providencia.
Decreto	2811	1974	Ministerio de Agricultura	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente	Código Nacional de Recursos Naturales
Decreto	1541	1978	Ministerio de Hacienda y Crédito Público Ministerio de Defensa Nacional Ministerio de Agricultura Ministerio de Salud Pública Ministerio de Desarrollo Económico Ministerio de Minas y Energía Ministerio de Obras Públicas	Por el cual se reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto - Ley 2811 de 1974 "De las aguas no marítimas" y parcialmente la Ley 23 de 1973	Reglamentación sobre el recurso hídrico.
Ley	9	1979	Congreso de la República	Por la cual se dictan medidas sanitarias.	Medidas sanitarias.
Decreto	2858	1981	Congreso de la República	Por el cual se reglamenta parcialmente el Artículo 56 del Decreto - Ley 2811 de 1974 y se modifica el Decreto 1541 de 1978.	Reglamentación sobre el recurso hídrico.
Decreto	2762	1991	Departamento Administrativo de la Presidencia de la República	Por medio del cual se adoptan medidas para controlar la densidad poblacional en el departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.	Densidad poblacional en el departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.
Ley	99	1993	Congreso de la República	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones	Creación del Ministerio del Medio Ambiente

Tema: Normatividad general					
Tipo de Norma	Número	Año	Entidad	Tema	Descripción
Ley	47	1993	Congreso de la República	Por la cual se dictan normas especiales para la organización y el funcionamiento del Departamento archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.	Funcionamiento del Departamento archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.
Ley	142	1994	Congreso de la República	Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones.	Servicios públicos domiciliarios.
Ley	373	1997	Congreso de la República	Por la cual se establece el Programa para el uso eficiente y ahorro del agua.	Programa para el uso eficiente y ahorro del agua.
Ley	388	1997	Congreso de la República	Por la cual se modifica la Ley 9 ^a de 1989, y la Ley 3 ^a de 1991 y se dictan otras disposiciones.	Ordenamiento territorial.
Decreto	3102	1997	Ministerio de Desarrollo Económico	Por la cual se reglamenta el artículo 15 de la Ley 373 de 1997 en relación con la instalación de equipos, sistemas e implementos de bajo consumo de agua.	Instalación de equipos, sistemas e implementos de bajo consumo de agua.
Decreto	1311	1998	Ministerio de Desarrollo Económico	Por la cual se reglamenta el literal g) del artículo 11 de la Ley 373 de 1997.	Reglamentación del Programa para el uso eficiente y ahorro del agua.
Resolución	1096	2000	Ministerio de Desarrollo Económico	Por el cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS.	RAS
Decreto	302	2000	Ministerio de Desarrollo Económico	Por la cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, en materia de prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado.	Servicios públicos domiciliarios.
Decreto	325	2003	Consejo Departamental de San Andrés	Por medio del cual se aprobó el Plan de Ordenamiento Territorial - POT para la isla de San Andrés.	POT
Ley	915	2004	Congreso de la República	Por la cual se dicta el Estatuto Fronterizo para el desarrollo económico y social del departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.	Estatuto fronterizo para el desarrollo económico y social del departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.
Resolución	2320	2009	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se modifica parcialmente la Resolución No. 1096 de 2000 que adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS.	Modificación parcial al RAS
Ley	1333	2009	Congreso de la República	Por la cual se establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones.	Procedimiento Sancionatorio Ambiental
Resolución	2086	2010	Ministerio de Ambiente, Vivienda y	Por el cual se adopta la metodología para la tasación de multas consagradas en el numeral 1º del artículo 40 de la	Metodología para la tasación de multas

Tema: Normatividad general					
Tipo de Norma	Número	Año	Entidad	Tema	Descripción
			Desarrollo Territorial	Ley 1333 del 21 de julio de 2009 y se toman otras determinaciones.	Procedimiento Sancionatorio Ambiental
Decreto	2041	2014	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales	Licencias ambientales
Decreto	2220	2015	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por el cual se adiciona una sección al Decreto 1076 de 2015 en lo relacionado con las licencias y permisos ambientales para Proyectos de Interés Nacional y Estratégicos (PINE)	Adición al Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.
Ley	1753	2015	Congreso de la República	Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014 - 2018	Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible
Decreto	1956	2015	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por el cual se efectúan unas precisiones al Decreto 1076 de 2015, por el cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.	Precisiones al Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.
Decreto	1076	2015	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por el cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible	Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Fuente: Consultor.

Tabla 3-2 Normatividad Agua para consumo humano.

Tema: Agua Potable					
Tipo de Norma	Número	Año	Entidad	Tema	Descripción
Resolución	2115	2007	Ministerio de la Protección Social Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.	Agua para consumo humano.
Decreto	1575	2007	Ministerio de la Protección Social	Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para consumo humano.	Calidad del agua para consumo humano.

Fuente: Consultor.

Tabla 3-3 Normatividad Agua Subterránea.

Tema: Agua Subterránea					
Tipo de Norma	Número	Año	Entidad	Tema	Descripción
Resolución	566	2003	Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Por medio de la cual se fijan las tarifas para las pruebas de bombeo que realiza la Corporación.	Tarifas de la pruebas de bombeo.
Resolución	416	2005	Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Por la cual se dictan medidas de preservación y control de las aguas subterráneas de la Isla de San Andrés	Medidas de prevención y control de agua subterránea.
Resolución	532	2006	Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Por medio de la cual se establecen los objetivos de calidad para aguas marinas y aguas subterráneas en el Departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.	Calidad agua marina y subterránea.

Fuente: Consultor.

Tabla 3-4 Normatividad Vertimientos.

Tema: Vertimientos					
Tipo de Norma	Número	Año	Entidad	Tema	Descripción
Decreto	1594	1984	Ministerio de Agricultura Ministerio de Salud	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la Parte II Libro I del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.	Sustancias de interés sanitario
Resolución	424	2001	Ministerio de Desarrollo Económico	Por el cual se modifica la Resolución 1096 de Noviembre 17 de 2000 que adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS	Emisario submarino
Resolución	1433	2004	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se reglamenta el artículo 12 del Decreto 3100 de 2003, sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV, y se adoptan otras determinaciones.	Planes Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV.
Resolución	2145	2005	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se modifica parcialmente la Resolución 1433 de 2004 sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV.	Planes Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV.

Tema: Vertimientos					
Tipo de Norma	Número	Año	Entidad	Tema	Descripción
Decreto	4728	2010	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 3930 de 2010.	Modificación a los usos del agua y residuos líquidos.
Decreto	3930	2010	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.	Usos del agua y residuos líquidos.
Resolución	75	2011	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se adopta el formato de reporte sobre el estado de cumplimiento de la norma de vertimiento puntual al alcantarillado público.	Formato de reporte del cumplimiento de la norma de vertimientos.
Resolución	1514	2012	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se adoptan los Términos de Referencia para la Elaboración del Plan de Gestión de Riesgos para el Manejo de Vertimientos.	Plan de gestión del riesgo para el manejo de vertimientos.
Decreto	1287	2014	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por el cual se establecen criterios para el uso de los biosólidos generados en plantas de tratamiento de aguas residuales municipales	Criterios para el uso de biosólidos.
Resolución	631	2015	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se establecen los parámetros y valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones	Valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales.

Fuente: Consultor.

Tabla 3-5 Normatividad Tarifas servicios públicos.

Tema: Tarifas servicios públicos					
Tipo de Norma	Número	Año	Entidad	Tema	Descripción
Resolución	688	2014	Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico	Por la cual se establece la metodología tarifaria para las personas prestadoras de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado con más de 5000 suscriptores en el área urbana.	Metodología tarifaria para las personas prestadoras de los servicios públicos domiciliarios acueducto y alcantarillado.

Tema: Tarifas servicios públicos					
Tipo de Norma	Número	Año	Entidad	Tema	Descripción
Resolución	712	2015	Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico	Por la cual se hace público el proyecto de Resolución por la cual se modifica, adiciona y tarifaria para las aclaras la Resolución CRA 688 de 2014, se da cumplimiento a lo previsto por el numeral 11.4 del artículo 11 del Decreto 2696 de 2004, y se inicia el proceso de discusión directa con los usuarios y agentes del sector.	Ajuste a la metodología para las personas prestadoras de los servicios públicos domiciliarios acueducto y alcantarillado.

Fuente: Consultor.

Tabla 3-6 Normatividad tasas por utilización de agua.

Tema: Tasas de utilización de agua					
Tipo de Norma	Número	Año	Entidad	Tema	Descripción
Decreto	155	2004	Ministerio de Ambiente	Por el cual se reglamenta el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas y se adoptan otras disposiciones	Tasas por utilización de aguas.
Decreto	4742	2005	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por el cual se modifica el artículo 12 del Decreto 155 de 2004 mediante el cual se reglamenta el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas.	Tasas por utilización de aguas.
Resolución	831	2006	Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Por medio de la cual se implementa la aplicación del cobro de la Tasa por Utilización del Agua (TUA) en el Departamento de Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.	Tasa por utilización de agua.

Fuente: Consultor.

Tabla 3-7 Normatividad tasas retributivas.

Tema: Tasas Retributivas					
Tipo de Norma	Número	Año	Entidad	Tema	Descripción
Decreto	2667	2012	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por el cual se reglamenta la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales, y se toman otras determinaciones.	Tasas retributivas

Fuente: Consultor.

Tabla 3-8 Normatividad Medio Marino.

Tema: Medio marino					
Tipo de Norma	Número	Año	Entidad	Tema	Descripción
Ley	10	1978	Congreso de la República	Por medio la cual se dictan normas sobre el mar territorial, zona económica exclusiva, plataforma continental, y se dictan otras disposiciones	Mar territorial
Decreto	1875	1979	Ministerio de Agricultura	Por el cual se dictan normas sobre la prevención de la contaminación del medio marino y se dictan otras disposiciones	Prevención de la contaminación del medio marino
Decreto	321	1999	Ministerio del Interior	Por el cual se adopta el Plan Nacional de Contingencia contra derrames de Hidrocarburos, Derivados y Sustancias Nocivas.	Plan Nacional de Contingencia de derrames de hidrocarburos, derivados y sustancias nocivas.
Decreto	1120	2013	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por el cual se reglamentan las Unidades Ambientales Costeras - UAC - y las comisiones conjuntas, se establecen las reglas de procedimiento y criterios para reglamentar la restricción de ciertas actividades en pastos marinos, y se dictan otras disposiciones	Unidades ambientales costeras.

Fuente: Consultor.

Tabla 3-9 Normatividad residuos ordinarios y peligrosos.

Tema: Residuos Ordinarios y Residuos Peligrosos					
Tipo de Norma	Número	Año	Entidad	Tema	Descripción
Ley	253	1996	Congreso de la República	Por medio de la cual se aprueba el Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación, hecho en Basilea el 22 de marzo de 1989	Aprobación del Convenio de Basilea
Ley	1259	2008	Congreso de la República	Por medio de la cual se instaura en el territorio nacional la aplicación del Comparendo Ambiental a los infractores de las normas de aseo, limpieza y recolección de escombros; y se dictan otras disposiciones.	Comparendo Ambiental
Ley	1252	2008	Congreso de la República	Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones	Desechos peligrosos
Decreto	2981	2013	Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio	Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo.	Prestación del servicio público de aseo

Fuente: Consultor.

Tabla 3-10 Normatividad Fauna y Flora.

Tema: Fauna y flora					
Tipo de Norma	Número	Año	Entidad	Tema	Descripción
Ley	357	1997	Congreso de la República	Por medio de la cual se aprueba la "Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas", suscrita en Ramsar el 2 de febrero de 1971	Humedales
Ley	356	1997	Congreso de la República	Por medio de la cual se aprueban el "Protocolo relativo a las áreas y flora y fauna silvestres especialmente protegidas del Convenio para la Protección y el Desarrollo del Medio Marino de la Región del Gran Caribe", hecho en Kingston el 18 de enero de 1990 y los "Anexos al Protocolo relativo a las áreas y flora y fauna silvestres especialmente protegidas del Convenio para la Protección y el Desarrollo del Medio Marino de la Región del Gran Caribe", adoptados en Kingston el 11 de junio de 1991.	Protocolo área, fauna y flora silvestres de la región del Gran Caribe.
Resolución	140	2007	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural	Por la cual se reglamenta el Incentivo a la Productividad para el Fortalecimiento de la Asistencia Técnica.	Incentivo a la productividad

Fuente: Consultor.

Tabla 3-11 Normatividad Cuencas Hidrográficas.

Tema: Manejo de cuencas hidrográficas					
Tipo de Norma	Número	Año	Entidad	Tema	Descripción
Decreto	1729	2002	Ministerio del Medio Ambiente	Por el cual se reglamenta la Parte XIII, Título 2, Capítulo III del Decreto - Ley 2811 de 1974 sobre cuencas hidrográficas, parcialmente el numeral 12 del artículo 5 de la Ley 99 de 1993 y se dictan otras disposiciones.	Cuencas hidrográficas
Decreto	1604	2002	Ministerio del Medio Ambiente	Por el cual se reglamenta el párrafo 3 del artículo 33 de la Ley 99 de 1993.	Comisiones conjuntas para el ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas.
Decreto	1640	2012	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por medio de la cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones.	Cuencas hidrográficas
Decreto	953	2013	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por el cual se reglamenta el artículo 111 de la Ley 99 de 1993 modificado por el artículo 210 de la Ley 1450 de 2011	Áreas de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos que surten de agua a los acueductos municipales.

Fuente: Consultor.

Tabla 3-12 Otros documentos y guías técnicas.

Tema: Otros documentos				
Tipo de Norma	Año	Entidad	Tema	Descripción
Guía	2002	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales	Guía para el monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas.	Guía para el monitoreo de vertimientos
Protocolo	2007	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales	Protocolo para el monitoreo y seguimiento del agua.	Agua superficial
Política	2010	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico.	Gestión integral del recurso hídrico
Altas	2012	Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives De Andrés"	Altas de la Reserva de Biósfera Seaflower Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.	Atlas de la Reserva de la Biósfera Seaflower
Guía	2013	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Guía técnica para la formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas - POMCAS	Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas - POMCAS
Plan	2014	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Plan Hídrico Nacional Fase II (2015 - 2018)	Programas, proyectos y actividades que permiten el cumplimiento de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico.
Lineamientos		Comisión Colombiana del Océano	Lineamientos para la formulación del Plan Nacional de Manejo Integrado de Zonas Costeras - PNMIZC	Lineamientos para la formulación del manejo integrado de las zonas costeras.

Fuente: Consultor.

Durante el desarrollo de este documento se realiza el análisis normativo para los temas de agua potable y agua residual e identificación de impactos ambientales, con la finalidad de identificar los mecanismos de control aplicados actualmente y el cumplimiento o incumplimiento de la legislación.

3.2 Marco Jurídico

El estudio en el ámbito institucional y jurídico plantea: “Marco institucional del agua en donde se identifiquen la legislación o normativa del agua en la isla, los principales actores con sus roles y recomendaciones que permitan tener una gestión eficiente del agua”

Al efecto se tendrá en cuenta que nuestra legislación establece que: El ambiente es patrimonio común; el Estado y los particulares deben participar en su preservación y manejo, que son de utilidad pública e interés social, consagrando con rango constitucional los derechos y deberes de los particulares y el Estado, para garantizarlo.

El desarrollo de las disposiciones constitucionales relativas a la Conservación Protección y Recuperación de los recursos naturales y en particular del sistema hídrico nacional, se viene ejecutando mediante la expedición de normas por el Congreso de la Republica y el ejecutivo nacional, este último a través de leyes y decretos con fuerza de ley o decretos reglamentarios; de igual manera las entidades administrativas con jurisdicción en el Departamento Archipiélago de San Andrés Providencia y Santa Catalina, profieren las normas para permiten la utilización de los recursos naturales, de manera sostenible y con el debido control, que aseguren “la Provisión y acceso a los servicios agua y saneamiento”¹.

3.2.1 Marco jurídico institucional a nivel nacional.

A nivel nacional, la constitución consagra como derecho el uso de los recursos naturales, el cual se debe ejercitar, conforme con las normas que lo reglamentan, a fin de asegurar en todo tiempo su conservación, protección y recuperación, evento de capital importancia para garantizar la dotación y mantenimiento de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado a toda la población.

A continuación se presenta un resumen de las herramientas jurídicas vigentes emanadas desde el nivel más alto de la jerarquía normativa correspondiente a la Constitución Nacional. En cada caso se discuten la actuación regulada y el objeto de la regulación.

Tabla 3-13 Marco Jurídico a nivel Nacional

Constitucional	Actuación Regulada	Bienes Ambientales
DE LOS DERECHOS SOCIALES, ECONÓMICOS Y CULTURALES ART. 49. Modificado por el Acto Legislativo No 02 de 2009	Preservación de los recursos naturales	Uso del patrimonio ambiental para el bienestar de la comunidad
DE LOS DERECHOS COLECTIVOS Y DEL AMBIENTE. ART. 80	Conservación, restauración o sustitución.	Uso del patrimonio ambiental para el bienestar de la comunidad, acorde con la reglamentación legal.
DE LA FINALIDAD SOCIAL DEL ESTADO Y DE LOS SERVICIOS PÚBLICOS.	Gestión del Servicio Públicos Domiciliarios	Uso del recurso hídrico.

¹ Términos de Referencia. SOLICITUD DE PROPUESTAS, Programa de Apoyo al Desarrollo Sostenible del Departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Elaboración del Plan Director del Recurso Hídrico en la Isla de San Andrés, SEP. No. 004 de 2015

Constitucional	Actuación Regulada	Bienes Ambientales
ART. 365 y 367		Prestación de los servicios públicos, como fuente de abasto y disposición final de residuos conforme a la ley.
Decreto 2811 de 1978	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.	Conservación, preservación y recuperación de los Recursos naturales. Para el estudio el recurso hídrico.
Decreto 1541 de 1978	Por el cual se reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto-Ley 2811 de 1974: "De las aguas no marítimas"	Conservación, preservación y recuperación de recurso hídrico.
Ley 79 de 1986	Por la cual se prevé a la conservación de agua y se dictan otras disposiciones	Protección de los recursos hídricos nacionales
Ley 99 de 1993	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente (...) se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.	Protección, conservación y recuperación de los recursos naturales; medidas de control.
Ley 142 de 1994 Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones.	Gestión de los servicios públicos domiciliarios.	Organización administrativa empresarial, regulación y control de la prestación de los servicios públicos domiciliarios; para el caso, los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado.
Resolución 541 de 1994 Ministerio del Medio Ambiente:	Por medio de la cual se regula el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales, elementos, concretos y agregados sueltos, de construcción, de demolición y capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación.	Control y uso eficiente para la Protección, preservación y recuperación de los recursos naturales, con especialidad el recurso hídrico, empleado como receptor final de desechos sólidos.
Ley 141 de 1994	Por la cual se crean el Fondo Nacional de Regalías, la Comisión Nacional de Regalías, se regula el derecho del Estado a percibir regalías por la explotación de recursos naturales no renovables, se establecen las reglas para su liquidación y distribución y se dictan otras disposiciones.	Financiación de los programas de protección, preservación, conservación y recuperación de los recursos naturales.
Ley 373 de 1997	Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.	Protección y Preservación de los recursos naturales hídricos.
Ley 388 de 1997	Por la cual se modifica la Ley 9 de 1989, y la Ley 3 de 1991, y se dictan otras disposiciones.	Regla el ordenamiento del territorio municipal y el uso del suelo, con el objetivo además de permitir la conservación, protección y preservación del medio ambiente y los recursos naturales.
Ley 430 de 1998	Se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.	Protección y preservación de los recursos naturales.

Constitucional	Actuación Regulada	Bienes Ambientales
Decreto Nacional 302 de 2000 Ministro de Desarrollo Económico	Gestión de los Servicios Públicos domiciliarios. Regula las relaciones que se generan entre la entidad prestadora de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado y los suscriptores y usuarios, actuales y potenciales, del mismo.	Uso eficiente de los recursos naturales empleados para la prestación de los servicios públicos domiciliarios.
Resolución No. 1096 de 2000 de noviembre de 2000, por la cual se adopta el Reglamento técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico	REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO RAS - 2000	Documentación técnica normativa que señala los requisitos que deben cumplir las obras, equipos y procedimientos operativos que se utilicen en la prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo y sus actividades complementarias. Expedida en cumplimiento de lo dispuesto en la Ley 142 de 1.994, para garantizar la calidad en la prestación de los servicios públicos domiciliarios en todos los niveles.
DECRETO 958 DE 2001.	Por el cual se crea la Comisión Intersectorial de Servicios Públicos Domiciliarios. Gestión integral de los servicios públicos domiciliarios.	Uso eficiente de los recursos hídricos.
Resolución CRA-201 de 2002	Por la cual se establecen las condiciones para la elaboración, actualización y evaluación de los Planes de Gestión y Resultados.	Gestión de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado; control y uso eficiente de los recursos hídricos.
Decreto Nacional 1713 de 2002	Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos.	Uso adecuado de los recursos naturales, para la disposición final de los residuos sólidos. Preservación de los recursos hídricos.
Resolución 1433 de 2004	Regla los Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos. PSMV	Protección, preservación y recuperación de los recursos naturales, con especialidad el recurso hídrico, empleado como receptor final de desechos sólidos y vertimientos de aguas residuales.
Resolución 1390 de 2005	Por la cual se establecen directrices y pautas para el cierre, clausura y restauración o transformación técnica a rellenos sanitarios de los sitios de disposición final a que hace referencia el artículo 13 de la Resolución 1045 de 2003 que no cumplen las obligaciones indicadas en el término establecido en la misma.	Protección, preservación y recuperación de los recursos naturales, con especialidad el recurso hídrico, empleado como receptor final de desechos sólidos y vertimientos de aguas residuales.
Resolución 1508 de 2010	Por la cual se establece el procedimiento para el recaudo de los recursos	Preservación de los recursos naturales hídricos.

Constitucional	Actuación Regulada	Bienes Ambientales
Ministro de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	provenientes de las medidas adoptadas por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico para promover el uso eficiente y ahorro del agua potable y desestimular su uso excesivo.	Uso eficiente del Recurso hídrico.
Ley 1506 de 2012	Por medio de la cual se dictan disposiciones en materia de servicios públicos domiciliarios de (...) acueducto, alcantarillado y aseo para hacer frente a cualquier desastre o calamidad que afecte a la población nacional y su forma de vida.	Gestión Empresarial de los servicios públicos domiciliarios.
Decreto Nacional 2981 de 2013	Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo. Plan para la gestión integral de residuos sólidos, PGIRS.	Protección de los recursos naturales en especial los recursos hídricos que puedan afectarse con la disposición de los residuos sólidos.
Decreto 3930 de 2010.	Reglamenta el uso del agua y residuos líquidos, vertimientos.	Ordenación, preservación y recuperación de los recursos hídricos.
Decreto 4728 de 2010	Modifica parcialmente Decreto -3930 del 2010.	Ídem
LEY 1506 DE 2012	Por medio de la cual se dictan disposiciones en materia de servicios públicos domiciliarios de (...) acueducto, alcantarillado y aseo para hacer frente a cualquier desastre o calamidad que afecte a la población nacional y su forma de vida	Gestión Empresarial de los servicios públicos domiciliarios
Decreto 3571 de 2011	Por el cual se establecen los objetivos, estructura, funciones del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio y se integra el Sector Administrativo de Vivienda, Ciudad y Territorio. Componente del Sistema Nacional de Prevención y Atención de Desastres.	Regulación y control en la prestación de los servicios públicos domiciliarios, que permitirán la prevención de riesgos, preservación, conservación y recuperación de los recursos hídricos.
DECRETO 4924 DE 2011	Por el cual se establecen reglas que adicionan la metodología para la distribución de los recursos provenientes de aportes solidarios en el otorgamiento de subsidios de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado	Establece las normas para la distribución de los recursos provenientes de aportes solidarios y subsidios, en particular cuando la entidad prestadora opera en varias localidades.
Ley 1523 de 2012	Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones.	Regulación y control en la prestación de los servicios públicos domiciliarios, que permitirán la prevención de riesgos, conservación y recuperación de los recursos hídricos
Decreto 2667 de 2012	Por el cual se reglamenta la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales; deroga al Decreto 3100 del 2003.	Protección, planificación y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.

Constitucional	Actuación Regulada	Bienes Ambientales
Resolución 1514 de 2012	Términos de Referencia para el Plan de Gestión de Riesgos para Manejo de Vertimientos	Ordenación, preservación y recuperación de los recursos hídricos.
Decreto Nacional 2981 de 2013	Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo. Plan para la gestión integral de residuos sólidos, PGIRS	Protección de los recursos naturales en especial los recursos hídricos que puedan afectarse con la disposición de los residuos sólidos.
Decreto 2041 de 2014	Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales.	Gestión y control del uso legal, eficiente y concertado de los recursos naturales.
Resolución 631 de 2015	Por la cual se establecen los parámetros y valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público.	Regulación y control en la prestación de los servicios públicos domiciliarios, en el uso de los recursos hídricos, que permitirán su prevención, conservación y recuperación.
Resolución 2659 de 2015.	Por la cual se modifica el artículo 21 de la Resolución 631 de 2015.	Ídem
Decreto 4107 de 2011	Por el cual se determinan los objetivos y la estructura del Ministerio de Salud y Protección Social y se integra el Sector Administrativo de Salud y Protección Social	Establece el sistema para la protección y control de la calidad de agua para consumo humano. Establece características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.
Ley 142 de 1.994 -	establece el régimen de los Servicios Públicos Domiciliarios en Colombia, y busca garantizar su calidad en todos los niveles Esta ley le asignó al Ministerio de Desarrollo Económico la responsabilidad de determinar el alcance de los requisitos técnicos una vez que la Comisión de Regulación de Agua potable y Saneamiento Básico señaló esta necesidad, teniendo en cuenta que su aplicación no conlleva restricción indebida a la competencia	Adoptan el reglamento técnico del sector de agua Potable y saneamiento básico-RAS 2000
Decreto 2882 de 2007	Por el cual se aprueban los estatutos y el Reglamento de la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, CRA	Normas operativas dirigidas al uso eficiente de los servicios públicos, y en particular al uso del recurso hídrico. Establece metodología tarifaria y sus ajustes en los servicios públicos domiciliarios

Fuente: Consultor.

3.2.2 Marco Jurídico institucional a nivel departamental

En el Departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, interviene en la prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado las siguientes entidades.

- En la Operación de los servicios y el Financiamiento de la Inversión en la Infraestructura.
 - La Gobernación del Departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina;
 - La Empresa AGUAS DE SAN ANDRES S.A., E.S.P;
 - PROACTIVA Aguas del Archipiélago S.A. E.S.P;
- En el Control a la prestación de los servicios públicos y preservación del recurso agua.
 - Superintendencia de Servicios Públicos.
 - Corporación para el Desarrollo Sostenible del Departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

En el anexo 3-3 se presentan los estudios requeridos para la etapa de estudios complementarios de esta consultoría.

A continuación se describen los marcos jurídicos específicos encargados de la operación de los servicios de acueducto y alcantarillado de la Isla de San Andrés.

3.2.2.1 Marco jurídico Gobernación de San Andrés, Providencia y Santa Catalina

En el nivel regional, corresponde al conjunto de actos administrativos expedidos por la Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina y la Asamblea Departamental, con el objetivo de reglamentar el uso y la conservación, preservación y recuperación de los recursos naturales en la Isla.

▪ Unidad Administrativa Especial de Control de Servicios Públicos.

Fue creada por el nivel central del departamento, para ejecutar las labores de prestación de los servicios públicos domiciliarios a cargo de la liquidada EMPOISLAS.

Las políticas en materia del recurso hídrico en el departamento son adoptadas por la Gobernación como ente administrativo descentralizado y no de manera especial por la Unidad, en virtud que esta hace parte de la administración central; en cuanto al desarrollo del Plan Departamental de Agua, realiza las funciones de Unidad Ejecutora de las políticas, planes y programas formulados por el nivel nacional y la Gobernación.

Es por lo anterior que, en materia de formulación de políticas y normas dentro de la administración y control del recurso hídrico, no se presenta participación especial de la Unidad, cuando las dichas decisiones y políticas se establecidas por la Gobernación del Departamento.

Tabla 3-14 Marco Jurídico a nivel local - Gobernación.

Gobernación De San Andrés	Actuación Regulada	Bienes Ambientales
Decreto 325 del 18 de noviembre de 2003	Plan de Ordenamiento Territorial de la Isla de San Andrés-POT.	Regla el ordenamiento del territorio y el uso del suelo en San Andrés, con el objetivo además de permitir la conservación, protección y preservación del medio ambiente y los recursos naturales del ente territorial.
Ordenanza 005 de 2012.	Plan de Desarrollo - PARA TEJER UN MUNDO MAS HUMANO Y SEGURO.	Planificación de la gestión de los servicios públicos y protección, preservación y recuperación del recurso hídrico.
Ordenanza 020 de 2006.	Estatuto Tributario del Departamento de San Andrés	Gestión de los servicios públicos, apoyo a inversión para la protección, preservación y recuperación de los recursos naturales.
Resolución 6217 de 2015	Por la cual se adopta el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos en la Isla de San Andrés.	Gestión legal del servicio público de aseo, permite además la preservación, conservación y recuperación de los recursos naturales, especialmente el recurso hídrico.

Fuente: Consultor.

3.2.2.2 Marco jurídico CORALINA

A nivel ambiental local, la normatividad expedida por la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, en ejercicio de las facultades que le otorga la Ley 99 de 1993, que tienen como propósito dotar a la entidad y a los organismos que interactúan con ella de un conjunto de disposiciones para controlar el uso de los recursos naturales, de manera que se empleen asegurando su preservación, conservación, recuperación y reuso en los casos que ello fuere posible.

Tabla 3-15 Marco jurídico a nivel local – CORALINA

Corporación CORALINA	Actuación Regulada	Bienes Ambientales
Resolución No. 368 de 2015	Por medio de la cual se Declara en Ordenación la Cuenca Hidrográfica de El Cove.	Planificación del uso de los recursos naturales, en el área de regulación, asegurando su protección, preservación y recuperación.
Resolución No. 416 de 2005	Por la cual se dictan medidas de preservación y control de las aguas subterráneas de San Andrés.	Planificación del uso del recurso hídrico subterráneo en el área de San Andrés, regulando el uso eficiente, que garantice, su protección, preservación y recuperación.
Resolución No. 532 de 2006	Por medio de la cual se establecen los objetivos de calidad para aguas marinas y aguas subterráneas en el Departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.	Planificación del uso del recurso hídrico, de aguas marinas y subterráneas en el departamento, reglando el uso eficiente, que garantice, su protección, preservación y recuperación.
Resolución No. 831 de 2006	Por medio de la cual se implementa la aplicación del cobro de la Tasa por Utilización del Agua (TUA) en el Departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Planificación del uso legal del recurso hídrico, para garantizar su protección, preservación y recuperación.

Corporación CORALINA	Actuación Regulada	Bienes Ambientales
Plan de Manejo de las Aguas subterráneas de la isla de San Andrés 2000 - 2009.	Por la cual se establecen medidas para el control del uso, de las aguas subterráneas de San Andrés.	Planificación de la intervención en el recurso hídrico subterráneo del área de San Andrés, reglando el uso eficiente, que garantice, su protección, preservación y recuperación.

Fuente: Consultor.

3.2.2.3 Marco jurídico PROACTIVA

“En el Sistema de Acueducto el abastecimiento en la isla de San Andrés se hace por tres fuentes: Aguas subterráneas, aguas marinas y aguas lluvias. Existe para este tipo de abastecimiento poca planeación, manejo y administración de las aguas subterráneas. La comunidad aprovecha la existencia de esas fuentes de agua para su uso a pesar de los altos niveles de salinidad y mala calidad. Cabe señalar, que además de los pozos concesionados al acueducto, existen otros pozos de propiedad de particulares que disponen de los permisos de concesión de CORALINA (Corporación para el desarrollo sostenible del Archipiélago de San Andrés Providencia y Santa Catalina). En algunos casos, esos pozos, son utilizados para actividades comerciales por sus propietarios, suministrando agua a través de carro-tanques o como agua embotellada.”

Para el año 2006, entró en funcionamiento el operador especializado “Proactiva aguas del Archipiélago. S.A. E.S.P”; quienes rehabilitaron la planta de ablandamiento y construyeron una nueva planta desalinizadora en Lox Bight; esta con capacidad de producción de hasta 50 L/s. El agua tratada en esta planta es surtida para abastecer la zona urbana.²

La empresa PROACTIVA Aguas del Archipiélago S. A. ESP, para la debida gestión de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado, a su cargo cumplimiento y en cumplimiento de las disposiciones de la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, ha elaborado normas operativas, dirigidas al eficiente uso de los servicios públicos y en particular al uso del recurso hídrico.

Tabla 3-16 Marco Jurídico a nivel local - PROACTIVA

PROACTIVA S.A. ESP	Actuacion Regulada	Bienes Ambientales
Programa de ahorro y uso eficiente del Agua. San Andrés Isla. Informe de gestión, agosto de 2008		Control operativo y Planificación del uso de los recursos hídricos.

Fuente: Consultor.

3.3 Decisiones judiciales

Atendiendo a la importancia que reviste para la adecuada prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado en la isla de San Andrés y el impacto que tiene sobre el

² Plan de Desarrollo - 1.4.3 Línea Temática: Agua y Ambiente Libre De Residuos, p.91

planteamiento de alternativas y toma de decisiones del presente estudio, se considera necesario hacer referencia a la siguiente acción judicial.

MEDIO DE CONTROL: Acción Popular

DEMANDANTE: RADLEY ERINGTON BENT BENT

DEMANDADOS: Gobernación del Archipiélago de San Andrés Providencia y Santa Catalina

CORPORACIÓN PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL ARCHIPIÉLAGO DE SAN ANDRÉS,
PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA "CORALINA".

PROACTIVA Aguas del Archipiélago S. A. ESP

AGUAS DE SAN ANDRÉS S.A., E.S.P (Vinculada por el Despacho Judicial)

RADICADO: 88001-23-31-000-2012-00001-01

Tabla 3-17 Decisiones judiciales – Radicado 88001-23-31-000-2012-00001-01

Despacho	Pretensiones Y Fallos
TRIBUNAL CONTENCIOSO ADMINISTRATIVO DE SAN ANDRÉS	<p><u>Hechos</u></p> <p>El actor señala que en las inmediaciones de los barrios Morris Landing y la Rocosa, ubicados en la circunvalar al norte de la Isla de San Andrés, se ha ubicado un antiguo depósito de basuras a cielo abierto, así como el vertimiento al mar de aguas residuales putrefactas sin previo tratamiento, lo cual representa un grave daño para el ecosistema y para la salubridad de los habitantes de la zona.</p> <p>Explica que con esta conducta se están afectando los derechos colectivos de los habitantes de las zonas circundantes, ya que con dichos vertimientos se generan irreversibles daños ambientales, malos olores, proliferación de insectos y, riesgos a la salubridad.</p> <p><u>Pretensiones del demandante:</u></p> <p>El actor solicita que se hagan las siguientes declaraciones y condenas:</p> <p>“PRIMERA: Ordenar que cese la descarga de los carros tanques al espacio público en las inmediaciones de los barrios Morris Landing y la Rocosa, ubicados en la circunvalar al norte de la Isla de San Andrés, antiguo botadero de basuras hasta que la Corporación ambiental nos certifique que no es perjudicial para la salud humana, animal, vegetal e insectos.</p> <p>SEGUNDA: Ordenar a la Corporación encargada de proteger nuestros recursos naturales, que tome las medidas pertinentes a fin de garantizar la recuperación de nuestros recursos naturales afectados por esta contaminación de vertimiento de aguas putrefactas al Mar.</p> <p>TERCERA: Ordenar a los accionados restituir los daños y perjuicios causados a nuestro Arrecife Coral, y a todos nuestros recursos naturales afectados por este acto.</p> <p>CUARTO: Que se reconozca el correspondiente incentivo económico de acuerdo al artículo 39 de la Ley 472 de 1998.</p> <p>QUINTO: Que los demandados sean condenados en costas.”</p> <p>Fallo De Primera Instancia</p> <p>PRIMERO: DECLÁRASE no probada la excepción propuesta por Proactiva Aguas del Archipiélago S.A. E.S.P., conforme a lo razonado en la parte motiva.</p> <p>SEGUNDO: AMPÁRANSE los Derechos Colectivos al Goce de un ambiente Sano; a la Salubridad Pública; el Goce del Espacio Público; y la Utilización y Defensa de los Bienes de Uso Público, de conformidad con lo establecido en la</p>

Despacho	Pretensiones Y Fallos
	<p>Constitución, la ley y las disposiciones reglamentarias, vulnerados por la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina CORALINA y el Departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, de conformidad con lo consignado en la parte considerativa.</p> <p>TERCERO: ORDÉNASE a la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, CORALINA, y al Departamento Archipiélago de San Andrés. Providencia y Santa Catalina, en cumplimiento del ordenamiento constitucional y legal, impedir de manera definitiva que carros sépticos o que por cualquier otro medio, efectúen vertimiento de aguas residuales sin tratamiento previo, o lodo, sobre los suelos a campo abierto, zonas costeras y directamente sobre el mar de San Andrés Islas.</p> <p>CUARTO: ORDÉNASE a la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, CORALINA, en coordinación con el Departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, diseñar e implementar los planes, estrategias y actividades administrativas y de policía necesarios para tal fin. En consecuencia, para el diseño de los planes, estrategias y actividades administrativas y de policía necesaria se concede un plazo máximo de un (01) mes contado desde la ejecutoria de esta providencia. A su turno, para la implementación de las medidas se concede un plazo máximo de dos (02) meses contados desde el día siguiente de vencido el término señalado con anterioridad para el diseño de los planes, estrategias y actividades administrativas y de policía necesarias. De lo anterior deberá entregarse a este Tribunal un informe de resultados dentro del plazo antes estipulado, conforme lo razonado. En este proceso de diseño e implementación de los planes, estrategias y actividades administrativas y de policía necesarios para el cese de vertimientos de aguas residuales sin tratamiento previo o lodo sobre los suelos a campo abierto, zonas costeras y directamente sobre el mar en la isla de San Andrés, deberán prestar su colaboración y asesoría la empresa Proactiva Aguas del Archipiélago S.A. E.S.P., la Sociedad Aguas de San Andrés S. A. E.S.P., y la Policía del Departamento Archipiélago.</p> <p>QUINTO: Dentro del ámbito de la colaboración armónica que establece la constitución se PREVENDRÁ a las diferentes entidades del estado accionadas para que a futuro dentro del marco constitucional y legal ejerzan, de manera pronta y enérgica, sus competencias con el objeto de evitar la ocurrencia de los hechos generadores de la presente acción popular y con ello prevenir que se continúen vulnerando los Derechos Colectivos enunciados, por hechos como los aquí tratados.</p> <p>SEXTO: ORDÉNASE conformar un Comité de Verificación integrado por el Magistrado Ponente, el accionante, un representante de la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina —CORALINA—, Departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Sociedad Proactiva Aguas del Archipiélago S.A. E.S.P. y la Sociedad Aguas de San Andrés S. A. E.S.P., el comandante de policía y el agente del Ministerio Público.</p> <p>SÉPTIMO: NIÉGANSE las demás pretensiones de la demanda.</p> <p>OCTAVO: ENVÍESE copia de la presente providencia a la Defensoría del Pueblo con destino al Registro Público Centralizado de las acciones populares y de las acciones de grupo que se interpongan en el país.</p> <p>NOVENO: ACÉPTESE el impedimento manifestado por el Magistrado Dr. Jesús Guillermo Guerreño González.”</p>
CONSEJO DE ESTADO SALA DE LO CONTENCIOSO ADMINISTRATIVO SECCIÓN PRIMERA	<p>Fallo de Segunda Instancia</p> <p>1º. MODIFIQUESE el numeral sexto de la sentencia apelada, el cual quedará así:</p> <p>“VI) SE ORDENA conformar un Comité de Verificación integrado por el Magistrado Ponente, el accionante, un representante de la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa</p>

Despacho	Pretensiones Y Fallos
<p>Consejera Ponente: MARÍA CLAUDIA ROJAS LASSO Fecha: Agosto 15 de 2013. REF: 88001-23-31-000-2012-00001-01</p>	<p>Catalina —CORALINA, la Gobernadora del departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Sociedad Proactiva Aguas del Archipiélago S.A. E.S.P. y la Sociedad Aguas de San Andrés S. A. E.S P., el comandante de policía, el Procurador Regional y el Contralor Delegado del departamento de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.”</p> <p>2º. ADICIÓNENSE a la sentencia, los siguientes numerales:</p> <p>“DÉCIMO. ORDENAR a la Gobernadora del departamento de San Andrés Providencia y Santa Catalina que en el término improrrogable de seis (6) meses, contados a partir de la ejecutoria de esta providencia, lleve a cabo todas las gestiones de carácter administrativo, presupuestal, precontractual y técnico que sean necesarias para que de manera inmediata sea aprobado y ejecutado en su totalidad al Plan Maestro de Alcantarillado, de aguas y de saneamiento y manejo de vertimientos de aguas residuales que optimicen el servicio de alcantarillado en el departamento.</p> <p>DÉCIMO PRIMERO. ORDENAR a la Gobernadora del departamento de San Andrés Providencia y Santa Catalina, que en un término máximo de ocho (8) meses, contados a partir de la ejecutoria de esta sentencia ponga en marcha un Plan de Manejo Ambiental y de Inversión, que incluya la realización de monitoreos periódicos y la evaluación de los vertimientos y tratamiento de aguas residuales en la Isla de San Andrés, a fin de que prevenga y reduzca al mínimo la contaminación, en toda época del año.</p> <p>DÉCIMO SEGUNDO. ORDENAR a la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés Providencia y Santa Catalina (CORALINA), inicie la(s) correspondiente(s) investigación(es), por los hechos de que trata la presente acción popular, con el fin de aplicar las sanciones por el incumplimiento de la normativa ambiental, por parte de los prestadores del servicio de acueducto y alcantarillado.</p> <p>DÉCIMO TERCERO. ORDENAR a Proactiva Aguas del Archipiélago S.A. E.S.P. (PROACTIVA S.A. E.S.P.) y, a Aguas de San Andrés S.A., que de manera urgente, mientras se adopta un Plan de Manejo Ambiental de las aguas residuales, que prevenga y reduzca al mínimo la contaminación, generada por las mismas, adopte de manera conjunta las medidas técnicas alternativas que sean conducentes para prevenir, mitigar y controlar el impacto ecológico producido por el vertimiento de aguas residuales en los suelos y costas de la Isla de San Andrés.”</p> <p>3º. REVÓCASE el numeral séptimo de la sentencia apelada en lo concerniente al incentivo y, en su lugar, FÍJASE como incentivo, a favor del actor, de conformidad con lo señalado en el artículo 39 de la Ley 472 de 1998, la suma correspondiente a diez (10) salarios mínimos legales mensuales vigentes para el año 2012, los cuales deberán pagar, por partes iguales, por Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés Providencia y Santa Catalina (CORALINA) y, la Gobernación de San Andrés Providencia y Santa Catalina dentro del término de un (1) mes, contado a partir de la ejecutoria de este fallo.</p> <p>4º. CONFÍRMASE en todo lo demás la sentencia apelada.</p>

Las decisiones judiciales transcritas, establecen las siguientes obligaciones:

A la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, CORALINA, y al Departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina:

- Impedir de manera definitiva que carros sépticos o que por cualquier otro medio, efectúen vertimiento de aguas residuales sin tratamiento previo, o lodo, sobre los suelos a campo abierto, zonas costeras y directamente sobre el mar de San Andrés Islas.

- Diseñar e implementar los planes, estrategias y actividades administrativas y de policía necesarios para tal fin.
- En consecuencia, para el diseño de los planes, estrategias y actividades administrativas y de policía necesarios, se concede un plazo máximo de un (01) mes contado desde la ejecutoria de esta providencia.
- A su turno, para la implementación de las medidas se concede un plazo máximo de dos (02) meses contados desde el día siguiente de vencido el término señalado con anterioridad para el diseño de los planes, estrategias y actividades administrativas y de policía necesarias.
- De lo anterior deberá entregarse a este Tribunal un informe de resultados dentro del plazo antes estipulado, conforme lo razonado.
- En este proceso de diseño e implementación de los planes, estrategias y actividades administrativas y de policía necesarios para el cese de vertimientos de aguas residuales sin tratamiento previo o lodo sobre los suelos a campo abierto, zonas costeras y directamente sobre el mar en la isla de San Andrés, deberán prestar su colaboración y asesoría la empresa Proactiva Aguas del Archipiélago S.A. E.S.P., la Sociedad Aguas de San Andrés S. A. E.S.P., y la Policía del Departamento Archipiélago.
- Dentro del ámbito de la colaboración armónica que establece la constitución se PREVENDRÁ a las diferentes entidades del estado accionadas para que a futuro dentro del marco constitucional y legal ejerzan, de manera pronta y enérgica, sus competencias con el objeto de evitar la ocurrencia de los hechos generadores de la presente acción popular y con ello prevenir que se continúen vulnerando los Derechos Colectivos enunciados, por hechos como los aquí tratados.
- Conformar un Comité de Verificación integrado por el Magistrado Ponente, el accionante, un representante de la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina —CORALINA, la Gobernadora del departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Sociedad Proactiva Aguas del Archipiélago S.A. E.S.P. y la Sociedad Aguas de San Andrés S. A. E.S.P., el comandante de policía, el Procurador Regional y el Contralor Delegado del departamento de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.
- la Gobernadora del departamento de San Andrés Providencia y Santa Catalina que en el término improrrogable de seis (6) meses, contados a partir de la ejecutoria de esta providencia, lleve a cabo todas las gestiones de carácter administrativo, presupuestal, precontractual y técnico que sean necesarias para que de manera inmediata sea aprobado y ejecutado en su totalidad al Plan Maestro de Alcantarillado, de aguas y de saneamiento y manejo de vertimientos de aguas residuales que optimicen el servicio de alcantarillado en el departamento.
- A la Gobernadora del departamento de San Andrés Providencia y Santa Catalina, que en un término máximo de ocho (8) meses, contados a partir de la ejecutoria de esta sentencia ponga en marcha un Plan de Manejo Ambiental y de Inversión, que incluya la realización de

monitoreos periódicos y la evaluación de los vertimientos y tratamiento de aguas residuales en la Isla de San Andrés, a fin de que prevenga y reduzca al mínimo la contaminación, en toda época del año.

- A la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés Providencia y Santa Catalina (CORALINA), inicie la(s) correspondiente(s) investigación(es), por los hechos de que trata la presente acción popular, con el fin de aplicar las sanciones por el incumplimiento de la normativa ambiental, por parte de los prestadores del servicio de acueducto y alcantarillado.
- A Proactiva Aguas del Archipiélago S.A. E.S.P. (PROACTIVA S.A. E.S.P.) y a Aguas de San Andrés S.A., que de manera urgente, mientras se adopta un Plan de Manejo Ambiental de las aguas residuales, que prevenga y reduzca al mínimo la contaminación, generada por las mismas, adopte de manera conjunta las medidas técnicas alternativas que sean conducentes para prevenir, mitigar y controlar el impacto ecológico producido por el vertimiento de aguas residuales en los suelos y costas de la Isla de San Andrés.
- Por la perentoriedad y obligatoriedad de las decisiones judiciales, las medidas y acciones de control, descritas se encuentran en ejecución por las autoridades referidas; dado que las mismas se refieren a la prestación del servicio de alcantarillado en la Isla de San Andrés, las dichas acciones deberán hacer parte del planteamiento de alternativas que se formulen en el presente estudio.

3.4 Gestión de los servicios de acueducto y alcantarillado de la Isla de San Andrés

La Empresa AGUAS DE SAN ANDRES S.A., E.S.P:

Fue conformada como empresa oficial de carácter departamental, constituida mediante escritura pública número 877 del 04 de octubre de 2004, en aplicación de lo dispuesto en los artículos 17 y 19 de la Ley 142 de 1994.

Objeto Social

El Objeto principal de Aguas de San Andrés SA ESP, tal y como se encuentra establecido en el artículo quinto de la escritura de constitución es: "...la prestación de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado en el Departamento Archipiélago de San Andrés isla"

No obstante, para la operación de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado de las islas, la empresa suscribió contrato de operación con PROACTIVA Aguas del Archipiélago S.A. E.S.P quien opera las redes de acueducto y alcantarillado sanitario en la isla, desde el 8 de septiembre de 2005, el cual entró en vigencia y dio inicio a su ejecución una vez se suscribió el acta de inicio el 3 de octubre de 2005.

PROACTIVA Aguas del Archipiélago S.A. E.S.P.

Constituida como sociedad por acciones.

CONTRATO DE OPERACIÓN

CONTRATANTE: AGUAS DE SAN ANDRES S.A. E.S.

OPERADOR: PROACTIVA AGUAS DEL ARCHIPIÉLAGO S.A. E.S.P.

SOCIO TÉCNICO: PROACTIVA COLOMBIA S.A

FECHA: 8 DE SEPTIEMBRE DE 2005

PLAZO: 15 años

El OPERADOR suscribió el contrato involucrando a la Sociedad PROACTIVA SA ESP, la cual funge como socio técnico.

RELACIÓN DE CLÁUSULAS DEL CONTRATO DE OPERACIÓN DEL 8 DE SEPTIEMBRE DE 2005 en Anexo 3-1

NOTA: Las observaciones a cada una de las cláusulas serán materia del análisis de los documentos en desarrollo de la etapa diagnóstico.

MODIFICACIONES AL CONTRATO DE OPERACIÓN

El contrato anterior se ha modificado en 8 oportunidades, documentos que serán debidamente estudiados, para determinar su impacto en la gestión de la prestación de los servicios a cargo del operador.

Las modificaciones al contrato se indican en el Anexo 3-2 donde se identifican las cláusulas que fueron objeto de cambio.

Sección 4.

DIAGNÓSTICO SOCIAL Y ECONÓMICO

4.1 Diagnóstico Económico

4.1.1 Caracterización económica social de la población.

En este capítulo se propone mostrar de manera resumida los rasgos principales de la población de San Andrés. En cuanto se relaciona con el tamaño de la población se pretende mostrar las cifras sobresalientes tomadas tal como se presentan en las fuentes disponibles, como marco de referencia para el resto del análisis, dejando su análisis detallado para la posterior actividad relacionada con el estudio de población y demanda del recurso hídrico.

La población de la isla, lo mismo que la de todo el departamento, experimentó un notorio crecimiento hasta el año 1999, estabilizándose hacia el año 2000 y al parecer reduciéndose hacia el 2013 según se puede apreciar en la tabla siguiente, donde según el Registro de población realizado por el DANE; la población en San Andrés para el año 2013 era de 46,186 habitantes. Sin embargo esta cifra puede subestimar el tamaño total de la población, según se menciona en el documento citado, debido a omisión de viviendas y al hecho de que en la época en que se llevó a cabo el registro las autoridades estaban realizando operativos para devolver residentes ilegales, hecho que puede haber motivado a muchos residentes a no registrarse.

Tabla 4-1 Población en el departamento y en San Andrés 1985 – 2013.

AÑO	SAN ANDRES	PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA	TOTAL DEPARTAMENTO
1985	32.282	3.654	35.936
1993	46.254	3.840	50.094
1999	54.611	4.273	58.884
2005	55.426	4.147	59.573
2013	46.186	4.144	50.330

Fuente: (DANE, 2014)

Para el año 2013, según las proyecciones de población del DANE (DANE, 2014), la isla de San Andrés tendría una población de 70.069 habitantes, cifra mucho mayor que la que arroja el registro de población de 2013, La diferencia entre las cifras proyectadas y las encontradas en el registro puede atribuirse a:

- Los datos que presenta el documento citado en la tabla anterior son los de población no ajustada por omisiones y por conciliaciones intercensales. La población de San Andrés, ajustada y proyectada por el mismo DANE para el año 2005 (DANE, 2005), que fue el año del censo nacional de población, es de 65.627 habitantes, frente a 55.426 que cita el documento fuente de la anterior tabla, evidenciando una diferencia del orden de 18.4%. Si se aplicara el mismo margen de diferencia para el año 2013 se obtendría una población de $46.186 \times 1.184 = 54.686$ habitantes.
- Muchas personas deben no haberse registrado en 2013 por las razones aducidas anteriormente, es decir por temor ante los operativos de las autoridades frente a la residencia ilegal en la isla.

Por lo tanto, aunque es muy probable que se haya presentado una desaceleración del crecimiento demográfico en San Andrés, será necesario un examen más a fondo para tener mayor certeza acerca del tamaño actual y la dinámica de la población en San Andrés, lo que se realizará en actividad posterior de esta consultoría en lo tocante con la población y la demanda por los recursos hídricos.

La población flotante se refiere al número de personas que permanecen de manera esporádica o temporal en la isla y se encuentra representada en 555.340 pasajeros nacionales e internacionales que se transportaron hacia San Andrés en 2014, para una media mensual de 46.278 pasajeros, según datos del Informe de Coyuntura Económica Regional -ICER- (DANE-ICER, 2014).

En cuanto a la pertenencia étnica registrada el 33.4% de la población de San Andrés se considera raizal, el 15.2% afrodescendiente, el 45.5% no se asocia con ninguna de las pertenencias étnicas señaladas y el restante 5.9% se considera de otras procedencias étnicas como negros, mulatos, indígenas o gitanos.

Tabla 4-2 Población total registrada según pertenencia étnica en San Andrés

Pertenencia étnica	Población	Porcentaje
Indígena	441	1,0%
Gitano	184	0,4%
Raizal del Archipiélago	15.404	33,4%
Palenquero	32	0,1%
Negro	1.057	2,3%
Mulato	1.066	2,3%
Afro-descendiente	7.003	15,2%
Ninguno	20.999	45,5%
Total	46.186	100,0%

Fuente: (DANE, 2014)

En San Andrés el índice de analfabetismo es del 1%, y el índice de escolaridad era de 9.8 años en 2013. En el archipiélago el 3.6% de la población no está afiliada al sistema de seguridad social en salud en tanto que de los afiliados, el 33.8% lo está al régimen subsidiado (DANE, 2014)

Por otra parte, como indicativo del recurso humano de la isla, el censo nacional realizado por el DANE (DANE, 2005) encontró que el índice de escolaridad en la isla de San Andrés es de 9.6 años,

superior a la media de Colombia que es 8.0 años. El nivel de escolaridad de la fuerza laboral (población mayor de quince años) de San Andrés es uno de los más altos de Colombia, con 9.6 años, comparado con el de Bogotá, 10.3 años, y la media del país, 8.8 años. (Aguilera D, 2010)

Se estima que en la isla de San Andrés hay 33 zonas subnormales con unas 13.000 personas, viviendo en tugurios (24%) y viviendas semi-consolidadas (45%) y solo 31% en viviendas consolidadas. (DNP, 2013). La distribución por estratos de los usuarios de energía eléctrica, que representa casi la totalidad de las viviendas de la isla de San Andrés, se muestra en la tabla siguiente, donde se aprecia que el 67.6% (más de dos terceras partes) se concentran en los estratos 2 y 3 y el 19.0% en el estrato 1. (Departamento Administrativo de Planeación San Andrés, 2015)

Tabla 4-3 Usuarios de energía, diciembre de 2014

Estrato	No Usuarios	%
1	2.802	19,0%
2	5.508	37,4%
3	4.452	30,2%
4	1.083	7,3%
5	743	5,0%
6	150	1,0%
TOTAL	14.738	100,0%

Fuente: Diagnóstico POT 2015. (Departamento Administrativo de Planeación San Andrés, 2015)

El registro poblacional realizado por el DANE en 2013 indica que en San Andrés, de un total de 13.547 hogares hay 12.372 que cocinan sus alimentos con gas de pipeta o cilindro, mientras los restantes lo hacen con energía eléctrica, leña o carbón y otras fuentes.

El índice de pobreza multidimensional en 2013 para San Andrés es de 19.2%, inferior al promedio de la región Caribe, que es de 41.8%. Un 6.9% de la población se encuentra en estado de miseria mientras que el 48.8% de los jefes de hogar o sus cónyuges se perciben como pobres. Según el DANE el índice de NBI en 2010 era de 52.05% en la zona urbana y de 15.02% en la zona rural de la isla de San Andrés. (Departamento Administrativo de Planeación San Andrés, 2015)

4.1.2 Indicadores de prestación de los servicios.

En San Andrés la cobertura de acueducto es de 56%, con continuidad 24 horas diarias en las zonas de Sarie Bay, zona hotelera y San Luis, mientras es de 12 horas en la zona residencial y en el resto de la isla las continuidades son muy bajas, limitándose a días durante el mes. (Decreto 510 de 2015, Plan Estratégico para el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina). El número de usuarios residenciales a septiembre de 2014 era de 8.307 según el Informe de Gestión elaborado por la empresa PROACTIVA Aguas del Archipiélago S.A. E.S.P.

En cuanto al servicio de alcantarillado la cobertura es muy baja, siendo de 21% en San Andrés Isla según el documento de caracterización de la población de San Andrés elaborado por el DANE a partir del registro de población del año 2013.

De acuerdo con el documento Diagnóstico de la isla de San Andrés como insumo para la revisión y ajustes del Plan de Ordenamiento Territorial vigente: decreto 325 de 2003 (Departamento Administrativo de Planeación San Andrés, 2015), el índice de riesgo de calidad del agua de los últimos cuatro años demuestra que el agua del servicio público de San Andrés es una agua sin riesgo.

La mayoría de las viviendas cuenta con servicio de energía eléctrica, que es prestado a 14.738 suscriptores de un total de 15.202 viviendas, para una cobertura de 96.9%, según el documento citado en el anterior párrafo.

Todos los indicadores de cobertura de los servicios adolecen de la debilidad de la cifra base que es el número total de viviendas sobre el cual se calculan. El documento de registro de población de 2013 del DANE (DANE, 2014) menciona la cifra de 16.576 viviendas en el departamento pero no presenta su número en la isla de San Andrés. Un dato muy sólido sobre este tema proviene de la cobertura de energía eléctrica, pues si del registro de población de 2013 se sabe que la cobertura era en ese año de 98.1% en todo el departamento, el número de suscriptores residenciales de energía eléctrica debe estar muy cercano al 100% del número de viviendas en San Andrés. Según reportes de la compañía electrificadora de San Andrés al sistema Único de Información -SUI- en diciembre de 2014 había 14.738 usuarios residenciales y en octubre de 2015 ya había 15.663 usuarios residenciales de este servicio.

4.1.3 Caracterización económica de la isla

El Informe de Coyuntura Económica Regional (ICER), elaborado y publicado por el DANE y el Banco de la República (DANE & República, 2015), que analiza información del año 2014, resume las características principales de la economía del archipiélago.

Según dicho informe el producto interno bruto (PIB) del departamento en el año 2013 fue de \$1050 millones, para un PIB per cápita de \$14.0 millones anuales, cercano a la media nacional que es de \$15.1 millones. De este modo el ingreso per cápita es de aproximadamente \$1.17 millones mensuales en el departamento.

La distribución del empleo por ramas de actividad en el año 2014 es como se presenta en la siguiente tabla, donde se observa cómo las actividades relacionadas con el turismo y el comercio y con los servicios comunales, sociales y personales dan cuenta del 67.8% del empleo total, o sea más de dos de cada tres empleos existentes.

Tabla 4-4 Distribución de empleos por actividad económica en San Andrés, 2014

Actividad económica	No de empleos	% sobre el no total de empleos
Industria manufacturera	1.000	3,6%
Construcción	2.000	7,1%
Comercio, hoteles y restaurantes	13.000	46,4%
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	3.000	10,7%

Actividad económica	No de empleos	% sobre el no total de empleos
Actividades inmobiliarias	2.000	7,1%
Servicios comunales, sociales y personales	6.000	21,4%
Agropecuaria, minas, servicios públicos	1.000	3,6%
Total	28.000	100,0%

Fuente: (DANE-ICER, 2014), (DANE & República, 2015)

Según la misma fuente citada la población en edad de trabajar es de 42.000 personas, la económicamente activa es de 30.000 personas (que incluye la población ocupada, 28.000, más la que está buscando trabajo, 2.000) para una tasa de desempleo del 7.0%, frente a 10.0% como promedio de las mayores 32 ciudades del país.

La mayor parte de las personas empleadas son cuenta propia (41.2%), empleados particulares (45.8%) o empleados del gobierno (5.5%). El restante 7.5% son patronos, trabajadores domésticos, jornaleros, peones y trabajadores familiares sin remuneración

Según otra fuente de información, en San Andrés la tasa de desempleo es comparativamente baja, de 8%, según la Gran Encuesta Integrada de Hogares realizada por el DANE entre septiembre de 2013 y febrero de 2014 ((DANE, 2014). Sin embargo la calidad del empleo no es buena, pues de acuerdo con la Encuesta de Calidad de Vida del DANE del año 2012 el 30% de los trabajadores se ocupan en el sector comercio, principalmente al por menor y otro 20% se dedica a actividades de hotelería y restaurantes. (Decreto 510 de 2015, Plan Estratégico para el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina)

Las actividades económicas de la población ocupada en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina son principalmente comercio y reparación de vehículos (21.5%), hoteles y restaurantes (20.6%), Transporte y comunicaciones (12.6%), administración pública y defensa (12.3%), servicios comunitarios (5.3%), construcción (5.2%), educación (5.0%), inmobiliarias (4.7%) y otras actividades (12.8 %). (DANE, Documento De Caracterización de la Población del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina Fase 1 Fase 2, julio de 2014).

De acuerdo con información de la Encuesta de Calidad de Vida realizada por el DANE, en el año 2014 el ingreso promedio por hogar en San Andrés era de \$2.170.189 mensuales y el ingreso medio por persona perceptora de ingresos era de \$1.038.644 mensuales, es decir 3.52 y 1.69 salarios mínimos mensuales de 2014 respectivamente, mientras que a nivel nacional estos mismos conceptos de ingresos promedio eran de \$1.924.933 y \$906.452. Información más detallada, en especial complementada con gastos y distribución de ingresos deberá recaudarse en estudio complementario de caracterización socioeconómica.

Según revela el Diagnóstico de la isla de San Andrés como insumo para la revisión y ajustes del Plan de Ordenamiento Territorial vigente: decreto 325 de 2003, de la Gobernación del departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, diciembre de 2014, los siguientes hechos caracterizan la economía de San Andrés.

- La actividad económica en San Andrés ha crecido a un ritmo anual promedio de 3.8% durante los últimos doce años, hasta el 2013.
- La agricultura que se da en la isla es básicamente de pancoger, como ñame, batata, yuca, papaya y plátano.
- En la isla se presenta actividad pecuaria limitada y de baja productividad. La cría de porcinos y de aves se da principalmente sobre la parte sur de la isla, en la Circunvalar y en San Luis.
- En el sector industrial predomina la actividad energética (generación, distribución y comercialización de energía) mientras que en el sector terciario las actividades principales son el comercio, el turismo y las actividades financieras.
- La economía de la isla se apoya principalmente en el turismo, que ha pasado de 367,616 visitantes en el año 2003 a un valor máximo anual de 733,926 en el 2013, con un crecimiento anual del 6.6%.

Como resumen la economía de San Andrés se sustenta principalmente en las actividades relacionadas con el turismo, mientras las actividades del sector primario (agropecuario y minero) aportan relativamente poco, siendo los cultivos de pan coger los más relevantes. El sector secundario está representado en su mayor proporción por las actividades energética (principalmente de generación y distribución de energía eléctrica) y de agua y la construcción. La mayor parte de la industria se desarrolla mediante microempresas dedicadas a las confecciones y los alimentos.

Las necesidades de recurso hídrico relacionadas con las actividades económicas, tanto urbanas como rurales, serán consideradas en el estudio complementario de población y demanda, del mismo modo que lo serán las actividades residenciales o domésticas.

4.1.4 Diagnóstico del sector gestión del recurso hídrico

4.1.4.1 Fuentes de cofinanciación para gestión del recurso hídrico.

La financiación de las inversiones en el sector de agua potable y saneamiento básico y gestión del recurso hídrico en San Andrés puede disponer de varias fuentes, las más importantes se relacionan en el presente numeral.

Los recursos del SGP y del SGR son asignados por el gobierno nacional. En las Tabla 4-5 y Tabla 4-6 se precisan los montos estimados de estas transferencias para el año 2015 y para el bienio 2015-2016 respectivamente. Una parte de los recursos es asignada al departamento y otra parte al municipio de San Andrés.

De los recursos de transferencias del SGP al departamento, éste apropió para el año 2015 en su presupuesto la suma de \$300.000.000 para el Fondo de Solidaridad y Redistribución, que es el mecanismo mediante el cual la ley ha previsto el manejo de los recursos para subsidios de los servicios públicos. Así mismo apropió para adquisición de áreas de interés para acueductos

municipales la suma de \$700.000.000. La mayor parte de estos recursos tiene destinación específica para agua potable, alcantarillado y servicio público de aseo, en tanto el rubro de libre inversión podría utilizarse para otras obras o acciones, entre ellas las de gestión de recursos hídricos.

Tabla 4-5 Transferencia del sistema general de participaciones, septiembre 2015.

Partida	Once doceavas	Total año
Libre inversión municipio	2.712.673.806	2.959.280.516
Agua potable y saneamiento básico municipio	2.684.227.742	2.928.248.446
Agua potable y saneamiento básico departamento	563.693.870	614.938.767

Fuente: DNP, CONPES social 179 Febrero de 2015. DNP, Ajuste a la distribución de las once doceavas de la participación de Propósito General aprobada mediante el documento CONPES 179 de 2015, junio DE 2015. Documento CONPES 179. En el Anexo 4-1 se encuentran las tablas del documento CONPES 179

Dentro de los recursos del SGR, el fondo de desarrollo regional está orientado a mejorar la competitividad de la economía, así como promover el desarrollo social, económico, institucional y ambiental de las entidades territoriales, mediante la financiación de proyectos de inversión de impacto regional (uno o más municipios o departamentos). El fondo de compensación regional se orienta a financiar los proyectos de impacto regional o local de las entidades más pobres de país, acordados entre el Gobierno Nacional y las entidades territoriales, de acuerdo con los criterios señalados en el inciso noveno del artículo 361 de la Constitución Política, que trata sobre necesidades básicas insatisfechas, desempleo y prioridad de las zonas costeras y fronterizas.

Todos estos recursos son potencialmente utilizables para proyectos de gestión de los recursos hídricos, sean o no de acueducto o de alcantarillado.

Tabla 4-6 transferencia del sistema general de regalías SGR bieno 2015—2016. Recursos asignados al departamento.

Rubro presupuestal	Valor (\$)
Fondo de desarrollo regional	20.277.591.123
Proyectos de inversión	20.080.341.711
Compensación asignaciones directas	197.249.412
Fondo de compensación regional	49.030.538.732
Proyectos regionales	41.843.716.655
Proyectos locales	7.186.822.077

Fuente: Ley 1744 de 2014

A febrero 13 de 2016 los recursos disponibles de estos fondos se muestran en la siguiente tabla que tiene en cuenta actualizaciones y ajustes presupuestales y los montos de los proyectos aprobados hasta la fecha. Entre las apropiaciones disponibles se cuentan, además de las asignaciones hechas por la ley 1744 de 2014, los saldos disponibles de vigencias anteriores, los recursos que financian proyectos de vigencias anteriores y los rendimientos financieros de las

asignaciones directas, así como los aplazamientos de presupuesto dispuestos por el decreto 1450 de 2015.

Tabla 4-7 Saldos disponibles para inversión de los recursos del GR 2015-2016

Rubro Presupuestal	Apropiación Disponible	Aprobación de Proyectos	Disponible Para Aprobar Proyectos
Fondo De Desarrollo Regional	19.153.092.286	3.549.595.422	15.603.496.864
Proyectos De Inversión	18.097.785.288	2.603.743.023	15.494.042.265
Compensación Asignaciones Directas	1.055.306.998	945.852.399	109.454.599
Fondo De Compensación Regional	47.911.876.831	17.044.643.599	30.867.233.232
Proyectos Regionales	36.818.315.545	9.420.143.783	27.398.171.762
Proyectos Locales	11.093.561.286	7.624.499.816	3.469.061.470

FUENTE: <https://sicodis.dnp.gov.co/Reportes/EstadoPresupuestalSGR.aspx>

Los recursos propios del departamento son potencialmente destinables al sector pero, como en casi todos los municipios del país, hay muchas otras necesidades de inversión y de funcionamiento que demandan recursos, de modo que lo que en la práctica puede destinarse de estos recursos a inversiones en agua potable y saneamiento es limitado.

El presupuesto de gastos del año 2015 preveía, además de \$700.000.000 para adquisición de predios para acueductos, inversiones en el sector de agua potable y saneamiento básico por \$8.451.078.691 en el departamento, de los cuales la mayor parte corresponden a habilitación de sitios de disposición final por \$2.000.000.000, implementación del PDA por \$2.435.010.390 y mantenimiento de espacios públicos y acciones de mitigación de riesgos por \$1.700.000.000. Si se tiene en cuenta que las transferencias del SGP para el sector de agua potable en 2015 ascenderían a \$ 6.502.467.729, la inversión con cargo a otros recursos del departamento ascendería a \$2.648.610.962 para todo el departamento.

Aunque en comparación con la magnitud de las necesidades y de otras fuentes disponibles de financiación para inversiones esta cifra no parece muy grande, una vez se dimensionen los proyectos a proponer habría que evaluar, conjuntamente con el departamento, la posibilidad real de usar recursos propios.

Tabla 4-8 recursos propios del departamento

Rubro presupuestal	Valor (\$)
Ingresos corrientes departamento, presupuesto 2015	184.146.806.429
Inversiones financiadas con recursos propios, presupuesto 2015	2.648.610.962

Fuente: Pagina web www.sanandres.gov.co.

El Plan Nacional de Desarrollo 2015-2018 en su distribución regional del plan plurianual de inversiones asignó recursos al sector por el monto que se muestra en la Tabla 4-8, además de lo asignado a otros sectores o programas como competitividad, desarrollo minero y energético, desarrollo productivo, transporte, tecnologías informáticas y de comunicaciones, movilidad social,

empleo, salud promoción y apoyo a la gestión ambiental y transformación del campo, entre otros. Cabe anotar que los recursos mencionados en este componente, exceptuando los que están bajo el título de “Gobierno nivel central” pueden cruzarse parcialmente con el resto de los recursos enunciados.

Tabla 4-9 Fuentes para inversiones consideradas en el plan nacional de desarrollo 2015-2018. Inversiones en infraestructura de acueducto y saneamiento básico departamento archipiélago de San Andrés. Providencia y Santa Catalina

Fuente del recurso	Valor (\$)
Gobierno nivel central	11.745.000.000
Entes territoriales	3.028.000.000
Sistema general de participaciones	14.811.000.000
Sistema general de regalías	2.472.000.000
Total plan de desarrollo 2015-2018	32.056.000.000

Fuente: DNO, Regionalización Plan Plurianual de inversiones, versión preliminar indicativa

El Programa San Andrés, Providencia y Santa Catalina, para la financiación de la Etapa 2 dispone del crédito autorizado por el CONPES 3778 de 2013 por US\$70 millones y contiene un componente de agua potable y saneamiento por US\$24.0 millones además de otros componentes que podrían también parcialmente utilizarse, después de las priorizaciones en cada rubro, para gestión del recurso hídrico dependiendo del tipo de proyectos que en este se identifiquen.

Tabla 4-10 Programa San Andrés, Providencia y Santa Catalina - Etapa 2.

Programa	Recursos (us\$)
Componente 1: Desarrollo urbano integral por USD 24.5 millones	24.500.000
Componente 2: Provisión y acceso a los servicios de agua y saneamiento, por USD 24.0 millones	24.000.000
Componente 3: Mejora de infraestructura costera	9.000.000
Componente 4: Desarrollo económico local y de turismo con USD 5.0 millones	5.000.000
Componente 5: Fortalecimiento de la institucionalidad para lograr sostenibilidad fiscal en el mediano plazo	2.500.000
Administración, auditoría, monitoreo y evaluación	5.000.000
TOTAL	70.000.000

Fuente: BID, Recursos del BID 3104-OC-CO.

Hay otras fuentes no cuantificadas, como las de recursos de FONAM (reglamentado mediante decreto 4317 de 2004) y FONADE, pueden ser utilizadas para financiación de inversiones de apoyo a la gestión ambiental, estudios y administración y coordinación de proyectos.

4.1.4.2 Recursos en el marco del PDA San Andrés

Las inversiones previstas en los planes departamentales de agua – PDA- se consignan en un plan general estratégico de inversiones (PGEI) de largo plazo que se va desarrollando anualmente mediante los planes anuales estratégicos de inversiones (PAEI). A su vez el PGEI se va actualizando a medida que se ejecuta y que surgen nuevas necesidades o fuentes de recursos. No se logró obtener copia del PGEI del PDA San Andrés, por lo que el análisis que sigue se basa en los informes obtenidos del gestor del PDA.

La Unidad Administrativa Especial de Control de Servicios Públicos, gestora del PDA San Andrés en su Informe Implementación Plan Anual Estratégico de Inversiones 2011-2012 y 2012-2013 precisa que las necesidades totales de inversión del departamento para el período 2012-2015 ascendían a \$90.574.133.736, de los cuales \$86.307.796.318 corresponden a inversiones en San Andrés isla. Sin embargo las fuentes de recursos disponibles para financiar inversiones en el marco del PDA San Andrés se limitan a las cifras del cuadro siguiente.

Tabla 4-11 PDA en San Andrés - Recursos disponibles

Fuente	Disponibles en caja 2011	2012	2013	2014	2015	total
SGP Departamento	1.023.416.653	506.405.062	536.789.366	568.996.727	603.136.531	3.238.744.339
SGP San Andrés	332.014.973	913.004.256	991.226.513	1.439.820.050	2.426.751.248	6.102.817.040
SGP Providencia y Santa Catalina		130.892.988	134.819.778	138.864.371	143.030.302	547.607.439
Audiencias públicas	11.959.761.175		4.539.542.870	3.000.000.000		19.449.304.045
Otros recursos	1.384.409.186					1.384.409.186
TOTAL	14.699.601.987	1.550.302.306	6.202.378.527	5.147.681.148	3.172.918.081	30.772.882.049

Fuente: Unidad administrativa especial de control de servicios públicos, informe implementación anual estratégico de inversiones 2011-2012 y 2012-2013.

De las cifras anteriores se puede deducir que el compromiso de recursos de SGP del departamento se estimaba que ascendería en el año 2015 a alrededor de \$603.1 millones mientras que el del municipio, también con cargo al SGP, ascendería a \$2,426.8 millones aproximadamente. Sin embargo el compromiso exacto hacia el futuro depende de los giros de recursos SGP previstos y del porcentaje que se haya pignorado en el marco del esquema financiero del PDA, información que debe encontrarse en la ordenanza departamental y el acuerdo municipal correspondientes, documentos que no se lograron obtener por esta consultoría hasta el momento.

En relación con la ejecución de las inversiones, el gestor del PDA San Andrés en su *INFORME DE AVANCES IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DEPARTAMENTAL DE AGUAS PAEI 2014/2015* resume el estado de la ejecución del Plan Anual Estratégico de Inversiones –PAEI- 2014, que se extiende hasta julio de 2015, de la siguiente manera:

Tabla 4-12 Ejecución de PAEI 2014

Área	Detalle	Presupuesto
Infraestructura	Expansión de cobertura del Alcantarillado en los Distritos 1,2,3	5.517.238.250
	Optimización de la Planta de Ablandamiento Duppy Gully	1.234.893.219
	Rehabilitación de la Red de Acueducto del Sector Circunvalar desde el km 0 + 000 hasta k1 +385 en la isla de San Andrés.	644.669.915
	Construcción del sistema de alcantarillado Sanitario Distrito Industrial Cruz Roja,	777.280.000
	Reformulación proyecto Distrito 4. Obra e Interventoría	3'843.186.165
Estudios y Diseños	Estudios y Diseños para Punto Verde	700.000.000
Plan Social	Puesta en marcha del Plan de Gestión Social para San Andrés, Providencia y Santa Catalina.	100.000.000
TOTAL SAN ANDRÉS		12.817.267.549
Estudios y Diseños	Estudios y Diseños sector de Aseo Providencia y Santa Catalina Actualización PGIRS y para la Operación del Relleno Blue Lizard.	520.000.000
Ambiental	Actualización de los (PSMV Ajuste y Actualización Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimiento) de Providencia	120.000.000
TOTAL PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA		640.000.000
TOTAL DEPARTAMENTO SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA		13.457.267.549

Fuente: Secretaría de Servicios Públicos y Medio Ambiente, en su informe Avances implementación del plan departamental de aguas PAEI 2014-2015

En lo que respecta a la financiación de las inversiones, los recursos previstos para el PAEI 2014, que cubren lo ejecutado y lo que estaba por ejecutar a julio de 2015 y que involucran las asignaciones corrientes de recursos de cada fuente y las disponibilidades en caja, son los de la tabla siguiente:

Tabla 4-13 Recursos por componente y fuente – PAEI 2014

Destinación/fuente	SGP Dpto San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Audiencias públicas	SGP municipio de San Andrés	SGP municipio de Providencia	Otros recursos	Total
Plan de gestión social			100.000.000			100.000.000
Infraestructura – pre inversión	1.975.497.172			392.441.393		2.367.938.565
Infraestructura – inversión		10.393.208.504	1.473.629.127		1.629.097.815	15.495.935.446
TOTAL	1.975.497.172	10.393.208.504	1.573.629.127	392.441.393	1.629.097.815	17.963.874.011

Fuente: Secretaría de Servicios Públicos y Medio Ambiente, en su informe Avances implementación del plan departamental de aguas PAEI 2014-2015

Para la vigencia del año 2015 se ha formulado el Plan Anual Estratégico de Inversiones que se resume a continuación.

Tabla 4-14 Recursos por componente y fuente – PAEI 2015

Destinación/fuente	SGP Dpto San Andrés, Providencia y Santa Catalina	Audiencias públicas	SGP municipio de San Andrés	SGP municipio de Providencia	Otros recursos	Total
Plan de aseguramiento				126.786.408		126.786.408
Infraestructura – pre inversión	665.600.000					665.600.000
Infraestructura – inversión	1.768.702.812	7.461.140.305	4.765.460.119			13.995.303.236
Proyecto cancillería – sector Bottom House					800.000.000	
Reformulación proyectos en ejecución		3.843.186.165				
Gestión del riesgo					839.823.238	
Plan ambiental	700.000.000				200.000.000	
TOTAL	3.134.302.812	11.304.326.470	4.765.460.119	126.786.408	1.839.823.238	21.170.699.047

Fuente: Secretaría de Servicios Públicos y Medio Ambiente, en su informe Avances implementación del plan departamental de aguas PAEI 2014-2015

4.1.4.3 Aspectos financieros de la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado en San Andrés

El prestador de los servicios de acueducto y alcantarillado en la isla de San Andrés, la empresa PROACTIVA S.A. Aguas del Archipiélago, opera los servicios desde octubre del año 2005 en la zona urbana y en las zonas rurales de La Loma, Cove y San Luis.

La empresa viene registrando pérdidas operacionales y pérdidas netas desde hace varios años. Con unos ingresos totales de \$10.479.905.094 en 2014 la pérdida operacional ascendió a \$437.4 millones en tanto que la pérdida neta, que considera ingresos y gastos no operacionales, ascendió a \$795.8 millones, según revelan los estados financieros reportados al Sistema Único de Información -SUI- de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios -SSPD.

La empresa contaba a diciembre 31 de 2014 con activos por \$13.879.839 miles y pasivos por \$18.537.561 miles, de donde el patrimonio era negativo por \$4.657.722, que refleja el efecto acumulado de las pérdidas sobre la posición financiera. Respecto de los subsidios a los usuarios debe anotarse que los estados financieros de la empresa, de acuerdo con los planes de cuentas reportados al SUI a diciembre 31 de 2014, no se registra entre los activos algún valor por concepto de subsidios adeudados ni entre los ingresos se registra valor por concepto de subsidios causados.

A finales del año 2013 la empresa prestadora de los servicios tenía una cartera de difícil cobro de \$6.171 millones, totalmente provisionada o sea llevada al gasto, lo que ha sido causa de las pérdidas continuadas que registra la empresa, según lo expresa la SSPD en su *EVALUACIÓN INTEGRAL DE PRESTADORES PROACTIVA AGUAS DEL ARCHIPIÉLAGO S.A. E.S.P.* de noviembre de 2014.

Como resultado de las pérdidas sufridas los indicadores de rentabilidad son negativos, siendo en 2013 el margen operacional (utilidad operacional / ventas) de -9.21% y el margen neto (utilidad neta / ventas) de -5.79%.

Actualmente se encuentra en desarrollo una consultoría para evaluar la ejecución del contrato de operación y proponer modificaciones que viabilicen la prestación de los servicios hacia el futuro, específicamente los aspectos financieros mencionados anteriormente y que caracterizan la problemática principal: altos niveles de cartera, pérdidas continuadas y patrimonio negativo.

Dicha consultoría (Consultoría Especializada Para Establecer La Viabilidad, Las Condiciones, Los Términos De Las Modificaciones Y/O Los Ajustes Al Contrato De Operación Suscrito Entre Aguas De San Andres S.A E.S.P Y Proactiva Aguas Del Archipiélago S.A E.S.P Cuyo Objeto Es: La Operación De La Infraestructura Destinada A La Prestación De Servicios De Acueducto Y Alcantarillado En La Isla De San Andres, Bonus Banca De Inversión S.A.S.) se encuentra en ejecución y en diciembre de 2015 presentó su INFORME 3 – ANÁLISIS INTEGRAL DEL OPERADOR ASPECTOS LEGALES, ADMINISTRATIVOS, COMERCIALES, FINANCIEROS Y TÉCNICO-OPERATIVO en el que concluye en sus aspectos financieros en el mismo sentido de lo que anteriormente se ha señalado:

“La estructura financiera del prestador se deterioró de forma considerable de acuerdo con los resultados financieros en los últimos cuatro años, dado que el Ebitda pasó de 873 millones en el año 2011 a 520 millones en el año 2014, su liquidez es menor, se tiene un mayor endeudamiento y un patrimonio negativo.”

Por lo tanto, independientemente del grado y tipo de responsabilidad que corresponda a cada actor, la problemática financiera de la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado en la isla de San Andrés representa un riesgo importante para la gestión del recurso hídrico.

Las tarifas vigentes a los usuarios se presentan en la siguiente tabla, anotando que se aplican solo en el área de servicio de la empresa operadora, que comprende dos sectores:

- El sector norte urbano (North End)
- El sector sur rural compuesto por La Loma, San Luis y Cove

Tabla 4-15 Tarifas vigentes a Junio de 2015 en San Andrés.

Uso y Estrato	CON MICROMEDICIÓN (\$/m ³)				SIN MEDICIÓN (\$/usuario-mes)	
	Acueducto		Alcantarillado		Acueducto	Alcantarillado
	Consumo Básico	Consumo Complementario	Consumo Básico	Consumo Complementario		
Estrato 1	2.988	7.440	847	4.070	20.703	8.872
Estrato 2	4.183	7.440	1.187	4.070	29.574	11.829
Estrato 3	5.379	7.440	1.524	4.070	41.404	17.745
Estrato 4	7.440	7.440	4.070	4.070	114.570	62.684
Estrato 5	9.300	9.300	5.088	5.088	173.903	95.146
Estrato 6	9.300	9.300	5.088	5.088	194.361	106.340
Industrial	9.300	9.300	5.088	5.088	194.361	106.340
Comercial	9.300	9.300	5.088	5.088	194.361	106.340
Oficial	7.440	7.440	4.070	4.070	114.570	62.684

FUENTE: PROACTIVA/ SUI/The Archipiélago Press, Edición 31 de mayo de 2013

En el marco del contrato de operación de los servicios en San Andrés el operador asume la responsabilidad de la operación utilizando para ello los recursos provenientes de las tarifas y de los aportes del departamento y de la nación. La cláusula 25 de dicho contrato reza textualmente: "El OPERADOR recibirá como remuneración por el desarrollo del presente contrato, las sumas provenientes de la facturación y recaudo a los usuarios de los cargos por prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado. Los ingresos tarifarios que se causen durante la vigencia del contrato serán de propiedad del OPERADOR."

La estructura tarifaria vigente es fija para usuarios sin micromedición, sean residenciales o no, y variable para usuarios con micromedición.

Por lo tanto, bajo el esquema actual del contrato de operación, los recursos por facturación de tarifas podrán destinarse a inversiones de la siguiente manera:

- Usando recursos del fondo de reposición en los términos de la cláusula 22.

- Usando recursos del fondo de capitalización social en los términos de la cláusula 43.
- Usando recursos propios del operador.

La empresa prestadora en su Informe de Gestión Noveno Año de Operación, de diciembre de 2014, reporta inversiones por \$400 millones con recursos propios en el noveno año de operación (octubre de 2013 – septiembre de 2014), representadas en equipos, maquinarias y licenciamiento de software. Las inversiones en infraestructura son las realizadas con recursos del PDA San Andrés por \$6.954 millones entre 2011 y 2014 y \$28.315 millones en ejecución.

En virtud del contrato de operación la empresa ha girado recursos para la constitución de dos fondos para inversiones:

- Fondo de reposición, con un saldo acumulado de \$169.6 millones a octubre de 2014.
- Fondo de capitalización social, con un saldo acumulado de \$65.4 millones a septiembre de 2014.

La posibilidad de utilizar recursos de origen tarifario para inversiones depende del esquema financiero de la operación de los servicios que se acuerde con asistencia de la mencionada consultoría para modificaciones del contrato de operación, pero a la luz de las condiciones actuales esas posibilidades están reducidas a lo que se acaba de mencionar, es decir los fondos de reposición y de capitalización social y las inversiones propias del operador.

4.2 Diagnóstico Social

4.2.1 Condiciones Sociales

La localización de San Andrés en el mar Caribe, limitando con países Centroamericanos como Honduras, Costa Rica, Nicaragua, Jamaica y la costa norte de Colombia, país al cual pertenece, es un privilegio que hace de la isla un territorio especial, ya que es el único departamento insular del país y la isla más grande. Su gente, su cultura, su paisaje, son un valioso aporte al territorio nacional, pese a las dificultades y conflictos sostenidos por áreas marítimas con el vecino país de Nicaragua, en los cuales Colombia y específicamente la población de San Andrés, se vio seriamente afectada por el fallo de la Haya del 2.012, donde se estima que Colombia perdió cerca de 100.000 kilómetros cuadrados de territorio marino.

Esta situación ha afectado en gran medida a los sanandresanos tanto en lo económico como en lo social y ambiental ya que la pesca industrial y artesanal se ve seriamente perjudicada por la pérdida de bancos de peces, se perdió control de rutas para combatir el narcotráfico, se afectaron las especies marinas por la posible explotación petrolera de Nicaragua en esta área y las islas de Serrana y Quitasueño quedaron en su territorio. De acuerdo con algunos líderes, esta situación deja en evidencia la débil defensa del Gobierno nacional, la poca participación de la población sanandresana en este proceso y motiva el movimiento raizal que busca la separación de San Andrés de Colombia.

La población de San Andrés, es otra de las contradicciones identificadas durante el estudio diagnóstico. De acuerdo con el estudio de caracterización realizado por el DANE en el 2013, la población Sanandresana se estimaba en 46.186 habitantes, lo que representa una disminución en un 23% en comparación con la población reportada por esta misma fuente en el 2005. De acuerdo con lo manifestado por personas que participaron en las actividades sociales de recuperación de información, este dato no es cierto ya que ellos estiman que la población de la isla está cercana a los cien mil habitantes. Ellos manifiestan que cuando estos estudios se realizan las familias, especialmente las de origen continental, mienten sobre el número de personas que habitan en las viviendas porque ocultan a personas que se han quedado en la isla sin los permisos correspondientes de la OCCRE¹. Lo cierto es que de este total de población reportado por el DANE (DANE-ICER, 2014), el 68%, está localizada en la cabecera, mientras que 32% estas en los sectores rurales.²

De acuerdo con los resultados de una muestra de 70 encuestas realizadas en el marco de esta consultoría (2015), se define un promedio de habitantes por vivienda de 4,5 y de 1,5 familias por vivienda. Este número de personas por vivienda es superior al reportado por el DANE en la encuesta nacional de calidad de vida ECV de 2012-2013, donde se indica que San Andrés y el Valle del Cauca son las regiones con menor número de personas por hogar: 3,0 y 3,5, respectivamente.

Son diversos los aspectos sociales que se deben estudiar en San Andrés, sin embargo en este capítulo revisaremos la salud, la educación, las organizaciones cívicas, los ingresos, la disponibilidad del recurso humano, así como la percepción de la comunidad sobre los servicios de agua y saneamiento, así como el uso del agua. Aspectos relevantes para dar continuidad al proceso desde este componente.

4.2.2 Salud Pública

En cuanto a la salud pública de los Sanandresanos, se tiene que los datos de afiliación a la seguridad social en salud presentan un aumento en la cobertura con respecto a años anteriores, donde el 95,3% de la población está afiliada a las entidades prestadoras mientras que en el 2005 la afiliación era sólo del 87,5%³. Este aumento en 7,8 puntos porcentuales, es importante y representa la posibilidad que tienen las personas de la isla de poder acceder a los servicios de salud y mejorar su calidad de vida. Sin embargo, para las personas de la isla, la deficiente atención por falta de centros apropiados y de equipos es una de las principales necesidades.

En lo referente a la fecundidad, la tasa para el periodo 2005-2013 fue del 11,74%, es decir que es baja cuando se compara con la nacional que está en 14,4%⁴. También es relevante identificar que en la isla las personas con limitaciones físicas o psicológicas permanentes son muy pocas, sólo las

¹ OCCRE: Oficina de Control y Circulación y Residencia.

² Documento de Caracterización DANE, 2014.

³ ídem

⁴ Análisis de la Situación en Salud Departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Secretaría Departamental de Salud. Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. **14/12/2013**. Informe ASIS 2013

dificultades para ver o caminar superan el 1%, lo que es bastante positivo en términos de la salud porque nos muestra una población con mínimas limitaciones. Asimismo para este periodo (2005-2013) la situación de la salud se ve reflejada en la baja tasa de mortalidad, la cual fue del 3,11 por cada 1000 personas, lo que representa un valor bajo respecto al rango a nivel nacional que es mayor a 15 por cada 1000 personas (ASIS, 2013).

Según el informe Análisis de la Situación en Salud Departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (ASIS, 2013), la principal causa de mortalidad para los hombres en San Andrés está asociada a problemas circulatorios seguido de causas externas. Mientras que para las mujeres la principal causa es también las enfermedades del sistema circulatorio seguido de las neoplasias o tumores. Cabe resaltar que aunque la esperanza de vida ha aumentado tanto para los hombres como para las mujeres en la isla, se presenta una diferencia de 8 años a favor de las mujeres ya que la esperanza de vida para hombres está en 69 años y para las mujeres en 77 años.

Es importante resaltar que por cada 100.000 habitantes, la principal causa de muerte para los hombres estuvo asociada con causas externas, con un aumento considerable de estas muertes en el 2010, y aunque ha disminuido sigue estando por encima de otras causas y seguida por el grupo de enfermedades agrupadas en las demás causas⁵. Para las mujeres las demás causas y las neoplasias, son las primeras causas por cada 100.000 habitantes.

Otro aspecto importante a resaltar en estos datos de mortalidad es que no se presentaron casos de mortalidad infantil⁶ por enfermedades infecciosas, parasitarias, endocrinas, nutricionales o del sistema nervioso. Las causas principales de mortalidad de los menores de 5 años están asociada principalmente a infecciones respiratorias y a enfermedades originadas en el periodo perinatal, con una tasa de 389,7 para menores de un año en el 2011. Sin embargo las tasas específicas de enfermedades infecciosas y parasitarias muestran que en los años 2006 y 2008 se tuvieron las mayores tasas de mortalidad en menores de 1 año asociadas a diarreas y gastroenteritis, con tendencia a disminuir en los últimos años. Asimismo la desnutrición, las deficiencias nutricionales y endocrinas afectaron a los menores de 5 años en este período, especialmente en el 2009 donde las tasas estuvieron por encima de 78%.

En lo referente a la morbilidad y de acuerdo con lo reportado por el informe (ASIS, 2013), se identifica que entre el 2009 y 2012 las principales enfermedades transmisibles fueron las infecciones respiratorias, mientras que las enfermedades infecciosas y parasitarias afectaron principalmente a niños entre 0 y 5 años, ambas con aumentos progresivos. De igual manera en las enfermedades no transmisibles el grupo de 0 a 5 años se vio afectado por enfermedades de la piel, del sistema respiratorio y de los órganos de los sentidos. Mientras que en los adolescentes y jóvenes (de 6 a 11 años y de 12 a 18 años), las principales fueron enfermedades de la piel, genitourinarias y condiciones orales.

De acuerdo con el Plan Departamental, las causas de estos problemas están asociadas a: una mala situación socioeconómica, no hay atención integral en salud por parte de las IPS para la población menor de cinco años, existencia de fallas en la calidad, el acceso y el seguimiento de los controles

⁵ Corresponde a otras enfermedades entre las que están: Diabetes mellitus, la hiperplasia prostática y las enfermedades del sistema urinario.

⁶ Corresponde a menores de 1 año, entre 1 y 4 años y menores de 5 años.

prenatales, así como el uso de prácticas comunitarias inadecuadas con respecto a alimentación y nutrición. Para los adultos, la morbilidad por enfermedades transmisibles presentaron en primer lugar las enfermedades genitourinarias y de los órganos de los sentidos, mientras que en las no transmisibles están en primer lugar las cardiovasculares y músculo esqueléticas. En términos de consulta se evidencia un aumento significativo de la enfermedad renal crónica.

De los eventos de notificación obligatoria ENOS, en el 2010 la infección respiratoria aguda presentó un cuadro de letalidad del 33,3 %, superior a la nacional de 1,2%. El análisis de las condiciones de salud que realizó el ANSI (ASIS, 2013) para San Andrés, consideró las categorías de cobertura y acceso a servicios, logrando obtener la información que se presenta en la Tabla 4-16.

Tabla 4-16 Porcentaje de cobertura de servicios público en San Andrés

SERVICIOS PÚBLICOS	Porcentaje de cobertura en Colombia (%)	Porcentaje de cobertura en San Andrés (%)
Electricidad	93,6	94,00
Acueducto	83,4	43,00
Alcantarillado	73,1	12,00
Telefonía	53,4	44,00
Índice de riesgo de calidad de agua	23,8	2,87
Hogares sin acceso a fuentes de agua mejorada	17,2	0,69
Hogares con inadecuada eliminación de excretas	17,0	0,60

Fuente: (ASIS, 2013)

Al observar la Tabla 4-16, se puede afirmar que el riesgo por consumo de agua de mala calidad es bajo ya que el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua, IRCA⁷, es menor al 3% en la isla. Es decir, la mayoría del agua que se consume en la isla tiene bajo riesgo para la salud dado cumple con las características físicas, químicas y microbiológicas requeridas para el consumo humano.

Asimismo, la tabla indica que el acceso a las fuentes de agua mejorada es adecuado, dado que menos del 1% de los hogares en San Andrés no tienen acceso a agua mejorada y que los hogares con inadecuada disposición de excretas también son pocos, sólo el 0,6% no tienen soluciones adecuadas para este fin. Estas condiciones así presentadas, muestran una situación adecuada respecto al agua y saneamiento en la isla, donde sólo se evidencia como problema las limitaciones en la cobertura del acueducto y alcantarillado ya que la cobertura de agua no supera el 50% y el alcantarillado está por debajo del 15%. En resumen esto significaría que el agua lluvia almacenada en las cisternas, el agua comprada a carro tanques y almacenada en cisternas o tanques y el agua de barrenos es usada de manera adecuada

⁷ IRCA grado de riesgo de ocurrencia de enfermedades relacionadas con el no cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua para consumo humano según la Resolución 2115 de 2007. El valor del IRCA es cero (0) puntos cuando cumple para cuando cumple para cada una de las características físicas y cien puntos (100) para el más alto riesgo cuando no cumple ninguno de ellos.

En lo relacionado con la prestación de servicios de salud, el informe ASIS 2013 presenta un panorama positivo al respecto, dado que los datos muestran porcentajes de barreras para acceder a los servicios de salud por debajo del 1% tanto para los hogares en general como para la primera infancia. Asimismo, la cobertura en vacunación, atención institucional de partos y por profesionales están cercanos o por encima del 70%. El informe también reporta que existen 43 establecimientos que prestan servicios de salud en lo relacionado con aspectos: quirúrgicos, obstétricos, pediátricos, imágenes diagnósticas, laboratorios, oftalmológicos, farmacéuticos, entre otros, que están inscritos en el registro especial de prestadores de servicios de salud, y que hay 36 instituciones Prestadoras de Salud o IPS, privadas. El promedio de camas por cada 1.000 habitantes en la isla es de 1,5 y el principal centro de atención en salud es el hospital "Amor de Patria", dado que los 3 centros de salud que existían en diferentes sectores fueron retirados de servicio.

En lo que tiene que ver con los aspectos sanitarios y ambientales en la isla, el Plan Departamental 2012- 2015 señala que no existe una política integral de salud ambiental formulada para este mejoramiento en especial. Este documento hace evidente que las coberturas de servicios públicos como el abastecimiento de agua, el saneamiento referido al manejo de las excretas, las aguas residuales y los residuos sólidos y peligrosos no son seguras porque ponen en riesgo a la población sanandresana, especialmente a los niños y adultos mayores, con enfermedades como la diarrea aguda-EDA, infecciones intestinales y parasitismo. De igual forma señala que también influyen en la salud ambiental de la isla el ruido y la contaminación por emisión de gases de vehículos.

4.2.3 Aspectos educativos

Es importante resaltar que el archipiélago de San Andrés tiene el menor índice de analfabetismo del país y cuenta con una sede de la Universidad Nacional de Colombia. El 95% de la población a partir de los 5 años sabe leer y escribir, el 24,0% ha alcanzado el nivel de básica primaria, el 47,4% secundaria, el 6,6% el nivel profesional y el 1,0% ha realizado estudios de especialización, maestría o doctorado. La población sin ningún nivel educativo es de tan sólo el 3,6%.

A nivel nacional el porcentaje de alfabetismo es del 91.6%, mientras que en San Andrés este porcentaje es del 98.06%, situación que es motivo de orgullo para la isla, ya que de acuerdo con el documento de Caracterización del Archipiélago de San Andrés y Providencia, (DANE, 2014), tanto en 1999 como en el 2013, la tasa de analfabetismo es cercana al 1%.

En Educación Básica y Media, la capacidad instalada para atender el 100% de la demanda es a través de 11 instituciones educativas urbanas y 1 centro educativo rural. De las once instituciones, 3 ofrecen jornada nocturna (Gobernación de San Andrés, 2015). En el sector privado se cuenta con 5 Instituciones y 5 centros.

La educación media es atendida por 14 instituciones entre oficiales y privados, cuyas ofertas se clasifican entre técnicas y académicas. Entre las opciones técnicas se pueden señalar ofertas en turismo, recreación, agropecuaria, trabajo social, comercio, marina, dibujo, mecánica, ebanistería, manejo ambiental, electricidad y administración empresarial. Existen 23 sedes educativas oficiales que prestan el servicio educativo a los 3 niveles, atendiendo una población de 8.919. Estas sedes se encuentran dispersas y algunas en mal estado acorde con el Plan de Desarrollo 2012-2015. (Gobernacion de San Andrés, 2012)

Se cuenta con una oferta educativa de 12 programas de pregrado en la modalidad presencial y a distancia, y 4 de postgrado a través de 5 instituciones de educación superior, además de las oportunidades de acceder a los diferentes programas a nivel nacional. La tasa de cobertura en educación superior es del 25,7%. El nivel de formación que reúne el mayor porcentaje de estudiantes es la tecnológica con el 64,9% debido a la matrícula del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), que una institución de educación para el trabajo que ofrece algunos programas técnicos y tecnológicos, y del Instituto Nacional de Formación Técnica Profesional (INFOTEP), con sedes en San Andrés.

A pesar que la isla de San Andrés cuenta con la infraestructura y capacidad instalada de centros educativos para atender al cien por ciento de los estudiantes de la isla, según el documento de Política Raizal (Gobernacion de San Andres - ACDI/VOCA - USAID , 2015), algunos de estos colegios y escuelas no cumplen con las condiciones apropiadas para su fin ya que requieren mantenimiento y mejoras en la infraestructura para que los estudiantes puedan disfrutar de un ambientes adecuado para el aprendizaje.

Asimismo, la Política Raizal (Gobernacion de San Andres - ACDI/VOCA - USAID , 2015) señala que "la población infantil y adolescente, no cuenta con espacios y actividades extracurriculares alternativas para la continuidad de su proceso formativo en artes, lenguas, deporte, entre otros". Facilitando estas carencias riesgos por las diferentes situaciones sociales entre las que mencionan drogadicción, alcoholismo, prostitución, embarazos, criminalidad y narcotráfico, situación que preocupa tanto a la comunidad raizal como a las autoridades.

En cuanto a situación de la educación, la Política Raizal, considera entre otros problemas los siguientes:

- La educación que se imparte no es pertinente a las condiciones específicas de la isla ya que sigue los parámetros regulares de la educación que se da en el resto del país, lo que no cumple con lo dispuesto por la Ley General de Educación, donde además de permitirse la libertad de cátedra, es necesario adaptar los currículos para que se brinde de acuerdo a la etnoeducación.
- Los estudiantes desconocen en su mayoría sus orígenes, los procesos históricos y culturales del pueblo Raizal y reciben una educación de espaldas a su entorno más cercano: el Caribe".
- Carencia de un cuerpo docente capacitado en nuevas técnicas pedagógicas y modelos de aprendizaje asociados a su área de formación o enseñanza.
- Falta de nuevas generaciones de docentes.
- En el año 2009 en los resultados de las pruebas SABER de 5 y 9 grados, el departamento quedo posicionado por debajo del promedio del nivel nacional en las áreas de matemáticas, lengua castellana y ciencias naturales.
- Deserción estudiantil en el nivel secundario asociado a diferentes causas entre ellas el turismo y la vinculación laboral temprana.

De acuerdo con el DANE 2005, el 13% de los jóvenes que terminan la educación media logra ingresar a una carrera técnica o profesional.

4.2.4 Organizaciones cívicas

La organización raizal ha sido clave en el desarrollo de San Andrés, estas organizaciones comenzaron a aparecer en los años ochenta, entre ellas el Movimiento Cívico Isleño, el S.O.S Sons of the Soil –hijos de la tierra- (1984) que es pionero en la lucha por los derechos del pueblo Raizal, circulación OCCRE, San Andrés Island Solution (Saisol) fundada por algunos estudiantes isleños-raizales de 1980, el grupo Movement for Ethnic Native Self Determination (AMEN-SD) creado en 1.999 y liderado por pastores de iglesias Bautistas, quienes reivindican la autodeterminación para la restitución de derechos, empoderamiento y defensa del pueblo Raizal.

Así mismo, El Movimiento de Integración Isleña propende por la unión de raizales y no raizales en la solución de problemas que los afectan y el Grupo Native Fundation For Sostenable Development, NAFASD- espacio alternativo de interlocución gobierno y comunidad para defender los derechos Raizales y la conservación del ambiente para un desarrollo sostenible. Más adelante surgieron también The Ketlena National Association (Ketna) que recogió los objetivos del antiguo Sons of the Soil; Infaunas, grupo de agricultores y pescadores que promueven la protección del medioambiente y otras organizaciones más pequeñas como Barrack New Face y Cove Alliance.

En el 2004 se creó ORFA - Organización de la comunidad raizal residente fuera del archipiélago (Bogotá), orientado a reivindicar los derechos raizales a través de su posicionamiento como grupo étnico y la visibilización de la etnia en los espacios democráticos y culturales de la ciudad. Estas organizaciones critican al Estado, pero defienden la institucionalidad reclamando el ejercicio de derechos jurídicos e institucionales, como la consulta previa libre e informada que es quizás uno de los derechos más reclamados por los raizales.

De acuerdo con el artículo “Impactos del Reconocimiento Multicultural en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina: Entre la Etnización y el Conflicto Social”⁸ (Antropología, 2011), el surgimiento de las organizaciones cívicas y raizales en San Andrés está directamente relacionado con el control migratorio de la Oficina de Control de Inmigración y Circulación, OCCRE, que en medio de los conflictos por cumplir con su finalidad terminó definiendo la etnicidad, esto sumado a que desde comienzos de los noventa la población isleña raizal fue minoría en su territorio, llevó a que surgieran diversas instituciones de carácter cívico, religioso y ambiental que luchaban por la defensa de la identidad de la población raizal y denunciaban los conflictos, tanto en las islas como ante el Estado Colombiano, las reivindicaciones y movilizaciones promovidas por estas organizaciones constituyen el denominado movimiento raizal.

El artículo destaca el grupo AMEN-SD por haber sido la organización que creó los lineamientos y las directrices del movimiento raizal. Estas organizaciones dieron a conocer los problemas que se estaban dando en la isla e hicieron evidente las diferencias étnicas y el surgimiento de diferentes posturas tanto de los raizales como de los continentales, posicionamiento de la comunidad raizal

⁸ Impactos del Reconocimiento Multicultural en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina: Entre la Etnización y el Conflicto Social. Revista Colombiana de Antropología. vol.47 no.2 Bogotá July/dec. 2011.

que inicio en el año 1990 y tuvo también carácter económico y ambiental tras la apertura económica que se inició en el 90 y que sirvió para un reacomodamiento del multiculturalismo.

Por otra parte, el documento de política raizal manifiesta que actualmente están registradas 118 organizaciones en San Andrés y Providencia, 38 son sociales, 21 religiosas, 21 agropecuarias y 19 comunitaria. Sin embargo, en el documento de Política de y para el Pueblo Raizal, se dice que: "Si se hiciera un seguimiento y una evaluación de las expresiones organizativas, muy seguramente se podrá encontrar que un alto porcentaje de ellas son de papel, es decir existen solo en libros y se activan en determinados momentos según la conveniencia de los líderes", las únicas que convocan son las organizaciones religiosas⁹. En la actualidad existen 43 Juntas de Acción Comunales en San Andrés Isla y una asociación de Juntas Comunales. En el Anexo 4-2 se presenta el cuadro con lista de representantes Juntas de Acción Comunal.

La creación de estas organizaciones, funcionen o no, demuestra la necesidad que tienen los habitantes de San Andrés, especialmente los raizales de ser reconocidos, de hacer parte de los cambios que ocurren en su territorio. Además sus protestas son una manera de mostrar su exclusión.

En cuanto a la participación de la comunidad raizal esta ha venido decreciendo, por lo menos de una manera evidente en eventos institucionales porque a pesar de las numerosas organizaciones registrada en la Secretaría de Desarrollo Social, "Las convocatorias ya no hacen eco en las personas y lo que se percibe es indiferencia, desconfianza y desesperanza entre la comunidad en general¹⁰".

Otras de las características de los procesos participativos insulares, es que los mecanismos de participación estatal como las acciones públicas, uso y creación de las instancias de participación, no son aprovechadas adecuadamente. Una realidad, clara y actual es que las convocatorias para participar en discusiones y análisis de temas vitales como lo son el abastecimiento de agua y el saneamiento, no tienen la respuesta de vinculación esperada. Esta posición que parece contradictoria dado el panorama del recurso hídrico en la isla, no es fácil de entender y permiten hacer diferentes conjeturas:

1. Baja credibilidad en las instituciones y los proyectos que lideran.
2. La realización de estudios y diseños no son relevantes para las organizaciones porque sus productos no son obras de infraestructura evidentes en el corto plazo.
3. Los servicios de acueducto y alcantarillado no son aspectos prioritarios para la población de San Andrés porque muchas familias están satisfechas con las soluciones tradicionales existentes.
4. Estos temas no son atractivos para las organizaciones, por lo tanto no están interesadas en participar y no se vinculan para no apoyarlos.

⁹ Documento de la Política Pública de y para el Pueblo Raizal Concertada con la Comunidad, pág. 97

¹⁰ Idem, pág. 96

5. Las organizaciones están atravesando un momento de crisis de la participación y no han logrado apropiar los nuevos recursos que facilita el Estado.
6. Hay temor a vincularse o apoyar propuestas nuevas, que pueden no resultar beneficiosas para la población raizal

4.2.5 Nivel de ingresos

Las actividades productivas, que sostienen la economía de San Andrés, se fundamentan en la actualidad en el turismo y el comercio. En el 2011 se registró la espectacular cifra de 529.000 turistas. Cerca del 50% de la mano de obra ocupada del archipiélago se emplea en actividades asociadas al turismo (comercio, restaurantes y hoteles). Sin embargo, estas alentadoras cifras no se han traducido en mejoras significativas en las condiciones de vida de la comunidad local. En particular, la isla de San Andrés enfrenta un grave problema de presión humana pues su población residente, de más de 59.000 personas, y la industria turística ocupan una superficie de sólo 27 km², lo que la hace que sea una de las islas más densamente poblada del Caribe (Garzón-Ferreira & Díaz, 2003).¹¹

Como lo presentan la mayoría de los documentos sobre el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, su economía está sustentada en el turismo. Mientras que en los demás departamentos del país la contribución del turismo no sobrepasan el 5% del producto interno bruto (PIB), en San Andrés este porcentaje está alrededor del 16%, además las actividades hoteleras, comerciales y gastronómicas representan el 64% del PIB¹². Esto significa que un número representativo de la población está vinculada a estas actividades, ya sea de forma independiente informal o de manera formal a través de empresas turísticas o de las instituciones del Estado.

De acuerdo con el Informe de Coyuntura Económica Regional, ICER, 2012, sobre San Andrés, la tasa de desempleo para ese año aumento de 7,3% a 7,5%. Este mismo informe presenta que la población económicamente activa en el archipiélago fue de 28.000, dos mil personas más con relación al 2011, asimismo, la población inactiva registro una disminución de 13%. El documento de caracterización del DANE (DANE, 2014) presenta una población económicamente activa de 49%, es decir de 22.631 personas que comparadas con los datos del ICER (DANE-ICER, 2014), representan 5.069 personas económicamente activas menos.

En cuanto a ingresos el “Plan Departamental de Empleo del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina”¹³, actualizado a marzo de 2014 expone: “Según un estudio de la Secretaría de Agricultura en el año 2005, las familias de San Andrés, Providencia y Santa Catalina estaban conformadas en promedio por 4,3 personas, de las cuales sólo dos trabajan”. Aunque

¹¹ Referenciado en “El Turismo como estrategia de desarrollo económico: El caso de las islas de San Andrés y Providencia” Universidad Nacional de Colombia, Sede Caribe | San Andrés Isla, Colombia.

¹² Ídem.

¹³ Plan Departamental de Empleo del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, del Ministerio de Trabajo, Prosperidad para todos –FUPAD. Actualizado a marzo del 2014.

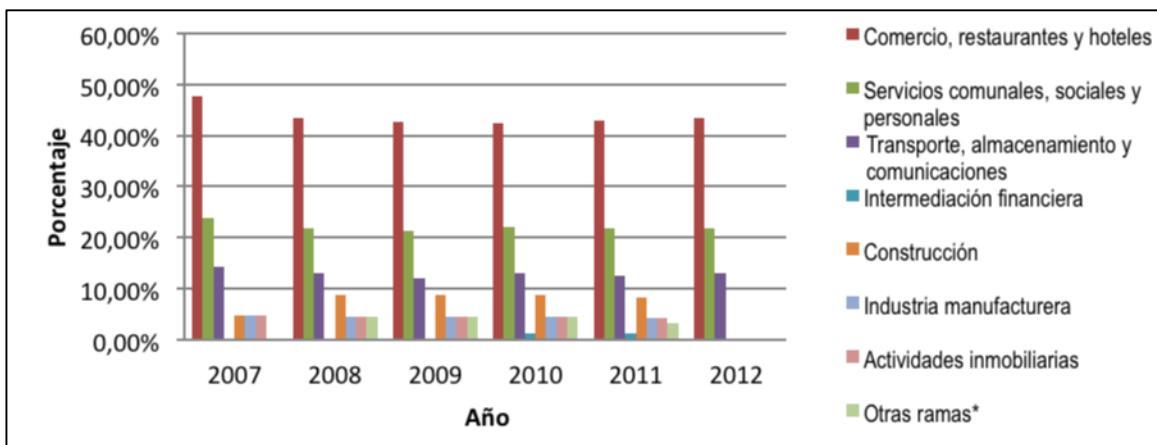
parezcan pocas personas las vinculadas al trabajo, es necesario tener en cuenta que en muchos hogares jóvenes, los hijos están pequeños y sólo los padres se vinculan a actividades laborales.

El 49% de las familias recibe en promedio \$571.000 pesos (entre uno y dos salarios mínimos¹⁴), el 33% recibe \$1.162.000 pesos (entre tres y cuatro salarios mínimos), el 10% recibe \$1.826.000 pesos (entre cinco y seis salarios mínimos) y el 8% recibe más de \$2.324.000 pesos (más de seis salarios mínimos”).

A nivel nacional el DANE, reportó para el año 2014 un ingreso per cápita promedio de \$578.422, lo que representaba un incremento del 7,6% con respecto al 2013, cuando se ubicó en \$537.720, esto significa el ingreso promedio de aproximadamente el 49% de las familias es muy cercano al nacional.

Las principales ramas de ocupación de la población del archipiélago están asociada en primer lugar al turismo, seguida de los servicios comunales y sociales. En la Figura 4-1 se presentan estas ocupaciones.

Figura 4-1 Ocupación por rama de actividad. Años 2007 -2012



Fuente: DANE- – Construcción Ministerio del Trabajo - FUPAD

Como se observa en la gráfica, más del 40% de los empleados están ocupados en el sector turístico y en actividades como comercio, hoteles y restaurantes, que son actividades que por lo general no superan en pagos a empleados más de dos salarios mínimos. Adicionalmente muchos de los hoteles medianos y pequeños contratan personal de servicios varios por día y por períodos no mayores a tres meses, evitando de esta forma el pago de las prestaciones sociales por ley. Esta situación lleva también a no querer contratar personas capacitadas por el SENA por temor a que reclamen sus derechos y salarios más justos.

Como continua planteándolo el documento del Ministerio de Trabajo¹⁵, la desaceleración de la economía en la isla también es señalada por la gobernación como una situación que afecta negativamente al mercado laboral. El alto porcentaje de informalidad de la población

¹⁴ El salario mínimo legal vigente para el año 2012 fue de \$566.700.

¹⁵ Ídem 14.

económicamente activa (47,2), indica que estas personas viven del trabajo informal y que cambian de actividad de acuerdo a las necesidades que surjan en la isla. Un aspecto importante al respecto son las grandes cadenas hoteleras con planes de turismo con todo incluido, esta estrategia deja poco valor agregado y mínima retribución social.

4.2.6 Disponibilidad de recursos humanos

“La educación aumenta la capacidad productiva de las personas y, por tanto su remuneración, de otro lado, la educación permite el desarrollo cultural, haciendo más fácil valorar, criticar y modificar el comportamiento de la sociedad, incluso en los aspectos más simples de la vida cotidiana” (Universidad Nacional, 2002).¹⁶

Para hablar de la disponibilidad de recurso humano en la isla de San Andrés, es necesario recordar que de los 46.186 habitantes que reporta el documento de caracterización DANE 2014 la población económicamente activa es de aproximadamente 22.631 personas, es decir 49% del total de población. De acuerdo con los datos de formación de la población del departamento, la tasa de cobertura en educación superior es del 25,7%, siendo el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) la institución que más aporta a esta tasa con un 64,9% de cobertura. Un aspecto positivo con relación a la formación del recurso humano es la articulación del SENA con la educación media, esta situación tiene un gran potencial y afectaría el primer empleo, así como también el emprendimiento (Gobernación del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina).

Además del SENA el INFOTEP y la Universidad Nacional de Colombia, ofrecen programas técnicos, tecnológicos de profesionalización a nivel de pregrado y posgrado, es decir, un porcentaje significativo de la población se está formando para ingresar al mercado laboral. Sin embargo, existen diversas limitaciones que deben ser superadas o corregidas para mejorar la vinculación al mercado laboral, y mejores ingresos salariales. Es importante resaltar que es básicamente el SENA, quien eleva la formación superior en el departamento y que sin esta institución la cobertura de educación superior sería solo del 5,6%¹⁷.

Estos datos significan que el recurso humano disponible en la isla tiene básicamente formación de técnico y tecnólogo, en especial en campos relacionados con la hotelería y el turismo en general, tanto en aspectos administrativos, financieros, empresariales como de oficios gastronómicos, recreativos y de salud. En menor proporción se desarrollan programas técnicos con énfasis en: computación, recursos naturales, mecánica, construcción, electricistas. Entre las dificultades en la formación del talento humano están:

¹⁶ Documento de caracterización de la población del archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. (fase 1 y fase 2) DANE, Julio de 2014.

¹⁷ Plan Departamental de Empleo del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, del Ministerio de Trabajo, Prosperidad para todos –FUPAD. Actualizado a marzo del 2014.

- Los hoteleros no están satisfechos con la oferta de formación del recurso humano que ofrecen los centros educativos.
- Las carreras que ofrece la Universidad nacional comienzan en San Andrés, pero deben terminarse otras ciudades del país.
- Pocos encadenamientos productivos en los sectores económicos de las islas.
- Empleos inadecuados por competencias laborales.
- Empleo inadecuado por ingresos.
- La formación ofrecida sobrepasa los requerimientos y genera expectativas de ingresos en los aprendices.
- No hay motivación a los jóvenes para capacitarse, debido a que no los contratan o si lo hacen los salarios son con base en el mínimo y por día.

A modo de conclusión se puede señalar que existe en el departamento un porcentaje representativo de población económicamente activa, no ocupada o vinculada a oficio informales relacionados con el turismo, pero que en un momento dado pueden ser capacitados para vincularse a otro tipo de actividades relacionadas con el desarrollo de infraestructura local.

4.2.7 Percepción de la comunidad frente al servicio de abastecimiento de agua y saneamiento

La presentación del proyecto ante diferentes actores sociales en la isla de San Andrés, así como las actividades desarrolladas para recuperar información sobre el recurso hídrico con personas que habitan en la isla, permitieron identificar aspectos relevantes con relación al servicio de abastecimiento de agua y de alcantarillado. Asimismo, también permitió identificar las percepciones sobre otras soluciones de abastecimiento de agua y de manejo de excretas y aguas residuales que utilizan los habitantes en los diferentes sectores de la isla, ya sean de manera única o combinada con otras alternativas.

4.2.7.1 Percepción de los sistemas de abastecimiento de agua

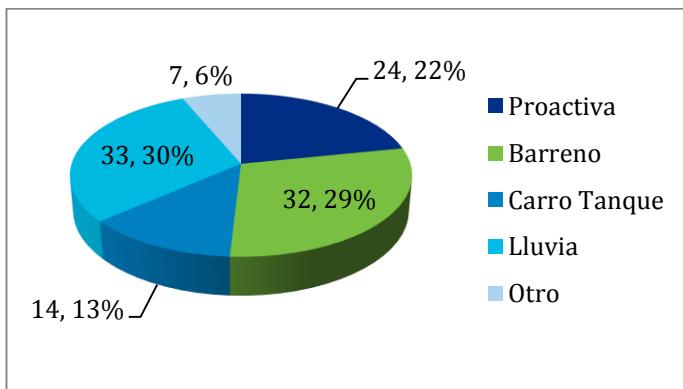
El servicio que presta Proactiva, quien es el único operador de acueducto y alcantarillado en la isla, está limitado según su contrato, en donde se especifica que debe abastecer de agua potable y recolectar sus aguas residuales a todo el sector North End, pero en el sector rural o South End se estipuló solo prestar servicio de acueducto a las zonas conocidas como La Loma, El Cove y San Luis, por lo tanto la cobertura de sus servicios no es en toda la Isla. Según esto, su porcentaje de cobertura para el área asignada en acueducto es de 65% aproximadamente y de alcantarillado (solo North End) es del 46%.

Por lo anterior, se considera que esta información es parcial y no cubre la totalidad de la Isla, tal como se evidencia en los datos del DANE (DANE, 2014) el cual abarca toda la Isla de San Andres, arrojando como resultado que la cobertura del servicio de acueducto no supera el 40% y en alcantarillado es del 26%.

Esta situación sumada a las deficiencias que se dan en la prestación de estos servicios, ha llevado a que los habitantes conserven sus sistemas tradicionales como las cisternas para el almacenamiento de agua lluvia, los barrenos (pozos perforados de poca profundidad) y los pozos artesanos de donde extraen agua subterránea, así como también comprar tanques de almacenamiento en PVC o en eternit para recoger agua lluvia o almacenar agua comprada a los carro tanques de la empresa que presta el servicio de acueducto en la isla o a vendedores particulares que comercializan agua de pozo en la isla.

En la Figura 4-2 se presentan los tipos de fuentes de abastecimiento usadas por las 70 persona que fueron encuestadas, donde el agua lluvia y los barrenos son las principales fuentes (65,6%), seguidas del acueducto operado por PROACTIVA (24%).

Figura 4-2 Tipo de fuente abastecedora



Fuente: Consultor

Tanto las personas que fueron contactadas en las reuniones como las personas visitadas en las viviendas y que fueron encuestadas o entrevistadas con base en las herramientas denominadas “guía de visita domiciliar” y “guía de entrevista”, coinciden en calificar como deficiente el servicio de acueducto existente. La falta de continuidad y la baja cobertura explica esta percepción. Sectores como Perry Hill-Loma, San Luis, Flower Hill, Loma Barrack, Los Amigo, Natania 5ta etapa, Bight, Buenos Aires y Oran Hill manifiestan tener agua eventualmente una vez al mes, cada quince días, cada veinte días, una vez a la semana, una vez al día por media o una hora.

De los 70 encuestados solo 9 (12,8%) manifestaron tener agua las 24 horas al día, 48 (68,5%) no tienen agua las 24 horas al día y los 13 restantes (18,5%) tienen una frecuencia del servicio variable que va de una hora a dos horas al día, cada semana, cada 15 o 20 días, cada mes, cada dos meses; es decir, no hay seguridad en la prestación del servicio de agua. Los barrios donde manifestaron tener agua las 24 horas fueron: Campo Hermoso, algunos sectores de Natania, Ocasión Call, Simpsom Well, Santa Lucia, Tom Hooker y algunos sectores de San Luis. Estas irregularidades e inequidades que las personas consideran que son una manera de favorecer a los hoteleros, generan malestar especialmente en los sectores raizales, que consideran que ellos deben ser los principales beneficiarios del servicio por ser la población nativa. Al respecto, las personas raizales consideran que una solución sería que el acueducto sólo surta las viviendas y que el sector hotelero construya sus propias soluciones.

Sin embargo, de acuerdo con datos recopilados en la empresa Proactiva, el servicio se presta diariamente en los sectores de San Luis (Desde Estrella del Mar hasta el Decamerón San Luis) y semanal en Back Road en la parte baja, Natania (todos los barrios incluyendo serranilla), Almendros (incluye gaviotas, barrio obrero y almendros), El Cove (Medio, centro, sur, norte), El Cove global, que empieza en el cementerio y termina a la bajada de Fisher Man Bood y San Luis (Little Hill).

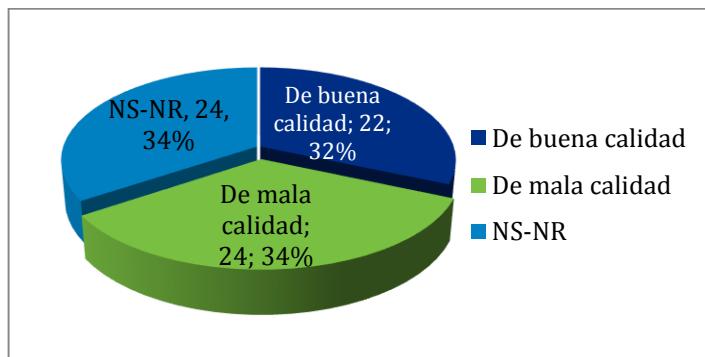
Estas deficiencias del servicio sumadas a los riesgos a la salud por la escasez de agua para suplir las necesidades básicas domiciliarias, aumentan el costo de vida para los habitantes en general y para un alto número de personas, por lo general los continentales de bajas condiciones económicas, que no disponen de tanques o cisternas para el agua lluvia o los recipientes que tienen son pequeños y deben transportar frecuentemente agua desde las cisternas o tanques de casas de vecinos que les venden o regalan. Esta opción lleva implícita las incomodidades del transporte, tanto en tiempo como en desgaste físico, mientras otros deben comprar agua a los carro tanques.

A diferencia de la población raizal y continental, que sufren los problemas de la falta de agua ya sea porque no les llega o porque no tienen el servicio y no cuentan con grandes cisternas o capacidad económica para comprar el agua necesaria, la población Sirio-Libanesa está expuesta también a los problemas de continuidad del servicio del acueducto que suplen ampliamente con agua comprada a los carro tanques y con agua embotellada para el consumo directo y alimentos. Ellos critican duramente al gobierno local por estos problemas ya que para estas personas lo que requiere San Andrés es organización y compromiso por parte de las autoridades, instituciones y la población en general. Es importante señalar que este grupo de población es difícil de contactar y cuando acceden a ser entrevistados, omiten información o se niegan a contestar.

En el sector de Loma Barrack y en otros sectores vecinos, los usuarios del acueducto manifiestan que el agua trae mucho cloro porque llega de color "blancuzco" y que al hervir el agua queda en un sedimento blanquecino en los recipientes. Esta situación hace que no confíen en el agua de Proactiva, por considerar que se le aplica mucho químico que puede ser nocivo para la salud.

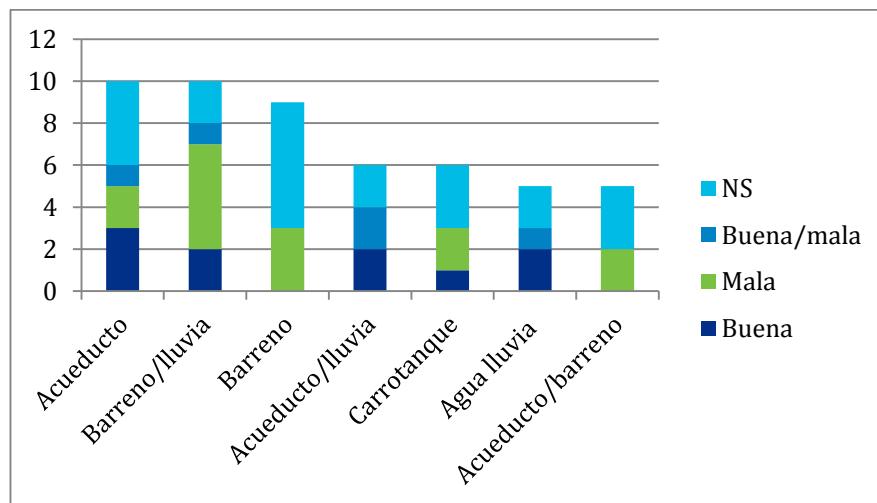
De las 70 encuestas realizadas, el 34% de los encuestados opinó que el agua que consumen¹⁸ es de mala calidad, el 32% que es de buena calidad, el resto no la calificó. El 34% que no califica el agua no está seguro de la calidad, especialmente porque la mayor parte del tiempo acude a diversas soluciones, entre ellas el barreno o tanques de agua lluvia que no están en las mejores condiciones higiénicas (ver Figura 4-3).

¹⁸ Esta calificación incluye las diferentes alternativas de abastecimiento de agua: Acueducto Proactiva, agua lluvia y agua de carro tanque.

Figura 4-3 Percepción calidad de agua en las encuestas realizadas


Fuente: consultor

Realizando un análisis más detallado de los datos obtenidos de las encuestas se logró construir la Figura 4-4 y Figura 4-5 que son complementarias y presentan las 7 opciones de abastecimiento que tienen, donde se puede observar que las personas calificaron las opciones que escogieron así: buena calidad del agua de acueducto, agua lluvia y acueducto y agua lluvia; mientras que al agua del barreno y lluvia opinan que es de mala calidad. Sin embargo, ya sea porque no saben con certeza que calidad de agua consumen o porque no quieren reconocer esta situación, 34% de los encuestados opinan que no saben. Es importante tener en cuenta que la mayoría de habitantes de San Andrés incluyendo el sector hotelero y parte del comercio, especialmente el dedicado a la gastronomía, utiliza más de una fuente de agua para abastecerse.

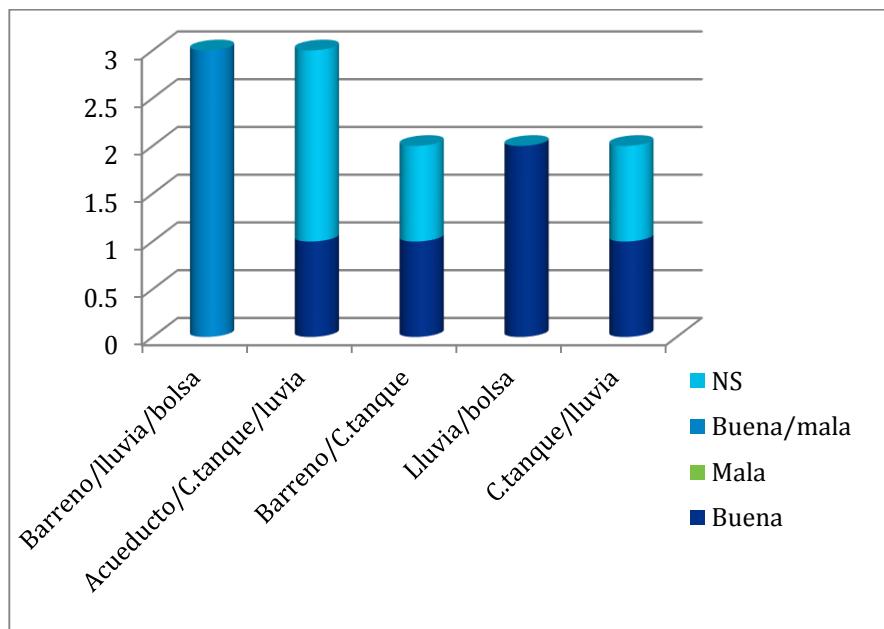
Figura 4-4 Calificación calidad de agua según la fuente


Fuente: consultor

Sin embargo, es necesario aclarar que para la población raíz el agua lluvia es de muy buena calidad. Ellos también reconocen esta calidad en el agua del acueducto, los que cuentan con ella, sea que llegue por tubería o por carro tanque. El agua de barreno definitivamente es calificada

como mala, así no se reconozca de manera abierta en las conversaciones ya que algunos temen que en el futuro, cuando el servicio de acueducto se extienda y mejore su continuidad, sean suspendidas estas fuentes de agua. La ambivalencia buena/ mala, que aparece en las Figura 4-4 y Figura 4-5, se presentó para 4 de las opciones y aunque es entendible donde existen dos o más opciones (Barreno-agua lluvia y acueducto-agua lluvia), se presentó también en el acueducto y en el agua lluvia, seguramente asociado a otros aspectos como pueden ser: el costo o la continuidad para el caso del acueducto y el estado de los tanques de almacenamiento o de los techos, para el agua lluvia.

Figura 4-5 Calificación calidad del agua según fuente



Fuente: consultor

En la Figura 4-5 sobresale el reconocimiento del agua lluvia y de bolsa como de buena calidad, lo que indica que las personas confían plenamente en estos dos tipos de agua. Desde la opinión del consultor, se percibe que la falta información sobre el recurso hídrico y el latente temor al costo del servicio por medio de una tarifa mensual, son aspectos que limitan a que las personas expresen con claridad la calificación de calidad del agua. Asimismo se percibe que las personas quieren tener servicios que les permitan mejorar su comodidad.

Con relación al agua lluvia y a su calidad se hace necesario aclarar que no siempre está bien protegida, algunos tanques se encuentran sin tapas o con tapas en mal estado y la limpieza del tanque no es adecuada ya que se observa moho y sedimentos, además no todas las personas cloran el agua en estos tanques. La población raizal más antigua y propietaria de grandes cisternas construidas en concreto y localizadas bajo la vivienda o a un lado, que están totalmente cubiertas, manifiestan que cloran con regularidad el agua en ellas almacenada, sin embargo, esta agua permanece almacenada en algunos casos hasta más de 6 meses y el lavado del tanque es eventual y cuando queda poca agua en ellos.

Considerando estas opiniones y observaciones sobre la realidad frente al abastecimiento de agua, especialmente sobre la calidad de las fuentes alternas como agua lluvia (deficientemente almacenada), barrenos y agua comprada a los carro tanques, el informe de ASIS (ASIS, 2013) no reporta cifras significativas de morbi-mortalidad en menores de 5 años relacionadas con gastroenteritis y parasitismo, sólo un alto número de casos de morbilidad por afecciones de la piel entre el 2010 y el 2012; coincidente en el 2010 con problemas de parasitismo en este mismo grupo de población.

El costo del agua, o mejor la inversión que hacen las familias en la compra de agua a los carro tanques significa un gasto adicional, cuando son suscriptores del acueducto el gasto oscila entre \$70.000 y \$150.000 al mes, valores que corresponden a medio tanque o un tanque¹⁹. En algunos casos las familias vecinas o emparentadas compran en compañía el tanque de 10m³, atenuando un poco el costo.

El servicio de venta de agua en carro tanque realizado por Proactiva es más económico para los suscriptores de esta empresa y el costo está directamente relacionado con el estrato de la siguiente manera: estrato 1 paga \$ 32.000 por el tanque de 10.000 litros (10 m³), estrato 2 \$45.000 y estrato 3 \$55.000. Cuando quien solicita el servicio de carro tanque, no es suscriptor del servicio de Proactiva, este tiene un costo de \$100.000. Una condición adicional cuando se compra el agua en carro tanque al acueducto, es que se debe entrar en lista de espera, lo que puede llegar a tardar hasta dos días el envío del carro tanque. Ante esta demora, los compradores con solvencia o urgencia deciden comprar a prestadores diferentes que atienden de inmediato la solicitud y cobran más por el servicio. En este caso, el inconveniente es la calidad del agua que se está comprando; sin embargo, lo que se percibe es que a algunas personas y a los hoteleros lo que les preocupa es la cantidad.

Una de las inquietudes de varios usuarios con relación al servicio prestado por Proactiva, se relaciona con la tarifa y el desglose de la factura que les llega por los servicios²⁰, por lo que una solicitud expresa fue conocer cómo se construye la tarifa y cómo se debe leer la factura. Situación que para el consultor es relevante ya que la preocupación en temas tan específicos denota interés y madurez de la comunidad en el manejo del servicio, por lo tanto, amerita un espacio de capacitación en lo que se incluirá en el Plan Director.

Adicionalmente algunas familias que usan agua en bolsa, cuando la usan para beber adquieren 2 bolsas cada dos o tres días, pero cuando adicionalmente las usan para preparar alimentos compran hasta 3 bolsas por día. Cada bolsa tiene 5 litros y tiene un costo de \$2.000, representando un costo mensual por agua en bolsa entre \$48.000 y \$168.000 aproximadamente por mes. Sin embargo, este monto mensual se invisibiliza debido a que las familias no suman estas cantidades que invierten diariamente en la compra del agua. Es necesario que en la socialización del diagnóstico, actividad que se implementará una vez se tenga una caracterización de la situación y de los problemas en agua y saneamiento muy clara, se desarrolle con los grupos de interés comunitarios

¹⁹ Existen carro tanques pequeños con capacidad para 5 m³ de agua y unos que tiene capacidad para 10 m³.

²⁰ Algunos suscriptores, no tienen claro todos los ítems, que aparecen en la factura, esto ayuda a que califiquen como alto el servicio.

y las instituciones de forma que se inicie el proceso de reconocimiento de la realidad local y la fase de planteamiento de alternativas.

A pesar de las limitaciones de continuidad y cobertura del servicio del operador del acueducto (ver Tabla 4-17), actualmente Proactiva, los costos del servicio son bajos comparados con la compra de agua en carro tanque y del agua embotellada. A manera de ejercicio y con base en la información disponible sobre los costos del agua del acueducto, de otros proveedores y con diferente nivel de servicio, se logra identificar las variaciones del costo del metro cúbico de agua en la isla. De acuerdo con los valores de las tarifas que aparecen en la Tabla 4-18, sobre las tarifas básicas y complementarias que aplica Proactiva a los suscriptores del servicio, se deduce que en el estrato 1 el valor del metro cúbico de agua es de \$164,95 para un consumo básico de 20 metros cúbicos²¹, lo que coincide con la tarifa mensual de \$8.215,28 para el consumo básico. El agua en carro tanque suministrada por el acueducto le costaría al suscriptor del mismo estrato \$3.200 por m³, si es de otra empresa \$ 10.000 por m³. Mientras que si se compra agua de bolsa, el litro le costaría \$400 lo que implica que un metro cúbico costaría \$400.000.

Tabla 4-17 Tarifas PROACTIVA 2015 por uso y estrato

Uso y estrato	Consumo básico	Consumo complementario
Industrial	10.268,10	10.268,10
Comercial	10.268,10	10.268,10
Oficial	8.215,10	8.215,10
Estrato 1	3.299,26	8.215,10
Estrato 2	4.619,45	8.215,10
Estrato 3	5939,65	8.215,10
Estrato 4	8.215,28	8.215,28
Estrato 5	10.269,10	10.269,10
Estrato 6	10.269,10	10.269,10

Fuente: PROACTIVA.

Tabla 4-18 Costo del agua según proveedor

Estrato	Tarifa acueducto Proactiva mes \$ (Por 20 m ³)	Carro tanque Proactiva \$ (Por 10m ³)	Carro tanque otras otras empresas \$* (Por 10m ³)	Aqua en bolsa \$ (Por 5 Litros)
1	3.299,26	32.000	100.000	2.000
2	4.619,45	45.000	100.000	2.000
3	5.939,65	55.000	100.000	2.000

*Promedio

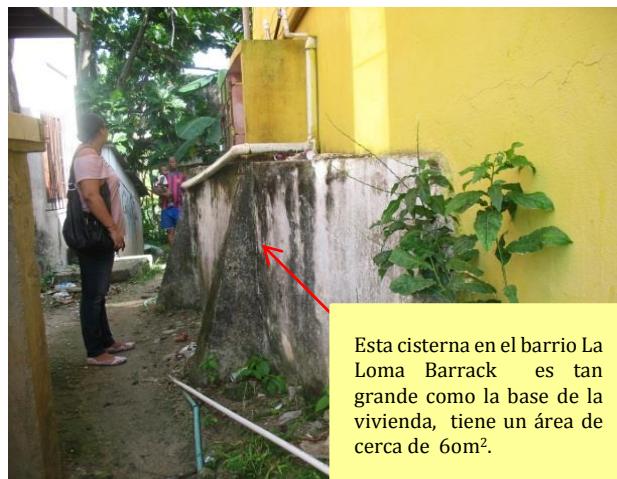
Fuente: Consultor

²¹ De acuerdo con la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, los consumos se clasifican en Básico, complementario y suntuario, el básico es el consumo que esta entre 0 y 20 metros cúbicos de agua al mes; el complementario de 21 a 40 y el suntuario más de 41 metros cúbicos.

Como se observa en la Tabla 4-18 el servicio de agua por redes de distribución que presta el acueducto es el más económico, con un metro cúbico en el estrato 3 que no supera los \$300. Mientras que en las otras formas de servicio y de operadores, el mismo metro cúbico cuesta entre los \$3.200 y los \$400.000, donde este último correspondiente al precio de 1 m³ de agua en bolsa. Esta opción de consumo de agua en bolsa seguramente no llega a un m³ en el mes ya que las familias la limitan básicamente al agua para bebida y sólo en contadas ocasiones para otros usos como por ejemplo la preparación de alimentos, especialmente jugos. Por ejemplo: si una familia consume 3 bolsas de agua por semana al mes son 12 bolsas (60 litros) lo que equivale a \$24.000, valor que esta 727,4 % por encima del costo del agua del acueducto operado por Proactiva en el estrato 1. Esto implica que con los \$24.000 una familia que consuma solo los 20m³ podría pagar 7 meses de agua al acueducto. Esta situación debe hacerse evidente en la socialización.

El agua recogida en las cisternas es para las familias raizales tradicionales una opción muy buena que han utilizado desde el poblamiento de la isla, su importancia llegó a ser de tal relevancia que lo primero que consideraban al hacer una vivienda era la construcción de la cisterna y en muchos casos “tan grande como la casa”²² (ver Foto 4-1). Esta estructura está por lo general debajo de la casa y en las viviendas de familias raizales tradicionales son de grandes dimensiones, algunas pueden tener capacidad hasta para 100 metros cúbicos²³ de agua, otras de mediano y pequeño tamaño están entre los 5 y 50 m³. La cantidad de agua almacenada en las de mayores dimensiones, puede durar toda la temporada seca y su uso se extiende a todas las actividades del hogar.

Foto 4-1 Cisterna construida en el barrio La Loma



Fuente: Consultor

Sin embargo, los problemas que presentan algunos de estos almacenamientos están asociados a la suciedad que se acumula en los techos como polvo, excremento de pájaros, insectos muertos y objetos que son arrojados a los techos, entre otros. Esta suciedad llega a las cisterna con las

²² Así, lo expresan coloquialmente algunas personas locales, para explicar la relevancia de esta estructura.

²³ Es decir tanques que pueden ser de aproximadamente 7x7x2metros.

primeras lluvias cuando no existen accesorios para suspender la entrada de agua a la cisterna mientras los techos se lavan. Esto implica que si se requiere de esta agua para beber, esta deberá ser hervida o clorada pues su acumulación durante varios meses hace que se contamine y además adquiera olor y sabor. Las personas, especialmente las más jóvenes, manifiestan desconfianza con relación a la calidad del agua de tanques y cisternas por lo que la cloran o hierven, pero valoran esta estrategia tradicional que les ha permitido desde tiempos remotos tener agua en las viviendas. Las personas más antiguas en la isla y de mayor edad consideran que el agua de la cisterna es fresca y dulce.

Ante la falta de continuidad del servicio de acueducto por parte del acueducto, personas raizales hicieron varias sugerencias como: colocar tanques de distribución para cada sector de la isla, dejar el agua de los pozos que utiliza el acueducto, sólo para el sector residencial y que los hoteleros construyan sus propios abastecimientos desde el mar, mejorar los sistemas de agua lluvia en los sectores tradicionales, abastecerse total y directamente con el agua del mar como hacen en otras islas del Caribe.

Para la mayoría de familias de escasos recursos que han llegado a la isla desde el continente, el agua es un problema prioritario vital. Estas familias por lo general no cuentan con los recursos suficientes para construir cisternas o comprar tanques medianos o grandes, además la mayoría no son propietarias de los predios por lo que su mayor logro es conseguir dinero y permiso para perforar un barreno (cuando hay espacio) con las correspondientes limitaciones que estos implican, especialmente que el agua es salobre y que por cercanía a pozas sépticas y letrinas o disposición a campo abierto, el agua de estos barrenos está expuesta a contaminación fecal por infiltración o por escorrentía.

Algunos de estos habitantes confiesan que cuando no hay recursos para comprar agua en bolsa o no encuentran quien les regale, se ven en la necesidad de cocinar y beber de esta agua así su sabor no sea el mejor. En estos sectores también recogen agua lluvia, pero sus condiciones son muy deficientes dado el tipo de vivienda, las condiciones y materiales de los techos y los recipientes para recoger y almacenar el agua (ver Foto 4-2).

Foto 4-2 Pozos y desagües, instalaciones típicas en San Andrés



Fuente: Consultor

Respecto a los barrenos, costumbre bien arraigada en la isla gracias a que algunas familias ante la falta de agua o de cisternas grandes pueden contar con esta solución, son muy importantes porque les permite acceder al recurso, así sea de mala calidad y lo usen con exclusividad en las labores de aseo. Los habitantes raizales, isleños y continentales coinciden en afirmar que los barrenos tienen agua salobre en mayor o menor cantidad, dependiendo de la temporada de lluvias, de la cantidad de agua que se extrae y del sitio de localización. Además dicen que algunos de los barrenos de La Loma, tienen agua dulce.

Para los habitantes de la isla, en general, es claro que el agua de los barrenos no se debe consumir ni se debe utilizar para la preparación de alimentos, el uso principal que le asignan es el aseo de la vivienda, aseo personal, lavado de ropa y de platos. Este saber ha pasado de generación en generación y se ha extendido a la población continental que ha llegado paulatinamente a la isla a través del tiempo. Sin embargo, personas locales manifiestan que a pesar de los problemas de salinidad muchas familias pobres que no tienen más opciones, ya sea por falta de espacio o porque no disponen de los recursos económicos, usan eventualmente el agua del barreno para preparar los alimentos. Asimismo, algunas personas comentan que el aumento de enfermedades y muertes por problemas cardiovasculares está asociado al uso de esta agua y su salinidad.

Aunque se carece de evidencias específicas al respecto, es importante tener en cuenta que el informe del análisis de la salud en el departamento (ASIS, 2013) manifiesta con base en sus estudios lo siguiente *"para los adultos la morbilidad por enfermedades no transmisibles están en primer lugar las cardiovasculares y musculo esqueléticas"*. En términos de consulta se evidencia un aumento significativo de la enfermedad renal crónica. También dice: las principales causas de mortalidad para hombres en San Andrés está asociada a problemas circulatorios, seguido de causas externas, mientras que para las mujeres la principal causa son también las enfermedades del sistema circulatorio, seguido de las neoplasias o tumores.

También sobre los barrenos del sector rural de Tom Hooker cercano al pantano, los habitantes de las viviendas localizadas en la parte baja con relación al pantano, dicen que el agua de los barrenos en algunas temporadas sale negra y con malos olores. Ellos dicen que no hay pozas sépticas o letrinas cerca por lo que consideran que se infiltra agua del pantano. En este sector los barrenos están muy descuidados, no tienen tapas y el agua se ve con suciedades, además la falta de protección hace que sean un riesgo para los niños ya que están localizados en los patios.

En el sector de Ciudad Paraíso, donde fueron beneficiarios del proyecto SMIA, los filtros para mejorar la calidad del agua de lluvia vienen siendo abandonados porque el filtro²⁴ está muy sucio, posiblemente por falta de adecuado mantenimiento y porque no hay repuestos para estos filtros en la isla. Las familias consideran que Coralina, como líder de este proyecto, debe encargarse del mantenimiento y proveerles los filtros.

²⁴ La vela que hace parte del filtro

4.2.7.2 Percepción servicio de saneamiento.

La mayoría de viviendas localizadas en la zona urbana, especialmente en la zona norte de la isla, cuentan con inodoros con tanques, es decir que funcionan con arrastre de agua por lo general conectados al alcantarillado que opera Proactiva y que conduce tanto las aguas residuales grises como las excretas a los colectores que descargan al emisario submarino. De las 70 personas encuestadas sólo 5 manifestaron estar conectados al alcantarillado de colectivo.

De acuerdo con datos de la empresa PROACTIVA el servicio de alcantarillado sólo se presta en 13 barrios en total de los Distritos 1, 2, y 3 sin incluir el Distrito 4 Natania que aún está en construcción. El servicio inicia en el Hospital Amor de Patria y llega hasta Sarie Bay²⁵. El distrito 1 cubre los barrios El Bight, Sagrada Familia, Barrio Obrero y los Almendros; el distrito 2 cubre el sector norte donde están la mayoría de hoteles y el comercio y los 3 barrios cercanos al aeropuerto. Una de las principales quejas son los costos del servicio de alcantarillado y el rebose en algunas cámaras de inspección en el Distrito 2 cuando llueve y por consiguiente los malos olores que se liberan en el centro, situación que según algunos comerciantes “aleja los compradores”. El resto de la Isla no tiene cobertura de alcantarillado sanitario operado por PROACTIVA

Las viviendas que no cuentan con el servicio de alcantarillado tienen sus propios sistemas individuales, algunos son pozos sépticos artesanales que por lo general están localizados debajo de las viviendas en el frente y tiene un sistema de desagüe con tapón que facilita que un carro tanque con una motobomba o un vactor de Proactiva haga la evacuación o extracción de lodos cada cierto tiempo. La localización de estos tanques, prácticamente debajo de la vivienda, no les permite a las familias otra forma de extraer el lodo. En los sectores rurales con mayor espacio, algunas familias han realizado un nuevo pozo cuando el que está en uso se colmata y empieza a rebosar y generar contaminación del suelo y del aire. Un habitante del barrio Barrack, manifiesta que “anteriormente estas pozas, no se llenaban en muchos años debido a que no se les arrojaban agua”, es decir que los sistemas eran en seco²⁶.

Estos sistemas no son pozos sépticos porque no tienen fondo o están a junta perdida, lo que permite que el agua residual se infiltre y su capacidad de almacenamiento se prolongue; los habitantes los denominan “pozas sépticas”. Algunas viviendas más nuevas tienen pozos sépticos con campos de infiltración. En los sectores menos favorecidos económicamente, hay letrinas o las necesidades se hacen a campo abierto o en bolsas plásticas que luego son arrojadas lejos de la vivienda (se les conoce con el nombre de voladORES), situación preocupante por la contaminación del suelo, fuentes de agua y techos donde algunos “voladORES²⁷” van a parar. La limpieza de los pozos de absorción tiene un costo de \$70.000. Para algunos esta actividad se realiza cada 6 meses mientras que para otros cada 2 años o más.

En los sectores urbanos y conectados al alcantarillado todas las aguas residuales domésticas van a los colectores del alcantarillado sanitario, menos el agua lluvia que va a los imbornales o sumideros

²⁵ Información suministrada por Proactiva

²⁶ Este tiempo es variable, dado que depende del número de personas que habitan la vivienda y el tamaño de las estructuras del tanque séptico.

²⁷ La existencia de la disposición a campo abierto, se obtiene por los comentarios de terceros, quienes tienen esta costumbre, ya sea directamente en el terreno o en el mar o en bolsa plástica no lo manifiestan.

localizados en las calles pavimentadas donde hay cobertura del alcantarillado pluvial. En los sectores sin cobertura de alcantarillado colectivo, las aguas grises son vertidas en patios y calles mientras que las aguas lluvias escurren superficialmente. Buena parte de las familias más tradicionales manifiestan estar satisfechas con sus pozas sépticas porque funcionan bien. Sin embargo, las viviendas nuevas por la falta de espacio para estos sistemas, así como la limpieza y su frecuencia, los lleva a considerar la posibilidad de conectarse al futuro alcantarillado y evitar las molestias que las pozas sépticas causan y los costos de mantenimiento.

A pesar de esto, son reiterativos al afirmar que esperan que la empresa operadora sea justa con las tarifas, clara en la información sobre el costo inicial de conexión y sobretodo que cobre oportunamente mensual porque las experiencias en otros sectores es que la factura llega después de varios meses de instalado el servicio y por un monto que es imposible pagar por las familias de escasos recursos. Esta Consultoría considera que es importante tener en cuenta que no existe tradición de pago por este servicio en la isla²⁸, lo cual genera en un comienzo muchos conflictos y demanda un trabajo social intenso, intencional y por personal conocedor del tema.

El alcantarillado es considerado deficiente por los usuarios debido a que no cubre todos los sectores, es costoso y en algunos sectores no funciona bien ya que se presentan reboses, especialmente cuando llueve y los olores ponen en riesgo la salud de los habitantes debido a la contaminación que causa. En edificaciones del centro tanto usuarios residenciales como hoteleros contaron sobre los malos olores que se generan en lavamanos, duchas y lavaplatos especialmente en las épocas secas y los malos olores y aguas residuales en las vías del centro cuando en época de lluvia se presentan reboses en algunas cámaras de inspección.

Además, en los sectores que recientemente se conectaron al alcantarillado, como es el barrio Obrero, se presentaron quejas de las amas de casa quienes manifiestan que les cortaron el servicio debido a que no pagaron por el alto costo del recibo. Sin embargo, reconocen este derecho de la empresa pero lo que no aceptan es no haber recibido información clara desde el inicio, que el recibo llegara varios meses después y por montos muy elevados para su condición económica. Además comunican malos tratos por parte del personal encargado de corte y vigilancia de conexiones fraudulentas y reconexiones ilegales, que destruyen los andenes de las viviendas y no los reparan facilitando la ocurrencia de accidentes de niños. Ante esto, las familias se ven obligadas a reparar los daños causados con sus propios recursos como medida de protección. Dicho personal, cada vez que debe intervenir nuevamente estos espacios, deja las obras sin finalizar. Esto hace que las amas de casa estén muy molestas con la empresa y no quieran saber más sobre este servicio, manifiestan que prefieren continuar con sus sistemas tradicionales.

En el barrio San Luis no se cuenta con el servicio de alcantarillado pero manifiestan que les gustaría tenerlo, así como agua continua para las actividades del hogar y para los negocios. Una de las mujeres de este barrio expreso: "No hay como hacer las necesidades y bajar la pluma del sanitario, eso de echar agua con un balde es muy horrible, lo mismo con el agua, abrir la llave y bañarse". En este sector, la mayoría propietarios de negocios como tiendas estaderos y talleres, opinan que necesitan tener agua en las pluma, también los residentes domiciliarios, algunos incluso han

²⁸ A partir de la declaración de Puerto libre, San Andrés vivió un proceso de crecimiento acelerado y desordenado que no le permitió a muchos habitantes raízales, asimilar la cantidad de cambios que surgieron, razón por lo cual viven una situación de ambivalencia entre un pasado rural y un presente cada vez más urbano y moderno.

realizado la gestión ante la empresa y no lo han logrado porque son muchos los requisitos y uno de estos requisitos es ser dueños del predio, pero la mayoría son arrendatarios y a quienes los dueños les niegan esta posibilidad de tener agua y alcantarillado ya que no autorizan este servicio por temor a los costos.

Se percibe en general en varios de los sectores urbanos y rurales interés de la persona en tener agua del acueducto al igual que el servicio de alcantarillado, sin embargo, también es clara la manifestación de temor, especialmente por los costos que pueda tener, ya que conocen lo que vecinos o familiares han pasado conectándose, dicen que a la empresa no le interesan si no los hoteleros y el comercio, a quienes les da prioridad tanto en abastecimiento de agua como en alcantarillado. Sin embargo, los administradores de los hoteles, tampoco están satisfechos con la cantidad de agua del acueducto, varios de los hoteles grandes complementan el servicio de agua, recogiendo agua lluvia en grandes cisternas, comprando a proveedores particulares o desalinizando agua de mar por medio de pequeñas plantas que han adquirido.

A medida que crecen y se desarrollan los sectores rurales, los predios son más pequeños y los espacios para tanques sépticos se reducen, esta limitación termina siendo muy costosa para las familias, pues un tanque séptico pequeño para 10 o 12 personas de una familia extensa se llena en un corto tiempo y requiere ser evacuado con frecuencia. El costo de mantenimiento, para las familias que manifiestan que están viviendo esta situación, es de \$70.000 aproximadamente cada mes o mes y medio, por lo que ellas dicen que es muy costoso a pesar que a estos tanques sépticos sólo va el agua residual de sanitarios porque las agua servidas de cocinas y duchas se dispone en los patios.

Los tanques sépticos instalados por el proyecto SMIA también han tenido problemas, especialmente los de Ciudad Paraíso, debido precisamente a que los tanques prefabricados instalados se rebosan debido a que el suelo por el nivel freático alto se expande y estrangula o saca los tanques, esto tiene inconforme a las familias usuarias ya que se ha generado contaminación del suelo en los patios y malos olores. Asimismo, una vez que estos sistemas se entregan a la comunidad, las familias deben asumir los costos del mantenimiento que tienen un valor de 3 o 4 millones. Este monto es alto para las 5 o 6 familias beneficiarias a pesar de que el mantenimiento sea cada 2 o 3 años. Los usuarios consideran que debe ser Coralina, quien los instaló, quien asuma el mantenimiento. Los tanques sépticos de los sectores Schooner Bight que se construyeron en concreto han funcionado mejor, sin embargo, ya se están llenando y necesitan mantenimiento pero debido al alto costo las familias no están dispuestas a colaborar, también responsabilizan a Coralina de esta tarea, dicen que de lo contrario volverán a sus sistemas tradicionales.

Desde el punto de vista del consultor, en muchas zonas del país los sistemas prefabricados no han funcionado y no es porque la tecnología sea deficiente sino precisamente por fallas en la selección de la tecnología: falta de información sobre el suelo y nivel freático, no se socializa la tecnología y sus ventajas y desventajas ante la comunidad, deficiente capacitación sobre operación y mantenimiento, falta de estudios de disponibilidad y capacidad de pago, baja capacidad local para operar y mantener estos sistemas (personal o empresas que hagan la operación y el mantenimiento y cuenten con las herramientas, equipos y repuestos necesarios), falta de organización de la comunidad para asumir estas responsabilidades y falta de apoyo institucional continuo.

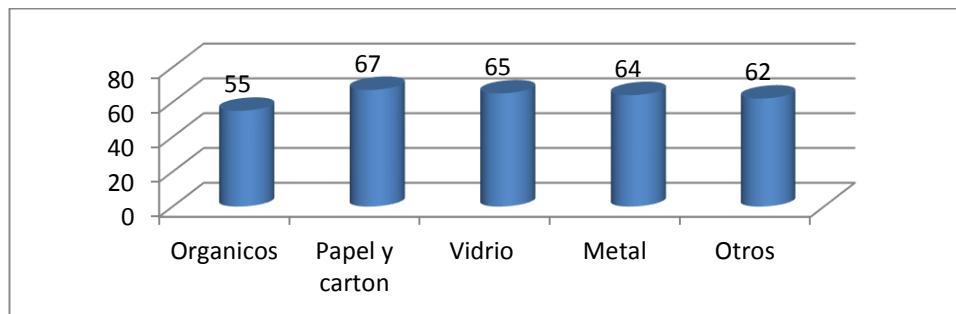
Aunque los sistemas en concreto que fueron instalados tienen menos riesgos por niveles freáticos e infiltración de aguas lluvias, sin embargo, la falta de compromiso de la comunidad ligada a todas las limitaciones mencionadas, son entre otras las principales causas del deficiente funcionamiento o abandono de estos sistemas.

El trabajo con la comunidad desde el inicio de los proyectos y en la selección de las tecnologías es clave para la sostenibilidad, no basta que una tecnología sea buena y responda al riesgo existente, esta debe ser aceptada por la comunidad y contar con un apoyo institucional continuo. La aceptación de las soluciones y el compromiso de la comunidad en la sostenibilidad está relacionada directamente con su participación en todas las fases del proyecto, en la selección de las tecnologías (características, fundamentos, ventajas y desventajas), comprensión de la relación agua, saneamiento y salud, identificación de los costos, construcción de las tarifas²⁹ y conocimiento de la dinámica del sector de agua y saneamiento y de las instituciones y recursos para acceder a ellas.

4.2.7.3 Percepción del servicio de manejo de residuos sólidos.

Con relación a los residuos sólidos, los 70 encuestados expresaron que el papel y el cartón son los principales residuos, seguidos del vidrio, metales y otros, donde se encuentra el plástico, trapos y pañales desechables, entre otros (ver Figura 4-6). Los residuos orgánicos fueron los principales residuos para 55 de las personas encuestadas. Estos resultados reflejan la situación de la isla, en donde se observa un alto consumo de productos manufacturados o importados que vienen embalados en contenedores de cartón, papel y en latas. En el Anexo 4-2 se presenta la metodología usada para la realización de las encuestas.

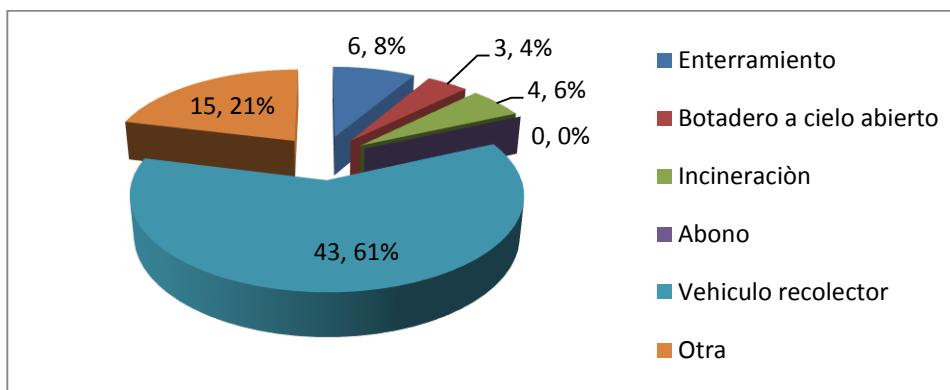
Figura 4-6 Tipos de residuos generados



Fuente: Consultor

Con relación a la disposición final de los residuos, 43 de los encuestados manifestaron que los entregan al carro recolector, seguido de 15 personas expresaron otra opción como es arrojar al mar o en huecos a campo abierto, 6 personas manifestaron que entierran los residuos y 4 que incineran los recursos (ver Figura 4-7).

²⁹ El estudio tarifario, puede ser más efectivo si se complementa con un estudio de Disponibilidad y Capacidad de Pago, CAP y DAP.

Figura 4-7 Disposición final de los residuos sólidos.


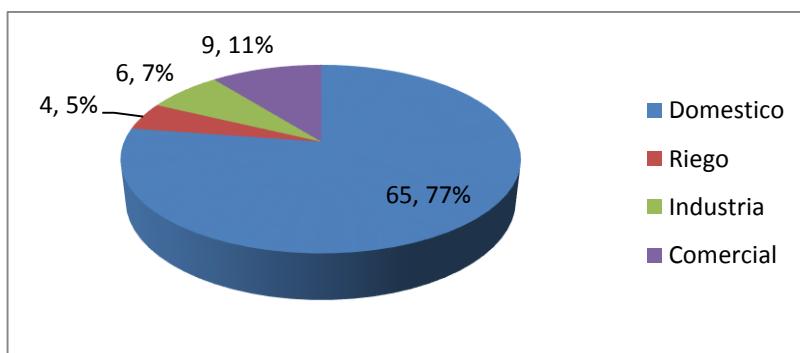
Fuente: Consultor

4.2.8 Usos del agua.

El agua de las diferentes fuentes es usada básicamente para actividades domésticas, lavado de ropa, cocinar, beber, aseo personal, servicios sanitarios, lavado de platos, riego de algunas plantas de jardín, pero desde las preferencias y posibilidades específicas de las fuentes a las que pueden acceder las familias en San Andrés.

Otros usos como el turístico donde se clasifican hoteles, posadas, residencias y restaurantes siguen siendo domésticos con la salvedad que el consumo es alto debido al número elevado de turistas que llegan durante todo el año a la isla, especialmente en las temporadas de vacaciones escolares y de fin de año.

El uso en establecimientos comerciales de diferente tipo como tiendas, almacenes, ferreterías, dulcerías y supermercados es también básicamente para servicios sanitarios y aseo de los locales y muebles. De acuerdo con los 70 encuestados, se confirma que el uso principal es el doméstico (77%) seguido del comercial. Mientras que el riego es una actividad poco frecuente (5%), lo que coincide con la disminución de esta actividad económica en la isla (ver Figura 4-8)

Figura 4-8 Usos del agua en las viviendas


Fuente: Consultor

El uso del agua en los establecimientos oficiales también está focalizado en los servicios sanitarios y aseo de los locales, de estos establecimientos los de mayor consumo y problemas relacionados con el desperdicio podrían ser los colegios, debido a que por descuido o falta de conocimientos los

niños y jóvenes dejen llaves abiertas, jueguen con el agua o que los daños ocasionados en llaves e inodoros no se reparen oportunamente. Al respecto, es necesario que se realice en los establecimientos educativos una revisión del estado de la infraestructura para el abastecimiento de agua, saneamiento y su uso, involucrando a la comunidad educativa especialmente a los directivos, profesores y estudiantes.

Con base en las costumbres sobre el uso del agua que se ha identificado en la población isleña, se debe resaltar y considerar el buen uso del agua que hacen las familias, porque conocen las limitaciones que tiene la isla para obtener agua. Es común que las personas cuiden el agua y la ahorren reusándola, por ejemplo en las cocinas es normal encontrar poncheras para hacer el lavado de platos, una para enjabonar y otra para jugar, así mismo con el lavado de ropa, el agua del enjuague es utilizada para el aseo de la casa o riego de plantas. La claridad sobre qué agua usar para cada actividad también hace parte de este uso eficiente. Sin embargo, se logra identificar y lo confirman algunos administrativos de los hoteles que los turistas, la mayoría ajenos a las limitaciones de agua en la isla, desperdician el agua, especialmente duchándose, cada vez que se retiran del mar, lo que representa en promedio dos y tres veces en el día. Esta información debe ser considerada relevante para el proyecto y como un aspecto a abordar en el Plan Director ya que sería importante en el marco del Plan lograr que la población flotante disminuya el consumo de agua.

En cuanto al costo del servicio de acueducto, 24 (34%) de los encuestados opinaron que es alta, 4 (5.7%) que es justa y 6 (8.5%) que es baja y el resto son personas que no cuentan con el servicio y no opinaron al respecto. Con relación al principal problema con el agua que tiene la isla, las respuestas de las personas se pueden resumir así: falta agua, es muy poca, no hay planificación, faltan cisternas, falta extender redes, el servicio (Proactiva) es pésimo, falta de agua potable, hay pocos pozos, no almacenan, no da abasto, hay sobre población, no hay servicio 24 horas, no hay calidad, no hay cobertura, no hay desalinización, adecuar el acueducto, no extienden redes, faltan fuentes de agua. Estos problemas se repiten siendo la falta de agua (escasez) y la extensión de redes los principales que señalan.

Sección 5.

ESTIMACIÓN DE POBLACIÓN Y DEMANDA

5.1 Población actual

La población actual de la isla de San Andrés ha sido determinada a partir de los resultados del censo realizado por el DANE para el año 2015 y con base en los resultados de los censos realizados en 1985, 1993, 1999 y 2005 para el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. A continuación se presenta un resumen del resultado de cada uno de los censos mencionados anteriormente y la información proyectada al año 2015.

Tabla 5-1 Resultados censos archipiélago de San Andrés y Providencia

Año	Población San Andrés	Población, Providencia y Santa Catalina	Total
1985	32.282	3.654	35.936
1993	46.254	3.840	50.094
1999	54.611	4.273	58.884
2005	55.426	4.141	59.567
2015	71.305	5.137	76.442

Fuente: DANE

Los resultados muestran un fuerte incremento en la población entre los periodos censales 1985, 1993 y 1999; ocasionados por grandes movimientos migratorios generados después de que en 1959 se declarara a San Andrés como área de Puerto Libre; sin embargo, se evidencia una disminución en el crecimiento de la población entre los censos de 1999 y 2005, justificado por las medidas adoptadas por el gobierno nacional para el control del incremento de la densidad poblacional en el Decreto 2762 de 1991. Este decreto tiene como objeto “limitar y regular los derechos de circulación y residencia en el Departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina”, y a través del mismo se establecieron lineamientos que serían controlados por la Oficina de Control de Circulación y residencia (OCCRE).

Teniendo en cuenta que el DANE corresponde a la fuente oficial de información demográfica en el país, esta consultoría consideró hacer uso de estas proyecciones como una fuente confiable para la estimación de la población actual (2015) del municipio de San Andrés, a fin de poder realizar el diagnóstico de cada una las estructuras que componen el sistema de abastecimiento de agua y recolección de aguas residuales y pluviales. Sin embargo, realizó una estimación de la población con base en los usuarios de la Empresa de Energía del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina S.S. E.S.P. (EEDAS), y el promedio de habitantes por vivienda obtenida en el censo sanitario de 2012 (3.18 habitantes/vivienda). La población obtenida mediante esta metodología fue de 46.866 habitantes, la cual es inferior a la estimada por el DANE para el año 2015 (71.305 habitantes). Sin embargo, con el objetivo de evitar una posible subestimación de los caudales de demanda para este primer análisis, se considera utilizar la información de población reportada por el DANE.

Tabla 5-2 Población estimada para el año 2015, con base en los usuarios de la empresa de energía

No Usuarios	Promedio habitantes por vivienda (Censo Sanitario 2012)	Población actual estimada (habitantes)
14.738	3,18	46.866

Fuente: EEDAS – Censo Sanitario 2012

Con base en la información del DANE de proyección de población, en el área urbana actualmente hay 52.733 habitantes que corresponden al 74% del total de la población mientras que en la zona rural hay 18.572 habitantes que corresponden al 26% de la población de la isla de San Andres. Estas cifras no incluyen la población flotante. De esta manera la distribución de la población para el año 2015, sería la siguiente:

Tabla 5-3 Distribución de la población año 2015

Distribución de la Población San Andres Año 2015 (Zona urbana y rural)			
Año	Total	Urbana	Rural
2015	71305	52733	18572
%	100	74	26

Fuente: Consultor

Para las estimaciones de la población se utilizaran los métodos geométrico, aritmético y exponencial, mediante las metodologías presentadas en el RAS 2000 (Titulo B, tabla B.2.1). Para estos métodos establecidos en la normatividad, es necesario contar con información de datos demográficos, especialmente los censos de población del DANE (RAS, Titulo B, B.2.2.1) o los censos disponibles de suscriptores de acueducto y otras entidades como el SISBEN. Las metodologías de cálculo de proyección de población por cada modelo matemático se muestran a continuación.

Como complemento a las estimaciones mencionadas anteriormente y de acuerdo con la metodología planteada por esta consultoría para la proyección de la población, se generarán modelos estadísticos y económicos, con lo cual se calculará la cantidad de usuarios en cada año de estudio así como la caracterización socioeconómica de estos y su ubicación dentro de la isla, ya sean pertenecientes a áreas urbanas o rurales nucleadas. Los resultados de este análisis serán entregados en el producto 3 de Estudios Complementarios de acuerdo a la metodología planteada inicialmente.

Es importante tener en cuenta en la proyección de las demandas actuales y futuras, que comúnmente las viviendas aun las que cuentan con un servicio de acueducto constante y más aun las que no lo tienen, se han valido a través de los años de aguas subterráneas para suplir sus necesidades básicas mediante la construcción de sistemas de captación de agua de pozos domésticos (localmente conocidos como pozos barrenos), integrado a un tanque doméstico subterráneo de almacenamiento (localmente conocido como cisterna) que también puede estar alimentada por agua del sistema de acueducto, desde la cual bombean agua hacia un tanque elevado para la distribución al interior de cada vivienda. Este mismo sistema incluso con plantas de tratamiento de agua es utilizado en grandes clientes como hoteles.

De acuerdo con el inventario sanitario realizado en el año 2005 (Secretaría de Salud de San Andrés, 2005), en la isla se tiene un reporte de 1.104 pozos en viviendas y pozos comunitarios que benefician aproximadamente a 10.884 personas. Con el objetivo de hacer una primera aproximación hacia el funcionamiento actual del sistema, se asumió inicialmente, que esta población corresponde al porcentaje de población que no cuenta con el servicio de acueducto, por lo que no será tenida en el cálculo de demanda actual, ya que se abastecen a través de las aguas captadas en sus sistemas individuales o comunitarios o mediante la compra de agua embotellada o suministrada por otros proveedores.

De esta manera, la población que se considera ser tenida en cuenta para el cálculo de demanda para el sistema de acueducto corresponde a 60.421 personas, como se presenta a continuación.

Tabla 5-4 Población residente estimada para cálculo de demanda

Año	Población Urbana (hab)	Población rural (hab)	Total
Población estimada 2015	52.733	18.572	71.305
Población beneficiada residente	8.049	2.835	10.884
Población - población beneficiada con pozos	44.684	15.737	60.421

Fuente: Consultor

5.2 Población flotante

De acuerdo con información de la Gobernación de San Andrés, en el año 2014 se presentaron 555.340 turistas en la isla, con una media mensual de 46.278, lo cual representaría un valor promedio aproximado de 11.319 turistas/semana. Por otro lado, según el Plan Director del Recurso Hídrico 2027 (Cesco, 1997), la población flotante promedio semanal estimada para el año 2015 corresponde a 15.010 turistas/semana. Se utilizó la información de población semanal, ya que este corresponde al periodo de tiempo promedio que permanece un turista en la isla, tiempo durante el cual los turistas presentan una demanda de agua que se suma a la demanda de la población residente.

Con el objetivo de no subestimar la cantidad de turistas para el cálculo de demandas inicial, y teniendo en cuenta que aún se está en proceso de análisis de la información de entidades como COTELCO, OCCRE, entre otras, que permitirá obtener este valor con mayor sustento para la obtención de demanda definitiva, la cual será presentada en el Producto 3 de Estudios Complementarios, para efectos de este producto se utilizó la población estimada en el PDRH 2027 para el cálculo de demanda (15.010 turistas/semana.).

Teniendo en cuenta que una parte de la población flotante de igual manera es abastecida a partir de agua captada en pozos subterráneos por los hoteles, se realizó un estimado de la cantidad de turistas que pueden abastecerse con esta agua y que no están demandando agua del sistema de acueducto. Lo anterior, con el objetivo de no tener en cuenta esta demanda en la evaluación del sistema de acueducto bajo las condiciones actuales de funcionamiento. De esta forma, de acuerdo con la información entregada por CORALINA sobre el caudal captado, diariamente se extraen del acuífero en promedio 1'024.901,78 l/día. Considerando una dotación neta obtenida para turistas

(Ver 5.6.2) de 323,64 L/Turista-día, el número total de turistas que podrían ser abastecidos con aguas provenientes de pozos es de 3.167 turistas, los cuales no demandan agua actualmente del sistema de acueducto por lo cual no son tenidos en cuenta para el cálculo de demandas.

De acuerdo con lo anterior, la población flotante considerada para la evaluación del sistema de acueducto y alcantarillado para el año 2015, se obtiene de restar a los 15.010 turistas actuales, 3.167 turistas que se asume son abastecidos con aguas provenientes de los pozos de cada hotel, de esta manera la población flotante actual corresponde a 11.843 turistas.

5.3 Proyección inicial de población

A continuación se describen brevemente los métodos más utilizados para desarrollar proyecciones de población. Para efectos de tener una orden de magnitud hacia la población proyectada para el sistema, se realizó una primera aproximación utilizando el método aritmético, teniendo en cuenta que es aplicable para poblaciones pequeñas con crecimiento vegetativo balanceado. Este análisis es inicial, ya que en el producto 3 - Estudios complementarios, se presentará un análisis detallado, en el cual por medio de modelos estadísticos y económicos, se calculará la cantidad de usuarios en cada año de estudio así como la caracterización socioeconómica de estos y su ubicación dentro de la isla, ya sean pertenecientes a áreas urbanas o rurales nucleadas. Se tendrán en cuenta estadísticas de población flotante en términos de demanda de agua, se realizará un análisis de sensibilidad de las variables proyectadas ante los diferentes métodos de estimación permitidos o recomendados por el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2000.

5.3.1 Método Aritmético

Este método supone un crecimiento vegetativo balanceado por la mortalidad y la emigración. Se caracteriza porque la población aumenta a una tasa constante de crecimiento aritmético, es decir que a la población del último censo se le adiciona un número fijo de habitantes para cada periodo en el futuro, es recomendado para poblaciones pequeñas de poco desarrollo o con áreas de crecimiento casi nulas. La ecuación para calcular la población proyectada es el siguiente.

Ecuación 5-1

$$P_f = P_{uc} + \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}} \times (T_f - T_{uc})$$

En donde:

Pf: Población (habitantes) correspondientes al año para el que se requiera proyectar la población.

Puc: Población (habitantes) correspondiente al último año censado con información.

Pci: Población (habitantes) correspondiente al censo inicial con información.

Tci: Año correspondiente al censo inicial con información.

Tf: Año al cual se quiere proyectar la información.

5.3.2 Método geométrico

Este método es útil en poblaciones que muestren una importante actividad económica, que genere un apreciable desarrollo y que posean áreas de expansión que puedan ser dotadas con servicios públicos sin mayor inconveniente. El crecimiento es geométrico si el aumento de la población es proporcional al tamaño de la misma. La ecuación que se emplea es la siguiente:

Ecuación 5-2

$$P_f = P_{uc}(1 + r)^{T_f - T_{uc}}$$

En donde r es la tasa de crecimiento anual en forma decimal y las demás variables se definen igual que para el método anterior. Esta tasa de crecimiento se calcula de la siguiente manera:

Ecuación 5-3

$$r = \left(\frac{P_{cu}}{P_{ci}} \right)^{\frac{1}{(T_{uc} - T_{ci})}} - 1$$

5.3.3 Método exponencial

La utilización de este método requiere conocer por lo menos tres censos para poder determinar el promedio de la tasa de crecimiento de población. Se recomienda su aplicación a poblaciones que muestren un desarrollo apreciable y posean abundantes áreas de expansión. Se calcula mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 5-4

$$P_f = P_{ci} \times e^{k \times (T_f - T_{ci})}$$

En donde k es la tasa de crecimiento de la población la cual se calcula como el promedio de las tasas para cada par de censos, así:

Ecuación 5-5

$$k = \frac{\ln P_{cp} - \ln P_{ca}}{T_{cp} - T_{ca}}$$

En donde:

Pcp: población del censo posterior

Pca: población del censo anterior

Tcp: año correspondiente al censo posterior

Tca: año correspondiente al censo anterior

A continuación se presentan los resultados de la proyección de la población para un periodo de 30 años, tomando como base la población estimada por el DANE para el año 2015.

Tabla 5-5 Proyección de población – Método Aritmético – Geométrico – Exponencial

Año	Método Aritmetico	Método Geométrico	Método Exponencial
	Pf	Pf	Pf
2015	71305	71305	71305
2016	72893	72331	72717
2017	74481	73378	74158
2018	76069	74447	75631
2019	77657	75538	77135
2020	79245	76652	78671
2021	80832	77788	80240
2022	82420	78948	81842
2023	84008	80133	83479
2024	85596	81342	85152
2025	87184	82576	86860
2026	88772	83836	88605
2027	90360	85122	90387
2028	91948	86436	92209
2029	93536	87777	94069
2030	95124	89147	95970
2031	96711	90545	97913
2032	98299	91973	99897
2033	99887	93431	101925
2034	101475	94921	103997
2035	103063	96441	106115
2036	104651	97995	108278
2037	106239	99581	110490
2038	107827	101202	112749
2039	109415	102857	115059
2040	111003	104548	117419
2041	112590	106275	119831
2042	114178	108039	122296
2043	115766	109841	124816
2044	117354	111683	127392
2045	118942	113564	130025

Fuente: Consultor

Como un primer ejercicio de aproximación, de los anteriores métodos el que mejor se aproxima el comportamiento del crecimiento en la isla es el **aritmético**. Lo anterior, basados en que este método se caracteriza porque la población aumenta a una tasa constante de crecimiento lineal, además es recomendado para poblaciones pequeñas de poco desarrollo lo cual tiene una relación directa con el gran control que realiza la OCCRE (Oficina de Control, Circulación y Residencia) en la inmigración a la isla.

De esta manera se obtiene una población proyectada al año 2045 de 118.942 habitantes.

5.4 Nivel de complejidad de los proyectos

Como criterio establecido por el RAS 2000, es necesario para el desarrollo de proyectos de agua potable y saneamiento básico establecer el nivel de complejidad, para el mejoramiento de los componentes del sistema de acueducto y alcantarillado. Este se define de acuerdo con el número de habitantes proyectado para el periodo de diseño, su capacidad económica y el grado de exigencia técnica requerida para adelantar el proyecto. En la tabla A.3.1 del título A del RAS 2000, se encuentran los rangos de asignación del nivel de complejidad.

A continuación se muestra la tabla contenida en el RAS mencionada anteriormente.

Tabla 5-6 Asignación del nivel de complejidad

Nivel de Complejidad	Población en la zona urbana ⁽¹⁾ (Habitantes)	Capacidad económica de los usuarios ⁽²⁾
Bajo	<2.500	Baja
Medio	2.501 a 12.500	Baja
Medio alto	12.501 a 60.000	Media
Alto	>60.000	Alta

(1) Proyectado al periodo de diseño, incluida la población flotante

(2) Incluye la capacidad económica de población flotante. Debe ser evaluada según la metodología del DNP

Fuente: RAS 2000 Titulo A, Tabla A.3.1

De acuerdo con los resultados de población el nivel de complejidad correspondiente al proyecto es Alto.

5.5 Periodo de diseño

El artículo 2 de la Resolución 2320 de 2009 con el cual se modifica el artículo 69 del resolución 1096/00 (RAS 2000), estipula que el periodo de diseño para todos los componentes de los sistemas de acueducto se selecciona según la siguiente tabla. De esta manera se considera que el periodo de diseño para el proyecto corresponde a 30 años.

Tabla 5-7 Asignación del periodo de diseño máximo según el nivel de complejidad

Nivel de complejidad del sistema	Periodo de diseño máximo
Bajo, Medio y Medio Alto	25 años
Alto	30 años

Fuente: Resolución 2320, Artículo 2, 2009

5.6 Dotación neta

5.6.1 Dotación neta para población residente

La dotación neta máxima es la cantidad máxima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante sin considerar las pérdidas que ocurran en el sistema de acueducto. Para determinar la dotación neta, la resolución 2320 de 2009, modificó el artículo 67 de la resolución 1096/00 (RAS 2000), estableciendo dotaciones que dependen del nivel de complejidad y de ubicación del municipio en cuenta a altura sobre el nivel del mar. En la siguiente tabla se muestra la dotación neta máxima según la Resolución 2320.

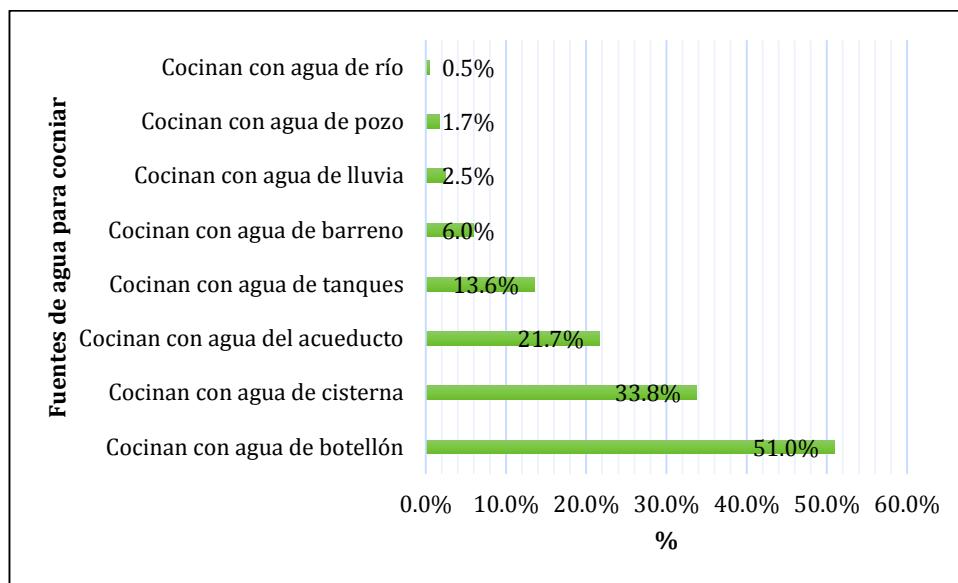
Tabla 5-8 Dotación neta máxima según clima y nivel de complejidad.

Nivel de complejidad del sistema	Dotación neta máxima para población con clima frío o templado (l/hab-día)	Dotación neta máxima para población con clima cálido (l/hab-día)
Bajo	90	100
Medio	115	125
Medio alto	125	135
Alto	140	150

Fuente: Resolución 2320, Artículo 1, 2009

De acuerdo con el nivel de complejidad del proyecto, se consideró una dotación de 150 l/hab-día, sin embargo, teniendo en cuenta las particularidades que se presentan en el consumo de agua en la isla como el aprovechamiento de aguas lluvias, compra de agua embotellada y captación de agua de pozos, se consideró realizar un ajuste a este valor.

Con base en los resultados obtenidos en el censo sanitario del año 2005 (Secretaría de Salud de San Andrés, 2005), en el cual se identificó que aproximadamente el 51% de población utiliza como fuente de agua para cocinar agua en botellón, se consideró reducir a la dotación neta recomendada en el RAS 2000, el consumo que se puede generar a raíz de la preparación de alimentos, el cual de acuerdo al documento de trabajo generado en el 2010 de la CRA (Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2010), esta dotación se estima entre 10-50 l/persona-día, por lo que fue asumido un valor de 50 l/persona-día teniendo en cuenta el bajo nivel de confiabilidad en la calidad del agua proveniente del sistema de acueducto., de esta manera se obtendría una dotación neta de 100 l/habitante-día.

Figura 5-1 Fuente del agua para cocinar archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa catalina


Fuente: Consultor - Proactiva

Este valor fue contrastado con el valor obtenido a partir de la información de facturación del último año consignada en la Base de Datos del Sistema Único de Información de Servicios Públicos (SUI), en el cual se obtuvo una dotación neta de 50,53 l/hab-día para los usuarios del tipo de uso residencial.

Lo anterior, permite corroborar que una dotación neta de 150 l/hab-día recomendada por el RAS 2000, puede resultar excesiva, si se tienen en cuenta las particularidades en la obtención y consumo de agua que se presentan en el área de estudio. Por lo tanto, esta consultoría considera de utilizar una dotación neta de 100 l/hab-día.

5.6.2 Dotación neta para población flotante

La dotación neta máxima para población flotante se obtuvo utilizando la información de facturación del último año del Hotel Decamerón Delfines localizado en la Avenida Colombia No 1B -86, el cual ,de acuerdo a información de Proactiva S.A. E.S.P., se abastece únicamente con agua del sistema de acueducto. Se seleccionó este hotel por dos razones: la primera, como se mencionó anteriormente se abastece del sistema de acueducto, no tiene pozo barreno y el aprovechamiento de aguas lluvias es mínimo debido a su pequeño tamaño; la segunda, teniendo en cuenta que el hotel presta todos los servicios de preparación de comidas, lavandería, piscinas, etc., esenciales para la determinación de este valor. Adicionalmente, este mismo análisis se realizó en los siguientes cuatro hoteles: Hotel Tone, Decamerón isleño, Dorado y Aquarium. En los Hoteles Aquarium y Tone se encontraron valores que se consideran muy bajos, 182 y 129 l/turista-día, respectivamente, esto tal vez ocasionado por el consumo de agua de otras fuentes, provenientes de pozo, compra de agua en carro tanque o desalinización. En el hotel Dorado se presentó un valor ligeramente menor de 289 l/turista-día. Por otro lado, en el Hotel Decamerón Isleño se obtuvo una dotación de 446 L/Turista-día, la cual se considera excesiva a la hora de realizar una extrapolación para todos los hoteles. Por esta razón, inicialmente se consideró utilizar la dotación obtenida del Hotel Decamerón Delfines.

Con base en esta información y conociendo la capacidad de hospedaje que ofrece el hotel, basados en la fichas de aforo suministradas por la Gerencia Comercial de Proactiva S.A. E.S.P, se determinó la dotación neta como se muestra a continuación.

Figura 5-2 Cálculo de dotación neta de población flotante

Nombre del Hotel	Hotel Decameron Delfines												
No de habitaciones	36												
No de camas	47												
No de medidores	3												
No de abonado	804760												
Ieniendo en cuenta que no fue posible poder conocer el numero exacto de los turistas en el periodo de tiempo, se asumio una densidad de ocupacion de 1,5 turistas por cama													
Densidad ocupación :	1 turistas/cama-dia												
Total turistas	47 turistas/dia												
1410 turistas/mes													
Información de Facturación													
	dic-14	ene-15	feb-15	mar-15	abr-15	may-15	jun-15	jul-15	ago-15	sep-15	oct-15	nov-15	Promedio
Facturación Acueducto	312	428	444	568	544	526	464	502	531	438	363	356	456,33
Dotación neta (L/turista-dia)	221,28	303,55	314,89	402,84	385,82	373,05	329,08	356,03	376,60	310,64	257,45	252,48	323,64
Nombre del Hotel	Hotel Dorado												
No de habitaciones	65												
No de camas	190												
No de medidores	1												
No de abonado	430309												
Densidad ocupación :	1 turistas/cama-dia												
Total turistas	190 turistas/dia												
5700 turistas/mes													
Coeficiente de retorno	20%												
Información de Facturación													
	dic-14	ene-15	feb-15	mar-15	abr-15	may-15	jun-15	jul-15	ago-15	sep-15	oct-15	nov-15	Promedio
Facturación Alcantarillad	1623	1617	1450	1338	1540	1485	1218	1037	1431	1247	1160	1331	1373,08
Dotación neta (L/turista-dia)	341,68	340,42	305,26	281,68	324,21	312,63	256,42	218,32	301,26	262,53	244,21	280,21	289,07
Nombre del Hotel	Hotel Decameron isleño												
No de habitaciones	220												
No de camas	220												
No de medidores	1												
No de abonado	124206												
Densidad ocupación :	2 turistas/cama-dia												
Total turistas	440 turistas/dia												
13200 turistas/mes													
Coeficiente de retorno	20%												
Información de Facturación													
	dic-14	ene-15	feb-15	mar-15	abr-15	may-15	jun-15	jul-15	ago-15	sep-15	oct-15	nov-15	Promedio
Facturación Alcantarillad	4408	6265	6264	5520	6286	6158	5851	6286	5772	7112	5547	5185	5887,83
Dotación neta (L/turista-dia)	333,94	474,62	474,55	418,18	476,21	466,52	443,26	476,21	437,27	538,79	420,23	392,80	446,05
Nombre del Hotel	Hotel Tone												
No de habitaciones	144												
No de camas	320												
No de medidores	320												
No de abonado	420601												
Densidad ocupación :	1 turistas/cama-dia												
Total turistas	320 turistas/dia												
9600 turistas/mes													
Coeficiente de retorno	20%												
Información de Facturación													
	dic-14	ene-15	feb-15	mar-15	abr-15	may-15	jun-15	jul-15	ago-15	sep-15	oct-15	nov-15	Promedio
Facturación Alcantarillad	1040,00	1639,00	1728,00	1494,00	1695,00	1365,00	1069,00	1336,00	1294,00	919,00	748,00	600,00	1243,92
Dotación neta (L/turista-dia)	108,33	170,73	180,00	155,63	176,56	142,19	111,35	139,17	134,79	95,73	77,92	62,50	129,57

Nombre del Hotel	Hotel Aquarim												
No de habitaciones	297												
No de camas	428												
No de medidores	428												
No de abonado	420601												
Densidad ocupación :	1 turistas/cama-día												
Total turistas	428 turistas/día												
Porcentaje de ocupación	1												
Coefficiente de retorno	12840 turistas/mes												
Información de Facturación													
	dic-14	ene-15	feb-15	mar-15	abr-15	may-15	jun-15	jul-15	ago-15	sep-15	oct-15	nov-15	Promedio
Facturación Alcantarillada	2157,00	2388,00	2824,00	2769,00	2429,00	2311,00	2046,00	2535,00	1595,00				2339,33
Dotación neta (L/turista-)	167,99	185,98	219,94	215,65	189,17	179,98	159,35	197,43	124,22	0,00	0,00	0,00	182,19

De acuerdo al análisis realizado se consideró asumir una dotación neta de 323,64 L/Turista-Día.

5.7 Pérdidas del sistema

La gestión sostenible e integrada de los recursos hídricos representa un gran reto para los operadores de sistemas de acueducto, más aun cuando el recurso es escaso y de difícil acceso, para atender una demanda cambiante por el crecimiento de la población, el desarrollo económico, urbanización, migración y cambios globales del clima. Un factor agravante en los países en vías de desarrollo y transición, es la gran cantidad de agua perdida a través de fugas en las redes, conocida como pérdidas reales o físicas, y los volúmenes de agua distribuidos sin ser facturados, conocidos como pérdidas aparentes (Thornton, 2008).

Las pérdidas técnicas o reales pueden ser ocasionadas por reboses de tanques, consumo de agua en operaciones de desinfección de tanques o redes, por mal funcionamiento de válvulas e hidrantes o por fugas en las redes. En cuanto a las pérdidas aparentes, estas consideran los volúmenes consumidos no facturados, consumos a través de conexiones clandestinas y consumos no registrados por defectos de la micromedición.

En el RAS 2000 Titulo B, el indicador normalmente utilizado para la revisión del caudal de pérdidas corresponde al índice de agua no contabilizada, (IANC), el cual relaciona el volumen total de agua suministrada con el volumen total de agua que se factura a los usuarios durante un periodo determinado, expresado en porcentaje.

Ecuación 5-6

$$IANC_i = \frac{Vol_{producido} - Vol_{facturado}}{Vol_{producido}} \times 100$$

IANC = índice de agua no contabilizada (%)

Volproducido = Volumen producido por el sistema (m³)

Volfacturado = Volumen facturado (m³)

i = periodo de tiempo

Con base en la información suministrada por el empresa prestadora del servicio de Acueducto y alcantarillado Proactiva S.A. E.S.P., se tienen registros de volúmenes producidos y facturados para los diferentes sectores en que se encuentra dividido el sistema (ver 8.6.1), desde el mes de noviembre de 2014 hasta el mes de agosto de 2015 (10 meses), en el que se obtiene un IANC promedio para todo el sistema de 69,59%.

Como primera aproximación que será corroborada posteriormente con la realización de los estudios pertinentes del sistema hidráulico, de acuerdo con la teoría y basados en experiencias internacionales, la distribución típica del IANC en países emergentes o en vía de desarrollo, se considera que el 30% es atribuible a pérdidas comerciales (aparentes) mientras que el 60% corresponde a pérdidas técnicas (reales) (Thornton 2008).

De esta manera una aproximación a la distribución de las pérdidas en el sistema es la siguiente.

Tabla 5-9 Índice de agua no contabilizada

IANC	69,6%
% teórico de Pérdidas comerciales o aparentes	30,0%
% teórico de Pérdidas técnicas o Reales	70,0%
% perdidas comerciales o aparentes del sistema	21%
% de pérdidas técnicas o reales del sistema	49%

Fuente: Consultor - Proactiva

Para efectos de la determinación de los caudales demandados actualmente se utilizó únicamente el porcentaje de pérdidas técnicas, con el único objetivo de centrarse inicialmente en la evaluación de la capacidad instalada, sin tener en cuenta por ahora los errores de medición y usuarios clandestinos que serán analizados en forma detallada posteriormente, teniendo en cuenta la alta renuencia de los usuarios a la legalización del servicio, debido al alto costo por la prestación del servicio y a la posibilidad de utilización de fuentes alternas como son pozos barrenos, aguas lluvias y compra de agua en carro tanque.

5.8 Dotación bruta

Dotación Bruta es la cantidad de agua máxima requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante, considerando para su cálculo el porcentaje de pérdidas que ocurran en el sistema de acueducto. Según la resolución 2320 de 2009, el porcentaje de pérdidas técnicas máximas admisibles para el cálculo de la Dotación Bruta, no superará el 25%, sin embargo, teniendo en cuenta el estado actual de funcionamiento del sistema, se utilizarán las pérdidas del 49% para la determinación de los caudales, que corresponden a la aproximación de las pérdidas técnicas. Para el cálculo de la Dotación Bruta, según el numeral B.2.6 del RAS 2000, se usa la siguiente ecuación:

Dotación bruta residentes.

Ecuación 5-7

$$D_{Bruta} = \frac{D_{Neta}}{1 - \%P}$$

$$D_{Bruta} = \frac{100 \frac{L}{hab} * dia}{1 - 0,49} = 194 \frac{L}{hab} * dia$$

Dotación bruta población flotante

$$D_{Bruta} = \frac{323,64 \frac{L}{Turista} * Dia}{1 - 0,49} = 631,01 \frac{L}{Turista} * dia$$

5.9 Caudal medio diario

El caudal medio diario (Qmd) es el caudal medio demandado por la población, de acuerdo a la dotación bruta asignada y se calcula así:

Ecuación 5-8

$$Q_{md} = \frac{P \times D_{Bruta}}{86400}$$

Dónde:

Qmd = Caudal medio diario, L/s

P = Población de diseño, Habitantes.

DBruta = Dotación Bruta, L/Hab/día

Con el objetivo de poder realizar una asignación de los caudales con una mayor precisión, se calcularon caudales medios para residentes en la zona urbana y rural tomando como dotación neta tanto urbana como rural de 100 l/hab-día; de la misma manera el caudal medio diario para la población flotante se calculó asumiendo una dotación neta de 323 l/turista-día, de acuerdo con los datos de población y descontado las personas que probablemente se abastecen a través de pozos subterráneos (barrenos).

Tabla 5-10 Caudal medio diario actual (2015)

Año	Población urbana abastecida por proactiva actualmente (hab.)	Población rural (hab.)	Población flotante (hab.)	Caudal medio diario residencial Urbano (l/s)	Caudal medio diario residencial Rural (l/s)	Caudal medio diario residencial (l/s)	Caudal medio diario turistas (l/s)	Caudal medio diario total (l/s)
2015	44.684	15.737	11.843	100,83	35,51	136,35	86,49	222,84

Fuente: Consultor

De acuerdo a lo anterior, se obtuvo un caudal medio diario de 222,84 L/s, el cual se divide en 136,35 L/s para población residente y 86,49 L/s para población flotante. Este caudal corresponde al caudal requerido por el sistema para una cobertura del 100% de la población.

5.10 Caudal máximo diario

Corresponde a la demanda máxima estimada en un lapso de 24 horas durante un periodo de análisis de un año. Se origina del hecho que los hábitos de consumo de agua no son los mismos todos los días de la semana, ni todos los días del año. Por esta razón, el caudal medio diario se afecta por un coeficiente obtenido a partir de las curvas de consumo de la población en estudio, que permitan representar el caudal en el día máximo consumo. Sin embargo, en la actualidad no se cuenta con una curva de consumo para la población de San Andrés, y teniendo en cuenta las particularidades del sistema, como es el alto número de tanques de almacenamiento, los cuales generan un comportamiento lineal durante las 24 horas, no es posible utilizar una curva de consumo de otra población.

Por esta razón, el cálculo del caudal máximo diario se realizó con base en los coeficientes planteados por el RAS 2000, mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 5-9

$$QMD = Qmd \times k1$$

En donde $k1$ es el coeficiente de consumo máximo diario, el cual, según el RAS 2000 en el numeral B.2.7.4, se puede establecer según su nivel de complejidad mediante la tabla que se muestra a continuación:

Tabla 5-11 Coeficiente de consumo máximo diario $k1$, según nivel de complejidad del sistema.

NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA	COEFICIENTE DE CONSUMO MÁXIMO DIARIO – $k1$
Bajo	1,30
Medio	1,30
Medio Alto	1,20
Alto	1,20

Fuente: Titulo B, Capítulo B.2, Tabla B.2.5, RAS 2000

Teniendo en cuenta que el nivel de complejidad para el sistema corresponde a Alto, se utilizó el coeficiente $K1$ de 1.2, con lo cual se obtuvo un caudal máximo diario de 267,41 L/s.

$$QMD = 222,84 \text{ L/s} \times 1.2$$

$$QMD = 267,41 \text{ L/s}$$

5.11 Caudal máximo horario

Corresponde a la demanda estimada durante una hora en un periodo de año, sin tener en cuenta el caudal de incendios. Se origina en el hecho que los consumos varían de acuerdo a la hora del día.

Tal y como se mencionó anteriormente, no existe una curva de consumo de agua de la población, que permita identificar las horas de mayor consumo durante el día. Por esta razón, para la determinación del caudal máximo horario, se utilizó la fórmula dispuesta por el RAS 2000.

Ecuación 5-10

$$QMH = QMD \times k2$$

En donde $k2$ es el coeficiente de consumo máximo horario, el cual, según el RAS 2000 en el numeral B.2.7.5, se determina según su nivel de complejidad y el tipo de red de distribución mediante la tabla siguiente:

Tabla 5-12 Coeficiente de consumo máximo diario $k2$, según nivel de complejidad del sistema y tipo de red de distribución.

NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA	RED MENOR DE DISTRIBUCIÓN	RED SECUNDARIA	RED MATRIZ
Bajo	1,60	-	-
Medio	1,60	1,50	-
Medio Alto	1,50	1,45	1,40
Alto	1,50	1,45	1,40

Fuente: Título B, Capítulo B.2, Tabla B.2.6, RAS 2000

De acuerdo con el nivel de complejidad Alto, se obtienen los siguientes caudales máximos horarios de acuerdo al tipo de red.

Tabla 5-13 Caudal máximo horario por tipo de red a analizar

	Red menor de distribución	Red secundaria	Red matriz
K2	1,5	1,45	1,4
QMH (L/s)	401	387	374

Fuente: Consultor

Sección 6.

DIAGNÓSTICO FUENTES DE ABASTECIMIENTO

6.1 Hidrología e hidrogeología para aguas subterráneas

El Archipiélago de San Andrés fue declarado reserva mundial de la biosfera SEAFLOWER en el año 2000 y es el departamento colombiano más dependiente del turismo. Se estima que las actividades asociadas a este renglón representan cerca del 64% de su producto interno bruto local. La isla es visitada anualmente por más de 400 000 turistas, de los cuales el 20% son extranjeros. Adicionalmente, San Andrés Isla es considerado el quinto destino predilecto de los viajeros internacionales que visitan el país. En 2011, se registró la espectacular cifra de 529.000 visitantes y una ocupación hotelera superior al 68%, considerablemente mayor al promedio nacional (estimado por Cotelco en un 54,5%). Sin embargo, estas alentadoras cifras no se han traducido en un mejoramiento significativo de las condiciones de vida de la comunidad local. En particular, San Andrés enfrenta un grave problema de presión humana, pues su población residente –de más de 59.000 personas– ocupa una superficie de solo 27 km², lo que la convierte en una de las islas más densamente pobladas del Caribe: 2.206 hab/km².

En 2005, según el DANE, el 40,9% de la población insular presentaba un índice de necesidades básicas insatisfechas muy por encima del nivel nacional (27,7%) y, según el Sistema de Identificación de Potenciales Beneficiarios de Programas Sociales (Sisbén), entre 2000 y 2008 la población con altos niveles de pobreza pasó del 40% al 55%, respectivamente. El desempleo, aunque es inferior al del promedio nacional, es creciente y predomina el empleo informal. El constante incremento del número de visitantes está ejerciendo considerables presiones sobre el ecosistema insular, si se considera que a la isla llegan 1.450 turistas a diario. Esta cifra se suma a la ya alta densidad poblacional local, que, en la cabecera municipal en donde se concentra gran parte de la actividad turística, asciende a 2.545 habitantes por km².

En San Andrés, el 82% del agua de abastecimiento se obtiene de los acuíferos, y aunque el consumo anual de agua en el sector doméstico es mayor que en el turístico (9.000 m³ por día frente a 1.014 m³, respectivamente), se estima que la cantidad de agua per cápita consumida en este último es casi dos veces mayor que la de los habitantes residentes (289 l/d frente a 150 l/d). Este hecho pone en riesgo la disponibilidad del recurso hídrico.

En el Anexo 6-1 Hidrogeología. Se presenta la recopilación de la información necesaria para realizar el diagnóstico objeto de este capítulo. En este se analiza la disponibilidad del recurso hídrico en la Isla de San Andrés teniendo en cuenta la oferta y demanda del mismo, el espacio temporal de la explotación del acuífero mediante los pozos concesionados por Coralina, el seguimiento operativo de los pozos de barrenos en la isla y la calidad del recurso hídrico. Dentro del anexo también se incluye el estudio de la información secundaria geológica útil para definir los requerimientos necesarios para el Modelo Hidrogeológico Conceptual (MHC), el estado actual hidrogeológico de la Isla y el uso de agua lluvia para la recarga del acuífero San Andrés y San Luis. Adicionalmente, se presentan recomendaciones para el uso del agua lluvia como fuente de abastecimiento (ya sea por

recarga natural o artificial del acuífero) y se realizan propuestas de campo para identificar y caracterizar las fallas geológicas principales, vías de flujo permanente de agua subterránea y localización de la cuña marina, ensayos de bombeo de interferencia y de larga duración en los pozos activos, el uso de las fluctuaciones de la marea para determinar valores de permeabilidad en las zonas de la costa y perfiles de conductividad eléctrica para caracterizar la cuña marina.

Este se presenta como un anexo debido a la cantidad de información que ameritan tener un documento completo dedicado a este tema.

6.2 Hidrología para aguas superficiales

6.2.1 Estudios existentes

Dentro de la información suministrada por la gobernación de San Andrés, se encuentra el Plan Maestro de Alcantarillado Pluvial de toda la zona urbana en el año 2007 y el estudio llevado a cabo por Hidroplan Ltda. para dar solución a unos barrios de la zona norte de la Isla en el año 2006. En los dos estudios se realizó un análisis de caudales de agua superficial a transportar, tanto para realizar el diagnóstico en la infraestructura existente, así como el parámetro de diseño para la proyección de obras para mitigar las inundaciones que actualmente se presentan en la Isla. Para llevar realizar el cálculo de caudales se utilizó como base las curvas IDF elaboradas por el IDEAM con base en los registros pluviográficos de la estación ubicada en el aeropuerto Gustavo Rojas Pinilla, los cuales comprenden un periodo de registro de 29 años entre 1970 al año 2000.

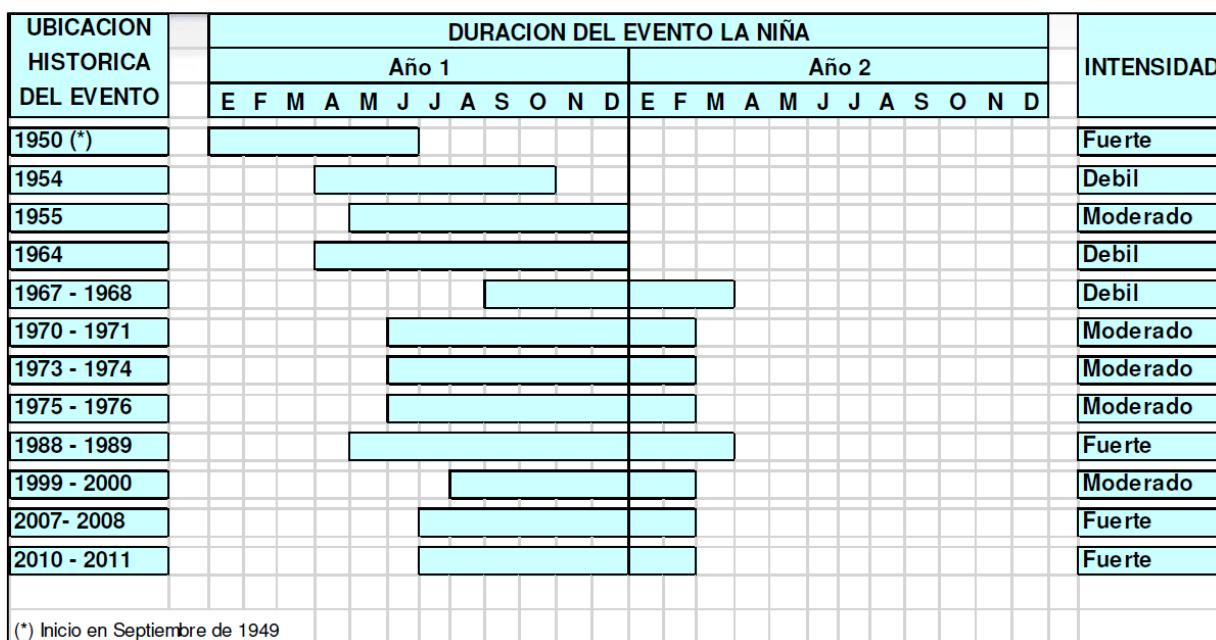
Como se observa, estos estudios fueron realizados hace más de 9 años, con curvas IDF que fueron elaboradas con datos hasta el año 2000, dejando de analizar un periodo de tiempo de 15 años, lapso de tiempo en el cual se han presentado fenómenos de gran importancia, como el Niño caracterizado por un déficit de lluvias y La Niña caracterizado por un exceso de lluvias, como se muestra en la siguientes figuras.

Figura 6-1 Épocas de ocurrencia de fenómenos El Niño en Colombia, clasificados por intensidad y duración.



Fuente: (IDEAM & Montealegre, 2014)

Figura 6-2 Épocas de ocurrencia de fenómenos La Niña en Colombia, clasificados por intensidad y duración.



Fuente: (IDEAM & Montealegre, 2014)

Como se observa en las figuras anteriores, después del año 2000, han ocurrido dos Fenómeno del Niño de intensidad débil, y tres fenómenos de la Niña, dos de intensidad fuerte y uno moderado, que pueden tener un impacto en el cálculo de caudales para los diferentes análisis de agua lluvia o escorrentía superficial. Por otro lado, el análisis hidrológico de estos estudios se limita al análisis de los datos pluviográficos de la estación meteorológica del aeropuerto, sin tener en cuenta otras estaciones que existen en la Isla, y enfocados principalmente en el área urbana de la Isla (North End) para las cuencas identificadas en este sector. No se encontró información de estudios hidrológicos que involucren el área rural (South End) de la Isla.

6.2.2 Información existente.

6.2.2.1 Estaciones meteorológicas IDEAM

Dentro de la información revisada y obtenida por esta Consultoría se encuentran la información sobre estaciones de medición de diferentes parámetros que el IDEAM tiene en el archipiélago, específicamente el municipio de San Andrés, las cuales se relacionan en la siguiente tabla

Tabla 6-1 Estaciones climatológicas del IDEAM en San Andrés.

Código	Estación	Tipo Estación	Coordenadas		Elevación	Municipio
			Latitud	Longitud		
3259	Apto Sesquicentena [17015010]	Sinóptica Principal	12.0°35.0'N	81.0°42.0'W	1.0msnm	San Andrés
230	Apto Sesquicentena [17015020]	Radio Sonda	12.0°35.0' N	81.0°42.0' W	1.0msnm	San Andrés

Código	Estación	Tipo Estación	Coordenadas		Elevación	Municipio
			Latitud	Longitud		
231	Bite [17017010]	Limnigráfica	12.0°34.0' N	81.0°42.0'W	3.0msnm	San Andrés
229	EMPOISLAS [17010010]	Pluviográfica	12.0°32.0'N	81.0°43.0'W	80.0msnm	San Andrés
3258	Hoyo Soplador [17010020]	Pluviométrica	12.0°28.0' N	81.0°43.0'W	2.0msnm	San Andrés
3260	San Andrés Automática [17019010]	Meteorológica Marina	12.0°33.0'N	81.0°42.0'W	1.0msnm	San Andrés
232	San Andrés [17017020]	Limnigráfica	12.0°31.0' N	81.0°43.0'W	1.0msnm	San Andrés

Fuente: Catalogo de estaciones IDEAM

De cada estación se obtuvo información de los diferentes datos meteorológicos según las características de cada estación, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 6-2 Estaciones meteorológicas San Andrés y parámetros medidos

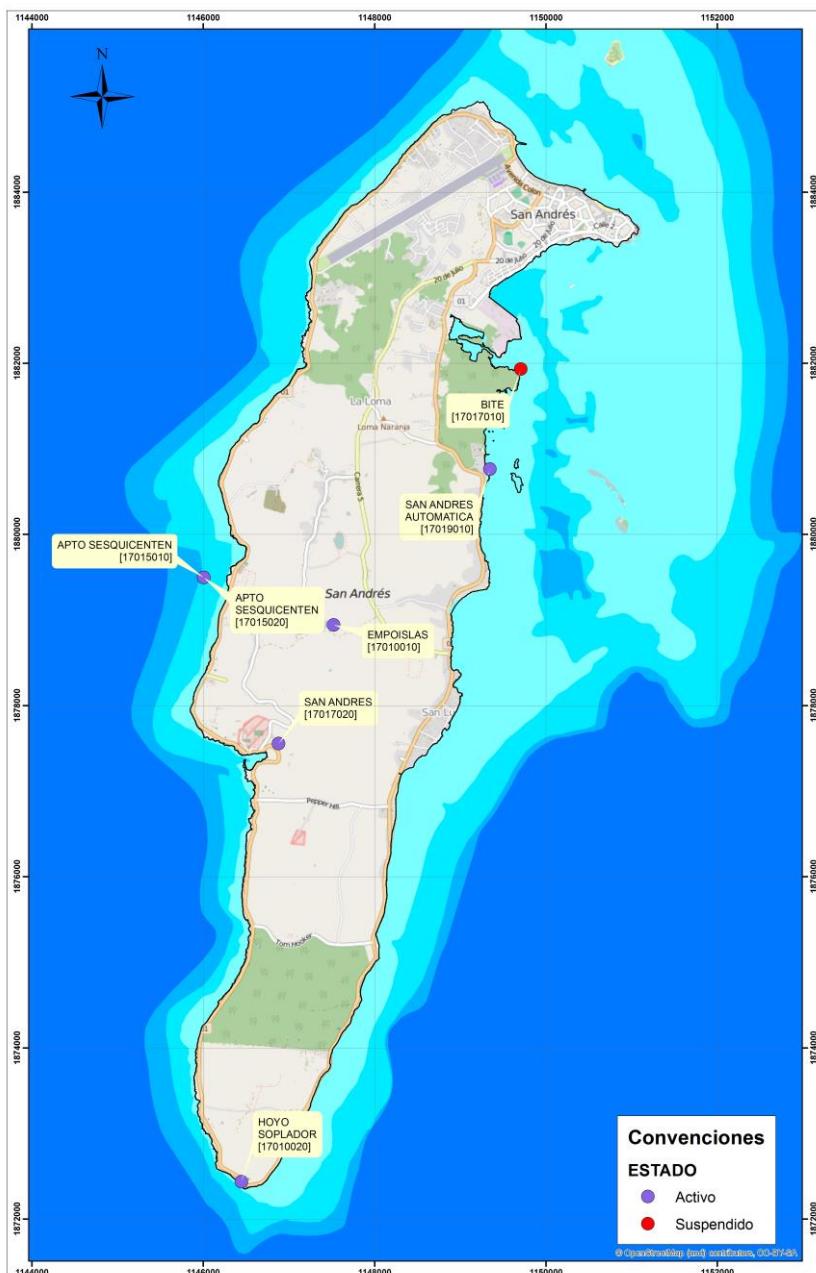
Estación	Tipo De Datos	Periodo
17010010 Empoislas	Valores Medios Mensuales De Nubosidad (Octas)	1980-1984,1996
	Valores Totales Mensuales De Precipitación (Mms)	1974-2013
	Valores No Días Mensuales De Precipitación	1974-2013
	Valores Máximos Mensuales De Precipitación (Mms)	1974-2013
17010020 Hoyo Soplador	Valores Medios Mensuales De Nubosidad (Octas)	1996
	Valores Totales Mensuales De Precipitación (Mms)	1986-2014
	Valores No Días Mensuales De Precipitación	1986-2014
	Valores Máximos Mensuales De Precipitación (Mms)	1986-2014
17015010 Apto Sesquicentena	Valores Totales Mensuales De Brillo Solar (Horas)	1973-2015
	Valores Totales Mensuales De Evaporación (Mms)	
	Valores Medios Mensuales De Humedad Relativa (%)	1958-2015
	Valores Medios Mensuales De Nubosidad (Octas)	1958-2015
	Valores Medios Mensuales De Punto De Rocío (Oc)	1958-2015
	Valores Totales Mensuales De Precipitación (Mms)	1959-2015
	Valores No Días Mensuales De Precipitación	1959-2015
	Valores Máximos Mensuales De Precipitación (Mms)	1959-2015
	Valores Medios Mensuales De Temperatura (Oc)	1958-2015
	Valores Máximos Mensuales De Temperatura (Oc)	1958-2015
	Valores Mínimos Mensuales De Temperatura (Oc)	1958-2015
	Alores Medios Mensuales De Tensión De Vapor (Mb)	1958-2015
17017010 Bite	Alores Medios Mensuales De Velocidad Del Viento (M/S)	1965-2012
	Valores Medios Mensuales De Sedimentos (Kg/M3)	1987
17017020 San Andrés	Alores Totales Mensuales De Transporte (Kton/Día)	1987
	Valores Medios Mensuales De Niveles (Cms)	1992-2013
	Valores Máximos Mensuales De Niveles (Cms)	1992-2013

Estación	Tipo De Datos	Periodo
	Valores Mínimos Mensuales De Niveles (Cms)	1992-2013
	Valores Medios Mensuales De Sedimentos (Kg/M3)	1987
	Valores Totales Mensuales De Transporte (Kton/Día)	1987

Fuente: IDEAM 2015.

En la siguiente figura se muestra la ubicación de las estaciones anteriormente mencionadas, indicando cuales se encuentran activas y cuales suspendidas.

Figura 6-3 Ubicación estaciones meteorológicas IDEAM en San Andrés.

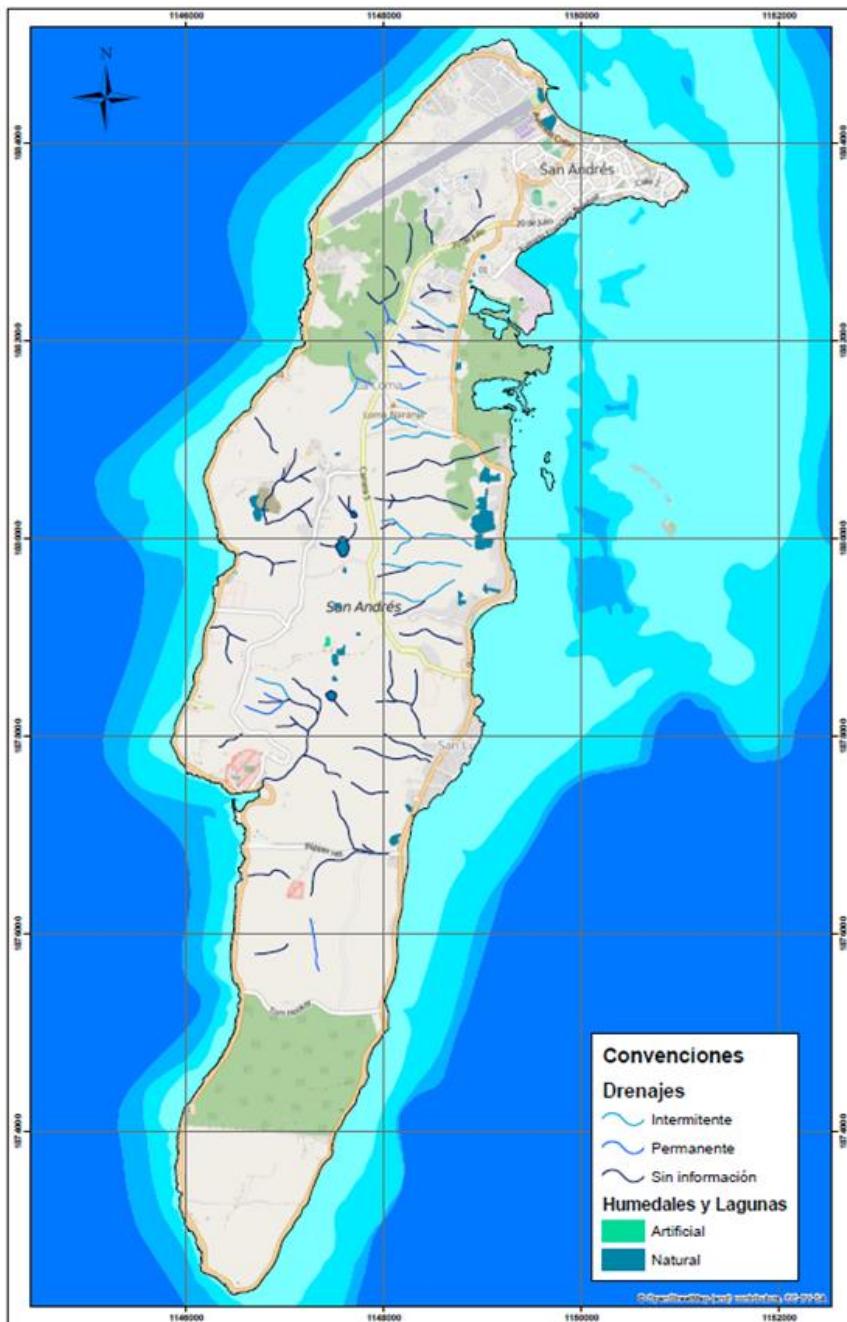


Fuente: IDEAM/Consultor

6.2.2.2 Cuerpos de agua identificados

De acuerdo con la información contenida en la cartografía del Plan de Ordenamiento Territorial vigente en San Andrés (2003), se tienen los siguientes cuerpos de agua superficiales en la Isla.

Figura 6-4 Cuerpos de agua identificados en la Isla.



Fuente: POT 2003 San Andrés/Consultor.

Como se observa en la figura anterior, se identifican diferentes cuerpos de agua, permanentes o intermitentes, especialmente en el área rural o South End, de los cuales no se encontró ningún tipo

de análisis hidrológico con el cual realizar un balance del caudal que transportan y de la posibilidad del uso de este recurso.

Por lo mencionado anteriormente, esta consultoría considera pertinente realizar la actualización del análisis hidrológico de la Isla de San Andrés en donde se incluya el estudio de las cuencas del área rural, análisis de escorrentía superficial de las quebradas intermitentes o permanentes (Gully's), tanto de los pequeñas quebradas que descargan al mar, como los que descargan a los cuerpos de agua como la Laguna Big Pound, entre otras, con el objeto de realizar el balance hídrico de la isla y poder saber la cantidad de agua que se puede transportar superficialmente y cuantificar la cantidad de recurso potencialmente aprovechable para el consumo humano.

Sección 7.

DIAGNÓSTICO SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

La infraestructura existente para el abastecimiento de agua potable de la isla de San Andrés, contempla esencialmente dos plantas de tratamiento operadas bajo el esquema "Contrato de operación" a cargo de Proactiva y Aguas de San Andrés

Las zonas semiurbana del sur oriente y sur occidente de la isla (Loma, Cove y San Luis) son abastecidas por la planta de ablandamiento "Duppy Gully", La zona urbana del norte de la isla es abastecida por la planta desaladora "Lox Bight".

En esencia el contrato de operación involucra la operación de los Sistemas de Acueducto y Alcantarillado en las áreas de prestación definidas en el contrato (vía tarifa) y adicionalmente, las inversiones para optimizar la infraestructura existente y alcanzar las metas contractuales (vía recursos aportados por la Nación y el Departamento).

Dentro del alcance del presente contrato se realizó una visita en campo a ambas plantas los días 5 y 6 de noviembre a fin de diagnosticar estas facilidades en cuanto a la condición física de las estructuras y de los equipos con el fin de determinar las necesidades de su modernización, renovación, mejora o reposición. Igualmente se evaluará la posibilidad de aumento en su capacidad de producción y la disponibilidad de terreno para ensanches.

7.1 Normatividad aplicable

La normatividad aplicable para la evaluación de los sistemas de producción de agua potable del municipio de San Andrés, se enumera a continuación.

Tabla 7-1 Normatividad aplicable.

Norma	Objetivo
RAS 2000	Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. Título C, Sistemas de potabilización.
Resolución 1096 de 2000 del Ministerio de Desarrollo Económico	Mediante la cual se adoptan el reglamento técnico del sector de agua Potable y saneamiento básico-RAS en los títulos I, II, IV y V.
Decreto 1575 de 2007 del Ministerio de la Protección Social	Por el cual se establece el sistema para la protección y control de la calidad de agua para consumo humano.
Resolución 2115 de 2007 del Ministerio de la Protección Social – Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.

Norma	Objetivo
Resolución 2320 de 2009 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se modifica parcialmente la Resolución 1096 de 2000 que adopta el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.
Decreto 3930 de 2010	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la ley 9 ^a de 1979, así como el Capítulo II del Título VI – Parte III – Libro II del Decreto Ley 2811 de 974 en cuanto a usos del agua y recursos líquidos y se dictan otras disposiciones. Este Decreto deroga el Decreto 1594 de 1984; sin embargo cuenta con un periodo de 18 meses a partir del 25 de octubre de 2010, para definir los criterios de calidad para los diferentes usos del agua, según Artículo 20.

7.2 Diagnóstico sistema existente – Planta de tipo convencional Duppy Gully.

Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la ley 9^a de 1979, así como el Capítulo II del Título VI – Parte III – Libro II del Decreto Ley 2811 de 974 en cuanto a usos del agua y recursos líquidos y se dictan otras disposiciones.

Este Decreto deroga el Decreto 1594 de 1984; sin embargo cuenta con un periodo de 18 meses a partir del 25 de octubre de 2010, para definir los criterios de calidad para los diferentes usos del agua, según Artículo 20. Anexo 7-1 Criterios de evaluación Plantas de tratamiento.

7.2.1 Fuentes de abastecimiento.

La PTAP cuenta con una capacidad nominal teórica de 66 l/s, cuya fuente de suministro la constituyen 17 pozos concesionados (de los cuales solo se explotan 13). Esta planta entrega a 5 tanques de almacenamiento, con una capacidad nominal de almacenamiento total de 1917 m³.

7.2.1.1 Pozos Subterráneos.

Actualmente, la planta de tratamiento Duppy Gully se abastece de pozos profundos ubicados en la Cuenca Cove, mediante 13 pozos, que tienen las siguientes características.

Tabla 7-2 Características físicas generales de los pozos de abastecimiento de la PTAP Duppy Gully.

Código Pozo	Estado	Año construcción	Año re - acondicionamiento	Caudal (l/s)		Régimen		Profund. (m)	Diámetro impul. (Pulg)
				Verano	Invierno	Verano	Invierno		
P3	Operativo	1967	2006	2.5	2.5	24	24	40	2"
P4	Operativo	1967	2006	4.5	4.5	12	24	41.5	2"
P6	Operativo	1967	2006	1.5	2.5	12	12	55	2"
P7	Operativo	1967	2006	3	3	24	24	55.5	2"
P8	Operativo	1967	2006	2	3	24	24	51	2"

Código Pozo	Estado	Año construcción	Año re - acondicionamiento	Caudal (l/s)		Régimen		Profund. (m)	Diámetro impul. (Pulg)
				Verano	Invierno	Verano	Invierno		
P10	Operativo	1967	2006	4.5	6	24	24	43.5	2"
P13	Operativo	1983	2006	3	3	24	24	61.5	2"
P14	Operativo	1983	2006	1	1	6	6	45	2"
P15	Operativo	1994	2006	1	1	6	12	59	2"
P15A	Operativo	1994	2006	1	1	12	18	53	2"
P23	Operativo	1994	2006	1.5	1.5	12	12	61	2"
P25	Operativo	1994	2006	1	1	12	12	62	2"
P27	Operativo	1994	2006	1	1	6	12	58	2"

Fuente: PROACTIVA

Con los pozos concesionados se tiene un caudal máximo teórico en verano de 27.5 l/s y en invierno de 31 l/s. Además de los pozos mencionados en la tabla anterior, se tienen pozos 2, 11A y 22 por obstrucción y el Pozo la Granja por falta de infraestructura hidráulica y eléctrica, de estos pozos que están fuera de servicio se puede llegar a obtener en verano 8 l/s y en invierno 10 l/s, para un caudal total concesionado de 35.5 l/s en verano y 41 l/s en invierno. El agua captada de cada pozo se lleva hacia la Red Interpozos de 6" en PVC.

Un análisis de los datos suministrados por el operador muestra los volúmenes reales captados los cuales típicamente fluctúan entre 13 y 16 l/s (Tabla 7-3)

Tabla 7-3 Volumen total anual de captación por pozo desde enero del 2011 hasta octubre del 2015

No de Pozo	Volumen de captación total anual (m³)				
	2011	2012	2013	2014	2015
POZO 3	72,886	72,534	73,602	66,918	57,941
POZO 4	7,711	5,763	5,091	4,053	3,703
POZO 6	22,639	21,776	15,699	17,429	16,433
POZO 7	83,178	90,274	89,175	88,785	66,611
POZO 8	68,257	57,177	49,310	54,348	46,704
POZO 10	104,557	74,511	65,085	55,370	44,621
POZO 13	75,633	71,823	77,963	86,958	63,904
POZO 14	7,321	7,376	7,168	6,226	4,444
POZO 15	9,710	6,635	6,586	6,369	5,086
POZO 15A	15,727	11,439	12,377	11,070	10,514
POZO 23	12,224	4,183	3,404	9,644	6,676
POZO 25	14,670	13,829	11,419	11,076	9,154
POZO 27	10,532	14,215	8,246	12,920	11,190
Volumen Total Por Año	505,045	451,535	425,125	431,165	346,980
Caudal (l/s)	16.0	14.3	13.5	13.7	13.2

Fuente: Consultor/PROACTIVA

Los valores mensuales que llevan a los datos presentados en la Tabla 7-3 se presentan en el Anexo 7-2, donde se incluye la tendencia histórica de estos volúmenes.

Se observa que esta información es ligeramente diferente con los datos de producción de la PTAP presentados en las secciones 7.2.2.4 y 7.2.2.9 (suministrados también por Proactiva), se entiende que las diferencias pueden deberse a errores tales como la precisión y calibración de los medidores de los pozos, así como a la toma de datos “manual” en estos medidores sin ningún tipo de “automatismo” que haga 100% fiable esta medición.

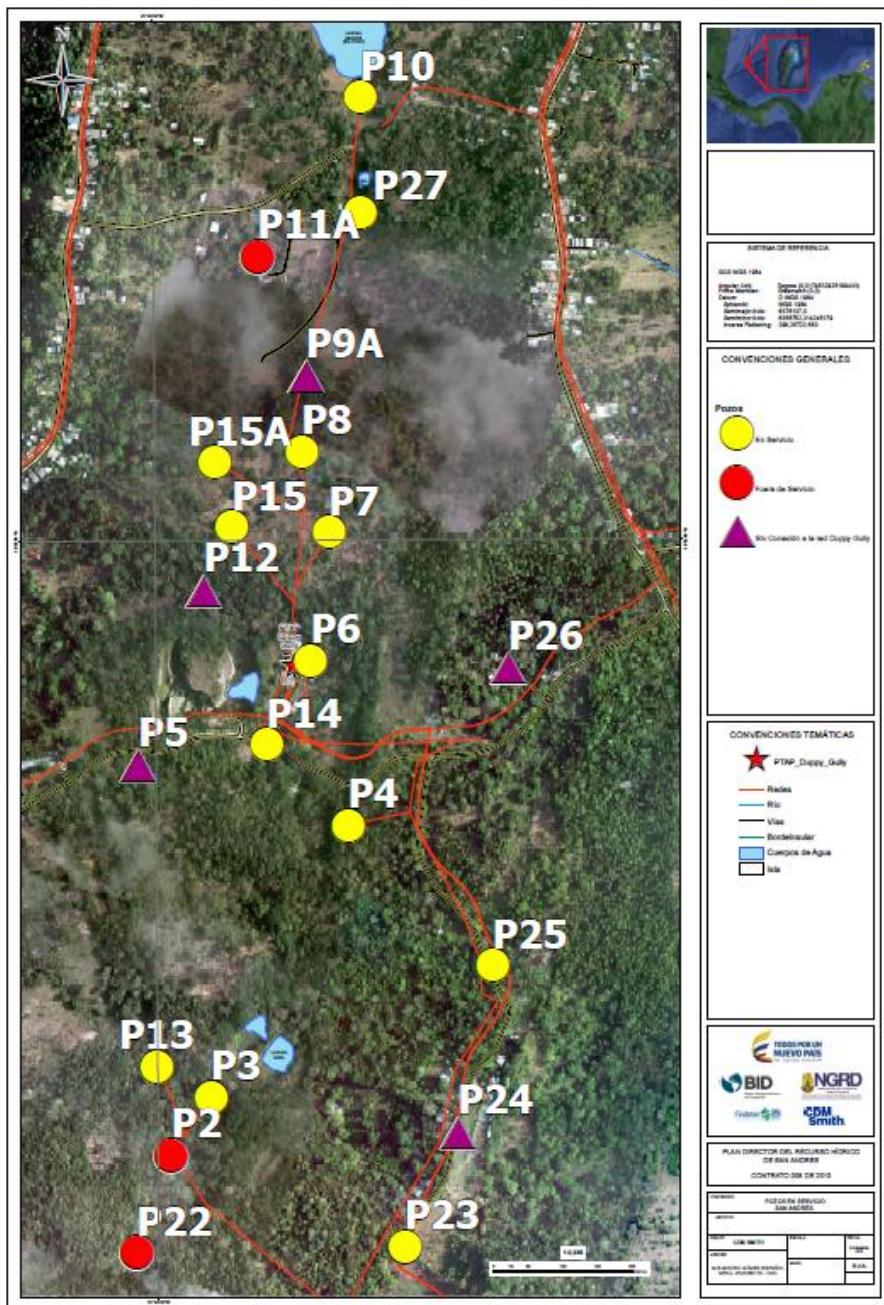
Foto 7-1 Pozo Pz6 ubicado en los precios de la planta Duppy Gully



Fuente: Consultor.

En la siguiente figura se puede observar la ubicación de los pozos que alimenta la planta Duppy Gully.

Figura 7-1 Ubicación Pozos concesionados a PROACTIVA



Fuente: Consultor.

7.2.1.1.1 Calidad de agua pozos de abastecimiento PTAP Duppy Gully.

En las siguientes tablas se muestra el comportamiento con los promedios anuales de los parámetros de pH, conductividad y cloruros medidos en el agua de los pozos desde el año 2011 al 2015. En el Anexo 7-3 y Anexo 7-4 se presentan en detalle los valores mensuales promedio y 90%ile para el periodo enero 2011 a octubre 2015.

Tabla 7-4 Calidad promedio anual agua pozos de abastecimiento 3, 4, 6, 7 y 8

Año	Pozos														
	3			4			6			7			8		
	pH	Conductividad	Cl ⁻	pH	Conductividad	Cl ⁻	pH	Conductividad	Cl ⁻	pH	Conductividad	Cl ⁻	pH	Conductividad	Cl ⁻
2011	7.29	632	32	7.24	709	52	7.27	777	59	7.27	665	38	7.26	722	49
2012	7.28	649	31	7.26	667	34	7.31	808	51	7.29	687	35	7.23	755	43
2013	7.40	640	30	7.41	779	55	7.33	803	48	7.42	690	34	7.36	755	40
2014	7.43	615	26	7.41	860	75	7.40	733	41	7.47	674	33	7.41	703	36
2015	7.27	623	26	7.30	691	40	7.25	775	44	7.38	658	31	7.21	753	41

Fuente: Consultor/PROACTIVA

Tabla 7-5 Calidad promedio anual agua pozos de abastecimiento 10, 13, 14 y 15

Año	Pozos											
	10			13			14			15		
	pH	Conductividad	Cl ⁻	pH	Conductividad	Cl ⁻	pH	Conductividad	Cl ⁻	pH	Conductividad	Cl ⁻
2011	7.43	841	68	7.38	779	58	7.20	730	51	7.24	882	73
2012	7.47	871	61	7.32	796	49	7.17	747	43	7.16	904	62
2013	7.53	848	52	7.44	790	48	7.25	715	38	7.38	881	54
2014	7.61	800	48	7.49	723	40	7.39	662	34	7.47	838	53
2015	7.38	804	48	7.34	756	43	7.28	683	37	7.31	846	53

Fuente: Consultor/PROACTIVA

Tabla 7-6 Calidad promedio anual agua pozos de abastecimiento 15A, 23, 25 y 27

Año	Pozos											
	15A			23			25			27		
	pH	Conductividad	Cl ⁻	pH	Conductividad	Cl ⁻	pH	Conductividad	Cl ⁻	pH	Conductividad	Cl ⁻
2011	7.24	912	78	7.32	870	71	7.17	1050	101	7.36	830	68
2012	7.19	935	64	7.08	943	71	7.14	1059	80	7.36	840	55
2013	7.37	912	58	7.28	865	50	7.24	1036	73	7.47	855	54
2014	7.47	887	57	7.50	814	46	7.37	982	70	7.53	787	48
2015	7.31	894	59	7.25	824	43	7.23	1009	74	7.38	818	53

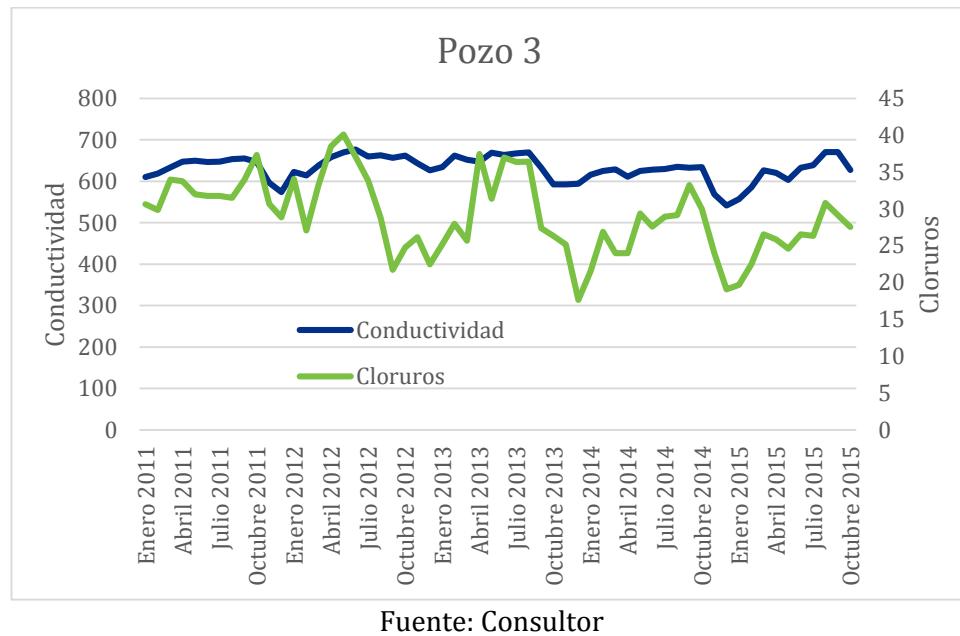
Fuente: Consultor/PROACTIVA

Como se observa en las tablas anteriores los valores de conductividad para estos oscilan entre un rango de 600 a máximo 1060, en tanto que los cloruros tienen un rango entre los 30 y 70 mg/l (Excepcionalmente 100 mg/l) y en general pH's superiores a 7,0. En la información recibida para

los pozos no se encontró registro de parámetros como hierro, sulfatos, calcio y/o magnesio, esto aplica también para la información del agua cruda (“mezcla” de todos los pozos).

La variación y tendencia mensual de la conductividad y cloruros para cada pozo de abastecimiento desde enero del 2011 hasta octubre del 2015 se ilustra en las figuras a continuación. Los valores mensuales de los parámetros representados en estas figuras se presentan en el Anexo 7-3

Figura 7-2 Variación promedio mensual de conductividad y cloruros Pozo 3



Fuente: Consultor

Figura 7-3 Variación promedio mensual de conductividad y cloruros Pozo 7



Fuente: Consultor

Figura 7-4 Variación promedio mensual de conductividad y cloruros Pozo 6

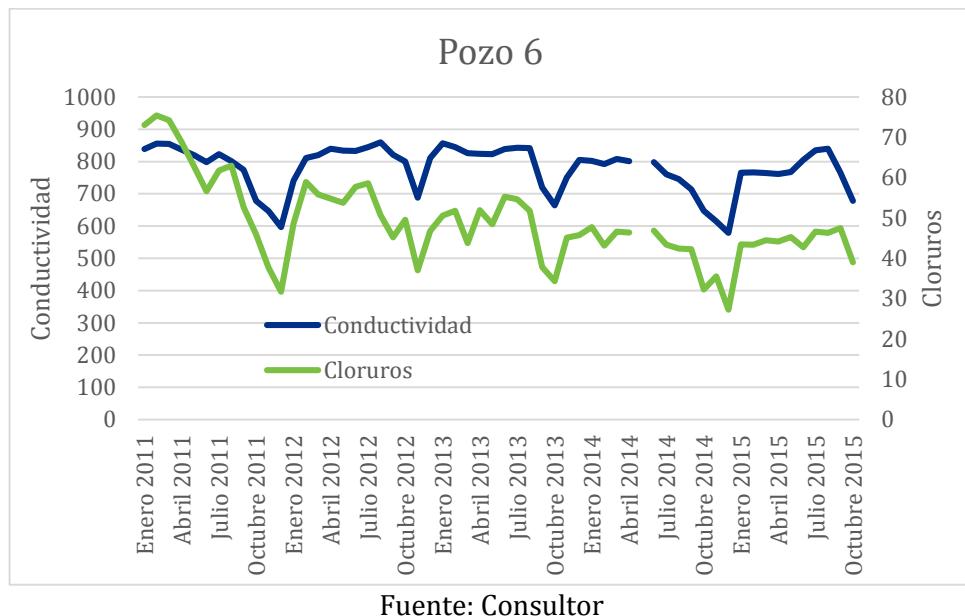


Figura 7-5 Variación promedio mensual de conductividad y cloruros Pozo 7

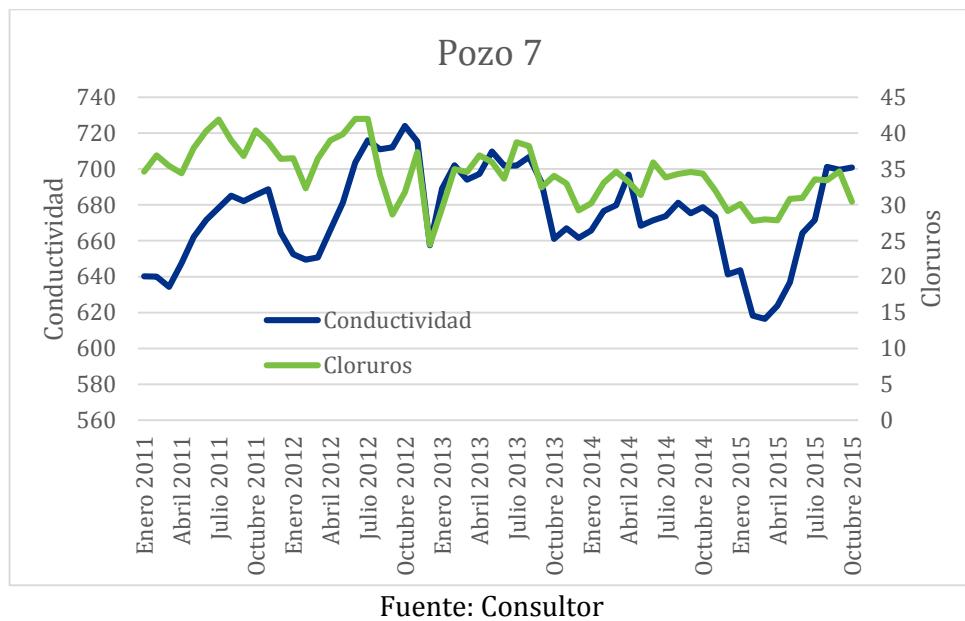
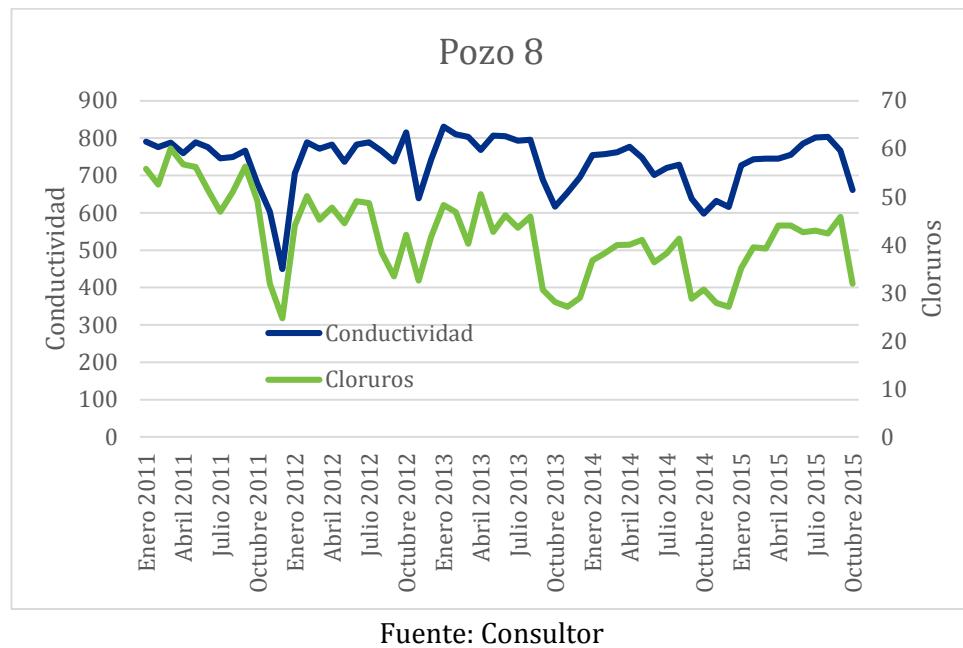
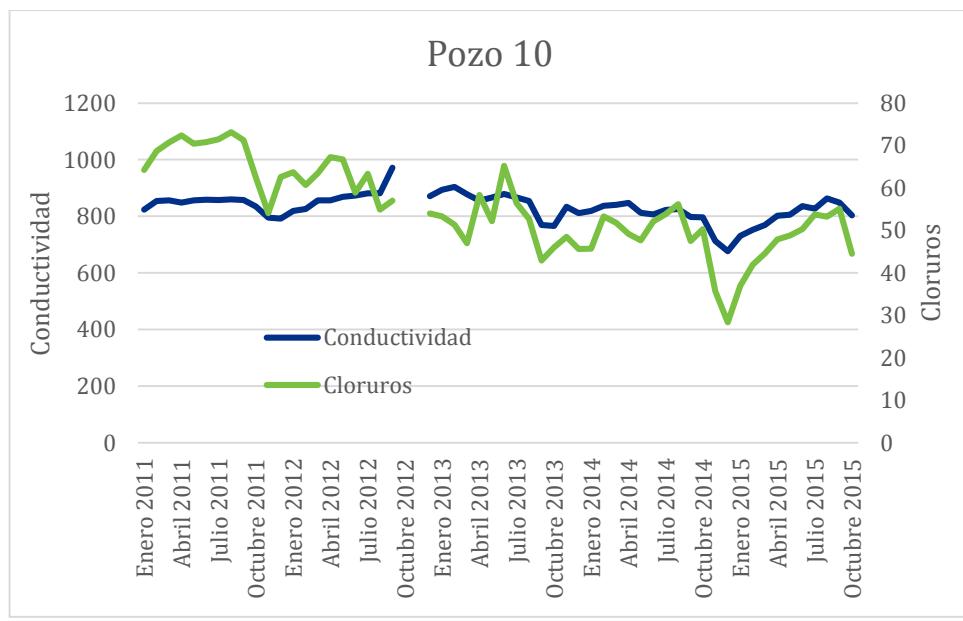


Figura 7-6 Variación promedio mensual de conductividad y cloruros Pozo 8



Fuente: Consultor

Figura 7-7 Variación promedio mensual de conductividad y cloruros Pozo 10



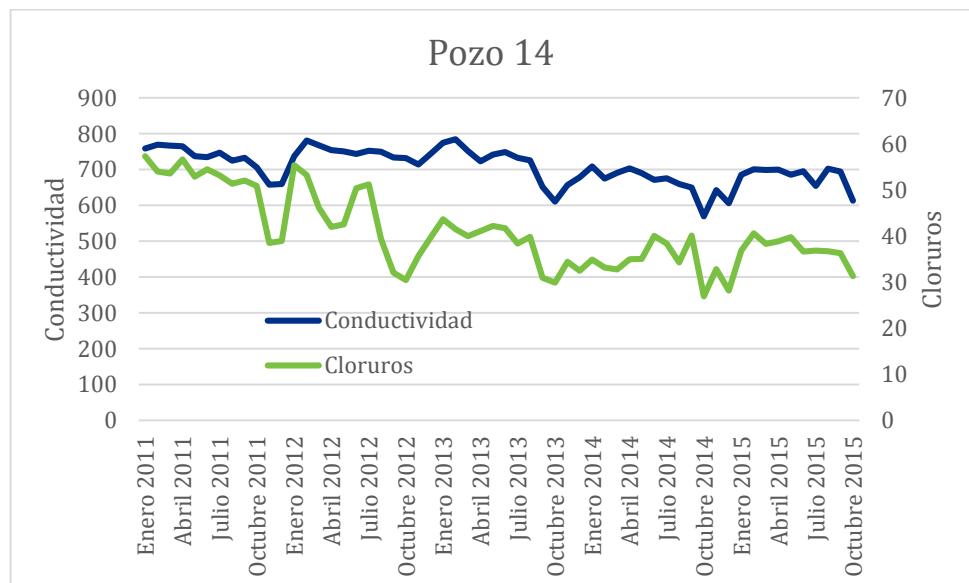
Fuente: Consultor

Figura 7-8 Variación promedio mensual de conductividad y cloruros Pozo 13



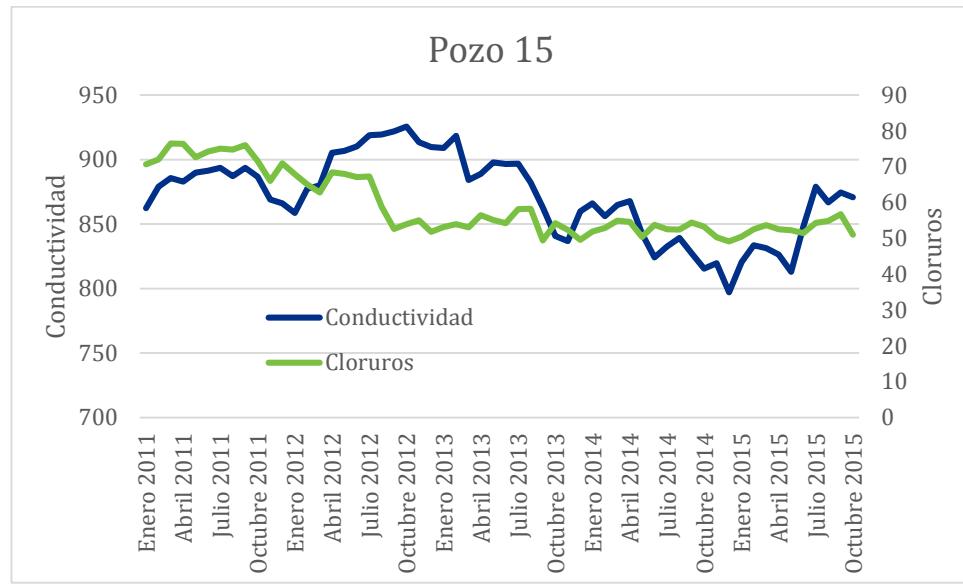
Fuente: Consultor

Figura 7-9 Variación promedio mensual de conductividad y cloruros Pozo 14



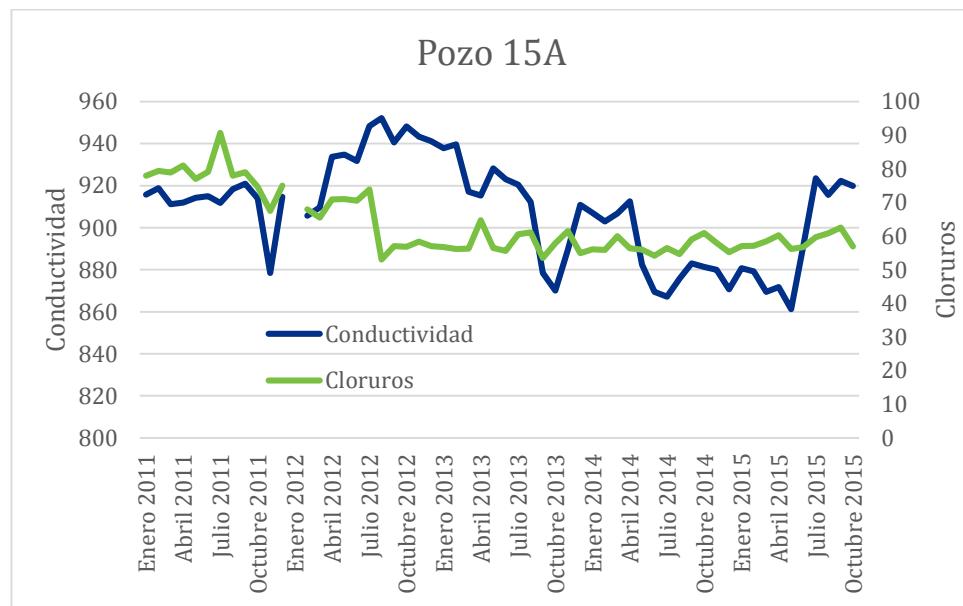
Fuente: Consultor

Figura 7-10 Variación promedio mensual de conductividad y cloruros Pozo 15

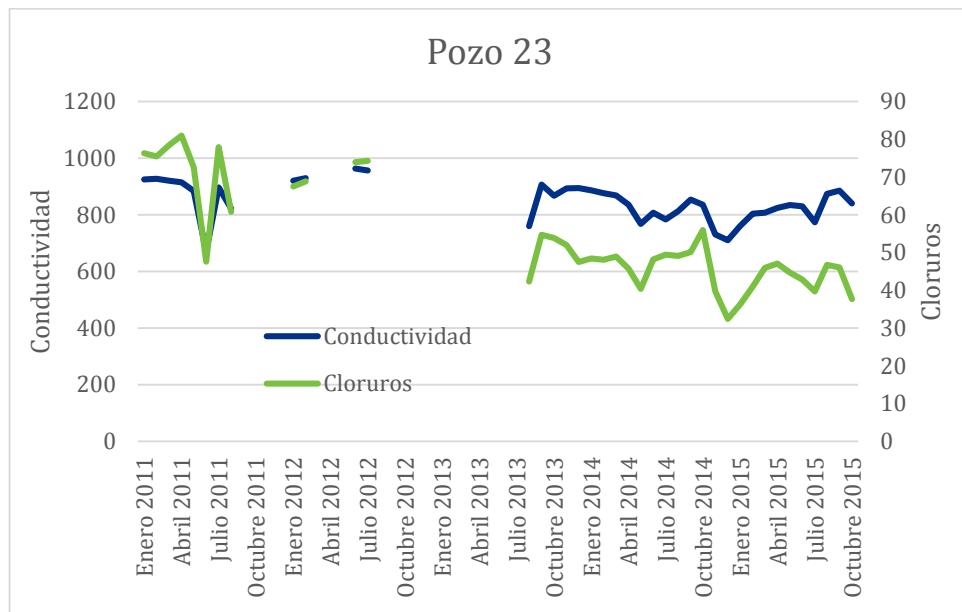


Fuente: Consultor

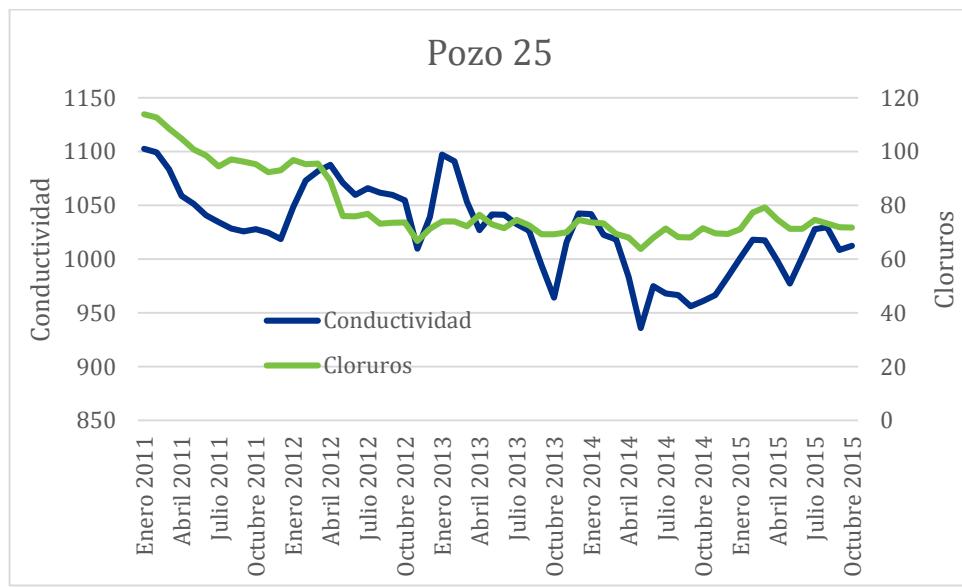
Figura 7-11 Variación promedio mensual de conductividad y cloruros Pozo 15A



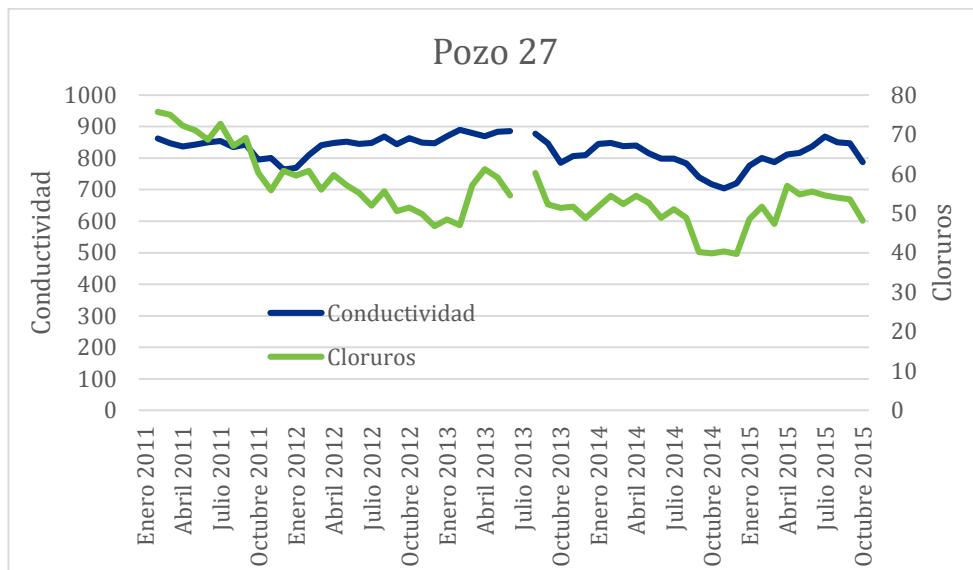
Fuente: Consultor

Figura 7-12 Variación promedio mensual de conductividad y cloruros Pozo 23


Fuente: Consultor

Figura 7-13 Variación promedio mensual de conductividad y cloruros Pozo 25


Fuente: Consultor

Figura 7-14 Variación promedio mensual de conductividad y cloruros Pozo 27


Fuente: Consultor

7.2.1.2 Calidad de agua cruda, tanque de recepción pozos

En la siguiente tabla se muestra el comportamiento con los promedios anuales de los parámetros de turbiedad, pH, alcalinidad y dureza total medidos en el agua cruda proveniente de los pozos desde el año 2011 al 2015. En el Anexo 7-5 se presentan los valores mensuales promedio para el periodo enero 2011 a octubre 2015.

Tabla 7-7 Promedio anuales parámetros fisicoquímicos agua cruda

Año	AGUA CRUDA			
	Turbiedad (NTU)	pH	Alcalinidad Total (mg/lCaCO ₃)	Dureza Total (mg/lCaCO ₃)
2011	4.54	7.35	268	314
2012	4.21	7.53	265	317
2013	5.16	7.60	284	316
2014	6.16	7.77	284	307
2015	6.61	7.56	283	316

Fuente: Consultor/PROACTIVA

En la siguiente tabla se muestra la variación del 90%ile mensual agua cruda PTAP Duppy Gully con respecto a los parámetros fisicoquímicos que se miden del agua cruda. El Anexo 7-6 presenta los valores 90 %ile mensuales desde 2011 a octubre 2015.

Tabla 7-8 Variación del 90%ile mensual agua cruda PTAP Duppy Gully

Año	Dato	Turbiedad (NTU)	pH	Alcalinidad Total (mg/lCaCO ₃)	Dureza Total (mg/lCaCO ₃)
2011	Promedio	10.71	7.42	276	320
	Mínimo	1.18	7.25	240	310
	Máximo	40.72	7.51	296	326
2012	Promedio	10.52	7.65	274	326
	Mínimo	0.97	7.54	246	321
	Máximo	27.43	7.88	290	330
2013	Promedio	10.96	7.80	296	333
	Mínimo	2.41	7.60	278	318
	Máximo	26.50	8.02	321	362
2014	Promedio	10.78	7.93	292	320
	Mínimo	3.28	7.69	289	310
	Máximo	51.32	8.22	296	330
2015	Promedio	14.02	7.66	288	326
	Mínimo	2.53	7.52	286	312
	Máximo	32.60	8.01	290	332

Fuente: Consultor/PROACTIVA

Teniendo en cuenta que la información de parámetros fisicoquímicos del agua cruda en el tanque de recepción (Tabla 7-7) no incluye valores de conductividad ni cloruros, es necesario utilizar los valores registrados en los pozos de abastecimiento mostrados en la Tabla 7-4, la Tabla 7-5 y la Tabla 7-6 para tener así información más completa que permita clasificar la calidad de la fuente de y determinar el tratamiento necesario de acuerdo a la normatividad establecida en el RAS numeral C.2.3

En la Tabla 7-9 se presentan las cagas de cloruros por pozo las cuales fueron calculadas multiplicando la concentración de cloruros en cada pozo (Tabla 7-4, Tabla 7-5 y Tabla 7-6) por el volumen total captado en cada pozo (Tabla 7-3). Teniendo esta información se calcula la carga total de cloruros en el agua cruda por año, a partir de este valor de carga anual y el volumen de captación anual (Tabla 7-3) se determina un valor promedio de concentración anual de cloruros en la fuente de abastecimiento para potabilización.

Tabla 7-9 Carga de cloruros por pozo, totales anuales y concentración de cloruros promedio anual

Pozo #	Carga de cloruros (gr)				
	2011	2012	2013	2014	2015
POZO 3	2.345,165	2.223,608	2.172,079	1.772,311	1.504,399
POZO 4	402.361	194.743	279.192	304.331	148.723
POZO 6	1.327,550	1.120,455	747.190	719.115	727.803

Pozo #	Carga de cloruros (gr)				
	2011	2012	2013	2014	2015
POZO 7	3.140,288	3.194,119	3.058,075	2.935,776	2.049,741
POZO 8	3.372,182	2.466,158	1.968,495	1.930,627	1.903,308
POZO 10	7.078,997	4.545,929	3.360,570	2.638,053	2.129,654
POZO 13	4.371,600	3.509,047	3.775,631	3.448,273	2.746,283
POZO 14	374.540	318.638	272.536	213.583	165.400
POZO 15	709.456	408.475	355.713	334.688	269.545
POZO 15A	1.229,517	730.155	717.065	629.721	615.827
POZO 23	871.630	297.748	170.453	447.399	285.834
POZO 25	1.476,737	1.111,119	829.258	769.945	674.243
POZO 27	716.704	775.438	443.579	618.295	587.544
Total cloruros por año	27.416,726	20.895,630	18.149,836	16.762,117	13.808,303
Cloruros promedio por año (gr/m³)	54	46	43	39	40

Fuente: Consultor/PROACTIVA

Partiendo de los valores promedio anuales de pH, cloruros y turbiedad para el agua cruda, es posible evaluar la calidad de la fuente de abastecimiento de la PTAP Duppy Gully siguiendo los criterios especificados en el capítulo XIII de la resolución 1096 de 2000 donde se clasifica la calidad de la fuente entre (aceptable, regular, deficiente o muy deficiente). Al comparar la normatividad con los parámetros del agua cruda, ésta quedaría clasificada como fuente de calidad regular, clasificación para la cual el Artículo 105 de la resolución 1096 de 2000 exige unos procesos de tratamiento mínimos que incluyan cribado con rejillas, seguido de desarenación si se justifica, filtración lenta sencilla o de múltiples etapas; o filtración rápida directa para valores de turbiedad hasta un máximo de 10 UNT; o floculación, sedimentación y filtración rápida, seguida de desinfección y ajuste de pH si se justifica.

Tabla 7-10 Resumen parámetros agua cruda para evaluación de calidad de la fuente

Parámetro	Unidades	Rango agua cruda
pH		7.35 - 7.77
Turbiedad	UNT	4.54 - 6.61
Cloruros	mg/l o g/m³	39 - 54

Fuente: Consultor/PROACTIVA

De acuerdo a los lineamientos del título C del RAS y la resolución 1096 de 2000, el grado de tratamiento actual en la Planta Duppy Gully pude ser valorado como adecuado para el tipo de fuente de captación.

7.2.2 Descripción y evaluación planta Duppy Gully.

La planta de tratamiento Duppy Gully es una planta de tipo convencional, que se encuentra ubicada en la cuenca del Valle Cove, los procesos unitarios y su evaluación se presentan a continuación.

Foto 7-2 Panorámica planta de tratamiento Duppy Gully



Fuente: Consultor

7.2.2.1 Caudales de evaluación.

Para realizar el análisis hidráulico de la planta, se tomaran cuatro escenarios, el primer escenario es evaluar la planta con el caudal nominal de diseño, es decir 66 l/s. Un segundo escenario es evaluar con el caudal promedio que actualmente llega a la planta, para esto se tomaron los datos del año 2014, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 7-11 Caudal promedio por pozo y total para el 2014.

Código Pozo	Año construcción	Año re - acondicionamiento	Caudal (l/s)		Caudal promedio 2014 (l/s)
			Verano	Invierno	
P3	1967	2006	2.5	2.5	2.49
P4	1967	2006	4.5	4.5	3.93
P6	1967	2006	1.5	2.5	1.30
P7	1967	2006	3	3	3.45
P8	1967	2006	2	3	1.67
P10	1967	2006	4.5	6	2.97
P13	1983	2006	3	3	3.78
P14	1983	2006	1	1	2.57
P15	1994	2006	1	1	1.19
P15A	1994	2006	1	1	1.53
P23	1994	2006	1.5	1.5	1.63
P25	1994	2006	1	1	1.89
P27	1994	2006	1	1	1.04
Total caudal			27.5	31	29.4

Fuente: PROACTIVA

El tercer escenario de evaluación se debe realizar para el caudal calculado para la población que actualmente existe en la parte rural de San Andrés, calculándolo con las dotaciones pertinentes. Este caudal es 84.98 l/s solo consumo de residentes, según el análisis de caudales realizado en la Sección 8, tabla 8-15. Como cuarto escenario se plantea la evaluación de las estructuras con el caudal histórico que puede llegar a producir la cuenca Cove, es decir, 45 l/s

7.2.2.2 Tanque de recepción de agua cruda

Debido a que la planta se abastece de diferentes pozos profundos, la planta cuenta con un tanque de recepción de los bombeos de cada pozo, en este tanque se genera la mezcla del agua de todos los pozos, logrando homogenizar la calidad de agua que ingresa a las siguientes unidades. El ingreso de agua cruda se realiza mediante 2 tuberías, por el costado norte ingresa una tubería con el agua proveniente de los pozos 7, 8, 10, 15, 15A y 27, por el costado sur ingresan las otras tres tuberías, una con el agua proveniente de los pozos 3, 4, 6, 23, 25, 13 y 13. El tanque tiene un largo de 13.2m, un ancho de 10.4m y una profundidad de 3m, para un volumen total de 410m³. Los niveles del tanque se miden mediante una regleta instalada en una de las tapas de acceso al tanque.

Foto 7-3 Panorámica tanque de recepción agua, regleta para medición de nivel



Fuente: Consultor

Según lo observado en campo la medición de niveles en este tanque se realiza de manera manual, y la regleta se encuentra sostenida por un alambre amarrado en un borde de la tapa de ingreso al tanque. Es recomendable que este tipo de estructuras tengan elementos de medición automatizados para evitar errores en la toma de datos, pues dicha regleta aparentemente no se encuentra nivelada con el fondo del tanque.

De este tanque el agua es bombeada hacia el siguiente proceso, mediante la subestación de bombeo ubicada al lado del tanque de agua cruda, en donde se tiene 3 bombas marca SIHI HALBERG de tipo Monoblock (1800 rpm) y caudal aproximado de 45 litros por segundo, con sus respectivos motores marca SIEMENS de 9HP (1740 rpm). En este proceso se cuenta con un variador de frecuencia para regular y controlar el caudal y que se obtenga un máximo de 30 l/s

Foto 7-4 Casetas de Bombeo agua cruda, estación de bombeo

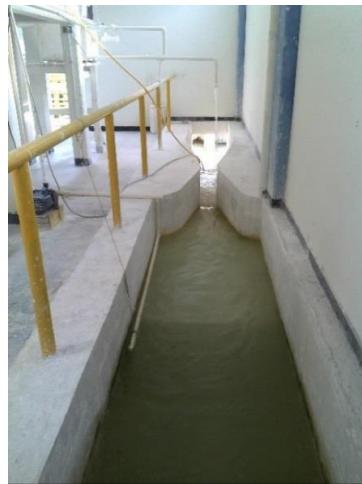


Fuente: Consultor

7.2.2.3 Aplicación de químicos y mezcla rápida.

Para realizar la aplicación de los químicos necesarios para el proceso de potabilización de la planta Duppy Gully, se tiene en el canal de ingreso una canaleta Parshall, con un ancho de garganta de 9". La longitud total del canal, incluyendo la canaleta es de 9.5 m. en este punto actualmente solo se está aplicando CAL para realizar ablandamiento del agua.

Foto 7-5 Canal de Ingreso y canaleta Parshall para aplicación de químicos



Fuente: Consultor

Al lado de la canaleta se encuentran los equipos para mezcla de CAL y su dosificación, que consiste en una tolva para recibir la CAL en polvo, la cual se realiza desde una plataforma con capacidad de albergar al menos 10 bultos de cal y un pequeño tanque en la parte inferior para la preparación de la lechada, a partir de este tanque se realiza la dosificación mediante una tubería que descarga la lechada directamente a la canaleta Parshall.

Foto 7-6 Tolva para preparación de CAL, punto de aplicación de CAL en la canaleta Parshall.



Fuente: Consultor

Aunque actualmente no se realiza la aplicación de coagulante, se cuenta con un tanque de 1100 litros de capacidad para la preparación y aplicación a gravedad del coagulante, en su momento, sulfato de aluminio, la dosificación se realizaba mediante un Dosificador gravimétrico modelo JT 100 A, con una capacidad de 9 a 118 Kg. /hr. Marca Jorge Triana, Voltaje 220v, Corriente AC, Potencia 0.5 HP, Velocidad de 0 a 118 rpm.

Foto 7-7 Tanque preparación sulfato de aluminio, dosificador.



Fuente: Consultor

Como se mencionó anteriormente, para el ingreso del agua cruda a la planta se tiene un canal con una longitud, desde hasta el inicio de la canaleta Parshall, de 3.65m, con un ancho de 1m y una profundidad de 1.5 m.

En el ingreso del agua a la planta se deben garantizar unas condiciones mínimas de velocidad y tiempo de retención hidráulica para, entre otros aspectos, evitar sedimentación en esta unidad y garantizar un régimen de flujo adecuado para el sistema de mezcla rápida. En este canal, se debe garantizar que la velocidad se encuentre entre 0.04 y 0.10 m/s y el tiempo de permanencia (TRH) del agua en esta estructura debe estar entre 30 a 40 segundos (Arboleda, 2000). En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos para este canal:

Tabla 7-12 Velocidad y tiempo de permanencia agua cruda en el canal de entrada

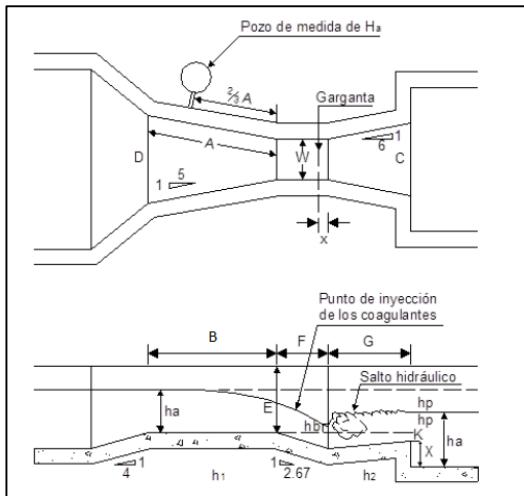
Caudal	TRH (seg)	Valoración	Velocidad (m/s)	Valoración
Caudal de diseño	44	Alto	0.02	Bajo
Caudal promedio 2014	99	Alto	0.01	Bajo
Caudal dotaciones	34	En el rango	0.02	Bajo
Caudal Histórico Cuenca Cove	65	Alto	0.01	Bajo

Fuente: Consultor

Con los caudales evaluados, se presentan tiempos de paso dentro de esta estructura superiores a los recomendados, y por ende se están presentando bajas velocidades, estos factores pueden generar sedimentación en esta zona. Con respecto al caudal calculado con las dotaciones, aunque se presenta un tiempo de detención dentro del rango, la velocidad que se presenta con este caudal es aun baja, lo que igualmente puede generar sedimentación en esta zona.

7.2.2.3.1 Canaleta Parshall

Para la adición de químicos se tiene una canaleta Parshall con una garganta de 9", esta canaleta es una continuación del canal de ingreso, construida en el mismo material (concreto). Las medidas de las canaletas son estandarizadas según el ancho de la garganta, según la siguiente figura:

Figura 7-15 Dimensiones de la canaleta Parshall.


Fuente: Teoría y práctica de la purificación del agua. (Arboleda, 2000)

En la siguiente tabla se muestran las dimensiones típicas de la canaleta para un ancho de garganta de 9" y la comparación con las medidas tomadas de los planos (en planta) de la canaleta existente en la planta Duppy Gully:

Tabla 7-13 Dimensiones típicas medidores Parshall W=9".

Garganta		Dimensiones								
W	W cm	A	B	C	D	E	F	G	K	N
9	22.9	88	86.4	38.0	57.5	61	61	45.7	7.6	22.9
9	22.9	86	35.6	78	57.5	*	30	164	*	*

*No se tiene el perfil de la canaleta, no se pudieron obtener estas dimensiones

Fuente: Teoría y práctica de la purificación del agua. (Arboleda, 2000)

Como se observa en la tabla anterior, las dimensiones de la canaleta existente difieren con respecto a las dimensiones típicas de este tipo de canaletas, por lo tanto, no podría utilizarse para medición de caudal, pues la fórmula para este tipo de aforadores se estableció con las medidas típicas, y en este caso el resultado sería inexacto. Igualmente el resalto hidráulico puede variar, por no cumplirse las condiciones físicas de la canaleta para este ancho de garganta.

Con las dimensiones dadas, se procedió a realizar el cálculo del número de Froude, el cual debe encontrar entre estos dos rangos: de 1.7 a 2.5 y de 4.5 a 9.0, evitando el rango entre 2.5 a 4.5 en donde se genera un resalto inestable el cual no permanece en su posición, sino que siempre está cambiando de sitio, lo que dificultaría la aplicación de químicos. Así mismo, es necesario comprobar que la relación H_a/W se encuentre en el rango 0.4 a 0.8, esto se debe a que la turbulencia del resalto no penetra en profundidad dentro de la masa de agua, dejando una capa, bajo el resalto, en que el flujo transporta con un mínimo de agitación y la cual no entraría en contacto suficiente con los químicos aplicados para el tratamiento (Arboleda, 2000). En la siguiente tabla se pueden observar los resultados obtenidos.

Tabla 7-14 Número de Froude para diferentes Q y relación Ha/W para las dimensiones dadas.

Caudal	Nº Froude	Valoración	Relación Ha/W	Valoración
Caudal de diseño	2.75	Resalto estable	1.09	Fuera del rango
Caudal promedio 2014	4.47	Resalto estable		
Caudal dotaciones	2.31	Resalto inestable		
Caudal Histórico Cuenca Cove	3.49	Resalto estable		

Fuente: Consultor.

Como se observa en la tabla anterior, el número de Froude para el caudal de las dotaciones, genera un resalto inestable por lo tanto sería necesario realizar ajustes en la canaleta Parshall si se llegase a tratar este caudal. Para el resto de caudales se presenta un resalto estable, pero para el caudal promedio del año 2014, este valor se encuentra muy cerca del rango en donde se presenta variación de la posición del resalto, y teniendo en cuenta que este es un valor promedio, es probable que para determinados caudales, el resalto que se genere sea inestable. Por otro lado, con respecto a la relación Ha/W se tiene que está por encima de 0.8, por lo tanto existe una capa de agua en la cual la turbulencia del resalto no penetra y por lo tanto no entra en suficiente contacto con los químicos aplicados

Adicional a lo anteriormente mencionado, se recomienda que la adición de los químicos se realice antes de que se produzca el resalto hidráulico, para lograr de esta manera que toda la masa de agua tenga contacto con el químico, es decir, en el punto donde se genera el resalto hidráulico (RAS TÍTULO C.4.5.2.1). En este caso, la aplicación de la cal se realiza después de dicho punto por medio de un goteo puntual. Para este tipo de aplicaciones también se recomienda que se realice mediante una tubería perforada para que el químico se distribuya en toda la longitud del ancho de la estructura. En el Anexo 7-7 se incluye la hoja de cálculo en donde se realizó la evaluación.

Foto 7-8 Punto aplicación de químicos, planta Duppy Gully



Fuente: Consultor

7.2.2.4 Consumo de productos químicos.

Para la operación de la PTAP Duppy Gully se aplican esencialmente 2 productos químicos: Cal hidratada en la fase de suavización (precipitación de la dureza del agua cruda), e hipoclorito de calcio para la desinfección del agua tratada.

Como se mencionó en la descripción de la planta se dispone también de Sulfato de Aluminio tipo B, cuyo consumo se observa, ha venido disminuyendo de manera gradual como parte de la optimización operacional y reducción de costos operativos.

Hoy día, el Sulfato de Aluminio tipo B no se aplica con regularidad si no únicamente en ocasiones donde se requiere para propiciar la coagulación y facilitar el tratamiento del agua. Típicamente, este producto se dosifica cuando la calidad de dos pozos específicos (Pz 6 y Pz 10) varía en cuanto a turbiedad, dado que estos se encuentran en un punto bajo, cuando llueve se genera acumulación de agua encima del pozo lo que genera arrastre de sedimentos y por lo tanto la turbiedad aumenta (se intuye que el color también). Bajo estas circunstancias, el proceso de precipitación de la dureza

solamente con la aplicación de cal se dificulta. Los consumos anuales de estos productos químicos se presentan en la tabla a continuación

Tabla 7-15 Consumo anual de productos químicos PTAP Duppy Gully

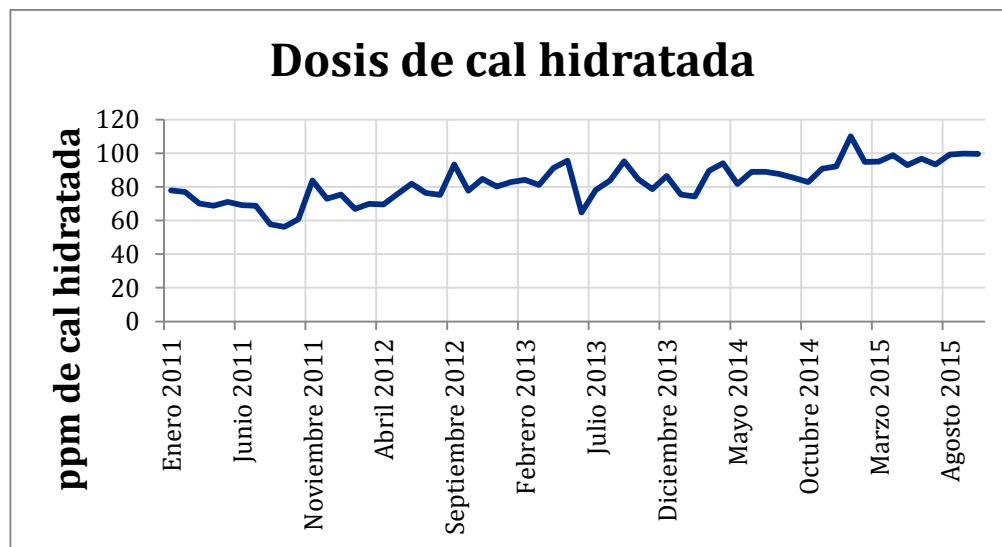
Año	Cal hidratada			Sulfato de aluminio Tipo B			Hipoclorito de calcio		
	Volumen agua producida {m ³ }	Cantidad de cal {kg}	Dosis media anual {g/m ³ }	Volumen agua producida {m ³ }	Cantidad de sulfato {kg}	Dosis media anual {g/m ³ }	Volumen agua producida {m ³ }	Cantidad de hipoclorito {kg}	Dosis media anual {g/m ³ }
2011	672,153	41,290	61.4	672,153	418	0.62	672,153	1,453	2.2
2012	526,634	39,677	75.3	526,634	112	0.21	526,634	1,290	2.4
2013	461,400	40,382	87.5	461,400	23	0.05	461,400	950	2.1
2014	451,876	41,176	91.1	451,876	37	0.08	451,876	989	2.2
2015	384,598	38,154	99.2	384,598	5	0.01	384,598	826	2.1

Fuente: PROACTIVA

Nota: es importante tener en cuenta que los volúmenes de producción presentados en esta tabla corresponden a los volúmenes de producción completos (información entregada por Proactiva). Estos datos pueden diferir con los volúmenes y promedios calculados con base en la información de volúmenes de producción registrados en los tanques Loma, San Luis y Cove (información también entregada por Proactiva), dado que esta información no dispone de los volúmenes de producción para todos los días del mes.

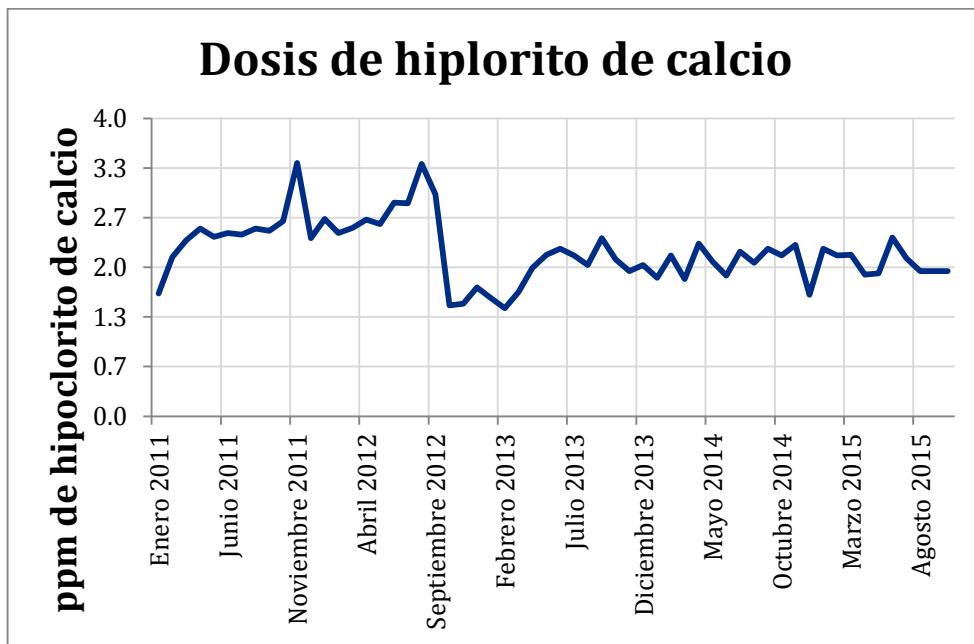
La variación y tendencia del consumo mensual de estos productos químicos se presenta en las Figura 7-16 a Figura 7-18. Los valores de consumo mensual representados en estas figuras se presentan en el Anexo 7-8

Figura 7-16 Dosis de Cal hidratada PTAP Duppy Gully



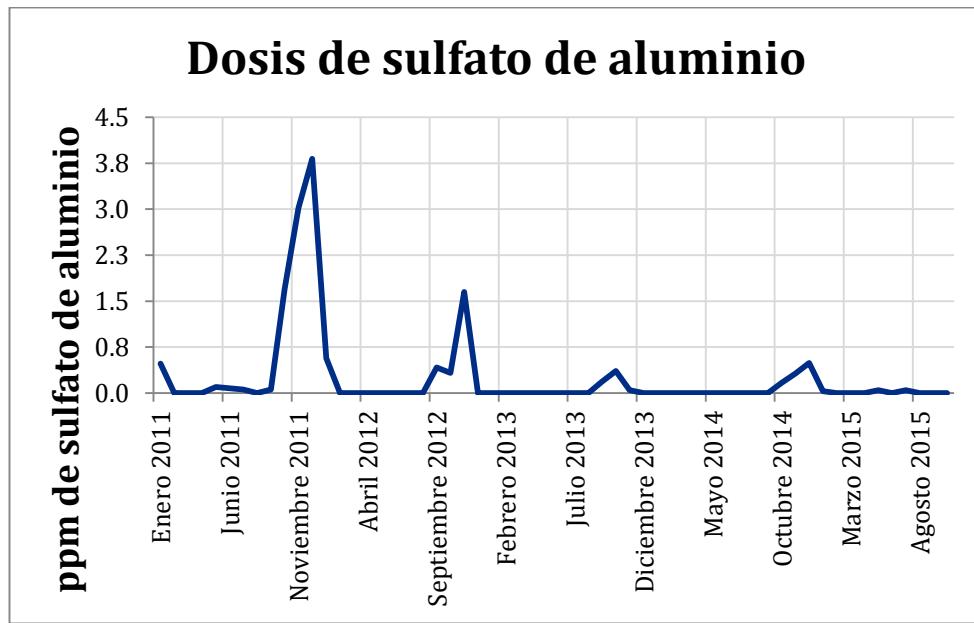
Fuente: PROACTIVA/Consultor

Figura 7-17 Dosis de Hipoclorito PTAP Duppy Gully



Fuente: PROACTIVA/Consultor

Figura 7-18 Dosis de Sulfato de Aluminio tipo B Duppy Gully



Fuente: PROACTIVA/Consultor

7.2.2.5 Floculación.

En documentos entregados a esta consultoría, se describía estos floculadores como tipo Alabama, pero según los planos y lo observado en las visitas de campo, las cámaras no cuentan con los respectivos codos en las pasos inferiores para obligar a que el flujo se conduzca hacia arriba para nuevamente salir por debajo, y por el contrario, se observó pasos intercalados arriba y abajo, comunicando las respectivas cámaras de la unidad. Esta configuración corresponde a floculadores tipo Helicoidal o Cox según los planos entregados por PROACTIVA

El proceso de floculación cuenta con dos unidades, cada una con 12 cámaras. El flujo inicia por la parte superior de la primera cámara, conectada directamente al canal de ingreso, y su salida se produce por la esquina inferior opuesta, finalmente en la cámara 12, el agua sale por la parte superior de la cámara hacia el canal de agua floculada por medio de un vertedero.

Cada unidad de floculación tiene un ancho de 6 m y un largo de 7.5m, cada cámara tiene un largo de 1.73m y un ancho de 1.50m, teniendo la primera cámara una profundidad de 2.6m y la última cámara de 2.8m en cada cámara cuenta con válvula de fondo para labores de limpieza y mantenimiento.

Foto 7-9 Ingreso a las unidades de floculación, cámara de floculadores, salida y canal agua floculada.



Fuente: Consultor

Como se mencionó anteriormente, el proceso de floculación se realiza por medio de unidades tipo de flujo helicoidal, para este caso, además de los caudales de evaluación mencionados en la 7.2.2.1, se adicionaron dos sub-escenarios más, que es la evaluación con el caudal actual y el caudal histórico promedio de la cuenca Cove en los dos casos, usando una sola línea de la floculación.

El primer chequeo se realizó con respecto al tiempo de detención hidráulico (TDH) que debe tener este tipo de floculadores, que aunque este TDH debe determinarse por medio de ensayos de jarras y calcularse con base en las perdidas de carga en cada paso, para este caso se tomó como valor de referencia los TDH establecidos para floculadores hidráulicos. En la siguiente tabla se observa los resultados obtenidos.

Tabla 7-16 tiempos de detención hidráulica en el floculador para diferentes caudales

Caudal	TDH (20-35 mins)	Valoración
Caudal de diseño	42.4	No cumple
Caudal promedio 2014	95	No cumple
Caudal dotaciones	33	Cumple
Caudal Histórico Cuenca Cove	62.2	No cumple
Sub Escenario: Solo una línea de tratamiento.		
Caudal promedio 2014	47.6	No cumple
Caudal Histórico Cuenca Cove	31.2	Cumple

Fuente: Consultor

Como se observa en la tabla anterior, para los tiempos de detención en la unidad para el caudal de diseño, el caudal promedio 2014, el caudal histórico cuenca Cove y el sub escenario del caudal promedio 2014 no cumplen con el tiempo máximo, por lo tanto se puede estar presentando sedimentación en dicha unidad. Aunque el caudal del sub escenario caudal promedio 2014 no cumple, tiene mejor tiempo de detención al que se está presentando actualmente en la planta y se encuentra más cercano al valor máximo permitido.

El segundo chequeo se realizó determinando las velocidades de paso entre las cámaras evaluando que se dichas velocidades se mantuvieran por encima de 0.1 m/s para evitar la sedimentación del floc y por debajo de 0.6 m/s, para evitar su rompimiento, igualmente se evaluó el valor de gradiente teniendo en cuenta que este debe ser mayor en la primera cámara e ir disminuyendo en las siguientes, y que se debe mantener en el rango entre 10 a 100 S⁻¹. En las siguientes tablas se muestran los resultados obtenidos para cada caudal evaluado.

Tabla 7-17 Evaluación floculador caudal de diseño

Cámara	Pasa muros cuadrado L (m)	EVALUACIÓN CAUDAL DE DISEÑO (66l/s)				
		Velocidad en paso (m/s)	Evaluación (0.1>V<0.6)	Gradiente	Evaluación (10>G<100)	Hf (cm)
1	0.2	0.41	ok	59	ok	1.3
2	0.2	0.41	ok	59	ok	1.3
3	0.2	0.41	ok	59	ok	1.3
4	0.25	0.26	ok	27	ok	0.5
5	0.25	0.26	ok	27	ok	0.5
6	0.25	0.26	ok	27	ok	0.5
7	0.3	0.18	ok	14	ok	0.2
8	0.3	0.18	ok	14	ok	0.2
9	0.3	0.18	ok	14	ok	0.2

Cámara	Pasa muros cuadrado L (m)	EVALUACIÓN CAUDAL DE DISEÑO (66l/s)				
		Velocidad en paso (m/s)	Evaluación (0.1>V<0.6)	Gradiente	Evaluación (10>G<100)	Hf (cm)
10	0.35	0.13	ok	8	no cumple	0.1
11	0.35	0.13	ok	8	no cumple	0.1
12	0.35	0.13	ok	8	no cumple	0.1
Pérdida total						5.8

Fuente: Consultor

Tabla 7-18 Evaluación floculador caudal actual

Cámara	Pasa muros cuadrado L (m)	EVALUACIÓN CAUDAL ACTUAL (29.5 l/s)				
		Velocidad en paso (m/s)	Evaluación (0.1>V<0.6)	Gradiente	Evaluación (10>G<100)	Hf (cm)
1	0.2	0.18	ok	17	ok	0.2
2	0.2	0.18	ok	17	ok	0.2
3	0.2	0.18	ok	17	ok	0.2
4	0.25	0.12	ok	9	no cumple	0.1
5	0.25	0.12	ok	9	no cumple	0.1
6	0.25	0.12	ok	9	no cumple	0.1
7	0.3	0.08	no cumple	4	no cumple	0
8	0.3	0.08	no cumple	4	no cumple	0
9	0.3	0.08	no cumple	4	no cumple	0
10	0.35	0.06	no cumple	2	no cumple	0
11	0.35	0.06	no cumple	2	no cumple	0
12	0.35	0.06	no cumple	2	no cumple	0
Pérdida total						0.9

Fuente: Consultor

Tabla 7-19 Evaluación floculador caudal dotaciones

Cámara	Pasa muros cuadrado L (m)	EVALUACIÓN CAUDAL DOTACIONES (84.98 l/s)				
		Velocidad en paso (m/s)	Evaluación (0.1>V<0.6)	Gradiente	Evaluación (10>G<100)	Hf (cm)
1	0.2	0.53	ok	87	ok	2.1

Cámara	Pasa muros cuadrado L (m)	EVALUACIÓN CAUDAL DOTACIONES (84.98 l/s)				
		Velocidad en paso (m/s)	Evaluación (0.1>V<0.6)	Gradiente	Evaluación (10>G<100)	Hf (cm)
2	0.2	0.53	ok	87	ok	2.1
3	0.2	0.53	ok	87	ok	2.1
4	0.25	0.34	ok	41	ok	0.9
5	0.25	0.34	ok	41	ok	0.9
6	0.25	0.34	ok	41	ok	0.9
7	0.3	0.24	ok	21	ok	0.4
8	0.3	0.24	ok	21	ok	0.4
9	0.3	0.24	ok	21	ok	0.4
10	0.35	0.17	ok	12	ok	0.2
11	0.35	0.17	ok	12	ok	0.2
12	0.35	0.17	ok	12	ok	0.2
Pérdida total						9.8

Fuente: Consultor

Tabla 7-20 Evaluación floculador caudal Cuenca Cove

Cámara	Pasa muros cuadrado L (m)	EVALUACIÓN CAUDAL HISTÓRICO CUENCA COVE (45 l/s)				
		Velocidad en paso (m/s)	Evaluación (0.1>V<0.6)	Gradiente	Evaluación (10>G<100)	Hf (cm)
1	0.2	0.56	ok	94	ok	2.4
2	0.2	0.56	ok	94	ok	2.4
3	0.2	0.56	ok	94	ok	2.4
4	0.25	0.36	ok	44	ok	1
5	0.25	0.36	ok	44	ok	1
6	0.25	0.36	ok	44	ok	1
7	0.3	0.25	ok	22	ok	0.5
8	0.3	0.25	ok	22	ok	0.5
9	0.3	0.25	ok	22	ok	0.5
10	0.35	0.18	ok	13	ok	0.2
11	0.35	0.18	ok	13	ok	0.2
12	0.35	0.18	ok	13	ok	0.2
Pérdida total						11.2

Fuente: Consultor

Tabla 7-21 Evaluación floculador caudal una sola línea

Cámara	Pasa muros cuadrado L (m)	EVALUACIÓN CAUDAL ACTUAL UNA SOLA LÍNEA (29.5 l/s)				
		Velocidad en paso (m/s)	Evaluación (0.1>V<0.6)	Gradiente	Evaluación (10>G<100)	Hf (cm)
1	0.2	0.74	no cumple	143	no cumple	4.2
2	0.2	0.74	no cumple	143	no cumple	4.2
3	0.2	0.74	no cumple	143	no cumple	4.2
4	0.25	0.47	ok	66	ok	1.7
5	0.25	0.47	ok	66	ok	1.7
6	0.25	0.47	ok	66	ok	1.7
7	0.3	0.33	ok	34	ok	0.8
8	0.3	0.33	ok	34	ok	0.8
9	0.3	0.33	ok	34	ok	0.8
10	0.35	0.24	ok	20	ok	0.4
11	0.35	0.24	ok	20	ok	0.4
12	0.35	0.24	ok	20	ok	0.4
Pérdida total						19.3

Fuente: Consultor

Tabla 7-22 Evaluación floculador caudal Cuenca Cove una sola línea

Cámara	Pasa muros cuadrado L (m)	EVALUACIÓN CAUDAL HISTORICO CUENCA COVE UNA SOLA LINEA (45 l/s)				
		Velocidad en paso (m/s)	Evaluación (0.1>V<0.6)	Gradiente	Evaluación (10>G<100)	Hf (cm)
1	0.2	1.13	no cumple	270	no cumple	9.8
2	0.2	1.13	no cumple	270	no cumple	9.8
3	0.2	1.13	no cumple	270	no cumple	9.8
4	0.25	0.72	no cumple	126	no cumple	4
5	0.25	0.72	no cumple	126	no cumple	4
6	0.25	0.72	no cumple	126	no cumple	4
7	0.3	0.5	ok	63	ok	1.9
8	0.3	0.5	ok	63	ok	1.9
9	0.3	0.5	ok	63	ok	1.9
10	0.35	0.37	ok	38	ok	1
11	0.35	0.37	ok	38	ok	1
12	0.35	0.37	ok	38	ok	1
Pérdida total						45.2

Fuente: Consultor

Según estos resultados, el floculador funcionaría cumpliendo con todos los parámetros con los caudales calculados por dotaciones (84.98 l/s) y con el caudal que históricamente puede llegar a producir la Cuenca Cove (45 l/s), es decir, que si a la planta Duppy Gully le pudieran llegar estos caudales, el floculador los podría asumir con su configuración actual.

Con respecto al caudal de diseño, las primeras cámaras funcionan bien, pues se encuentran dentro de los rangos de velocidad y gradientes, en las tres últimas el gradiente presenta un valor de 8 S^{-1} , pero se encuentra muy cerca del valor mínimo y al ser una estructura construida se considera aceptable, aunque este gradiente se puede aumentar variando el tamaño del paso entre estas cámaras. Igualmente sucede con el caudal actual, pero solo haciendo funcionar una sola unidad de floculación, en este caso se presentan velocidades de paso y gradientes altos en las tres primeras cámaras, esto se puede solucionar agrandando el paso entre estas, pero se considera que al ser las iniciales, estos gradientes y velocidades pueden ser aceptados, teniendo en cuenta además que este valor de caudal es un promedio y este puede aumentar o disminuir según la época del año.

En cuanto a la evaluación de los floculadores tanto con el caudal actual (funcionamiento que actualmente se está presentando) se muestran velocidades y gradientes muy bajos que favorecen la sedimentación del floc desde las primeras cámaras, por lo tanto esta estructura no está cumpliendo con su función. Igualmente sucedería con el caudal histórico de la cuenca Cove evaluado en una sola línea de floculación, en donde en las seis cámaras iniciales se presentan gradientes y velocidades muy por encima de los límites permitidos, lo cual no favorecería la formación del floc (tres primeras cámaras) y su subsiguiente rompimiento (cámaras 4 a 6). En el Anexo 7-7 se incluye la hoja de cálculo en donde se realizó la evaluación.

7.2.2.6 Sedimentación.

La sedimentación se realiza mediante dos unidades de sedimentación de alta tasa, cada unidad a su vez está dividida en otras dos sub unidades. El ingreso del agua a cada sub unidad se realiza por debajo de las placas paralelas mediante orificio sumergido con el agua proveniente del canal de agua floculada. Cada subunidad tiene 8 tuberías de 4" perforadas que descargan al canal común de cada unidad.

Cada unidad de sedimentación tiene una profundidad en la tolva de lodos de 1.55m, las placas paralelas miden 1.2m, pero con la inclinación de 60 grados, se tiene una profundidad de las placas de 1.04m, la altura entre las placas. En cada subunidad se tienen dos grupos de placas paralelas, cada grupo tiene 37 placas separadas entre sí 6 cm. El área superficial de cada subunidad es de 10.32 m^2 .

Foto 7-10 Unidad de sedimentación, canal de agua sedimentada.


Fuente: Consultor

Para la evaluación de la estructura de esta estructura se realizó el chequeo de carga de sedimentación, que para sedimentadores de alta tasa con placas cortas debe encontrarse entre 120 y 185 m³/m²/día, igualmente se verificó el número de placas según las dimensiones de cada sedimentador, el número de Reynolds para verificar el régimen del flujo y el tiempo de retención hidráulico, teniendo en cuenta los caudales de evaluación mencionados en la Sección 7.2.2.1, adicionando dos sub-escenarios más, que es la evaluación con el caudal actual usando dos unidades de sedimentación y el caudal histórico promedio de la cuenca Cove, usando tres unidades de sedimentación. En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 7-23 Resultado evaluación sedimentadores

Caudales	L/s	Tasa sedimentación (m ³ /m ² /día)	Evaluación (120>Vo<185)	N _R	Evaluación (N _R <280)	t (min)	Evaluación (10>t<15)
Caudal diseño	66	161.65	ok	267.28	ok, flujo laminar	11.58	ok
Caudal actual	29.5	72.25	no cumple	119.47	ok, flujo laminar	25.91	no cumple
Caudal dotación	84.98	208.14	no cumple	344.14	No cumple	8.99	no cumple
Caudal actual dos unidades	29.5	144.51	ok	238.93	ok, flujo laminar	12.95	ok
Caudal Cuenca Cove	45	110.22	no cumple	182.24	ok, flujo laminar	16.98	no cumple
Caudal Cuenca Cove tres unidades	45	146.95	ok	242.98	ok, flujo laminar	12.74	ok

Fuente: Consultor

En el chequeo de número de placas paralelas necesarias para las dimensiones dadas, se obtuvo como resultado que se necesitaría 107 placas por unidad, actualmente existen 73 placas por sedimentador. Con respecto a los caudales de diseño de la planta, el caudal actual funcionando solo dos unidades y el caudal de histórico de la cuenca Cove funcionando tres unidades, se cumple con las tasas de sedimentación, el número de Reynolds (flujo laminar) y tiempo de retención hidráulico, es decir que las remociones de sedimentos bajo estas condiciones se pueden dar de manera más efectiva.

Caso contrario sucede con respecto al caudal actual funcionando con todas las unidades, que aunque con estas condiciones se presenta flujo laminar ($NR < 280$), la tasa de sedimentación es muy baja y el tiempo de retención es muy alto, esto puede no representar un problema para las remociones esperadas, pero puede generar acumulación de flocs y lodo entre las placas que puede llegar a favorecer el crecimiento de algas y el indeseado arrastre de estos elementos hacia la filtración.

Con respecto al caudal de dotación, no cumple ni con la tasa de sedimentación (muy alta), el número de Reynolds, en donde no se garantiza flujo laminar lo que puede conllevar a una re suspensión de partículas, ni cumple con el tiempo de retención con lo que puede ocurrir arrastre de partículas hacia la filtración, si en algún momento se pudiera llegar a tratar este caudal en la Planta, este problema se solucionaría aumentando una unidad de sedimentación con las mismas dimensiones de las actuales, bajo estas condiciones (6 unidades de sedimentación) se cumplirían con los tres parámetros, generando una remoción efectiva de las partículas floculentas. Esto mismo sucede con el caudal de la cuenca Cove, funcionando todas las unidades, no se cumple con los parámetros mínimos, pero se podría solucionar funcionando con solo tres unidades como se mencionó anteriormente. En el Anexo 7-7 se incluye la hoja de cálculo en donde se realizó la evaluación.

7.2.2.7 Sistema de filtración y cloración.

Se cuenta en la planta con cinco baterías de filtración con dos unidades cada una. Cada unidad de filtración tiene un área de 2.30m^2 , la filtración se realiza de manera descendente. La altura desde las canaletas de recolección de agua de lavado al borde superior del filtro (incluye borde libre) es de 2.2m y la profundidad total es de 4.2m. Según información entregada por PROACTIVA, el lecho filtrante se compone por 20 cm de grava y 25 cm de arena y 20 cm de antracita, soportado en un falso fondo tipo viguetas en forma de V invertida.

El retro lavado se realiza cerrando la válvula de ingreso de agua sedimentada y se deja ingresar agua proveniente del tanque de almacenamiento, según información del operador de la planta, este lavado se realiza durante 10 minutos, procurando que el lecho no tenga una expansión superior al 30%.

Foto 7-11 Ingreso de agua a unidad de filtración, batería de filtros.

Fuente: Consultor

Foto 7-12 Izquierda: Filtro sin lavar (terminando carrera), Derecha: filtro recién lavado (iniciando carrera)

Fuente: Consultor

Una vez el agua pasa por los lechos, pasa al canal de agua filtrada, común a todas las unidades, en donde es enviada por medio de tubería de 8" al tanque de almacenamiento. Antes de salir del canal de agua filtrada, se le aplica cloro para la desinfección. La solución de cloro se prepara en un tanque ubicado en la pasarela de ingreso al canal de agua filtrada, y el cloro es dosificado mediante una bomba que se ajusta según la dosis calculada diariamente por el operador.

Foto 7-13 Casetas de cloración, detalle bomba dosificadora


Fuente: Consultor

Para la evaluación de la filtración se tomaron como factores de evaluación la tasa de filtración y la velocidad de lavado, para este caso de lavado mutuo, teniendo en cuenta que el lavado de filtros se realiza durante 10 minutos cada 24 horas en invierno y cada 36 horas en verano, para efecto del análisis se tomó el lavado diario (PROACTIVA, 2013). Además de los caudales de evaluación mencionados en la sección 7.2.2.1, se adicionan dos sub-escenarios más, que es la evaluación con el caudal actual usando solo cuatro baterías de filtración y el caudal histórico promedio de la cuenca Cove usando solo cuatro baterías de filtración. En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 7-24 Resultado de la evaluación de la filtración.

Caudales	L/s	Tasa de filtración (m ³ /m ² /día)	Evaluación (Q _f <300)	Velocidad de lavado (m/min)	Evaluación (0.6>V _f <1)
Caudal diseño	66	235.64	ok	1.64	no cumple
Caudal actual	29.5	105.32	ok	0.73	ok
Caudal dotación	84.98	303.40	no cumple	2.11	no cumple
Caudal actual 4 baterías	29.5	131.65	ok	0.91	ok
Caudal Cuenca Cove	45	160.66	ok	1.12	no cumple
Caudal Cuenca Cove 3 baterías	45	267.77	ok	1.86	no cumple

Fuente: Consultor

Como se observa en la tabla anterior, la tasa de filtración y la velocidad de lavado para el caudal actual cumple con los límites establecidos, pero si se reduce a 4 baterías de filtración, también se cumple y se puede evitar el lavado de un filtro, reduciendo el consumo de agua tratada que se usa para este fin, entregándolo a la red de distribución.

Con respecto al caudal de diseño, aunque cumple con la tasa de filtración, la velocidad de lavado está por encima del límite permitido, lo que puede generar arrastre del material filtrante por la expansión excesiva del lecho, esta misma situación ocurre con el caudal de la cuenca Cove, usando 3 baterías y el caudal de la cuenca Cove usando las baterías existentes, aunque en este último caso la velocidad de lavado está muy cerca del límite permitido por lo tanto se puede admitir o en su defecto reducir el tiempo de lavado a 9 u 8 minutos.

En cuanto al caudal de dotación, se presenta una tasa de filtración alta y unas velocidades de lavado con valor del doble de lo permitido, en caso de que la planta se tuviera que poner a trabajar con este caudal sería necesario aumentar a 8 baterías de filtración, es decir, construir 3 unidades más para poder cumplir con la tasa de filtración y tener velocidades de velocidad cercanas a las máximas permitidas. En el Anexo 7-7 se incluye la hoja de cálculo en donde se realizó la evaluación.

Para la evaluación del proceso de desinfección se analizó el tiempo de contacto de cloro que se debe tener bajo las condiciones que se presentan en la Planta Duppy Gully. Según el RAS, Titulo C, C.8.5, el dimensionamiento de los distintos componentes de la desinfección debe realizarse por el método Concentración -Tiempo. Este método parte del principio de que la concentración "C" de desinfectante aplicado, multiplicado por el tiempo "t" de detención (o contacto) con el agua es igual a una constante K, los valores de esta constante están dados en las tablas C.8.2.A, C.8.2.B y C.8.2.C para el caso de la planta Duppy Gully se toma la tabla C.8.2.B debido a que la operación de la planta permite obtener agua filtrada con valores de turbiedad entre 1 y 2 UNT.

Teniendo en cuenta los siguientes parámetros, se obtuvo el valor de K, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 7-25 Parámetros para desinfección método concentración - tiempo

Parámetro	Valor
pH promedio agua filtrada	8
Dosis promedio de Cloro (C)	2.2
Temperatura	25 °C
K (Según Tabla C.8.2.B) ²⁶	26

Fuente: Consultor/RAS 2000, Titulo C, C.8.5.1

A partir de los datos anteriores se calculó que el tiempo de contacto necesario para garantizar una desinfección efectiva del agua para el consumo humano de manera segura es de 709.09 segundos, aproximadamente 12 minutos.

Según el RAS, Titulo C, C.8.5.5, para todos los niveles de complejidad, se deben implementar tanques de contacto, en cuyo interior se instalen pantallas o bafles que permitan un flujo pistón dentro de la unidad y que garanticen el tiempo de contacto anteriormente calculado y determina

que el tanque de almacenamiento no se puede utilizar como tanque de contacto de cloro porque su nivel está variando constantemente y por lo tanto no siempre retiene el flujo durante el tiempo requerido para una desinfección efectiva.

Actualmente en la planta Duppy Gully no existe ningún tipo de unidad para el contacto de cloro. El RAS, Titulo C, C.8.5.5 menciona que en forma excepcional se puede utilizar la tubería de conducción con la condición de que esta sea expresa, es decir, sin ningún suministro, antes de que se complete el tiempo de contacto requerido. En el caso de la planta Duppy Gully, una vez al agua se le aplica el cloro, es conducida al tanque de almacenamiento por medio de una tubería de 8" y una longitud de 26 m. a partir de estos datos, y para los diferentes caudales mencionados en la Sección 5, se evaluó el tiempo de contacto de cloro en las condiciones dadas. En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 7-26 Evaluación tiempo de contacto para desinfección.

Parámetro	Caudal diseño	Caudal actual	Caudal dotación	Caudal histórico Cuenca Cove
Vel (m/s)	2.10	0.94	2.70	1.43
TRH (seg)	12.38	27.69	9.61	18.15
Evaluación (TRH>=709 seg)	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple

Fuente: Consultor

7.2.2.8 Calidad de agua tratada

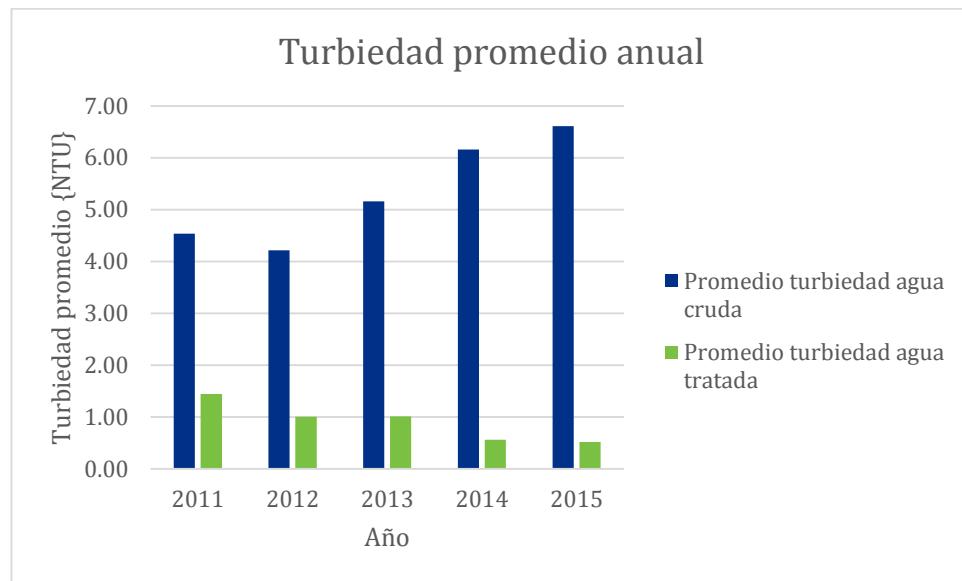
Para evaluar la calidad de agua que se trata en Duppy Gully, se tomaron los datos históricos aportados por PROACTIVA, comparando los datos con los del agua cruda. En la siguiente tabla se puede observar la calidad promedio anual del tanque de agua tratada y en las figuras siguientes se puede observar la comparación de datos de parámetros fisicoquímicos entre agua cruda y tratada. En el Anexo 7-6 se encuentran los datos representados en las gráficas Figura 7-19 a Figura 7-22.

Tabla 7-27 Calidad promedio tanque agua tratada PTAP Duppy Gully

Año	Turbiedad (NTU)	pH	Alcalinidad (mg/lCaCO ₃)	Dureza Total (mg/lCaCO ₃)	CLORO Libre (mg/l)	Bacteriológico	
						Colif. Total	Colf. Fecal
2011	1.45	7.92	191	254	0.9	0.00	0.00
2012	1.01	8.04	188	252	0.9	0.00	0.00
2013	1.01	8.04	193	250	0.9	0.00	0.00
2014	0.56	8.04	191	253	1.0	0.00	0.00
2015	0.52	7.99	192	258	1.0	0.00	0.00

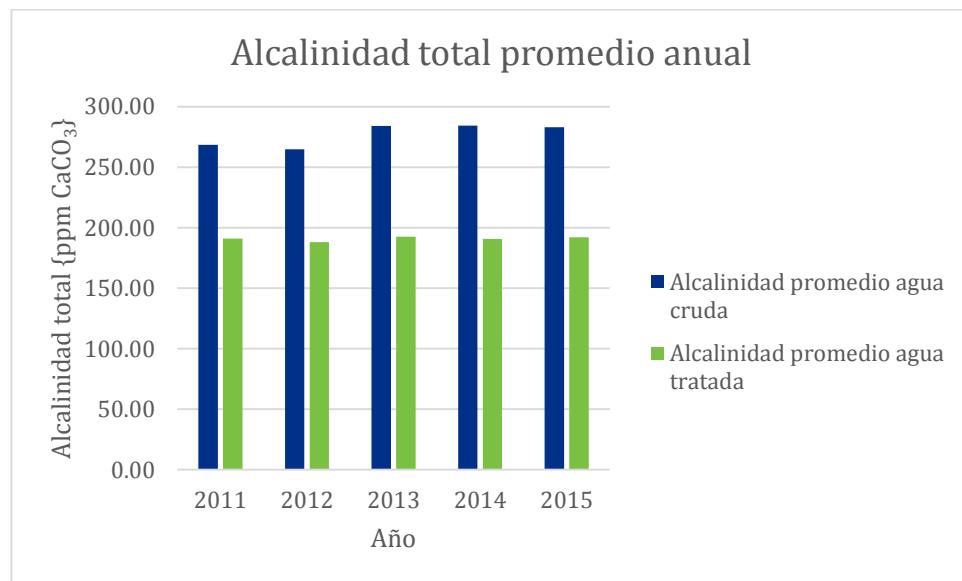
Fuente: Consultor

Figura 7-19 Variación promedio anual Turbiedad PTAP Duppy Gully

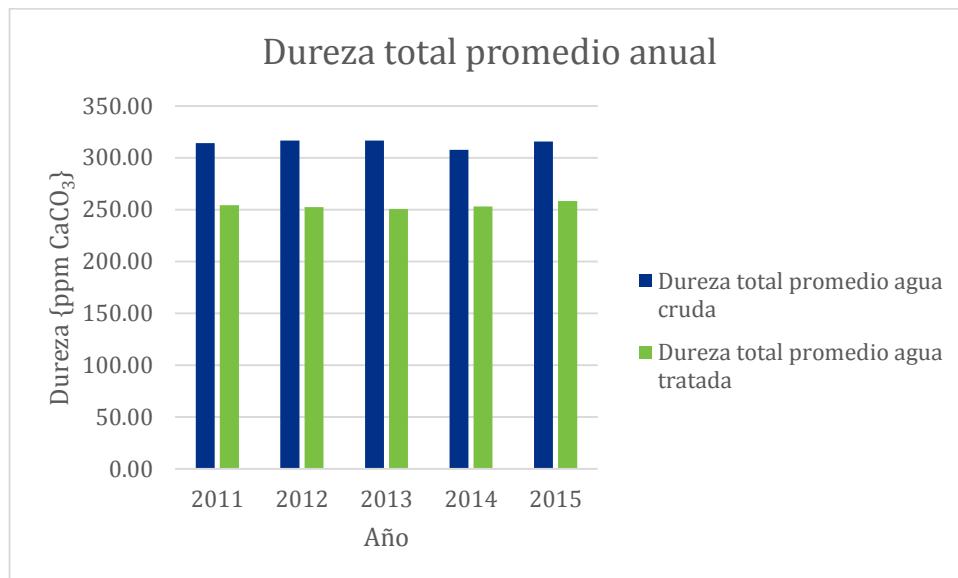


Fuente: PROACTIVA/Consultor

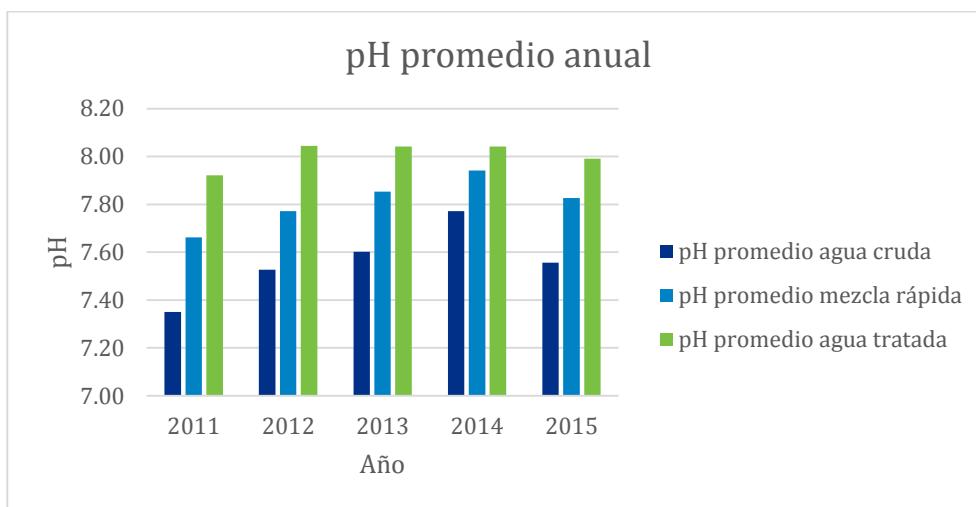
Figura 7-20 Variación promedio anual alcalinidad PTAP Duppy Gully



Fuente: PROACTIVA/Consultor

Figura 7-21 Variación promedio anual dureza PTAP Duppy Gully


Fuente: PROACTIVA/Consultor

Figura 7-22 Variación promedio anual pH PTAP Duppy Gully


Fuente: PROACTIVA/Consultor

Con estos datos se procedió a calcular los porcentajes de remoción de los parámetros medidos y así analizar la eficiencia de la planta. En la siguiente tabla se presentan los resultados.

Tabla 7-28 Porcentajes de remoción de los parámetros fisicoquímicos planta Duppy Gully.

Año	% de Remoción.			
	Turbiedad	pH	Alcalinidad	Dureza Total
2011	68.06%	-7.76%	28.73%	19.11%
2012	76.01%	-6.77%	29.06%	20.50%
2013	80.43%	-5.79%	32.04%	20.89%
2014	90.91%	-3.47%	32.75%	17.59%
2015	92.13%	-5.69%	32.16%	18.35%

Fuente: PROACTIVA/Consultor

Según los datos de la tabla anterior, las remociones de turbiedad se consideran aceptables, aunque los procesos instalados en planta pueden obtener remociones superiores (cerca del 98%). Según la OPS (De Vargas & OPS, 2004) para una desinfección eficiente, el agua filtrada debe tener menos de 1 UNT, según los datos de operación de PROACTIVA, el promedio de turbiedad del agua filtrada es ligeramente superior (1.32 UNT). Sin embargo, la turbiedad de agua tratada es conforme y cumple con el requerimiento con la resolución 2115 de 2007 en su artículo 2 (capítulo 2), la cual exige un valor de 2,0 UNT para agua potable para consumo humano.

Igualmente para mejorar el proceso de filtración el agua desde los decantadores o sedimentadores debe contener menos de 2 UNT (De Vargas & OPS, 2004), para la planta Duppy Gully los valores de turbiedad a la salida del sedimentador en promedio son de 20.8 UNT, en donde se ha presentado valores hasta de 46 UNT, por lo tanto, el proceso de filtración y desinfección puede no estar trabajando de manera eficiente.

En cuanto a la remoción de la alcalinidad y dureza total, aunque se mantienen dentro de los límites admisibles para consumo humano (Artículo 7 de la resolución 2115 de 2007), los porcentajes de remoción son bastante bajos, sin superar en ninguno de los dos casos el 40% de remoción. En el Anexo 7-5 se encuentran los datos de calidad de agua cruda y tratada para la planta Duppy Gully.

7.2.2.9 Consumo de energía PTAP Duppy Gully

Los consumos anuales de energía y los costos totales asociados a este consumo de la PTAP se presentan en la Tabla 7-29. El valor reportado de tarifa como costo medio en esta tabla corresponde al valor total de energía (en pesos) dividido por el consumo total anual. La variación mensual de la tarifa y consumos en la PTAP se ilustran en la Figura 7-23 y Figura 7-24.

En el mismo sentido, el Anexo 7-9 presenta los valores mensuales de consumo y tarifa representadas en las Figura 7-23 y Figura 7-24.

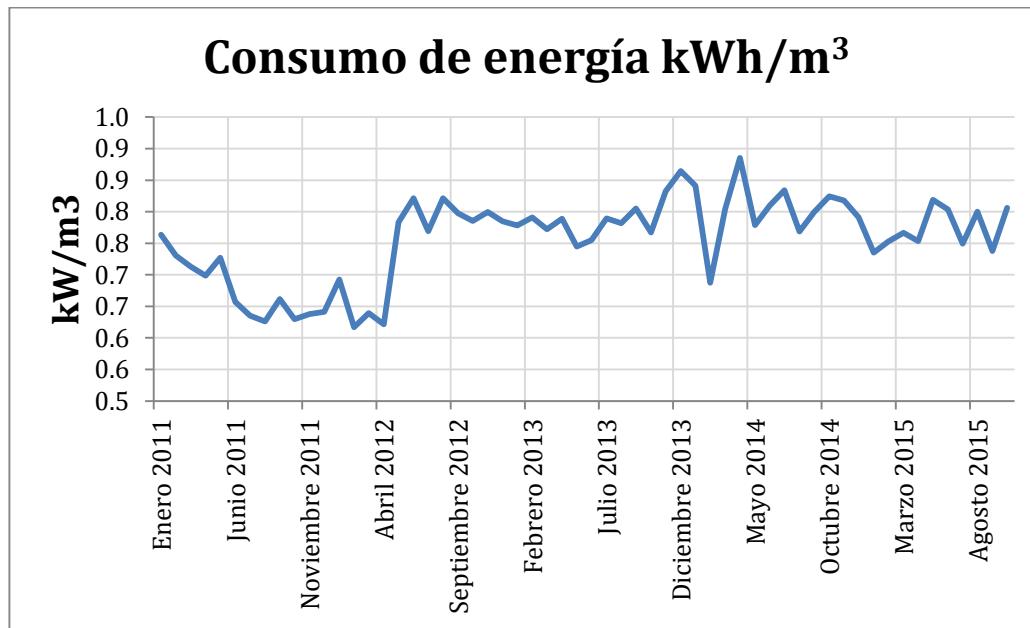
Tabla 7-29 Consumo anual de energía PTAP Duppy Gully

Año	Volumen total {m ³ }	Costo medio energía anual (\$COP/kWh)	Consumo total de energía {kWh/año}	Total Valor energía {\$COP/año}	Promedio índice kWh/m ³	Percentil 90% índice kWh/m ³
2011	672,153	334.3	453,000	151'444,891	0.68	0.73
2012	526,634	348.8	384,570	134'124,935	0.74	0.82
2013	461,400	351.2	363,623	127'708,371	0.79	0.83
2014	451,876	361.1	362,822	131'018,063	0.80	0.84
2015	384,598	381.4	297,257	113'381,661	0.77	0.81

Fuente: PROACTIVA/Consultor

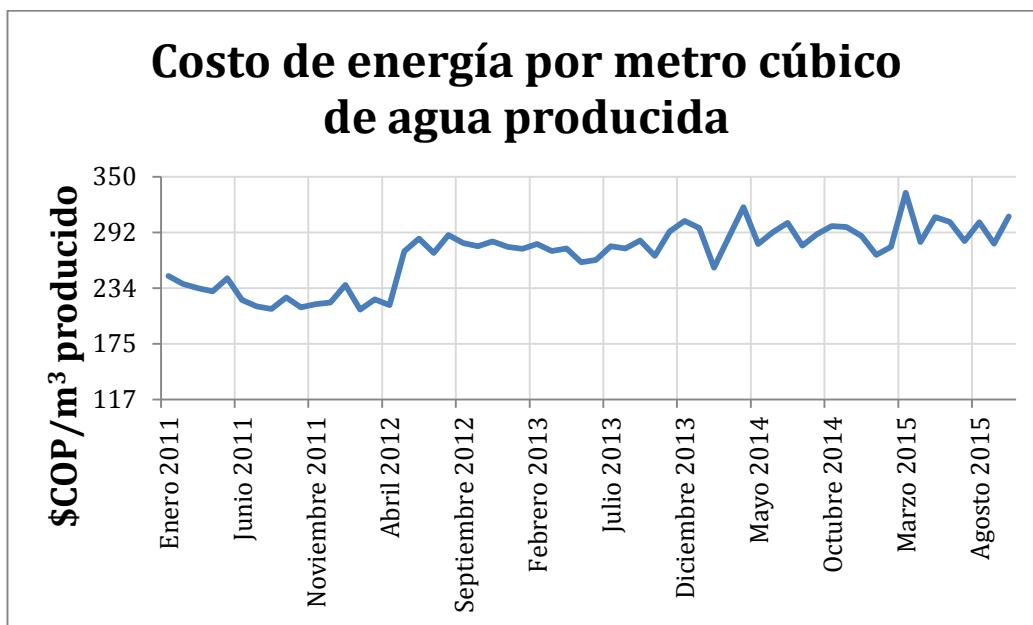
Nota: es importante tener en cuenta que los volúmenes de producción presentados en esta tabla corresponden a los volúmenes de producción completos (información entregada por Proactiva). Estos datos pueden diferir con los volúmenes y promedios calculados con base en la información de volúmenes de producción registrados en los tanques Loma, San Luis y Cove (información también entregada por Proactiva), dado que esta información no dispone de los volúmenes de producción para todos los días del mes.

Como se observa en estos resultados el consumo energético de esta PTAP oscila entre 0,7 a 0,84 kWh/m³, valor que incluye el costo de bombeo hacia los tanques distribución y sería la base contra la cual, a futuro, en etapas posteriores del proyecto se puedan valorar mejoras o alternativas de optimización o remplazo de tecnología.

Figura 7-23 Consumo mensual de energía PTAP Duppy Gully


Fuente: PROACTIVA/Consultor

Figura 7-24 Valor mensual tarifa de energía PTAp Duppy Gully



Fuente: PROACTIVA/Consultor

7.2.2.10 Eficiencia y eficacia del proceso de ablandamiento PTAP Duppy Gully.

Como se indicó en la clasificación de agua cruda a la PTAP presentada en la sección 7.2.1.2, desde el punto de vista conceptual, el tratamiento existente en la Planta Duppy Gully se considera apto para el tipo de agua cruda a potabilizar, al estar en línea con los lineamientos del RAS 2000 y la resolución 1096 de 2000. Cabe anotar sin embargo que a la luz de las tecnologías modernas (con respecto a las consideradas en la legislación colombiana) existen en teoría opciones que permitirían procesos alternos, si bien su relación beneficio costo ameritarían una revisión más detallada.

A continuación se presenta una evaluación del manejo de la cal y el proceso de ablandamiento empleado actualmente, con miras a identificar oportunidades de mejoramiento en el proceso de potabilización.

A partir de los consumos de cal presentados en la sección 7.2.2.4 y de la calidad promedio de agua cruda presentada en la sección 7.2.1.2, se genera una correlación de estos parámetros.

Tabla 7-30 Uso de la cal empleada en la PTAPP Duppy Gully (enero 2011-octubre 2015)

Año	Volumen agua producida (m ³)	Cantidad de cal (kg)	Dureza Total AGUA CRUDA (mg/lCaCO ₃)	Dureza Total AGUA TRATADA (mg/lCaCO ₃)	Dureza Total PRECIPITADA (mg/lCaCO ₃)	Carga de Dureza Total precipitada (kg)	kg dureza precipitada/kg cal aplicada
2011	672153	41290	314	254	60	40329	0.98
2012	526634	39677	317	252	65	34231	0.86
2013	461400	40382	316	250	66	30452	0.75
2014	451876	41176	307	253	54	24401	0.59
2015	384598	38154	316	258	58	22307	0.58

Fuente: PROACTIVA/Consultor

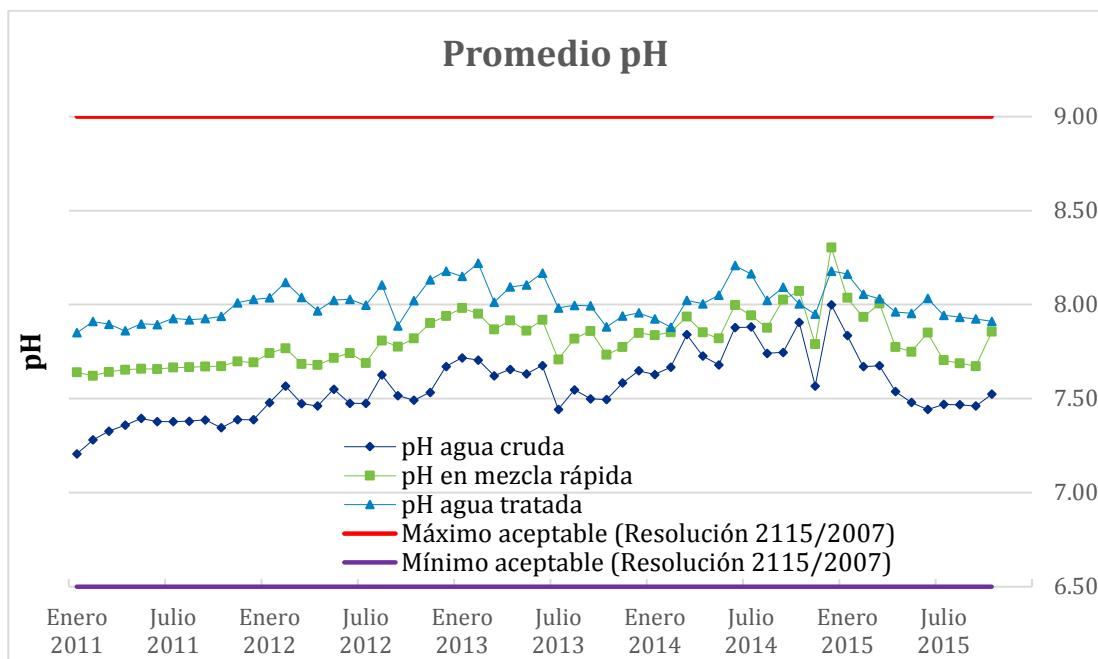
Los valores presentados indican que la dosis de Cal se ha venido incrementando paulatinamente, siendo el valor de agua tratada decreciente pero el consumo neto relativamente estable (alrededor de las 40 toneladas/año). Adicionalmente, según información de Proactiva, una fracción de “sobrenadante” alcalino de los lechos de secado de lodos se recircula a cabeza de proceso, para facilitar la precipitación de dureza.

Por otro lado la revisión de la información de calidad de agua cruda (según la conductividad de los pozos) indica también un valor estable en términos de conductividad (incluso un tenue descenso en los últimos 2 periodos anuales bajo estudio) y en general con valores inferiores a 1000 µS/cm. En el mismo sentido, los valores de concentración de cloruros calculados para el agua cruda alimentando la PTAP con base en el contenido de cloruros en los pozos (sección 7.2.1.1), muestran también un descenso leve en su concentración (con valores inferiores a 55 mg/l) alrededor de 40 mg/l en los últimos 3 años de operación.

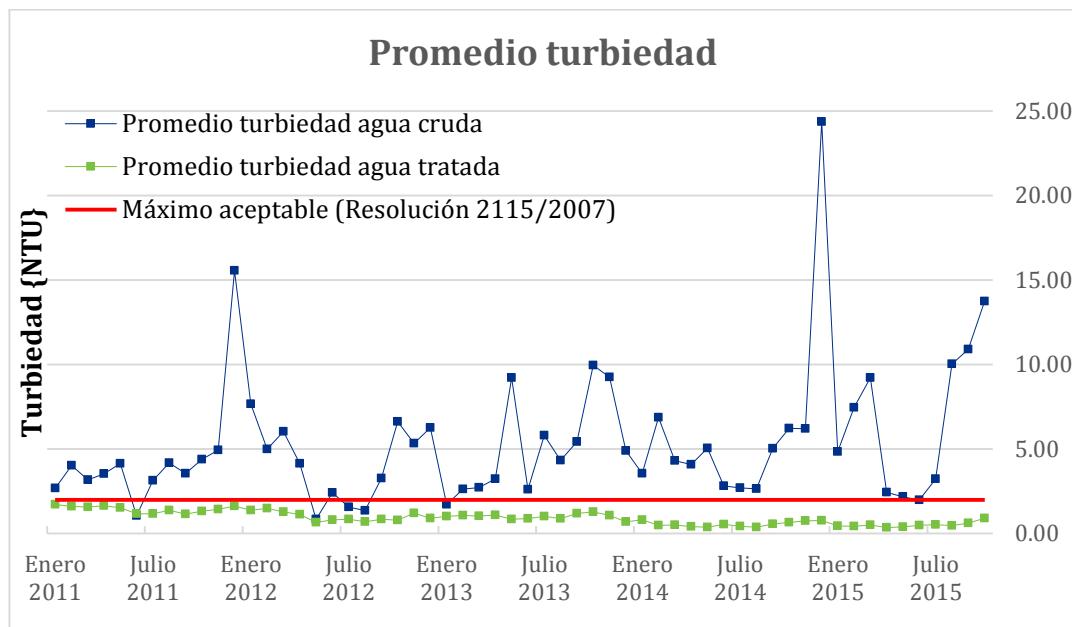
Dentro del mismo contexto, aun cuando la alcalinidad del agua cruda muestra un leve incremento de 20 mg/l en su valor (pero estable en los últimos 3 años de operación), la dureza y pH presenta un valor estable durante todo el periodo de estudio (alrededor de los 315 mg/l para dureza y de 7.6 para pH). Cabe anotar que de los parámetros medidos reportados, la Turbiedad de agua cruda presenta un incremento resaltante de casi 2 UNT en los últimos años del periodo en consideración (Recordar que esto típicamente se asocia a una mayor variabilidad de material suspendido).

Ahora bien, para el periodo bajo análisis, se observa también que la calidad de agua tratada cumple con los requerimientos de la resolución en términos de alcalinidad y dureza con un comportamiento estable para ambos parámetros (alrededor de 250 mg/l para la dureza y de 190 mg/l para la alcalinidad). El análisis de los datos de agua cruda y tratada de la PTAP Duppy Gully muestra que la dureza precipitada es alrededor de 60 mg/l (fluctuando entre 55 y 65 mg/l para el periodo en consideración), esto a pesar del incremento progresivo de la dosis.

Basado en el análisis de resultados de todos los parámetros anteriores y las correlaciones arriba descritas, se entiende que no existe una razón aparente en términos de calidad de agua cruda que explique el incremento de dosis de cal. Adicionalmente, una de las limitantes obvias de la PTAP es que carece de un sistema de control de dosificación de cal o de monitoreo de calidad de agua, que permita controlar de manera autónoma el ajuste de dosificación.

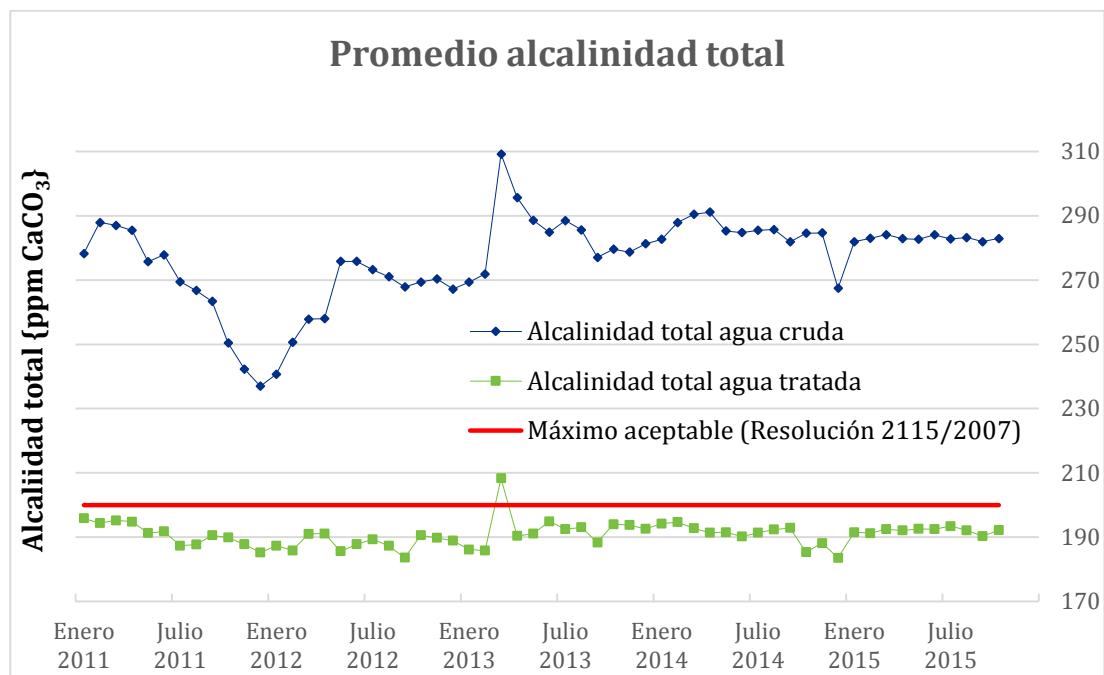
Figura 7-25 Evolución del pH PTAP Duppy Gully


Fuente: PROACTIVA/Consultor

Figura 7-26 Variación promedio mensual turbiedad PTAP Duppy Gully


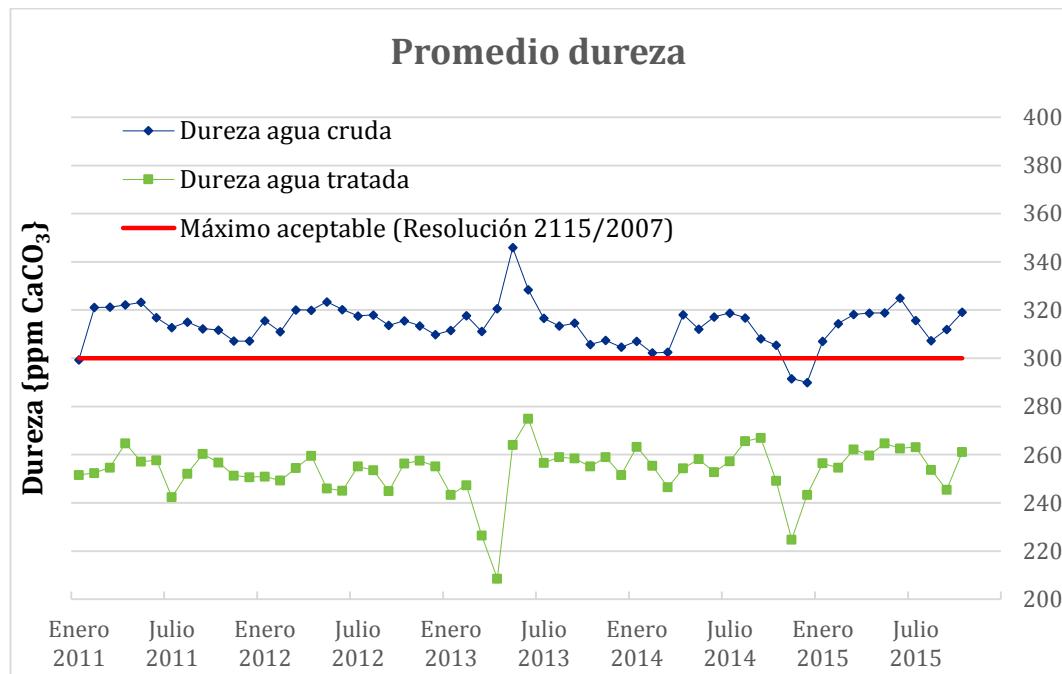
Fuente: PROACTIVA/Consultor

Figura 7-27 Variación promedio mensual alcalinidad PTAP Duppy Gully



Fuente: PROACTIVA/Consultor

Figura 7-28 Variación promedio mensual dureza PTAP Duppy Gully



Fuente: PROACTIVA/Consultor

En teoría, un proceso eficiente de Cal requiere un incremento de pH en la zona de inyección del reactivo para que, típicamente en pHs superiores a valores de 10 unidades, se dé una precipitación de la dureza en altas proporciones. Nótese que en este caso solo se registra un incremento superior a 0,2 unidades de PH en la mezcla rápida y el cual es suficiente para precipitar entre 50 a 60 mg/l de dureza.

Si bien, esto permite mantener la calidad de la dureza en cumplimiento con los requerimientos de la normatividad colombiana aplicable, típicamente se espera que tratamientos de precipitación parciales como el aplicado actualmente en Duppy Gully, generen riesgos y problemas de depósito de materiales minerales en la red aguas abajo de la planta (posprecipitación).

Con base en la dosificación (sobredosificación) de cal y en las bajas velocidades detectadas en la evaluación hidráulica de la planta, se concluye que parte de la cal puede estarse depositando en las unidades de tratamiento aguas abajo de la dosificación de cal.

7.3 Diagnóstico sistema existente – planta desaladora Lox Bight

La zona urbana del norte de la isla es abastecida por la planta desaladora “Lox Bight” la cual cuenta con una capacidad nominal instalada de 50 l/s y cuya fuente de suministro la constituyen 4 pozos concesionados dentro del área (perímetro) del terreno de la desaladora. Esta planta entrega a 3 tanques de almacenamiento de 2339,7 m³ de capacidad total.

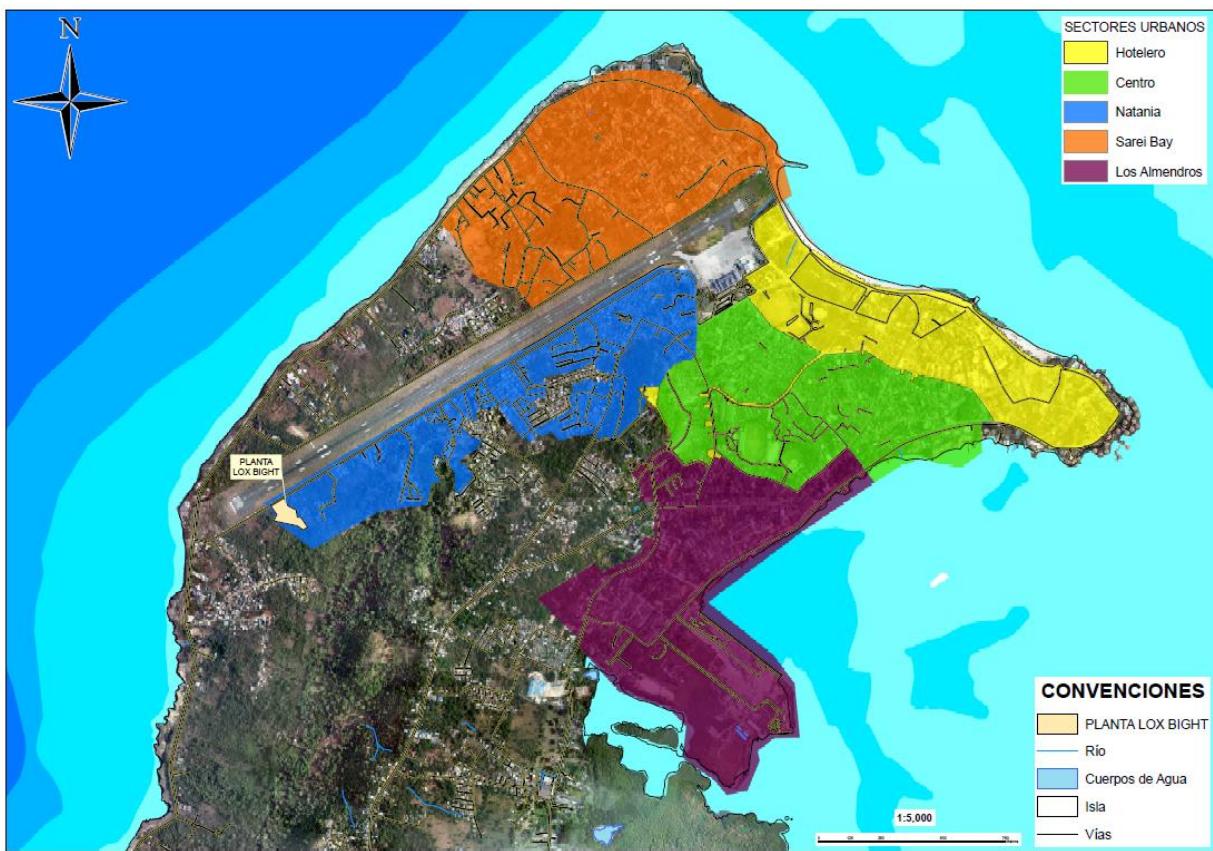
La desalinización se realiza a través del proceso de osmosis inversa. En el mes de Junio del año 2006, PROACTIVA inició el proceso de montaje logrando así que se tuviera un sistema de tratamiento del agua de mar.

A continuación se describen los componentes principales del proceso (información suministrada por proactiva), y en cada numeral se presenta una valoración de estos vs la normatividad colombiana aplicable. Teniendo en cuenta que si bien el RAS 2000 en su numeral C presenta la osmosis como tecnología viable para desalación, no presenta en detalles criterios de diseño que puedan emplearse como guía de comparación para la evaluación presentada, por lo que este proceso se evaluará basado en la experiencia del consultor y en otras fuentes recientes.

7.3.1 Ubicación de la Planta desalinizadora Lox Bight

La Figura 7-29, presenta la ubicación de la planta y las zonas servidas por esta en el norte de la isla. Esta planta alimenta 4 circuitos de distribución, Sarie Bay, Natania, Sector Residencial Norte, El sector hotelero, y Almendros

Figura 7-29 Ubicación de la desaladora y áreas de servicio.



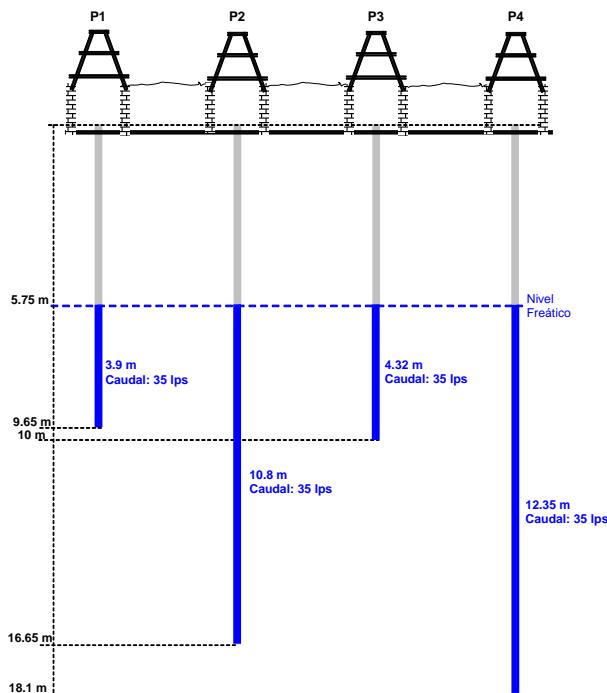
Fuente: PROACTIVA/Consultor

7.3.2 Descripción y evaluación de los procesos Lox Bight

7.3.2.1 Captación agua cruda

El sistema de bombeo de agua cruda consiste en un grupo de presión instalado en los cuatro pozos existentes. Son cuatro bombas sumergibles para el bombeo de agua cruda hacia el sistema de filtración marca GRUNDFOS modelo SP125-2R con un caudal nominal unitario de 35 l/s y 60 hz de frecuencia, controladas por un PID programado sobre un variador de velocidad, instalado a diferentes profundidades, de acuerdo a la profundidad de los pozos así:

Figura 7-30 Configuración pozos de captación planta Lox Bight



Fuente: PROACTIVA

Las bombas se encuentran dentro del pozo con un sistema de encamisado, que protege la bomba y cuya longitud es igual a la profundidad del pozo.

El agua de mar captada a través del 4 pozos subterráneos, cuenta con altos contenidos de cloruros y otros iones disueltos, que se eliminan a través del tratamiento en la planta desalinizadora.

Foto 7-14 Pozos de abastecimiento desaladora



Fuente: Consultor

La información preliminar suministrada presenta niveles de operación de solamente 1 de los pozos en operación (pozo C) cuenta con registro de medición de nivel (sonda), dado que las otras sondas de nivel se encuentran fuera de servicio. Los registros de operación de este pozo se presentan en el Anexo 7-11.

El criterio de operación de los pozos de captación de la desaladora descrito por Proactiva en la visita especifica que el Pozo "A" (Cuya profundidad y conductividad es menor) es del cual prioritariamente se extrae agua a desalar, y los demás pozos alternan su extracción para complementar las cantidades de agua a desalar (estos últimos con conductividades mayores).

La Tabla 7-31 se presenta el promedio de agua captada y desalada durante los últimos años de operación de la desaladora, donde se aprecia que el caudal de producción (promedio mensual) ha tendido a mantenerse sobre los 43 a 44 l/s de agua desalada incluyendo valores pico de hasta 46 l/s (Valor cercano a su capacidad nominal). En el mismo sentido la Figura 7-32 presenta los promedios mensuales de agua desalada obtenidos en la desaladora. Los valores y variación mensuales de esta captación y producción se presentan en el Anexo 7-10.

Tabla 7-31 Captación y producción anual promedio en la desaladora

Año	Captación l/s	Producción l/s	%Rec
2011	76.2	41.2	54.1
2012	69.7	42.3	60.6
2013	76.4	41.3	54.0
2014	83.7	43.4	51.9
2015	83.1	43.6	52.5

Fuente: PROACTIVA/Consultor

Una revisión detallada de los caudales de captación muestra que el caudal promedio mensual máximo registrado ha sido alrededor de los 90 l/s. Se entiende que para la capacidad instalada de la planta, la configuración de las bombas corresponde a 3+1 bombas (3 disponibles para operación y una de respaldo) con capacidad total de bombeo alrededor de 105 l/s, siendo la 4 bomba una bomba en standby. Y que, con esta capacidad de bombeo instalado y una recuperación cercana al 50% la planta obtendría el caudal presentado como nominal de diseño alrededor de los 50 l/s.

7.3.2.1.1 Calidad de agua cruda

De acuerdo con la información suministrada por Proactiva, el agua de entrada al sistema es una mezcla de 2 pozos existentes. El diseño original de la planta se realizó teniendo en cuenta la mezcla de los pozos que se ha estimado en 50% pozo tipo "A" y 50% pozo tipo "D".

La salinidad del pozo tipo A esperada en el diseño es de 10 g/l aprox. y la salinidad del pozo tipo D es de 32 g/l aprox. con lo que la mezcla de los pozos es de 23 g/l aprox. valor que fue tomado para diseño.

A continuación se detalla una lista de los valores máximos admisibles de diseño a la entrada de la planta de ósmosis reversa (antes del PRE-tratamiento) que se consideraron para el diseño de la planta:

Tabla 7-32 Parámetros de diseño desaladora Lox Bight

Parámetro	Agua de entrada
Color verdadero (mg/l Pt/Co)	≤ 15
Turbidez (UNF)	≤ 3
Olor y sabor (Ind. Dilución)	Aceptable
pH	6.5 - 9
Sólidos totales (mg/l) TDS	12000 - 36000
Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	17.760 – 53280 (K= 1.48)
Sustancias flotantes	Ausentes
Aluminio (mg/l Al ³⁺)	≤ 0.1
Antimonio (mg/l Sb ⁺)	0.005
Arsénico (mg/l As ³⁺)	0.01
Bario (mg/l Ba ⁺)	≤ 0.01
Boro (mg/l B-)	< 1
Cadmio (mg/l Cd ⁺)	0.003
Cianuro libre y disociable (mg/l Cn-)	0.05
Cianuro total (mg/l Cn-)	0.1
Cloroformo (mg/l CHCl ₃)	≤ 0.06
Cobre (mg/l Cu ⁺⁺)	< 1.5
Cromo hexavalente (mg/l Cr ⁶⁺)	0.01
Fenoles totales (mg/l fenol)	0.001
Mercurio (mg/l Hg ⁺)	0.001
Molibdeno (mg/l Mo ⁺)	0.07
Níquel (mg/l Ni ⁺)	0.02
Nitritos (mg/l NO ₃ ⁻)	0.1
Nitratos (mg/l NO ₃ ⁻)	< 50
Plata (mg/l Ag ⁺)	0.01
Plomo (mg/l Pb ⁺)	0.01
Selenio (mg/l Se ⁺)	0.01
Sustancias activas al azul de metileno (ABS)	0.5
Grasas y aceites	Ausencia
THMs totales	≤ 0.2
Calcio (mg/l Ca ²⁺)	≤ 1500
Acidez (mg/l CaCO ₃)	100

Parámetro	Agua de entrada
Hidróxidos (mg/l CaCO ₃)	< LD
Alcalinidad total (mg/l CaCO ₃)	180
Cloruros (mg/l Cl ⁻)	< 20000
Dureza total (mg/l CaCO ₃)	3750
Hierro total (mg/l Fe)	≤ 0.1
Magnesio (mg/l Mg ²⁺)	≤ 1400
Manganoso (mg/l Mn ²⁺)	≤ 0.1
Sulfatos (mg/l SO ₄ ²⁻)	< 3500
Fluoruros (mg/l F ⁻)	≤ 2
Fosfatos (mg/l PO ₄ ³⁻)	≤ 0.5
TOC	≤ 2
Amonio (mg/l NH ₄ ⁺)	1
Microbiología	≤ 100 UFC/ml
SDI	≤ 4

Fuente: PROACTIVA

La calidad real de agua captada a planta se resume en la Tabla 7-33 y la Tabla 7-34. Las cuales presentan los datos promedio y 90 %ile respectivamente, esto a lo largo de los últimos 5 años de operación a octubre 2015. Los datos se ilustran en la Figura 7-31, donde se evidencia el comportamiento cíclico de la conductividad y cloruros a lo largo de cada periodo anual. De acuerdo con el operador, los periodos de menor conductividad y contenido de cloruros, registrados al inicio de cada año corresponden con la época de lluvias donde la infiltración explica estos contenidos bajos de minerales facilitando también el rendimiento energético de la osmosis inversa durante esos períodos.

Tabla 7-33 Calidad agua captada para desalar planta Lox Bight (datos promedio)

Año	Dato	T°C	pH	Turbiedad	Dureza Total	Alcalinidad Total	Cloruros	Conductividad
2011	Promedio	25.58	7.62	0.09	3789	297	11131	30713
	min	25.09	7.35	0.08	2596	286	6005	17597
	max	26.14	8.14	0.10	5485	304	13618	36645
2012	Promedio	27.51	7.72	0.10	4535	299	8529	30779
	min	25.96	7.51	0.09	3344	284	8149	20310
	max	33.74	7.85	0.11	4955	309	9357	35146
2013	Promedio	26.22	7.51	0.12	5321	265	9743	34517
	min	26.01	7.41	0.10	3971	96	7979	26782
	max	26.39	7.61	0.16	5964	418	11241	39576
2014	Promedio	26.59	7.41	0.14	5341	223	10529	38478
	min	26.35	7.25	0.13	4044	110	7611	28061

Año	Dato	T°C	pH	Turbiedad	Dureza Total	Alcalinidad Total	Cloruros	Conductividad
	<i>max</i>	26.92	7.57	0.15	7544	287	12183	44716
2015	<i>Promedio</i>	26.59	7.70	0.14	5035	271	9994	37963
	<i>min</i>	26.32	7.63	0.13	3477	234	6556	25794
	<i>max</i>	27.20	7.77	0.15	5935	333	12339	44879

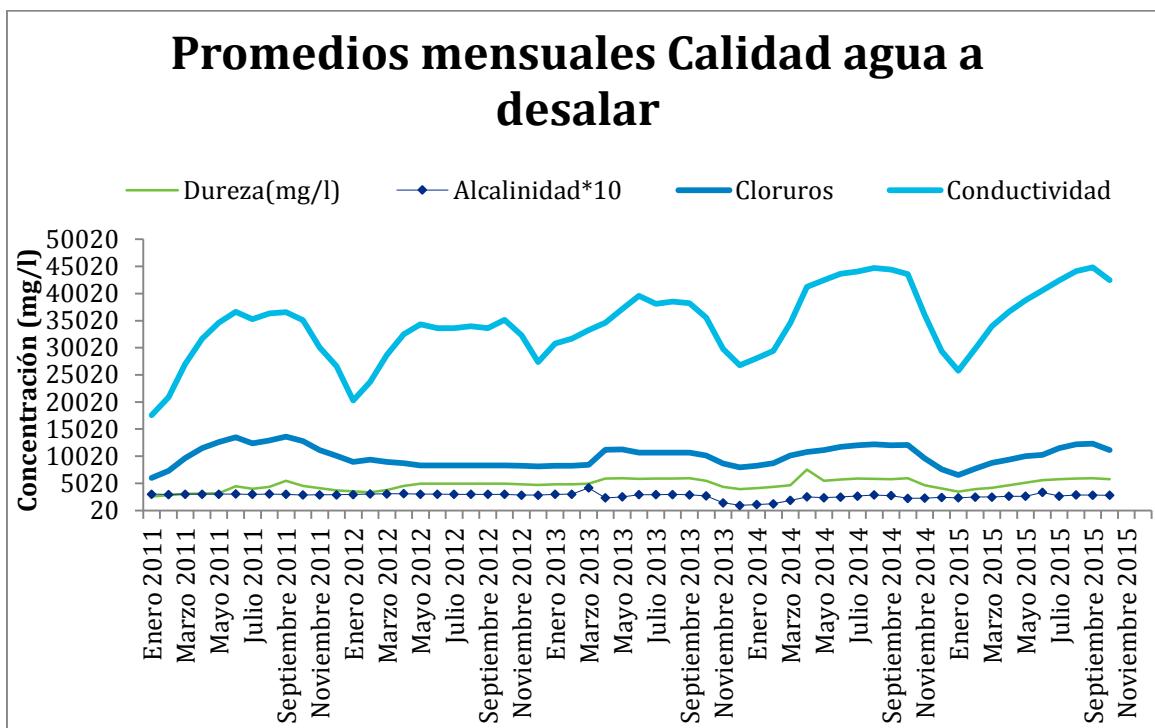
Fuente: PROACTIVA/Consultor

Tabla 7-34 Variación calidad agua captada para desalar Planta Lox Bight (Datos 90%ile)

Año	Dato	T°C	pH	Turbiedad	Dureza Total	Alcalinidad Total	Cloruros	Conductividad
2011	<i>Promedio</i>	26.96	7.69	0.10	4150	310	12015	32621
	<i>min</i>	26.70	7.60	0.09	2980	300	6810	19780
	<i>max</i>	27.23	7.86	0.12	6725	330	14120	38130
2012	<i>Promedio</i>	26.85	7.82	0.11	4612	309	8664	32557
	<i>min</i>	26.44	7.60	0.10	3420	290	8212	22800
	<i>max</i>	27.02	7.96	0.12	4990	320	10080	36030
2013	<i>Promedio</i>	26.92	7.63	0.13	5727	322	10457	36476
	<i>min</i>	26.60	7.49	0.10	4130	110	8298	28610
	<i>max</i>	27.23	7.77	0.25	7410	786	13520	41100
2014	<i>Promedio</i>	27.20	7.49	0.15	5885	255	11355	40409
	<i>min</i>	26.94	7.30	0.14	4400	140	8686	29200
	<i>max</i>	27.70	7.64	0.17	8990	300	12720	45200
2015	<i>Promedio</i>	27.17	7.76	0.16	5413	295	10512	39276
	<i>min</i>	26.80	7.70	0.15	3810	250	6928	27600
	<i>max</i>	28.13	7.80	0.17	6650	383	12960	45400

Fuente: PROACTIVA/Consultor

Los valores mensuales para el mismo periodo de estas calidades se presentan en el Anexo 7-13

Figura 7-31 Calidad de agua a desalar – promedios mensuales


Fuente: PROACTIVA/Consultor

Al igual que en la Planta Duppy Gully, se busca clasificar la calidad de la fuente para así determinar el tratamiento adecuado, que cumpla con la normatividad colombiana. Obviamente, partiendo de los valores promedio anuales de pH, cloruros y turbiedad para el agua cruda se evidencia que la calidad de agua respecto a cloruros no entra dentro de los parámetros evaluables para un tratamiento convencional de potabilización, es por este motivo que es necesario recurrir al capítulo C.12 del RAS donde se estipulan las tecnologías alternativas para el tratamiento de agua potable. Dado que se requiere desalinización de agua de mar, la alternativa a implementar según el numeral C.12.3 del RAS es un proceso de separación por membranas entre los cuales están (la ósmosis inversa, la electrodialisis, la nanofiltración y la ultrafiltración).

En la planta Lox Bright se utiliza un sistema de osmosis inversa para la desalinización del agua, este sistema cumple con las exigencias en cuanto tecnología a utilizar para la desalinización de agua para consumo humano. Adicionalmente la planta cuenta con un pretratamiento de filtrado multimedia seguido de una microfiltración (filtro de mangas), lo cual cumple con los requisitos mínimos de pretratamiento (tabla C.12.1 del RAS), para evitar taponamiento de las membranas y reducción de flujo por partículas de sólidos suspendidos y formación de biopelículas.

7.3.2.2 Pretratamiento.

Como pretratamiento, la planta utiliza un sistema de filtración multimedia, que consiste en cuatro filtros Tipo FIT (tricapa), de 3 metros de diámetro, gracias a su lecho filtrante constituido por arena, antracita y granate, elimina partículas en suspensión evitando el atascamiento prematuro del sistema de microfiltración, mejorando el índice de atascamiento del agua. La operación y el lavado se hacen de manera automática desde el PLC accionando el sistema de válvulas, con el soporte de un juego de electro válvulas. El sistema es de alimentación neumática, aprovechando la existencia de los compresores del sistema de ósmosis reversa. El equipo de válvulas incorpora un sistema de regulación de caudal de aire que reduce los cambios bruscos de caudal y presión.

Foto 7-15 Sistema de filtración multimedia



Fuente: Consultor

Los criterios de diseño de referencia sobre los cuales se realizará la evaluación del diseño y operación de las unidades de filtración disponibles en la planta Lox Bight son los presentados en el RAS 2000 (Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico). Ellos incluyen criterios de selección para los lechos filtrantes y de soporte, velocidades de operación, sistemas de lavado y drenaje de las unidades de filtración. Adicionalmente, se presentan los criterios de diseño recomendados por otra fuente de referencia para la ingeniería, planeación y diseño de unidades desalinizadoras.

Como punto de partida se sabe que el sistema de filtración de la planta Lox Bight está conformado por unidades de filtración rápida a presión con lecho filtrante multimedia para los cuales el RAS 2000 sugiere los siguientes criterios de diseño:

Tabla 7-35 Parámetros de diseño filtros rápidos

Parámetro	Valor/Descripción RAS 2000	Valor/Descripción*
Tasa de filtración	5-15 m/h (120 – 360 m ³ /m ² /d)	12-25 m/h (288-360 m ³ /m ² /d) con todos los filtros en servicio
Profundidad de la cama	0.6-1.8 m	0.4-0.8 m para agua de baja turbiedad (<5 NTU) y bajo contenido orgánico (TOC< 2 mg/L)
Cabeza requerida	1.8-3.0 m	-
Longitud de corrida	1-4 días (24-96 horas)	1-2 días (24-48 horas)
Período de madurez	15 min -2 días	-
Turbidez agua máxima	Sin límite con el debido pretratamiento	-

*Fuente: Voutchkov, N. (2012). Desalination Engineering: Planning and Design. Mc Graw Hill Professional.

Fuente: RAS 2000

En cuanto al medio filtrante, en el Anexo 7-17 se presentan los requerimientos en cuanto a las propiedades físicas que deben cumplir los medios granulares utilizados, los límites de las características granulométricas de la arena deben y las condiciones de lavado para los filtros a presión multimedia según las recomendaciones del RAS 2000.

Tomando en cuenta los criterios de diseño especificados en el RAS 2000, y que han sido resumidos, y los parámetros adoptados para el diseño de los filtros multimedia en la desaladora, se procede a realizar la comparación y evaluación del sistema de filtración multimedia existente en la planta Lox Bight. A continuación se presenta una comparación de los parámetros de diseño de los filtros:

Tabla 7-36 Comparación parámetros de diseño de filtros multimedia

Parámetro	Valor/Descripción	Criterio adoptado Lox Bight	Comparación/Comentario
Tasa de filtración	RAS2000: 5-15 m/h (120 – 360 m ³ /m ² /d) Voutchkov: 12-25 m/h (288-360 m ³ /m ² /d) con todos los filtros en servicio	12 m/h (288 m ³ /m ² /d)	Criterio adoptado cumple con las recomendaciones del RAS 2000 y lo reportado por Voutchkov
Profundidad de la cama	RAS2000: 0.6-1.8 m Voutchkov: 0.4-0.8 m para agua de baja turbiedad (<5 NTU) y bajo contenido orgánico (TOC< 2 mg/L)	0.58 m (0.15m granate + 0.19m arena +0.24 m antracita)	Criterio adoptado cercano a rango recomendado por RAS 2000 y dentro del rango presentado por Voutchkov
Velocidad de lavado	0.6-1.00 m/min	0.58 m/min	Criterio adoptado cercano a rango recomendado por RAS 2000

Fuente: Consultor

La siguiente tabla muestra la comparación entre los criterios de diseño para el medio filtrante recomendados en el RAS 2000 respecto a los criterios adoptados en la planta Lox Bight

Tabla 7-37 Propiedades físicas requeridas en los medios granulares utilizados en Lox Bight

Propiedades	Unidad	Granate	Granate Lox Bight	Arena	Arena Lox Bight	Antracita	Antracita Lox Bight
Tamaño efectivo	mm	0.2-0.4	0.33	0.4-0.8	0.52	0.8-2.0	1.1
Coeficiente de uniformidad	UC	1.3-1.7	<1.4	1.3-1.7	<1.4	1.3-1.7	<1.4
Densidad	g/mL	3.6-4.2		2.65		1.4-1.8	
Porosidad	%	45-58	No disp.	40-43	No disp.	47-52	No disp.
Dureza	Moh	6.5-7.5	No disp.	7	No disp.	2-3	No disp.

Fuente: Consultor

A partir de la comparación anterior se puede observar que todos los tamaños efectivos de los medios granulares utilizados en los filtros multimedia de Lox Bight se encuentran dentro del rango recomendado por el RAS 2000. Los coeficientes de uniformidad indican que todos los medios granulares también cumplen con los requerimientos exigidos en el RAS 2000 ya que en todos los casos este es menor a 1.4.

Adicionalmente, con base en la información suministrada por el operador al valorar la operación de los filtros considerando los flujos de operación de diseño (50 l/s), se observa que a pesar de que la tasa de filtración de diseño reportada en la descripción técnica de los filtros multimedia es de 12 m/h, si se considera que la capacidad máxima de bombeo de la planta es de 105 l/s (3 bombas en servicio de 35 l/s cada una para obtener alrededor de 50 l/s de permeado y asumiendo una recuperación entre 47 y 50 % en la osmosis), la tasa de filtración resultante considerando la operación simultánea de los cuatro filtros instalados es de 13,37 m/h (378/28,272 m/h), valor que está dentro de los límites de diseño recomendados por el RAS 2000 y lo reportado por Voutchkov.

7.3.2.3 Osmosis inversa y remineralización de agua desalada

El siguiente paso del tratamiento consiste en dos skids de Osmosis Inversa, sobre los cuales se instaló la microfiltración, sistema de flushing y lavado de membranas (Incluye tanque, bomba, filtración tipo bolsa), bastidores cada uno con 22 tubos de presión, y 154 membranas SWC 5 de hydranautics. En skids aparte se cuenta con el sistema de bombeo de alta presión y recuperación de energía (motor, bomba y turbina), para cada tren de osmosis reversa.

Foto 7-16 Foto Skid de osmosis inversa y membrana



Fuente: Consultor

Para aumentar el contenido de minerales en el agua, ya que el proceso de ósmosis inversa reduce en gran cantidad estos compuestos, se realiza el proceso de remineralización a través de la aplicación de sustancias químicas como carbonato de sodio y cloruro de calcio, haciendo que exista un equilibrio calco carbónico a la vez que un ajuste del pH. Existen dos tanques de preparación de productos químicos y dos de dosificación, realizando la aplicación al agua perneada de forma automatizada, controlada a través del PLC. Para la dosificación de los productos químicos se usan los siguientes sistemas de dosificación:

Bomba dosificadora de cloruro cálcico

Marca:	LMI
Modelo:	C131-313SI
Tipo:	Membrana
Caudal Mínimo:	8 l/h
Caudal máximo:	30 l/h

Bomba dosificadora de carbonato sódico

Marca:	LMI
Modelo:	C131-313SI
Tipo:	Membrana
Caudal Mínimo:	8 l/h
Caudal máximo:	30 l/h

7.3.2.3.1 Verificación de los criterios de diseño de la osmosis

Tomando en cuenta que los patines de ósmosis inversa en Lox Bight son de un paso y que están compuestos por módulos Hydranautics SWC5 en un arreglo de 22x7, se realizaron proyecciones que permitieran de alguna manera validar los diseños implementados.

Con este propósito se realizaron proyecciones usando el software *Integrated Membranes Solutions Design* de 2015 de un arreglo de las mismas dimensiones mencionadas y con elementos Hydranautics SWC5- los cuales tienen un porcentaje de rechazo salino nominal del 99.8% y un flujo de permeado de 9000 gpd (34.1 m³/d) LD (Ver ficha técnica de las membranas suministradas por Proactiva en el Anexo 7-18).

Por otra parte, se estableció una recuperación de permeado del 47% y un flujo de entrada de 185.11 m³/h para obtener un flujo de 87 m³/h de agua tratada. De forma similar a como se presenta en los cálculos de diseño básico de las unidades de ósmosis se estableció una edad de membrana de 3 años, una relación de disminución de flux del 7% y un incremento del 10% del paso de sal por año.

Con base en la caracterización de diseño presentada en la tabla de parámetros de diseño de la desaladora de Lox Bight, para llevar a cabo las proyecciones se consideraron dos niveles de temperatura (22°C y 27°C) y dos calidades de afluente a saber:

Tabla 7-38 Calidad de efluente 1 (bajo condiciones de sólidos disueltos totales 23719.4 mg/l TDS)

Parámetro (mg/l)	Agua cruda (mg/l)	Agua alimentada (mg/l)	Permeado (mg/l)	Concentrado (mg/l)
Dureza como CaCO ₃	4158.73	4158.73	6.128	7834.7
Ca	993.0	993.0	1.463	1870.7
Mg	409.0	409.0	0.603	770.5
Na	7207.01*	7207.01	50.899	13541.7
K	249	249	2.197	467.5
NH ₄	0.5	0.5	0.004	0.9
Ba	0.0	0.0	0.0	0.0
Sr	0.0	0.0	0.0	0.0
CO ₃	3.19	3.19	0.0	14.5
HCO ₃	179.4	179.4	2.062	328.0
SO ₄	2000.0	2000.0	3.201	3767.6
Cl	12695.0	12695.0	81.159	23861.0
F	0.8	0.8	0.010	1.5
NO ₃	2.0	2.0	0.095	3.7
PO ₄	0.0	0.0	0.0	0.0
SiO ₂	0.0	0.0	0.0	0.0
B	0.0	0.0	0.0	0.0
CO ₂	4.37	4.37	4.37	4.37

Parámetro (mg/l)	Agua cruda (mg/l)	Agua alimentada (mg/l)	Permeado (mg/l)	Concentrado (mg/l)
Sólidos disueltos totales	23738.90	23738.90	141.69	44627.66
pH	7.40	7.40	5.88	7.54
*Concentración ajustada para lograr electro-neutralidad				

Fuente: Consultor

Tabla 7-39 Calidad de efluente 2 (alto contenido de sólidos disueltos totales 34380.92 mg/L TDS)

Parámetro	Agua cruda (mg/l)	Agua alimentada (mg/l)	Permeado (mg/l)	Concentrado (mg/l)
Dureza como CaCO ₃	6158.61	6158.61	9.213	11605.3
Ca	1470.0	1470.0	2.199	2770.1
Mg	606.0	606.0	0.907	1141.9
Na	10360.56*	10360.56	74.278	19471.4
K	385.0	385.0	3.449	722.9
NH ₄	0.0	0.0	0.0	0.0
Ba	0.0	0.0	0.0	0.0
Sr	0.0	0.0	0.0	0.0
CO ₃	2.86	2.86	0.0	14.6
HCO ₃	122.0	122.0	1.433	219.5
SO ₄	3155.0	3155.0	5.162	5944.9
Cl	18278.0	18278.0	119.457	34361.5
F	0.80	0.80	0.010	1.5
NO ₃	0.70	0.70	0.034	1.3
PO ₄	0.0	0.0	0.0	0.0
SiO ₂	0.0	0.0	0.0	0.0
B	0.0	0.0	0.0	0.0
CO ₂	2.64	2.64	2.64	2.64
Sólidos disueltos totales	34380.92	34380.92	206.93	64649.73
pH	7.40	7.40	5.94	7.60
*Concentración ajustada para lograr electro-neutralidad				

Fuente: Consultor

Teniendo en cuenta las condiciones de diseño anteriores, se realizaron los cálculos correspondientes para obtener las proyecciones deseadas. La Tabla que se muestra a continuación

Tabla 7-40 Comparación de criterios adoptados y criterios de diseño recomendados

Parámetro	Criterio de diseño Lewabrane	Criterio de diseño Hydranautics	Valor a 22°C y 23719.4 mg/l TDS	Valor a 27°C y 23719.4 mg/l TDS	Valor a 22°C y 34376.2 mg/l TDS	Valor a 27°C y 34376.2 mg/l TDS
Flux de permeado promedio (rango)	17 (14-20) l/(m ² hr)	17 l/(m ² hr)	15.2 l/(m ² hr)	15.2 l/(m ² hr)	15.2 l/(m ² hr)	15.2 l/(m ² hr)
Flux de permeado del elemento líder	<35 l/(m ² hr)	42 l/(m ² hr)	24.3 l/(m ² hr)	26 l/(m ² hr)	27.7 l/(m ² hr)	29.7 l/(m ² hr)
Velocidad de flujo de concentrado por tanque	>3.4 (8B) m ³ /h >0.7 (4B) m ³ /h	>2.7 m ³ /h (para 8")	4.5 m ³ /h			
Velocidad de flujo de alimentación por tanque	<16 (8B) m ³ /h <3.0 (4B) m ³ /h	<19.3 m ³ /h (8" sólo para LD)	8.4 m ³ /h			
Beta	<1.2	1.2	1.04	1.04	1.05	1.05
Porcentaje de incremento de paso de sal	10%/año	7%/año	10%/año	10%/año	10%/año	10%/año

Fuente: Consultor

Como puede observarse, todos los parámetros calculados bajo las diversas condiciones de proceso se encuentran dentro de los rangos recomendados de diseño. Lo anterior significa que el diseño adoptado para los patines de ósmosis inversa es adecuado bajo el supuesto de que las estimaciones de calidad de afluente son adecuadas.

Para comprobar la flexibilidad del diseño se realizaron proyecciones utilizando el software de LewaPlus y considerando elementos Lewabrane RO S400 HF los cuales tienen dimensiones similares a las de los Hydranautics SWC5-LD y tienen igual porcentaje de rechazo salino nominal (99.8%) y flujo de permeado (9000 gpd). A continuación se muestra una tabla (Tabla 7-41) comparativa de los parámetros de diseño recomendado y los resultados obtenidos para un arreglo de 22x7.

Tabla 7-41 Comparación de criterios adoptados y criterios de diseño recomendados

Parámetro	Criterio de diseño Lewabrane	Criterio de diseño Hydranautics	Valor a 22°C y 23719.4 mg/l TDS	Valor a 27°C y 23719.4 mg/l TDS	Valor a 22°C y 34376.2 mg/l TDS	Valor a 27°C y 34376.2 mg/l TDS
Flux de permeado promedio (rango)	17 (14-20) l/(m ² hr)	17 l/(m ² hr)	15.19 l/(m ² hr)	15.19 l/(m ² hr)	15.19 l/(m ² hr)	15.19 l/(m ² hr)
Flux de permeado del elemento líder	<35 l/(m ² hr)	42 l/(m ² hr)	23.96 l/(m ² hr)	25.69 l/(m ² hr)	27.65 l/(m ² hr)	29.99 l/(m ² hr)
Velocidad de flujo de concentrado por tanque	>3.4 (8B) m ³ /h >0.7 (4B) m ³ /h	>2.7 m ³ /h (para 8")	4.46 m ³ /h			
Velocidad de flujo de alimentación por tanque	<16 (8B) m ³ /h <3.0 (4B) m ³ /h	<19.3 m ³ /h (8" sólo para LD)	8.41 m ³ /h			
Beta	<1.2	1.2	1.09	1.09	1.10	1.11

Parámetro	Criterio de diseño Lewabrane	Criterio de diseño Hydranautics	Valor a 22°C y 23719.4 mg/l TDS	Valor a 27°C y 23719.4 mg/l TDS	Valor a 22°C y 34376.2 mg/l TDS	Valor a 27°C y 34376.2 mg/l TDS
Porcentaje de incremento de paso de sal	10%/año	7%/año	10%/año	10%/año	10%/año	10%/año

Fuente: Consultor

Como se puede observar, los resultados obtenidos utilizando elementos filtrantes de otra referencia son muy similares y el diseño se encuentra en todos los casos dentro de los criterios recomendados.

Los resultados de las corridas y proyecciones detalladas que se realizaron con el software para validación del diseño se presentan en el Anexo 7-19.

7.3.2.3.2 Verificación del desempeño de osmosis a condiciones de operación.

Con el fin de evaluar la pertinencia del diseño implementado para la etapa de filtración por ósmosis inversa se procedió a simular el desempeño del sistema instalado bajo las condiciones de operación reales más críticas encontradas. La tabla a continuación muestra los valores para los parámetros de calidad del agua cruda que han sido utilizados para simular dos escenarios que se consideran críticos debido principalmente a la alta concentración de cloruros y alta conductividad encontrada en el agua. Estas condiciones fueron encontradas en los meses de abril y septiembre de los años 2014 y 2015 respectivamente.

Tabla 7-42 Comparación de criterios adoptados y criterios de diseño recomendados

Parámetro	Valor Abril 2014	Valor Septiembre 2015
Caudal de captación {l/s}	90,44	79,00
Caudal de producción {l/s}	43,01	41,08
Porcentaje de recuperación {%}	47,55	52
Conductividad {µS/cm}	41273	44879
Dureza total {ppm CaCO ₃ }	7544	5935
Alcalinidad total {ppm CaCO ₃ }	251	284
Cloruros {ppm Cl ⁻ }	10794	12339

Fuente: Consultor

El procedimiento seguido para realizar la simulación del sistema de ósmosis inversa fue el siguiente

1. Se estableció en ambos escenarios un pH de 7,6 en el agua cruda (Valor típico reportado del agua cruda).
2. Partiendo de una relación fija entre la concentración de iones de Ca+2 y Mg+2 se establecieron los valores de correspondientes para obtener una dureza total igual a la reportada en los valores de calidad del agua de los dos escenarios. Esta relación se estableció como 2,42 ppm Ca+2 /ppm Mg+2 lo cual corresponde a la misma relación constante que se utilizó para el diseño de las unidades (993 ppm Ca+2 /409 ppm Mg+2 y 1470 ppm Ca+2 /606 ppm Mg+2). La ecuación utilizada para estimar los aportes de dureza cárlica y magnésica fue la siguiente:

$$\text{Dureza total } \{\text{ppm } \text{CaCO}_3\} = (2,5) (2,42) + 4,098 [\text{Mn}^{+2}] \{\text{ppm}\}$$

3. Se introdujo el valor de la concentración de cloruros correspondiente para cada escenario de operación
4. El parámetro de alcalinidad total se utilizó para estimar la concentración de iones bicarbonato, la cual a su vez es utilizado por el software de simulación para establecer la concentración de iones carbonato de acuerdo al equilibrio esperado en un pH de 7,6. La siguiente ecuación muestra la relación general para la alcalinidad total:

$$\begin{aligned} \text{Alcalinidad total } \{\text{ppm } \text{CaCO}_3\} \\ = \frac{1}{1,22} [\text{HCO}_3^-] \{\text{ppm}\} + \frac{1}{0,6} [\text{CO}_3^{-2}] \{\text{ppm}\} + \frac{1}{0,34} [\text{OH}^-] \{\text{ppm}\} \end{aligned}$$

Para evaluar el aporte a la alcalinidad de los iones hidroxilo se procedió a estimar su concentración al pH considerado:

$$pOH = 14 - 7,6 = -\log[\text{OH}^-]$$

$$[\text{OH}^-] = (10^{-6,4} \text{ mol/l}) (17,008 \text{ g/mol}) = 6,77 \times 10^{-6} \text{ ppm}$$

Tal como se puede apreciar el aporte de los iones hidroxilo es insignificante y ha sido despreciado en los cálculos. Consecuentemente, las concentraciones de los iones bicarbonato y carbonato fueron estimadas de forma iterativa variando la concentración de bicarbonatos para obtener una concentración de carbonato en equilibrio que correspondiera a la alcalinidad total reportada.

5. Una vez establecidas las concentraciones apropiadas para los iones bicarbonato y carbonato se variaron los aportes de sulfatos (anión) y de sodios (catión) para obtener el valor de conductividad reportado.
6. Se estableció en el software el porcentaje de recuperación reportado junto con el flujo de permeado obtenido.

7. El tiempo de vida de los elementos considerado fue de 3 años, el porcentaje de disminución de flux por año de 7% y el incremento de SP por año del 10%. Asimismo, el tipo de membrana utilizado fue el modelo SWC5-LD de Hydranautics con un arreglo de un solo paso de 22x7.

Al seguir los pasos anteriores se obtuvieron los siguientes resultados para el mes de Abril de 2014

Tabla 7-43 calidad de agua abril 2014

Parámetro	Agua cruda (mg/l)	Agua alimentada (mg/l)	Permeado (mg/l)	Concentrado (mg/l)
Temperatura	27,02 °C	27,02 °C	27,02 °C	27,02 °C
Dureza como CaCO ₃	7544	7544	15,392	14363
Ca	1801,32	1801,32	3,675	3429,5
Mg	741,93	741,93	1,514	1413,6
Na*	6553,47	6553,47	64,046	12431,2
K	249	249	3,040	471,8
NH ₄	0,5	0,5	0,006	0,9
Ba	0,0	0,0	0,0	0,0
Sr	0,0	0,0	0,0	0,0
CO ₃	10,51	10,51	0,001	49,1
HCO ₃	284,86	284,86	4,683	514,1
SO ₄ *	6366,2	6366,2	14,592	12119,1
Cl	10794	10794	98,782	20481,1
F	0,8	0,8	0,015	1,5
NO ₃	2,0	2,0	0,135	3,7
PO ₄	0,0	0,0	0,0	0,0
SiO ₂	0,0	0,0	0,0	0,0
B	0,0	0,0	0,0	0,0
CO ₂	3,81	3,81	3,81	3,81
Sólidos disueltos totales	26804,59	26804,59	190,49	50914,73
pH	7,6	7,6	6,26	7,73
*Concentraciones ajustadas para lograr electro-neutralidad y obtener el valor de conductividad reportado				

Fuente: Consultor

La tabla a continuación (Tabla 7-44) muestra el resultado de la simulación usando como datos de entrada las concentraciones correspondientes al mes de septiembre de 2015.

Tabla 7-44 calidad de agua septiembre de 2015

Parámetro	Agua cruda {mg/L}	Agua alimentada (mg/l)	Permeado (mg/l)	Concentrado (mg/l)
Temperatura	27,64 °C	27,64 °C	27,64 °C	27,64 °C
Dureza como CaCO ₃	5935	5935	13,745	12342,5
Ca	1417,13	1417,13	3,282	2947,1
Mg	583,69	583,69	1,352	1213,8
Na*	8310,38	8310,38	92,148	17203,4
K	249	249	3,448	514,7
NH ₄	0,5	0,5	0,007	1,0
Ba	0,0	0,0	0,0	0,0
Sr	0,0	0,0	0,0	0,0
CO ₃	13,02	13,02	0,001	76,2
HCO ₃	320,70	320,70	6,434	611,2
SO ₄ *	6364,36	6364,36	17,820	13232,0
Cl	12339	12339	137,868	25542,0
F	0,8	0,8	0,018	1,6
NO ₃	2,0	2,0	0,164	4,0
PO ₄	0,0	0,0	0,0	0,0
SiO ₂	0,0	0,0	0,0	0,0
B	0,0	0,0	0,0	0,0
CO ₂	4,11	4,11	4,11	4,11
Sólidos disueltos totales	29600,58	29600,58	262,64	61347,29
pH	7,6	7,6	6,36	7,77
*Concentraciones ajustadas para lograr electro-neutralidad y obtener el valor de conductividad reportado				

Fuente: Consultor

Para seguir con la evaluación de la pertinencia del diseño de la etapa de ósmosis inversa se procede a comparar los parámetros de calidad del permeado obtenidas a partir de las simulaciones con los parámetros medidos en el permeado bajo las mismas condiciones reales de proceso. En primer lugar se muestran los datos obtenidos para el mes de abril de 2014:

Tabla 7-45 comparación de simulación Abril 2014 con parámetros medidos

Parámetro	Permeado (mg/l) Simulación	Permeado (mg/l) Simulación con permeado de 50 l/s*	Permeado (mg/l) Medición*	Límites Resolución 2115 2007 (mg/l)
Dureza como CaCO ₃	15,392	13,113	23,53	300
Ca	3,675	3,131	-	60
Mg	1,514	1,290	-	36
Na	64,046	54,576	-	-
K	3,040	2,591	-	-

Parámetro	Permeado (mg/l) Simulación	Permeado (mg/l) Simulación con permeado de 50 l/s*	Permeado (mg/l) Medición*	Límites Resolución 2115 2007 (mg/l)
NH ₄	0,006	0,005	-	-
Ba	0,0	0,0	-	0,7
Sr	0,0	0,0	-	
CO ₃	0,001	0,0	-	-
HCO ₃	4,683	3,992	-	-
Alcalinidad total {ppm CaCO ₃ }	3,84	3,27	11,97	200
SO ₄	14,592	12,432	-	250
Cl	98,782	84,174	171,60	250
F	0,015	0,012	-	1,0
NO ₃	0,135	0,115	-	10
PO ₄	0,0	0,0	-	0,5
SiO ₂	0,0	0,0	-	-
B	0,0	0,0	-	-
CO ₂	3,81	3,81	-	-
Sólidos disueltos totales	190,49	162,32	-	-
pH	6,26	6,19	6,72	6,5-9,0
Consumo energético {kWh/m³}	2,80	2,92	3,40	-
*Simulación realizada considerando un flujo de permeado de 50 l/s (25 l/s por cada skid de ósmosis inversa)				

Fuente: Consultor

Los datos para el mes de septiembre de 2015 se presentan a continuación:

Tabla 7-46 Comparación de simulación septiembre 2015 con parámetros medidos

Parámetro	Permeado (mg/l) Simulación	Permeado (mg/l) Simulación con permeado de 50 l/s*	Permeado (mg/l) Medición*	Límites Resolución 2115 2007 (mg/l)
Dureza como CaCO ₃	13,745	11,086	23,53	300
Ca	3,282	2,647	-	60
Mg	1,352	1,090	-	36
Na	92,148	74,352	-	-
K	3,448	2,783	-	-
NH ₄	0,007	0,006	-	-
Ba	0,0	0,0	-	0,7
Sr	0,0	0,0	-	
CO ₃	0,001	0,001	-	-
HCO ₃	6,434	5,193	-	-

Parámetro	Permeado (mg/l) Simulación	Permeado (mg/l) Simulación con permeado de 50 l/s*	Permeado (mg/l) Medición*	Límites Resolución 2115 2007 (mg/l)
Alcalinidad total {ppm CaCO ₃ }			11,97	200
SO ₄	17,820	14,374	-	250
Cl	137,868	111,242	171,60	250
F	0,018	0,014	-	1,0
NO ₃	0,164	0,133	-	10
PO ₄	0,0	0,0	-	0,5
SiO ₂	0,0	0,0	-	-
B	0,0	0,0	-	-
CO ₂	4,11	4,11	-	-
Sólidos disueltos totales	262,64	211,84	-	-
pH	6,36	6,27	6,72	6,5-9,0
Consumo energético {kWh/m ³ }	3,02	3,15	4,0	-

*Simulación realizada considerando un flujo de permeado de 50 l/s (25 l/s por cada skid de ósmosis inversa)

Fuente: Consultor

Los resultados detallados de las corridas de las simulaciones a las condiciones de operación y de escenario máximo de salinidad real medida y caudal de diseño se presentan en el Anexo 7-20.

Tal como se puede observar, sin excepción, todos los parámetros de calidad del agua se encuentran dentro de los límites establecidos en la resolución 2115 de 2017, tanto los valores simulados bajo las condiciones reales de operación y de diseño máximo (50 l/s de permeado) como los valores medidos en el permeado (válido para abril de 2014 y septiembre de 2015).

Como observación general, podemos notar que todos los parámetros medidos en el efluente de los skids de ósmosis inversa (dureza total, alcalinidad, cloruros y pH) se encuentran por encima de los valores que se predicen a partir de las simulaciones. Esto se debe en gran medida a la dosificación de hipoclorito de sodio (capaz de incrementar la concentración de cloruros) y la re-mineralización del agua usando carbonato de sodio (capaz de aumentar la alcalinidad y el pH).

Por su parte, la diferencia de los niveles de dureza encontrados en ambos escenarios entre las simulaciones y los valores medidos no puede ser explicado por los post-tratamientos al permeado ya que ninguna de las especies agregadas implican un aumento en las concentraciones de calcio ni magnesio. Esta diferencia puede deberse principalmente a que la edad de las membranas instaladas no corresponda exactamente con la edad de las membranas considerada para realizar las simulaciones.

Ambos escenarios de simulación (abril 2014 y septiembre 2015) predicen un porcentaje de saturación de CaSO₄ por encima de 400, lo cual confirma la necesidad de dosificar un químico anti-incrustante que evite que el tiempo de vida de las membranas se pueda ver reducido, tal como se realiza en la desaladora.

Por último, el consumo energético que se predice para los valores simulados se encuentra en alrededor de un 20% y 30% por debajo del consumo real reportado. Esto se debe a que el consumo energético estimado considera sólo el aporte de las bombas de alimentación, mientras que el consumo real de la planta contiene todos los aportes requeridos para el funcionamiento (dosificación de químicos, instrumentación, elementos accesorios, etc.).

7.3.2.4 Centro de control motores CCM

El área de CCM, consiste en 7 módulos en donde se encuentran los equipos de potencia, incluyendo variadores de frecuencia para las bombas de alta presión (2), variador de frecuencia para una bomba de Pozo, arrancadores suaves para bombas de tres (3) pozos, protecciones, y demás elementos eléctricos. El CCM cuenta con un totalizador de 2000 A marca MERLIN GERIN, un barraje de distribución cobre electro plateado y aislado mediante termo encogible como protección adicional para climas tropicales.

7.3.2.5 Instrumentación

Para el control de procesos al interior de la desaladora, se cuenta con la siguiente instrumentación:

- Medidores de nivel en pozos (4 unidades, 3 de ellas fuera de servicio al momento de la visita, esto según los reportes del personal de operación de la desaladora)
- Medidor de caudal en línea de agua cruda (1 unidad)
- Medidor de presión en línea de agua cruda (1 unidad)
- Medidor de pH en línea de agua cruda. (1 unidad)
- Medidores de caudal de agua filtrada a la entrada de cada skid de osmosis inversa. (2 unidades)
- Medidores de caudal de agua producto a la salida de cada skid de osmosis inversa. (2 unidades)
- Medidores de conductividad de agua filtrada a la entrada de las membranas (2 unidades)
- Medidores de conductividad a la salida del agua producto (2 unidades).
- Medidor de potencial Redox a la entrada de las membranas (2 unidades)
- Presostatos, termóstatos, manómetros, sensores de nivel (Tanques de dosificación, Tanque de almacenamiento de agua)
- Medidor de pH en agua producto.

7.3.2.6 Almacenamiento y área de servicio

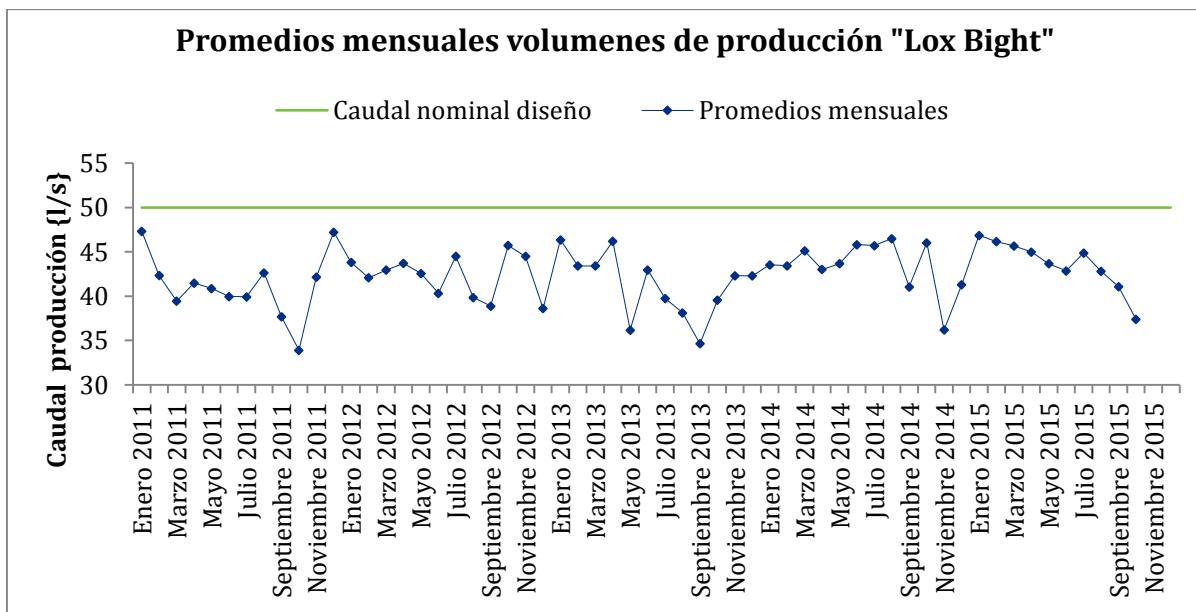
El agua desalinizada y potabilizada que se encuentra en el tanque de almacenamiento es conducida, hacia el tanque No. 1 del Cliff, a través de un sistema de bombeo compuesto por 3 bombas con variador de velocidad para bombear de acuerdo al caudal producido en la planta de desalinización (4000 m³/día), el equipo es un sistema hidroflog marca GROUNFOS con sensores de nivel en ambos tanques que facilitan la operación tanto de la planta como del sistema de distribución, esta conducción es realizada a través de una tubería en PVC de 10" con una longitud de 2.1km.

El agua es conducida a cada uno de los tanques de regulación para luego ser distribuida a los diferentes sectores que corresponden a cada tanque del sector North End (zona 1) el cual se encuentra dividido en 5 subsectores o circuitos: Hoteleros, Centro residencial, Almendros, Natania y Sarie Bay.

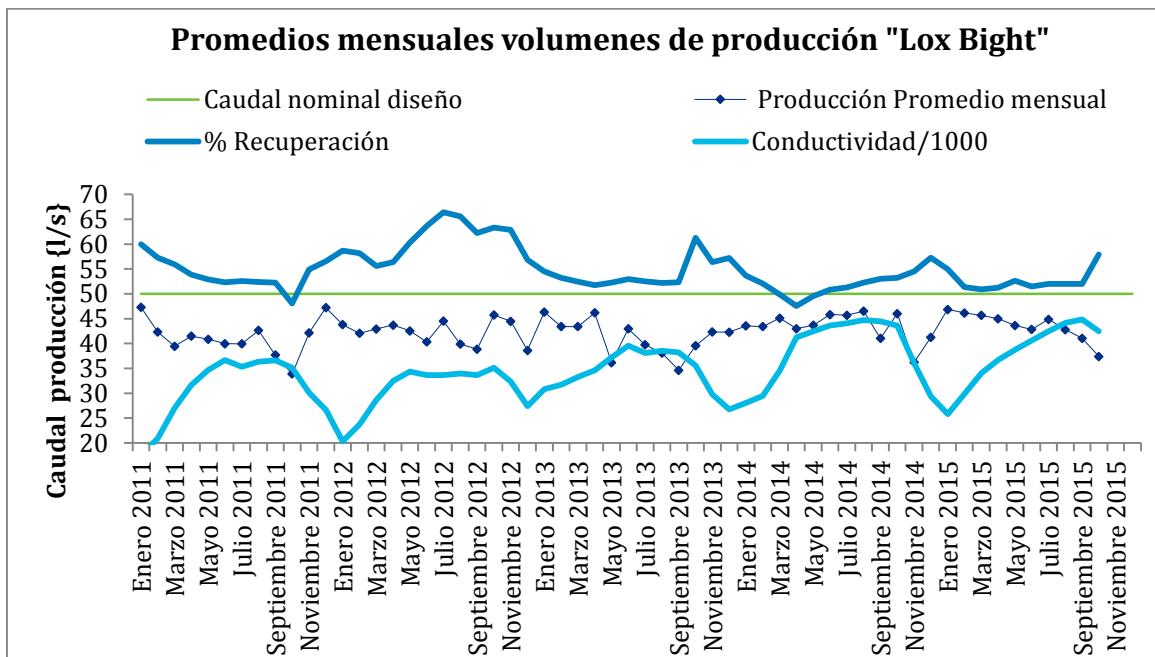
7.3.2.7 Producción de agua desalada

En la Figura 7-32 se puede observar el promedio mensual de producción de Lox Bigth vs el caudal nominal. En la Figura 7-33, se aprecia el porcentaje recuperación de agua desalada, que históricamente ha mantenido un buen rendimiento y ha sido alrededor del 50%, manteniéndose alrededor de este valor o en valores ligeramente inferiores, incluso en periodos donde la conductividad y cloruros han estado en los umbrales superiores de diseño de la desaladora.

Figura 7-32 Promedios mensuales volúmenes de producción Lox Bight



Fuente: PROACTIVA/Consultor

Figura 7-33 Promedio mensuales de producción Vs conductividad y % de recuperación


Fuente: PROACTIVA/Consultor

Por otro lado, la Tabla 7-47 presenta la calidad de agua desalada para el mismo periodo en referencia, estos resultados reflejan también el incremento en los parámetros de agua desalada proporcional al incremento en la calidad del agua captada, pero en todos los casos cumpliendo con la normatividad colombiana (Resolución 2115 de 2007).

Tabla 7-47 calidad agua desalada Planta Lox Bight (datos promedio)

Año	T°C	pH	Turbiedad	Dureza Total	Alcalinidad Total	Cloruros	Cloro Residual	Conductividad
Valores máximos permisibles Resolución 2115 de 2007	-	6.5 – 9.0	2	300	200	250	0.3 – 2.0	1000
2011	25.59	6.95	0.09	36	13	181	0.8	698
2012	27.11	6.84	0.09	33	12	150	0.9	713
2013	26.55	6.91	0.12	28	12	154	1.0	718
2014	26.92	6.85	0.14	21	13	165	1.2	784
2015	26.92	6.81	0.17	23	12	153	1.0	739

Fuente: PROACTIVA/Consultor

Tabla 7-48 calidad de agua desalada Planta Lox Bight (datos 90%ile)

Año	T°C	PH	Turbiedad	Dureza Total	Alcalinidad Total	Cloruros	Cloro Residual	Conductividad
2011	26.99	7.09	0.11	44	15	234	0.9	893
2012	27.15	6.97	0.10	39	13	165	1.0	790
2013	27.20	7.07	0.14	35	14	170	1.1	788
2014	27.42	6.96	0.15	26	13	176	1.3	845
2015	27.48	6.95	0.20	27	15	171	1.2	800

Fuente: PROACTIVA/Consultor

Los valores mensuales para la obtención de las Tabla 7-47 y Tabla 7-48 se presentan en el Anexo 7-14.

En la Tabla 7-47, se recopilan los promedios anuales (2011-2015) de los parámetros de calidad del agua tratada en la planta desaladora Lox Bight. Igualmente en esta tabla, se incluyen los valores máximos permisibles de calidad establecidos en la resolución 2115 del 2007, con el fin de evaluar el cumplimiento de esta normativa en todos los parámetros medidos.

Se puede observar que los valores de pH y cloro residual se encuentran dentro del rango establecido. Así mismo, los valores de turbiedad, dureza, alcalinidad y cloruros están considerablemente por debajo de los valores máximos permisibles, indicando que la osmosis inversa es altamente eficiente para este tratamiento. Respecto a la conductividad, se observa que, a pesar del cumplimiento con la norma de este parámetro, sus valores no se encuentran notoriamente alejados del valor límite máximo a diferencia de los otros siete parámetros evaluados.

En conclusión, todos los datos evaluados, en el periodo de enero del 2011 a octubre del 2015, cumplen satisfactoriamente con los parámetros exigidos en dicha normatividad; lo cual indica, que el agua tratada en Lox Bight es apta para el consumo humano.

7.3.2.8 Consumo de energía desaladora Lox Bight

En la Tabla 7-49 se presentan los datos de producción total de agua producida y de consumo de energía en la desaladora. Los valores incluyen no solo el consumo energético para el tratamiento de osmosis sino también para el bombeo de agua cruda desde los pozos de captación, y de las bombas de llenado de tanques de distribución. Los valores de esta tabla corresponden a la totalidad de energía consumida para el periodo en mención dividido entre la cantidad de agua producida en el mismo periodo.

Tabla 7-49 Consumo de energía desaladora Lox Bight

Año	Volumen total producido (m ³)	Consumo energía total (kWh)	Índice medio kWh/m ³	Conductividad promedio agua cruda (μS/cm)	Cloruros promedio agua cruda	\$anual (Energía)	Tarifa promedio Anual \$/kWh
2007	1'000,669	2'723,459	2.7	-	-		
2008	1'326,727	3'209,721	2.4	-	-		
2009	1'206,481	2'940,812	2.4	-	-	772'992,435	263
2010	1'308,450	3'048,097	2.3	-	-	92'4934,739	303
2011	1'302,002	3'342,894	2.6	30,712.8	11,131	1,119'853,227	335
2012	1'337,529	3'581,195	2.7	30,779.1	8,529	1,258'300,077	351
2013	1'301,847	4'046,915	3.1	34,516.9	9,743	1,312'758,577	324
2014	1'371,270	4'540,508	3.3	38,478.3	10,529	1,654'137,243	364
2015	1'145,519	3'711,666	3.2	37,963.1	9,994	1,394'496,103	376

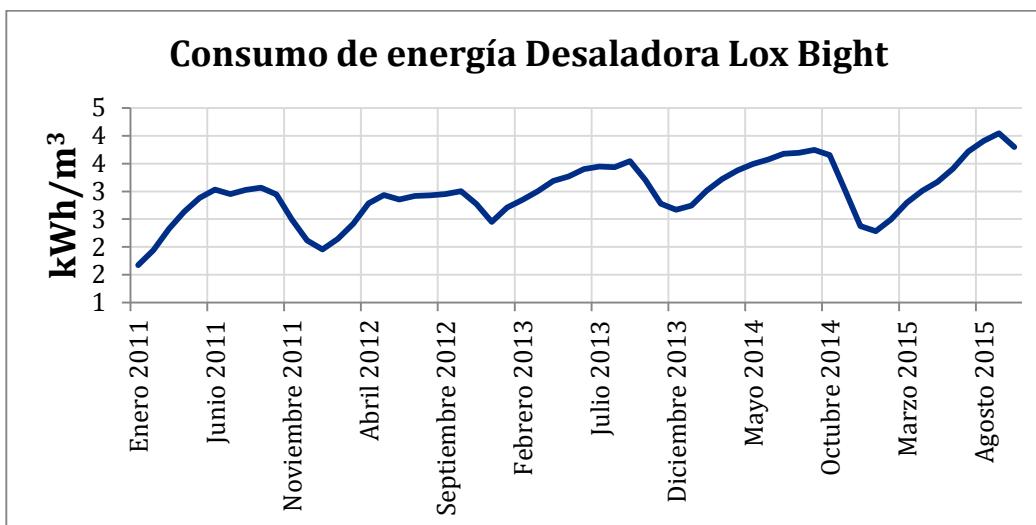
Fuente: PROACTIVA/Consultor

Dentro del mismo contexto, las Figura 7-34 a Figura 7-36, ilustran la variación puntual del consumo de energía asociado al comportamiento cíclico de los períodos presentados (Figura 7-34). Así como la proporcionalidad esperada entre la conductividad y cloruros vs el consumo energético asociado para la desalación del agua (Figura 7-35, Figura 7-36). Los valores que generan estas tendencias se presentan en el Anexo 7-15.

Los datos permiten observar que en los últimos dos años de operación de la desaladora cuando se han registrado valores de conductividad alrededor de los 38000 μS/cm y de alrededor de las 10000 ppm de cloruros, el consumo energético se ha mantenido alrededor de los 3.3 kw/m³ de agua producida, siendo ese el valor promedio máximo, aunque teniendo valores mensuales puntuales cercanos a los 44000 μS/cm de conductividad y sobre los 12200 mg/l de cloruros (Como se registró en los meses de julio a octubre 2015).

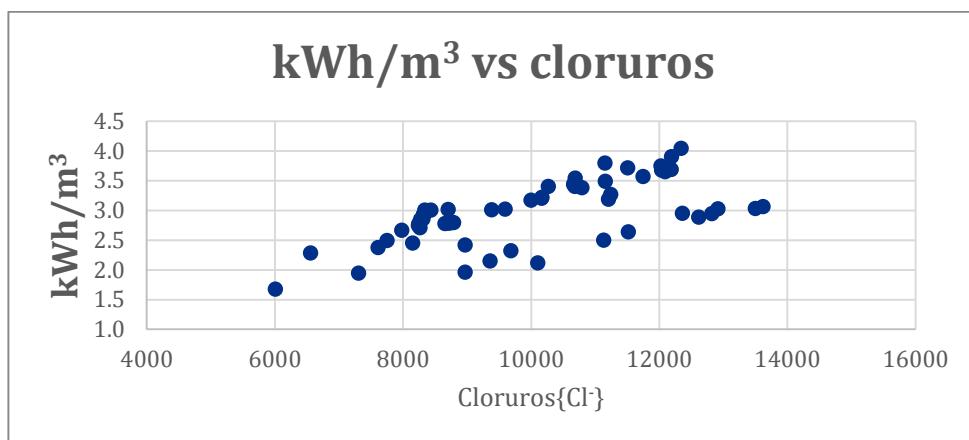
Se estima que aproximadamente alrededor de 2.5 a 3 kwh/m³, Según las propiedades del agua cruda, corresponderían al valor de energía para el paso de osmosis como tal, el balance de energía correspondería a la energía requerida para bombeos y para otras actividades en sitio tales como el laboratorio y la iluminación nocturna.

Figura 7-34 Consumo de energía desaladora Lox Bight



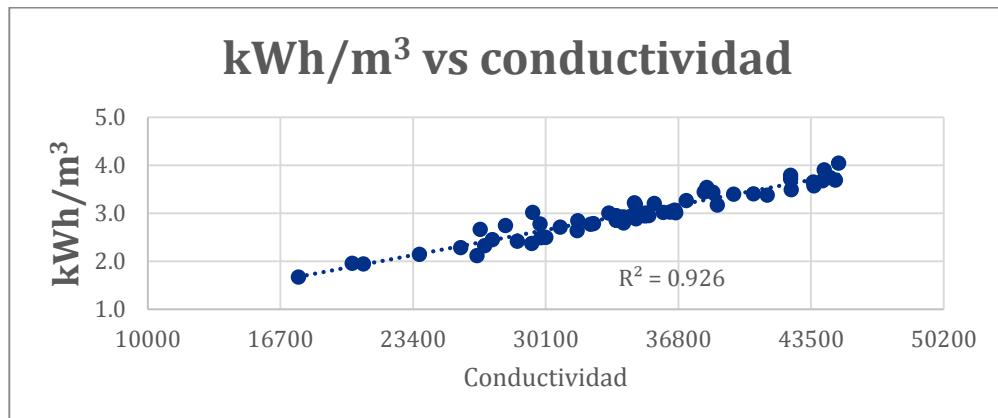
Fuente: PROACTIVA/Consultor

Figura 7-35 Consumo de energía Vs concentración de cloruros en agua cruda desaladora Lox Bight



Fuente: PROACTIVA/Consultor

Figura 7-36 Consumo de energía Vs conductividad en agua cruda desaladora Lox Bight



Fuente: PROACTIVA/Consultor

Como se describió en la osmosis, el sistema de recuperación de energía actual consiste en turbinas, cuyo desempeño puede superarse por otras tecnologías más eficientes para tal fin, como los intercambiadores de recuperación de energía, lo cual puede ser una alternativa interesante para optimizar el consumo energético en la desaladora

7.3.2.9 Consumo de productos químicos

La Tabla 7-50 presenta los consumos anuales de los tres productos químicos empleados en la operación de la desaladora, los cuales han sido esencialmente constantes en los últimos 3 años de operación de la planta.

Tabla 7-50 Consumo de reactivos desaladora Lox Bight

Año	Carbonato de sodio		Anti-incrustante		Hipoclorito de sodio	
	Cantidad total (kg)	Promedio carbonato/m ³	Cantidad total (kg)	Promedio Anti-incrustante/m ³	Cantidad total	Promedio hipoclorito/m ³
2013	11,185	0.009	5,474	0.004	2,474	0.0019
2014	11,401	0.008	5,360	0.004	2,639	0.0019
2015	10,314	0.009	5,469	0.005	2,175	0.0019

Fuente: PROACTIVA/Consultor

El carbonato de sodio y el hipoclorito de sodio se usan para la remineralización del agua desalada, en tanto el antincrustante se aplica a la entrada de las membranas de osmosis para la protección de estas. El Anexo 7-16 presenta los datos mensuales de consumo de estos productos químicos.

De acuerdo a la información suministrada por Proactiva la pureza y costo de estos productos se resume en la tabla a continuación.

Tabla 7-51 Costos de productos químicos usados en Lox Bight

Producto	Pureza comercial	Costo unitario
Carbonato de Sodio	sólido	\$2600/kg
Anti incrustante	Nd	ND*
Hipoclorito de Sodio	13%	\$8800/kg
*Nota importante: A la fecha de entrega del reporte se está a la espera de la información de costos del antiincrustante puesto en San Andres por parte de Proactiva.		

Fuente: PROACTIVA/Consultor

Los sistemas de dosificación descritos en la remineralización de la osmosis estas dimensionados para atender los requerimientos de un agua de producción de hasta 50 l/s.

7.3.2.10 Mantenimiento

Durante la visita se evidenció el funcionamiento de los dos skids de tratamiento, y en general la buena condición de los equipos e instalaciones en sitio.

Las labores de mantenimiento preventivo que se llevan a cabo en la planta desalinizadora "Lox Bight" se pueden clasificar en tres categorías. La primera corresponde al mantenimiento de los equipos electromecánicos de la planta que incluye la limpieza y desarme de las bombas de impulsión y de las moto bombas de flushing, cambio y engrase de rodamientos, revisión y cambio de aceite de chumaceras de las bombas de alta presión y la revisión de los sellos mecánicos de las bombas de impulsión.

La segunda categoría de mantenimiento preventivo corresponde a la de equipos y accesorios eléctricos de la planta que incluye la inspección y limpieza de los cofres de los variadores de las bombas de captación, de los variadores de frecuencia de las bombas, de los bujes de alta y baja tensión del transformador y la revisión de la iluminación de la planta.

Adicionalmente existe una tercera categoría de mantenimiento preventivo que abarca el mantenimiento y verificación de los equipos e instrumentos de control en cuyas labores se incluye la revisión de las señales de las válvulas actuadas eléctricamente, y la revisión y limpieza de los tableros de control.

Una revisión y análisis de los registros de mantenimiento efectuados en la desaladora en los últimos dos años se muestra y la información detallada de este programa y actividades de mantenimiento se presenta en el Anexo 7-22.

Dentro de la información recibida de proactiva no se evidencia registro de cambio de las membranas, lo que en principio evidencia la buena operación y mantenimiento de la desaladora,

7.4 Evaluación calidad del agua según el IRCA para datos históricos

Con el fin de ampliar y complementar el análisis de calidad de agua tratada (potable) de la isla, se utilizará el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para Consumo Humano (IRCA) recurriendo a información compilada por el instituto nacional de salud (INS).

La Tabla 7-33 presentada en el Anexo 7-21 recopila la información mensual disponible desde el año 2007 hasta el año 2013. En la tabla se indica el periodo, el número de muestras tomadas para el análisis, el IRCA y el nivel de riesgo asociado para ese periodo.

La clasificación del agua de acuerdo los valores del IRCA establecidos en el Artículo 15 de la Resolución 2115 de 2007, podría resumirse de la siguiente manera.

- El año 2007 (información disponible de julio a diciembre) muestra un mes con nivel de riesgo medio y los otros 5 meses sin riesgo.

- El año 2008 (información disponible de enero a diciembre) muestra un mes con nivel de riesgo medio, 5 meses con nivel de riesgo bajo y los otros 6 meses sin riesgo.
- El año 2009 (información disponible de enero a noviembre) muestra 2 meses con nivel de riesgo bajo y los otros 9 meses sin riesgo.
- El año 2010 (información disponible de enero a diciembre) muestra 3 meses con nivel de riesgo bajo y los otros 9 meses sin riesgo.
- El año 2011 (información disponible de enero a diciembre) muestra los 12 meses sin riesgo.
- El año 2012 (información disponible de enero a abril) muestra un mes con nivel de riesgo bajo y los otros 3 meses sin riesgo.
- El año 2013 (información disponible de enero a diciembre) muestra 1 mes con nivel de riesgo bajo y los otros 11 meses sin riesgo.

A partir del 2009, el nivel de riesgo ha sido catalogado esencialmente “SIN RIESGO” con algunas excepciones en donde ha sido catalogado con riesgo “BAJO”. Sin embargo, los últimos 3 años de registro ha disminuido notoriamente el nivel de riesgo mensual, logrando catalogarse como nivel “SIN RIESGO” en casi su totalidad. Por lo tanto, el agua disponible para el consumo humano, proveniente de la red de agua potable de la Isla de San Andrés, está en condiciones adecuadas para su consumo sin riesgos asociados a su calidad.

Sección 8.

DIAGNÓSTICO SISTEMA DE ACUEDUCTO

8.1 Operador del sistema

En el año 2005 la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios dando cumplimiento al Artículo 6.4 de la Ley 142 de 1984 y los Decretos 398 de 2002 y 1248 de 2004, entregó la prestación de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado a Aguas de San Andrés S.A. Debido a esto, Aguas de San Andrés mediante la realización de una licitación y una evaluación de proponentes, entregó a un operador especializado (Proactiva Aguas del Archipiélago S.A. E.S.P), el sistema de acueducto y alcantarillado de la isla de San Andrés.

Proactiva Aguas del Archipiélago S.A. E.S.P fue encargada de la operación del sistema por 15 años y la Unión Temporal PGP-CYDEP LTDA para la supervisión del mismo. Las partes se comprometieron a mantener la disponibilidad en el suministro de agua potable de manera continua en los sectores North End en los circuitos Centro, Hotelero y Sarie Bay en el sector de San Luis con presión mínima de 10 m.c.a en los días corrientes y con presión mínima de 5 m.c.a en los días de temporada alta.

8.2 Descripción general del sistema de acueducto

La población residente de la isla aprovechando los recursos disponibles, usa las aguas marinas, subterráneas y lluvias para su consumo y actividades diarias. En cuanto a las aguas subterráneas, a parte de los pozos concesionados por Coralina a la empresa prestadora del servicio de acueducto "Proactiva Aguas del Archipiélago S.A. E.S.P.", existen una gran cantidad de pozos de propiedad privada con permisos o si ellos, a través de los cuales la población se abastece de aguas subterráneas para actividades comerciales o personales. Estos sistemas generalmente cuentan con un pozo "barreno" excavado principalmente en el patio de las viviendas con una profundidad promedio de 6 metros, los cuales cuentan con un sistema de bombeo para la extracción del agua la cual que es almacenada en cisternas que se construyen en los patios o bajo la misma vivienda, que por lo general para una vivienda familiar puede tener un volumen de 10 m³. Este sistema de almacenamiento, por lo general, está igualmente conectado al sistema de acueducto, de tal manera que en las zonas donde la continuidad no es del 100%, en las horas en las cuales se habilita el flujo cada usuario almacena el agua potable en las cisternas.

A continuación se presenta un sistema típico de captación en una vivienda familiar:

Foto 8-1 Sistema de aprovechamiento de agua subterránea en vivienda


Pozo para extracción de agua subterránea



Sistema de bombeo para extracción de agua subterránea



Cisterna de almacenamiento



Sistema de bombeo a partir de la cisterna

Fuente: Consultor

Por otro lado, existen empresas que se dedican a la comercialización de agua embotellada o en carro tanques (agua cruda), que de igual manera utiliza la población principalmente para la preparación de alimentos.

En cuanto al aprovechamiento de agua lluvias, existen sistemas típicos compuestos por canaletas que captan las aguas lluvias de los tejados, las cuales son conducidas a tanques de almacenamiento desde donde se utilizadas finalmente por los usuarios.

Foto 8-2 Sistema típico de recolección de agua lluvias


Fuente: Consultor

El sistema de acueducto de la isla de San Andrés, cuenta con dos subsistemas: urbano y rural. A continuación se realizará una descripción general de cada uno de los sistemas y posteriormente se realizará un análisis específico de cada uno.

El sistema urbano localizado en la parte norte de la isla, presenta las siguientes características:

Captación y tratamiento: se realiza la captación de agua de mar subterránea provenientes de 4 pozos que tienen concesión de Coralina “Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina” (Resolución No 962 del 21 de Diciembre de 2006) donde la sumatoria de los cuatro pozos deberá tener una caudal máximo de 140 l/s durante un régimen de 24 horas. El caudal captado se conduce hacia la planta desalinizadora Lox Bight que cuenta con una capacidad de producción de 50 l/s.

Sistema de conducción: de la planta desalinizadora se conduce el agua tratada hacia un tanque de succión, desde el cual mediante un sistema de bombeo integrado por 3 bombas marca Grundfos con variador de velocidad, se conduce el agua hacia el Cliff a través de una tubería de 10" de diámetro de PVC por una longitud aproximada de 2158 metros.

Almacenamiento: el almacenamiento se lleva a cabo en los tanques del Cliff. En la actualidad el tanque No 2 se encuentra fuera de servicio debido a fallas estructurales. De esta manera, la capacidad activa es de 2339 m³, distribuidos en tres (3) tanques de la siguiente manera:

Tabla 8-1 Almacenamiento de agua subsistema urbano

Tanque #	Volumen (m ³)	Estado
Tanque 1	1750	En mantenimiento
Tanque 3	198,2	En operación
Tanque 4	391,5	En operación
Total	2339,7	

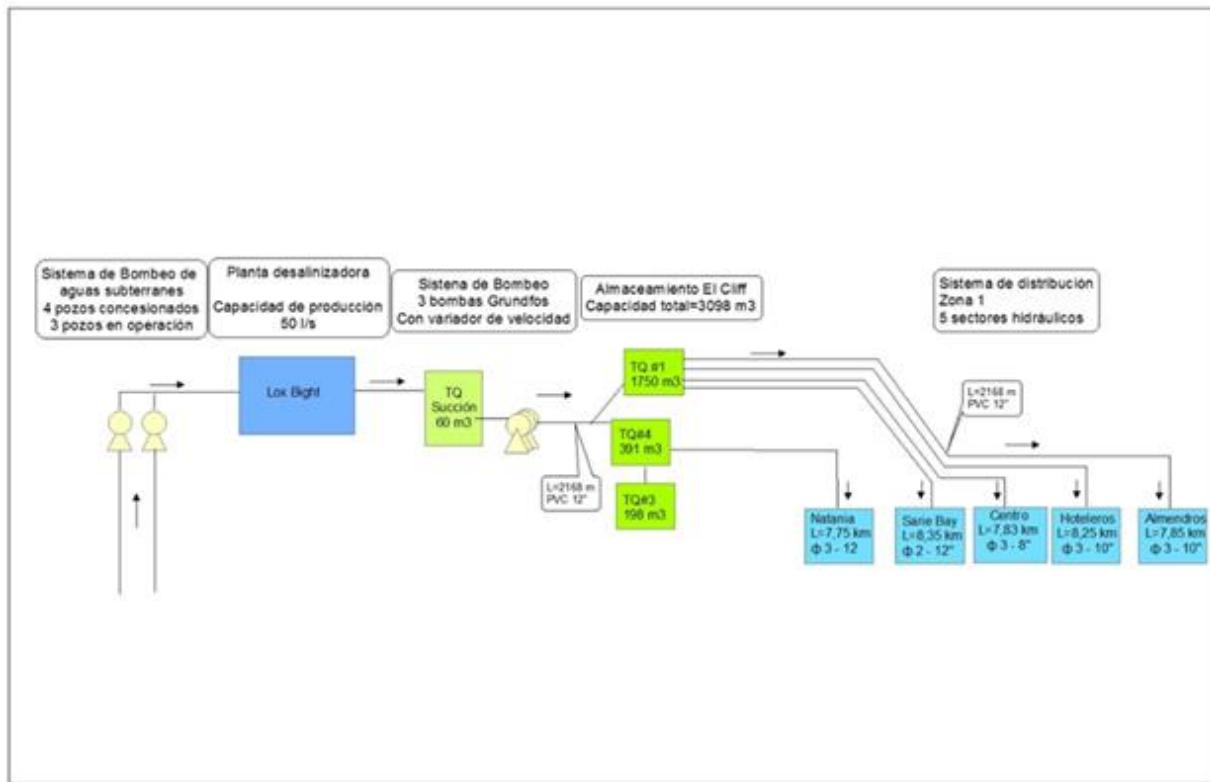
Fuente: PROACTIVA/Consultor

Todas las estructuras se encuentran comunicados entre sí por tuberías de 8" y 12" de diámetro en hierro fundido.

Sistema de distribución: el sistema de distribución del área urbana es conocido como el sector North End (Zona 1), el cual su vez esta subdividido en los siguientes 5 subsectores o circuitos:

- Hoteleros
- Centro – Residencial
- Almendros
- Natania
- Sarie bay

Figura 8-1 Mapa de procesos del sistema de acueducto urbano



Fuente: Consultor

El sistema rural localizado en la parte centro y sur de la isla, presenta las siguientes características:

Captación y tratamiento: se realiza la captación de agua dulce en 13 pozos de los 17 que tienen concesión con Coralina (Resolución 1051 de 9 de Diciembre de 2005) (ver ítem 7.3.1.1). El caudal captado se conduce por una red inter -pozos hacia el tanque de agua cruda localizado en la planta conocido como antiguo Duppy Gully, el cual tiene una capacidad de almacenamiento e 410 m³. A partir de este tanque se realiza un bombeo por medio de 3 bombas que envían el agua cruda a la planta de ablandamiento.

Sistema de conducción: el agua ablandada y potabilizada se almacena en el nuevo tanque Duppy Gully, a partir del cual mediante un sistema de bombeo constituido por 7 bombas se distribuye el agua a los siguientes tanques:

- La Loma, mediante una tubería de 10", longitud aproximada de 2948 metros.
 - La Loma – Cliff (Gravedad), mediante una tubería de 8", longitud aproximada de 2969 metros.
- San Luis, mediante una tubería de 6" de Hierro Fundido, longitud aproximada de 1370 metros.
- El Cove, mediante una tubería de 4" Hierro Fundido, longitud de 1098 metros.

Almacenamiento: para cada uno de los sectores a abastecer se cuenta con tanques de almacenamiento, con las siguientes capacidades:

Tabla 8-2 Almacenamiento de agua subsistema rural

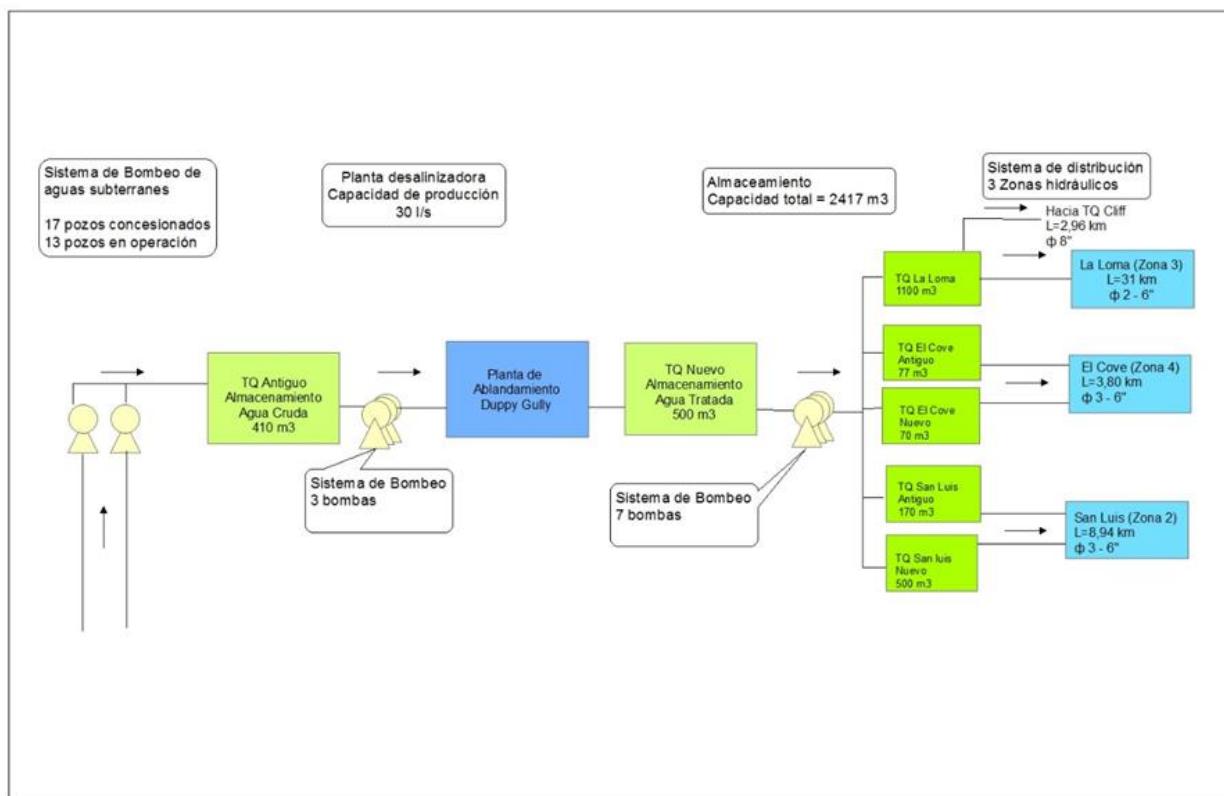
Tanque	Cantidad	Capacidad (m3)
La Loma	1	1100
San Luis	2	500 170
Cove	2	77 70

Fuente: Consultor

Sistema de distribución: el sistema de distribución del área rural abastece las siguientes áreas:

- La Loma (Zona 3): alimenta la parte norte, centro, occidente, sur de la Loma y parte norte de San Luis, con una longitud de distribución de 31 kms de tubería de PVC entre 2 y 6".
- San Luis (Zona 2). Abastece la parte central y sur de San Luis, con una longitud de redes de distribución de 8,94 kms en tuberías de PVC entre 3 y 6".

El Cove (Zona 4): Abastece la parte norte, centro y sur del sector del Cove, con una longitud de redes de distribución de 3,8 km en tubería de PVC entre 3" y 6".

Figura 8-2 Mapa de procesos del sistema de acueducto rural


Fuente: Consultor

8.3 Estaciones de bombeo

El sistema de acueducto posterior al proceso de potabilización cuenta con dos estaciones de bombeo, que tiene como principal objetivo impulsar el agua tratada de las plantas de tratamiento, hacia los sistemas de almacenamiento que permiten realizar una distribución hacia los usuarios por gravedad.

Los sistemas de bombeo no cuenta con un automatismo que permita el encendido o apagado de acuerdo con los niveles del tanque. En la actualidad hay un operador que es el encargado de estar verificando los niveles de los tanques y comunica al operador de las plantas la necesidad de encender los sistemas de bombeos. Se considera necesario mejorar el funcionamiento, mediante la automatización de los sistemas de bombeo con respecto a los niveles de los tanques, ya que permiten una operación más eficiente del sistema.

A continuación se identificaran las principales características de la infraestructura actual de cada una de las estaciones de bombeo. Las memorias de cálculo de la revisión de los sistemas de bombeo se presentan en el Anexo 8 - 1.

8.3.1 Sistema de bombeo Planta Desalinizadora (Lox Bight) – Tanques del Cliff

El agua desalinizada y potabilizada se conduce a través de una tubería de 6" de diámetro hacia el tanque de succión, el cual cuenta con dos compartimientos de las siguientes dimensiones: Largo=4.90 m, Ancho=4.8 m y una Altura efectiva = 1,90 m; presentando un volumen de almacenamiento de 89 m³.

El sistema de bombeo está compuesto por tres bombas marca Grundfos CR 90-3 con un caudal de 30 l/s y motor de 37 kW cada uno. Adicionalmente, cuenta con sensores de nivel en el tanque de succión, para facilitar el funcionamiento del sistema. De acuerdo con lo anterior, el sistema tiene una capacidad de bombeo de 60 l/s, asumiendo que la tercera bomba únicamente funciona como respaldo de las otras dos.

Con base en lo dispuesto en el RAS 2000, la evaluación de los sistemas de bombeo debe hacerse con el caudal máximo diario para bombeos de 24 horas. El caudal máximo diario actual estimado para la zona urbana corresponde a 182 l/s, el cual es superior la capacidad de bombeo, sin embargo, teniendo en cuenta que el caudal máximo de producción de la planta es de 50 l/s, no sería viable desde el punto de vista económico tener un sistema de bombeo con una capacidad superior.

Por lo anteriormente expuesto, la evaluación del sistema de bombeo se realizó con base a un caudal de 50 l/s.

Foto 8-3 Sistema de bombeo Planta desalinizadora – El Cliff



Múltiple de succión en 6" – Succión de la bomba 3"

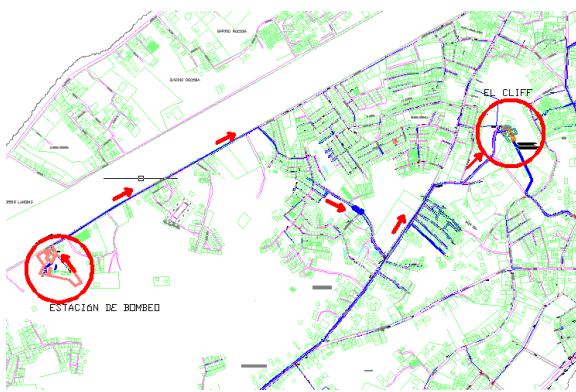


Múltiple de descarga en 6" – Descarga de la bomba 3"

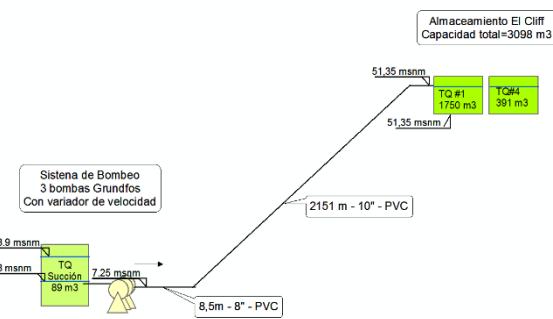
Fuente: Consultor

Con el objetivo de conocer si la capacidad del sistema de bombeo es suficiente para el transporte del caudal producido por la planta Lox Bight, se realizó un análisis para determinar el sistema de bombeo necesario para transportar un caudal de 50 l/s. De acuerdo con las siguientes condiciones:

Figura 8-3 Esquema de localización y de elevaciones



Esquema de localización en planta Estación de Bombeo – El Cliff



Esquema de elevaciones del sistema de bombeo

Fuente: Consultor

Con base en plano de redes del sistema y teniendo en cuenta los accesorios del sistema de bombeo, se realizó un cálculo aproximado de las pérdidas por fricción en tuberías y perdidas menores por accesorios, en la succión, descarga e impulsión del sistema. A continuación se presentan los resultados del análisis de diámetros de succión y descarga, análisis de pérdidas, la altura dinámica total necesaria y la potencia total calculada.

Figura 8-4 Análisis hidráulico del sistema requerido Lox Bigh – El Cliff

DIÁMETRO DE IMPULSIÓN										
PROYECTO: NIVEL DE COMPLEJIDAD: HORAS DE BOMBEO: No DE EQUIPOS: TOTAL EQUIPOS: CAUDAL POR EQUIPO:		SAI								
Q bombeo	DIÁMETRO TUBERIA SUCCIÓN (mm/pulg)/Velocidad (m/s)					DIÁMETRO TUBERIA IMPULSION (mm/pulg)/Velocidad (m/s)				
	Diametro mm/pulg	Diametro mm/pulg	Diametro mm/pulg	Diametro mm/pulg	Diametro mm/pulg	Diametro mm/pulg	Diametro mm/pulg	Diametro mm/pulg	Diametro mm/pulg	Diametro mm/pulg
x equipo	50	80	150	200	250	150	200	250	315	350
lps	2	3	6	8	10	6	8	10	12	14
50,00	25,46 m/s	9,95 m/s	2,83 m/s	1,59 m/s	1,02 m/s	2,83 m/s	1,59 m/s	1,02 m/s	0,64 m/s	0,52 m/s
Vel max m/s RAS B.8.5.6	0,75 m/s	1,00 m/s	1,45 m/s	1,60 m/s	1,60 m/s	0,00 m/s	-	6,00 m/s		
Multiple de succión 150 mm 2,83 m/s										
Multiple de impulsión 250 mm 1,59 m/s										

EQUIPO DE BOMBEO

PROYECTO:	
TEMPERATURA DEL FLUIDO	20 °C
VISCOSIDAD ABSOLUTA AGUA	0,001005 Pa*s
DENSIDAD DEL FLUIDO	998,2 kg/m³
LONGITUD TUBERIA	2159,9 m
	100%

Multiple de succión	Caudal	50,00 lps
	Diametro	150 mm
	Hf =	4,43
Multiple de impulsión individual	Caudal	30,00 lps
	Diametro	80 mm
	Hf =	3,45
Multiple Empalme de Conducción	Caudal	50,00 lps
	Diametro	150 mm
	Hf =	2,02
Línea de impulsión	Caudal	50,00 lps
	Diametro	200 mm
	Hf =	0,61
Línea de impulsión	Caudal	50,00 lps
	Diametro	250 mm
	Hf =	8,74
Multiple de llegada al tanque	Hf =	0,22

Altura Estática	Altura de perdida por fricción+menores		Hf =	18,85
	Inicio	Llegada		
- Cota de Terreno	7,00 m		Velocidad =	1,02 m/s
- Cota eje de bomba	7,50 m			0,05 m
- Cota mínima de succión	8,90 m		C. Velocidad =	0,50 m
- Cota de entrega		51,35 m		
- Cota de máxima altura				
- Presión a la llegada		1,00 m		
- Cota cálculo estático	7,00 m	52,35 m	H. Estática =	45,35 m

ALTURA DINÁMICA TOTAL	HDT =	64,70 m
-----------------------	-------	---------

POTENCIA TOTAL DEL SISTEMA

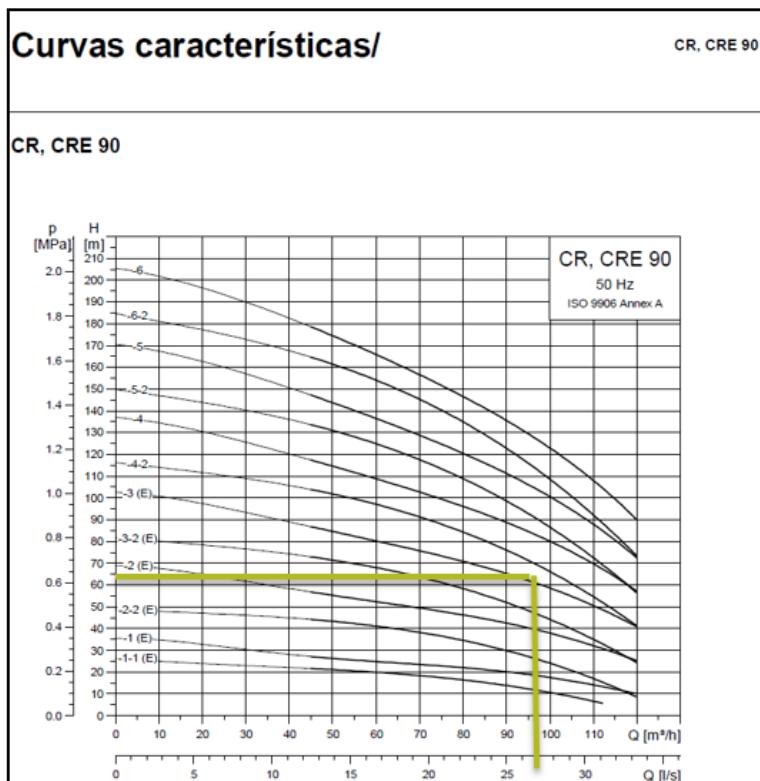
Diámetro de la alternativa	250 mm
Caudal Total del sistema	50,00 lps
Altura dinámica calculada	64,70 m
Eficiencia asumida	75%
Potencia Total del sistema	42,24 Kw
Potencia total calculada en HP	56,64 HP

Fuente: Consultor

Los resultados preliminares obtenidos del sistema necesario para el transporte de un caudal de 50l/s desde la estación de bombeo de la planta desalinizadora hasta los tanques del Cliff, muestran que se presentan unas perdidas en la tubería (fricción y menores) de aproximadamente 18,85 metros, con lo que se obtiene una cabeza dinámica total de 64,70 metros con una potencia de 42,24 kW (56,65 HP).

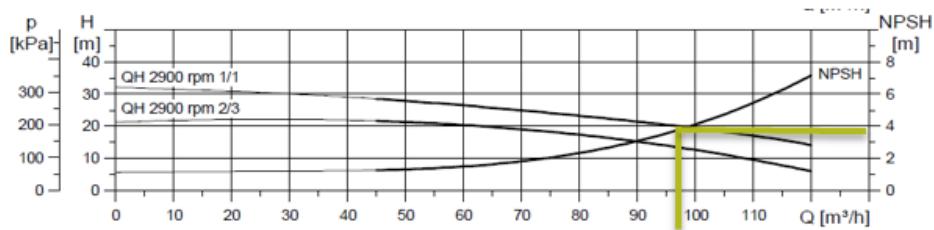
De acuerdo con las curvas de la bombas que actualmente se encuentra instaladas, cada una de estas bombas están podrían estar impulsando un caudal de 27 l/s para vencer la altura dinámica total calculada de 64,70 m. Adicionalmente se obtiene un NPSH requerido de 4.28 m. Estos resultados son netamente teóricos y serán validados de ser necesario en la etapa de estudios complementarios.

Figura 8-5 Curva de la bomba CR90-3



Fuente: Catálogo Grundfos. Bombas centrífugas multicelulares verticales.

Figura 8-6 Curva de NPSH requerido



Fuente: Catálogo Grundfos. Bombas centrífugas multicelulares verticales.

Con base en los resultados obtenidos se realizó una comparación del sistema requerido y del sistema instalado:

Tabla 8-3 Comparación de cumplimiento de parámetros El Cliff

Parámetro	RAS	Requerido	Instalado	Cumple/No cumple
Caudal m3/h		180	216	Cumple
Cabeza dinámica total (m)		64,70	68	Cumple
Potencia kW		42	37x2	Cumple

Parámetro	RAS	Requerido	Instalado	Cumple/No cumple
NPSH		4.28	4	Cumple
Velocidad succión	1,45 m/s		2,83 m/s	No Cumple
Velocidad impulsión	6,00 m/s		1,02 m/s	Cumple

Fuente: Consultor

De lo anterior se concluye preliminarmente lo siguiente:

- Se identificó una pequeña fuga en el sistema de bombeo (Bomba central) tal y como puede observarse en la Foto 8-3 esta deberá ser analizada con mayor detenimiento para identificar su solución.
- La velocidad en la tubería de succión supera el valor recomendado por RAS, sin embargo, el análisis de cavitación mediante el NPSH, muestra que el NPSH requerido (4.28 m) por la bomba es inferior al NPSH disponible (4 m). De acuerdo con lo anterior, bajo las condiciones actuales de funcionamiento no existen problemas de cavitación en la tubería, por lo que no se hace necesario el cambio de la misma.

8.3.2 Sistema de bombeo Duppy Gully – Tanques

El sistema de bombeo de agua potable de la planta de tratamiento Duppy Gully, está compuesto por 7 bombas centrífugas con variador de velocidad marca Grundfos, que tiene como objetivo conducir el agua tratada a los tanques de almacenamiento La Loma, San Luis y El Cove. A continuación se presentan las principales características de cada una de las bombas:

- **Duppy Gully - La Loma:** Cuenta con tres bombas Grundfos CR 90-3 con un caudal de 30 l/s cada una con un motor Siemens de 7,5 kW. La longitud aproximada de conducción es de 3 km en tubería de 10" de diámetro de PVC.
 - Cota sistema de bombeo = 22 msnm
 - Cotas Tanque La Loma
 - Cota superior = 92,61 msnm
 - Cota nivel de agua = 92,31 msnm
 - Cota fondo = 88,84 msnm

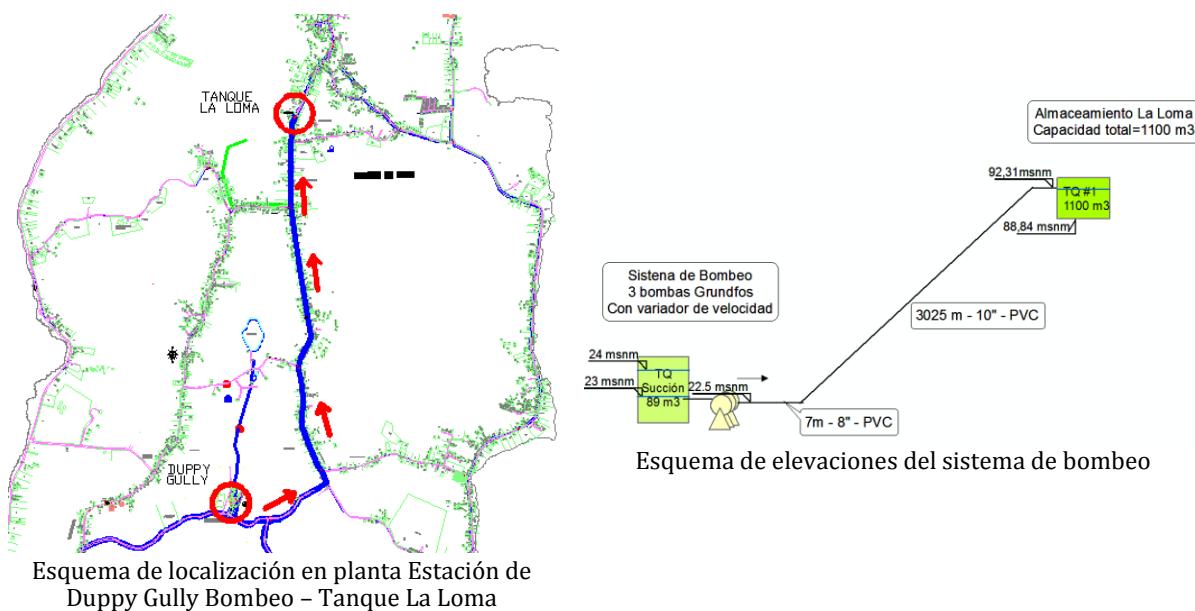
Teniendo en cuenta el mismo criterio utilizado para el sistema de bombeo de la planta desalinizadora, la capacidad de bombeo actual instalada es de 60 l/s. Ligeramente inferior al caudal máximo diario estimado para el sector de la Loma (64 l/s).

Con el objetivo de conocer las actuales condiciones de operación y de las características del sistema requeridas, se realizó un análisis para determinar el sistema de bombeo necesario para transportar

un caudal de 30,56 l/s, el cual es obtenido a partir del tiempo de llenado del tanque, que de acuerdo a la información entregada por Proactiva corresponde a 10 horas.

Si bien se considera que 10 horas es un tiempo muy alto comparado con el sistema de bombeo que se tiene instalado, este se genera por el bajo caudal de producción de la planta, el cual obviamente limita el caudal de bombeo.

Figura 8-7 Esquema de localización y de elevaciones



Fuente: Consultor

Con base en plano de redes del sistema y teniendo en cuenta los accesorios del sistema de bombeo, se realizó un cálculo aproximado de las pérdidas por fricción en tuberías y perdidas menores por accesorios, en la succión, descarga e impulsión del sistema. A continuación se presentan los resultados del análisis de diámetros de succión y descarga, análisis de pérdidas, la altura dinámica total necesaria y la potencia total calculada.

Figura 8-8 Análisis hidráulico del sistema requerido Duppy Gully – La Loma

DIAMETRO DE IMPULSIÓN

PROYECTO: NIVEL DE COMPLEJIDAD: HORAS DE BOMBEO: No DE EQUIPOS: TOTAL EQUIPOS: CAUDAL POR EQUIPO:	SAI 24 3 3 3
--	-------------------------------------

Q bombeo	DIAMETRO TUBERIA SUCCION (mm/pulg)/Velocidad (m/s)					DIAMETRO TUBERIA IMPULSION (mm/pulg)/Velocidad (m/s)				
	Diametro mm/pulg	Diametro mm/pulg	Diametro mm/pulg	Diametro mm/pulg	Diametro mm/pulg	Diametro mm/pulg	Diametro mm/pulg	Diametro mm/pulg	Diametro mm/pulg	Diametro mm/pulg
x equipo	50	80	150	200	250	150	200	250	315	350
lps	2	3	6	8	10	6	8	10	12	14
30,56	15,56 m/s	6,08 m/s	1,73 m/s	0,97 m/s	0,62 m/s	1,73 m/s	0,97 m/s	0,62 m/s	0,39 m/s	0,32 m/s
Vel max m/s RAS B.8.5.6	0,75 m/s	1,00 m/s	1,45 m/s	1,60 m/s	1,60 m/s		0,00 m/s	-	6,00 m/s	

EQUIPO DE BOMBEO

PROYECTO: TEMPERATURA DEL FLUIDO VISCOSIDAD ABSOLUTA AGUA DENSIDAD DEL FUIDO LONGITUD TUBERIA	20 °C 0,001005 Pa's 998,2 kg/m3 3025 m 100%
--	--

Multiple de succión	Caudal	30,56 lps
	Diametro	150 mm
Multiple de impulsión individual	Hf =	1,66
	Caudal	30,56 lps
Multiple Empalme de conducción	Diametro	80 mm
	Hf =	3,58
Línea de impulsión Multiple de llegada al tanque	Caudal	30,56 lps
	Diametro	150 mm
	Hf =	0,75
	Caudal	30,56 lps
	Diametro	250 mm
	Hf =	4,47
	Hf =	0,08

Altura Estática	Inicio	Llegada	Altura de perdida por fricción+menores	Hf =	10,54
- Cota de Terreno	22,00 m		Velocidad =		0,62 m/s
- Cota eje de bomba	22,50 m				0,02 m
- Cota mínima de succión	24,00 m		C. Velocidad =		0,50 m
- Cota de entrega		92,31 m			
- Cota de máxima altura					
- Presión a la llegada		1,00 m			
- Cota cálculo estático	22,00 m	93,31 m	H. Estática =		71,31 m
ALTURA DINÁMICA TOTAL			HDT =		82,35 m

POTENCIA TOTAL DEL SISTEMA	250 mm
Diámetro de la alternativa	30,56 lps
Caudal Total del sistema	82,35 m
Altura dinámica calculada	75%
Eficiencia asumida	32,86 Kw
Potencia Total del sistema	44,06 HP
Potencia total calculada en HP	

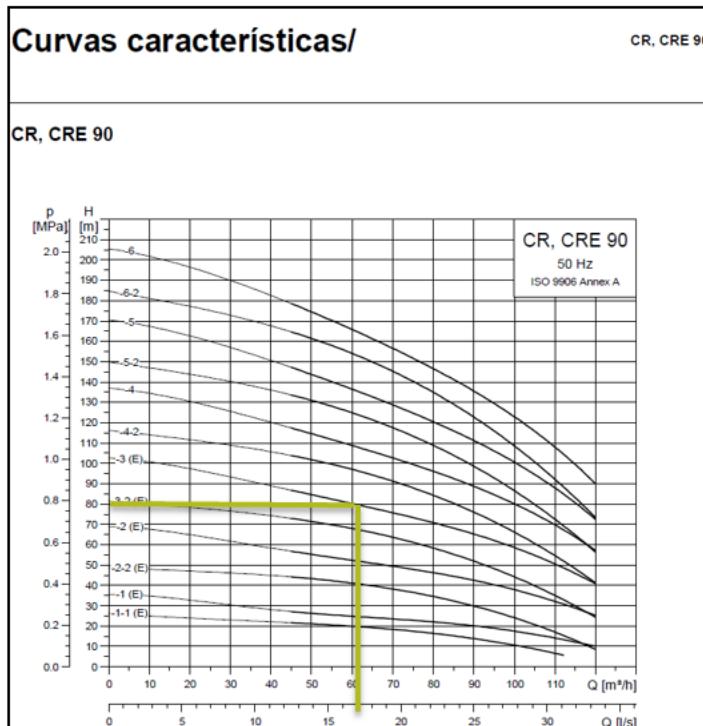
Fuente: Consultor

Los resultados preliminares obtenidos del sistema necesario para el transporte de un caudal de 38,19l/s desde la estación de bombeo de la Duppy Gully hasta el tanque La Loma, muestran que se

presentan unas perdidas en la tubería (fricción y menores) de aproximadamente 17,03 metros (0,0056 m/m), con lo que se obtiene una altura dinámica total de 88,01 metros y una potencia de 43,88 kW (58,85 HP).

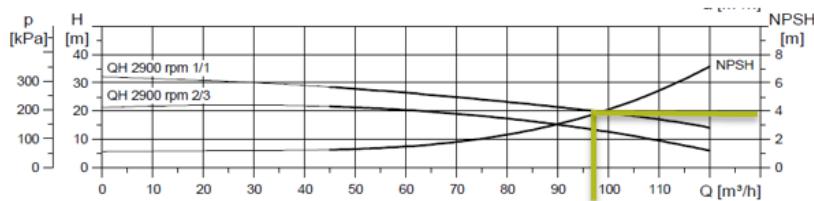
Teniendo en cuenta que este sistema corresponde al mismo instalado en la estación de bombeo de la desalinizadora, a continuación se presenta el punto de operación bajo las actuales condiciones:

Figura 8-9 Curva de la bomba CR90-3



Fuente: Catálogo Grundfos. Bombas centrífugas multicelulares verticales.

Figura 8-10 Curva de NPSH requerido



Fuente: Catálogo Grundfos. Bombas centrífugas multicelulares verticales.

Con base en los resultados obtenidos se realizó una comparación del sistema requerido y del sistema instalado:

Tabla 8-4 Comparación de cumplimiento de parámetros - Sector La Loma

Parámetro	RAS	Requerido	Instalado	Cumple/No cumple
Cabeza dinámica total (m)		88,01	90	Cumple
Potencia kW		32	37x2	Cumple
NPSH		4,28	4	Cumple
Velocidad succión	1,45 m/s		2,22 m/s	No Cumple
Velocidad impulsión	6,00 m/s		0,80 m/s	Cumple

Fuente: Consultor

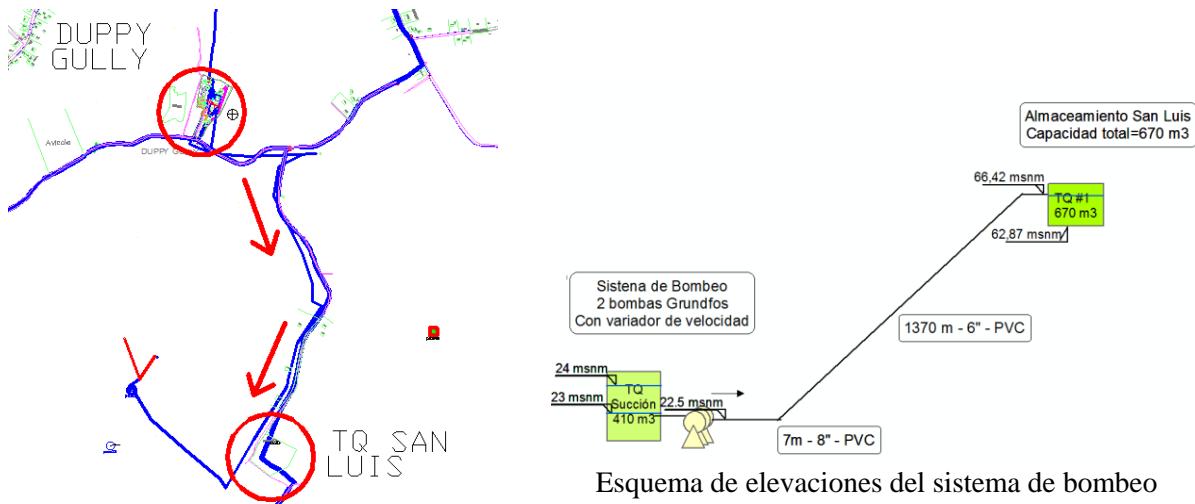
- La velocidad en la tubería de succión supera el valor recomendado por RAS, sin embargo, el análisis de cavitación mediante el NPSH, muestra que el NPSH requerido (4.28 m) por la bomba es inferior al NPSH disponible (4 m).
- De acuerdo a la información topográfica existente, cada una de las bombas está trabajando con un caudal de 17 l/s, situándose al costado izquierdo de la curva características, lo cual indica una baja eficiencia de alrededor de 70%.

- **Duppy Gully - San Luis:** Este sistema cuenta con dos bombas marca Grundfos CR 90-2 con un caudal de 22,8 l/s y motores Siemens de 7,5 kW. La longitud de conducción aproximada es de 1.3 km en tubería de 6" de PVC.
 - Cota sistema de bombeo = 22 msnm
 - Cotas Tanque San Luis
 - Cota superior = 66,72 msnm
 - Cota nivel de agua = 66,42 msnm
 - Cota fondo = 62,87 msnm

Para este caso, la capacidad de bombeo actual instalada corresponde a 22,8 l/s, caudal superior al caudal máximo diario estimado para el sector de San Luis (16 l/s).

Sin embargo, con el objetivo de conocer las actuales condiciones de operación y de las características del sistema requeridas, se realizó un análisis para determinar el sistema de bombeo necesario para transportar un caudal de 23 l/s, el cual es obtenido a partir del tiempo de llenado del tanque, que de acuerdo a la información entregada por Proactiva corresponde a 6 horas.

Figura 8-11 Esquema de localización y de elevaciones



Esquema de localización en planta Estación de Duppy Gully Bombeo – Tanque San Luis

Fuente: Consultor

A continuación se presentan los resultados del análisis de diámetros de succión y descarga, análisis de pérdidas, la altura dinámica total necesaria y la potencia total calculada.

Figura 8-12 Análisis hidráulico del sistema requerido Duppy Gully – San Luis

DIAMETRO DE IMPULSION									
PROYECTO: NIVEL DE COMPLEJIDAD: HORAS DE BOMBEO: No DE EQUIPOS: TOTAL EQUIPOS: CAUDAL POR EQUIPO:		SAI							
		24							
		3							
		3							
		3							
Q bombeo		DIAMETRO TUBERIA SUCCION (mm/pulg)/Velocidad (m/s)				DIAMETRO TUBERIA IMPULSION (mm/pulg)/Velocidad (m/s)			
		Diametro mm/pulg	Diametro mm/pulg	Diametro mm/pulg	Diametro mm/pulg	Diametro mm/pulg	Diametro mm/pulg	Diametro mm/pulg	Diametro mm/pulg
x equipo lps		50 2	80 3	100 4	200 8	250 10	150 6	200 8	250 10
23,26		11,85 m/s	4,63 m/s	2,96 m/s	0,74 m/s	0,47 m/s	1,32 m/s	0,74 m/s	0,47 m/s
Vel max m/s RAS B.8.5.6		0,75 m/s	1,00 m/s	1,30 m/s	1,60 m/s	1,60 m/s	0,00 m/s	-	6,00 m/s

EQUIPO DE BOMBEO

PROYECTO:	
TEMPERATURA DEL FLUIDO	20 °C
VISCOSIDAD ABSOLUTA AGUA	0,001005 Pa*s
DENSIDAD DEL FLUIDO	998,2 kg/m3
LONGITUD TUBERIA	1370 m
	100%

Multiple de succión

Multiple de impulsión individual Multiple Empalme de Conducción

Línea de impulsión Multiple de llegada al tanque

Caudal	23,26 lps
Diametro	150 mm
Hf =	0,96
Caudal	23,26 lps
Diametro	100 mm
Hf =	0,85
Hf =	2,21
Caudal	23,26 lps
Diametro	150 mm
Hf =	8,93
Hf =	0,39

Altura Estatica

Altura de perdida por fricción+menores Hf =

	Inicio	Llegada	Velocidad =	1,32 m/s
- Cota de Terreno	22,00 m			0,09 m
- Cota eje de bomba	22,50 m			
- Cota mínima de succión	24,00 m		C. Velocidad =	0,50 m
- Cota de entrega		66,42 m		
- Cota de máxima altura				
- Presión a la llegada		1,00 m		
- Cota cálculo estático	22,00 m	67,42 m	H. Estática =	45,42 m

ALTURA DINÁMICA TOTAL HDT =

POTENCIA TOTAL DEL SISTEMA

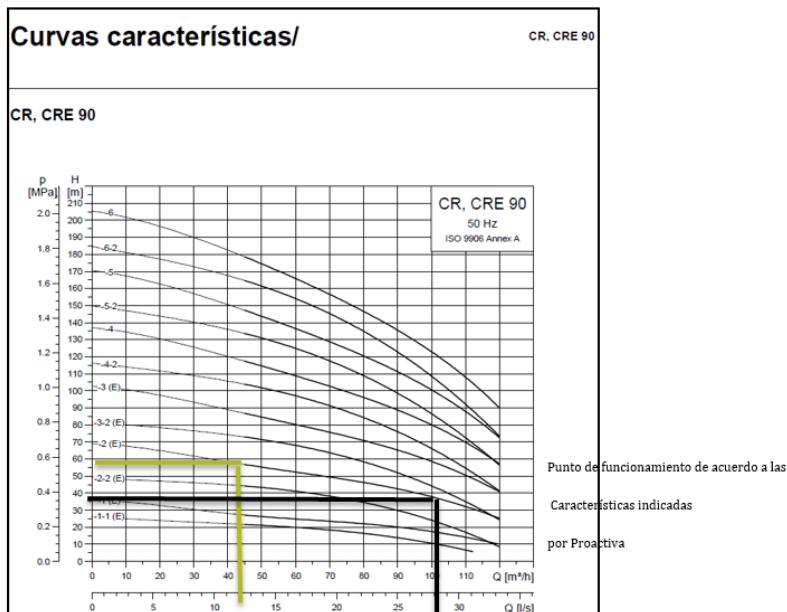
Diámetro de la alternativa	150 mm
Caudal Total del sistema	23,26 lps
Altura dinámica calculada	59,26 m
Eficiencia asumida	75%
Potencia Total del sistema	18,00 Kw
Potencia total calculada en HP	24,13 HP

Fuente: Consultor

Los resultados preliminares obtenidos del sistema necesario para el transporte de un caudal de 23,26l/s desde la estación de bombeo de la Duppy Gully hasta el tanque San Luis, muestran que se presentan unas perdidas en la tubería (fricción y menores) de aproximadamente 17,70 metros (0,012 m/m), con lo que se obtiene una altura dinámica total de 63,62 metros y una potencia de 19,32 kW (25,91 HP).

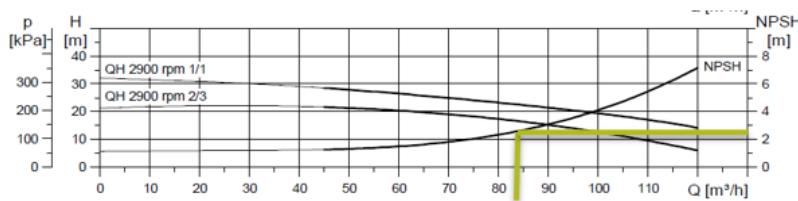
Teniendo en cuenta la referencia de las bombas instaladas (CR 90-2), a continuación se presenta el punto de operación bajo las actuales condiciones:

Figura 8-13 Curva de la bomba CR90-2



Fuente: Catálogo Grundfos. Bombas centrífugas multicelulares verticales.

Figura 8-14 Curva de NPSH requerido



Fuente: Catálogo Grundfos. Bombas centrífugas multicelulares verticales.

Tabla 8-5 Comparación de cumplimiento de parámetros – Sector San Luis

Parámetro	RAS	Requerido	Instalado	Cumple/No cumple
Cabeza dinámica total (m)		59,26	68	Cumple
Potencia kW		18	22,5x2	Cumple
NPSH		7.83	2	Cumple
Velocidad succión	1,45 m/s		2,96 m/s	No Cumple
Velocidad impulsión	6,00 m/s		1,32 m/s	Cumple

Fuente: Consultor

De lo anterior se concluye preliminarmente lo siguiente:

- De acuerdo con el cálculo teórico de altura dinámica total requerida por el sistema, en la actualidad cada bomba estaría entregando un caudal aproximado de 12 l/s, lo cual podría estar ocasionando que deban trabajar las dos bombas al tiempo y con una baja eficiencia. Sin embargo, se hace necesario confirmar las elevaciones del sistema de bombeo y el

tanque San Luis. Esta condición de operación, será verificada en campo en la etapa de estudios complementarios mediante mediciones de caudal y nivel en el tanque.

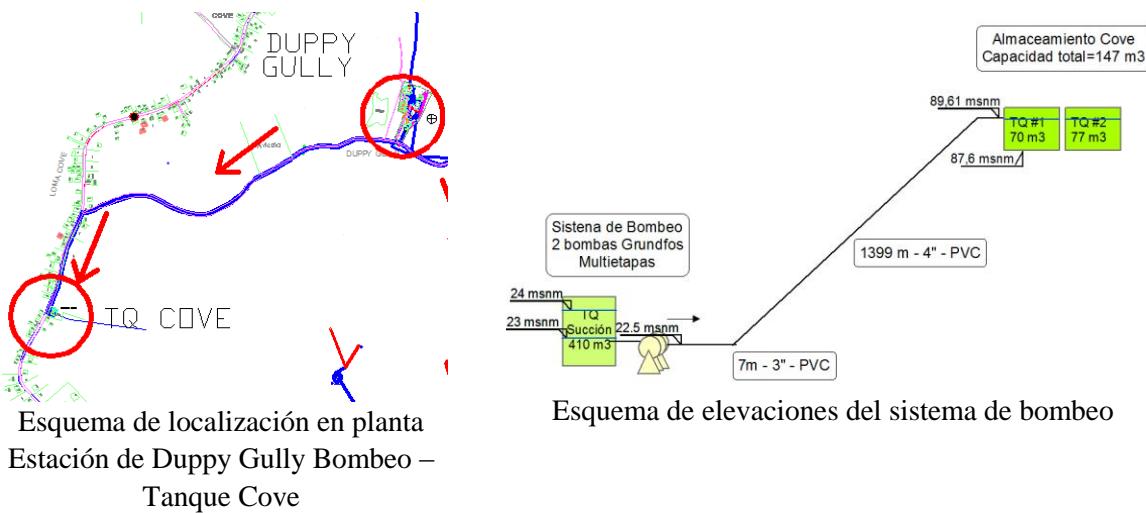
- La velocidad en la tubería de succión supera el valor recomendado por RAS, sin embargo, el análisis de cavitación mediante el NPSH, muestra que el NPSH requerido (7.83 m) por la bomba es inferior al NPSH disponible (2 m). De acuerdo con lo anterior, bajo las condiciones actuales de funcionamiento no existen problemas de cavitación en la tubería, por lo que no se hace necesario el cambio de la misma.

- **Duppy Gully - Cove:** El sistema cuenta con dos bombas marca Grundfos multietapas CR 15-05 con un caudal de 5,5 l/s con motores Siemens de 7,5 kW, la longitud de conducción aproximada es de 1.2 km en tubería de 4" de PVC.
 - Cota sistema de bombeo = 22 msnm
 - Cotas Tanque Cove
 - Cota superior = 89,91 msnm
 - Cota nivel de agua = 89,61 msnm
 - Cota fondo = 86,06 msnm

Para este caso, la capacidad de bombeo actual instalada corresponde a 5,5 l/s, caudal superior al caudal máximo diario estimado para el sector de Cove (4,6 l/s).

Se realizó un análisis para determinar el sistema de bombeo necesario para transportar un caudal de 5,10 l/s, el cual es obtenido a partir del tiempo de llenado del tanque, que de acuerdo a la información entregada por Proactiva corresponde a 8 horas.

Figura 8-15 Esquema de localización y de elevaciones



Fuente: Consultor

A continuación se presentan los resultados del análisis de altura dinámica total requerida y de la potencia del sistema.

Figura 8-16 Análisis hidráulico del sistema requerido

DIAMETRO DE IMPULSIÓN

PROYECTO: NIVEL DE COMPLEJIDAD: HORAS DE BOMBEO: No DE EQUIPOS: TOTAL EQUIPOS: CAUDAL POR EQUIPO:	SAI 24 3 3 3 3
Q bombeo	DIAMETRO TUBERIA SUCCION (mm/pulg)/Velocidad (m/s)
x equipo lps	Diametro mm/pulg 80 3 80 3 200 8 250 10 100 4 200 8 250 10 315 12 350 14
5,10	2,60 m/s 1,01 m/s 1,01 m/s 0,16 m/s 0,10 m/s 0,65 m/s 0,16 m/s 0,10 m/s 0,07 m/s 0,05 m/s
Vel max m/s RAS B.8.5.6	0,75 m/s 1,00 m/s 1,00 m/s 1,60 m/s 1,60 m/s 0,00 m/s -

EQUIPO DE BOMBEO

PROYECTO: TEMPERATURA DEL FLUIDO VISCOSIDAD ABSOLUTA AGUA DENSIDAD DEL FLUIDO LONGITUD TUBERIA	20 °C 0,001005 Pa*s 998,2 kg/m³ 1399 m 100%
--	---

Multiple de succión	Caudal 5,10 lps
Multiple de Impulsión individual	Diametro 80 mm
	Hf = 0,60
	Hf = 0,10
Multiple Empalme de Conducción	Caudal 5,10 lps
Línea de impulsión	Diametro 100 mm
	Hf = 0,11
Multiple de llegada al tanque	Hf = 6,18

Altura Estática		Altura de perdida por fricción+menores		Hf =	7,10
		Inicio	Llegada		
-	Cota de Terreno	22,00 m		Velocidad =	0,65 m/s
-	Cota eje de bomba	22,50 m			0,02 m
-	Cota mínima de succión	24,00 m		C. Velocidad =	0,50 m
-	Cota de entrega		89,61 m		
-	Cota de máxima altura				
-	Presión a la llegada		1,00 m		
-	Cota cálculo estático	22,00 m	90,61 m	H. Estática =	68,61 m

ALTURA DINÁMICA TOTAL	HDT =	76,21 m
-----------------------	-------	---------

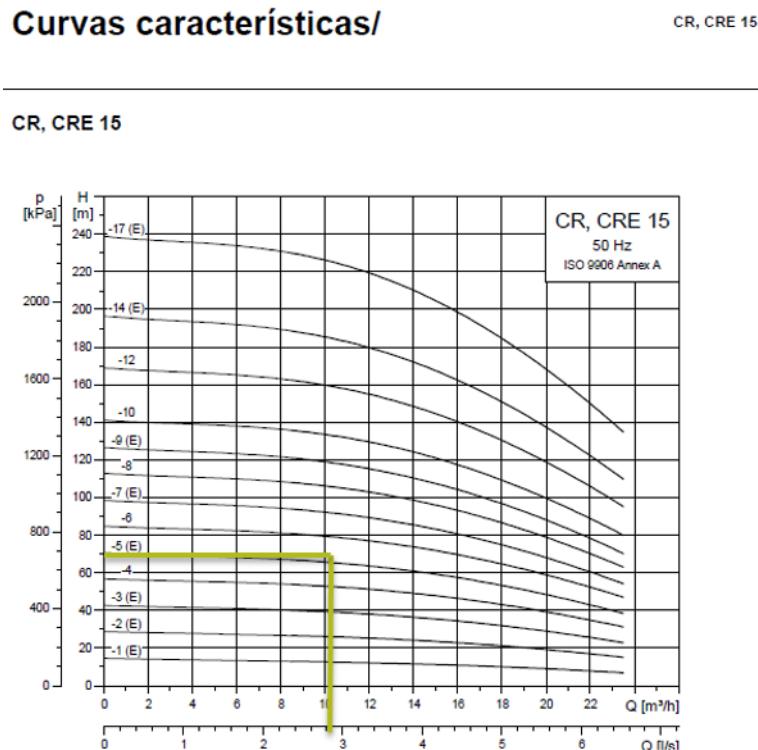
POTENCIA TOTAL DEL SISTEMA	Diámetro de la alternativa Caudal Total del sistema Altura dinámica calculada Eficiencia asumida Potencia Total del sistema Potencia total calculada en HP	100 mm 5,10 lps 76,21 m 75% 5,07 Kw 6,81 HP
----------------------------	---	--

Fuente: Consultor

Los resultados preliminares obtenidos del sistema necesario para el transporte de un caudal de 5,10/s desde la estación de bombeo de la Duppy Gully hasta el tanque Cove, muestran que se presentan unas perdidas en la tubería (fricción y menores) de aproximadamente 7,10 metros (0,0050 m/m), con lo que se obtiene una altura dinámica total de 76,21 metros y una potencia de 5,07 kW (6,81 HP).

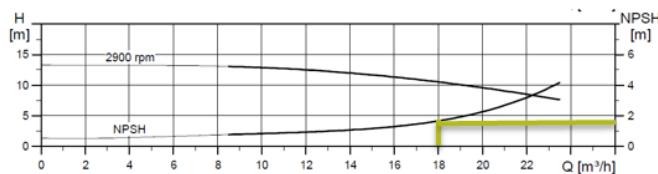
De acuerdo a la referencia de los equipos, a continuación se presenta el punto de operación actual en la curva característica de las bombas de acuerdo al análisis preliminar de altura dinámica total.

Figura 8-17 Curva de la bomba CR15-5



Fuente: Catálogo Grundfos. Bombas centrífugas multicelulares verticales.

Figura 8-18 Curva de NPSH requerido



Fuente: Catálogo Grundfos. Bombas centrífugas multicelulares verticales.

Tabla 8-6 Comparación de cumplimiento de parámetros

Parámetro	RAS	Requerido	Instalado	Cumple/No cumple
Cabeza dinámica total (m)		76,21	58	Cumple
Potencia kW		5	5x2	Cumple
NPSH		7,83	1,8	Cumple
Velocidad succión	1,45 m/s		1,01 m/s	No Cumple
Velocidad impulsión	6,00 m/s		0,65 m/s	Cumple

Fuente: Consultor

De lo anterior se concluye preliminarmente lo siguiente:

- De acuerdo con el cálculo de altura dinámica total requerida por el sistema, en la actualidad una sola bomba estaría impulsando un caudal aproximado de 2,9 l/s, lo cual podría estar ocasionando que deban trabajar las dos bombas al tiempo y con una baja eficiencia. Sin embargo, se hace necesario confirmar las elevaciones del sistema de bombeo y el tanque Cove. Esta condición de operación, será verificada en campo en la etapa de estudios complementarios mediante mediciones de caudal y nivel en el tanque.

8.3.3 Mediciones en estaciones de bombeo

Con base en los análisis teóricos presentados anteriormente, se considera realizar una corroboración en campo del funcionamiento de cada sistema de bombeo, el cual se realizará aprovechando la campaña de mediciones de presión, caudal y nivel que se tiene proyectada para la calibración de modelos hidráulicos.

De esta manera se considera realizar mediciones de presión en la succión y descarga y de caudal a la salida de cada sistema. Estas mediciones se realizaran durante un tiempo prolongado de al menos dos días, con lo cual se podrá identificar el número de veces de encendido de las bombas, el caudal bombeado, tiempo promedio de bombeo, la presión de la descarga, entre otras, los cuales servirán de base para el análisis operacional del sistema.

A continuación se presentan los sitios donde se realizaran las mediciones:

- **Sistema de bombeo Lox Bight - Tanques del Cliff:** La instalación de logger de presión se realizara en los manómetros que tiene el sistema y la medición de caudal se realizará en una excavación donde se tiene acceso a la tubería antes de salir del predio de la planta deslizadora.

Foto 8-4 Sitios para medición de caudal y presión en el sistema de bombeo de Lox Bight



Fuente: Consultor.

Los equipos estarán instalados durante 12 días que tomará la campaña de mediciones que se realizaran en los sector Hotelero, Almendros, Natania, Sari Bay y Centro.

- **Sistema de Duppy Gully – Tanques de La Loma – San Luis – Cove:** La instalación de logger de presión se realizara en los manómetros que tiene cada grupo de bombeo y la medición de caudal se realizará en las cajas que se tiene a la salida de la estación de bombeo sobre cada una de las tuberías de impulsión.

Foto 8-5 Sitios para medición de caudal y presión en el sistema de bombeo de Lox Bight

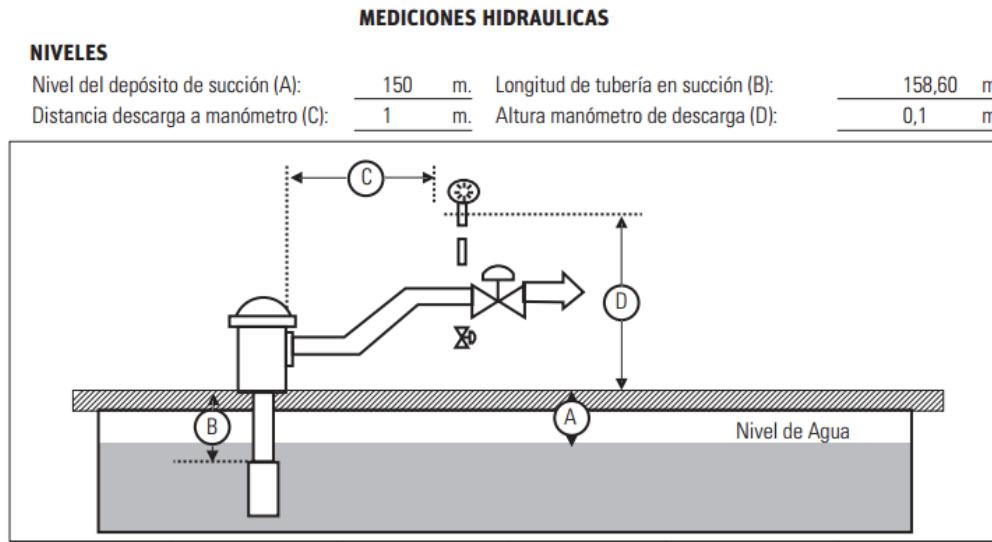


Fuente: Consultor.

La medición en el sistema de bombeo hacia el tanque de la Loma se realizará durante tres semanas que tomará la campaña de mediciones en el sector. Por otro lado, en el sistema de bombeo hacia el tanque San Luis se realizará durante dos días y finalmente en el sistema del Cove durante cuatro

días. En general, se seguirá las recomendaciones del documento Evaluación para Sistemas de Bombeo de Agua, del Banco interamericano de Desarrollo (BID).

Figura 8-19 Esquema de registro de mediciones hidráulicas



Fuente: Evaluación para Sistemas de Bombeo de Agua, (BID)

8.4 Sistemas de conducción

Los sistemas de conducción de agua tratada corresponden a las líneas de impulsión entre las plantas de tratamiento y los tanques de almacenamiento, además de la comunicación entre los tanques La Loma y el Cliff. A continuación se presentan los diferentes sistemas de conducción que hacen parte del sistema.

Tabla 8-7 Sistemas de conducción

Conducción	Longitud (m)	Diámetro (")	Material	Tipo de operación
Duppy Gully - Tanque La Loma	2948	10	PVC	Impulsión
Duppy Gully - Tanque El Cove	1274	6	PVC	Impulsión
Duppy Gully - Tanque San Luis	1379	6	PVC	Impulsión
Tanque La Loma - El Cliff	2969	8	PVC	Gravedad
Planta desalinizadora - El Cliff	2168	10	PVC	Impulsión

Fuente: Proactiva

Teniendo en cuenta que la mayoría de las conducciones corresponde a líneas de impulsión, la revisión de la capacidad de estas se realizó preliminarmente con base en el literal “6.4.4.9

Diámetros económicos para las tuberías de aducción y conducción cuando sean impulsiones”, en el cual se recomienda la utilizar la ecuación (B.6.3) para establecer el diámetro inicial más económico, que sirva de base para la realización de una análisis económico en el cual se analice el costo de la energía de bombeo versus el costo de las tuberías.

$$De = 1.2 \sqrt{Q \left(\frac{t}{24} \right)^{1/2}}$$

Donde:

t = Número de horas de bombeo por día (horas)

Q = Caudal de bombeo (m³/s)

De = Diámetro económico interno (m)

A continuación se presenta cada una de las conducciones con sus principales características topológicas y el resultado de la obtención del diámetro económico interno.

Tabla 8-8 Análisis de diámetro económico para las tuberías de conducción

Conducción	Longitud (m)	Diámetro instalado (m)	Material	Tipo de operación	Caudal (m ³ /s)	Tiempo bombeo (horas)	Diámetro económico (m)	Observaciones
Duppy Gully - Tanque La Loma	2948	0,25	PVC	Impulsión	0,03	10	0,17	Diámetro económico menor que el diámetro instalado
Duppy Gully - Tanque El Cove	1274	0,15	PVC	Impulsión	0,01	8	0,07	Diámetro económico menor que el diámetro instalado
Duppy Gully - Tanque San Luis	1379	0,15	PVC	Impulsión	0,023	8	0,14	Diámetro instalado igual al diámetro económico
Planta desalinizadora - El Cliff	2168	0,25	PVC	Impulsión	0,05	24	0,27	Diámetro instalado igual al diámetro económico

Fuente: Consultor

Teniendo en cuenta que en los casos de las conducciones a la Loma y el Cove, el diámetro más económico corresponde a un diámetro inferior, se consideró realizar una evaluación de las velocidades al interior de cada una las tuberías.

Tabla 8-9 Velocidades en tuberías de conducción

Conducción	Longitud (m)	Diámetro instalado (m)	Material	Caudal (m ³ /s)	Velocidad (m/s)
Duppy Gully - Tanque La Loma	2948	0,25	PVC	0,03	0,62
Duppy Gully - Tanque El Cove	1274	0,15	PVC	0,01	0,65
Duppy Gully - Tanque San Luis	1379	0,15	PVC	0,023	1,32
Planta desalinizadora - El Cliff	2168	0,3	PVC	0,05	1,02

Fuente: Consultor

Con base en las velocidades obtenidas, se puede corroborar que las velocidades no exceden el límite máximo establecido por el RAS, y, tampoco se consideran tan altas que puedan generar consumos de energía en los sistemas de bombeo de forma innecesaria. Sin embargo, por otro lado, en los casos de las conducciones a la Loma y el Cove, se presentan velocidades de 0,62 y 0,65 m/s, respectivamente, las cuales de acuerdo por recomendación del RAS B6.4.4.1.1 deberían ser superiores a 1 m/s, con el fin de evitar un ambiente que favorezca el crecimiento de biopelículas, más aun cuando el agua tiene altos niveles de carbono orgánico soluble y de hierro y manganeso, como podría ser el caso de las aguas producidas por la planta Duppy Gully.

8.5 Sistema de Almacenamiento

El sistema de acueducto de San Andrés por encontrarse dividido en dos grandes sectores, urbano y rural, cada uno cuenta con un sistema de almacenamiento el cual bajo condiciones normales de operación no presenta mezcla.

- Sistema de almacenamiento zona urbana (Tanques del Cliff)

En la zona urbana el sistema cuenta con un almacenamiento en la zona conocida como el cerro del Cliff, donde en la actualidad se encuentran construidos 4 tanques rectangulares superficiales en un punto alto de la isla aproximadamente a 49,07 m.s.n.m. De los cuatro tanques, uno se encuentra actualmente en mantenimiento, otro fuera de servicio por derrumbamiento interno y los otros dos operativos.

Foto 8-6 Tanques de Almacenamiento del Cliff



Fuente: Consultor

De acuerdo con información suministrada por Proactiva los tanques presentan las siguientes características:

Tabla 8-10 Tanques de Almacenamiento del Cliff

Tanque #	Volumen (m ³)	Estado
Tanque 1	1750	En mantenimiento
Tanque 2	758,58	Fuera de servicio
Tanque 3	198,2	En operación
Tanque 4	391,5	En operación
Total	3098,28	

Fuente: Consultor

Con base en información de la gerencia operativa de Proactiva, el tanque No 2 se encuentra fuera de servicio, por derrumbamiento en la parte interna. De esta manera la capacidad de almacenamiento actual, incluyendo el tanque #1 que está en mantenimiento pero que en el corto plazo estará de nuevo en operación sería 2339,7 m³.

Tabla 8-11 Almacenamiento operativo actual del Cliff

Tanque #	Volumen (m ³)	Estado
Tanque 1	1750	En mantenimiento
Tanque 3	198,2	En operación
Tanque 4	391,5	En operación
Total	2339,7	

Fuente: Consultor

Con el objetivo de evaluar la suficiencia de la capacidad de almacenamiento, se tuvo en cuenta lo dispuesto por el RAS 2000 en el título B capítulo 9, el cual considera lo siguiente en cuanto a capacidad de regulación:

Para el nivel alto de complejidad el volumen de regulación debe ser $\frac{1}{4}$ del volumen presentado en el día de máximo consumo.

Teniendo en cuenta que en la actualidad no se cuenta con una curva de demanda y que no se ha realizado campaña de medición de caudal durante un tiempo determinado con logger con lo cual se pudiera identificar el tipo de comportamiento de la misma, y a esto sumado el hecho de que el tiempo de abastecimiento para algunos sectores es discontinuo, se consideró de acuerdo lo mencionado en el RAS, que el volumen de regulación actual debe corresponder a $\frac{1}{4}$ del volumen presentado en el día de máximo consumo.

Teniendo en cuenta la distribución de demandas realizada (ver 5.11), se obtuvo que el caudal máximo diario para la zona urbana North End es de 182,43 L/s.

Tabla 8-12 Caudales de demanda por sector en zona urbana (North End)

Sector	Caudal medio diario l/s	Caudal máximo diario l/s	Caudal máximo horario l/s
Almendros	11,81	14,17	20,55
Centro residencial	25,89	31,07	45,05
Hotelero	77,10	92,52	134,15
Natania	17,80	21,36	30,97
Sarie bay	19,42	23,30	33,79
Total	152,02	182,43	264,52

Fuente: Consultor

Con base en lo anterior, se obtiene un volumen día de regulación de 3940 m³.

$$QMD_{urbano} = 182,43 \text{ L/s}$$

Volumen de regulación Ras 2000 = $\frac{1}{4} *$ Volumen día de máximo consumo

$$Volumen\ de\ regulación_{Ras\ 2000} = \frac{\frac{1}{4} \times (182,43 \frac{L}{s}) \times (86400 \frac{s}{día})}{1000 \frac{L}{m^3}}$$

$$Volumen\ de\ regulación_{Ras\ 2000} = 3940\ m^3$$

De esta manera al comparar con el caudal instalado actual, se identificó un déficit de almacenamiento de 1601m³.

$$Volumen\ de\ regulación_{Ras\ 2000} = 3940\ m^3 > Volumen\ instalado\ actual = 2339\ m^3$$

En cuanto a las instalaciones donde se encuentran localizados los tanques, es importante mencionar que estos cuentan con estructuras de rebose, no se detectaron problemas de nivel freático, la entrada a los tanques cuenta con sistemas de cierre manual desde la parte externa de los tanques y esta se localiza en la parte superior.

En cuanto a las salidas de los tanques, estas son independientes de las entradas, disponen de válvulas que permiten el cierre manual desde la parte externa de los tanques, sin embargo, se identificó falta de condiciones más seguras de acceso a las válvulas y se encontraron algunos materiales sobrantes que han sido cambiados de la red (válvulas y accesorios) que no han sido retirados del sitio.

Foto 8-7 Caja de válvulas a la salida de los tanques del Cliff



Fuente: Consultor

- Sistema de almacenamiento zona rural (Tanques Loma, Cove y San Luis)

El sistema de almacenamiento en la zona rural cuenta con seis (6) tanques. El primero localizado en la planta de ablandamiento Duppy Gully, el cual opera como tanque de succión del sistema de bombeo, a través del cual se alimentan cinco (5) tanques de almacenamiento, que abastecen cada uno de los sectores en que se encuentra dividido el sistema.

Foto 8-8 Fotografías tanques de La Loma, San Luis y Cove



Fuente: Consultor

A continuación se presentan las características de cada uno de los tanques:

Tabla 8-13 Almacenamiento operativo actual zona rural

Tanque #	Volumen (m ³)	Estado
La Loma Tanque 1	1100	En operación
Cove Tanque 1	77	En operación
Cove Tanque 2	70	En operación
San Luis Tanque 1	500	En operación
San Luis Tanque 2	170	En operación

Fuente: Proactiva

De acuerdo con el análisis de demandas realizado por esta consultoría, en el cual se dividieron los caudales de demanda proporcionalmente de acuerdo a los usuarios inscritos actualmente en cada sector, se obtuvieron los siguientes caudales:

Tabla 8-14 Caudales de demanda por sector en zona rural

Sector	Caudal medio diario l/s	Caudal máximo diario l/s	Caudal máximo horario l/s
Cove	3,86	4,64	6,72
Loma	53,68	64,42	93,40
San Luis	13,27	15,93	23,10
Total	70,82	84,98	123,22

Fuente: Consultor

Siguiendo la misma metodología utilizada para la evaluación del almacenamiento en la zona urbana, se realizó el análisis para los tanques que abastecen cada uno de los sectores en la zona rural.

Tabla 8-15 Análisis de capacidad de almacenamiento zona rural

Sector	Caudal máximo diario l/s	Vol. requerido de acuerdo a RAS 2000 m3	Vol. actual instalado m3	Superavit(+) Deficit (-)
Cove	4,64	100,16	147	47
Loma	64,42	1391,40	1100	-291
San Luis	15,93	344,05	670	326
Total	84,98	1835,61	1917	81

Fuente: Consultor

El análisis de capacidad de almacenamiento realizado, indica que se presenta superávit 47 y 326 m3, en los tanques de almacenamiento que abastecen al sector del Cove y San Luis, respectivamente. Por otro lado, se presenta un déficit en el almacenamiento para el sector de La Loma de 291 m3.

Con base en los resultados obtenidos, es importante tener en cuenta lo siguiente:

- Como se mencionó anteriormente, el caudal máximo diario que se utilizó para la determinación del volumen de almacenamiento de cada sector, fue obtenido con respecto a la distribución del caudal máximo diario calculado para toda la isla, basados en la cantidad de usuarios registrados en la empresa de acueducto (Proactiva) para cada sector. De esta manera, es posible que existan desviaciones en la demanda de cada sector, teniendo en cuenta que pueden haber consumos de agua ilegales en un sector determinado que no fueron tenidas en cuenta en el análisis.
- Es importante resaltar, que el volumen de almacenamiento requerido obtenido mediante el análisis, tiene en cuenta un abastecimiento constante al tanque, situación que en la actualidad no sería posible garantizar, de acuerdo a la baja disponibilidad del recurso hídrico.

- **Sistemas de medición de caudal**

En cuanto a la medición de caudal, esta se realiza a través de medidores totalizadoras que registran volumen con los cuales se obtienen volúmenes diarios, sin embargo, de acuerdo con lo dispuesto en el RAS 2000 Item 9.6.7, “En el nivel de complejidad del sistema alto deben colocarse medidores totalizadores en la tubería de salida del tanque, que permitan determinar los volúmenes suministrados en forma diaria, así como las variaciones de los caudales, siendo obligatorio un sistema de telemetría que permita conocer el caudal suministrado en cualquier instante”, por lo que en la actualidad no se está cumpliendo con lo dispuesto de acuerdo a las características del sistema.

Se considera necesario la instalación de medidores de caudales electromagnéticos, acompañados de un sistema de telemetría que permita tener un control de los caudales que se presentan en todo momento en cada uno de los sectores hidráulicos, y, que pueden ser visualizados desde un centro de control.

8.6 Diagnóstico Mecánico y Estructural de sistemas de bombeo y tanques de almacenamiento

Se realizó un análisis general de cada uno de los sistemas de bombeo y de los tanques de almacenamiento, desde el punto mecánico y estructural, respectivamente, con base en la información existente y las visitas de campo realizadas a la isla.

8.6.1 Diagnóstico mecánico estaciones de bombeo

La estación de bombeo Lox Bight fue colocada en funcionamiento en el año 2007 con la inauguración de la planta desalinizadora. Esta está integrada por tres bombas marca Grundfos CR 90-3 con un caudal de 30 l/s y motor de 37 kW cada uno. En general los equipos se encuentran en buen estado, aunque una de las bombas está fuera de servicio y fue enviada a reparación, razón por la cual, fue necesario trasladar una bomba de la estación de bombeo de Duppy Gully de la impulsión hacia el tanque de La Loma, aprovechando que tiene las misma características.

Por otro lado, se presenta en la visita se evidencia una fuga en el cuerpo de la bomba No. 2, la cual está generando corrosión en el base de la bomba.

Foto 8-9 Fuga en la base de la bomba No 2 – Sistema de Bombeo Lox Bight



Fuente: Consultor

En la estación de bombeo de la planta Duppy Glully, la cual está compuesta por tres sistemas de bombeo que permiten impulsar el agua tratada de la planta de ablandamiento hacia los tanques de La Loma, San Luis y el Cove, los equipos mecánicos se encuentran en buenas condiciones, exceptuando lo anteriormente mencionado que la bomba No 2 del sistema de La Loma, fue traslada para la estación de bombeo de Lox Bight, lo cual genera una condición de vulnerabilidad para el sistema la Loma, ya que de presentarse un fallo en alguno de las dos bombas que están en operación, un solo equipo no tendría la capacidad para operar con el caudal demandado.

Foto 8-10 Sistema de Bombeo Duppy Gully



Fuente: Consultor

La información existente y recopilada en las visitas de campo fue analizada por los especialistas mecánico de esta consultoría encontrando que no es suficiente para realizar un diagnóstico detallado mecánico de los equipos de bombeo del sistema, para lo cual se recomiendan algunas actividades o estudios adicionales tales como:

Para el diagnóstico mecánico:

- Planos de estaciones de bombeo.
- Instalaciones eléctricas
 - Diagrama unifilar de los equipos
 - Información de los conductores eléctricos
 - Información de transformadores
- Motores eléctricos
 - Diagrama de sistema de control y fechas de modificaciones
 - Identificación del motor, antigüedad, numero de rebobinados y descripción de las reparaciones.
 - Especificación de los rodamientos
 - Especificación del sistema de control, deberá incluir características del arrancador, del interruptor y de las protecciones.
- Bombas
 - Identificación de la bomba
 - Datos del diseño (caudal y carga)
 - Especificación de la bomba (marca, modelo, material, velocidad de operación, curvas características) (Esta información ya fue obtenida en campo).
 - Especificación del impulsor (tipo y diámetro), fecha en el que instalado.
 - Especificación de rodamientos, prensaestopas y sellos mecánicos.

8.6.2 Diagnóstico estructural de tanques de almacenamiento

El análisis estructural se realizó con base en la inspección visual de visita de campo a cada uno de los tanques de almacenamiento y estaciones de bombeo que componen el sistema. Este análisis no tuvo en cuenta ninguna prueba invasiva en la estructura.

En la zona del Cliff se encontró que el tanque No 3 está totalmente destruido en su parte interna, por lo que se encuentra fuera de servicio. Por otro lado, el tanque principal de 1750 m³, inicio una obra de reforzamiento estructural, reconstrucción de la placa superior e impermeabilización desde el mes de noviembre de 2015, debido a una considerable cantidad de fisuras que no aseguraban su estanqueidad.

Los otros dos tanques de 198 y 391 m³, de acuerdo a la inspección visual en la parte externa se encuentran en buen estado no se identificó acero expuesto, aunque no fue posible realizar una inspección interna que sería necesaria para poder establecer claramente su estado.

Foto 8-11 Tanques de almacenamiento del Cliff



Fuente: Consultor

En el caso del tanque de la planta de tratamiento de Duppy Gully se encuentra en buenas condiciones externas, no se identificaron fisuras ni acero de refuerzo expuesto. Al igual que en el Cliff no fue posible realizar una inspección interna del mismo. En cuanto al tanque de la Loma,

externamente no se evidenciaron exposiciones de hierros ni fisuras, en general se aprecia en buen estado.

Foto 8-12 Fotografías tanques de almacenamiento de Duppy Gully y La Loma

Tanque Almacenamiento agua tratada Duppy Gully



Tanque Almacenamiento agua tratada Duppy Gully



Tanque La Loma



Tanque La Loma

Fuente: Consultor

En el caso del tanque de almacenamiento de San Luis, se encuentra que uno de los tanques se encuentra fuera de servicio, sin embargo esto no obedece a fallas en la estructura sino al funcionamiento operativo por la empresa operadora. Por otro lado, el tanque de almacenamiento del sector del Cove, presenta buen estado no se identificó acero expuesto ni fisuras en la revisión visual externa ejecutada.

Foto 8-13 Tanque San Luis y Tanque El Cove



Fuente: Consultor

La información existente y recopilada en las visitas de campo fue analizada por el especialista estructural de esta consultoría, encontrando que no es suficiente para realizar un diagnóstico detallado de las estructuras, para lo cual se recomiendan algunas actividades o estudios adicionales tales como:

- Planos de cada una de las estructuras. Actualmente se tiene planos estructurales del tanque San Luis.
- Inspección interna que permitan tener una Investigación profunda, de cada una de las estructuras con el objetivo de identificar:
 - Exposición de acero
 - Potencial corrosión del acero
 - Ensayos destructivos (Ensayo de resistencia compresión de Núcleos)
 - Apiques cimentación

De acuerdo con la información mencionada anteriormente, se podrá realizar una matriz de análisis para identificar riesgo leve, medio y alto.

8.7 Redes de distribución

8.7.1 Sectorización

8.7.1.1 Zona urbana

Las redes de distribución del sistema de acueducto, se han dividido en dos grandes sectores: urbano y rural. El sistema urbano también conocido como la zona de North End, se encuentra localizado en la parte norte de la isla y comprende la zona con mayor presencia hotelera, comercial y residencial de San Andrés. Por otro lado, la zona rural está localizada en la parte central y sur de la isla, compuesta por los sectores del Cove, San Luis y La Loma.

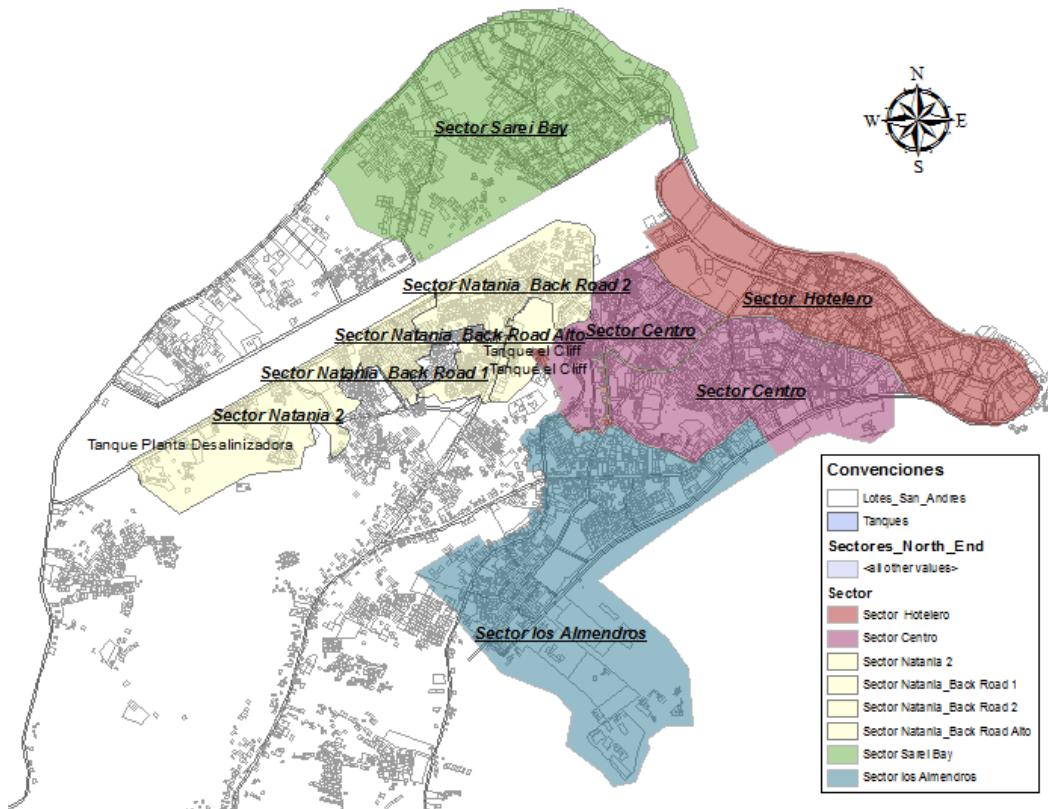
Desde el punto de vista operativo, Proactiva ha dividido estas dos grandes áreas en sectores hidráulicos, con el objetivo de tener un mejor control del sistema, así como poder alternar el servicio debido a la discontinuidad del servicio.

El sector North End se ha dividido en cinco grandes sectores que se abastecen principalmente de los tanques del Cliff, con agua proveniente de la Planta desalinizadora Lox Bigth.

Los cinco sectores en que se ha dividido el sistema son:

- Sector Hotelero
- Sector centro – residencial
- Sector Sarie Bay
- Sector Almendros
- Sector Natania

Figura 8-20 Sectores hidráulicos de la zona urbana (North End)

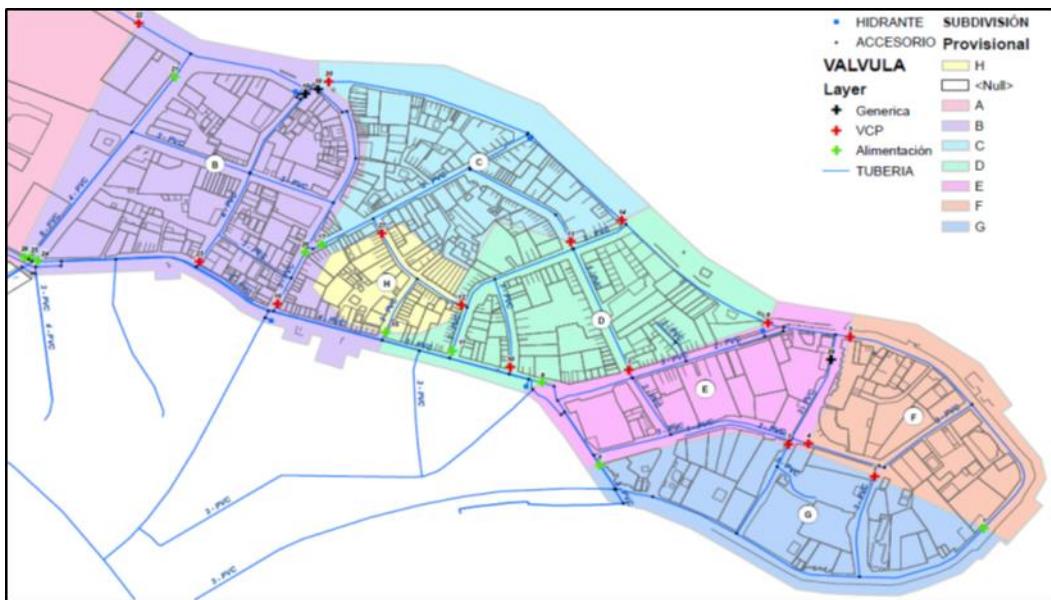


Fuente: PROACTIVA/Consultor

Los sectores Hotelero y Sarie Bay a su vez han sido divididos en subsectores, como producto del programa de control de pérdidas que viene realizando Proactiva. De esta manera el sector hotelero fue dividido en los siguientes nueve subsectores:

- Línea alimentación 6" entre 5 esquinas y Cañón de Morgan
 - A. Sector Aeropuerto, El Isleño
 - B. Sector Hotel Bahía Sardina
 - C. Sector Hotel Tiuna.
 - D. Sector Hotel Sol Caribe
 - E. Sector Café Café
 - F. Sector Presto
 - G. Sector Bay Point
 - H. Sector Emisora Voz de las islas

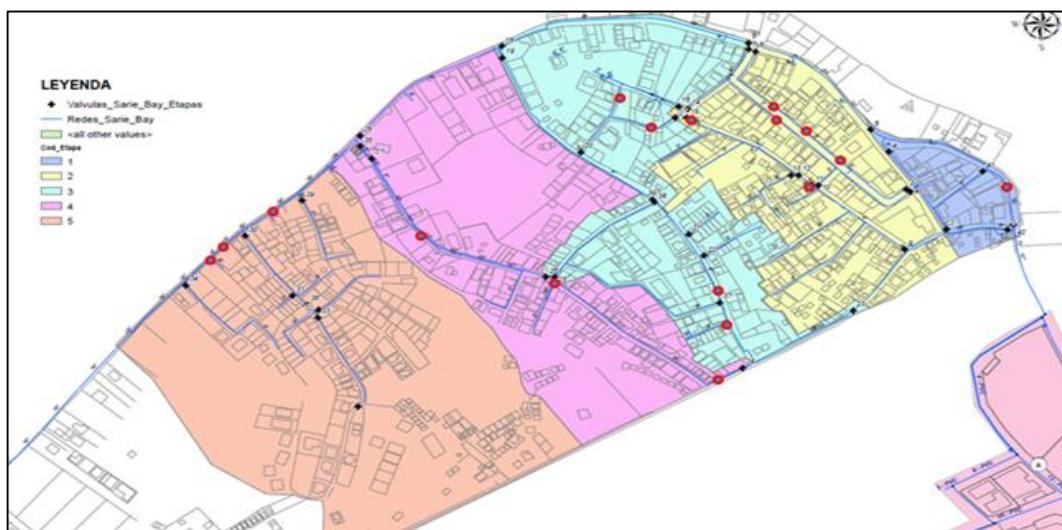
Figura 8-21 Subsectores sector Hotelero



Fuente: PROACTIVA/Consultor

En cuanto al sector Sarie Bay este se encuentra dividido en 5 subsectores.

Figura 8-22 Subsectores sector Sarie Bay



Fuente: PROACTIVA/Consultor

- Área de cada sector hidráulico

El área total de los sectores hidráulicos en la zona urbana corresponde a 320,82 hectáreas, siendo el sector de Natania el más grande con 72 hectáreas mientras que el sector Hotelero con 51 hectáreas, es el sector más pequeño.

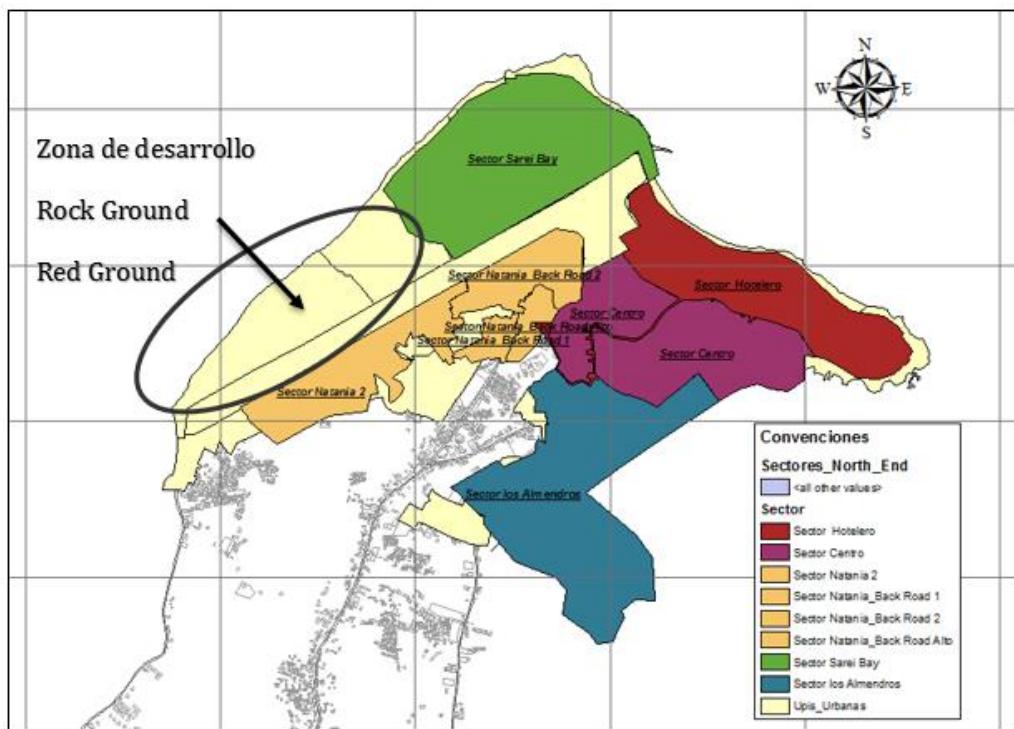
Tabla 8-16 Área de cada sector

Sector	Area (ha)	%
Almendros	79,68	25%
Centro residencial	59,37	19%
Hotelero	51,47	16%
Natania	57,62	18%
Sarie bay	72,68	23%
Total	320,82	100%

Fuente: Consultor

De acuerdo con la zonificación del plan de ordenamiento territorial, la zona urbana tiene un área aproximada de 436 hectáreas. El área total de sectorización hidráulica del sistema de acueducto representa el 73% del área total de la zona urbana, quedando por fuera de la cobertura un área de 115 hectáreas, que se concentran principalmente en las zonas de desarrollo Rock Ground, Red Ground y Jardín de Borde Urbano.

Figura 8-23 Áreas de cobertura del servicio de acueducto en la zona urbana

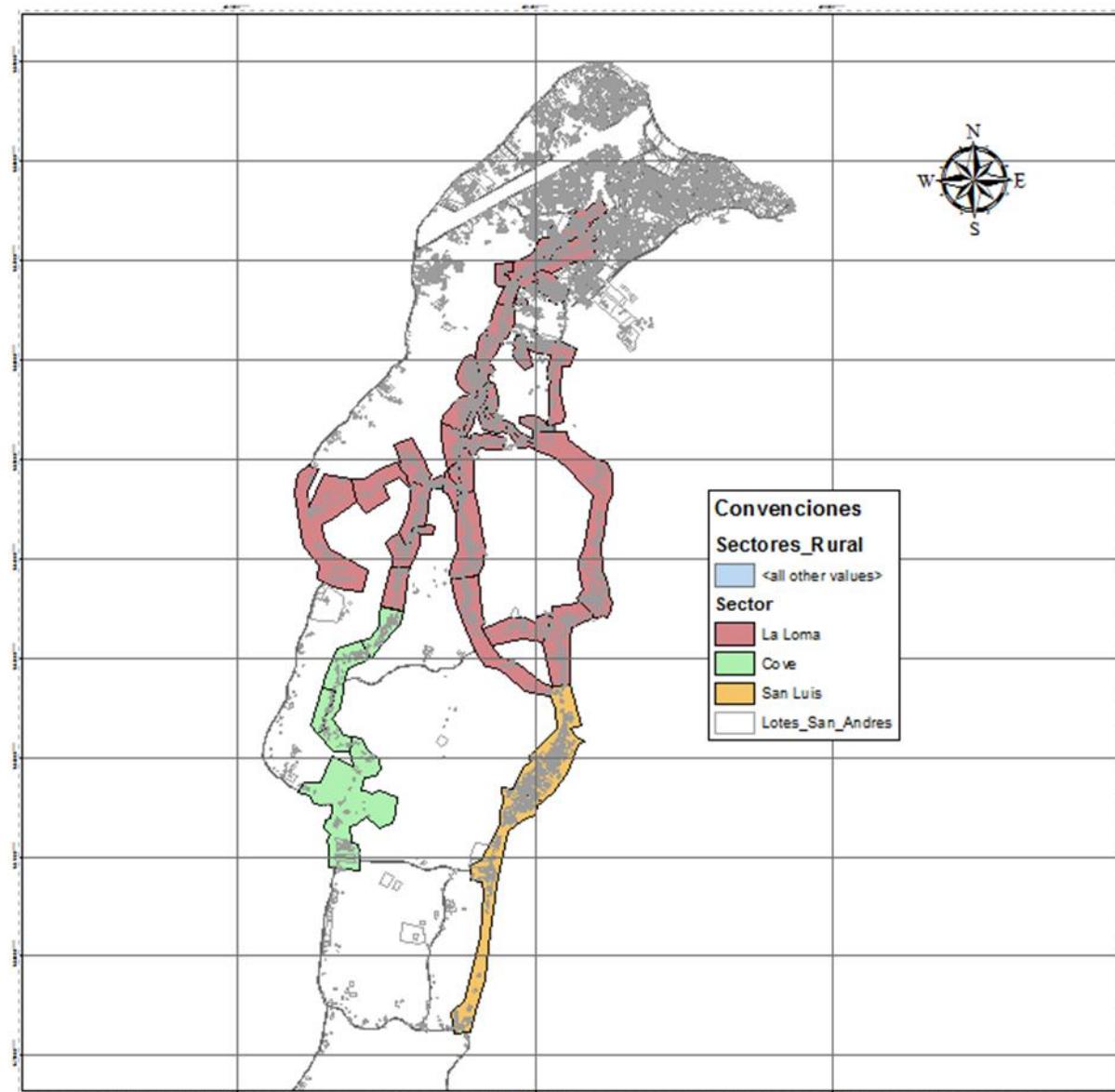


Fuente: PROACTIVA/Consultor

8.7.1.2 Zona rural

En la zona rural el sistema de acueducto se encuentra dividido en tres sectores: La Loma, Cove y San Luis, los cuales se abastecen con un tanque de almacenamiento de manera independiente como se presentó en el numeral 8.5.

Figura 8-24 Sectores hidráulicos de la zona rural



Fuente: Consultor

- Área de cada sector hidráulico

El sector de la Loma es el más grande de la isla y se encuentra dividido en 42 subsectores, mientras que el sector del Cove se divide en tres subsectores (Cove Centro, Cove Sur y Cove Norte). En cuanto a San Luis, este se encuentra dividido en dos subsectores (Norte y Sur).

El área total de zona rural corresponde a 554 hectáreas, de las cuales el 69% pertenecen al sector de la Loma.

Tabla 8-17 Área de cada sector

Sector	Área (ha)	%
Cove	92,56	17%
La Loma	381,14	69%
San Luis	80,36	15%
Total	554,06	100%

Fuente: Consultor

8.7.1.3 Número de usuarios por sector (Zona urbana y rural)

De acuerdo con la base de datos entregada por la gerencia comercial de Proactiva, en la actualidad hay 11820 usuarios, de los cuales 6618 (56%) usuarios están localizados en la zona urbana y 5502 (44%) están localizados en la zona rural.

Tabla 8-18 Usuarios por sector y tipo de uso

Sector	Comercial	Especial	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 4	Estrato 5	Oficial	Total	%
Almendros	74	7	71	244	101	3	31	1024	9%
Centro residencial	313	10	248	599	156	5	16	1843	16%
Cove	10	3	43	229	12	8	3	335	3%
Hotelero	645	2	55	37	73	84	21	1060	9%
Loma	74	20	972	2109	229	8	36	4118	35%
Natania	41	5	211	667	47	1	3	1543	13%
San luis	10	4	52	358	60	6	7	749	6%
Sarie bay	32	3	24	75	500	146	9	1148	10%
Total	1199	54	1676	4318	1178	261	126	11820	100%

Fuente: PROACTIVA/Consultor

El sector de la Loma corresponde al sector con mayor cantidad de usuarios (4118) que corresponden al 35 % de la totalidad de usuario, seguido del sector centro o residencial con 1843 usuarios que representan un 16%.

Con base en lo informado por Proactiva, un usuario corresponde a la cuenta a la cual se realiza la facturación del servicio, sin embargo, el usuario puede tener uno o más unidades de vivienda que se abastece desde el mismo punto de conexión.

De esta manera, de acuerdo a la base de datos de Proactiva la cantidad de unidades de vivienda abastecidas corresponde a 15764. Es interesante resaltar que esta cantidad supera la cantidad de usuarios identificados anteriormente de 11820 usuarios.

La distribución de las unidades de vivienda por cada sector se presenta a continuación:

Tabla 8-19 Unidades de vivienda por sector

Sector	Comer.	Especial	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Estrato 6	Ind.	Ofic	Total
Almendros	98	10	91	316	701	143	17	2		32	1410
Centro residencial	451	10	322	797	874	222	9	4	3	16	2708
Cove	50	3	48	260	30	14	8			3	416
Hotelero	1130	2	67	110	272	96	397	20	49	22	2165
Loma	75	20	1053	2359	814	262	8	1	4	36	4632
Natania	41	5	303	850	774	49	1			3	2026
San luis	13	4	55	413	301	65	9	1	26	7	894
Sarie bay	63	3	25	103	408	622	197	79	4	9	1513
Total	1921	57	1964	5208	4174	1473	646	107	86	128	15764

Fuente: PROACTIVA/Consultor

Con el objetivo de identificar el sector que cuenta con mayor número de unidades de viviendas por número de usuario, se realizó una comparación entre los dos sin tener en cuenta el tipo de uso. Se obtuvo que el sector hotelero es donde se presenta el mayor número de unidades de vivienda por usuario, esto se justifica en que en esta zona se presentan mayor cantidad de edificios que cuentan con una sola totalizadora para todas las unidades de vivienda.

Tabla 8-20 Número de usuario Vs. Número de unidades de vivienda por sector

Sector	No Usuarios	No. Unidades de vivienda
Almendros	1024	1410
Centro residencial	1843	2708
Cove	335	416
Hotelero	1060	2165
Loma	4118	4632
Natania	1543	2026
San luis	749	894
Sarie bay	1148	1513
Total	11820	15764

Fuente: PROACTIVA/Consultor

Se considera que bajo este esquema de facturación, el cobro por cargo fijo se realizaría una sola vez por cada usuario, sin importar el número de unidades de vivienda atendidas.

8.7.1.4 Micromedición

Si bien la micromedición se realiza sobre los usuarios del sistema, de acuerdo a la información entregada por la gerencia comercial de Proactiva, la micromedición está asociada a las unidades de vivienda, por lo que el análisis de cobertura de micromedición se realizó con base en las unidades de vivienda reportadas en la base del catastro, confrontadas con el total de unidades de vivienda con micromedición para el mes de octubre de 2015.

Con base en estos datos se calculó el Índice de micromedición nominal del prestador (IMNi), de acuerdo con lo estipulado por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico.

Ecuación 8-1

$$IMN_i(\%) = \frac{\text{Número total de micromedidores instalados}}{\text{Número total de suscriptores}} \times 100$$

Tabla 8-21 Índice de micromedición nominal

	Comer	Espec	Estr. 1	Estr. 2	Estr.3	Estr 4	Estr 5	Estr 6	Ind	Ofic	Total
Total Unidades de vivienda	1921	57	1964	5208	4174	1473	646	107	86	128	15764
Unidades de vivienda con micromedición Oct-2015	535	22	492	2029	1995	309	422	29	47		5934
Índice de micromedición	28%	39%	25%	39%	48%	21%	65%	27%	55%	0%	38%

Fuente: PROACTIVA/Consultor

Con base en el análisis realizado, en la actualidad se presenta un índice de micromedición promedio para todo el sistema del 38%. El índice más alto se presenta en el tipo de uso residencial estrato 5 con un 65% y estrato 3 con 48%, mientras que los índices más bajos se encuentran en el tipo de uso oficial con un 0%, comercial 28% y residencial estrato 1 y 4 que apenas alcanza un 25 y 21%, respectivamente. El tipo de uso industrial, que corresponde los usuarios hoteleros, se presenta un índice del 55%.

Es importante resaltar el bajo nivel de micromedición en el tipo de uso comercial, teniendo en cuenta que este representa el 12% del total de unidades de vivienda.

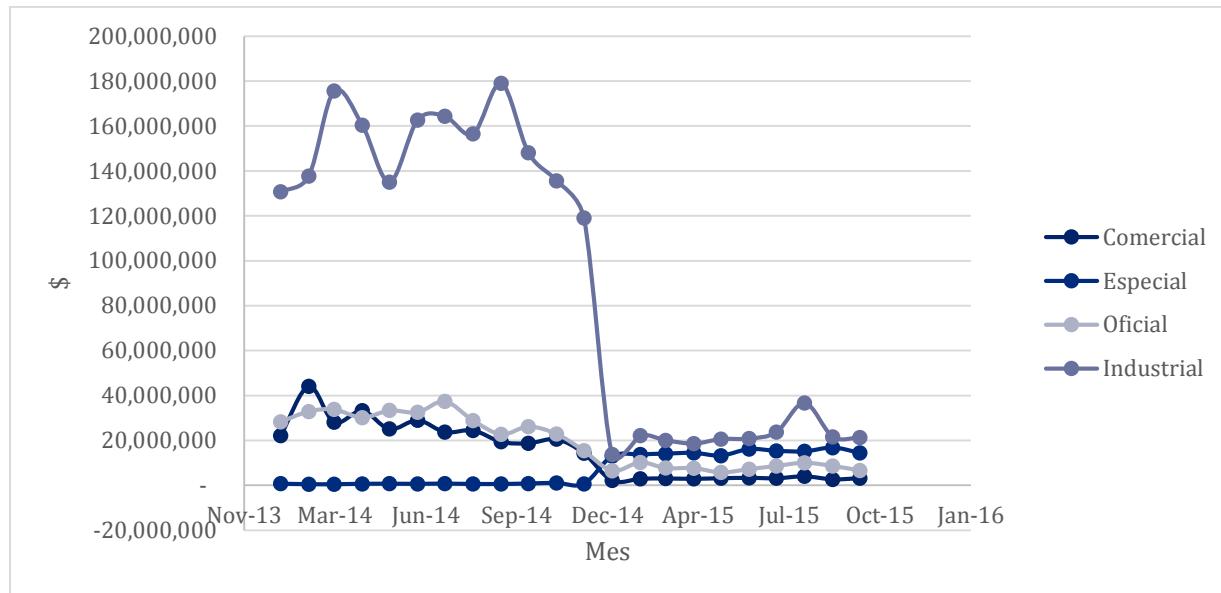
- Facturación

La recaudación por el cobro del servicio de acueducto a los usuarios con micromedición para el mes de octubre de 2015 fue de \$267'011,567 y se presenta un promedio para este mismo año hasta el mes de octubre de \$267'750,598. Este valor se ha incrementado en un 46% con respecto a la facturación promedio en el año 2010 que fue de \$145'652,742.

Es importante resaltar la reducción en la facturación en los últimos dos años de los tipos de uso industrial y comercial, como puede verse en la Figura 8 30. Sin embargo, en el mismo periodo de

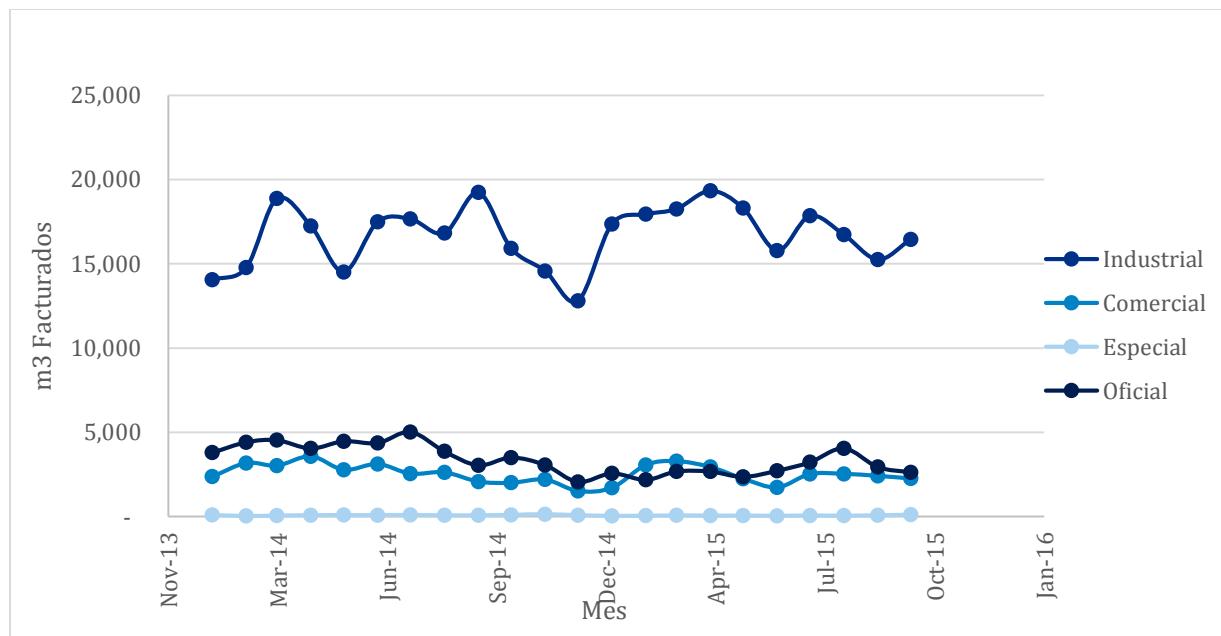
tiempo, no se identifica un cambio sustancial en los m³ facturado (Ver Figura 8-25), que hayan podido generar esta reducción en la facturación.

Figura 8-25 Comportamiento de la facturación de acueducto (Usos industrial, comercial, oficial y especial) (2014 – 2015)



Fuente: PROACTIVA/Consultor

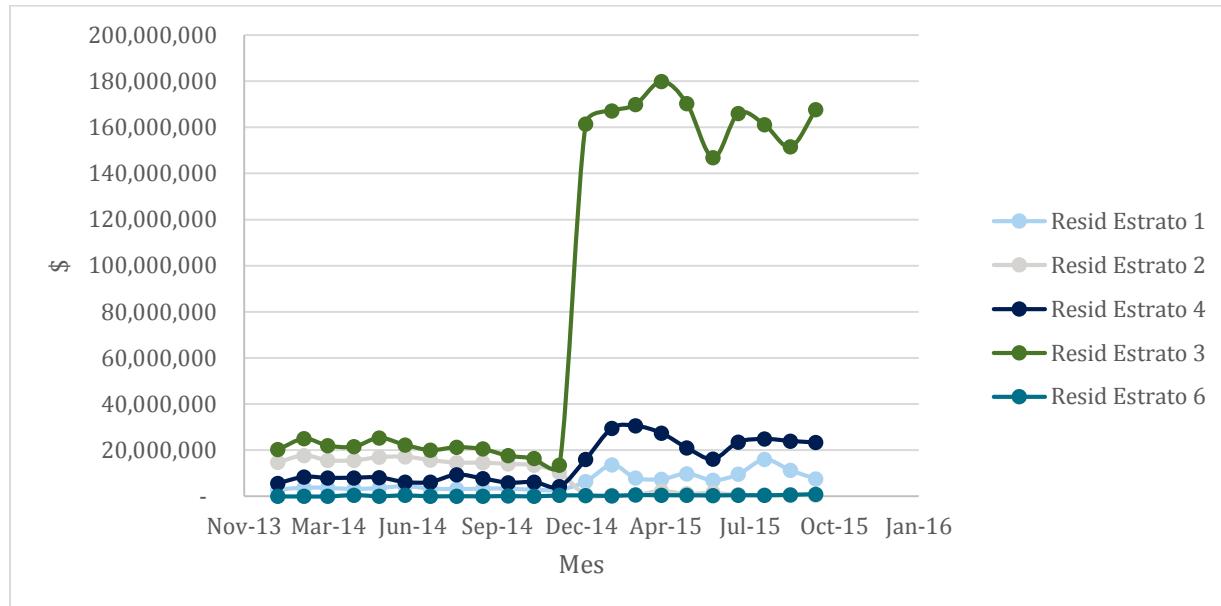
Figura 8-26 Metros cúbicos facturados de acueducto (Usos industrial, comercial, oficial y especial) (2014 – 2015)



Fuente: PROACTIVA/Consultor

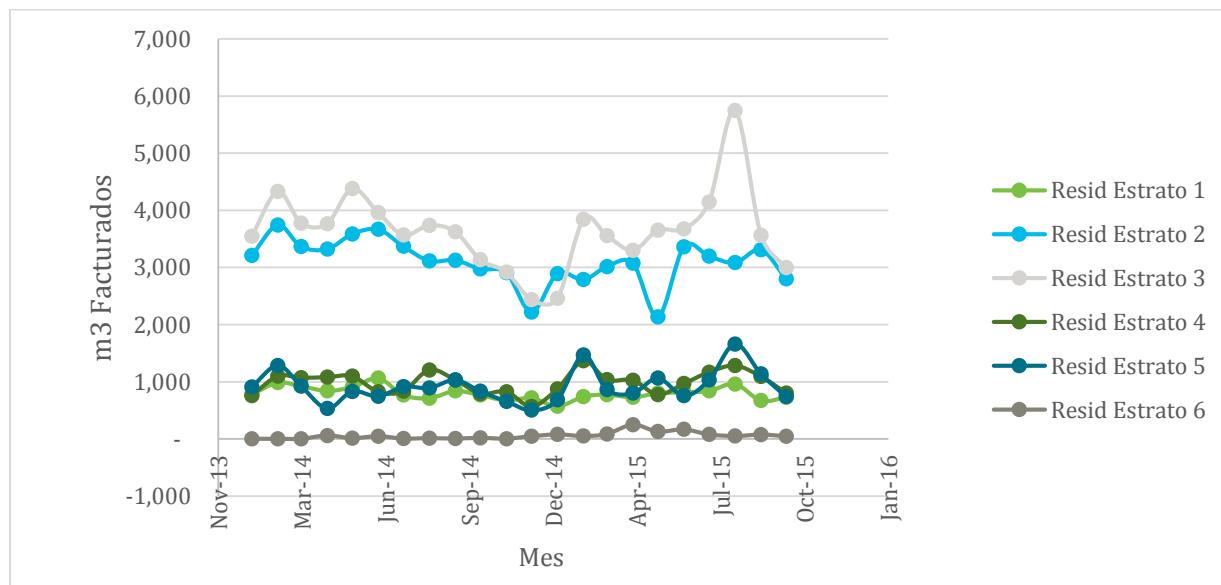
Por otro lado, en cuanto al tipo de uso residencial, a partir del mes de enero del presente año (2015) se produjo un incremento acelerado en la facturación de los usuarios de estrato 3 (Figura 8-27), el cual puede estar justificado con un incremento en los metros cúbicos facturados en el mismo periodo de tiempo (Ver Figura 8-28).

Figura 8-27 Comportamiento de la facturación de acueducto (Uso residencial) (2014 – 2015)



Fuente: PROACTIVA/Consultor

Figura 8-28 Metros cúbicos facturados de acueducto (Usos industrial, comercial, oficial y especial) (2014 – 2015)



Fuente: PROACTIVA/Consultor

Las reducciones identificadas en la facturación, serán analizadas con detenimiento posteriormente, con el objetivo de identificar las posibles causas que generan estos comportamientos en la facturación del sistema de acueducto.

8.7.2 Topología del sistema

Partiendo de la información suministrada por la entidad prestadora del servicio acerca de las redes de acueducto actuales en la que se pueden identificar las características básicas de las tuberías como diámetro, material y longitud. El sistema está compuesto por 113 km de tubería en diferentes materiales como Asbesto Cemento (5%), Policloruro de Vinilo (PVC) (94%) y Polietileno de alta Densidad (PAD) (1%); los diámetros varían entre $\frac{1}{2}$ " y 14".

A continuación se presenta un resumen de las tuberías que integran el sistema.

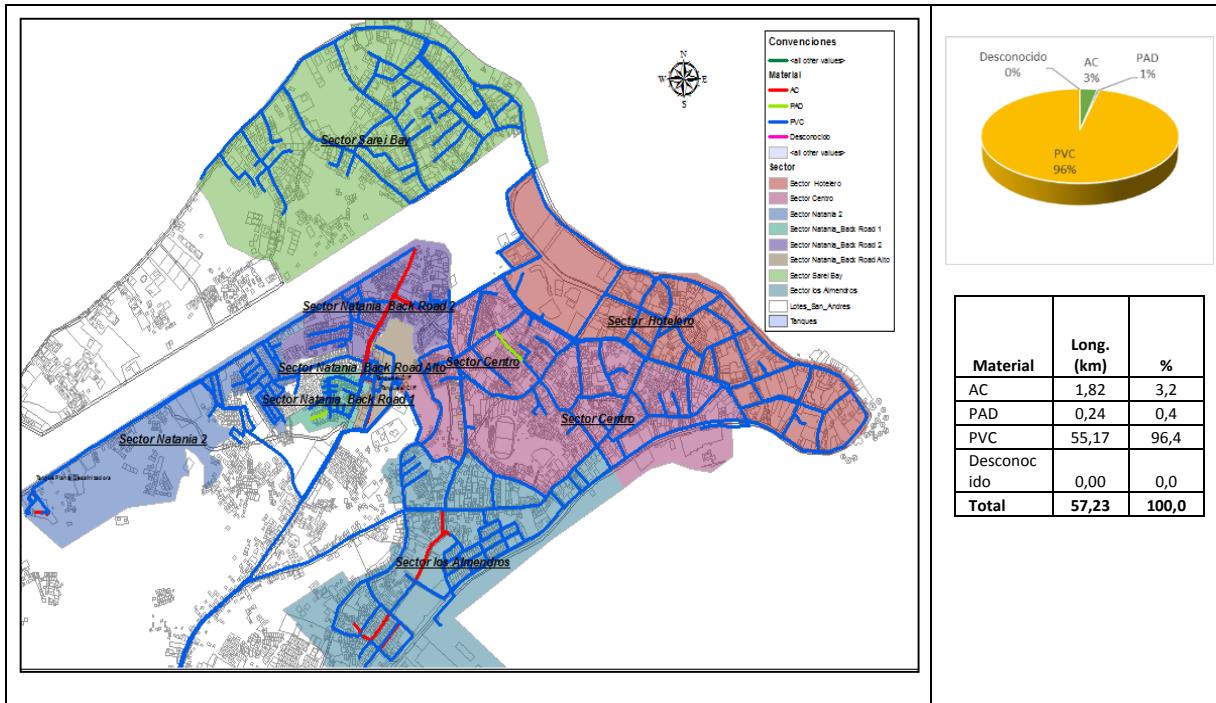
Tabla 8-22 Longitud de tuberías por material y diámetro

Material/Diámetro	Longitud (km)	%
AC	5,47	5%
3	2,28	2%
4	0,33	0%
6	0,95	1%
8	0,81	1%
12	1,11	1%
PAD	0,81	1%
3	0,81	1%
PVC	106,90	94%
0,5	0,42	0%
0,75	0,33	0%
1	0,42	0%
1,5	0,15	0%
2	9,59	8%
3	44,58	39%
4	25,48	23%
6	8,03	7%
8	6,21	5%
10	9,34	8%
12	0,95	1%
14	1,39	1%
Desconocido	0,02	0%
Total	113,18	100%

Fuente: PROACTIVA/Consultor

Con el objetivo de poder conceptualizar de una menor manera la topología de las redes, realizó un análisis para la zona urbana y la zona rural. Se ha asumido como área urbana la zona conocida como North End, que es abastecida a partir de los tanques del Cliff que comprende los sectores Hotelero, Centro, Sarie Bay, Almendros y Natania. Por otro lado, la zona rural los sectores abastecidos por los sistema Loma, Cove y San Luis.

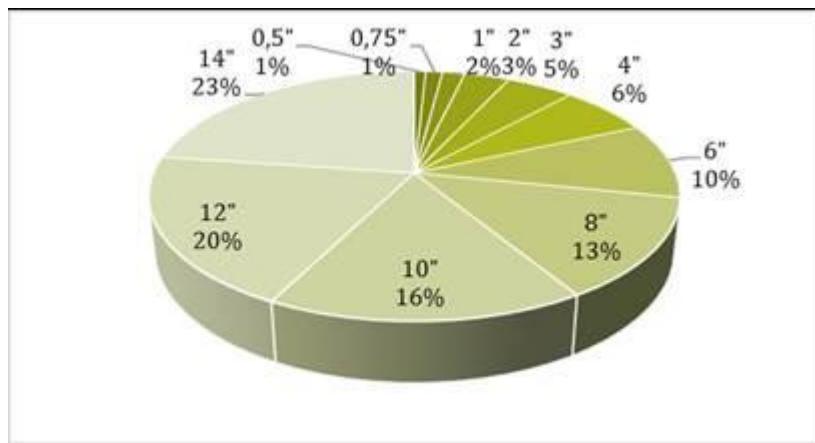
Figura 8-29 Materiales de tubería en North End



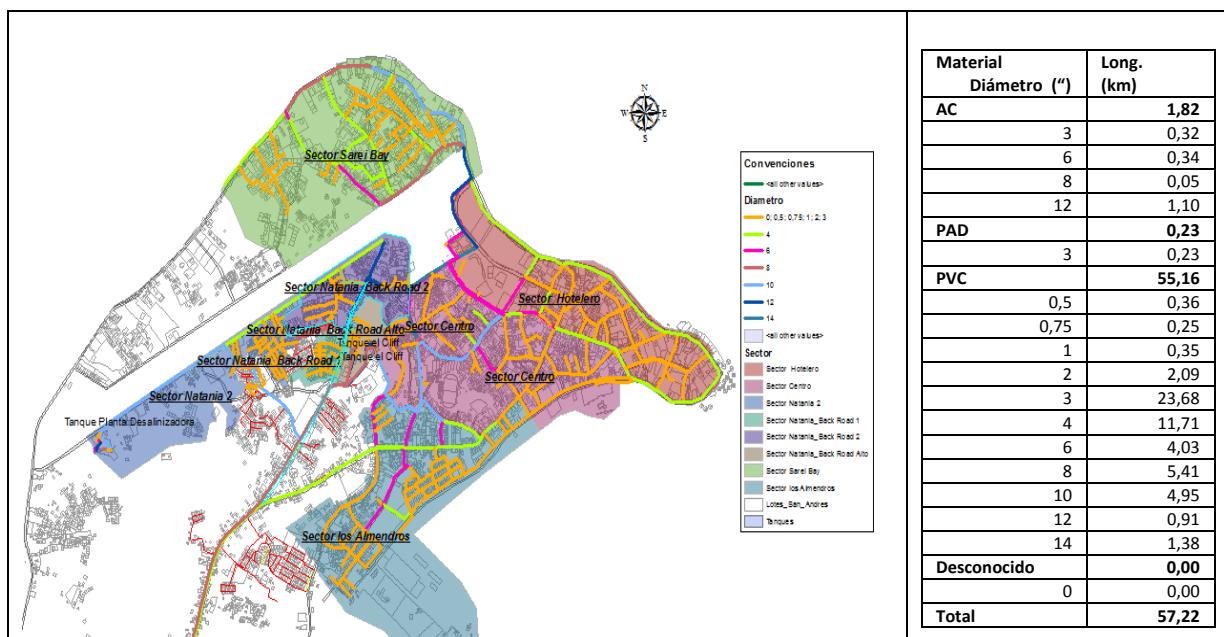
Fuente: PROACTIVA/Consultor

El sector de North End tiene instalados 57,23 kilómetros de tubería, de los cuales el 96% (55,17 km) corresponde a tuberías de PVC, un 0,4% en tuberías de PAD y un 3,2% en Asbesto Cemento.

En cuanto a los diámetros de las redes, de los 57,23 km que componen el sistema, el 42% (24 km), corresponde a tuberías con diámetro de 3", 20% tuberías con diámetro de 4", 10% tuberías de 8" y el 20% restante se distribuye en tuberías de 6", 10", 12" y 14".

Figura 8-30 Diámetro de tuberías en North End


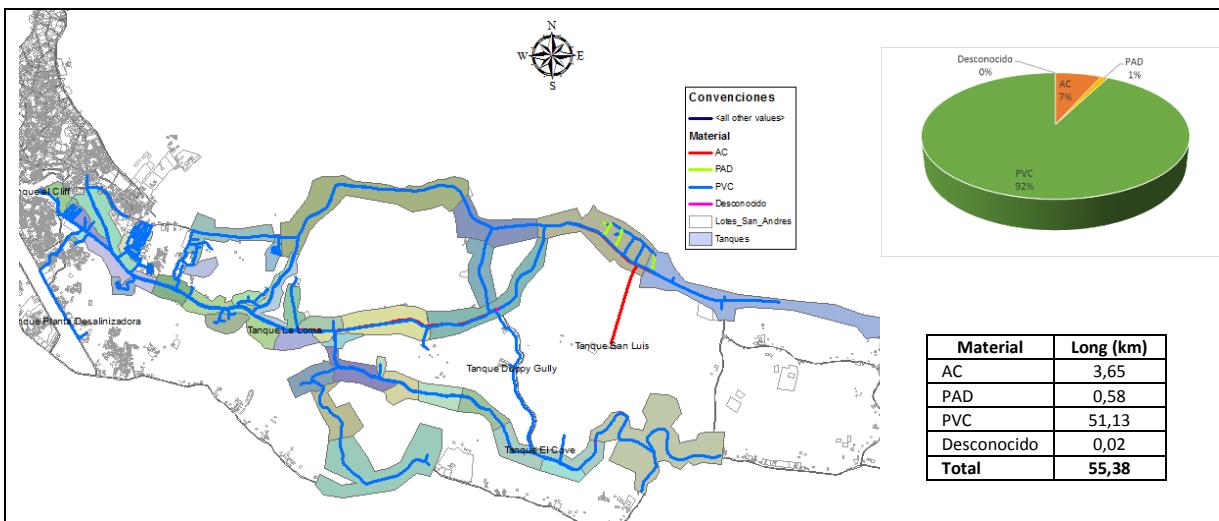
Fuente: PROACTIVA/Consultor

Figura 8-31 Diámetro de tuberías en zona North End


Fuente: PROACTIVA/Consultor

En cuanto al área rural, se encuentran instalados 55 km de tubería, donde el 92% (51 km) corresponden a tuberías de PVC, 7% (3.65 km) de Asbesto Cemento y solo 1% (0.58 km) corresponden a redes de Polietileno de Alta Densidad.

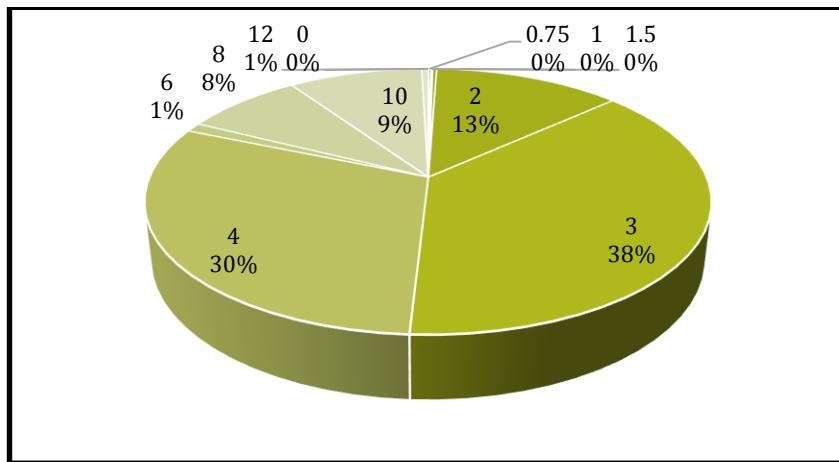
Figura 8-32 Materiales de tubería zona rural



Fuente: PROACTIVA/Consultor

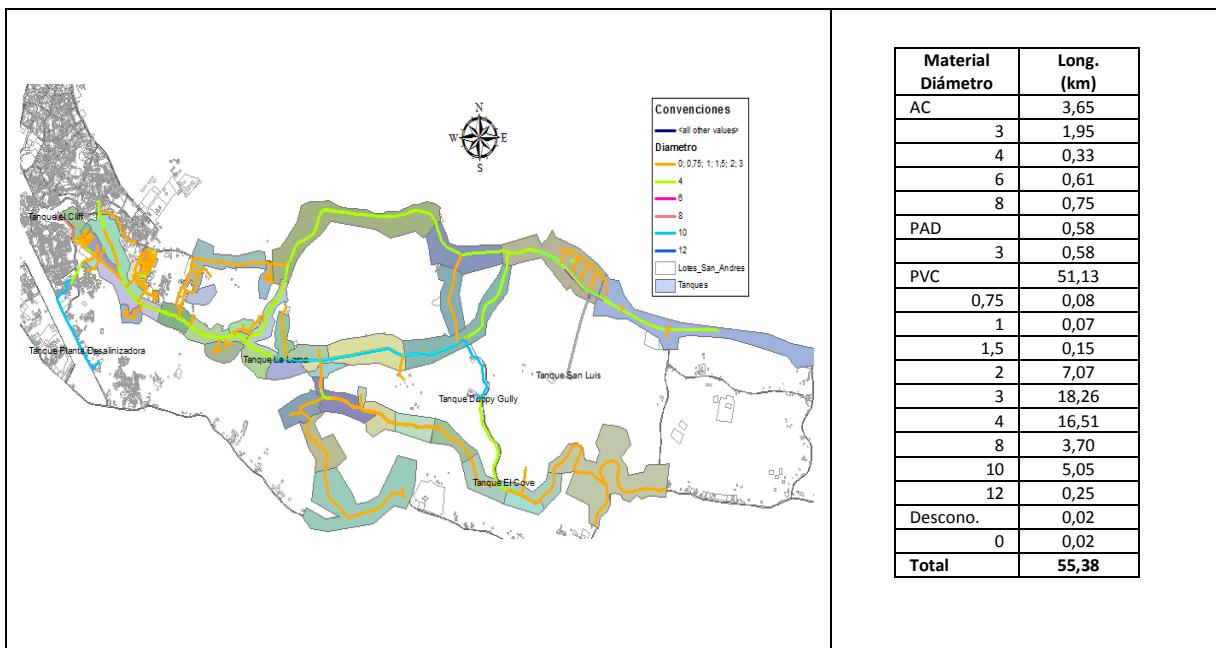
En cuanto a los diámetros de las redes, de los 55,38 km que componen el sistema rural, el 38% (20 km), corresponde a tuberías con diámetro de 3", 30% tuberías con diámetro de 4", 10% tuberías de 12" de 2" y el 19% restante se distribuye en tuberías de ¾" hasta 12".

Figura 8-33 Diámetro de tuberías en zona Rural



Fuente: PROACTIVA/Consultor

Figura 8-34 Diámetro de tuberías en zona Rural



Fuente: PROACTIVA/Consultor

8.8 Continuidad del servicio

Teniendo en cuenta que el servicio de acueducto se presta de forma discontinua, a continuación se describe la forma de abastecimiento para cada sector.

Tabla 8-23 Descripción de la continuidad del servicio de acueducto

Sector	Nº subsectores	Frecuencia días / mes	Horas de suministro al día	Observación
Almendros	6	6	8	En promedio cada 6 días se abastece durante dos días el sector
Centro residencial	4	30	12	Todos los días se abastece el sector durante 12 horas durante la noche
Cove	4	8	7	Cada dos días se abastece un sector, durante 7 horas. De esta manera cada sector tiene una frecuencia de abastecimiento de 8 días
Hotelero	8	30	24	Se abastece todos los días durante 24 horas
Loma	42	21	9	Se abastecen dos subsectores por día. De esta manera la frecuencia por subsector es de 21 días. Cada día se abastece durante 9 horas.
Natania	4	4	5	Cada cuatro días se abastece un subsector durante aproximadamente 5 horas. De esta manera un subsector tiene una frecuencia de 4 días.

Sector	Nº subsectores	Frecuencia días / mes	Horas de suministro al día	Observación
San Luis	2	30	24	Se abastece todos los días durante 24 horas. El subsector de Little Hill san Luis, tiene una frecuencia de abastecimiento de 7 días
Sarie bay	5	30	24	Se abastece todos los días durante 24 horas

Fuente: PROACTIVA/Consultor

A continuación se presenta la programación para el mes de Noviembre del 2015, donde puede evidenciarse la continuidad en cada uno de los sectores.

Tabla 8-24 Programación de abastecimiento de agua potable por zonas. Proactiva

PROACTIVA AGUAS DEL ARCHIPIELAGO S.A. E.S.P. Mes de Noviembre 2015 - octubre 30 de 2015				
FECHA	TANQUE DE LA LOMA	TANQUE DEL CLIFF	TANQUE DE SAN LUIS	TANQUE DE COVE
1 Domingo		Centro Hotelero, Sarie Bay, Residencial, Back Road 2	SAN LUIS	Sur
2 Lunes	Pueblo Viejo, Back Road Pecky, Serrana.	Centro Hotelero, Sarie Bay, Residencial, back road 1	SAN LUIS	
3 Martes	Back Road Alto, Vista Hermosa, Nuevo Bosque.	Centro Hotelero, Sarie Bay, Residencial, Natania 1	SAN LUIS	Centro
4 Miércoles	Sagrada Familia, 5 de Noviembre	Centro Hotelero, Sarie Bay, Residencial, Natania 2	SAN LUIS	
5 Jueves	Bolivariano, Altos de Natania.	Centro Hotelero, Sarie Bay, Residencial, Almendros	SAN LUIS	Norte
6 Viernes	Schooner Blight, Cárcel Nueva Esperanza, Ball Field, Paña Hill.	Centro Hotelero, Sarie Bay, Residencial, Almendros	SAN LUIS	
7 Sábado	Little Hill Loma, Barrack bajo.	Centro Hotelero, Sarie Bay, Residencial	SAN LUIS, LITTLE HILL SAN LUIS.	Medio
8 Domingo		Centro Hotelero, Sarie Bay, Residencial, Back Road 2	SAN LUIS	
9 Lunes	Barrack Alto, Hill Can, Nuevo Bosque.	Centro Hotelero, Sarie Bay, Residencial, back road 1	SAN LUIS	Sur
10 Martes	Corales, Barker hill	Centro Hotelero, Sarie Bay, Residencial, Natania 1	SAN LUIS	
11 Miércoles	Lavado de tanque	Lavado de tanque	Lavado de tanque	Lavado de tanque
12 Jueves	San Luis Apostadero, Simpson Well.	Centro Hotelero, Sarie Bay, Residencial, Natania 2	SAN LUIS	Centro
13 Viernes	Lynval Bajo, Lynval Alto.	Centro Hotelero, Sarie Bay, Residencial, Almendros	SAN LUIS	
14 Sábado	Iglesia San Francisco de asis, Bar Costa Rica.	Centro Hotelero, Sarie Bay, Residencial, Almendros	SAN LUIS, LITTLE HILL SAN LUIS.	Norte
15 Domingo		Centro Hotelero, Sarie Bay, Residencial	SAN LUIS	
16 Lunes	Perry Hill, Flowers Hill, Mission Hill.	Centro Hotelero, Sarie Bay, Residencial, Back Road 2	SAN LUIS	Medio
17 Martes	Shingle hill, Court House, Battle Alley, Orange hill	Centro Hotelero, Sarie Bay, Residencial, back road 1	SAN LUIS	
18 Miércoles	Electrosan bajo, Electrosan alto, salipuedes	Centro Hotelero, Sarie Bay, Residencial, Natania 1	SAN LUIS	Sur
19 Jueves	Bight Archbold Bajo, Bight Archbold Alto.	Centro Hotelero, Sarie Bay, Residencial, Natania 2	SAN LUIS	
20 Viernes	Buenos Aires, Atlántico,	Centro Hotelero, Sarie Bay, Residencial, Almendros	SAN LUIS	Centro
21 Sábado	Pueblo Viejo, Back Road Pecky, Serrana.	Centro Hotelero, Sarie Bay, Residencial, Almendros	SAN LUIS, LITTLE HILL SAN LUIS.	
22 Domingo		Centro Hotelero, Sarie Bay, Residencial	SAN LUIS	Norte
23 Lunes	Back Road Alto, Vista Hermosa, Nuevo Bosque.	Centro Hotelero, Sarie Bay, Residencial, Back Road 2	SAN LUIS	
24 Martes	Sagrada Familia, 5 de Noviembre	Centro Hotelero, Sarie Bay, Residencial, back road 1	SAN LUIS	Medio
25 Miércoles	Bolivariano, Altos de Natania.	Centro Hotelero, Sarie Bay, Residencial, Natania 1	SAN LUIS	
26 Jueves	Schooner Blight, Cárcel Nueva Esperanza, Ball Field, Paña Hill.	Centro Hotelero, Sarie Bay, Residencial, Natania 2	SAN LUIS	Sur
27 Viernes	Little Hill Loma, Barrack bajo.	Centro Hotelero, Sarie Bay, Residencial, Almendros	SAN LUIS	
28 Sábado	Barrack Alto, Hill Can, Nuevo Bosque.	Centro Hotelero, Sarie Bay, Residencial, Almendros	SAN LUIS, LITTLE HILL SAN LUIS.	Centro
29 Domingo		Centro Hotelero, Sarie Bay, Residencial	SAN LUIS	
30 Lunes	Corales, Barker hill	Centro Hotelero, Sarie Bay, Residencial, Back Road 2	SAN LUIS	Norte

Fuente: Proactiva

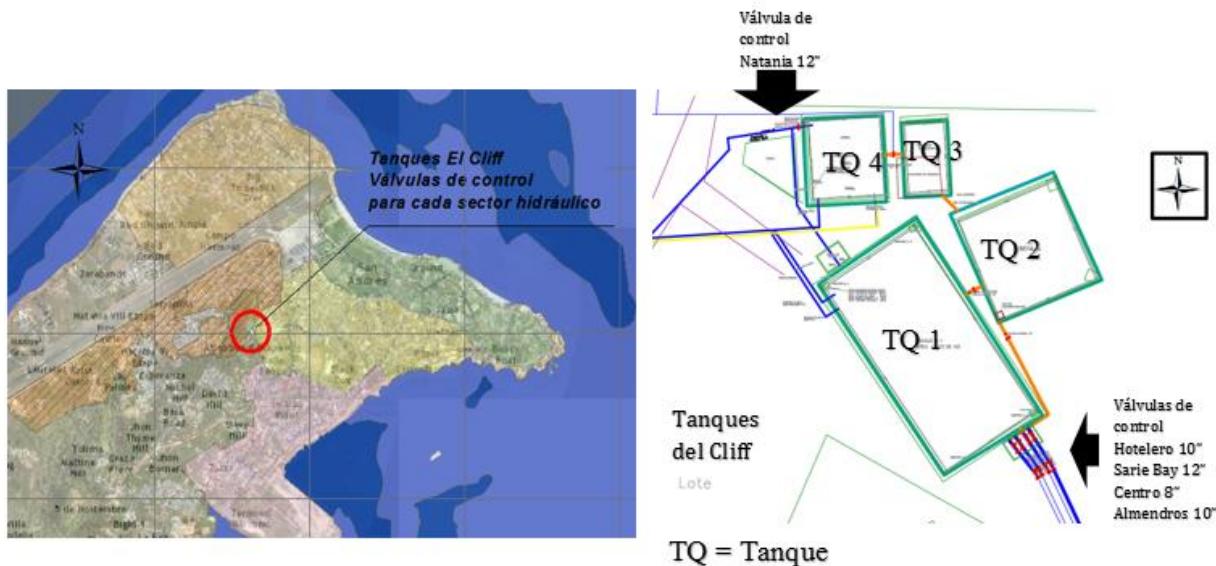
8.9 Análisis operativo del sistema

A continuación, dando cumplimiento al alcance del diagnóstico de la situación actual del sistema de acueducto, se presenta una descripción del funcionamiento operativo del sistema de acueducto, diferenciando la zona urbana y rural.

8.9.1 Zona urbana

Las válvulas que permiten la regulación del caudal hacia cada uno de los sectores se encuentran localizadas a la salida de los tanques del Cliff.

Figura 8-35 Localización de las válvulas de control de cada sector de la zona urbana (North End)



Fuente: PROACTIVA/Consultor

8.9.1.1 Sector Hotelero

Tal y como se mencionó anteriormente el sector hotelero, bajo el esquema actual de operación presenta servicio durante las 24 horas del día. Sin embargo, en las horas de la noche el caudal se regula mediante el cierre parcial de la válvula de 10" de diámetro localizada a la salida de los tanques del Cliff sobre la red de 10" que alimenta el sector, quedando la válvula únicamente abierta con cuatro vueltas. Esta regulación se realiza con un doble objetivo, el primero, reducir los caudales de pérdidas nocturnas y el segundo, permitir que el caudal demandado por el sector centro sea suplido.

Durante el día se presentan algunas quejas de presiones bajas, en la zona más alejada del sector, en el área conocida como Hansa, donde se alcanzan de acuerdo a los medidores de presión de Proactiva, presiones alrededor de 2.5 m.c.a.

8.9.1.2 Sector Centro

El sector del centro, se abastece todas las noches durante 12 horas desde las 6 pm hasta las 6 am. Durante el día la válvula de 8" localizada a la salida de los tanques del Cliff sobre la red de 8" permanece cerrada, mientras que en las horas de la noche se abre con cuatro vueltas.

8.9.1.3 Sector Sarie Bay

El sector de Sarie Bay tiene la posibilidad de controlarse mediante la válvula a la salida de los tanques del Cliff y la válvula de 12" localizada frente a la estación de bombeo de aguas residuales No 2. El servicio que se presta a este sector es de 24 horas, y se realiza mediante la apertura de la válvula que está a la salida de los tanques del Cliff, con una apertura de 15 vueltas, teniendo en cuenta que el hotel Decamerón isleño es alimentado por esta red.

Figura 8-36 Válvula reguladora de presión Sector Sarie Bay



Fuente: PROACTIVA/Consultor

El sector de Sarie Bay cuenta con hidrómetro reductor de presión tipo globo con transmisión magnética serie 920 marca Bermad de 6" de diámetro, instalado sobre la red de 12" que viene desde los tanques del Cliff. En la actualidad la reguladora realiza una reducción de presión aproximada de 32 a 16 mca.

8.9.1.4 Sector Almendros

Este sector se abastece por medio de tubería de 10" que sale desde los tanques del Cliff. La válvula de 10" de diámetro que permite el control del sector igualmente se encuentra a la salida del Cliff. La válvula se abre totalmente en los días en que se presta servicio al sector, que generalmente se realiza durante dos días cada 5 o 6 días. Se tienen reportes de quejas por parte de la comunidad por presiones bajas en el barrio obrero, en los días en que se presta servicio al sector.

8.9.1.5 Sector Natania

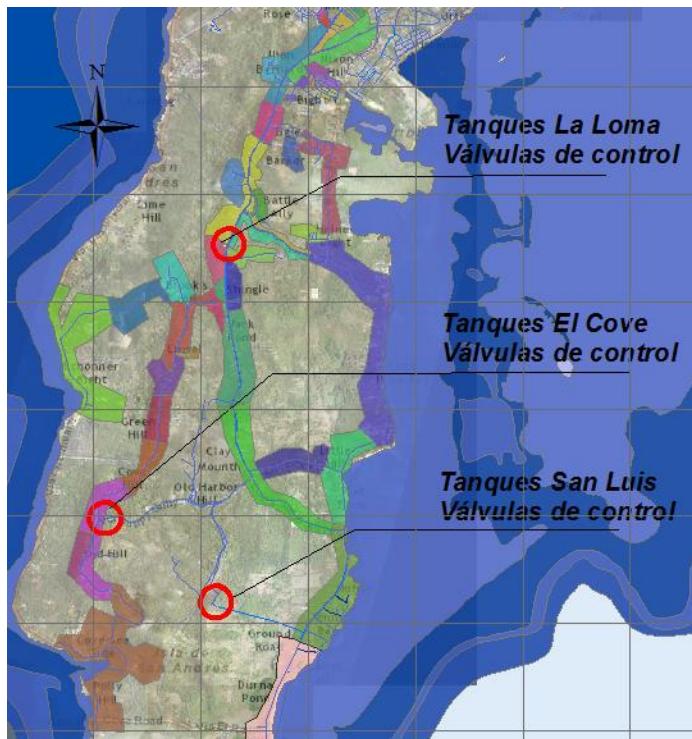
El sector de Natania es controlado por medio de la válvula de 12" instalada sobre la red del mismo diámetro localizada a la salida de los tanques del Cliff. El servicio a este sector se presta durante 4 días seguidos, días en los cuales no se presta servicio al sector de almendros. Cada uno de estos

cuatro días se abastece a un subsector diferente (Back Road 2, Back Road 1, Natania 1 y Natania 2). De acuerdo a reportes de los usuarios, se presentan presiones bajas en la Quinta etapa y en la zona conocida como las Canteras.

8.9.2 Zona rural

Teniendo en cuenta que la zona rural está dividida en tres sectores, y, que cada uno depende de forma independiente un tanque de almacenamiento, las principales válvulas de regulación se encuentran localizadas a la salida del tanque de almacenamiento.

Figura 8-37 Localización tanques de almacenamiento sector rural



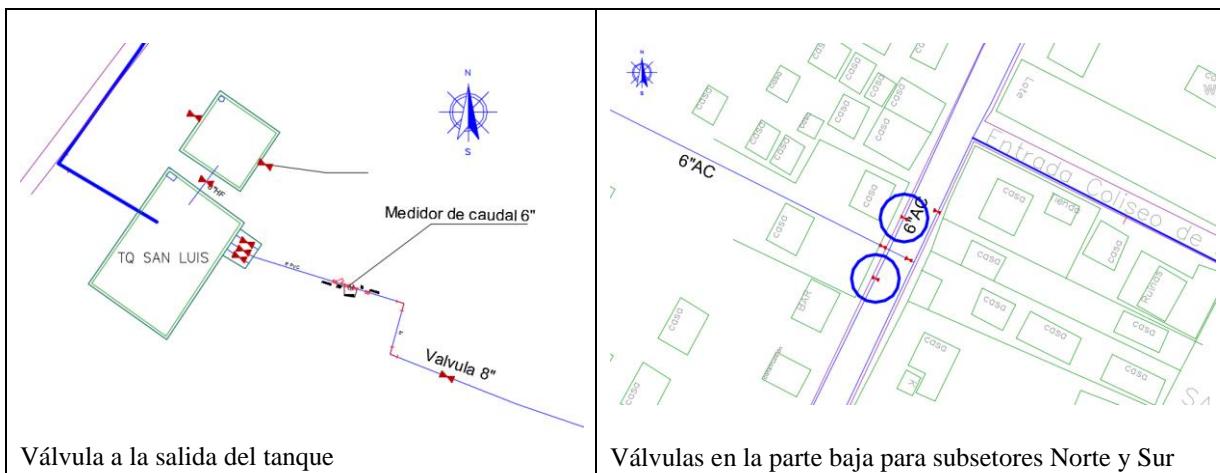
Fuente: Consultor

8.9.2.1 Sector San Luis

El sector de San Luis se encuentra dividido en dos subsectores, Norte y Sur. A la salida del tanque sobre la tubería de 8" se encuentra instalado un macromedidor de 6" que permite la medición de los volúmenes de agua inyectados al sector. Posterior al medidor se encuentra instalada una válvula de 8", que permite el cierre total del sector. En la parte baja, existen dos válvulas de 6" que permiten aislar el subsector norte del subsector sur.

El abastecimiento a este sector, se realiza todos los días durante 24 horas, con la válvula de 8" totalmente abierta.

Figura 8-38 Válvulas del sector San Luis



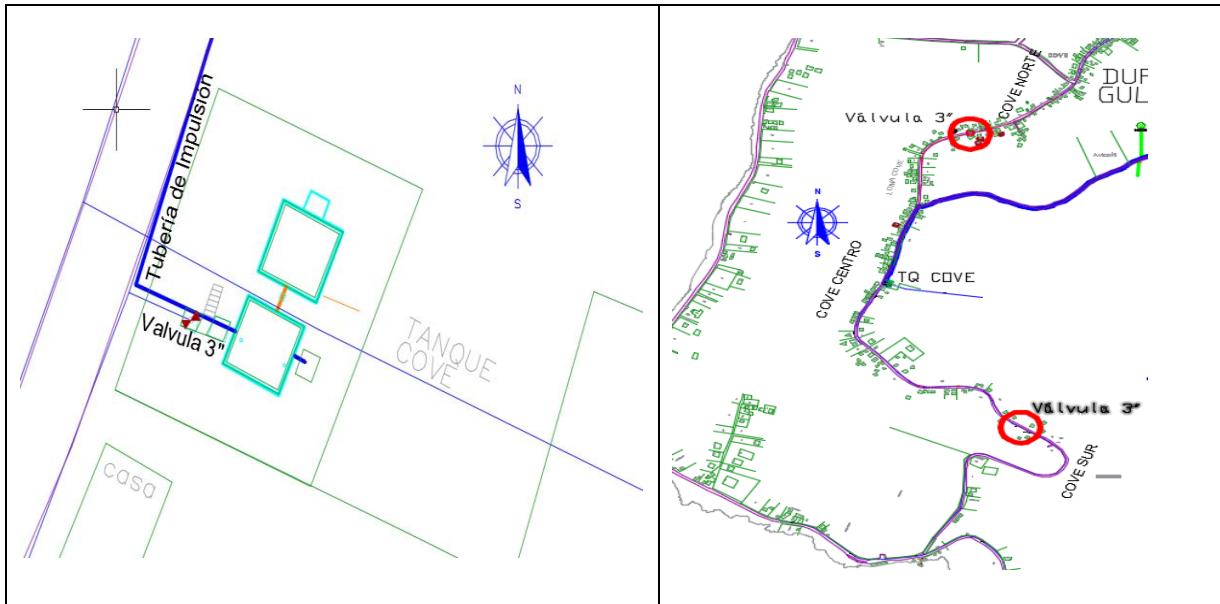
Fuente: PROACTIVA/Consultor

8.9.2.2 Sector El Cove

El sector del Cove cuenta con una válvula de 3" a la salida del tanque de almacenamiento, que permite el cierre total del sector. Para el aislamiento del sector sur se cuenta con una válvula de 3" sobre una tubería de PVC del mismo diámetro. Para el sector norte existe otra válvula de 3" de diámetro localizada sobre la tubería de PVC que alimenta el sector norte.

El abastecimiento en este sector se realiza cada dos días para cada subsector. Cada día se presta un servicio aproximadamente de 4 horas. La apertura de las válvulas es total para los subsectores centro y norte, pero para el sector sur únicamente se realiza con ocho vueltas. En el subsector norte en límites con el sector de la Loma, se presentan quejas por parte de los usuarios por bajas presiones.

Figura 8-39 Válvulas del sector Cove



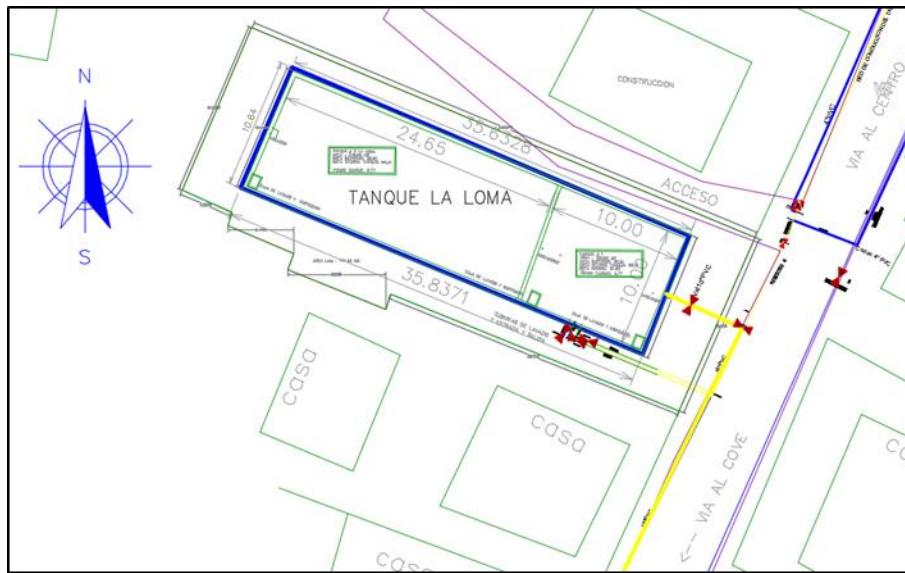
Fuente: PROACTIVA/Consultor

8.9.2.3 Sector Loma

El subsector la Loma se encuentra dividido en 42 subsectores actualmente. El servicio se presta todos los días para dos subsectores diferentes durante un periodo de tiempo promedio de 4 horas. Por esta razón, la continuidad en un subsector es de aproximadamente 18 días.

A la salida del tanque de la Loma se presentan dos tuberías de 8" de PVC. Cada una con dirección al norte o sur respectivamente. Sobre estas tuberías existen válvulas de compuerta del mismo diámetro, que permite realizar el aislamiento total del sistema.

Figura 8-40 Válvulas en el tanque de la Loma



Fuente: PROACTIVA/Consultor

La apertura de las válvulas es total para cada uno de los subsectores. Sin embargo, se presentan problemas de presiones bajas en los subsectores de San Luis Apostadero, Court House y Back Lady.

Aún se encuentra en proceso la identificación de las válvulas que permiten aislamiento de cada uno de los subsectores que son abastecidos diariamente. Esta información será presentada en el informe de la siguiente etapa de estudios complementarios.

8.9.3 Estado de las válvulas

De acuerdo a información proporcionada por el personal de campo de Proactiva, se hace prioritario realizar el cambio de 7 válvulas de compuerta que se mencionan a continuación, ya que estas no permiten realizar un cierre total del flujo.

- a) Válvula del subsector Perry Hill 4"
- b) Válvula del subsector Baker Hill 3"

- c) Válvula a la salida del tanque de San Luis 8"
- d) Válvula tubería a la salida del tanque de la Loma de 8"
- e) Válvula a la salida del tanque del Cove 6"
- f) Válvula del subsector Back Road I de 3"
- g) Válvula del subsector San Luis Norte de 6"

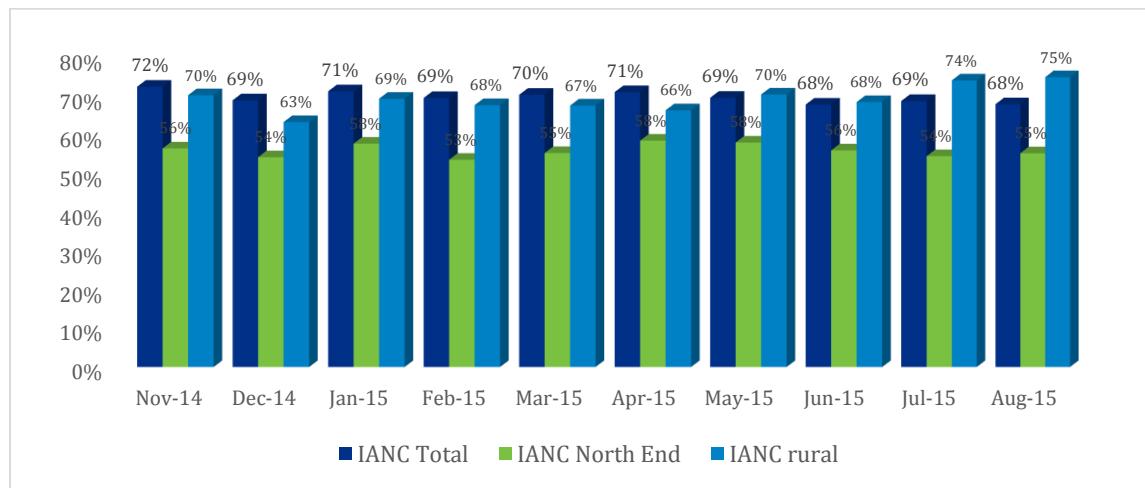
Figura 8-41 Localización de válvulas compuerta en mal estado



Fuente: PROACTIVA/Consultor

8.10 Agua no contabilizada

Con base en la información suministrada por Proactiva para el periodo comprendido entre Noviembre de 2014 y Agosto de 2015, el índice de agua no contabilizada (IANC) para todo el sistema es de 69,59%. Teniendo en cuenta que el sistema se encuentra dividido en dos zonas (urbana y rural) de acuerdo a su fuente de captación, para la zona urbana que dependen de la planta desalinizadora Lox Bigth se tiene un IANC del 55,86%. En el caso de la zona rural, la cual es abastecida con agua proveniente de la planta de ablandamiento Duppy Gully, el IANC en el mismo periodo de tiempo corresponde a 69,06%. Es importante mencionar, que los valores encontrados de IANC, distan en gran medida de los valores mínimos permitidos por Comisión de Regulación de agua Potable y Saneamiento Básico (CRA) que corresponde al 30%.

Figura 8-42 Índice de agua no contabilizada total – Zona urbana – Zona rural (Nov. 2014 – Ago. 2015)


Fuente: Proactiva

En cuanto al comportamiento del IANC al interior de cada zona, como se mencionó anteriormente en la zona urbana se tiene un IANC promedio de 55,86%. El sector centro (residencial) presentan el valor más alto de IANC con un promedio de 88% seguido de los sectores Natania y Hotelero cada uno con 76 y 73% respectivamente.

Los valores de IANC más bajos en la zona, se presentan en los sectores Almendros y Sarie Bay con 54% y 41% respectivamente.

Tabla 8-25 IANC por sector en la zona urbana (North End)

Sector	nov-14	dic-14	ene-15	feb-15	mar-15	abr-15	may-15	jun-15	jul-15	ago-15	Promedio
HOTELERO	70%	67%	66%	69%	78%	77%	79%	75%	78%	77%	73,59%
RESIDENCIAL	89%	91%	92%	89%	89%	91%	87%	87%	83%	87%	88,49%
NATANIA	81%	81%	77%	76%	78%	76%	73%	73%	79%	74%	76,81%
ALMENDROS	57%	54%	59%	49%	52%	55%	57%	57%	56%	54%	54,89%
SARIE BAY	42%	32%	52%	38%	34%	51%	52%	44%	30%	39%	41,38%
PROMEDIO	56%	54%	58%	53%	55%	58%	58%	56%	54%	55%	55,86%

Fuente: Proactiva

En cuanto a la zona rural, el IANC promedio es de 69,06%. El sector que presenta el índice más alto corresponde a San Luis con 75%, mientras que la Loma y el Cove presentan valores promedio de 66% y 65%, respectivamente.

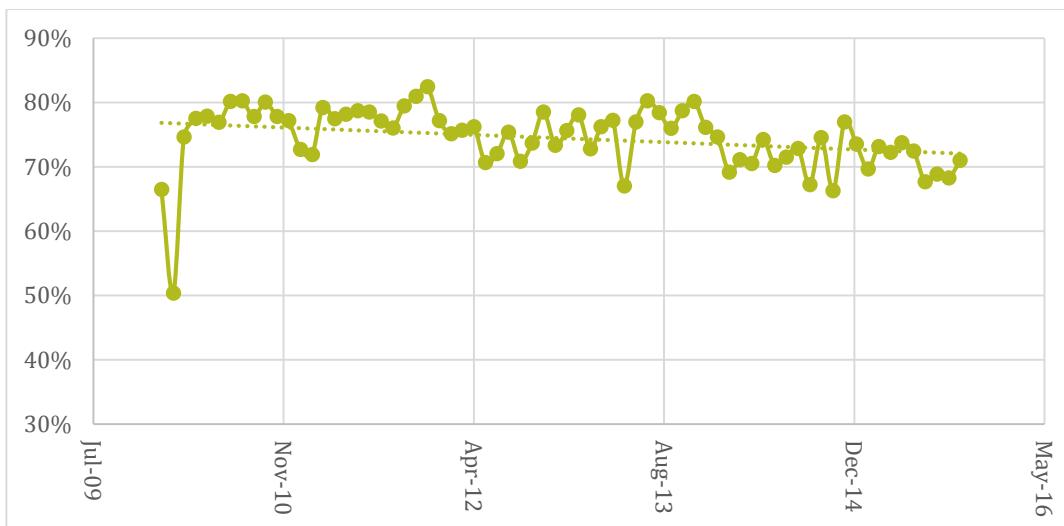
Tabla 8-26 IANC por sector en la zona rural

Sector	nov-14	dic-14	ene-15	feb-15	mar-15	abr-15	may-15	jun-15	jul-15	ago-15	Promedio
LOMA	64%	64%	68%	68%	66%	69%	66%	64%	67%	68%	66,29%
COVE	71%	53%	67%	65%	67%	57%	69%	68%	71%	69%	65,74%
SAN LUIS	75%	73%	73%	70%	69%	73%	76%	72%	84%	86%	75,16%
PROMEDIO	70%	63%	69%	68%	67%	66%	70%	68%	74%	75%	69,06%

Fuente: Proactiva

Proactiva ha venido desarrollando un programa de control de pérdidas técnicas en la zona urbana (North End), con el cual se ha logrado una reducción en el índice principalmente desde el mes de agosto de 2013. El efecto de las actividades realizadas en el año 2013, se pueden ver de una manera más clara en el comportamiento del IANC desde el año 2010 al 2015, como se muestra en la Figura 8-43.

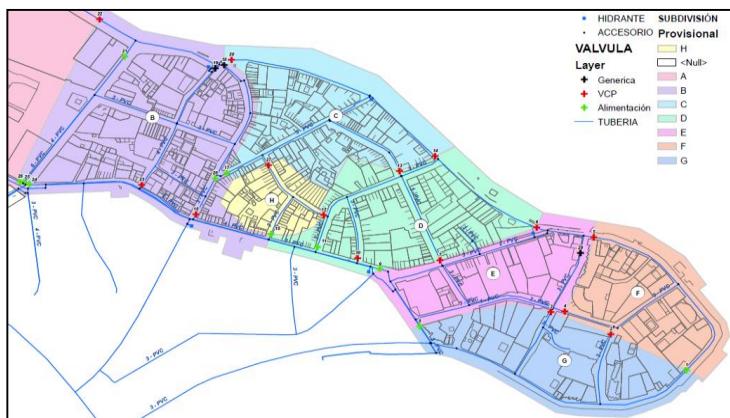
Figura 8-43 IANC total del sistema Enero 2010 – Octubre 2015



Fuente: PROACTIVA/Consultor

- Sub-sectorización de los sectores Hotelero y Sarie Bay.

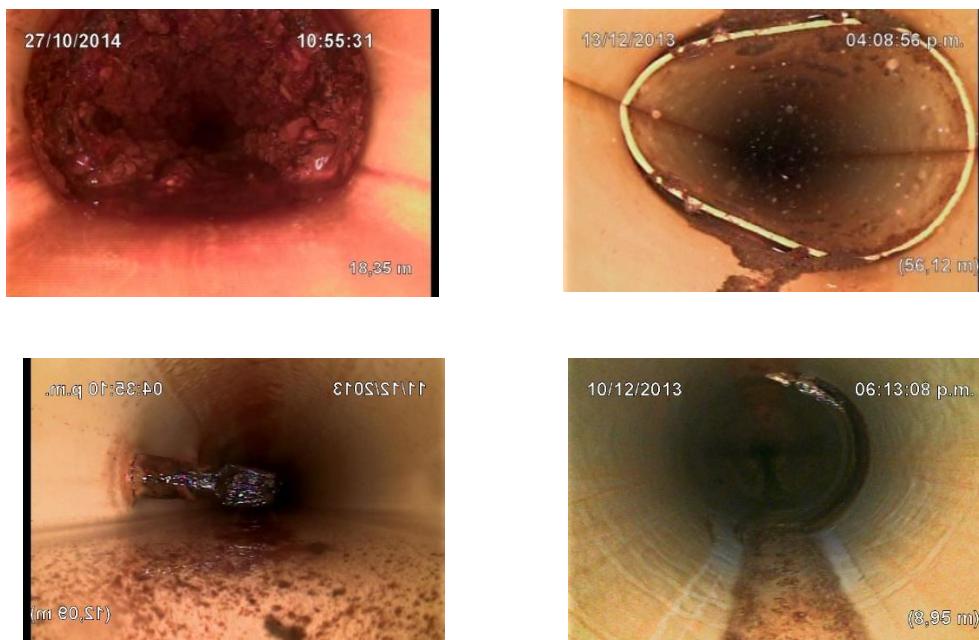
Se dividió el sector en 7 subsectores, identificando las válvulas de cierre permanente, así como la apertura por número de vueltas de las válvulas que se encuentran abiertas, generando de esta manera una regulación del caudal por subsectores, que tiene como objetivo generar una mejor distribución de los caudales al interior del sector. En este mismo sentido, en las horas de la noche se realiza una regulación de la válvula a la salida del tanque, con el objetivo de reducir los caudales mínimos nocturnos.

Figura 8-44 Sub-sectorización sector hotelero


Fuente: Proactiva

- Inspección con circuito cerrado de televisión (CCTV)

Se realizó una inspección de tuberías en aproximadamente 50 puntos de intervención en el sector hotelero y 10 puntos en el sector de Sarie Bay, en el que se identificaron redes con una reducción importante de la capacidad hidráulica por incrustaciones en las paredes de las tuberías, tuberías onduladas, tacos de madera en acometidas, fugas, entre otras, lo cual generó realizar reparaciones en aproximadamente 18 puntos. De igual manera, se realizó un revisión con geófono con lo cual se identificaron 9 fugas más.

Foto 8-14 Imágenes de las inspecciones con CCTV


Fuente: Proactiva

- Control de presiones

Otra de las actividades realizadas correspondió a la instalación de tres válvulas reguladores de presión en los sectores Sarie Bay, Hotelero y Centro (Residencial). Sin embargo, la única reguladora que se encuentra funcionando actualmente corresponde a la válvula que regula el sector de Sarie Bay localizada en predios de la Estación de Bombeo 3 del sistema de alcantarillado sanitario. Las dos válvulas de los sectores Hotelero y Centro, no funcionan principalmente por dos razones: la primera; en el sector hotelero la alta demanda generada por las cisternas de los usuarios, impide que la red permanezca presurizada generalmente en horas de altos consumos; la segunda, en el caso del sector Centro (Residencia), no opera teniendo en cuenta que la continuidad en el sector no es del 100%, ya que generalmente se presta servicio en las horas de la noche.

Es importante resaltar, que los trabajos realizados por Proactiva para el control de pérdidas técnicas especialmente en el sector Sarie Bay, han generado una reducción en el nivel de pérdidas del sector de aproximadamente el 80% a 39%. Esta reducción demuestra que las fugas en la red son un destacable aporte de pérdidas en el sistema, lo cual confirma que la relevancia que tiene dar continuidad al programa de reducción de pérdidas técnicas.

Sin embargo es importante resaltar, que en este mismo sector se presentó un incremento de aproximadamente 16 usuarios oficialmente conectados al sistema, lo cual ha permitido tener una mayor facturación, que igualmente impacta positivamente el IANC.

Teniendo en cuenta lo anterior, se considera necesario continuar orientados hacia el programa de control de pérdidas técnicas para los otros sectores hidráulicos, estableciendo los potenciales beneficios en reducción de producción, el cual debe reflejarse en una disminución de los costos de insumos químicos y de energía de las plantas de tratamiento.

Adicionalmente se debe realizar un programa ambicioso enfocado a la identificación de conexiones ilegales, complementado por un trabajo social, que permita la normalización de estos usuarios, de tal manera que se incremente la facturación, ya que es un componente vital para la sostenibilidad de las obras de inversión que se consideren realizar para la optimización del sistema de acueducto, que permitan una mayor cobertura y continuidad del servicio.

La metodología seguida por Proactiva para la determinación del IANC, parte de la información obtenida de los volúmenes suministrados a cada sector por la gerencia operativa y la información de facturación generada por la dirección comercial. En cuanto a los volúmenes suministrados a cada sector, estos se obtienen a partir de las mediciones de los medidores de turbina tipo Woltman que se encuentran instalados a la salida de los tanques de almacenamiento. Esta medición se lleva a cabo de forma visual, por parte de un operador con un intervalo de medición de dos horas entre las 6 am y las 10 pm.

Es importante hacer énfasis, en los posibles errores que se pueden producir en la medición, en promedio este tipo de medidores puede presentar un error del 5% o incluso mayor en caso de caudales muy bajos. Por otro lado, el hecho de que la lectura sea por parte de un operador, existe un riesgo de presentarse un error humano de lectura que de igual manera afecta el índice. En cuanto a la facturación, esta es obtenida a partir de los datos reales generados en los usuarios con micromedición. Para los usuarios sin micromedidor, a los cuales se les realiza un cobro por

promedio, el valor cobrado se convierte en m³ de acuerdo a la tarifa por tipo de uso y esta y este volumen se suma al valor facturado y este el valor finalmente es tenido en cuenta para el cálculo del IANC.

Cabe destacar que en la actualidad no se cuenta con un balance hídrico del sistema tipo IWA (International Water Association), lo anterior, principalmente ocasionado por las dificultades que existente en la determinación de los errores de micromedición y macromedición, al igual que los consumos no facturados. Sin embargo, tal y como señala la CRA, más allá de nivel específico de cada tipo de pérdida, lo que se considera primordial es la reducción de en la producción de agua, a través de las mejora en la gestión total de las pérdidas.

Con el objetivo de contar con un indicador adicional que nos permita realizar una comparación del nivel de pérdidas del sistema con respecto a otros, se consideró calcular de acuerdo a lo considerado por la CRA el Índice de agua suministrada por usuario facturado (IPUF), el cual es un indicador operacional. De acuerdo con la CRA, los indicadores operacionales son los que tiene como objetivo medir la gestión operativa de los prestadores en el manejo de pérdidas. Este indicador se determinó para el periodo comprendido entre Octubre de 2014 y octubre de 2015, con base en la información de suministro y facturación entregada por parte de la Gerencia Comercial de Proactiva.

Para poder calcular el IPUF se hace necesario estimar dos índices: el Índice de agua consumida por usuario facturado y el índice de agua suministrada por usuario facturado.

El Índice de agua consumida por usuario facturado ICUF, representa el volumen de agua facturado por suscriptor. Se encuentra definido por:

$$ICUF = \frac{AFac}{(Nac * 12)}$$

ICUF: Volumen de agua facturado por suscriptor por mes (m³/sus./mes)

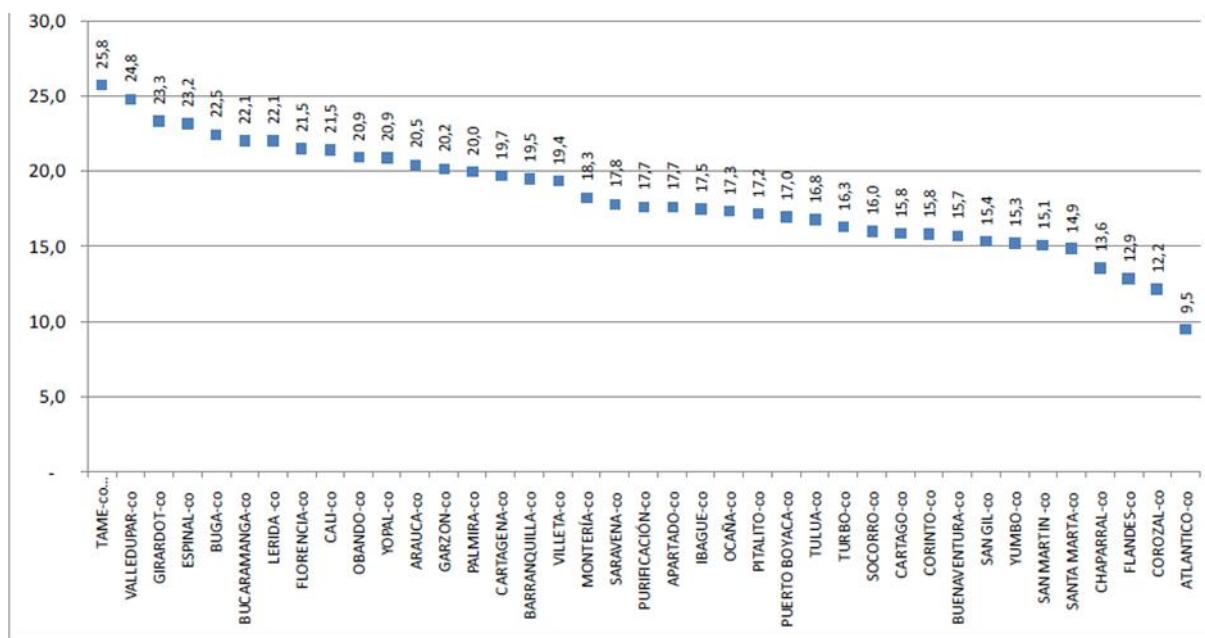
AFac : Volumen de agua facturada en el año base en m³

Nac : número de suscriptores de acueducto en junio del año base

$$ICUF = \frac{419.349}{(9794 * 12)} = 4,18m^3/sus./mes$$

De acuerdo con una investigación realizada por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico en el año 2008, el ICUF se debe analizar con criterios del clima y de elasticidad de la demanda. En cuanto al clima, se dividen en sistemas ubicados en clima cálido y zonas de clima frío o templado. Para el caso de clima cálido ya que es comparable con San Andrés, se encontró en una muestra de 39 empresas en Colombia en el año 2008, que el promedio del ICUF es de 23,9 m³/sus./mes.

Figura 8-45 ICUF en empresas prestadoras de servicio de acueducto en Colombia



Fuente: SUI CRA

De acuerdo con la CRA, las empresas con valores muy bajos, como podría ser el caso de San Andrés de acuerdo a los datos obtenidos ($4,18 \text{ m}^3/\text{sus./mes}$) en el periodo de Octubre de 2014 a octubre de 2015, presentan muy buenas oportunidades de aumento de facturación por recuperación de pérdidas comerciales. Es importante tener en cuenta, que de acuerdo a la CRA un bajo nivel de consumo por usuario facturado puede ser un indicativo de ineficiencias en la gestión de facturación. Además, hay que hacer énfasis en que una facturación deficiente eleva las tarifas, debido a la distribución de los metros cúbicos producidos entre menos usuarios.

El Índice de agua suministrada por usuario facturado (ISUF), representa el volumen de agua por suscriptor que un prestador debe producir en planta con el fin de abastecerlo. Se encuentra definido por:

$$ISUF = \frac{APac}{(Nac * 12)}$$

ISUF: Volumen de agua suministrado por suscriptor por mes ($\text{m}^3/\text{sus./mes}$)

AFac : agua producida en el sistema de acueducto, en el año base expresado en m^3

Nac : Número de suscriptores de acueducto en junio del año base

$$ISUF = \frac{1'730.243}{(9794 * 12)} = 14,72 \text{ m}^3/\text{sus./mes}$$

A partir de los anteriores indicadores, se obtiene el índice de pérdidas de agua por usuario facturado (IPUF), que representa el volumen de agua perdida por suscriptor por mes. Este se encuentra definido por la siguiente expresión:

$$IPUF = ISUF - ICUF$$

ISUF: Volumen de agua suministrado por suscriptor por mes ($m^3/\text{susc./mes}$)

ICUF: Volumen de agua facturado por suscriptor por mes ($m^3/\text{susc./mes}$)

$$IPUF = 14,72 - 4,18 = 10,54 \text{ } m^3/\text{susc./mes}$$

Con base en un análisis realizado por la CRA en el 2008, se identificó que el IPUF para pequeñas empresas prestadoras está entre 5,0 a 8,0 $m^3/\text{susc./mes}$. Si bien el resultado de IPUF obtenido es superior al promedio del país no se considera tan desproporcionado. Lo que sí es importante resaltar es el bajo índice de agua consumida por usuario facturado, lo cual permite ver que un importante porcentaje del IANC puede ser atribuido a las pérdidas comerciales, específicamente a la baja facturación. Es importante hacer énfasis en que este análisis se realizará con mayor detenimiento en la etapa de estudios complementarios, en los cuales haciendo uso de herramientas de modelación con mediciones de caudales y presión, será posible realizar una mejor estimación de la distribución de las pérdidas al interior del sistema.

8.11 Modelación hidráulica del sistema actual

Como una primera aproximación para conocer la capacidad hidráulica de las tuberías del sistema de distribución, se realizó un análisis a las redes principales de cada sector hidráulico. Este análisis se realizó con base en el caudal máximo horario en el presente año (2015), que demandaría toda la población.

Con base en el área de cada sector se determinó un caudal en litros/ hectárea*segundo, con el objetivo de calcular demandas por subsectores, teniendo en cuenta que aún no se cuenta con información de facturación por usuario, que servirá de base para posterior modelación completa de las redes de distribución.

La modelación se realizó en escenario estático teniendo en cuenta que no se tiene una curva de demanda que describa el comportamiento de consumo. No se consideró conveniente utilizar una curva de otra zona, teniendo en cuenta que el comportamiento es atípico debido a la gran cantidad de tanques de almacenamiento que tienen la mayoría de los usuarios.

Tabla 8-27 Caudales máximo horarios por sector

Sector	Caudal medio diario l/s	Caudal máximo diario l/s	Caudal máximo horario l/s	Área por sector (ha)	Caudal medio diario l/ha-s	Caudal máximo diario l/ha-s	Caudal máximo horario l/ha-s
Almendros	11,81	14,17	20,55	79,68	0,15	0,18	0,26
Centro residencial	25,89	31,07	45,05	59,37	0,44	0,52	0,76
Cove	3,86	4,64	6,72	92,56	0,04	0,05	0,07
Hotelero	77,10	92,52	134,15	51,47	1,50	1,80	2,61
Loma	53,68	64,42	93,40	381,14	0,14	0,17	0,25
Natania	17,80	21,36	30,97	57,62	0,31	0,37	0,54
San Luis	13,27	15,93	23,10	80,36	0,17	0,20	0,29
Sarie bay	19,42	23,30	33,79	72,68	0,27	0,32	0,46
Total	222,84	267,41	387,75	874,88	0,25	0,31	0,44

Fuente: Consultor

8.11.1 Zona urbana – North End

El análisis se realizó para cada uno de los cinco sectores que componen la zona urbana.

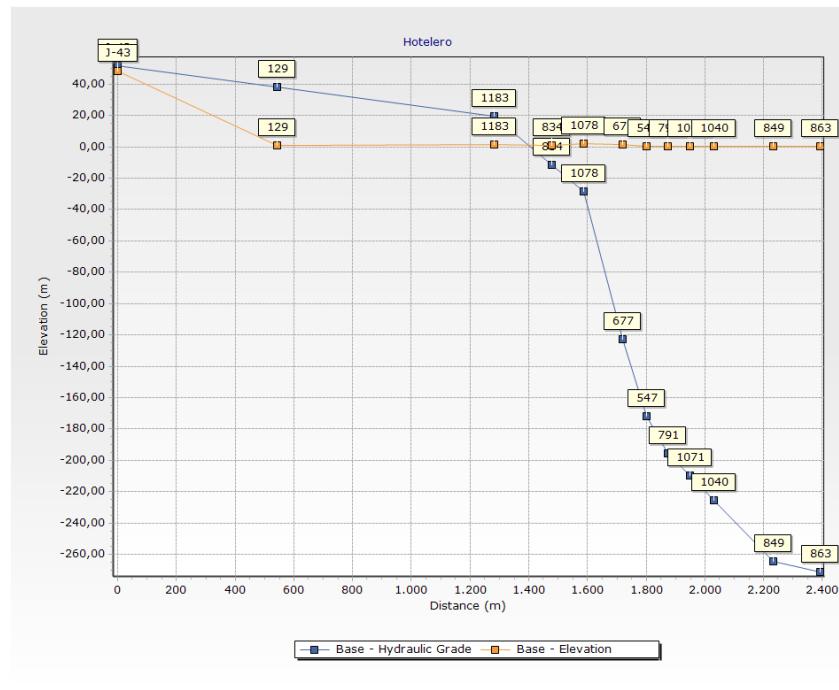
8.11.1.1 Sector hotelero

Para el sector hotelero se calculó un caudal máximo horario de 134 l/s, el cual se distribuyó y se cargó en los nodos de entrada de cada uno de los 8 subsectores en que se encuentra dividido.

Los resultados de la simulación muestran una insuficiencia hidráulica para transportar el caudal máximo horario, presentándose velocidades superiores a los 5 m/s que provocan perdidas de gradiente de hasta 0.15 m/m.

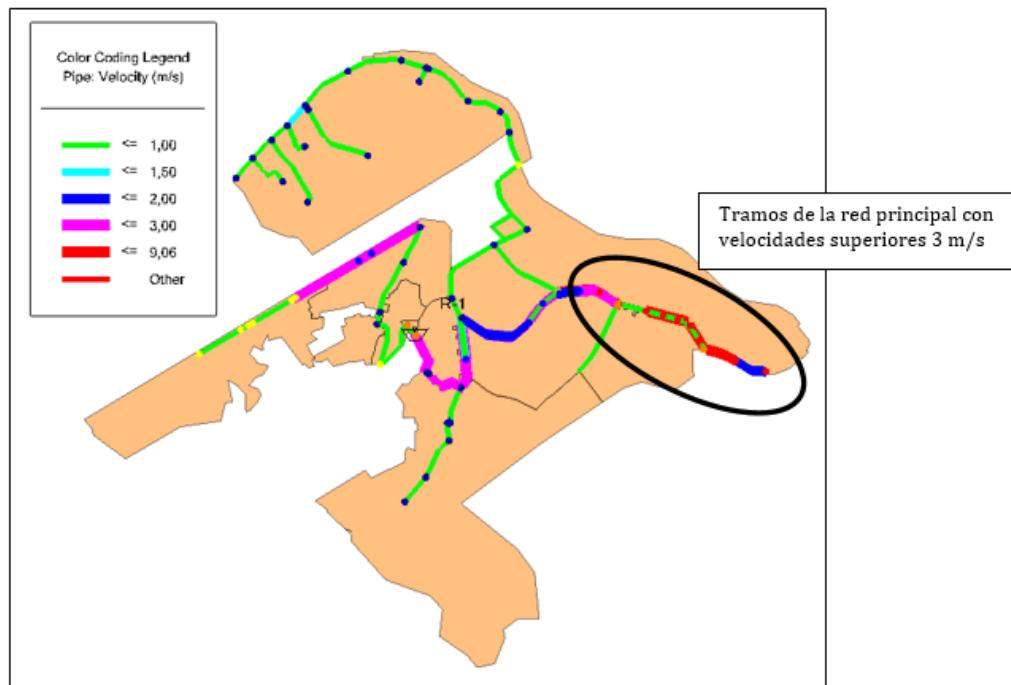
Estas pérdidas se producen posterior al punto conocido como cinco esquinas, en el cual la red que viene del tanque Cliff de 10" de PVC con una velocidad de 2,65 m/s, se reduce a una tubería de 6" de PVC donde se duplica la velocidad a 5,23 m/s.

Figura 8-46 Perfil de tubería principal sector hotelero – Gradiente hidráulico



Fuente: Consultor

Figura 8-47 Velocidad en las tuberías



Fuente: Consultor

En cuanto a la distribución de las velocidades, en los tramos finales del tramo principal se presentan valores hasta de 9 m/s. Aproximadamente se presentan 950 metros de tubería de 4" y 6" de PVC con velocidades superiores a 3 m/s, que se constituyen en tramos potencialmente renovables por redes de mayor diámetro.

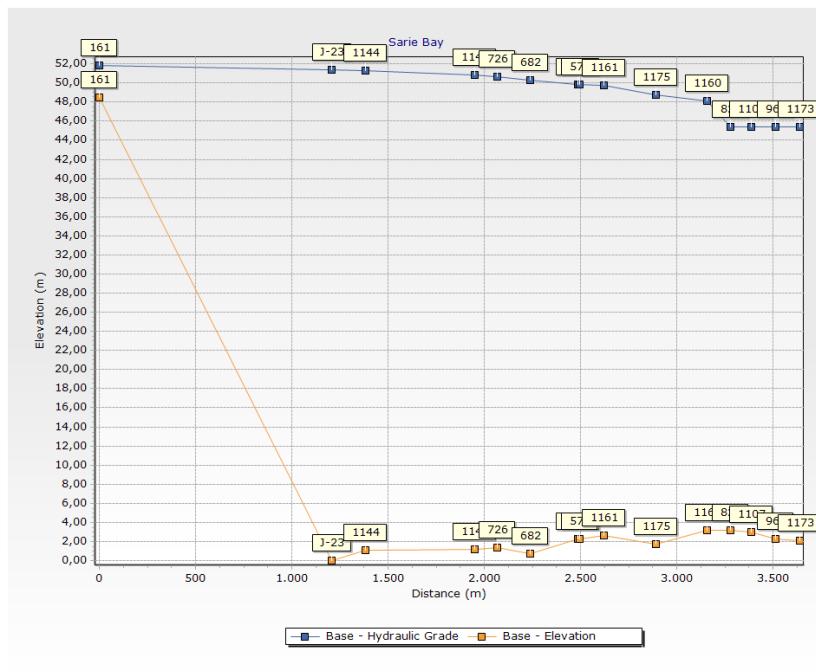
Ver Anexo 8 - 2 Esquema red principal de acueducto del sector Hotelero.

8.11.1.2 Sector Sarie Bay

En el sector Sarie Bay se calculó un caudal máximo horario de 33,79 l/s, el cual se distribuyó en los cinco subsectores en que se encuentra dividido el sector.

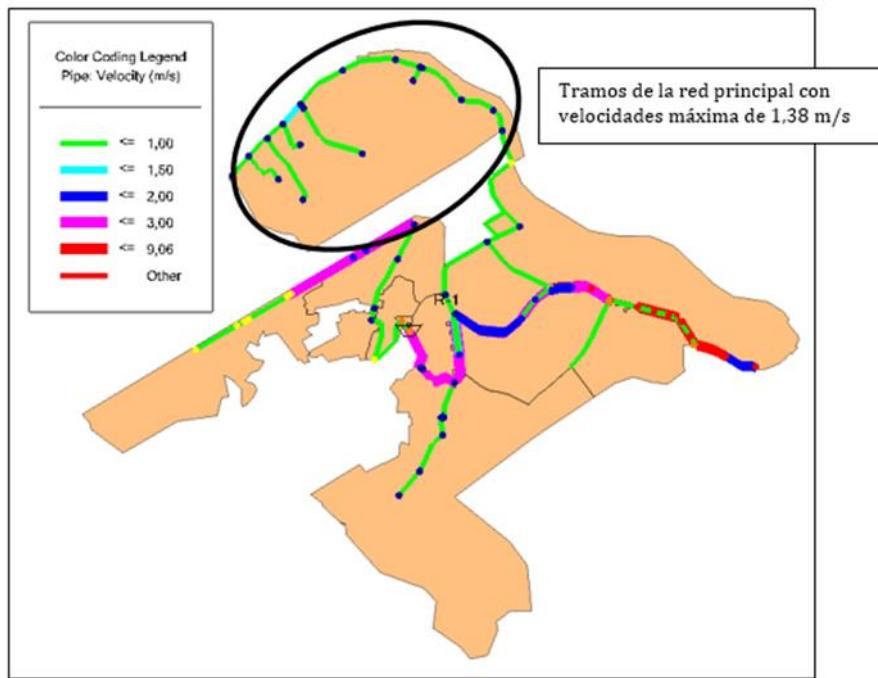
Los resultados de la modelación muestran suficiente capacidad hidráulica de la red principal para transportar este caudal. La presión en el punto más alejado es de aproximadamente 45 m.c.a., esto sin tener en cuenta la válvula reguladora de presión que se encuentra localizada a la entrada del sector.

Figura 8-48 Perfil de tubería principal sector Sarie Bay – Gradiente hidráulico



Fuente: Consultor

Figura 8-49 Velocidad en las tuberías



Fuente: Consultor

En las redes principales se presenta una velocidad promedio de 0,63 m/s, una mínima de 0,34 m/s y una máxima de 1,38 m/s.

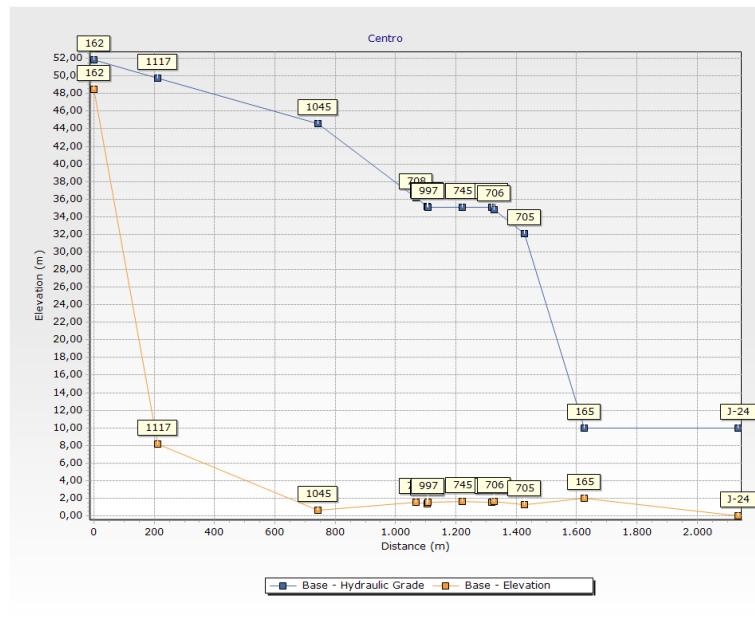
Ver Anexo 8 – 3 Esquema red principal de acueducto del sector Sarie Bay.

8.11.1.3 Sector Centro o Residencial

Para este sector el caudal máximo horario para el año 2015 es de 45,05 l/s, el cual se distribuyó en 4 subsectores que está dividido el sector.

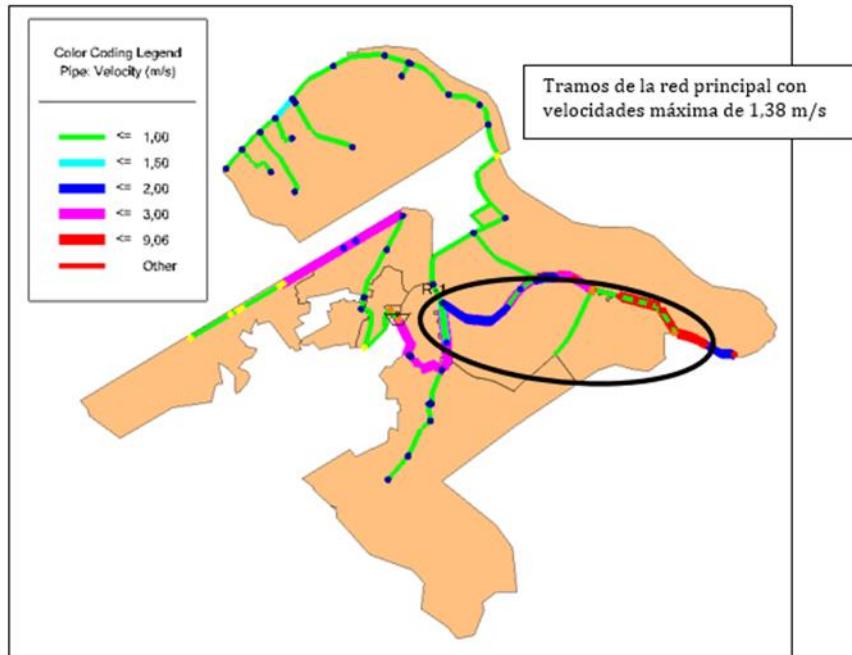
Los resultados de la modelación muestran suficiencia hidráulica para el transporte del caudal de demanda, sin embargo, en los últimos 800 metros, donde la red se reduce a 3" de diámetro se presentan una fuerte caída en el gradiente hidráulico, a causa de las pérdidas que se incrementan por presentarse velocidades cercanas a 3 m/s.

Figura 8-50 Perfil de tubería principal sector Centro – Gradiente hidráulico



Fuente: Consultor

Figura 8-51 Velocidad en las tuberías



Fuente: Consultor

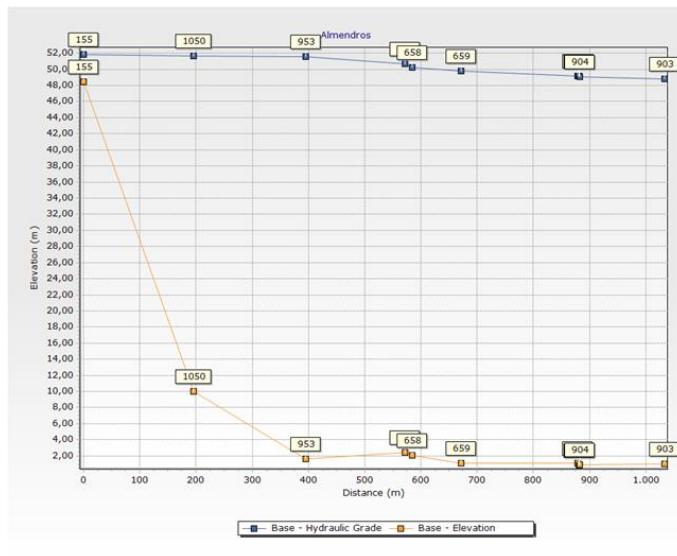
La velocidad promedio en la red principal del sector es de 1,41 m/s, una mínima de 0,25 m/s y máxima de 2,78 m/s. El tramo en donde se presenta esta velocidad, corresponde al tramo final de la red principal que tiene una longitud aproximada de 198 metros en tubería de PVC de 3".

Ver Anexo 8 - 4 Esquema red principal de acueducto del sector Centro – Residencial

8.11.1.4 Sector Almendros

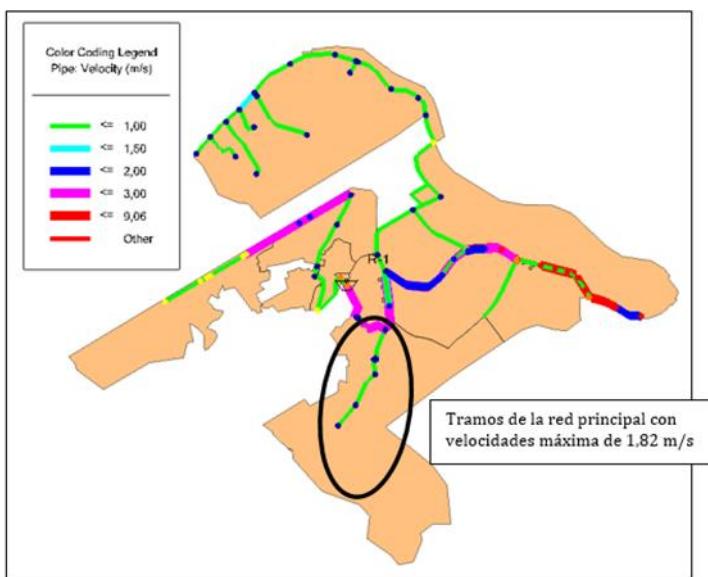
El caudal máximo horario calculado para el año 2015 es de 20 l/s, el cual se distribuyó en seis subsectores. Los resultados de la modelación de la red principal muestran suficiente capacidad hidráulica para el transporte del caudal, con presiones en el punto crítico de la hasta 52 mca.

Figura 8-52 Perfil de tubería principal sector Almendros – Gradiente hidráulico



Fuente: Consultor

Figura 8-53 Velocidad en las tuberías



Fuente: Consultor

La velocidad promedio en la red principal es de 0,72 m/s, mínima de 0,38 m/s y máxima de 1,82 m/s. Se considera que la red principal cuenta con la capacidad hidráulica suficiente para el transporte de la demanda actual estimada.

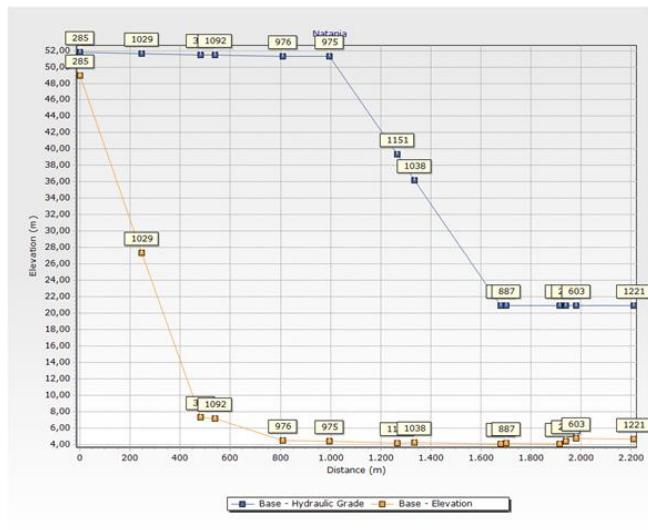
Ver Anexo 8 - 5 Esquema red principal de acueducto del sector Almendros

8.11.1.5 Sector Natania

Para el sector Natania se calculó un caudal máximo horario de 30,97 l/s, el cual se distribuyó en los cuatro subsectores en que se encuentra dividido el sector.

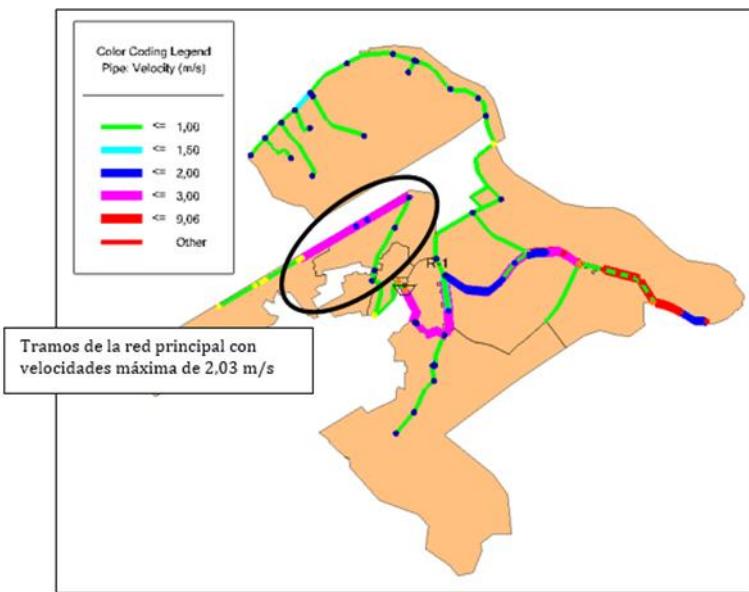
Los resultados de la modelación muestran que la red cuenta con capacidad hidráulica para trasportar el caudal demandado. La presión en el punto crítico es aproximadamente de 20 mca.

Figura 8-54 Perfil de tubería principal sector Natania – Gradiente hidráulico



Fuente: Consultor

Figura 8-55 Velocidad en las tuberías



Fuente: Consultor

La velocidad promedio en la red principal del sector es de 0,88 m/s, una mínima de 0,09 m/s y una máxima de 2,03 m/s. La pérdida promedio en la tubería es de 0,015 m/m.

Ver Anexo 8 - 6 Esquema red principal de acueducto del sector Natania

8.11.1.6 Análisis de resultados zona urbana (North End)

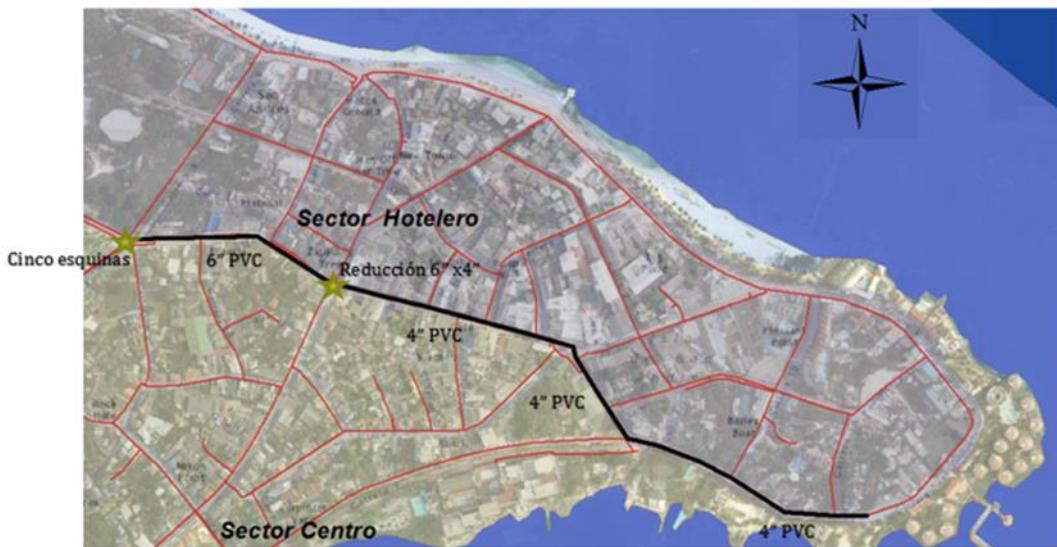
Con base en los resultados obtenidos en la modelación preliminar de redes principales de cada sector, se considera resaltar lo siguiente:

- Se identificó insuficiencia en la capacidad hidráulica de la red principal que abastece los subsectores del sector hotelero en aproximadamente 1109 metros de tubería, desde el sitio conocido como 5 esquinas en la Calle 4 x Carrera 7, donde la red que viene desde los Tanques del Cliff se reduce de 10" a 6". Esta red de 6" continua por la Calle 4 o Av. Américas presentando velocidades máximas alrededor de 5 m/s. Posteriormente, en la esquina de la Av. Américas x carrera 5 se reduce a 4" (velocidad 9 m/s), continuando por la Av. Américas y la Carrera 1 hasta el Hotel Decamerón Acuarium. Con base en lo anterior, se considera importante hacer énfasis en la revisión hidráulica de este sector, una vez se realice la modelación hidráulica completa del sector, realizando mediciones de caudal presión en campo que faciliten la toma de decisiones.

Longitud tubería de 6" = 303 metros

Longitud tubería de 4" = 806 metros

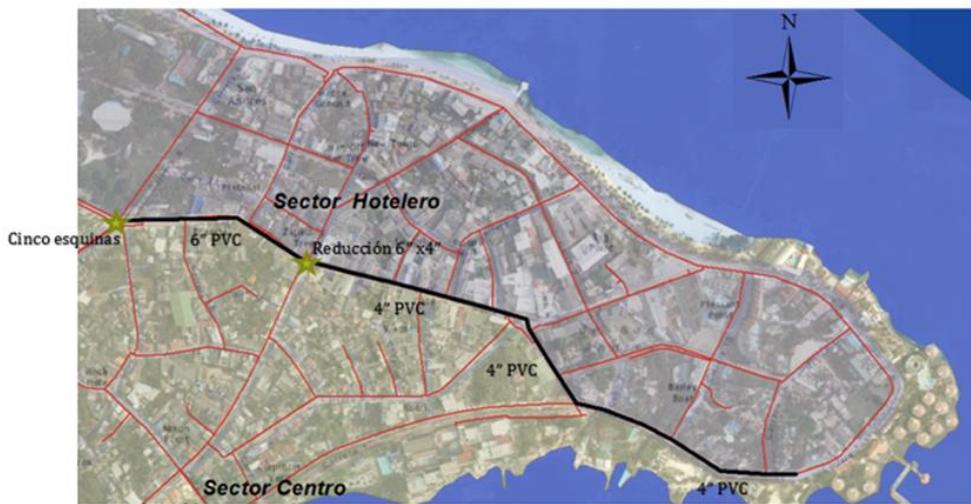
Figura 8-56 Red principal sector hotelero con insuficiencia de capacidad hidráulica



Fuente: Consultor

- Se identificaron velocidades altas que provocan una importante pérdida de carga en un tramo de la red principal del sector Centro localizado sobre la Av. Américas, posterior a una reducción de diámetro 10" a 4" y 3", que se presenta cerca al punto conocido como Cinco Esquinas. Teniendo en cuenta los resultados, se considera conveniente evaluar detalladamente la capacidad hidráulica de acuerdo a la demanda específica del sector, de un tramo de 198 metros en tubería de 3" de diámetro, localizado sobre la Calle 4 entre las Carrera 5B y Carrera 5. Ya que de acuerdo a la modelación realizada se presenta una velocidad de 2,78 m/s, que genera una pérdida en el tramo de aproximadamente 20 mca.

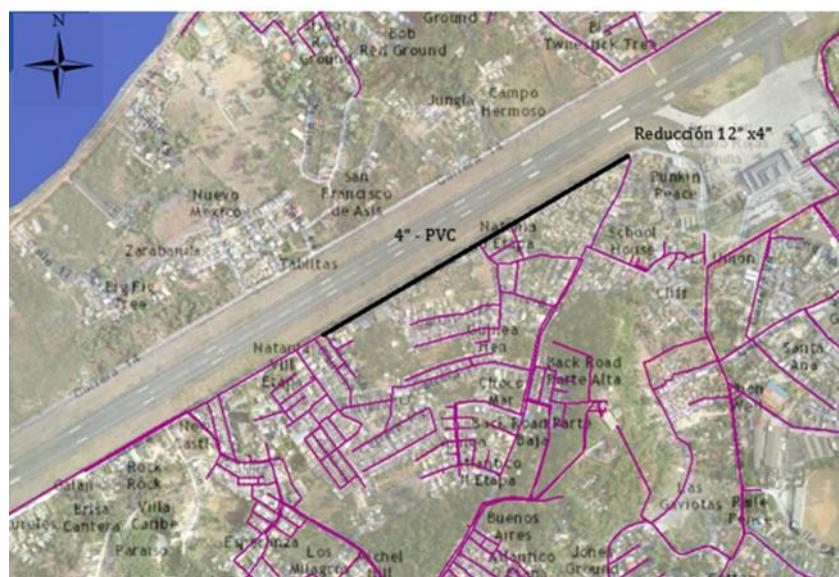
Figura 8-57 Red principal sector centro con insuficiencia de capacidad hidráulica



Fuente: Consultor

- En el sector de Natania, se identificó un tramo localizado sobre la Carrera 13, en el cual después de la reducción de la red de 12" que viene desde los tanques de Cliff, se reduce a 4" de diámetro, lo cual genera una pérdida de carga en la red de 30 mca, en un tramo aproximadamente de 700 metros.

Figura 8-58 Red principal sector Natania con insuficiencia de capacidad hidráulica



Fuente: Consultor

- Por otra parte, se considera necesario realizar una revisión basados en mediciones de campo, del funcionamiento hidráulico de las redes de asbesto cemento. Lo anterior, considerando que se tratan de tuberías muy antiguas en las que su capacidad hidráulica se ha podido ver reducida por la acción de incrustaciones en las paredes, más aun cuando el agua que se ha conducido por las tuberías ha sido rica en minerales. En el sector de Natania, existe un tramo de tubería de asbesto cemento en una longitud aproximada de 900 metros en la red principal, en diámetro de 12". En el sector de Almendros, existen 523 metros de tuberías de asbesto cemento, distribuida en 331 metros en diámetro de 6" y 195 metros en diámetro de 12".

Figura 8-59 Tramos de tuberías en asbesto cemento



Fuente: Consultor

8.11.1.7 Zona rural (San Luis, Cove, La Loma)

Para la zona rural se realizó el mismo análisis, sin embargo teniendo en cuenta la complejidad del sistema de la Loma, aun continua el proceso de modelación de las redes principales.

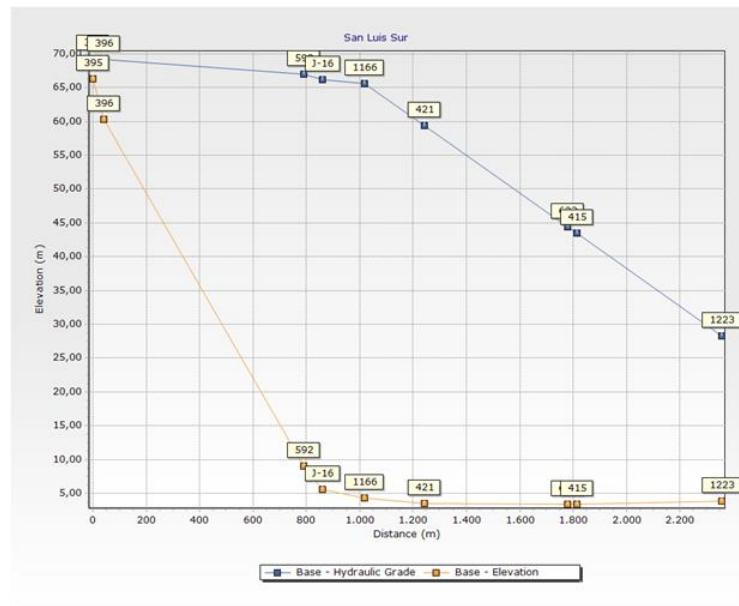
A continuación se presentan los resultados de presiones velocidad para los sectores de San Luis y el Cove.

8.11.1.8 Sector San Luis

Para el sector San Luis se estimó un caudal máximo horario de 23,11 l/s, el cual se distribuyó en los dos subsectores en que se encuentra dividido el sector.

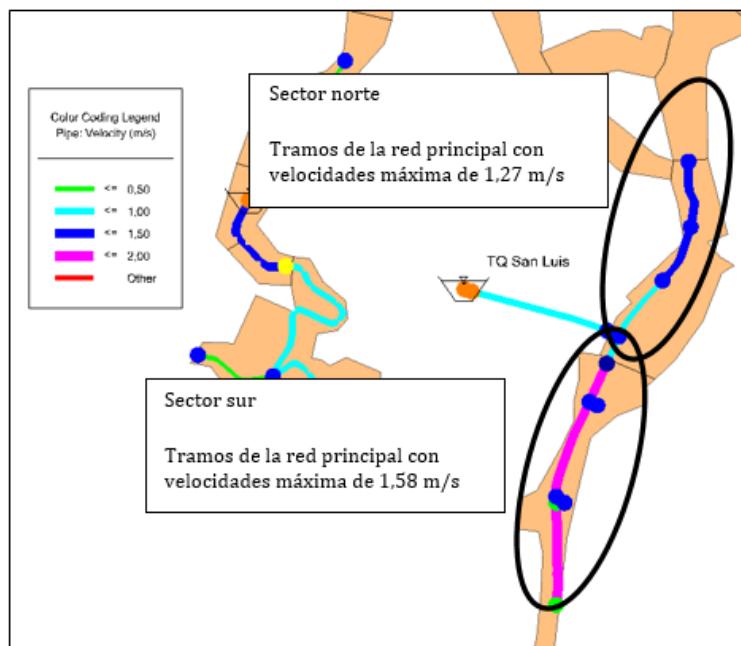
Los resultados obtenidos muestran que las redes para los dos subsectores tienen la capacidad hidráulica suficiente para el transporte del caudal de demanda, sin embargo, en los últimos 1000 metros de las redes de San Luis Sur, se presentan una pérdida de gradiente de aproximadamente 35 m, debido al incremento en las velocidades ocasionado por la reducción del diámetro de la tubería de 6" a 4".

Figura 8-60 Perfil de tubería principal sector San Luis Sur – Gradiente hidráulico



Fuente: Consultor

Figura 8-61 Modelación hidráulica de redes principales - Velocidad

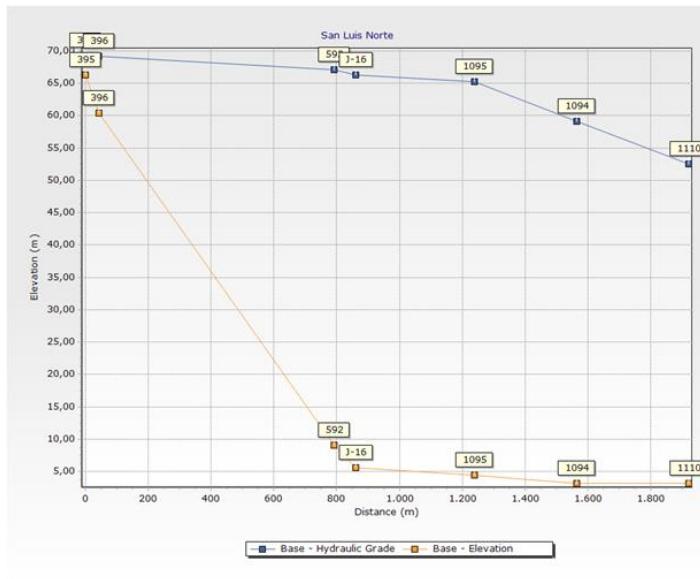


Fuente: Consultor

La velocidad promedio en la red principal es de 1,36 m/s, la mínima de 0,70 m/s y una máxima de 1,58 m/s.

En la tubería principal del sector norte, las tuberías tiene la capacidad suficiente para el transporte del caudal demandado en el escenario actual. La presión en el punto crítico es aproximadamente de 55 mca.

Figura 8-62 Perfil de tubería principal sector San Luis Norte – Gradiente hidráulico



Fuente: Consultor

La velocidad promedio en la red principal es de 1,03 m/s, la mínima de 0,56 m/s y una máxima de 1,27 m/s.

Es importante tener en cuenta que las modelaciones se realizaron con un coeficiente de rugosidad teórico para tuberías nuevas. Posteriormente, en las modelaciones que se realicen para la totalidad del sistema, se tendrá en cuenta un coeficiente que involucre el material y la edad de las tuberías de ser posible.

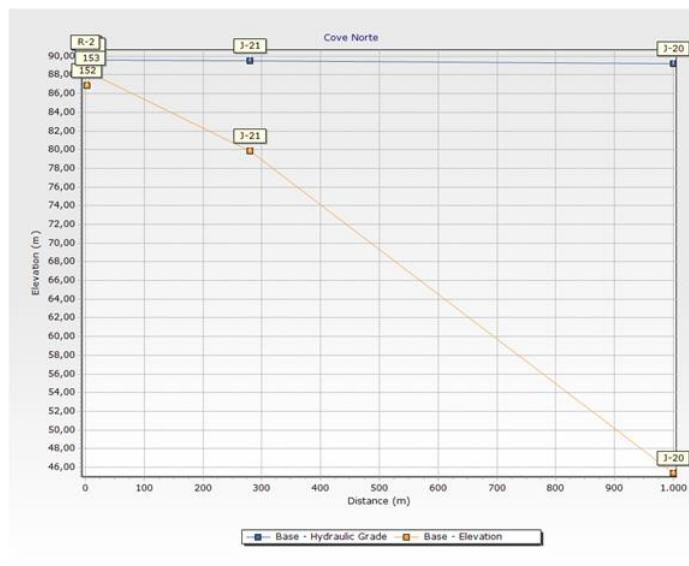
8.11.1.9 Sector Cove

Para el sector Cove se estimó un caudal máximo horario de 6,72 l/s, el cual se distribuyó en los tres subsectores en que se encuentra dividido el sector.

Los resultados obtenidos muestran que las redes para los tres subsectores tienen la capacidad hidráulica suficiente para el transporte del caudal de demanda. Se presentan puntos cercanos al tanque donde por obvias razones la presión en la red no cumple con la presión mínima exigida por el RAS 2000.

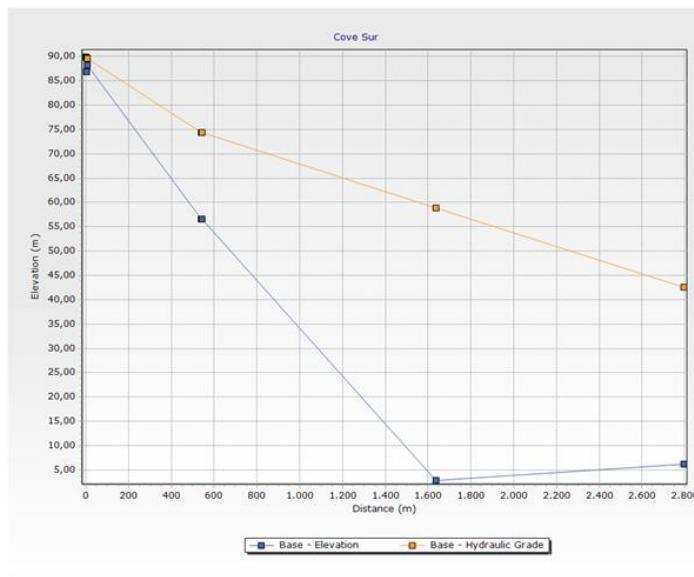
Por otro lado, en la red principal de Cove norte se llegan a presentar presiones de hasta 45 mca en la parte más baja, mientras que en la red de Cove sur la presión más alta esta alrededor de 40 mca.

Figura 8-63 Perfil de tubería principal sector Cove Norte – Gradiente hidráulico



Fuente: Consultor

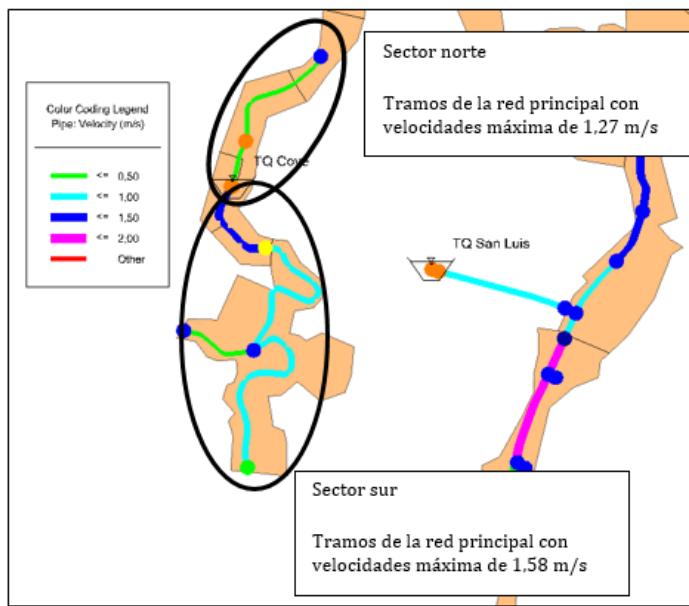
Figura 8-64 Perfil de tubería principal sector Cove Sur – Gradiente hidráulico



Fuente: Consultor

En las redes del norte y sur se presentan velocidades mínimas de 0,14m/s, promedio de 0,86 m/s y máxima de 1,48 m/s.

Figura 8-65 Modelación hidráulica de redes principales - Velocidad



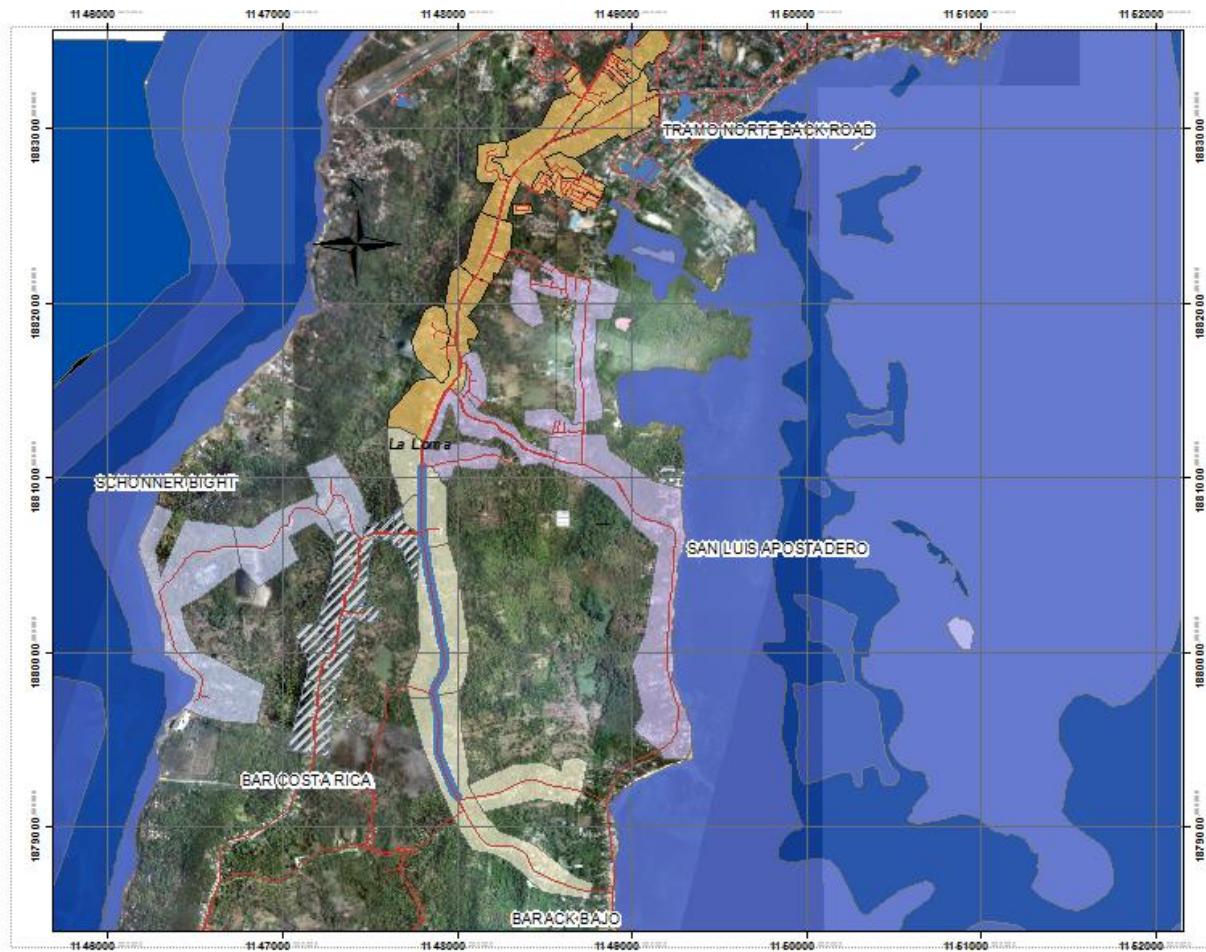
Fuente: Consultor

8.11.1.10 Sector La Loma

Debido a la extensa área que se abastece desde el tanque La loma, la modelación se dividió en cinco grandes sectores, como se presenta a continuación:

- Tramo Norte Back Road
- San Luis Apostadero
- Barack bajo
- Bar Costa Rica
- Schonner bight

Figura 8-66 Sectores modelados La Loma



Fuente: Consultor

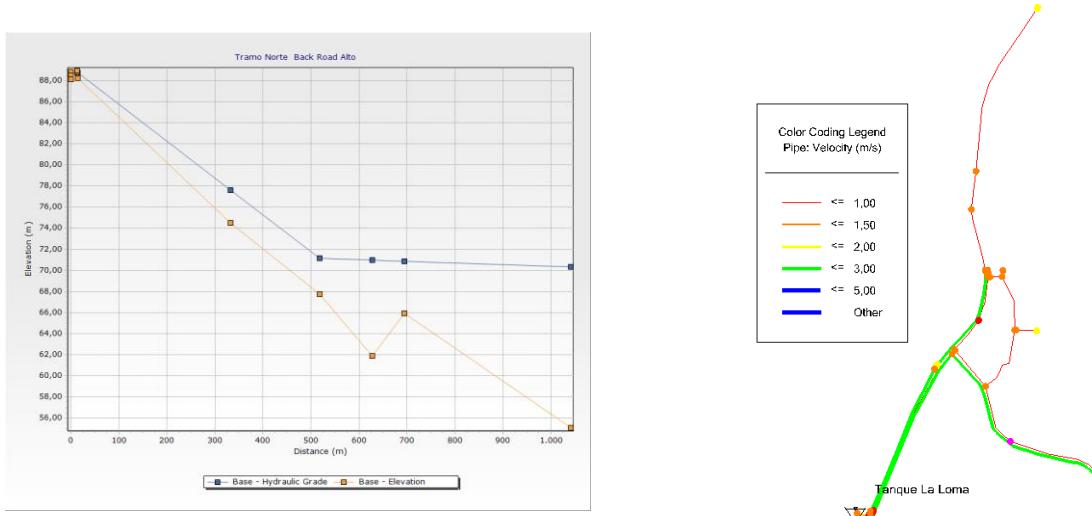
A continuación se presentan los resultados de la modelación de las redes principales, de acuerdo con la distribución del caudal de demanda estimada para el escenario actual (93,40 l/s).

- Tramo Norte Back Road

Para este subsector se estimó un caudal máximo horario de 14l/s. El tramo cuenta con la capacidad hidráulica para transportar el caudal de demanda actual. Sin embargo, se presentan presiones por debajo de las mínimas permitidas por el RAS 2000 en cercanías al tanque de almacenamiento.

Es importante destacar que la presión en los 1100 metros que conforman el tramo principal, presentan presiones por debajo de los 14 mca (ver Figura 8-67). Esta es debida principalmente a la poca diferencia topográfica que existe entre el tanque y la zona de servicio

Figura 8-67 Perfil de tubería principal – Gradiente hidráulico y esquema de velocidades en la tubería



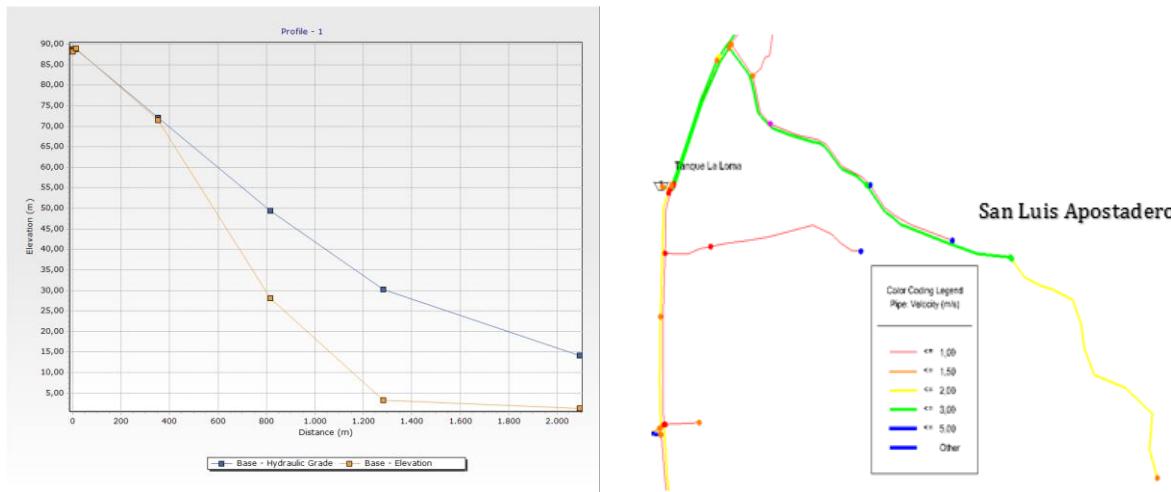
Fuente: Consultor

En cuanto a las velocidades en las tuberías de este tramo, se presenta una velocidad mínima de 0,58 m/s y una velocidad máxima de 2,10 m/s.

- San Luis Apostadero

Para este subsector se estimó un caudal máximo horario de 27l/s. El tramo cuenta con la capacidad hidráulica para transportar el caudal de demanda actual. Sin embargo, también se presentan presiones por debajo de las mínimas permitidas por el RAS 2000, en los primeros 800 metros.

De los 2000 metros de tubería que componen este tramo principal, se presentan velocidades relativamente de hasta 2,5 m/s en los primeros 1200 metros, los cuales ocasionan un mayor pérdida de carga, que sumada a la poca diferencia topográfica en los primeros tramos dificulta el cumplimiento de las presiones mínimas exigidas. Se hace necesario realizar un análisis de alternativas para evaluar la necesidad o no de realizar un cambio de tubería que permita optimizar el plano de presiones en la parte alta.

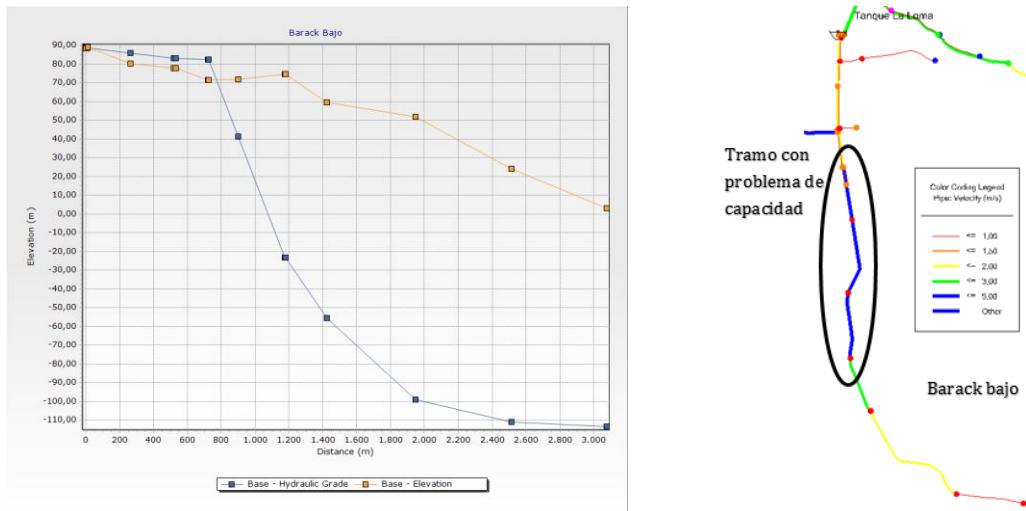
Figura 8-68 Perfil de tubería principal – Gradiente hidráulico y esquema de velocidades en la tubería


Fuente: Consultor

- Barack bajo

Para este subsector se estimó un caudal máximo horario de 26l/s. El tramo no cuenta con la capacidad hidráulica para transportar el caudal de demanda actual. Se presenta un tramo (ver Figura 8-69) en tubería de 3" de diámetro con una longitud de 697 metros, que presenta velocidades superiores a los 5 m/s, que ocasionan una importante pérdida de carga, que no permite que circule el caudal demandado actual estimado.

Se considera realizar un análisis más detallado, que se desarrollará mediante la modelación hidráulica del sistema completo, con el objetivo de evaluar si es necesario realizar una renovación de este tramo de red.

Figura 8-69 Perfil de tubería principal – Gradiente hidráulico y esquema de velocidades en la tubería


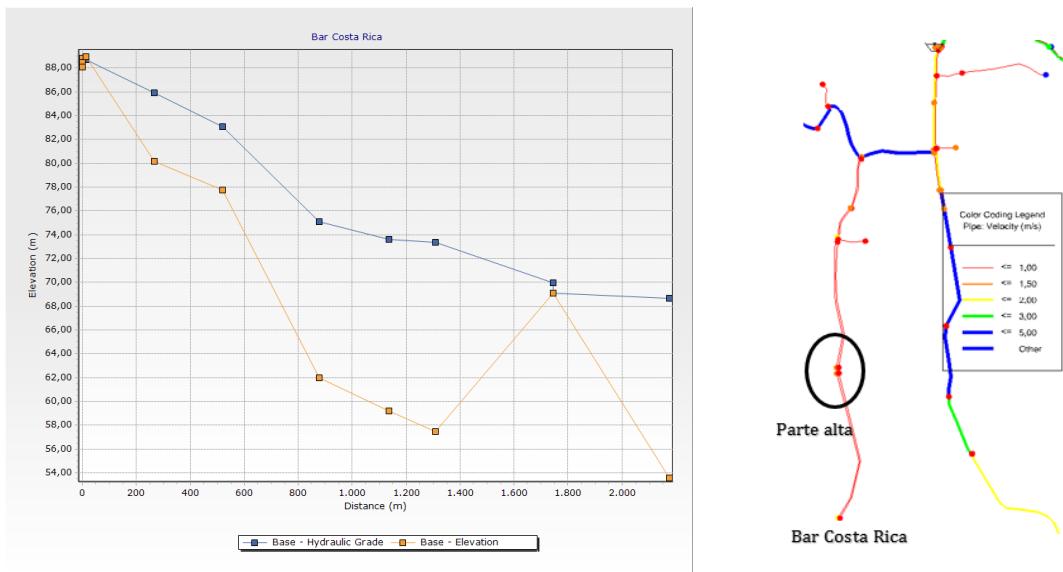
Fuente: Consultor

- Bar Costa Rica

Para este subsector se estimó un caudal máximo horario de 8 l/s. El tramo cuenta con la capacidad hidráulica para transportar el caudal de demanda actual. Sin embargo, se presenta un punto alto aproximadamente en la abscisa 1700, donde se presentan presiones cercanas a cero, de acuerdo las demandas estimadas.

Se considera realizar un análisis más detallado, que se desarrollará mediante la modelación hidráulica del sistema completo, con el objetivo de evaluar si es necesario realizar una renovación de este tramo de red.

Figura 8-70 Perfil de tubería principal – Gradiente hidráulico y esquema de velocidades en la tubería



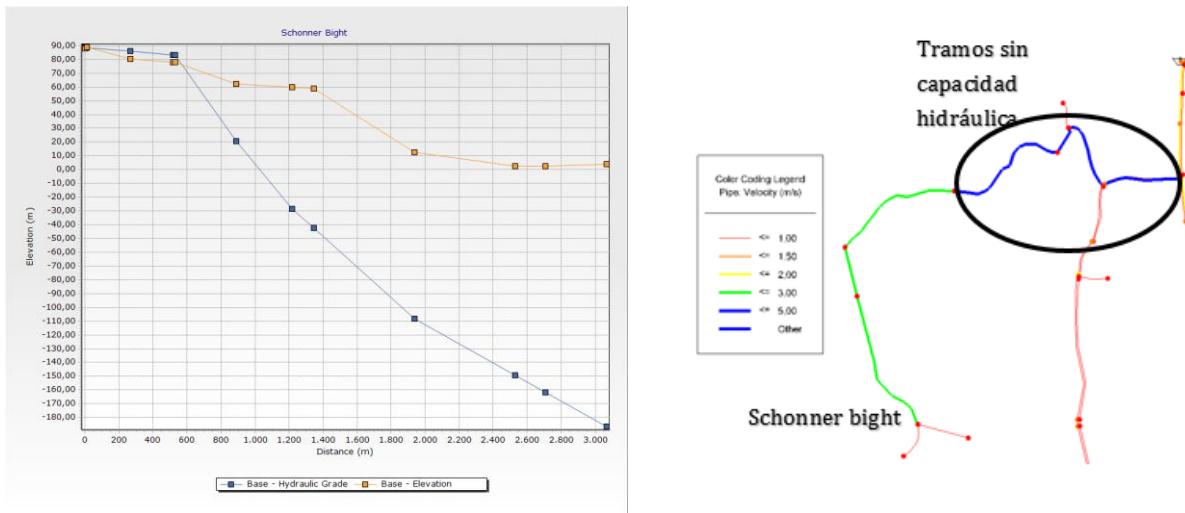
Fuente: Consultor

- Schonner Bight

Para este subsector se estimó un caudal máximo horario de 17 l/s. La red no cuenta con la capacidad hidráulica para transportar el caudal de demanda actual. Se presenta un tramo (ver Figura 8-65) en tubería de 3" de diámetro con una longitud de 1400 metros, que presenta velocidades superiores a los 4m/s, que ocasionan una importante pérdida de carga, que no permite que circule el caudal demandado actual estimado.

Se considera realizar un análisis más detallado, que se desarrollará mediante la modelación hidráulica del sistema completo, con el objetivo de evaluar si es necesario realizar una renovación de este tramo de red.

Figura 8-71 Perfil de tubería principal – Gradiente hidráulico y esquema de velocidades en la tubería



Fuente: Consultor

8.11.1.11 Análisis de resultados zona rural

- En la red principal que abastece a los sectores Barack Alto, Barack Bajo, entre otros, se identificó un tramo localizado sobre la vía Bark Road, que no cuenta con la capacidad hidráulica para transportar el caudal máximo horario estimado para el año 2015. Este tramo tiene una longitud aproximada de 1600 metros en tubería de 3" de diámetro.

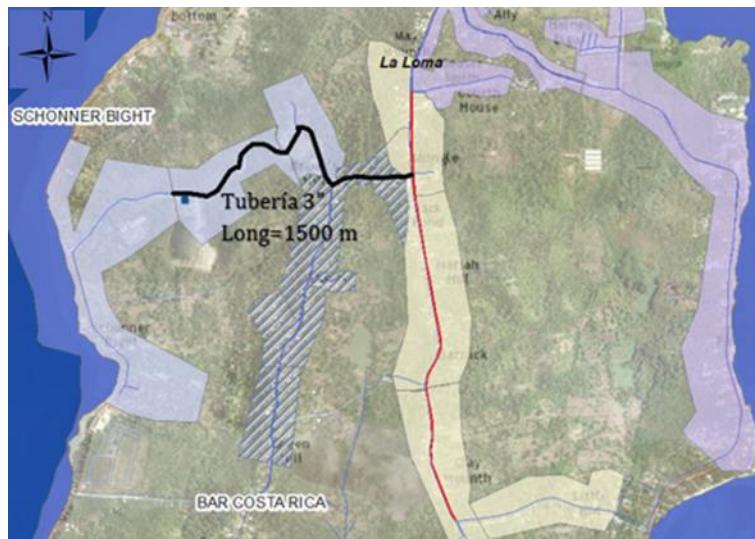
Figura 8-72 Red principal sector Loma con insuficiencia de capacidad hidráulica



Fuente: Consultor

- Similar condición a la mencionada anteriormente, se presenta en el tramo principal que abastece a los sectores Back Field, Carcel Nueva Esperanza y Schonner Bight, en el cual se identificó un tramo localizado sobre la vía Loma - Cove, que no cuenta con la capacidad hidráulica para transportar el caudal máximo horario estimado para el año 2015. Este tramo tiene una longitud aproximada de 1500 metros en tubería de 3" de diámetro.

Figura 8-73 Red principal sector Loma con insuficiencia de capacidad hidráulica



Fuente: Consultor

- En cuanto a las tuberías de Asbesto Cemento en el sector de la Loma, existe un tramo de tubería con una longitud aproximada de 1950 metros en la red principal en diámetro de 3", que se debería considerar renovar de forma inmediata teniendo en cuenta que se trata de una tubería con un diámetro muy reducido para la demanda. Es importante aclarar que este tramo es el mismo considerado crítico para el abastecimiento del sector Barack Alto y bajo.

Figura 8-74 Tramos de tuberías en asbestos cemento



Fuente: Consultor

Por otro lado, en el sector de San Luis también se presentan redes en asbesto cemento, en diámetros de 8", 6" y 4". Entre estos el tramo principal que viene desde el tanque San Luis hasta la parte baja donde se dividen los sectores norte y sur. De esta manera, las longitudes de tuberías es asbesto son las siguientes: tubería de 8" - Longitud = 750 m; tubería de 6" – longitud = 615 m; tubería de 4" – Longitud = 330 m.

Figura 8-75 Tramos de tuberías en asbesto cemento



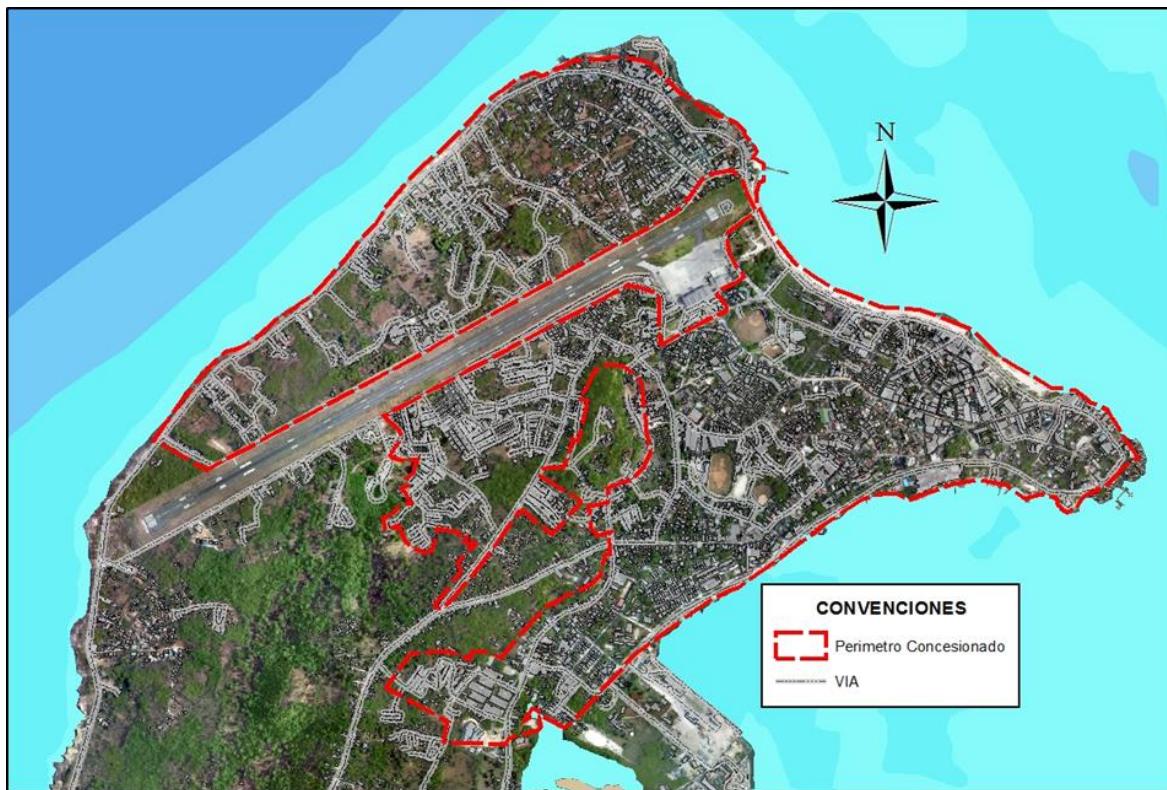
Fuente: Consultor

Sección 9.

DIAGNÓSTICO SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO

En la actualidad, el sistema de alcantarillado sanitario en la Isla de San Andrés es operado por la Empresa Proactiva Aguas del Archipiélago S.A. E.S.P., contratada para un periodo de quince (15) años, a partir del 3 de Octubre de 2005 bajo la supervisión expresa de la Empresa Aguas de San Andrés S.A. E.S.P. contratista de la Secretaría de Servicios Públicos y Medio Ambiente. El perímetro de servicio de alcantarillado sanitario concedido a P Aguas del Archipiélago S.A. E.S.P corresponde al sector urbano de la Isla de San Andrés tal como se observa en la Figura 9-1

Figura 9-1 Perímetro de servicio de alcantarillado sanitario concedido a Proactiva Aguas del Archipiélago S.A. E.S.P



Fuente: Consultor

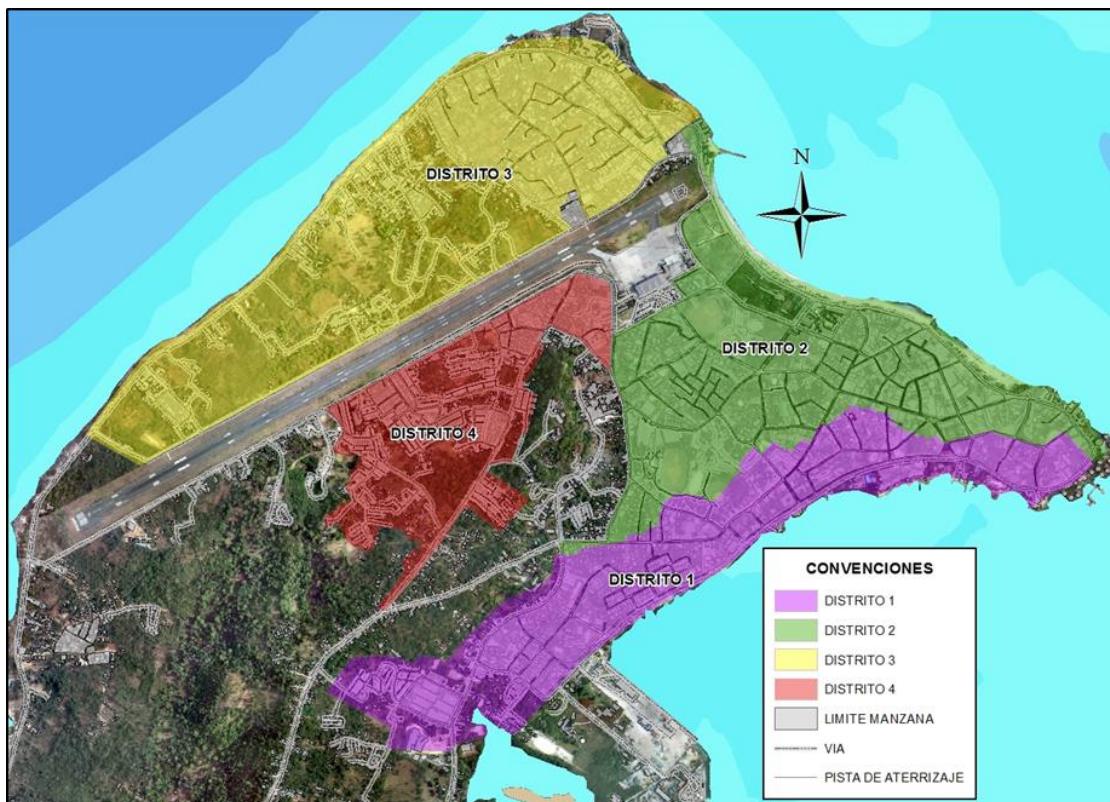
La gestión de las aguas residuales domésticas en la Isla de San Andrés, ha estado delimitada por dos (2) sectores poblados. Un primer sector (North End, sector concedido), donde la principal estrategia definida para el manejo de las aguas residuales es el alcantarillado sanitario, y un segundo sector (South End), en el cual la misma comunidad ha optado por la implementación de sistemas de tratamiento independientes dada la carencia de redes de alcantarillado sanitario en esta zona.

La Isla de San Andrés presenta una cobertura de alcantarillado sanitario aproximada del 26% para toda la Isla y del 46% en el sector de North End que equivale a 32 Kilómetros de longitud de red. En esta zona se presenta la mayor concentración urbana y población de la Isla (Bonus Banca de Inversión S.A.S, Diciembre de 2015).

Desde los inicios de su operación, las redes de alcantarillado sanitario se han configurado de forma independiente a las redes de alcantarillado pluvial, siendo un sistema de tipo separativo, lo cual obedece principalmente a las condiciones del terreno en la Isla, siendo esta de predominio llano, teniendo que incluir en los dos sistemas estaciones elevadoras lo que aumenta el costo de operación.

En la isla de San Andrés las aguas residuales domiciliarias que ingresan a los colectores secundarios lo hacen por descarga directa y otros mediante bombeo. El sistema de alcantarillado sanitario ubicado en la cabecera principal (sector North End sector concesionado) está sectorizado en cuatro (4) distritos sanitarios que disponen las aguas residuales en redes que drenan por gravedad hacia tres (3) estaciones de bombeo localizadas estratégicamente para cada distrito. Debido a las condiciones de insularidad y teniendo en cuenta principalmente el estado de isla oceánica, es claro que el principal receptor de las aguas servidas es el mar por lo cual el vertimiento final se realiza mediante un emisario submarino. En la Figura 9-2, en el Anexo 9-1 Mapa 1 Plano General de Alcantarillado y en el Anexo 9-2 Mapa 2 Distritos y Redes de Alcantarillado, se presenta la distribución de los distritos en el sector North End.

Figura 9-2 Conformación de los distritos actuales del sistema de alcantarillado sector North End. Fuente: Catastro de redes Proactiva.



Fuente: Consultor

Las mayores problemáticas identificadas son la baja cobertura debido a que no existen estudios y diseños actualizados del sistema de alcantarillado para el sector rural, la deficiencia de redes, falta de gestión de recursos económicos, altos costos del servicio y renuencia de algunos sectores de la comunidad para conectarse al sistema de acueducto y alcantarillado debido a consideraciones económicas entre otras objeciones presentadas; realizando disposición inadecuada de aguas residuales, el deterioro del ambiente, contaminación de acuíferos, vertimientos de aguas residuales y afectación de la salud pública en la isla (Insular, Junio, 2014). Además, los altos niveles de infiltración de aguas lluvias hacia el sistema sanitario donde confluyen significativas concentraciones de sedimentos y sólidos de gran tamaño es un escenario que afecta considerablemente la función del sistema de alcantarillado especialmente por las obstrucciones que se presentan en los tramos donde el ingreso de aguas lluvias al sistema se presenta de forma reiterada. De igual manera, la falta de educación y en algunos casos la negligencia de muchos usuarios vinculados al servicio, ha llevado a utilizar la redes de alcantarillado como sumidero de desechos diferentes a los cuales se ha planificado el sistema (aguas residuales de origen doméstica), específicamente residuos de grasas y aceites.

En lo correspondiente al seguimiento, control, mantenimiento y vigilancia del sistema de alcantarillado sanitario, desde la empresa P Aguas del Archipiélago S.A. E.S.P., se han implementado hasta su alcance, las herramientas requeridas y necesarias para garantizar el buen funcionamiento del sistema, siguiendo las directrices contenidas en el Reglamento Técnico del Sector de Agua y Saneamiento Básico –RAS 2000-.

De igual forma, se ha hecho un trabajo interinstitucional para la vigilancia de los aspectos más relevantes en el correcto funcionamiento de las redes de alcantarillado y los riesgos potenciales de que se presenten en el mismo; en este ejercicio han participado empresas como Aguas de San Andrés S.A. E.S.P. y Proactiva S.A., así como las entidades CORALINA y la Gobernación Departamental, a través de su Secretaría de Salud Departamental, Secretaría de Infraestructura y Obras Públicas y la Secretaría del Medio Ambiente y Servicios Públicos.

La mayoría de los resultados de éstas acciones, coinciden con el análisis de la situación que se presenta en el marco de esta consultoría, evidenciando que los principales problemas operativos del sistema de alcantarillado sanitario están asociados al mal manejo por parte de los usuarios y la influencia de los drenajes pluviales sobre la red sanitaria, todo ello repercutiendo en la capacidad hidráulica de ésta última.

En lo referente a la inadecuada disposición final de lodos, se detecta ausencia de un sistema integral de tratamiento de lodos; conllevando a una disposición inadecuada de residuos.

En el departamento de San Andrés se pueden identificar cuatro (4) formas de disposición de aguas servidas:

- Sistema de alcantarillado
- Pozos Sépticos
- Tuberías de Conducción hacia el mar
- Disposición sobre el terreno

Ante la falta de redes de alcantarillados en algunos sectores de la isla, los habitantes se han visto obligados a emplear como mecanismo de disposición final de las aguas residuales, aguas negras y excretas, los pozos sépticos; igualmente, es común encontrar en los barrios más susceptibles y de bajos recursos económicos, vertimientos al aire libre principalmente en patios y terrenos baldíos.

9.1 Sistema de alcantarillado sanitario existente

En la isla de San Andrés, el manejo y disposición de las aguas residuales se realiza mediante un sistema de alcantarillado sanitario cuya longitud total en la actualidad es de 29,155.22 metros de redes construidas en diámetros nominales que varían entre 6 pulgadas y 34 pulgadas, con predominio de aproximadamente el 49% de redes en 8 pulgadas y en materiales tales como PVC, GRESS PEAD, esto de acuerdo con la información de catastro de redes de alcantarillado sanitario suministrada por Proactiva S.A. en formato dwg. En algunas zonas bajas del perímetro sanitario, se hace necesario el uso de unidades de bombeo para poder drenar las aguas residuales hasta los puntos de mayor pendiente que permitan el flujo gravitacional hasta las estaciones de bombeo. En el Anexo 9-1 Mapa 1 Plano General de Alcantarillado se presenta la red de alcantarillado existente y en la Tabla 9-1 un resumen de la red existente.

Tabla 9-1 Longitud redes de alcantarillado sanitario existentes

Diámetro pulg	Material (m)						Longitud m	
	GREES	NOVAFORT	PEAD	PVC	PVC NOVAFORT	PVC WRETEEN		
6				12.09	553.02	19.38	44.27	628.76
8	5117.18	803.04	64.61	8240.24	217.21			14442.28
10	404.21	252.83	24.83	2160.70				2842.57
12	323.06	5.25	170.65	589.56				1088.51
14	295.68			287.79				583.46
16		190.39	901.29	2987.75	9.31			4088.74
18	175.93			3059.35				3235.28
20	60.62			51.46				112.08
21	229.08							229.08
27	405.44							405.44
30	851.07							851.07
34	610.06							610.06
SIN DATOS	37.88							37.88
TOTAL								29155.22

Fuente: Consultoría/PROACTIVA

Así las cosas, San Andrés solo cuenta con alcantarillado sanitario en el norte de la isla, en el sector conocido como North End y no logra dar cobertura a todos los habitantes de esta zona. Los otros dos núcleos urbanos, San Luis y La Loma, no cuentan aún con un sistema colectivo de transporte y disposición de las aguas residuales aunque existe un estudio denominado “Proyecto de acueducto y alcantarillado –San Luis y La Loma” realizado por la empresa SANEAR Ltda. en 1996, el cual presenta alternativas de diseño para las redes de alcantarillado de estos dos sectores de la isla, el cual requiere una revisión de los diseños propuestos para un análisis y validación del mismo. Para

el resto de la isla no existen a la fecha ni redes de alcantarillado ni todos los estudios y diseño necesarios para su construcción.

En las zonas que hoy no están conectadas a la red, el sistema de disposición utilizado consiste básicamente en la existencia de pozos sépticos, en su gran mayoría construidos con los mínimos requerimientos técnicos, los cuales reciben además un precario mantenimiento.

La mayor parte de la red de alcantarillado sanitario, ha sido construida teniendo como referencia un estudio de revisión de los diseños de acueducto y alcantarillado sanitario del North End realizado por la firma HIDROPLAN en 1997.

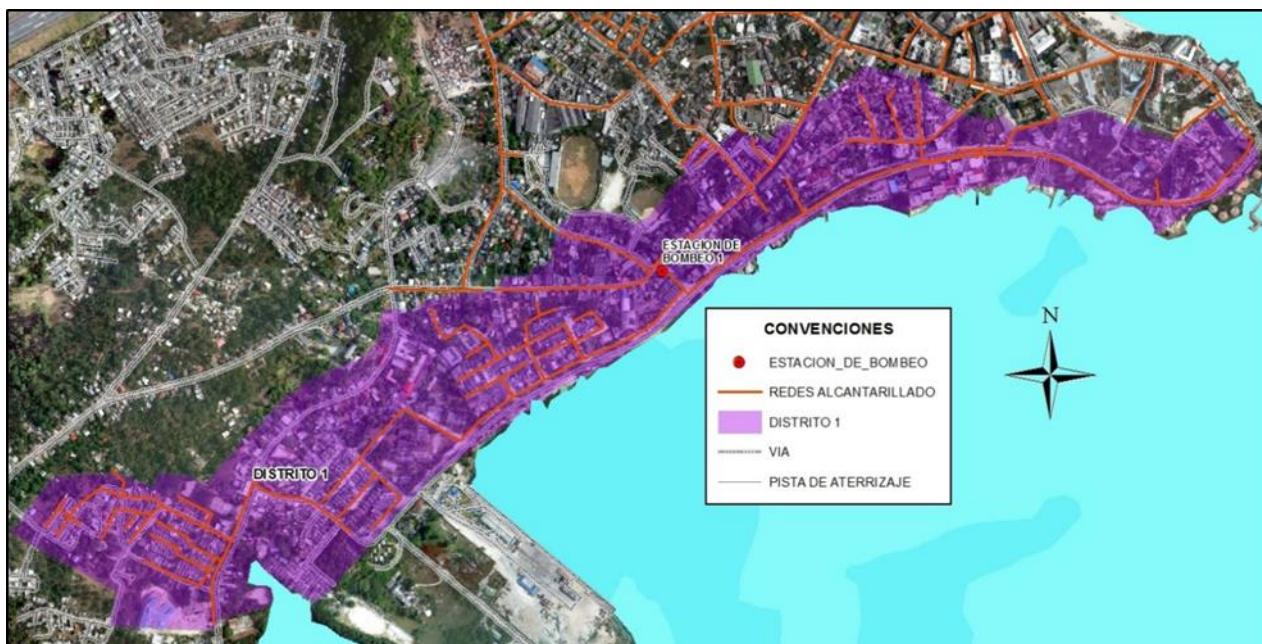
En la actualidad, el sistema se encuentra distribuido en cuatro distritos de servicio los cuales se describen a continuación. Esta descripción se basa en la información analizada a partir del catastro de redes existentes, no obstante el sistema cuenta con redes construidas posteriormente a la elaboración del catastro que no se han incluido en el análisis toda vez que no se ha recibido la información.

9.1.1 Distrito Sanitario 1

El distrito 1 se encuentra localizado al sureste de North End, limitado por el sur desde el barrio el Bight hasta Punta Hansa al noreste de la zona urbana. El sistema actual cubre los barrios El Bight, Sagrada Familia, Barrio Obrero, Las Gaviotas y los Almendros.

En el Anexo 9-2 Mapa 2 Distritos y Redes de Alcantarillado Distritos y redes de alcantarillado y en la Figura 9-3 se presenta el alineamiento de la red de alcantarillado del distrito sanitario 1.

Figura 9-3 Redes de Alcantarillado Sanitario Distrito 1



Fuente: Consultor

9.1.1.1 Cobertura del servicio

De los 2,500 usuarios independientes equivalentes al 23.5% de la red total de alcantarillado sanitario, solo 842 usuarios equivalentes al 7.9% del total de las redes de alcantarillado cuentan con servicio de alcantarillado sanitario, los restantes 1,658 usuarios equivalentes al 15.6% no cuentan con el servicio (Proactiva, 2008).

9.1.1.2 Análisis de la red

A partir del catastro de redes, en el Distrito 1 se tiene un total de 8,964 metros de red local de alcantarillado sanitario distribuidos por diámetro y material de la siguiente manera:

Tabla 9-2 Redes de alcantarillado sanitario existentes en el Distrito 1

Diámetro pulg	Longitud Distrito 1 (m)				
	GRES	PEAD	PVC	PVC NOVAFORT	TOTAL
6		12.09	353.20		365.29
8	1910.69	64.61	3128.28	141.21	5244.79
10	32.15	24.83	1175.51		1232.50
12		170.65	44.73		215.38
14					
16		901.29	922.39		1823.67
18					
20			51.46		51.46
21					
27					
30					
34					
SIN DATOS	30.78				30.78
TOTAL	1973.63	1173.47	5675.57	141.21	8963.88

Fuente: Consultoría/PROACTIVA

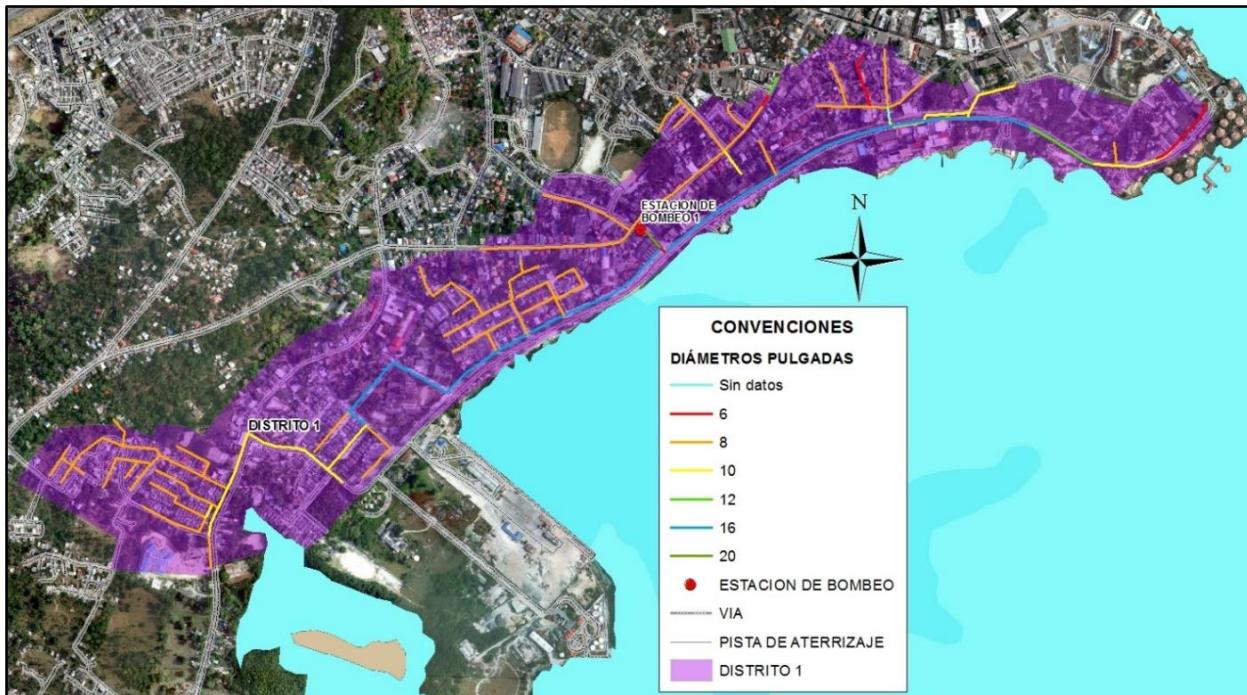
De acuerdo con el catastro de alcantarillado, en el Distrito 1 se tienen 365 m de red de 6 pulgadas. Teniendo en cuenta que el nivel de complejidad del sistema es alto, el diámetro interno real mínimo permitido en redes de sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales tipo alcantarillado sanitario convencional es 200 mm (8 pulgadas) con el fin de evitar obstrucciones de los conductos por objetos relativamente grandes introducidos al sistema (Ministerio de Desarrollo Económico, Noviembre de 2000) (Cesco, 1997)as, por tanto se debe aumentar el diámetro a mínimo 8 pulgadas en los tramos cuyos diámetros sean de 6 pulgadas.

Adicionalmente, se tienen 1,974 m de red en Gres.

En la Figura 9-4, en la Figura 9-5, en el Anexo 9-3 Mapa 3 Alcantarillado Diámetro Distritos y en el Anexo 9-4 Mapa 4 Alcantarillado Materiales Distritos, se muestran los tramos discriminados por diámetro y material.

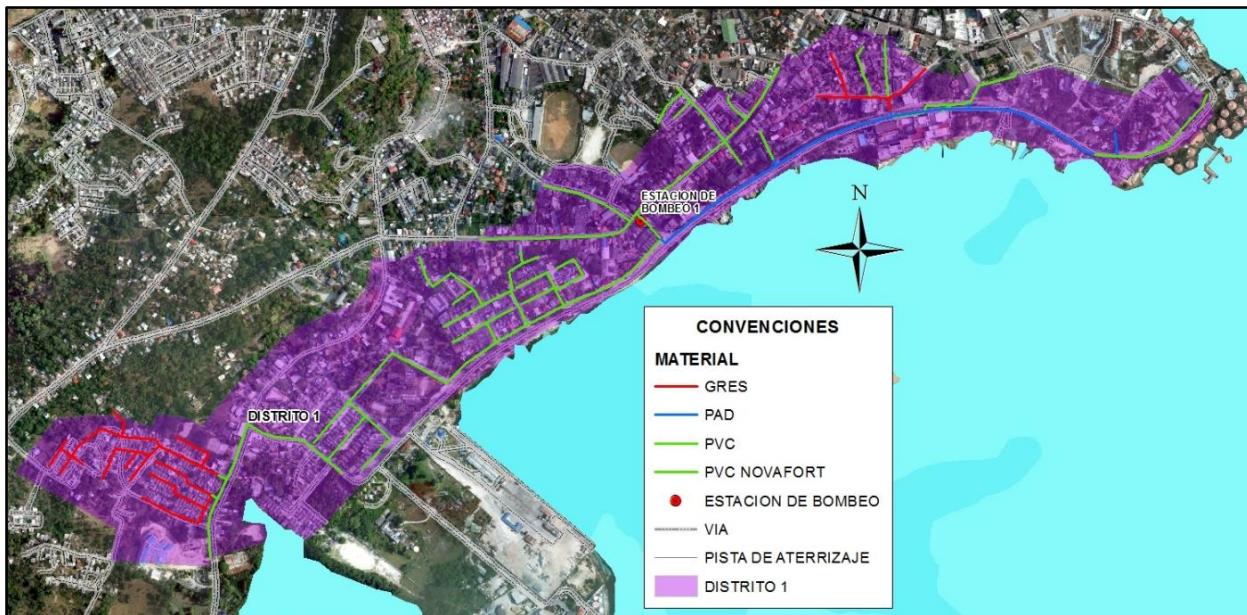
A partir de la información disponible no es posible determinar la edad de la tubería existente, en consecuencia, no se puede realizar ningún análisis en cuanto a vida útil. No obstante, la existencia de tramos de red en gres sugiere especial atención pues la vida útil de este material es de 20 años, razón por la cual es posible que algunos de los tramos no cuenten con adecuado estado estructural.

Figura 9-4 Redes de Alcantarillado Sanitario por diámetro Distrito 1



Fuente: Consultor

Figura 9-5 Redes de Alcantarillado Sanitario por material Distrito 1



Fuente: Consultor

Se realizó un análisis topológico detallado de los ramales principales de cada uno de los Distritos Sanitarios. Para definir cada ramal principal se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones:

- Ramales en cuya trayectoria tuvieran diámetros superiores a 10 pulgadas. Se incluyeron algunas redes de 6 y 8 pulgadas ya que hacen parte del inicio de la red.
- Ramales cuya descarga final fuera alguna de las estaciones de bombeo.
- Ramales localizados en vías principales que evidencien la recolección de aguas servidas de áreas de importancia.

En el Distrito 1 se tiene un total de 4,289 metros de colector principal de alcantarillado sanitario distribuido por diámetro y material de la siguiente manera:

Tabla 9-3 Redes principales de alcantarillado sanitario existentes en el Distrito 1

Localización	Diámetro pulg	Longitud Distrito 1 (m)		
		PEAD	PVC	TOTAL
Sobre la Calle 9 entre Avenida Newball y Avenida 20 de Julio	6	12.09	61.7	73.8
Avenida 20 de Julio entre Calle 9 y Ferretería Surticolores, Avenida Cundinamarca entre Avenida 20 de Julio y Carrera 6A y Avenida 20 de Julio entre esquina mueblería la Costa y Calle 9	8		1056.3	1056.3
Carrera 4 desde Calle 20 hasta Calle 17, Calle 17 desde Carrera 4 hasta Carrera 2, Carrera 2 desde Calle 17 hasta Calle 15; Avenida Newball desde Avenida Hell Gate hasta Transversal 1, Tranversal 1 desde Avenida Newball hasta Avenida Colón y Sobre la Avenida Newball desde el Edificio Galeón hasta el Hotel Acuarium	10		1068.1	1068.1
Sobre la Avenida Newball desde La Vitrina Turística hasta el Edificio Galeón	12	170.65	44.73	215.38
Carrera 3 entre Calle 15 y Calle 14, Calle 14 entre Carrera 3 y Avenida Newball y Avenida Newball entre Calle 14 hasta Edificio Galeón	16	901.29	922.39	1823.67
Sobre la Calle 9 entre Avenida Newball y 20 de Julio	20		51.46	51.46
TOTAL		1084.03	3204.68	4288.71

Fuente: Consultoría/PROACTIVA

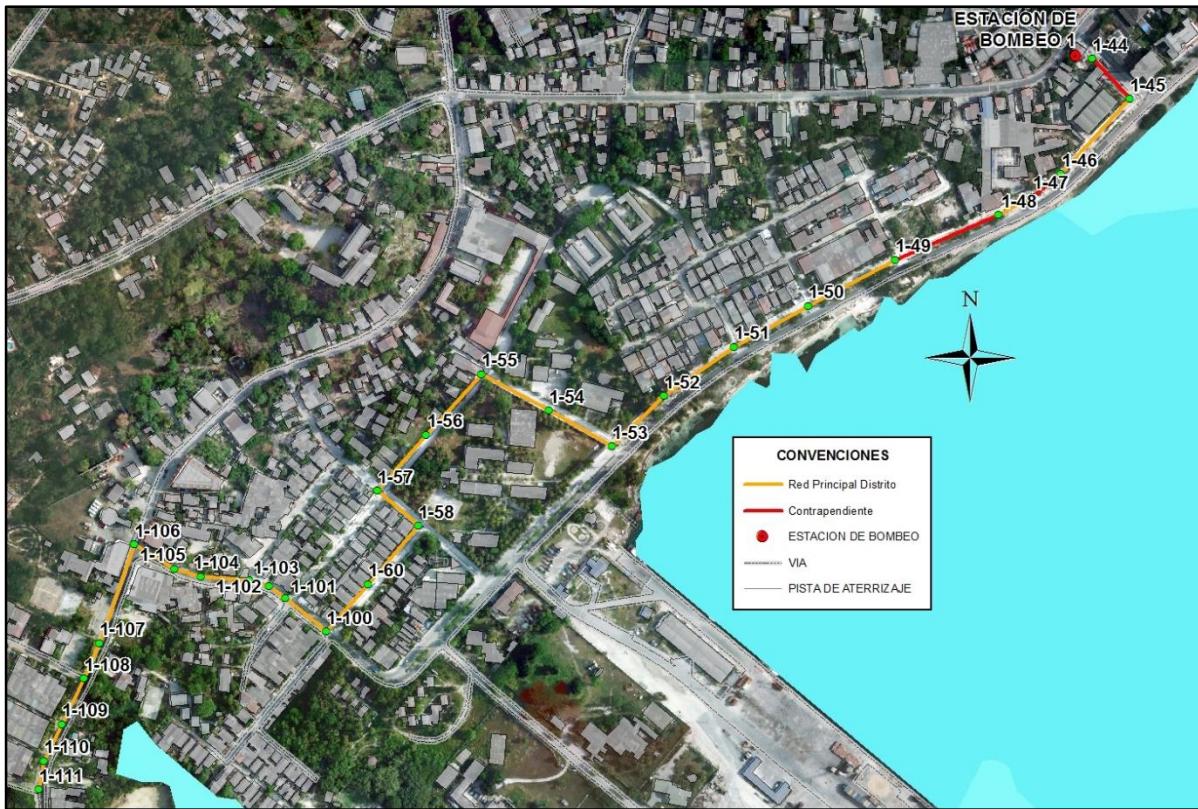
9.1.1.2.1 Topología Perfil 1 Distrito 1.

En el Anexo 9-8 Perfil 1 D1, esquema Perfil 1 Distrito Sanitario 1 y en el Anexo 9-9 Perfil 2 D1, se identificaron 3 tramos en contrapendiente que no favorecen el comportamiento hidráulico adecuado del sistema debido a la acumulación de sedimentos a lo largo de los tubos reduciendo capacidad y generando taponamientos. Ver Tabla 9-4 y Figura 9-6. Fuente: Consultoría/PROACTIVA

Tabla 9-4 Red principal de alcantarillado sanitario, Perfil 1 Distrito 1

Tramo		Falta de información		Contrapendiente o pendiente cero	Material	Diámetro pulg	Longitud eje a eje m
Pozo inicial	Pozo final	Cota Clave ini	Cota Clave fin				
1-49	1-48	SI	SI	SI	PVC	16	105.27
1-47	1-46	SI	SI	SI	PVC	16	34.24
1-45	1-44	SI	SI	SI	PVC	20	51.61
Total							191.12

Fuente: Consultoría/PROACTIVA

Figura 9-6 Red principal de alcantarillado sanitario, Perfil 1 Distrito 1. Planta


Fuente: Consultor

9.1.1.2.2 Revisión de capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo Perfil 1 Distrito 1.

Se realizó la revisión de los parámetros hidráulicos más importantes de las redes principales existentes en cada uno de los distritos hidráulicos tales como capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo.

Para la revisión de capacidad hidráulica, fue necesario determinar las áreas tributarias y los caudales. Además, se empleó la información de las pendientes, los diámetros y los materiales con el cual está construida la red existente. La determinación de cada uno de los parámetros se realizó

de acuerdo con las recomendaciones del Título D del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS – 2000.

En la Tabla 9-5 y en el Anexo 9-18 Chequeo capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo se presentan los resultados obtenidos.

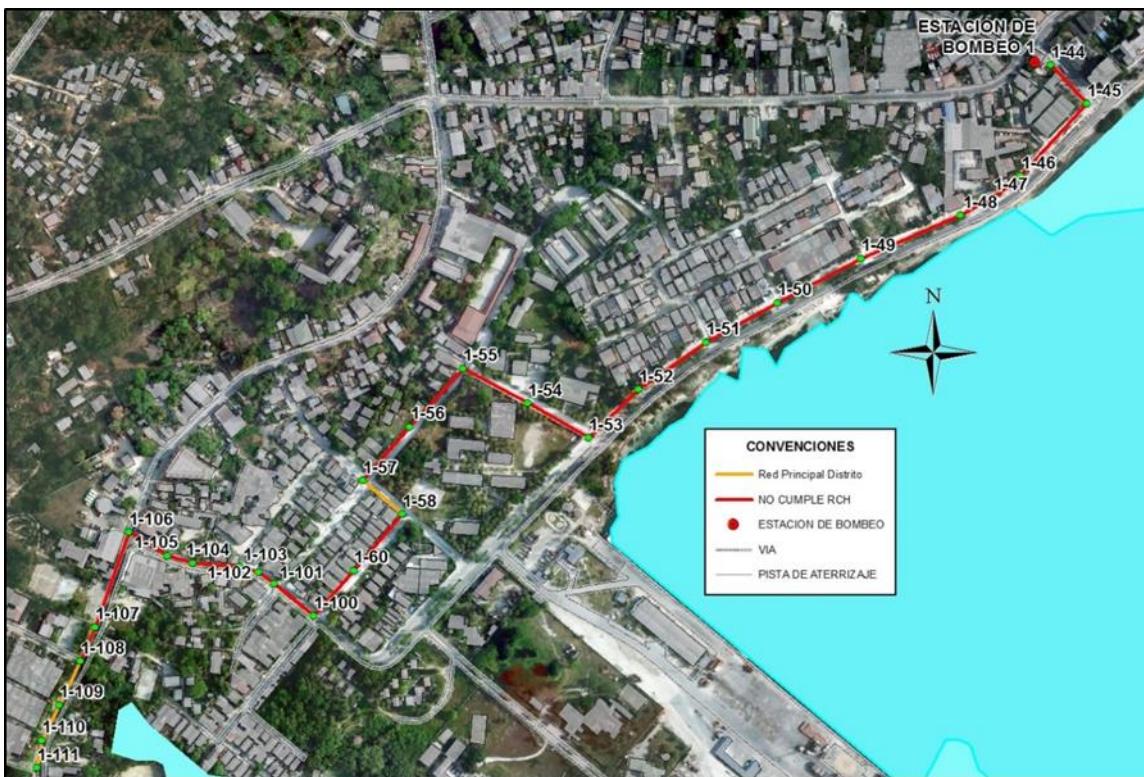
Tabla 9-5 Chequeo capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo. Perfil 1 Distrito 1

Tramo	Nodo Inicial	Nodo Final	Características Red				Evaluación			
			Material	Diámetro	Longitud	Pendiente	Chequeo capacidad	Chequeo Fuerza Tractiva t >15	Velocidad máxima	Análisis de diámetro mínimo >200mm
			(-)	" ó m	(m)	(%)	Qd/Qo<1	(-)	m/s	(-)
1-111-1-110	1-111	1-110	PVC	0.25	27.307	1.69	OK	OK	OK	OK
1-110-1-109	1-110	1-109	PVC	0.25	38.044	1.90	OK	OK	OK	OK
1-109-1-108	1-109	1-108	PVC	0.25	47.594	3.17	OK	OK	OK	OK
1-108-1-107	1-108	1-107	PVC	0.25	36.040	0.11	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK
1-107-1-106	1-107	1-106	PVC	0.25	97.810	0.27	NO CUMPLE	OK	OK	OK
1-106-1-105	1-106	1-105	PVC	0.25	44.009	0.19	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK
1-105-1-104	1-105	1-104	PVC	0.25	25.733	0.77	NO CUMPLE	OK	OK	OK
1-104-1-103	1-104	1-103	PVC	0.25	45.940	0.09	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK
1-103-1-102	1-103	1-102	PVC	0.25	18.950	0.28	NO CUMPLE	OK	OK	OK
1-102-1-101	1-102	1-101	PVC	0.25	18.728	0.46	NO CUMPLE	OK	OK	OK
1-101-1-100	1-101	1-100	PVC	0.25	49.213	0.21	NO CUMPLE	OK	OK	OK
1-100-1-60	1-100	1-60	PVC	0.25	58.888	0.21	NO CUMPLE	OK	OK	OK
1-60-1-58	1-60	1-58	PVC	0.25	72.221	0.28	NO CUMPLE	OK	OK	OK
1-58-1-57	1-58	1-57	PVC	0.4	50.432	0.55	OK	OK	OK	OK
1-57-1-56	1-57	1-56	PVC	0.4	69.732	0.04	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK
1-56-1-55	1-56	1-55	PVC	0.4	76.604	0.13	NO CUMPLE	OK	OK	OK
1-55-1-54	1-55	1-54	PVC	0.4	71.517	0.13	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK
1-54-1-53	1-54	1-53	PVC	0.4	67.903	0.06	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK
1-53-1-52	1-53	1-52	PVC	0.4	67.482	0.14	NO CUMPLE	OK	OK	OK
1-52-1-51	1-52	1-51	PVC	0.4	79.931	0.05	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK
1-51-1-50	1-51	1-50	PVC	0.4	79.356	0.15	NO CUMPLE	OK	OK	OK
1-50-1-49	1-50	1-49	PVC	0.4	92.380	0.20	NO CUMPLE	OK	OK	OK
1-49-1-48	1-49	1-48	PVC	0.4	105.273	-0.15	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK
1-48-1-47	1-48	1-47	PVC	0.4	36.231	0.17	NO CUMPLE	OK	OK	OK
1-47-1-46	1-47	1-46	PVC	0.4	34.237	-0.09	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK
1-46-1-45	1-46	1-45	PVC	0.4	94.971	0.54	NO CUMPLE	OK	OK	OK
1-45-1-44	1-45	1-44	PVC	0.5	51.612	-0.34	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK
Total					1558.138					

Fuente: Consultoría/PROACTIVA

De los 27 tramos de red principal sanitaria de este ramal (que suman 1.558 m), 23 tramos (1.395 m) equivalentes al 89,5 % del total de la red del ramal no tienen suficiente capacidad hidráulica. Adicionalmente, 10 tramos (606 m) equivalentes al 89,5 % del total de la red del ramal no tienen el esfuerzo cortante mínimo que favorezca un comportamiento autolimpiante del flujo que prevenga la acumulación sólidos que se depositan en la red.

Figura 9-7 Tramos que no cumplen el chequeo de capacidad hidráulica. Perfil 1 Distrito 1. Planta



Fuente: Consultor

9.1.1.2.3 Topología Perfil 2 Distrito 1

En el Anexo 9-10 Perfil 3 D1 esquema Perfil 2 Distrito Sanitario 1 y en el Anexo 9-5 Mapa 5 Perfiles Distrito 1 se observa que en el pozo 1-194 se tiene una diferencia de altura entre cota de entrada y cota de salida de 1.27 m, lo cual puede ser una causa de remanso en la red. Adicionalmente, en el tramo 1-195 a 1-45 se presenta una reducción en el diámetro de la red de 16 pulgadas a 6 pulgadas. Adicionalmente se tienen tramos en contrapendiente tal como se refleja en la Tabla 9-6 y en la Figura 9-8.

Tabla 9-6 Red principal de alcantarillado sanitario, Perfil 2 Distrito 1

Tramo		Falta de información		Contrapendiente o pendiente cero	Material	Diámetro pulg	Longitud eje a eje m
Pozo inicial	Pozo final	Cota Clave ini	Cota Clave fin				
1-178	1-179	SI	SI	SI	PEAD	12	105.27
1-179	1-180	SI	SI	SI	PEAD	12	34.24
Total							139.51

Fuente: Consultoría/PROACTIVA

Figura 9-8 Red principal de alcantarillado sanitario, Perfil 2 Distrito 1. Planta


Fuente: Consultor

9.1.1.2.4 Revisión de capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo Perfil 2 Distrito 1.

En la Tabla 9-7 y en el Anexo 9-18 Chequeo capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo se presentan los resultados obtenidos de la revisión de capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo.

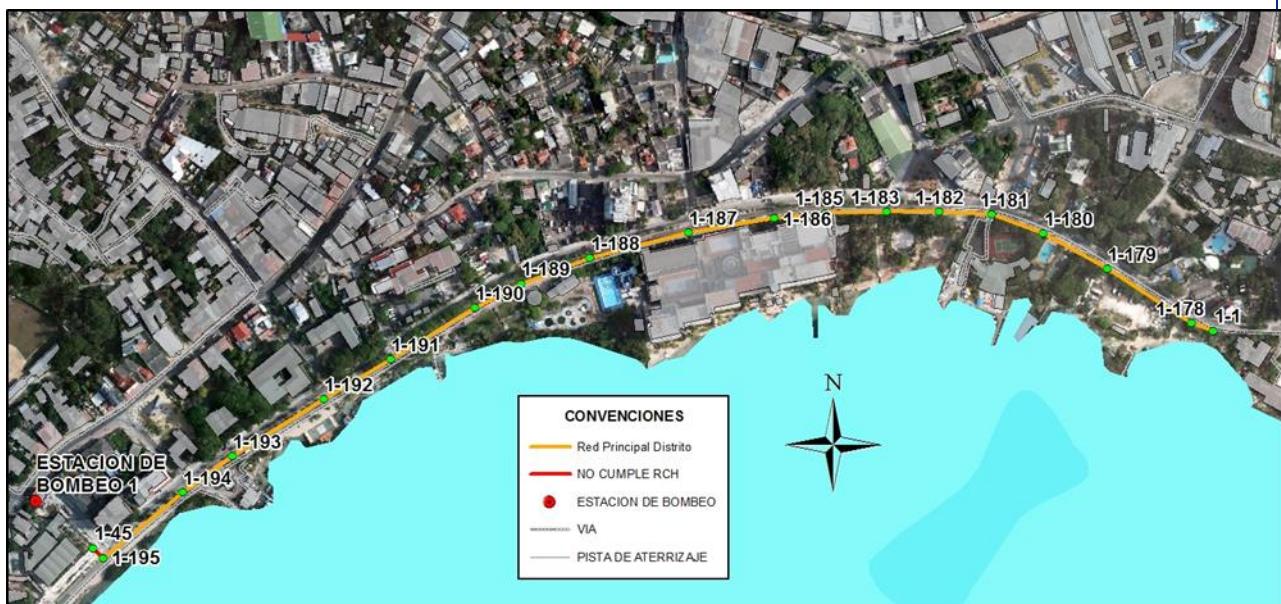
Tabla 9-7 Chequeo capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo. Perfil 2 Distrito 1

Tramo	Nodo Inicial	Nodo Final	Características Red				Evaluación				Análisis de diámetro mínimo	
			Material	Diámetro	Longitud	Pendiente	Chequeo capacidad	Chequeo Fuerza Tactiva t >,15	Velocidad máxima			
1-1-1-178	1-1	1-178	PEAD	0.315	20.000	0.15	OK	NO CUMPLE	OK	OK		
1-178-1-179	1-178	1-179	PEAD	0.315	87.930	-0.22	OK	NO CUMPLE	OK	OK		
1-179-1-180	1-179	1-180	PEAD	0.315	63.200	-0.02	OK	NO CUMPLE	OK	OK		
1-180-1-181	1-180	1-181	PEAD	0.4	47.900	0.22	OK	NO CUMPLE	OK	OK		
1-181-1-182	1-181	1-182	PEAD	0.4	46.550	0.02	OK	NO CUMPLE	OK	OK		
1-182-1-183	1-182	1-183	PEAD	0.4	45.179	0.11	OK	NO CUMPLE	OK	OK		
1-183-1-185	1-183	1-185	PEAD	0.4	54.310	0.12	OK	NO CUMPLE	OK	OK		
1-185-1-186	1-185	1-186	PEAD	0.4	43.960	0.10	OK	NO CUMPLE	OK	OK		
1-186-1-187	1-186	1-187	PEAD	0.4	75.950	0.12	OK	NO CUMPLE	OK	OK		
1-187-1-188	1-187	1-188	PEAD	0.4	88.770	0.10	OK	NO CUMPLE	OK	OK		
1-188-1-189	1-188	1-189	PEAD	0.4	64.310	0.11	OK	NO CUMPLE	OK	OK		
1-189-1-190	1-189	1-190	PEAD	0.4	45.250	0.11	OK	NO CUMPLE	OK	OK		
1-190-1-191	1-190	1-191	PEAD	0.4	85.999	0.11	OK	NO CUMPLE	OK	OK		
1-191-1-192	1-191	1-192	PEAD	0.4	67.900	0.11	OK	NO CUMPLE	OK	OK		
1-192-1-193	1-192	1-193	PEAD	0.4	94.450	0.11	OK	NO CUMPLE	OK	OK		
1-193-1-194	1-193	1-194	PEAD	0.4	53.587	0.11	OK	NO CUMPLE	OK	OK		
1-194-1-195	1-194	1-195	PEAD	0.4	89.769	1.53	OK	OK	OK	OK		
1-195-1-45	1-195	1-45	PEAD	0.16	12.130	0.40	NO CUMPLE	OK	OK	OK	NO CUMPLE	
Total					1087.143							

Fuente: Consultoría/PROACTIVA

De los 18 tramos de red principal sanitaria de este ramal (que suman 1.087 m), 1 tramo (12. m) equivalentes al 1,1 % del total de la red del ramal no tienen suficiente capacidad hidráulica. Adicionalmente, 16 tramos (985 m) equivalentes al 90,6 % del total de la red del ramal no tienen el esfuerzo cortante mínimo que favorezca un comportamiento autolimpiante del flujo que prevenga la acumulación sólidos que se depositan en la red. En este ramal, se tiene 1 tramo de 12 m que no tiene el diámetro mínimo requerido por norma.

Figura 9-9 Tramos que no cumplen el chequeo de capacidad hidráulica. Perfil 2 Distrito 1. Planta



Fuente: Consultor

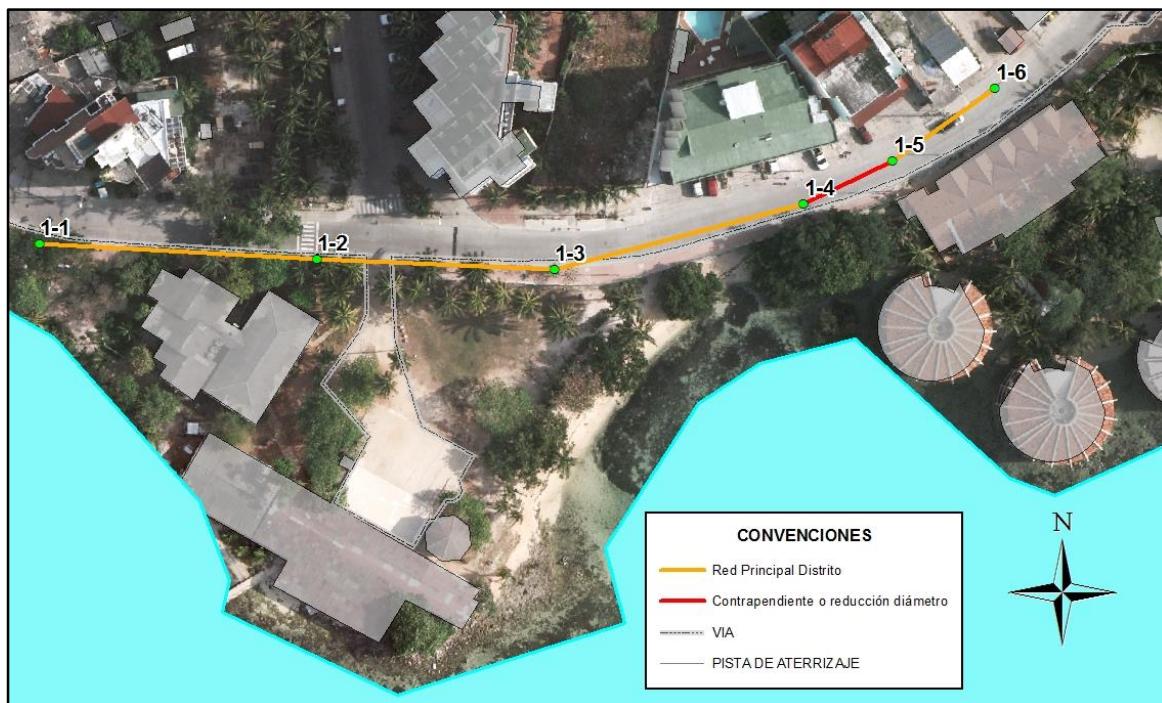
9.1.1.2.5 Topología Perfil 3 Distrito 1

En el Anexo 9-10 Perfil 3 D1 esquema Perfil 3, 4 y 5 Distrito Sanitario 1, perfil 3 y en el Anexo 9-5 Mapa 5 Perfiles Distrito 1 se observa un tramo en contrapendiente como se muestra en la Tabla 9-8 y en la Figura 9-10. De acuerdo con la información del catastro, en el pozo 1-2 la cota clave de salida se presenta con el valor de 0.6, siendo consistentes con los otros datos esta cota debe ser -0.6.

Tabla 9-8 Red principal de alcantarillado sanitario, Perfil 3 Distrito 1

Tramo		Falta de información		Contrapendiente o pendiente cero	Material	Diámetro pulg	Longitud eje a eje m
Pozo inicial	Pozo final	Cota Clave ini	Cota Clave fin				
1-5	1-4	SI	SI	SI	PVC	10	17.87
Total							17.87

Fuente: Consultoría/PROACTIVA

Figura 9-10 Red principal de alcantarillado sanitario, Perfil 3 Distrito 1. Planta


Fuente: Consultor

9.1.1.2.6 Revisión de capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo Perfil 3 Distrito 1.

En la Tabla 9-9 y en el Anexo 9-18 Chequeo capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo se presentan los resultados obtenidos de la revisión de capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo.

Tabla 9-9 Chequeo capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo. Perfil 2 Distrito 1

Tramo	Nodo Inicial	Nodo Final	Características Red				Evaluación			
			Material	Diámetro	Longitud	Pendiente	Chequeo capacidad	Chequeo Fuerza Tractiva t >15	Velocidad máxima	Análisis de diámetro mínimo
1-6-1-5	1-6	1-5	PVC	0.25	22.748	1.21	OK	OK	OK	OK
1-5-1-4	1-5	1-4	PVC	0.25	17.866	-0.12	OK	NO CUMPLE	OK	OK
1-4-1-3	1-4	1-3	PVC	0.25	46.643	0.26	OK	NO CUMPLE	OK	OK
1-3-1-2	1-3	1-2	PVC	0.25	42.956	0.22	OK	NO CUMPLE	OK	OK
1-2-1-1	1-2	1-1	PVC	0.25	50.297	0.02	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK
Total			180.511							

Fuente: Consultoría/PROACTIVA

De los 5 tramos de red principal sanitaria de este ramal (que suman 181 m), 1 tramo (50. m) equivalentes al 27,9 % del total de la red del ramal no tienen suficiente capacidad hidráulica. Adicionalmente, 4 tramos (158 m) equivalentes al 87,4 % del total de la red del ramal no tienen el esfuerzo cortante mínimo que favorezca un comportamiento autolimpiante del flujo que prevenga la acumulación sólidos que se depositan en la red.

Figura 9-11 Tramos que no cumplen el chequeo de capacidad hidráulica. Perfil 3 Distrito 1. Planta



Fuente: Consultor

9.1.1.2.7 Topología Perfil 4 Distrito 1

En el Anexo 9-10 Perfil 3 D1 esquema Perfil 3, 4 y 5 Distrito Sanitario 1, perfil 4 y en el Anexo 9-5 Mapa 5 Perfiles Distrito 1 se identifica un tramo en contrapendiente. Ver Tabla 9-10 y Figura 9-12. En el pozo 1-42 se presenta una diferencia de altura entre cota de entrada y cota de salida de 13 cm.

Tabla 9-10 Red principal de alcantarillado sanitario, Perfil 4 Distrito 1

Tramo		Falta de información		Contrapendiente o pendiente cero	Material	Diámetro pulg	Longitud eje a eje m
Pozo inicial	Pozo final	Cota Clave ini	Cota Clave fin				
1-39	1-38	SI	SI	SI	PVC	10	40.00
Total							40.00

Fuente: Consultoría/PROACTIVA

Figura 9-12 Red principal de alcantarillado sanitario, Perfil 4 Distrito 1. Planta


Fuente: Consultor

9.1.1.2.8 Revisión de capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo Perfil 4 Distrito 1.

En la Tabla 9-11 y en el Anexo 9-18 Chequeo capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo se presentan los resultados obtenidos de la revisión de capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo.

Tabla 9-11 Chequeo capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo. Perfil 4 Distrito 1

Tramo	Nodo Inicial	Nodo Final	Características Red				Evaluación				Análisis de diámetro mínimo
			Material	Diámetro " ó m	Longitud (m)	Pendiente (%)	Chequeo capacidad	Chequeo Fuerza Tractiva t >,15	Velocidad máxima		
(-)	(-)	(-)	(-)	(%)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	
1-43-1-42	1-43	1-42	PVC	0.25	83.945	1.22	OK	NO CUMPLE	OK	OK	
1-42-1-41	1-42	1-41	PVC	0.25	41.280	1.27	OK	OK	OK	OK	
1-41-1-40	1-41	1-40	PVC	0.25	82.167	0.41	OK	OK	OK	OK	
1-40-1-39	1-40	1-39	PVC	0.25	61.224	2.33	OK	OK	OK	OK	
1-39-1-38	1-39	1-38	PVC	0.25	40.023	-3.12	OK	NO CUMPLE	OK	OK	
1-38-1-37	1-38	1-37	PVC	0.25	19.187	0.44	OK	OK	OK	OK	
1-37-1-36	1-37	1-36	PVC	0.25	22.676	7.03	OK	OK	OK	OK	
1-36-1-35	1-36	1-35	PVC	0.25	21.789	0.15	OK	NO CUMPLE	OK	OK	
1-35-1-44	1-35	1-44	PVC	0.25	29.608	0.63	OK	OK	OK	OK	
Total					401.899						

Fuente: Consultoría/PROACTIVA

De los 9 tramos de red principal sanitaria de este ramal (que suman 402 m), 3 tramos (146 m) equivalentes al 36,2 % del total de la red del ramal no tienen el esfuerzo cortante mínimo que favorezca un comportamiento autolimpiante del flujo que prevenga la acumulación sólidos que se depositan en la red.

Figura 9-13 Tramos que no cumplen el chequeo de capacidad hidráulica. Perfil 4 Distrito 1. Planta



Fuente: Consultor

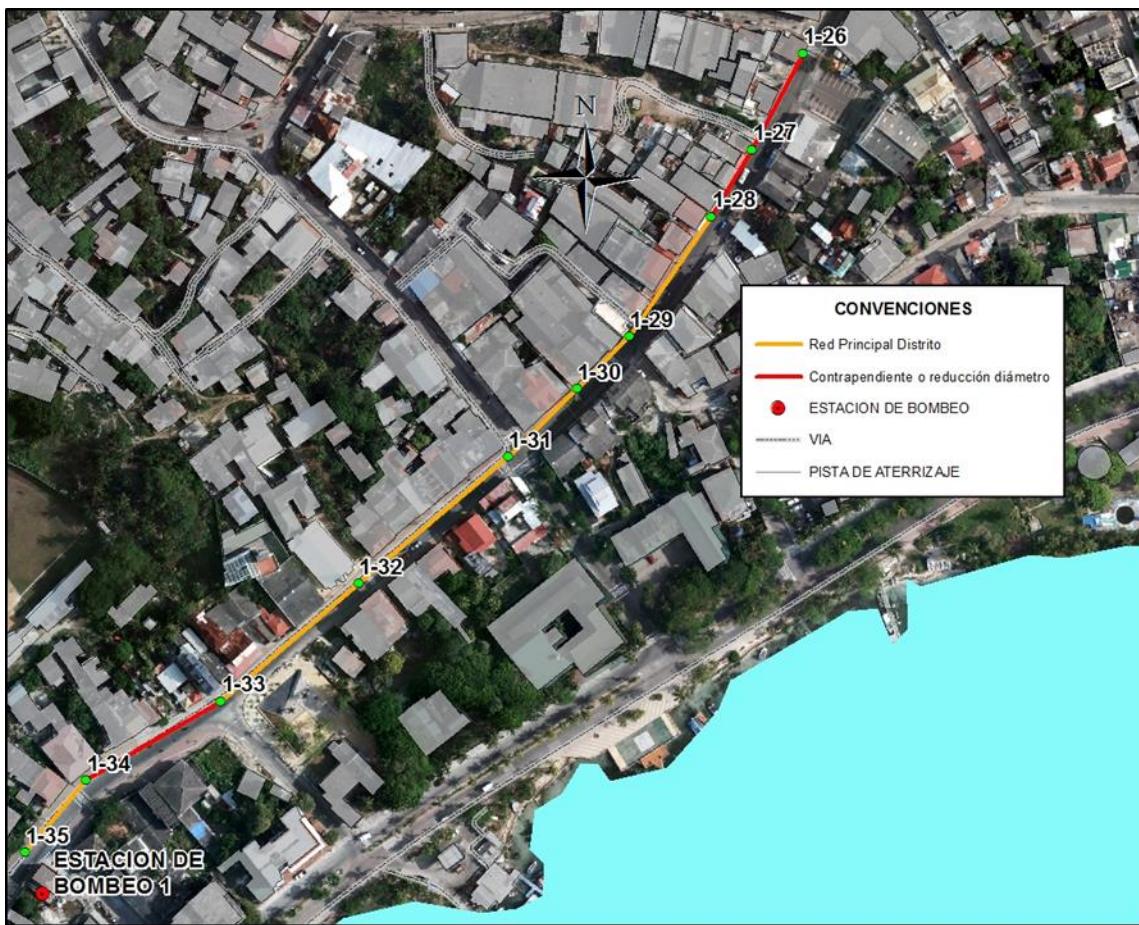
9.1.1.2.9 Topología Perfil 5 Distrito 1

En Anexo 9-10 Perfil 3 D1 esquema Perfil 3, 4 y 5 Distrito Sanitario 1, perfil 5 y en el Anexo 9-5 Mapa 5 Perfiles Distrito 1 se observan configuraciones de la red que no favorecen el comportamiento hidráulico adecuado del sistema como se muestra en la Tabla 9-12. En el pozo 1-27 se presenta una diferencia de altura entre cota batea de entrada y cota batea de salida de 33.5 cm y en el pozo 1-31 una diferencia de cotas de entrada y de salida de 44 cm. En los tramos 1-26 a 1-27 y 1-27 a 1-28 se presenta una reducción de diámetro de 12" 10" y de 10" a 8" respectivamente. Ver Figura 9-14.

Tabla 9-12 Red principal de alcantarillado sanitario, Perfil 5 Distrito 1

Tramo		Falta de información		Contrapendiente o pendiente cero	Material	Diámetro pulg	Longitud eje a eje m
Pozo inicial	Pozo final	Cota Clave ini	Cota Clave fin				
1-26	1-27	SI	SI	SI	PVC	12	44.86
1-33	1-34	SI	SI	SI	PVC	8	64.66
Total							109.52

Fuente: Consultoría/PROACTIVA

Figura 9-14 Red principal de alcantarillado sanitario, Perfil 5 Distrito 1. Planta


Fuente: Consultor

9.1.1.2.10 Revisión de capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo Perfil 5 Distrito 1.

En la Tabla 9-13 y en el Anexo 9-18 Chequeo capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo se presentan los resultados obtenidos de la revisión de capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo.

Tabla 9-13 Chequeo capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo. Perfil 5 Distrito 1

Tramo	Nodo Inicial	Nodo Final	Características Red				Evaluación				Análisis de diámetro mínimo
			Material	Diámetro " ó m	Longitud (m)	Pendiente (%)	Chequeo capacidad	Chequeo Fuerza Tractiva t >,15	Velocidad máxima	(-)	
(-)											(-)
1-26-1-27	1-26	1-27	PVC	0.315	44.860	-0.32	OK	NO CUMPLE	OK	OK	OK
1-27-1-28	1-27	1-28	PVC	0.25	32.271	0.97	OK	OK	OK	OK	OK
1-28-1-29	1-28	1-29	PVC	0.2	60.006	1.75	OK	OK	OK	OK	OK
1-29-1-30	1-29	1-30	PVC	0.2	30.457	5.81	OK	OK	OK	OK	OK
1-30-1-31	1-30	1-31	PVC	0.2	39.976	1.57	OK	OK	OK	OK	OK
1-31-1-32	1-31	1-32	PVC	0.2	80.810	0.73	OK	OK	OK	OK	OK
1-32-1-33	1-32	1-33	PVC	0.2	74.781	1.06	OK	OK	OK	OK	OK

Tramo	Nodo Inicial	Nodo Final	Características Red					Evaluación		
			Material	Diámetro	Longitud	Pendiente	Chequeo capacidad	Chequeo Fuerza Tractiva $t > 15$	Velocidad máxima	Análisis de diámetro mínimo
1-33-1-34	1-33	1-34	PVC	0.2	64.661	-0.30	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK
1-34-1-35	1-34	1-35	PVC	0.2	39.073	1.03	OK	OK	OK	OK
Total					466.893					

Fuente: Consultoría/PROACTIVA

De los 9 tramos de red principal sanitaria de este ramal (que suman 467 m), 1 tramo (65 m) equivalentes al 13,8 % del total de la red del ramal no tienen suficiente capacidad hidráulica. Adicionalmente, 2 tramos (110 m) equivalentes al 23,45 % del total de la red del ramal no tienen el esfuerzo cortante mínimo que favorezca un comportamiento autolimpiante del flujo que prevenga la acumulación sólidos que se depositan en la red.

Figura 9-15 Tramos que no cumplen el chequeo de capacidad hidráulica. Perfil 5 Distrito 1. Planta



Fuente: Consultor

Las aguas residuales provenientes de este sector son conducidas a la Estación de Bombeo de Aguas Residuales Número 1, ubicada en la Calle 9 entre la Avenida Newball y la Avenida 20 de Julio. Esta impulsa las aguas residuales de este Distrito a las redes del Distrito 2, llegando luego por gravedad a la Estación de Bombeo No 2. En el Anexo 9-2 Mapa 2 Distritos y Redes de Alcantarillado, en el

Anexo 9-3 Mapa 3 Alcantarillado Diámetro Distritos y en el Anexo 9-4 Mapa 4 Alcantarillado Materiales Distritos se presenta la línea de impulsión mencionada.

9.1.2 Distrito Sanitario 2

El Distrito 2 se encuentra localizado en el área central de la zona urbana. Se extiende por el suroeste desde la YEE del Bolivariano hasta las playas turísticas de Bahía Sardinas al norte. Cubre una pequeña franja paralela al costado occidental de la pista del aeropuerto. Este distrito sirve a casi la totalidad de los usuarios hoteleros y comerciales existentes. Las aguas de este distrito más las provenientes del Distrito sanitario 1 son recogidas en la Estación de Bombeo de Aguas Residuales No 2 localizada frente a la Cooperativa de pescadores “Fisherman Place”.

Figura 9-16 Distrito de Alcantarillado Sanitario 2



Fuente: Consultor

9.1.2.1 Cobertura del servicio

De los 3,563 usuarios independientes equivalentes al 33.4% de la red total de alcantarillado sanitario, solo 1,654 usuarios equivalentes al 15.5% del total de las redes de alcantarillado cuentan con servicio de alcantarillado sanitario, los restantes 1,909 usuarios equivalentes al 17.9% no cuentan con el servicio (Proactiva, 2008).

9.1.2.2 Análisis de la red

En el Distrito 2 se tiene un total de 10,853 metros de red local de alcantarillado sanitario distribuidos por diámetro y material de la siguiente manera:

Tabla 9-14 Redes de alcantarillado sanitario existentes en el Distrito 2

Diámetro pulg	Longitud Distrito 2 (m)				
	GRES	NOVAFORT	PVC	PVC NOVAFORT	TOTAL
6			111.44	19.38	130.82
8	1856.18	803.04	2647.92	76.00	5383.15
10	372.05	252.83	648.68		1273.56
12	323.06		450.06		773.12
14	295.68		10.49		306.16
16		190.39	1484.08		1674.47
18	159.85				159.85
20	60.62				60.62
21	229.08				229.08
27	405.44				405.44
30	449.98				449.98
34					0.00
SIN DATOS	7.10				7.10
TOTAL	4159.04	1246.27	5352.66	95.38	10853.35

Fuente: Consultoría/PROACTIVA

De acuerdo con el catastro de alcantarillado, en el Distrito 2 se tienen 131 m de red de 6 pulgadas los cuales se deben aumentar a mínimo 8 pulgadas y 4,159 m de red en Gres tal como se presenta en la Figura 9-17, en la Figura 9-18 en el Anexo 9-3 Mapa 3 Alcantarillado Diámetro Distritos y en el Anexo 9-4 Mapa 4 Alcantarillado Materiales Distritos.

Figura 9-17 Redes de Alcantarillado Sanitario por diámetro Distrito 2



Fuente: Consultor

Figura 9-18 Redes de Alcantarillado Sanitario por material Distrito 2



Fuente: Consultor

En el Distrito 2 se tiene un total de 4,074 metros de colector principal de alcantarillado sanitario distribuido por diámetro y material de la siguiente manera:

Tabla 9-15 Redes principales de alcantarillado sanitario existentes en el Distrito 2

Ubicación	Diámetro pulg	Longitud Distrito 2 (m)		
		GRES	PVC	TOTAL
Calle 1 desde Carrera 1 hasta Carrera 1 ^a y sobre Carrera 1 ^a hasta la Avenida Colombia. Avenida 20 de Julio hasta la Calle 6, Calle 6 con Avenida Cundinamarca y Calle 9.	8	112.13	19.62	131.75
Sobre la Avenida Colombia hasta Carrera 1B, Carrera 1B hasta la Avenida Providencia, Avenida Providencia hasta la Avenida Costa Rica, Carrera 2 hasta la Calle 17 y Calle 17 hasta Calle 19.	10	102.21	283.37	385.58
Sobre la Avenida Colón hasta la Avenida Duarte Blum con Carrera 4, Avenida Boyacá con Avenida 20 de Julio.	12	323.06	93.14	416.2
Desde Carrera 3 hasta Avenida Colón.	14	189.77		189.77
Desde la Avenida Colón hasta Carrera 6, Avenida Newall hasta Calle 10, Carrera 1 hasta Calle 14, Calle 14 hasta Carrera 3, Carrera 3 hasta Calle 15 y Carrera 2, Avenida Cundinamarca hasta Avenida Juan XXIII, Carrera 10 con Avenida Colón, Calle 6 ^a hasta Calle 9.	16		1659.87	1659.87
Sobre la Carrera 4 hasta la Avenida 20 de Julio, Circunvalar con Calle 1	18	159.85		159.85
Calle 9 hasta Avenida Newall.	20	52.88		52.88
Sobre la Calle 3 hasta la Carrera 6.	21	229.08		229.08
Calle 3 y Avenida Colón hasta la Carrera 10, Carrera 10 hasta Carrera 10 ^a .	27	405.44		405.44
Sobre la Carrera 10A hasta la Carrera 12, Carrera 12 entre la Carrera 14 y Circunvalar, Calle 31 hasta la Circunvalar.	30	443.37		443.37
TOTAL		2017.80	2056.00	4073.80

Fuente: Consultoría/PROACTIVA

En el Anexo 9-2 Mapa 2 Distritos y Redes de Alcantarillado se presenta el alineamiento de la red principal.

Se puede apreciar en el Anexo 9-11 Perfil 1 D2-1, en el Anexo 9-12 Perfil 1 D2-2 esquema Perfil 1 Distrito 2 y en el Anexo 9-6 Mapa 6 Perfiles Distrito 2, que de los 2,231.23 m que componen la red de alcantarillado sanitario de este ramal, 1,933.85 m de red está construida en Gres con diámetros de 10, 12, 14 18, 20, 27 y 30 pulgadas. Adicionalmente se tienen tramos en contrapendiente como se muestra en la Tabla 9-16 y en la Figura 9-19.

Tabla 9-16 Red principal de alcantarillado sanitario, Perfil 1 Distrito 2

Tramo		Falta de información		Contrapendiente o pendiente cero	Material	Diámetro pulg	Longitud eje a eje m
Pozo inicial	Pozo final	Cota Clave ini	Cota Clave fin				
2-118	2-119	NO	SI	SI	PVC	10	52.07
2-120A	2-121	SI	SI	SI	PVC	10	46.53
2-100	2-99	SI	SI	SI	GREES	14	51.4

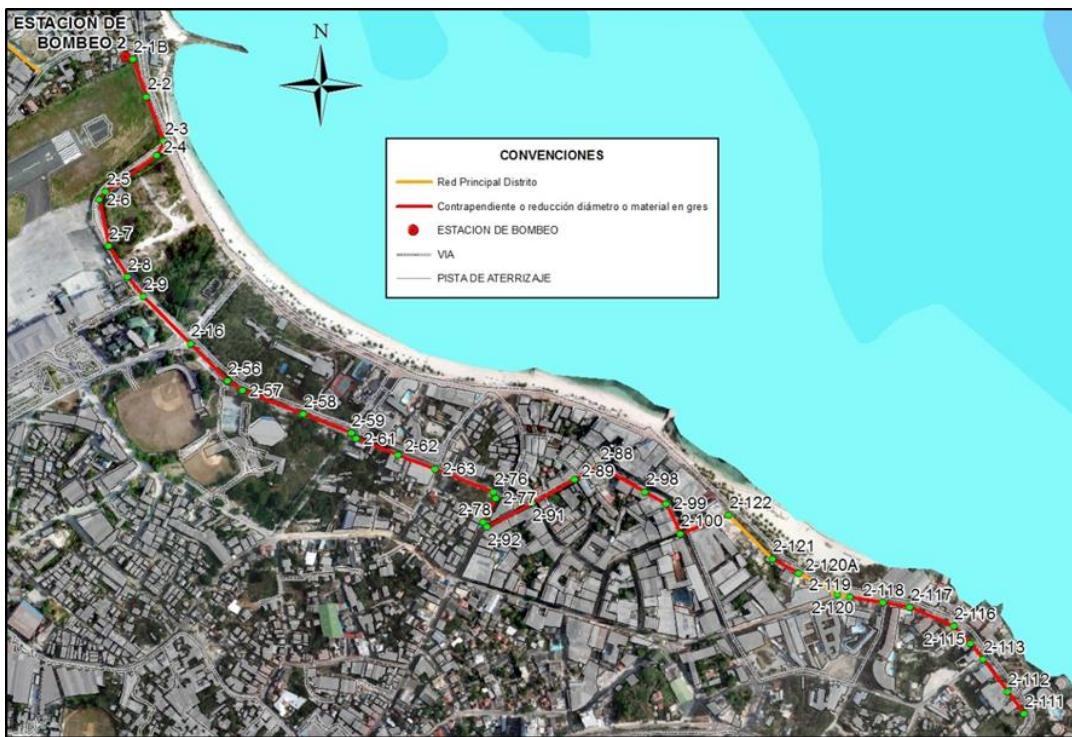
Tramo		Falta de información		Contrapendiente o pendiente cero	Material	Diámetro pulg	Longitud eje a eje m
Pozo inicial	Pozo final	Cota Clave ini	Cota Clave fin				
2-98	2-88	SI	SI	SI	GREES	12	81.59
2-88	2-89	SI	SI	SI	GREES	12	43.39
2-91	2-92	SI	SI	SI	GREES	18	79.12
2-78	2-77	SI	NO	SI	GREES	20	42.36
2-59	2-58	SI	SI	SI	GREES	27	80.77
2-57	2-56	SI	SI	SI	GREES	27	27.75
2-8	2-7	SI	SI	SI	GREES	30	56.18
2-5	2-4	SI	SI	SI	GREES	30	97.44
2-3	2-2	SI	SI	SI	GREES	30	74.07
Total							732.67

Fuente: Consultoría/PROACTIVA

9.1.2.2.1 Topología Perfil 1 Distrito 2.

En los tramos 2-118 a 2-119 y 2-78 a 2-77 se evidencia contrapendientes debidas a la falta de información de cotas claves y bateas. Adicionalmente, en el tramo 2-122 a 2-100 se identifica reducción en el diámetro de la tubería de 10 a 8 pulgadas así como en los tramos que van del pozo 2-98 al pozo 2-91 de 14 a 12 pulgadas. En el pozo 2-7 se presenta una diferencia de altura entre cota de entrada y cota de salida de 25 cm.

Figura 9-19 Red principal de alcantarillado sanitario. Perfil 1 Distrito 2. Planta



Fuente: Consultor

9.1.2.2.2 Revisión de capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo Perfil 1 Distrito 2.

En la Tabla 9-17 y en el Anexo 9-18 Chequeo capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo se presentan los resultados obtenidos de la revisión de capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo.

Tabla 9-17 Chequeo capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo. Perfil 4 Distrito 1.

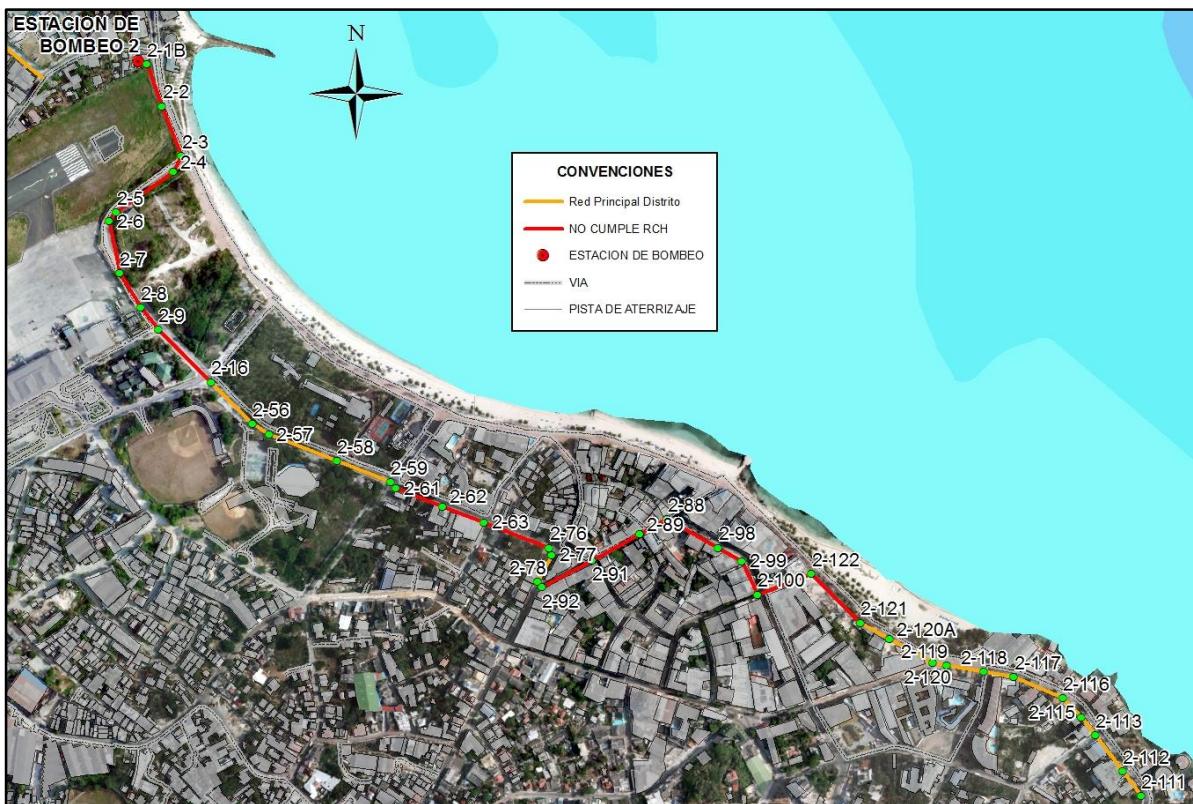
Tramo	Nodo Inicial	Nodo Final	Características Red				Evaluación			
			Material	Diámetro	Longitud	Pendiente	Chequeo capacidad	Chequeo Fuerza Tractiva t > 15	Velocidad máxima	Análisis de diámetro mínimo
			(-)	" ó m	(m)	(%)	Qd/Qo<1	(-)		
2-111-2-112	2-111	2-112	GREES	0.2	43.390	0.55	OK	NO CUMPLE	OK	OK
2-112-2-113	2-112	2-113	GREES	0.2	63.088	0.31	OK	NO CUMPLE	OK	OK
2-113-2-115	2-113	2-115	GREES	0.2	30.958	0.37	OK	OK	OK	OK
2-115-2-116	2-115	2-116	GREES	0.2	37.654	0.55	OK	OK	OK	OK
2-116-2-117	2-116	2-117	GREES	0.2	74.489	0.27	OK	OK	OK	OK
2-117-2-118	2-117	2-118	GREES	0.25	42.750	0.24	OK	OK	OK	OK
2-118-2-119	2-118	2-119	GREES	0.25	52.071	-0.31	OK	NO CUMPLE	OK	OK
2-119-2-120	2-119	2-120	PVC	0.25	19.679	1.14	OK	OK	OK	OK
2-120-2-120A	2-120	2-120A	PVC	0.25	69.756	0.98	OK	OK	OK	OK
2-120A-2-121	2-120A	2-121	PVC	0.25	46.533	-0.42	OK	NO CUMPLE	OK	OK
2-121-2-122	2-121	2-122	PVC	0.25	96.141	0.11	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK
2-122-2-100	2-122	2-100	GREES	0.2	80.957	0.29	NO CUMPLE	OK	OK	OK
2-100-2-99	2-100	2-99	GREES	0.355	51.399	-0.06	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK

Tramo	Nodo Inicial	Nodo Final	Características Red				Evaluación			Análisis de diámetro mínimo	
			Material	Diámetro	Longitud	Pendiente	Chequeo capacidad	Chequeo Fuerza T > 15	Velocidad máxima		
			(-)	" ó m	(m)	(%)	Qd/Qo<1	(-)			
2-99-2-98	2-99	2-98	GREES	0.355	38.244	0.11	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK	
2-98-2-88	2-98	2-88	GREES	0.315	81.593	-0.04	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK	
2-88-2-89	2-88	2-89	GREES	0.315	43.390	-0.33	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK	
2-89-2-91	2-89	2-91	GREES	0.315	76.452	0.48	NO CUMPLE	OK	OK	OK	
2-91-2-92	2-91	2-92	GREES	0.45	79.119	-0.24	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK	
2-92-2-78	2-92	2-78	GREES	0.45	9.827	3.59	OK	OK	OK	OK	
2-78-2-77	2-78	2-77	GREES	0.5	42.365	-2.94	OK	NO CUMPLE	OK	OK	
2-77-2-76	2-77	2-76	GREES	0.5	10.672	12.25	OK	OK	OK	OK	
2-76-2-63	2-76	2-63	GREES	0.525	97.945	0.10	NO CUMPLE	OK	OK	OK	
2-63-2-62	2-63	2-62	GREES	0.525	61.878	0.07	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK	
2-62-2-61	2-62	2-61	GREES	0.525	69.916	0.09	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK	
2-61-2-59	2-61	2-59	GREES	0.66	11.215	0.40	OK	OK	OK	OK	
2-59-2-58	2-59	2-58	GREES	0.66	80.772	-3.64	OK	NO CUMPLE	OK	OK	
2-58-2-57	2-58	2-57	GREES	0.66	101.556	3.15	OK	OK	OK	OK	
2-57-2-56	2-57	2-56	GREES	0.66	27.746	-1.43	OK	NO CUMPLE	OK	OK	
2-56-2-16	2-56	2-16	GREES	0.66	81.394	0.54	OK	OK	OK	OK	
2-16-2-9	2-16	2-9	GREES	0.66	103.929	0.07	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK	
2-9-2-8	2-9	2-8	GREES	0.75	39.311	0.05	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK	
2-8-2-7	2-8	2-7	GREES	0.75	56.183	-0.38	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK	
2-7-2-6	2-7	2-6	GREES	0.75	74.434	0.07	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK	
2-6-2-5	2-6	2-5	GREES	0.75	15.698	0.07	NO CUMPLE	OK	OK	OK	
2-5-2-4	2-5	2-4	GREES	0.75	97.440	-0.04	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK	
2-4-2-3	2-4	2-3	GREES	0.75	25.187	0.38	NO CUMPLE	OK	OK	OK	
2-3-2-2	2-3	2-2	GREES	0.75	74.073	-0.07	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK	
2-2-2-1B	2-2	2-1B	GREES	0.75	62.330	0.18	NO CUMPLE	OK	OK	OK	
Total					2171.533						

Fuente: Consultoría/PROACTIVA

De los 38 tramos de red principal sanitaria de este ramal (que suman 2.172 m), 20 tramos (1.326 m) equivalentes al 61,04 % del total de la red del ramal no tienen suficiente capacidad hidráulica. Adicionalmente, 21 tramos (1.323m) equivalentes al 60,9% del total de la red del ramal no tienen el esfuerzo cortante mínimo que favorezca un comportamiento autolimpiante del flujo que prevenga la acumulación sólidos que se depositan en la red.

Figura 9-20 Tramos que no cumplen el chequeo de capacidad hidráulica. Perfil 1 Distrito 2. Planta



Fuente: Consultor

9.1.2.2.3 Topología Perfil 2 Distrito 2.

Se puede apreciar en el Anexo 9-13 Perfil 2 D2 esquema Perfil 2 Distrito 2 y en el Anexo 9-6 Mapa 6 Perfiles Distrito 2 los tramos en contrapendiente que se presentan en la Tabla 9-18 y en la Figura 9-21.

Tabla 9-18 Red principal de alcantarillado sanitario, Perfil 2 Distrito 2

Tramo		Falta de información		Contrapendiente o pendiente cero	Material	Diámetro pulg	Longitud eje a eje m
Pozo inicial	Pozo final	Cota Clave ini	Cota Clave fin				
2-210	2-215	SI	SI	SI	PVC	16	27.65
2-218	2-219	SI	SI	SI	PVC	16	73.03
2-220	2-222	SI	SI	SI	PVC	16	52.69
Total							153.37

Fuente: Consultoría/PROACTIVA

Figura 9-21 Red principal de alcantarillado sanitario. Perfil 2 Distrito 2. Planta



Fuente: Consultor

9.1.2.2.4 Revisión de capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo Perfil 2 Distrito 2.

En la Tabla 9-19 y en el Anexo 9-18 Chequeo capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo se presentan los resultados obtenidos de la revisión de capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo.

Tabla 9-19 Chequeo capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo. Perfil 4 Distrito 1

Tramo	Nodo Inicial	Nodo Final	Características Red				Evaluación			
			Material	Diámetro	Longitud	Pendiente	Chequeo capacidad	Chequeo Fuerza Tractiva t>15	Velocidad máxima	Análisis de diámetro mínimo
			(-)	" ó m	(m)	(%)	Qd/Qo<1	(-)		
1-26-2-211	1-26	2-211	PVC	0.315	16.290	0.27	NO CUMPLE	OK	OK	OK
2-211-2-212	2-211	2-212	PVC	0.4	44.423	0.67	OK	OK	OK	OK
2-212-2-213	2-212	2-213	PVC	0.4	26.819	0.62	OK	OK	OK	OK
2-213-2-214	2-213	2-214	PVC	0.4	61.131	1.67	OK	OK	OK	OK
2-214-2-210	2-214	2-210	PVC	0.4	17.164	2.76	OK	OK	OK	OK
2-210-2-215	2-210	2-215	PVC	0.4	27.649	-0.42	OK	NO CUMPLE	OK	OK
2-215-2-217	2-215	2-217	PVC	0.4	9.735	2.81	OK	OK	OK	OK
2-217-2-218	2-217	2-218	PVC	0.4	23.133	0.41	OK	OK	OK	OK

Tramo	Nodo Inicial	Nodo Final	Características Red				Evaluación			
			Material	Diámetro	Longitud (m)	Pendiente (%)	Chequeo capacidad	Chequeo Fuerza Tractiva t > 15	Velocidad máxima	Análisis de diámetro mínimo
			(-)	" ó m	(m)	(%)	Qd/Qo<1	(-)		
2-218-2-219	2-218	2-219	PVC	0.4	73.027	-0.28	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK
2-219-2-220	2-219	2-220	PVC	0.4	25.711	1.39	OK	OK	OK	OK
2-220-2-222	2-220	2-222	PVC	0.4	52.693	0.00	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK
2-222-2-142	2-222	2-142	PVC	0.4	16.051	1.35	OK	OK	OK	OK
2-142-2-151	2-142	2-151	PVC	0.4	108.981	0.45	NO CUMPLE	OK	OK	OK
2-151-2-60	2-151	2-60	PVC	0.4	81.959	0.45	NO CUMPLE	OK	OK	OK
2-60-2-59	2-60	2-59	PVC	0.4	12.997	2.29	OK	OK	OK	OK
Total					3752.359					

Fuente: Consultoría/PROACTIVA

De los 15 tramos de red principal sanitaria de este ramal (que suman 598 m), 5 tramos (333 m) equivalentes al 55,7 % del total de la red del ramal no tienen suficiente capacidad hidráulica. Adicionalmente, 3 tramos (153 m) equivalentes al 25,7% del total de la red del ramal no tienen el esfuerzo cortante mínimo que favorezca un comportamiento autolimpiante del flujo que prevenga la acumulación sólidos que se depositan en la red.

Figura 9-22 Tramos que no cumplen el chequeo de capacidad hidráulica. Perfil 2 Distrito 2. Planta



Fuente: Consultor

9.1.2.2.5 Topología Perfil 3 Distrito 2.

En el Anexo 9-14 Perfil 3 D2 esquema Perfil 3 Distrito Sanitario 2 y en el Anexo 9-6 Mapa 6 Perfiles Distrito 2 se observan en contrapendiente los tramos que se muestran en la Tabla 9-20 y en la Figura 9-23.

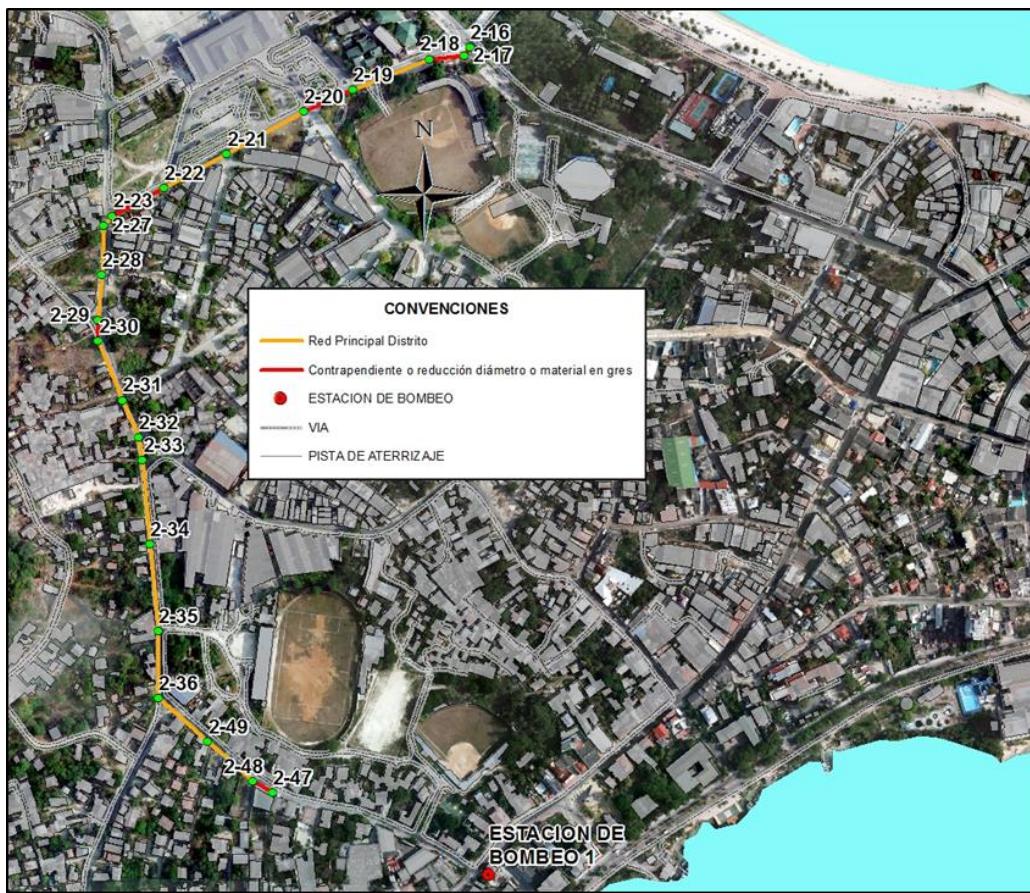
Tabla 9-20 Red principal de alcantarillado sanitario. Perfil 3 Distrito 2

Tramo		Falta de información		Contrapendiente o pendiente cero	Material	Diámetro pulg	Longitud eje a eje m
Pozo inicial	Pozo final	Cota Clave ini	Cota Clave fin				
2-47	2-48	SI	SI	SI	PVC	16	22.99
2-30	2-29	SI	SI	SI	PVC	16	21.62
2-23	2-22	SI	SI	SI	PVC	16	61.08
2-20	2-19	SI	SI	SI	PVC	16	55.97
Total							161.66

Fuente: Consultoría/PROACTIVA

En el tramo 2-23 a 2-22 se evidencia contrapendiente debida a la falta de información de cotas claves y bateas en el pozo 2-22.

Figura 9-23 Red principal de alcantarillado sanitario. Perfil 3 Distrito 2. Planta

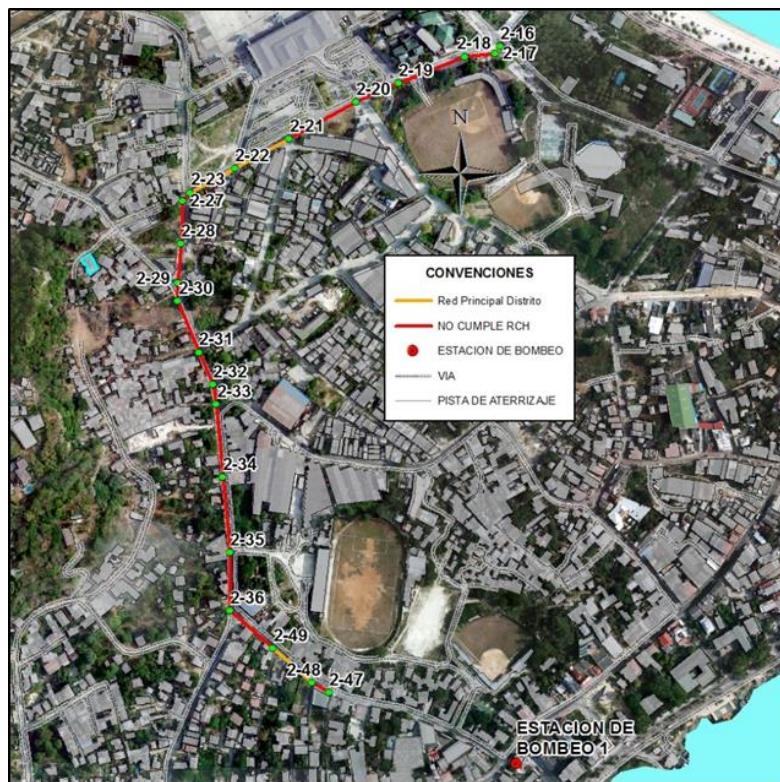


Tramo	Nodo Inicial	Nodo Final	Características Red				Evaluación				Análisis de diámetro mínimo	
			Material	Diámetro	Longitud	Pendiente	Chequeo capacidad	Chequeo Fuerza Tractiva $t > 15$	Velocidad máxima			
			(-)	" ó m	(m)	(%)	Qd/Qo<1	(-)	(-)			
2-31-2-30	2-31	2-30	PVC	0.4	66.280	0.14	NO CUMPLE	OK	OK	OK	OK	
2-30-2-29	2-30	2-29	PVC	0.4	21.620	-0.05	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK	OK	
2-29-2-28	2-29	2-28	PVC	0.4	47.496	0.09	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK	OK	
2-28-2-27	2-28	2-27	PVC	0.4	51.361	0.24	NO CUMPLE	OK	OK	OK	OK	
2-27-2-23	2-27	2-23	PVC	0.4	13.490	0.08	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK	OK	
2-23-2-22	2-23	2-22	PVC	0.4	61.075	-1.74	OK	NO CUMPLE	OK	OK	OK	
2-22-2-21	2-22	2-21	PVC	0.4	74.140	1.48	OK	OK	OK	OK	OK	
2-21-2-20	2-21	2-20	PVC	0.4	91.674	0.31	NO CUMPLE	OK	OK	OK	OK	
2-20-2-19	2-20	2-19	PVC	0.4	55.969	-0.02	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK	OK	
2-19-2-18	2-19	2-18	PVC	0.4	86.068	0.25	NO CUMPLE	OK	OK	OK	OK	
2-18-2-17	2-18	2-17	PVC	0.4	36.561	0.28	NO CUMPLE	OK	OK	OK	OK	
2-17-2-16	2-17	2-16	PVC	0.4	10.111	4.15	OK	OK	OK	OK	OK	
Total					1085.181							

Fuente: Consultoría/PROACTIVA

De los 20 tramos de red principal sanitaria de este ramal (que suman 1085 m), 16 tramos (877 m) equivalentes al 80,8% del total de la red del ramal no tienen suficiente capacidad hidráulica. Adicionalmente, 7 tramos (311 m) equivalentes al 28,6% del total de la red del ramal no tienen el esfuerzo cortante mínimo que favorezca un comportamiento autolimpiante del flujo que prevenga la acumulación sólidos que se depositan en la red.

Figura 9-24 Tramos que no cumplen el chequeo de capacidad hidráulica. Perfil 3 Distrito 2. Planta



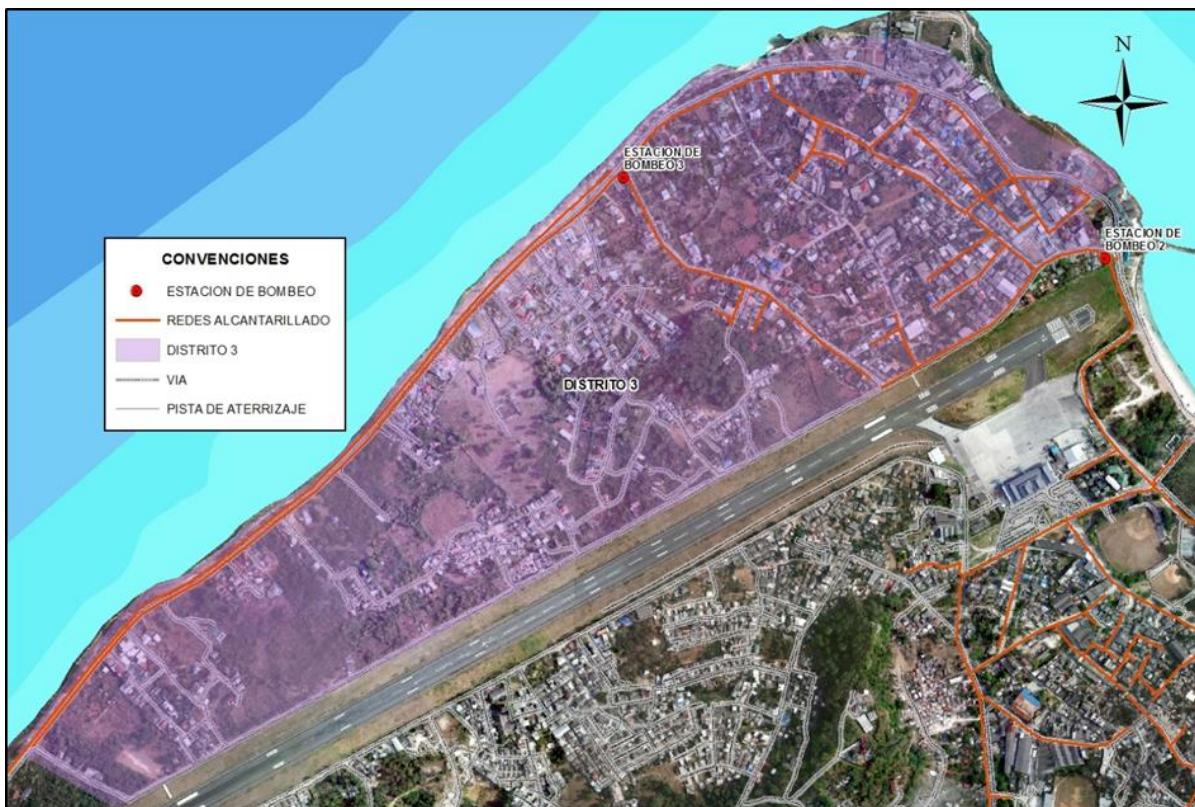
Fuente: Consultor

9.1.3 Distrito Sanitario 3

El Distrito 3 cubre casi la totalidad de la población urbana y suburbana de la Isla localizada en el noroccidente de la pista del aeropuerto Gustavo Rojas Pinilla, exceptuando la pequeña franja paralela al aeropuerto que pertenece a los colectores del Distrito 2.

El sistema troncal de colectores matrices corresponde al principal llamado Sarie Bay que en su pozo inicial recibe las aguas residuales de los Distritos 1 y 2 por bombeo de la Estación No 2. El otro colector corresponde al ubicado en la Avenida Circunvalar el cual conduce las aguas a la Estación de Bombeo de Aguas residuales No 3 denominada "Altamar".

Figura 9-25 Distrito de Alcantarillado Sanitario 3



Fuente: Consultor

9.1.3.1 Cobertura del servicio

De los 1,800 usuarios independientes equivalentes al 16.9% de la red total de alcantarillado sanitario, solo 716 usuarios equivalentes al 6.7% del total de las redes de alcantarillado cuentan con servicio de alcantarillado sanitario, los restantes 1,084 usuarios equivalentes al 10.2% no cuentan con el servicio (Proactiva, 2008).

9.1.3.2 Análisis de la red

En el Distrito 3 se tiene un total de 6,228 metros de red local de alcantarillado sanitario distribuidos por diámetro y material de la siguiente manera:

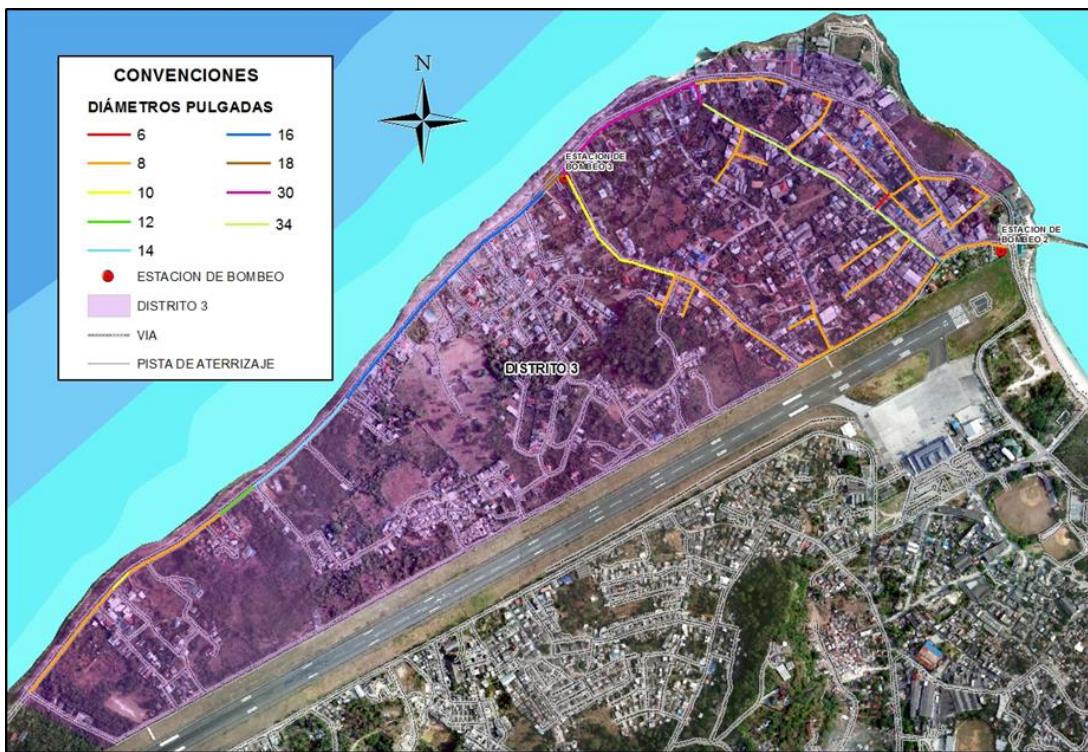
Tabla 9-22 Redes de alcantarillado sanitario existentes en el Distrito 3

Diámetro pulg	Longitud Distrito 3 (m)					TOTAL
	GRES	NOVAFORT	PVC	PVC NOVAFORT	PVC WRETEN	
6					44.27	44.271
8	1350.31		2345.99			3696.3
10			388.44			388.44
12		5.25	94.77			100.02
14			277.30			277.3
16			617.73	9.31		627.05
18	16.08		67.17			83.249
20						
21						
27						
30	401.09					401.09
34	610.06					610.06
SIN DATOS						
TOTAL	2377.54	5.25	3791.40	9.31	44.27	6227.8

Fuente: Consultoría/PROACTIVA

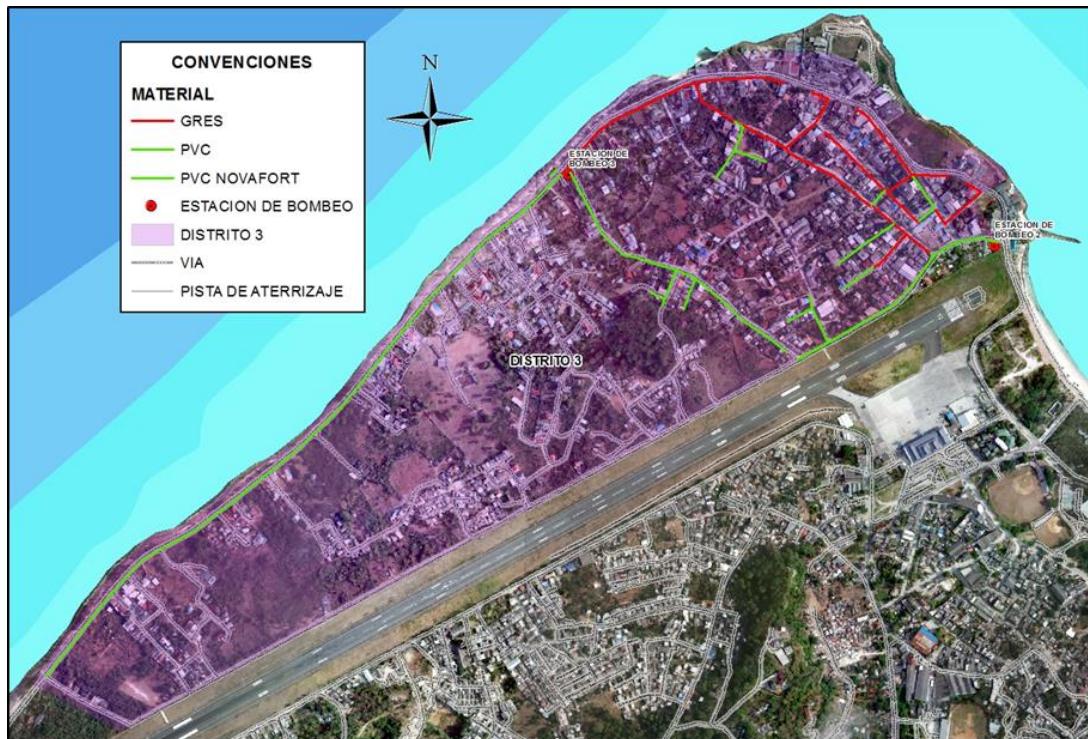
De acuerdo con el catastro de alcantarillado, en el Distrito 3 se tienen 44 m de red de 6 pulgadas que deben ser reemplazados por tubería de mínimo 8 pulgadas y 2,378 m de red en Gres tal como se presenta en la Figura 9-26 y en la Figura 9-27, en el Anexo 9-3 Mapa 3 Alcantarillado Diámetro Distritos y en el Anexo 9-4 Mapa 4 Alcantarillado Materiales Distritos.

Figura 9-26 Redes de Alcantarillado Sanitario por diámetro Distrito 3



Fuente: Consultor

Figura 9-27 Redes de Alcantarillado Sanitario por material Distrito 3



Fuente: Consultor

En el Distrito 3 se tiene un total de 3,462 metros de colector principal de alcantarillado sanitario distribuido por diámetro y material de la siguiente manera:

Tabla 9-23 Redes de alcantarillado sanitario existentes en el Distrito 3

Ubicación	Diámetro pulg	Longitud Distrito 3 (m)				
		GREES	NOVAFORT	PVC	PVC NOVAFORT	TOTAL
Calle 6 entre Carrera 14 y Carrera 18A	8			997.35		997.35
Calle 6 entre Carrera 18 A y Avenida Circunvalar (Estación de Bombeo 3)	10			388.44		388.44
Carrera 20 entre Calle 11 y Calle 11A y Avenida Circunvalar con Calle 6	12		5.25	94.77		100.02
Carrera 20 entre Calle 11 y Calle 9	14			277.30		277.30
Carrera 20 entre Calle 9 y Calle 6A	16			617.73	9.31	627.05
Carrera 20 entre Calle 6A y Calle 6 (Estación de Bombeo 3)	18	16.08		44.38		60.46
Calle 1 entre Calle 3 y Calle 6 (Estación de Bombeo 3)	30	401.09				401.09
Calle 3entre Carrera 14 y Carrera 19	34	610.06				610.06
TOTAL	1027.23	5.25		2419.96	9.31	3461.75

Fuente: Consultoría/PROACTIVA

En el Anexo 9-2 Mapa 2 Distritos y Redes de Alcantarillado se presenta el alineamiento de la red principal.

9.1.3.2.1 Topología Perfil 1 Distrito 3.

Se puede apreciar en el Anexo 9-10 Perfil 3 D1esquema Perfil 1 Distrito 3 y en el Anexo 9-7 Mapa 7 Perfiles Distrito 3, que de los 1,020.46 m que componen la red de alcantarillado sanitario de este ramal, que capta las aguas servidas de la estación de bombeo 2 y las conduce a la estación de bombeo 3, 1,011.15 m de red está construida en Gres con diámetros de 30 y 34 pulgadas. Adicionalmente se observan configuraciones de la red que no favorecen el comportamiento hidráulico adecuado del sistema como se muestra en la Tabla 9-24.

Tabla 9-24 Red principal de alcantarillado sanitario, Perfil 1 Distrito 3

Tramo		Falta de información		Contrapendiente o pendiente cero	Material	Diámetro pulg	Longitud eje a eje m
Pozo inicial	Pozo final	Cota Clave ini	Cota Clave fin				
3-66	3-65	SI	SI	SI	GRES	34	63.43
3-64	3-63	NO	NO	SI	GRES	34	99.27
3-60	3-53	SI	SI	SI	GRES	34	79.63
3-53	3-52	SI	NO	SI	GRES	34	81.09
3-50	3-49	SI	NO	SI	GRES	34	57.38
3-48	3-47	SI	SI	SI	GRES	30	41.82

Tramo		Falta de información		Contrapendiente o pendiente cero	Material	Diámetro pulg	Longitud eje a eje m
Pozo inicial	Pozo final	Cota Clave ini	Cota Clave fin				
3-47	3-26	SI	NO	SI	GRES	30	104.29
Total							526.91

Fuente: Consultoría/PROACTIVA

En los tramos 3-66 a 3-65, 3-60 a 3-53, 3-53 a 3-52, 3-50 a 3-49, 3-48 a 3-47 y 3-47 a 3-26 se evidencia contrapendientes debidas a la falta de información de cotas claves y bateas. Adicionalmente, a partir del pozo 3-52 al pozo 3-24A, se identifica reducción en el diámetro de la tubería de 34 a 30 pulgadas. En la Figura 9 28 se muestra en planta la localización de la red principal 1 del distrito sanitario 3.

Figura 9-28 Red principal de alcantarillado sanitario, Perfil 1 Distrito 3. Planta



Fuente: Consultor

9.1.3.2.2 Revisión de capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo Perfil 1 Distrito 3.

En la Tabla 9-25 y en el Anexo 9-18 se presentan los resultados obtenidos de la revisión de capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo.

Tabla 9-25 Chequeo capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo. Perfil 1 Distrito 3

Tramo	Nodo Inicial	Nodo Final	Características Red				Evaluación			
			Material	Diámetro	Longitud	Pendiente	Chequeo capacidad	Chequeo Fuerza Tractiva $t > 15$	Velocidad máxima	Análisis de diámetro mínimo
			(-)	" ó m	(m)	(%)	Qd/Qo<1	(-)	m/s	(-)
3-106-3-69	3-106	3-69	PVC	0.4	9.340	7.37	NO CUMPLE	OK	NO CUMPLE	OK
3-69-3-69A	3-69	3-69A	GRES	0.85	71.454	0.97	OK	OK	OK	OK
3-69A-3-66	3-69A	3-66	GRES	0.85	34.088	2.43	OK	OK	OK	OK
3-66-3-65	3-66	3-65	GRES	0.85	64.418	-1.14	OK	NO CUMPLE	OK	OK
3-65-3-64	3-65	3-64	GRES	0.85	9.939	0.34	OK	OK	OK	OK
3-64-3-63	3-64	3-63	GRES	0.85	99.268	-0.09	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK
3-63-3-62	3-63	3-62	GRES	0.85	106.869	0.72	OK	OK	OK	OK
3-62-3-61	3-62	3-61	GRES	0.85	15.533	2.16	OK	OK	OK	OK
3-61-3-60	3-61	3-60	GRES	0.85	50.549	0.95	OK	OK	OK	OK
3-60-3-53	3-60	3-53	GRES	0.85	79.860	0.00	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK
3-53-3-52	3-53	3-52	GRES	0.85	81.090	-0.46	OK	NO CUMPLE	OK	OK
3-52-3-51	3-52	3-51	GRES	0.75	45.500	0.11	NO CUMPLE	OK	OK	OK
3-51-3-50	3-51	3-50	GRES	0.75	23.152	1.32	OK	OK	OK	OK
3-50-3-49	3-50	3-49	GRES	0.75	57.379	-0.25	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK
3-49-3-48	3-49	3-48	GRES	0.75	116.846	0.18	NO CUMPLE	OK	OK	OK
3-48-3-47	3-48	3-47	GRES	0.75	41.822	0.00	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK
3-47-3-26	3-47	3-26	GRES	0.75	104.290	-0.05	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK
3-26-3-24A	3-26	3-24A	GRES	0.75	13.264	0.08	NO CUMPLE	OK	OK	OK
Total					1024.663					

Fuente: Consultoría/PROACTIVA

De los 18 tramos de red principal sanitaria de este ramal (que suman 1025 m), 9 tramos (568 m) equivalentes al 53,4% del total de la red del ramal no tienen suficiente capacidad hidráulica. Adicionalmente, 7 tramos (528 m) equivalentes al 51,54% del total de la red del ramal no tienen el esfuerzo cortante mínimo que favorezca un comportamiento autolimpiante del flujo que prevenga la acumulación sólidos que se depositan en la red.

Figura 9-29 Tramos que no cumplen el chequeo de capacidad hidráulica. Perfil 1 Distrito 3. Planta



Fuente: Consultor

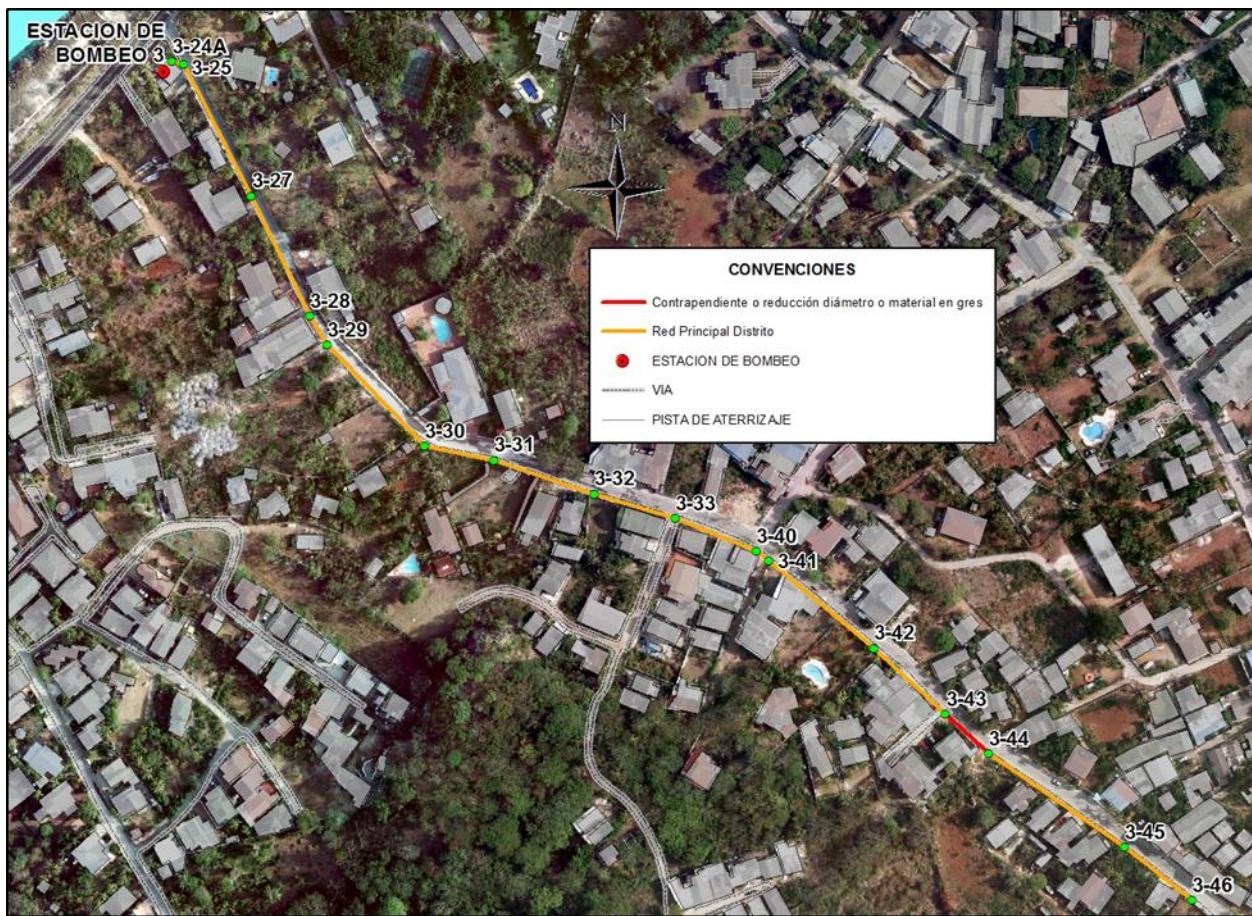
9.1.3.2.3 Topología Perfil 2 Distrito 3.

Se puede apreciar en el Anexo 9-16 Perfil 2 D3 esquema Perfil 2 Distrito 3 y en el Anexo 9-7 Mapa 7 Perfiles Distrito 3 un tramo en contrapendiente. Ver Tabla 9-26 y la Figura 9-30.

Tabla 9-26 Red principal de alcantarillado sanitario, Perfil 2 Distrito 3

Tramo		Falta de información		Contrapendiente o pendiente cero	Material	Diámetro pulg	Longitud eje a eje m
Pozo inicial	Pozo final	Cota Clave ini	Cota Clave fin				
3-44	3-43	SI	SI	SI	PVC	8	27.57
Total							27.57

Fuente: Consultoría/PROACTIVA

Figura 9-30 Red principal de alcantarillado sanitario, Perfil 2 Distrito 3. Planta


Fuente: Consultor

9.1.3.2.4 Revisión de capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo Perfil 2 Distrito 3.

En la Tabla 9-21 y en el Anexo 9-18 Chequeo capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo se presentan los resultados obtenidos de la revisión de capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo.

Tabla 9-27 Chequeo capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo. Perfil 2 Distrito 3

Tramo	Nodo Inicial	Nodo Final	Características Red				Evaluación				Análisis de diámetro mínimo	
			Material	Diámetro	Longitud	Pendiente	Chequeo capacidad	Chequeo Fuerza Tactiva t > 1,15	Velocidad máxima			
			(-)	" ó m	(m)	(%)	Qd/Qo<1	(-)	m/s	(-)		
3-46-3-45	3-46	3-45	PVC	0.2	40.924	0.58	OK	OK	OK	OK		
3-45-3-44	3-45	3-44	PVC	0.2	78.290	2.19	OK	OK	OK	OK		
3-44-3-43	3-44	3-43	PVC	0.2	27.575	-5.08	OK	NO CUMPLE	OK	OK		
3-43-3-42	3-43	3-42	PVC	0.2	46.366	0.53	NO CUMPLE	OK	OK	OK		
3-42-3-41	3-42	3-41	PVC	0.2	64.647	0.43	NO CUMPLE	OK	OK	OK		
3-41-3-40	3-41	3-40	PVC	0.2	7.750	0.76	NO CUMPLE	OK	OK	OK		
3-40-3-33	3-40	3-33	PVC	0.2	41.576	0.45	NO CUMPLE	OK	OK	OK		

Tramo	Nodo Inicial	Nodo Final	Características Red				Evaluación			
			Material	Diámetro	Longitud	Pendiente	Chequeo capacidad	Chequeo Fuerza Tractiva $t > 15$	Velocidad máxima	Análisis de diámetro mínimo
			(-)	" ó m	(m)	(%)	Qd/Qo<1	(-)		
3-33-3-32	3-33	3-32	PVC	0.25	40.072	0.15	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK
3-32-3-31	3-32	3-31	PVC	0.25	50.346	0.14	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK
3-31-3-30	3-31	3-30	PVC	0.25	33.585	0.15	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK
3-30-3-29	3-30	3-29	PVC	0.25	66.686	0.23	NO CUMPLE	OK	OK	OK
3-29-3-28	3-29	3-28	PVC	0.25	15.865	0.14	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK
3-28-3-27	3-28	3-27	PVC	0.25	63.493	0.22	NO CUMPLE	OK	OK	OK
3-27-3-25	3-27	3-25	PVC	0.25	70.476	0.16	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK
3-25-3-24A	3-25	3-24A	PVC	0.3	5.207	4.24	OK	OK	OK	OK
Total				652.858						

Fuente: Consultoría/PROACTIVA

De los 15 tramos de red principal sanitaria de este ramal (que suman 653 m), 11 tramos (501 m) equivalentes al 76,7% del total de la red del ramal no tienen suficiente capacidad hidráulica. Adicionalmente, 6 tramos (238 m) equivalentes al 36,4% del total de la red del ramal no tienen el esfuerzo cortante mínimo que favorezca un comportamiento autolimpiante del flujo que prevenga la acumulación sólidos que se depositan en la red.

Figura 9-31 Tramos que no cumplen el chequeo de capacidad hidráulica. Perfil 2 Distrito 3. Planta



Fuente: Consultor

9.1.3.2.5 Topología Perfil 3 Distrito 3.

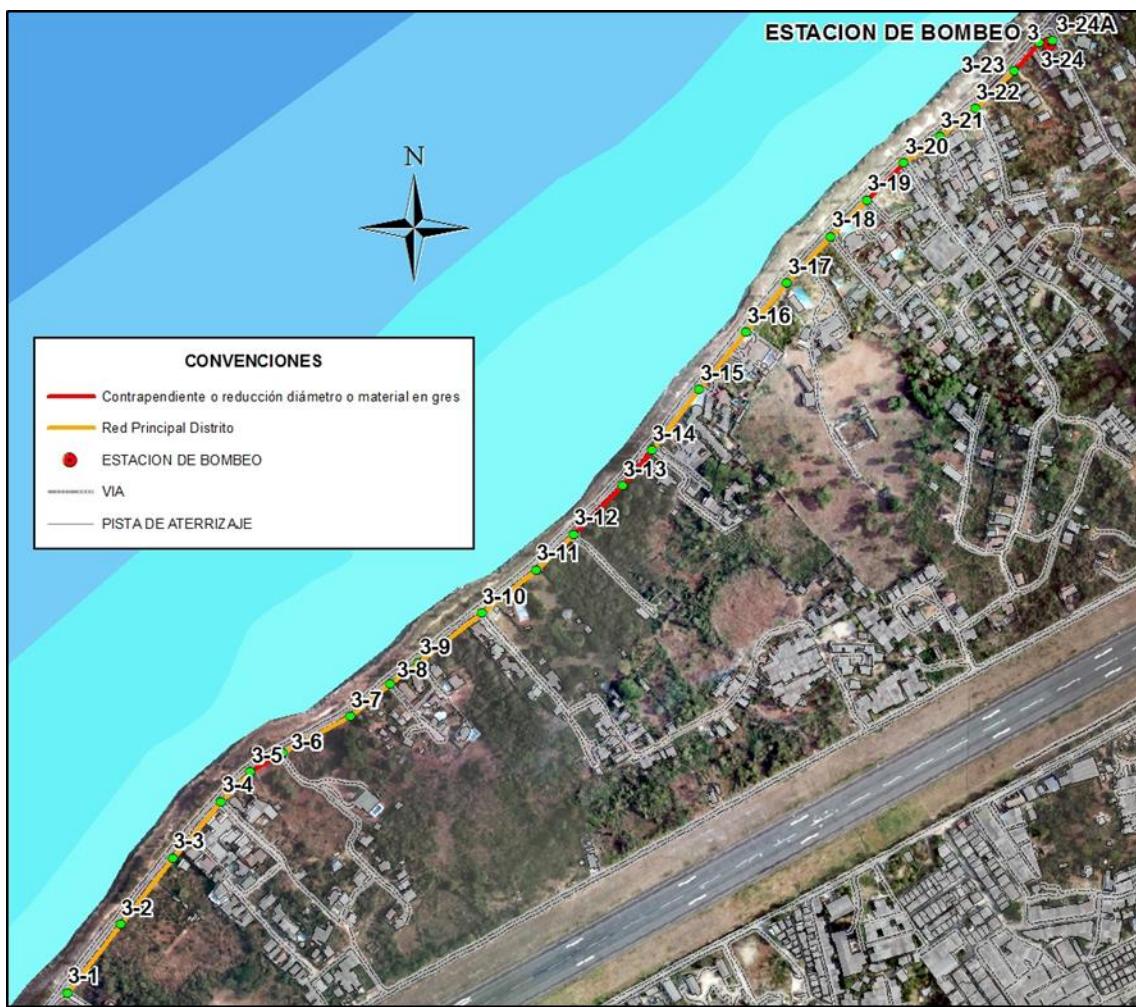
Se puede apreciar en el Anexo 9-17 Perfil 3 D3 esquema Perfil 3 Distrito 3 y en el Anexo 9-7 Mapa 7 Perfiles Distrito 3 configuraciones de la red que no favorecen el comportamiento hidráulico adecuado del sistema como se muestra en la Tabla 9-28.

Tabla 9-28 Red principal de alcantarillado sanitario, Perfil 3 Distrito 3

Tramo		Falta de información		Contrapendiente o pendiente cero	Material	Diámetro pulg	Longitud eje a eje m
Pozo inicial	Pozo final	Cota Clave ini	Cota Clave fin				
3-5	3-6	SI	SI	SI	PVC	8	43.46
3-12	3-13	SI	NO	SI	PVC		81.63
3-13	3-14	NO	SI	SI	PVC	14	54.1
3-19	3-20	NO	SI	SI	PVC	16	61.76
3-23	3-24	SI	NO	SI	PVC	18	55.97
Total							296.92

Fuente: Consultoría/PROACTIVA

En los tramos 3-13 a 3-14, 3-19 a 3-20 y 3-23 a 3-24 se evidencia contrapendientes debidas a la falta de información de cotas claves y bateas. Adicionalmente, en los tramos 3-11 a 3-13 no se tiene información de diámetros y material de la tubería. Ver Figura 9-32.

Figura 9-32 Red principal de alcantarillado sanitario, Perfil 3 Distrito 3. Planta


Fuente: Consultor

9.1.3.2.6 Revisión de capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo Perfil 3 Distrito 3.

En la Tabla 9-29 y en el Anexo 9-18 Chequeo capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo se presentan los resultados obtenidos de la revisión de capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo.

Tabla 9-29 Chequeo capacidad hidráulica, fuerza tractiva, velocidad máxima y diámetro mínimo. Perfil 3 Distrito 3

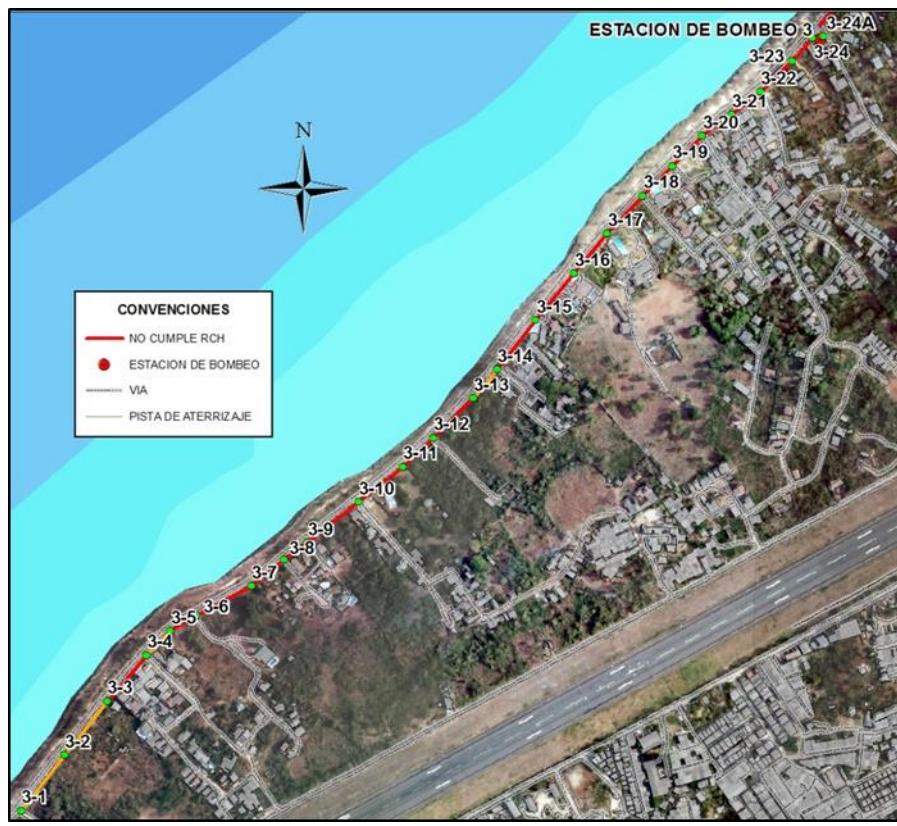
Tramo	Nodo Inicial	Nodo Final	Características Red				Evaluación			
			Material	Diámetro " ó m	Longitud (m)	Pendiente (%)	Chequeo capacidad Qd/Qo<1	Chequeo Fuerza Tractiva $t > 15$	Velocidad máxima m/s	Análisis de diámetro mínimo (-)
3-1-3-2	3-1	3-2	PVC	0.2	102.249	0.22	OK	NO CUMPLE	OK	OK
3-2-3-3	3-2	3-3	PVC	0.2	99.321	0.37	OK	OK	OK	OK
3-3-3-4	3-3	3-4	PVC	0.2	87.567	0.28	NO CUMPLE	OK	OK	OK
3-4-3-5	3-4	3-5	PVC	0.25	49.043	0.23	OK	OK	OK	OK

Tramo	Nodo Inicial	Nodo Final	Características Red				Evaluación			
			Material	Diámetro	Longitud	Pendiente	Chequeo capacidad	Chequeo Fuerza Tractiva $t > 15$	Velocidad máxima	Análisis de diámetro mínimo
			(-)	" ó m	(m)	(%)	Qd/Qo<1	(-)		
3-5-3-6	3-5	3-6	PVC	0.2	43.459	0.14	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK
3-6-3-7	3-6	3-7	PVC	0.2	90.544	0.19	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK
3-7-3-8	3-7	3-8	PVC	0.2	60.187	0.20	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK
3-8-3-9	3-8	3-9	PVC	0.2	41.835	0.30	NO CUMPLE	OK	OK	OK
3-9-3-10	3-9	3-10	PVC	0.315	95.044	0.20	NO CUMPLE	OK	OK	OK
3-10-3-11	3-10	3-11	PVC	0.355	81.885	0.22	NO CUMPLE	OK	OK	OK
3-11-3-12	3-11	3-12	0	0	60.367	0.19	NO CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE
3-12-3-13	3-12	3-13	0	0	81.627	1.01	NO CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE
3-13-3-14	3-13	3-14	PVC	0.355	54.098	-1.19	OK	NO CUMPLE	OK	OK
3-14-3-15	3-14	3-15	PVC	0.4	90.667	0.07	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK
3-15-3-16	3-15	3-16	PVC	0.4	86.774	0.13	NO CUMPLE	OK	OK	OK
3-16-3-17	3-16	3-17	PVC	0.4	75.315	0.07	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK
3-17-3-18	3-17	3-18	PVC	0.4	75.265	0.09	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK
3-18-3-19	3-18	3-19	PVC	0.4	60.122	0.41	NO CUMPLE	OK	OK	OK
3-19-3-20	3-19	3-20	PVC	0.4	61.760	-0.31	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK
3-20-3-21	3-20	3-21	PVC	0.4	52.203	0.08	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK
3-21-3-22	3-21	3-22	PVC	0.4	53.562	0.04	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK
3-22-3-23	3-22	3-23	PVC	0.4	63.865	0.06	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK
3-23-3-24	3-23	3-24	PVC	0.45	44.505	-0.16	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK	OK
3-24-3-24A	3-24	3-24A	PVC	0.45	16.096	0.00	NO CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE	OK
Total					1627.360					

Fuente: Consultoría/PROACTIVA

De los 24 tramos de red principal sanitaria de este ramal (que suman 1.627 m), 20 tramos (1.323 m) equivalentes al 81,3% del total de la red del ramal no tienen suficiente capacidad hidráulica. Adicionalmente, 14 tramos (884m) equivalentes al 51.31% del total de la red del ramal no tienen el esfuerzo cortante mínimo que favorezca un comportamiento autolimpiante del flujo que prevenga la acumulación sólidos que se depositan en la red.

Figura 9-33 Tramos que no cumplen el chequeo de capacidad hidráulica. Perfil 3 Distrito 3. Planta



Fuente: Consultor

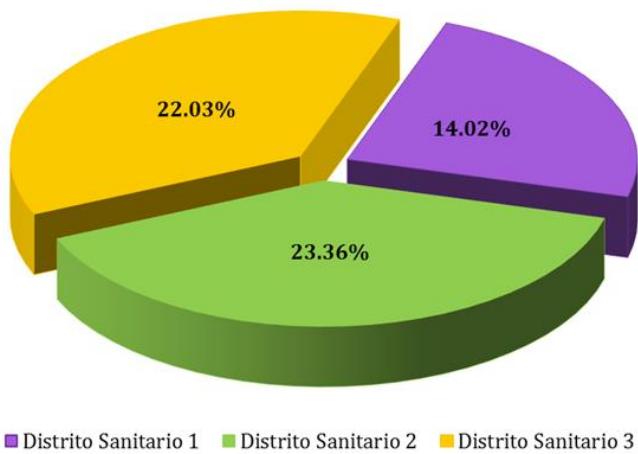
De la revisión de capacidad hidráulica de las principales redes de alcantarillado sanitario existente en la Isla de Dan Andrés se obtuvo que de los 10.854 m analizados, 6.448 m no tienen capacidad hidráulica. En la Tabla 9-30 y en la Figura 9-34 se discriminan las longitudes y porcentajes por distrito.

Tabla 9-30 Longitud y porcentaje de redes principales que no tienen capacidad hidráulica

DISTRITOS	OK (m)	NO CUMPLE (m)	TOTAL (m)	% REDES SIN CAPACIDAD HIDRAULICA
Distrito Sanitario 1	2172.735	1521.849	3694.584	14.02%
Distrito Sanitario 2	1318.971	2535.507	3854.478	23.36%
Distrito Sanitario 3	913.802	2391.080	3304.881	22.03%
TOTAL	4405.508	6448.435	10853.943	59.41%

Fuente: Consultoría/PROACTIVA

Figura 9-34 Porcentaje de redes principales analizadas que no tienen capacidad hidráulica



Fuente: Consultor

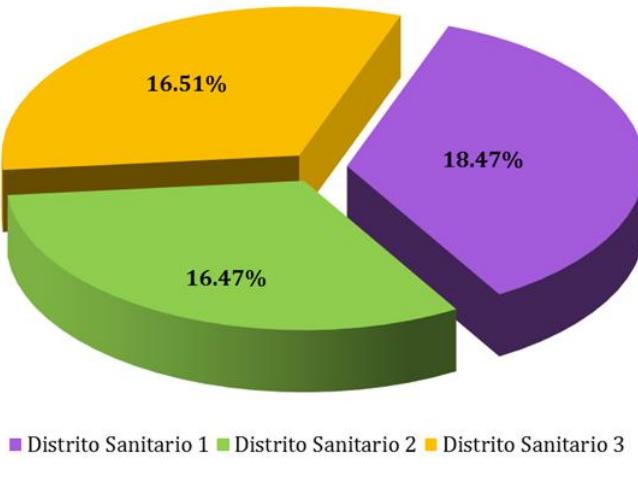
Respecto a la fuerza tractiva, 5.583 m de red analizada no cumple con la fuerza tractiva mínima. En la Tabla 9-31 y en la Figura 9-35 se discriminan las longitudes y porcentajes por distrito.

Tabla 9-31 Longitud y porcentaje de redes principales que no cumplen con la fuerza tractiva mínima requerida por norma.

DISTRITOS	OK	NO CUMPLE	TOTAL	% REDES NO CUMPLEN FUERZA TRACTIVA
Distrito Sanitario 1	1690.106	2004.478	3694.584	18.47%
Distrito Sanitario 2	2067.363	1787.115	3854.478	16.47%
Distrito Sanitario 3	1513.065	1791.816	3304.881	16.51%
TOTAL	5270.533	5583.410	10853.943	51.44%

Fuente: Consultoría/PROACTIVA

Figura 9-35 Porcentaje de redes principales analizadas que no tienen capacidad hidráulica



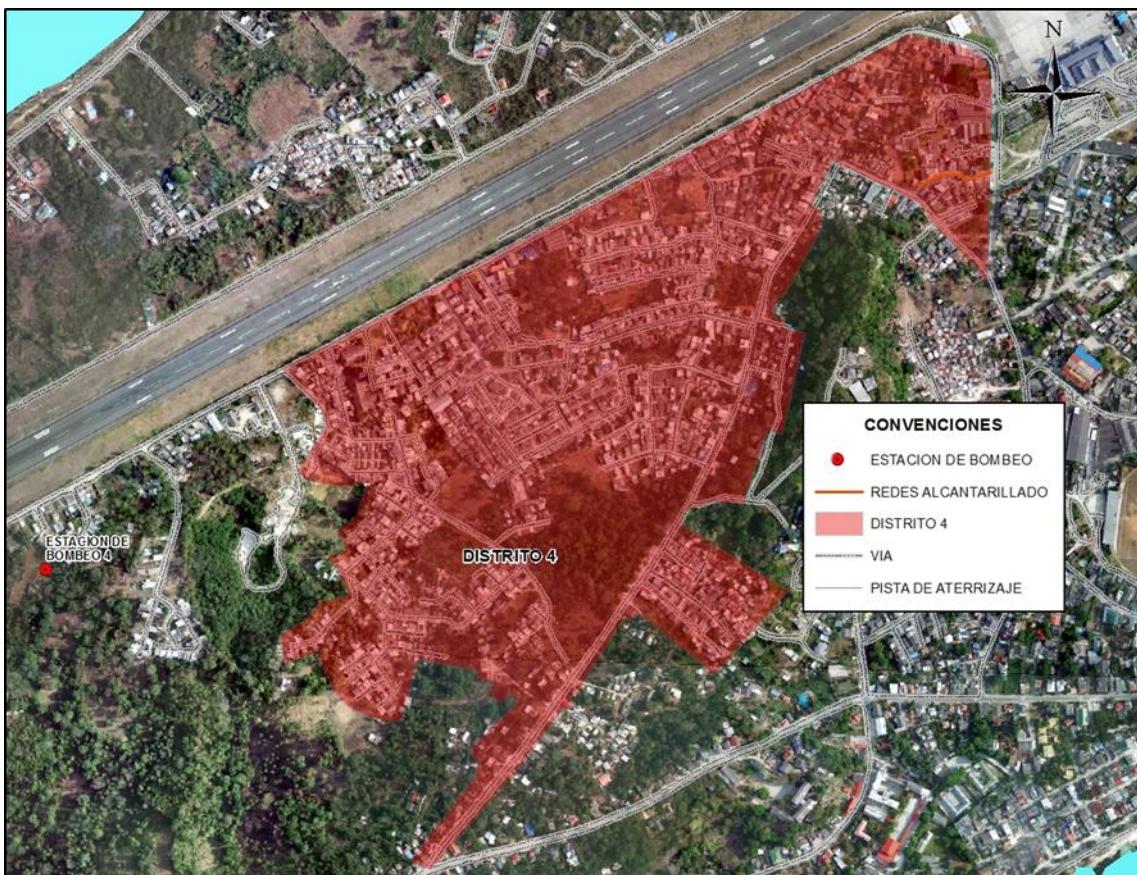
Fuente: Consultor

9.1.4 Distrito Sanitario 4

En la actualidad este distrito se encuentra en la etapa constructiva. Acogerá las aguas residuales del sector norte no cubiertas por los Distritos 1, 2 y 3 más el área rural de la Loma entre el sitio denominado Flowers hills y la Yee del Bolivariano. Adicionalmente las aguas servidas de los sectores School House, Serranilla, Natania, Back Road, Canteras, Modelo, Altos de Natania, Guínea Hen, Dave Hill, Botton Ground, Lox Bight y los demás sectores aledaños con potencial desarrollo urbano y que puedan ser servidos por gravedad. En este Distrito se proyecta la Estación de Bombeo 4.

El sector en el cual se localiza el Distrito 4, donde se proyecta la construcción del alcantarillado, se ubica hacia la parte norte de la isla, la cual corresponde a la zona más densamente poblada de esta y en donde se concentra la mayor parte de la población de dicha ciudad (Ltda., Proactiva S.A. E.S.P - Gandini y Orozco, Julio de 2013). En la Figura 9-36 se presenta la delimitación del distrito 4.

Figura 9-36 Distrito de Alcantarillado Sanitario 4



Fuente: Consultor

Teniendo en cuenta que Proactiva Aguas del Archipiélago S. A. E. S. P., es responsable de la operación, optimización y ampliación de la red de alcantarillado sanitario, en el marco del contrato de operación suscrito con Aguas de San Andrés S. A. E. S. P., en el año 2013 contrató, con la autorización del Plan Departamental de agua y saneamiento, la elaboración de los diseños del alcantarillado sanitario del Distrito 4.

En el diseño del Distrito 4, elaborado por la firma Gandini y Orozco, Ltda. Ingenieros se contempló la instalación de 18.386 m de red sanitaria en diámetros de 6, 8, 10, 12, 14, 18, 20 y 24 pulgadas, distribuidos tal como se presenta en la Tabla 9-32.

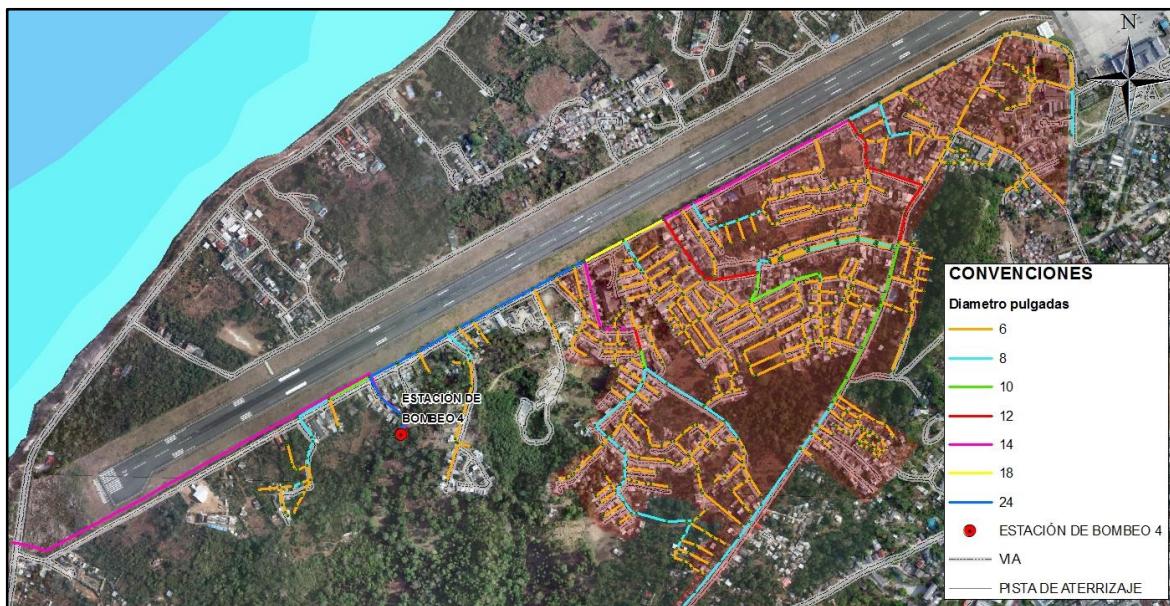
Tabla 9-32 Redes de alcantarillado sanitario proyectadas en el diseño del Distrito 4

Diámetro pulg	Longitud diseño Distrito 4 (m)	
	PVC	TOTAL
6	13569.59	13569.59
8	2720.82	2720.82
10	847.84	847.84
12	586.22	586.22
14	1342.56	1342.56
18	175.11	175.11
24	626.01	626.01
TOTAL	19868.15	19868.15

Fuente: Consultoría/PROACTIVA

En la Figura 9-37 se presentan las redes proyectadas discriminadas por diámetros.

Figura 9-37 Redes diseñadas en el Distrito 4, discriminadas por diámetro.



De acuerdo con la información suministrada, el diseño de redes del Distrito 4 se divide en 8 sectores y una línea de impulsión. Las longitudes se presentan en la Tabla 9-33 y la distribución en la Figura 9-38.

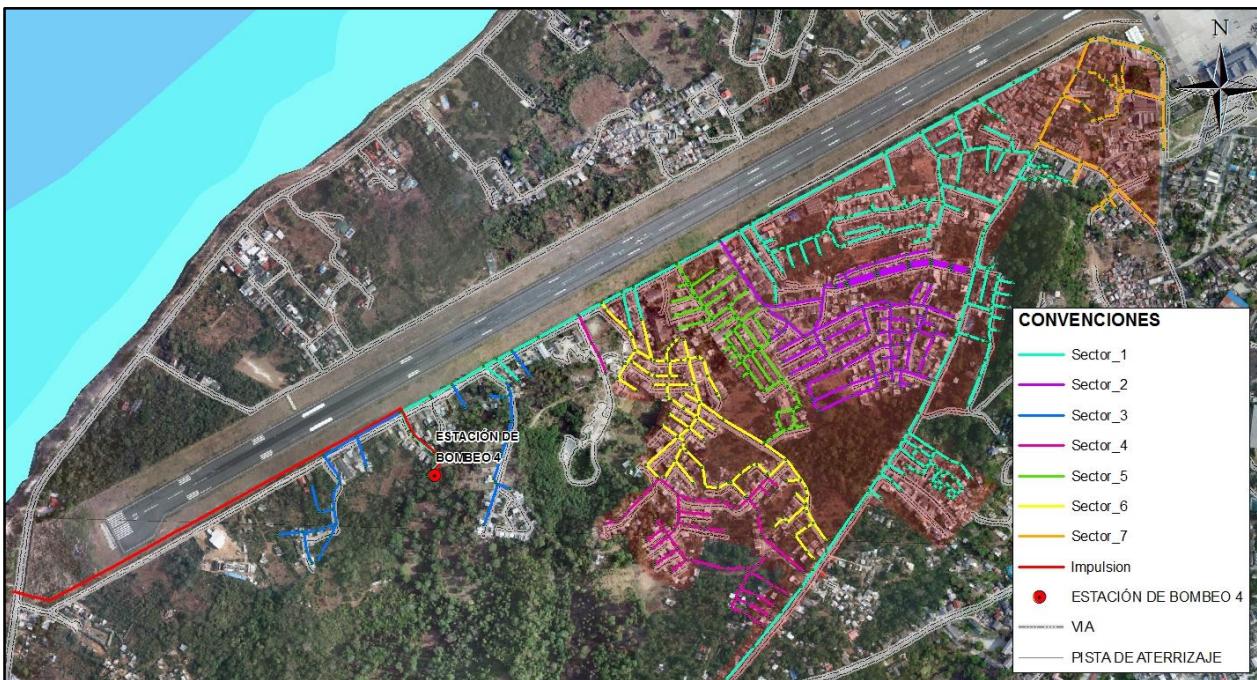
Tabla 9-33 Longitud de redes de alcantarillado sanitario proyectadas en el diseño del Distrito 4 por sector

Sector	Longitud diseño Distrito 4 (m)	
	PVC	TOTAL
1	5468.65	5468.65

Sector	Longitud diseño Distrito 4 (m)	
	PVC	TOTAL
2	3531.74	3531.74
3	2056.34	2056.34
4	1936.42	1936.42
5	1555.89	1555.89
6	2433.99	2433.99
7	1402.88	1402.88
8	548.88	548.88
Impulsión	933.36	933.36
TOTAL	19868.15	19868.15

Fuente: Consultoría/PROACTIVA

Figura 9-38 Redes de alcantarillado sanitario proyectadas en el diseño del Distrito 4 por sector

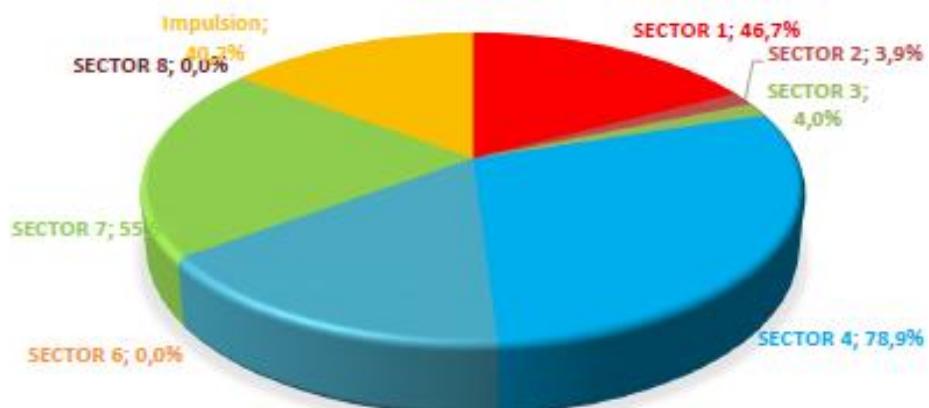
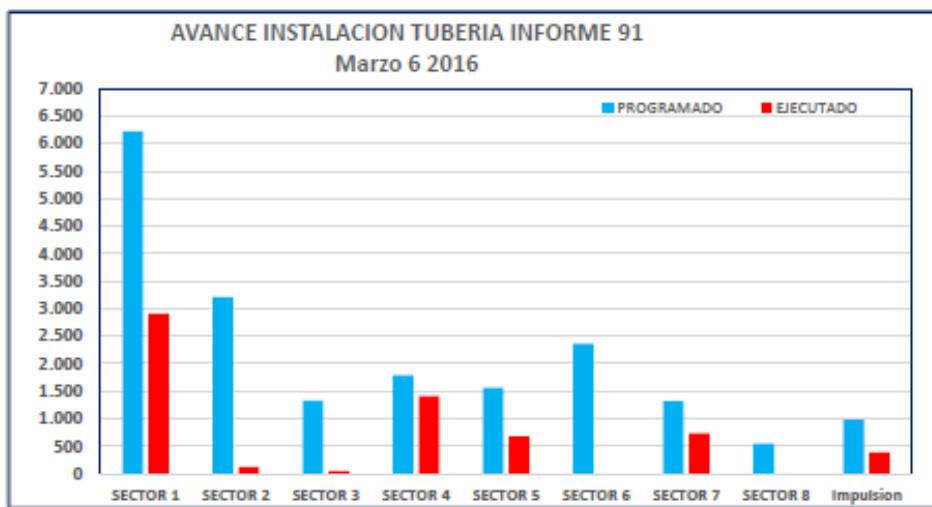


Según el Informe de Avance 91 de la Interventoría “Instalación de Tubería Distrito 4, de Marzo 6 de 2016”, el avance en la ejecución de las obras programadas por sectores es el siguiente:

Tabla 9-34 Avance en la instalación de la tubería. Informe 91 Marzo de 2016

SECTOR	PROGRAMADO	EJECUTADO	% EJECUCIÓN
<u>SECTOR 1</u>	6.223	2.907	46,7%
<u>SECTOR 2</u>	3.205	126	3,9%
<u>SECTOR 3</u>	1.332	53	4,0%
<u>SECTOR 4</u>	1.787	1.410	78,9%
<u>SECTOR 5</u>	1.567	676	43,1%
<u>SECTOR 6</u>	2.362	0	0,0%
<u>SECTOR 7</u>	1.316	731	55,5%
<u>SECTOR 8</u>	551	0	0,0%
<u>Impulsion</u>	980	394	40,2%
TOTALES	19.323	6.297	32,6%

Fuente: PROACTIVA

Figura 9-39 Porcentaje de instalación de la tubería. Informe 91 Marzo de 2016

Figura 9-40 Avance en la instalación de la tubería, Programado Vs Ejecutado. Informe 91 Marzo de 2016


Fuente: PROACTIVA

Se estima que el avance en la instalación de la tubería por mes para el año 2016 sea el siguiente:

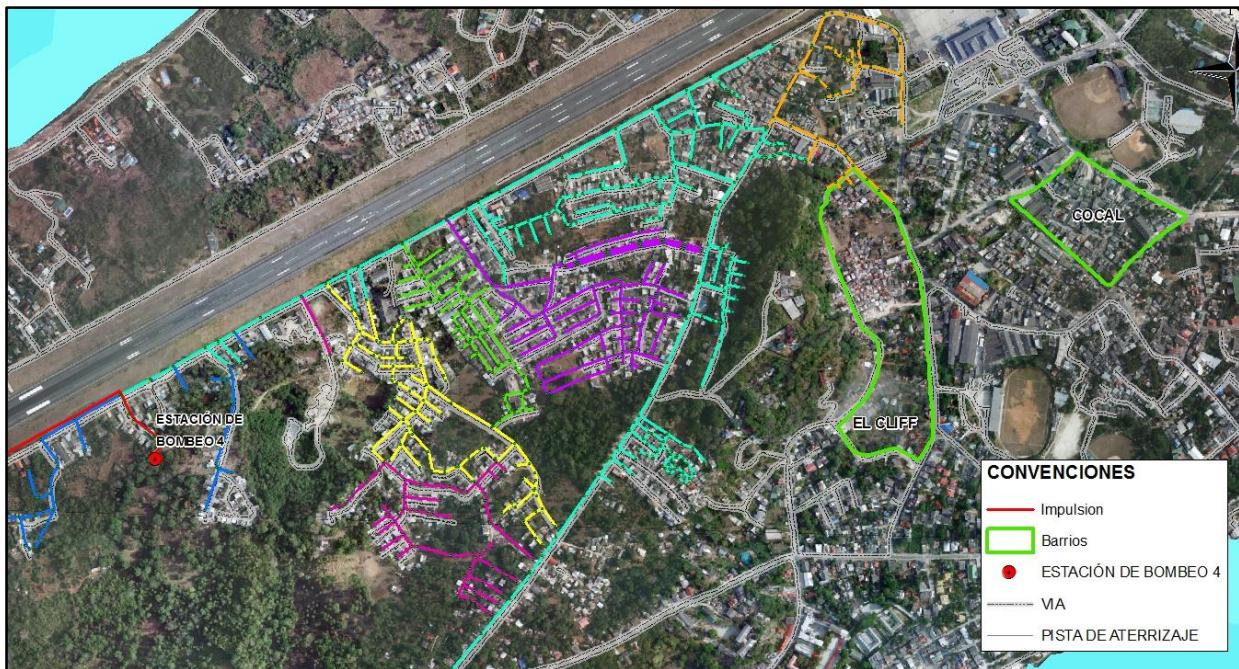
Figura 9-41 Avance instalación de tubería por mes. Distrito 4


Fuente: PROACTIVA

De acuerdo con la información suministrada por Proactiva S.A., algunos tramos del diseño propuesto no se pudieron ejecutar por interferencias con pozos sépticos.

El sistema de alcantarillado diseñado no logra abarcar a todos los habitantes existentes en esta zona dada la disposición de las construcciones toda vez que no existe el espacio suficiente para realizar las construcciones de las obras de alcantarillado sanitario, como es el caso del barrio el Cliff, en la Figura 9-42 y en la Figura 9-43 se observa la disposición en planta de las construcciones. En el barrio Cocal, aunque se cuenta con redes de alcantarillado sanitario, este no es usado adecuadamente y muchos habitantes se han rehusado a conectarse.

Figura 9-42 Barrios el Cliff y Cocal. Distrito 4



Fuente: Consultor

Figura 9-43 Disposición de las viviendas en el barrio el Cliff. Distrito 47



Fuente: Consultor

Proactiva estima que la construcción total del Distrito 4 finalice en diciembre de 2016.

9.1.4.1 Cobertura actual del servicio

De los 2,797 usuarios independientes equivalentes al 26.2% de la red total de alcantarillado sanitario, solo 51 usuarios equivalentes al 0.49% del total de las redes de alcantarillado cuentan con servicio de alcantarillado sanitario, los restantes 2,746 usuarios equivalentes al 25.7% no cuentan con el servicio (Proactiva, 2008).

9.1.4.2 Topología actual de la red

En el Distrito 4 se tiene un total de 118 metros de red local de alcantarillado sanitario distribuidos por diámetro y material de la siguiente manera:

Tabla 9-35 Redes de alcantarillado sanitario existentes en el Distrito 4

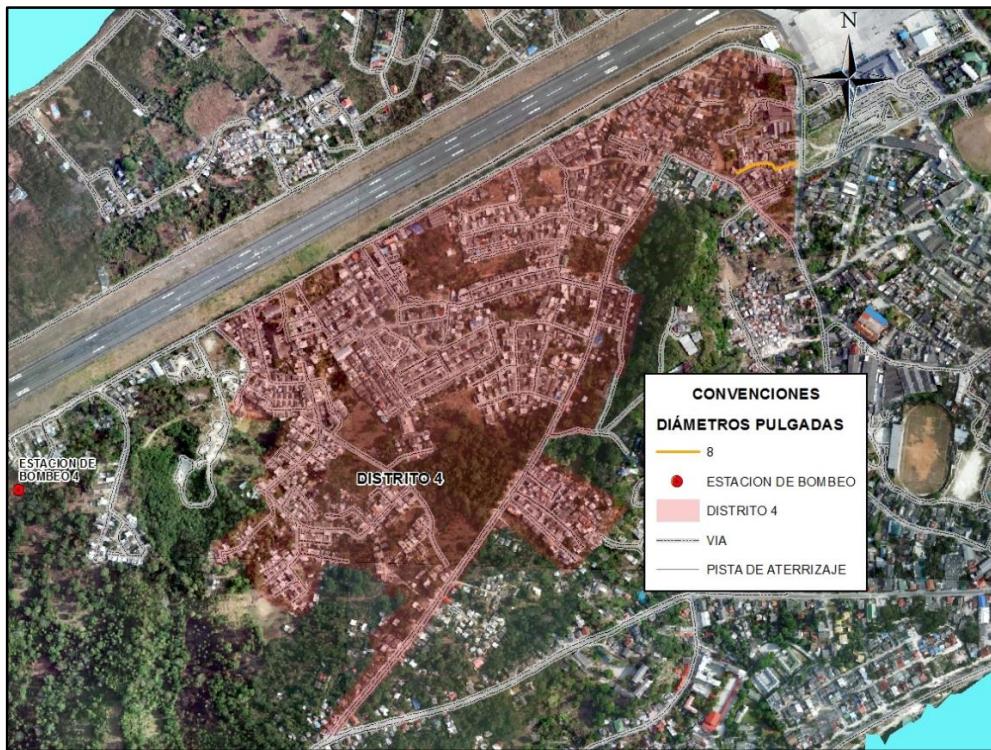
Diámetro pulg	Longitud Distrito 3 (m)	
	PVC	TOTAL
6		0.00
8	118.05	118.05
10		0.00
12		0.00
14		0.00
16		0.00
18		0.00
20		0.00
21		0.00
27		0.00
30		0.00
34		0.00
SIN DATOS		0.00
TOTAL	118.05	118.05

Fuente: Consultoría/PROACTIVA

La red existente de este distrito se conecta al pozo 2-26 perteneciente al sistema de alcantarillado del distrito 2.

En la Figura 9-44, en la Figura 9-45, en el Anexo 9-3 Mapa 3 Alcantarillado Diámetro Distritos y en el Anexo 9-4 Mapa 4 Alcantarillado Materiales Distritos se muestra el diámetro y material de las redes existentes.

Figura 9-44 Redes de Alcantarillado Sanitario por diámetro Distrito 4



Fuente: Consultor

Figura 9-45 Redes de Alcantarillado Sanitario por material Distrito 4



Fuente: Consultor

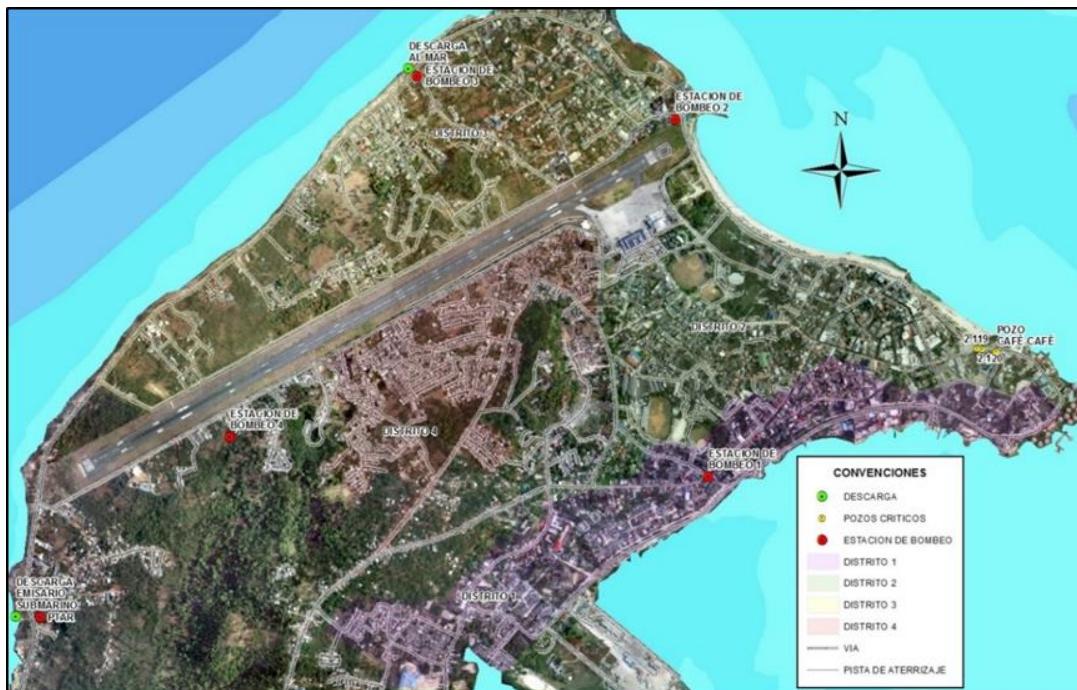
9.1.5 Puntos críticos de la red

El Distrito 2 es el que presenta más situaciones críticas. La falta de mantenimiento de trampas de grasa y desarenadores en los principales productores de la red hace que se genere un contenido muy alto de elementos sólidos en las aguas residuales que provocan taponamiento en las redes y por tanto rebose en los pozos causando inundación en las calles y emisión de fuertes olores como es el caso del pozo 2-118 conocido como Café - Café, diagonal al establecimiento Café Café, al Hotel el Dorado y al Edificio Hansa Coral, en el cruce de la Avenida Colombia con la Carrera 1B, que recibe las aguas residuales que vienen desde el edificio Sea View. Adicionalmente, en este sector, la mayoría de drenajes de aguas lluvias de los edificios confluyen hacia las redes de alcantarillado sanitario, desde el pozo 2-118 hasta el pozo 2-119 existe un alivio que permite el ingreso de agua lluvia al sistema sanitario disminuyendo la capacidad de la red para el transporte adecuado de las aguas residuales. En la Figura 9 39 se presenta la localización de este punto crítico.

Debido a que la mayoría de las redes en este distrito se ubican en zonas cercanas al mar, se tiene la problemática de estar ubicadas próximas o bajo el nivel freático por lo que se tiene un aumento de caudal procedente de posibles infiltraciones, por tanto, la mayoría del tiempo la red está llena y es muy probable que las estaciones de bombeo estén bombeando frecuentemente agua proveniente del acuífero.

Cuando llueve, el sistema de alcantarillado sanitario en este sector colapsa ya que las aguas lluvias se van a las redes de alcantarillado ya sea por las infiltraciones o porque los habitantes aledaños levantan las tapas de los pozos para que el agua lluvia ingrese a la red sanitaria ocasionando que la red trabaje a presión.

Figura 9-46 Localización descarga al mar y Pozo Café - Café



Fuente: Consultor

En las siguientes fotografías se puede apreciar el pozo Café-Café rebosado.

Foto 9-1 Pozo 2-118, pozo Café – Café. Esquina Avenida Colombia con Carrera 1B. Encharcamiento generado por rebose del pozo 2-118



Fuente: Consultor

Foto 9-2 Esquina Café –Café, Edificio Hansa Coral. Pozo 2-118



Fuente: Consultor

9.2 Sistema de bombeo

Debido a la topografía de la isla y a los desniveles en el sector norte, la red de alcantarillado sanitario requiere para un adecuado funcionamiento una serie de estaciones de bombeo para impulsar el agua residual.

Para cada distrito sanitario (1, 2 y 3), que actualmente operan con normalidad, se cuenta con una estación elevadora de aguas residuales, las cuales funcionan en secuencia; de la estación 1 hasta la estación 2 y de aquí hasta la estación 3, para luego verter las aguas residuales a través del emisario submarino.

Las impulsiones de distrito a distrito no llegan directamente de estación a estación de bombeo, llegan a ciertos pozos y luego bajan por gravedad.

Las estaciones de bombeo no cuentan con bombas automáticas, el operador de cada estación debe prender y apagar las bombas de acuerdo con el nivel del agua en el pozo. En cada estación de bombeo hay operadores 24 horas al día durante los 365 días del año.

9.2.1 Estación de bombeo 1

Capta las aguas residuales del Distrito 1. Recibe el caudal de la Avenida 20 de Julio, de algunos sectores de los barrios Almendros, el Obrero y la Avenida Newball.

Se encuentra localizada sobre la Calle 9 entre la Avenida 20 de Julio y Newball en la parte posterior al Servicio Nacional de Aprendizaje -SENA-.

Cuenta con las siguientes características:

- 2 Bombas:
 - Flyght 11Kw /15HP, Caudal de bombeo 40 Lps
 - Flyght 11Kw /15HP, Caudal de bombeo 40 Lps
- Se opera con una bomba, la segunda bomba es de respaldo.
- Estación de bombeo con pozo húmedo

Foto 9-3 Pozo húmedo Estación de Bombeo No 1



Fuente: Consultor

9.2.2 Estación de Bombeo 2

Viene de la estación de bombeo 1, recibe por gravedad las aguas servidas en el Distrito 1 y en el Distrito 2. Adicionalmente, capta lo generado por el sector hotelero y el sector centro residencial.

Se encuentra localizada sobre la Carrera 14 con Avenida Circunvalar, frente al Restaurante Fisherman Place.

Cuenta con las siguientes características:

- 5 bombas:
 - Bomba Homa 16Kw, Caudal de bombeo 60 Lps
 - Bomba Homa 16Kw, Caudal de bombeo 60 Lps
 - Bomba ABS 13Kw/17HP, Caudal de bombeo 80 Lps
 - Bomba ABS 9.5Kw/10HP, Caudal de bombeo 60 Lps
 - Bomba ABS 35Kw/40HP, Caudal de bombeo 150 Lps
- Operan generalmente con tres bombas, las otras dos son de respaldo
- Estación de bombeo con pozo húmedo y pozo seco.

Foto 9-4 Estación de Bombeo No 2



Fuente: Consultor

9.2.3 Estación de Bombeo 3

Recibe por gravedad las aguas residuales provenientes de la estación de bombeo No 2 y lo correspondiente al Distrito 3 del que hacen parte los barrios del sector Sarie Bay y Cabañas. Desde esta estación, el agua se impulsa por una red de 18" (450 mm) que conduce el agua residual hasta el emisario submarino localizado en el km 2.5 de la vía Circunvalar a la altura del barrio Morris Landing, frente al lugar de ubicación de la PTAR "Krofta".

Se encuentra localizada sobre la Calle 6 con Avenida Circunvalar en la esquina de la última entrada hacia el barrio Sarie Bay.

Cuenta con las siguientes características:

- 2 Bombas:
 - Bomba Homa 90Kw/120HP, Caudal de bombeo 150 Lps
- Se opera con una bomba, la segunda bomba es de respaldo.

Foto 9-5 Estación de Bombeo No 3



Fuente: Consultor

De acuerdo con información suministrada por el ministerio de Ambiente MAVDT, en la estación de bombeo 3 se tienen dos tanques que reciben el efluente actuando como desarenadores. Una vez desarenado, se envía al bombeo definitivo que conduce al emisario. Las arenas y gravas en los tanques se extraen con vactor y se disponen en el relleno sanitario.

En las visitas de campo realizadas no se evidenció el funcionamiento de este sistema por tanto, se consultó con Proactiva quien corroboró que actualmente en la estación de bombeo N° 3 no existen tanques para la sedimentación de sólidos. Se tiene una rejilla en la entrada de la estación para la retención de sólidos grandes como bolsas, palos, telas entre otros.

9.2.4 Estación de Bombeo 4

La estación de bombeo No 4 se encuentra en construcción.

Foto 9-6 Estado Estación de Bombeo No 4



Fuente: Consultor

De acuerdo con la información suministrada por Proactiva, aunque la obra estuvo detenida por un tiempo ya que al realizar la excavación se encontró el nivel freático a una elevación no estimada, los trabajos constructivos continuarán en marzo de 2016 con el objeto de finalizar la construcción total del distrito 4 en diciembre de 2016.

Figura 9-47 Excavación Estación de Bombeo No 4



Fuente: Consultor

9.2.5 Estado estructural y mecánico de las instalaciones y los equipos de bombeo del sistema

Se realizó un análisis general teniendo en cuenta la información existente y las visitas de campo a la isla, encontrando que para las estaciones de bombeo de aguas residuales 1, 2 y 3 los equipos mecánicos empleados se encuentran en buenas condiciones y el estado estructural de cada estación es adecuado para la operación del sistema que se realiza en la actualidad.

La estación de bombeo 1 entró en operación el 10 de diciembre de 2007, fué la última estación de bombeo en construirse de las tres existentes. Tal como se aprecia en la Foto 9-7, en la Foto 9-8, en la Foto 9-9, en la Foto 9-10, y en la Foto 9-11, no hay evidencia de fisuras considerables en la estructura de la estación y los equipos visibles no presentan desgaste o deterioro.

Foto 9-7 Estación de bombeo 1



Fuente: Consultor

Foto 9-8 Muros estación de bombeo 1



Fuente: Consultor

Foto 9-9 Equipos estación de bombeo 1



Fuente: Consultor

Foto 9-10 Equipos estación de bombeo 1



Fuente: Consultor

Foto 9-11 Red de impulsión estación de bombeo 1



Fuente: Consultor

Las tapas que se muestran en la Foto 9-12 se encuentran en malas condiciones, según Proactiva, ya fueron contratadas y serán instaladas durante el mes de marzo de 2016 y el soporte que sirve como apoyo para extraer o mover las bombas, que actualmente es en madera tal como se muestra en la Foto 9-13, será reemplazado por una estructura metálica de fácil manipulación.

Foto 9-12 Tapas superiores del pozo húmedo. Estación de bombeo 1



Fuente: Consultor

Foto 9-13 Soporte para izar o mover las bombas. Estación de bombeo 1



Fuente: Consultor

Tal como se aprecia en la Foto 9-14, en la Foto 9-15, en la Foto 9-16, en la Foto 9-17, en la Foto 9-18, en la Foto 9-19, en la Foto 9-20, en la Foto 9-21 y en la Foto 9-22 en la estación de bombeo 2 se puede identificar deterioro y desgaste en las fachadas de los muros a la vista de los pozos donde se encuentran las bombas y en las escaleras, que se deben a la exposición constante con los gases que generan las aguas residuales que se almacenan en los pozos. No se identifican fisuras estructurales importantes. En este momento se encuentra en construcción un cuarto para los operarios de la estación de bombeo puesto que no se contaba con un espacio para disponer los elementos personales, ver Foto 9-22.

Foto 9-14 Estación de bombeo 2



Fuente: Consultor

Foto 9-15 Muros y escalera pozo húmedo. Estación de bombeo 2



Fuente: Consultor

Foto 9-16 Pozo húmedo. Estación de bombeo 2



Fuente: Consultor

Foto 9-17 Escalera pozo seco. Estación de bombeo 2



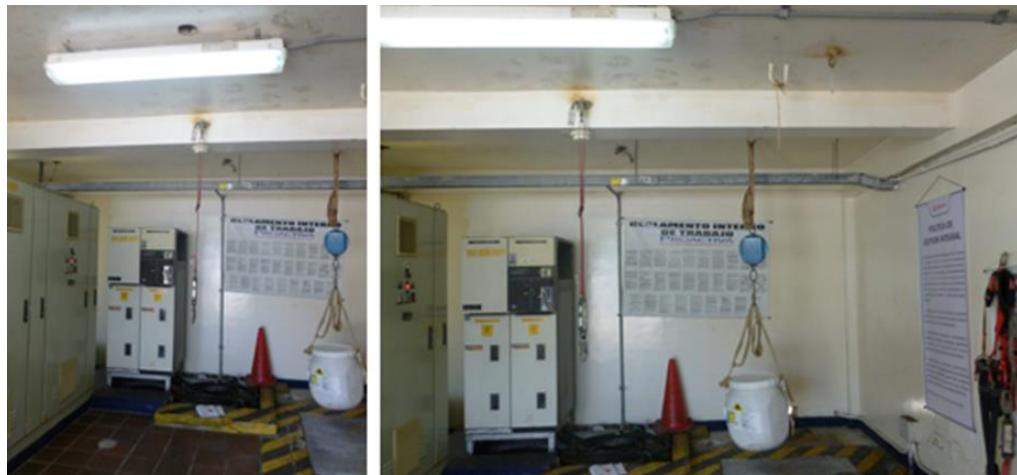
Fuente: Consultor

Foto 9-18 Pozo seco. Estación de bombeo 2



Fuente: Consultor

Foto 9-19 Inspección visual de estación de bombeo 2



Fuente: Consultor

Foto 9-20 Inspección visual muros y vigas pozo seco. Estación de bombeo 2



Fuente: Consultor

Foto 9-21 Filtro de olores. Estación de bombeo 2



Fuente: Consultor

Foto 9-22 Nueva construcción. Estación de bombeo 2


Fuente: Consultor

De acuerdo con la Foto 9-23, la Foto 9-24, la Foto 9-25, la Foto 9-26, la Foto 9-27 y al igual que la estación de bombeo 2, la estación de bombeo 3 presenta deterioro y desgaste en las fachadas de los muros a la vista del pozo donde se encuentran las bombas, debidos a la antigüedad de estas dos estaciones de bombeo respecto a la estación de bombeo 1. Esto no es un indicador de mal funcionamiento de las estaciones de bombeo. Sin embargo es conveniente realizar mantenimiento constante de las estaciones, no solo de las bombas, de todos los componentes que hacen parte de la estación como rejillas, tuberías, amarres, fachadas, puertas, entre otros.

Foto 9-23 Estación de bombeo 3


Fuente: Consultor

Foto 9-24 Rejillas, parte superior del pozo húmedo. Estación de bombeo 3



Fuente: Consultor

Foto 9-25 Pozo húmedo. Estación de bombeo 3



Fuente: Consultor

Foto 9-26 Equipos. Estación de bombeo 3



Fuente: Consultor

Foto 9-27 Estación de bombeo 3


Fuente: Consultor

La información existente y recopilada en las visitas de campo fue analizada por los especialistas (estructural y mecánico) de esta consultoría encontrando que no es suficiente para realizar un diagnóstico detallado estructural y mecánico de las instalaciones y los equipos de bombeo del sistema, para lo cual se recomiendan algunas actividades o estudios adicionales tales como:

Para el diagnóstico mecánico:

- Planos de estaciones de bombeo. Solo se cuenta con planos de la estación de bombeo 1, construida en el periodo de operación concesionado a Proactiva.
- Instalaciones eléctricas
 - Diagrama unifilar de los equipos
 - Información de los conductores eléctricos
 - Información de transformadores
- Motores eléctricos
 - Diagrama de sistema de control y fechas de modificaciones
 - Identificación del motor, antigüedad, numero de rebobinados y descripción de las reparaciones.
 - Especificación de los rodamientos
 - Especificación del sistema de control, deberá incluir características del arrancador, del interruptor y de las protecciones.
- Bombas
 - Identificación de la bomba

- Datos del diseño (caudal y carga)
- Especificación de la bomba (marca, modelo, material, velocidad de operación, curvas características).
- Datos de placas de las bombas.
- Especificación del impulsor (tipo y diámetro), fecha en el que instalado.
- Especificación de rodamientos, prensaestopas y sellos mecánicos.
- Izar las bombas para constatar el estado verdadero de las mismas.

Para el diagnóstico estructural:

- Planos de estaciones de bombeo. Solo se cuenta con planos de la estación de bombeo 1, construida en el periodo de operación concesionado a Proactiva.
- Inspección interna que permitan tener una Investigación profunda, de cada una de las estructuras con el objetivo de identificar:
 - Exposición de acero
 - Potencial corrosión del acero
 - Ensayos destructivos (Ensayo de resistencia compresión de Núcleos)
 - Apiques cimentación
- De acuerdo con la información mencionada anteriormente, se debe realizar una matriz de análisis para identificar riesgo leve, medio y alto.

9.3 Aspectos operativos y de mantenimiento de la red

Como ya se ha mencionado anteriormente, una vez vertida el agua residual al sistema de alcantarillado esta es conducida por las redes y colectores hasta las estaciones de bombeo uno, dos y tres donde es elevada hasta llegar al Emisario Submarino para ser vertida al mar Atlántico a una profundidad de 19.50 m difundiendo toda el agua residual sin causar daños al ecosistema. Para garantizar que toda la infraestructura funcione correctamente y tener continuidad en la evacuación de las aguas residuales se cuenta con el programa de mantenimiento preventivo y correctivo en todas las instalaciones y equipos adscritos al servicio de alcantarillado donde se definen los procedimientos a seguir en cada una de las intervenciones a los diferentes equipos. El punto de vertido final se ubica en el Km. 2.5 de la vía Circunvalar a la altura del barrio Morris Landing, frente al lugar de ubicación de la antigua PTAR "Krofta" (PROACTIVA, 2014).

El cronograma de mantenimiento preventivo y correctivo de alcantarillado anual contempla las siguientes actividades:

- Trabajos diarios. En estos trabajos se incluyen las órdenes de servicios generadas por el área comercial.

- Mantenimiento preventivo de redes de alcantarillado de la Avenida Las Américas, tramo frente a Hernando Henrry; de las redes de la Avenida Colón, Av. Duarte Blum. Mantenimiento Preventivo Avenida 20 de Julio, redes de la Avenida Atlántico, Costa Rica, La Jaiba, Libertadores, Avenida Providencia y Hell gate, Av. Boyaca, Juan XXIII, Cocal y Cartagena Alegre, Av. Torices, Vancliff. (Roack, Chinos Morgan, Calle Proveedoras y tramo desde cinco esquinas hasta Round Point). Mantenimiento Distrito 1: Barrio Obrero, Bight, Almendros, Avenida Colombia, manija de café café. Mantenimiento de redes distrito 3. Sarie bay y de redes Newball.
- Mantenimiento a las ocho (8) ventosas que se encuentran instaladas en la red de impulsión que va desde la estación de bombeo No.3 hasta el emisario submarino.

En la Tabla 9-36 se presenta el cronograma de mantenimiento preventivo y correctivo de alcantarillado propuesto por Proactiva para el año 2016.

Adicionalmente, en la Figura 9-48 y en la Figura 9-49 se muestra un ejemplo de la distribución del mantenimiento de los colectores de alcantarillado en enero y febrero de 2016.

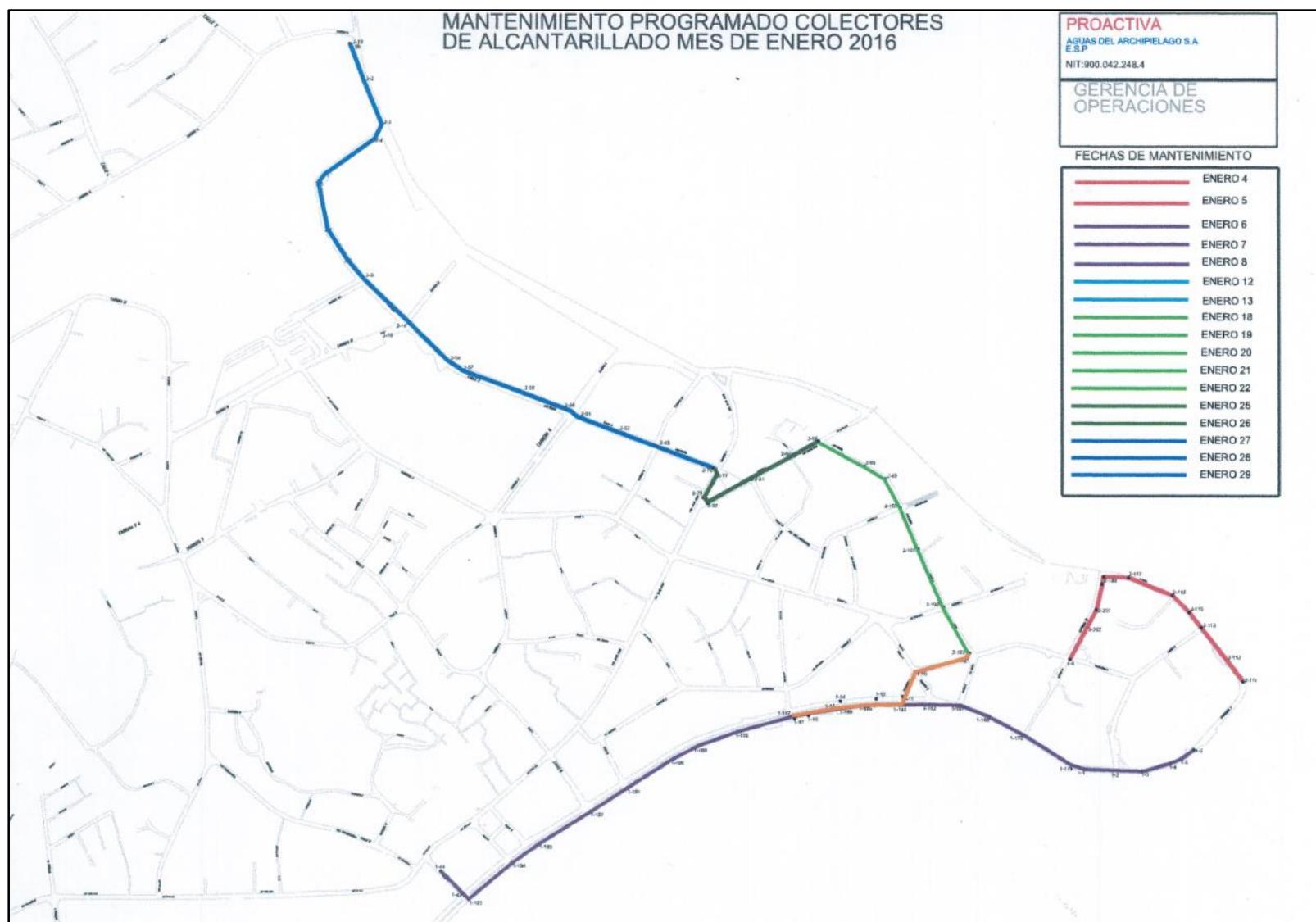
De acuerdo con la información suministrada por P, a las redes que se encuentran en el sector hotelero se les realiza mantenimiento obligatorio inmediatamente antes y después de temporada alta.

Tabla 9-36 Cronograma de mantenimiento preventivo y correctivo de alcantarillado año 2016

PROACTIVA AGUAS DEL ARCHIPIÉLAGO S.A. E.S.P.		2016												VERSIÓN	VIGENCIA	CÓDIGO
		ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	01	Noviembre de 2011	FRPS-MR-01
ACTIVIDADES																
2. ALCANTARILLADO																
2.1 Trabajos Diarios		P														
2.1.1. Trabajo en ordenes de Servicios generados por Comercial		R														
2.1.2. Mantenimiento Preventivo de Redes de Alcantarillado		E														
2.2.1 Mantenimiento Preventivo de redes avenida Las Américas, tramo frente a Hernando Henry		P														
2.2.2 Mantenimiento Preventivo de redes Avenida Colón, Av. Duarte Blum		R														
2.2.3 mantenimiento Preventivo Avenida 20 de Julio		E														
2.2.4 Mantenimiento Preventivo de Redes Avenida Atlántico, Costa Rica , La Jaiba, libertadores		P														
2.2.5 mantenimiento Preventivo de Redes Avenida Providencia y Hell gate		R														
2.2.6 Mantenimiento Preventivo Av. boyaca		E														
2.2.7 Mantenimiento Preventivo de redes Juan XXIII, cocal y Cartagena Alegre, Av. Tonces, Vancill. (Roack, Chinos Morgan, Calle Proveedoras y tramo desde cinco esquinas hasta Round Point)		P														
2.2.8 Mantenimiento Distrito 1: Barrio Obrero, Bight, Almendros		R														
2.2.9 mantenimiento Redes Avenida Colombia , manija de café café		E														
2.2.10 mantenimiento de redes distrito 3. Sarie bay		P														
2.2.10 mantenimiento de redes Newball		R														
2.3 Mantenimiento de Ventosas Línea Impulsion		E														

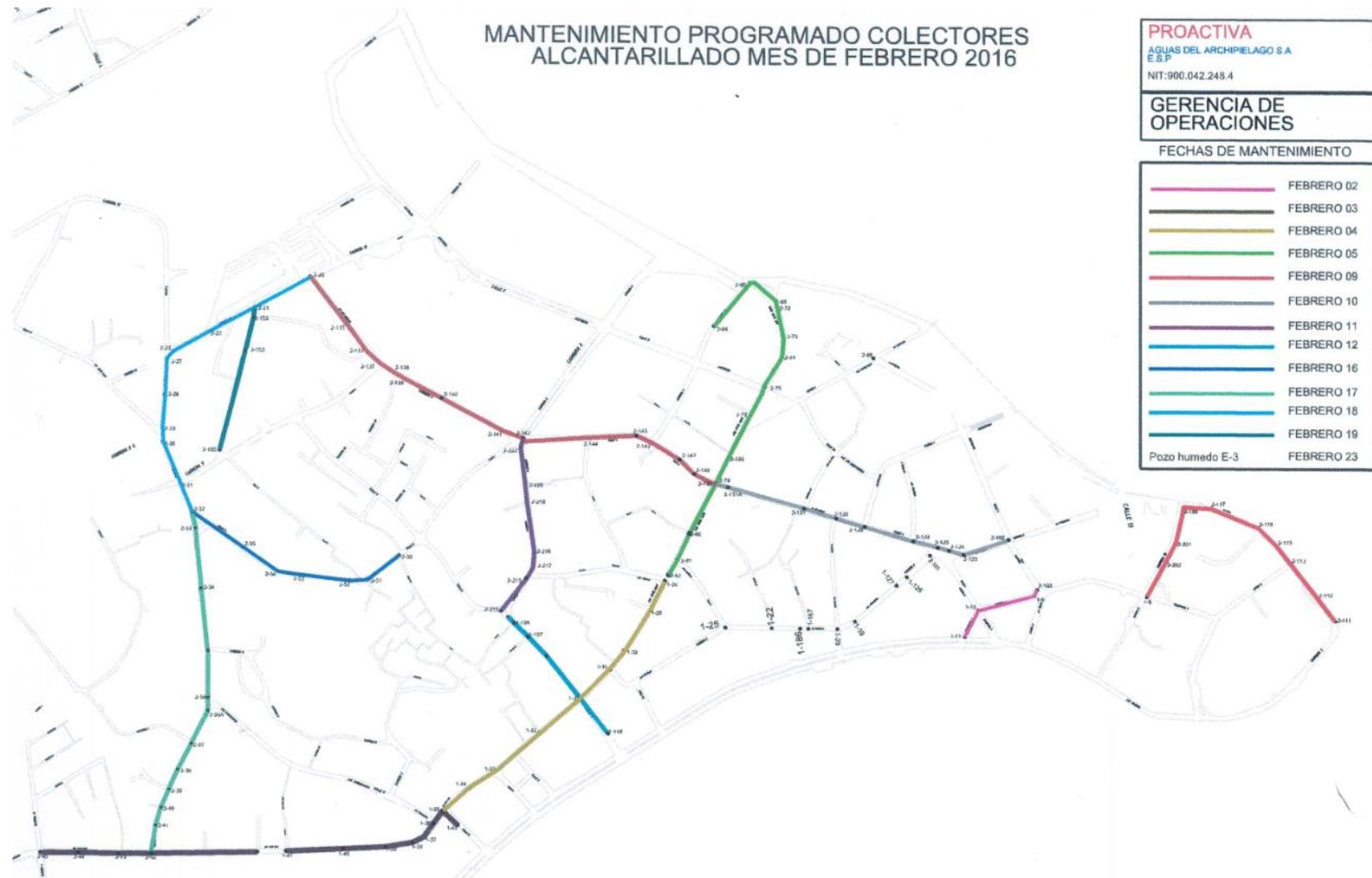
Fuente: PROACTIVA

Figura 9-48 Programación de mantenimiento de colectores de alcantarillado enero de 2016



Fuente: PROACTIVA

Figura 9-49 Programación de mantenimiento de colectores de alcantarillado febrero de 2016



Fuente: PROACTIVA

Los trabajos de limpieza se realizan con el equipo de succión y de lavado por chorro de agua a presión alta vactor. Adicionalmente, se han realizado mantenimientos con equipo compresor y con rotosonda a diferentes tramos de la red de alcantarillado.

Foto 9-28 Mantenimiento con Rotosonda sector peatonal.



Fuente: PROACTIVA

Respecto a las estaciones de bombeo de aguas residuales, también cuentan con mantenimiento preventivo en todos sus componentes electromecánicos y en la limpieza de los pozos húmedos de cada estación.

El cronograma de mantenimiento preventivo y correctivo de las estaciones de bombeo anual contempla las siguientes actividades:

Estación de bombeo de aguas residuales 1

- Inspección de general estación 1
- Over Hall bomba sumergible FLYGT 1
- Over Hall bomba sumergible FLYGT 2
- Over Hall bomba sumergible FLYGT 3
- Revision de medidor de nivel
- Limpieza de bujes de alta y baja tensión del transformador
- Limpieza de filtros de ventilación y tablero de variadores, verificación de puntos calientes
- Limpieza celda de protección, reapriete de tornillería
- Revisión de iluminación
- Revisión bomba Flyght 1

- Revisión bomba Flyght 2
 - Revisión bomba Flyght 3
 - Revisión Planta de emergencia
 - Cambio de filtros y aceite planta de emergencia
- Estación de bombeo de aguas residuales 2
- Inspección de general estación 2
 - Over hall bomba Homa 1
 - Over hall bomba Homa 2
 - Over hall bomba Bomba ABS 40 HP
 - Over hall bomba Bomba ABS 17 HP
 - Over Hall Bomba ABS 10 HP
 - Over hall Bomba Barnes
 - Limpieza de bujes de alta y baja tensión del transformador
 - Limpieza de filtros de ventilación y tablero de variadores, verificación de puntos calientes
 - Revisión Planta de emergencia
 - Cambio de filtros y aceite planta de emergencia
 - Limpieza celda de protección, reapriete de tornillería
 - Revisión de señal de medidor de nivel
 - Limpieza y revisión del filtro de olores
 - Revisión de iluminación
 - Revisión del sistema de refrigeración bombas homa 1 y 2
 - Revisión de variadores de velocidad
 - Revisión bomba homa 1
 - Revisión bomba homa 2
 - Revisión bomba ABS 40HP
 - Revisión bomba ABS 17 HP

- Revisión bomba ABS (10 HP)
- Revisión bomba barnes 1
 - Estación de bombeo de aguas residuales 3
- Inspección de general estación 2
- Over hall bomba Homa 1
- Over hall bomba Homa 2
- Over hall bomba Homa 3
- Limpieza de bujes de alta y baja tensión del transformador
- Limpieza de filtros de ventilación y tablero de variadores, verificación de puntos calientes
- Cambio de filtros y aceite planta de emergencia
- Limpieza celda de protección, reapriete de tornillería
- Revisión de señal de medidor de nivel
- Limpieza y revisión del filtro de olores
- Revisión de iluminación
- Revisión de la planta de emergencia
- Revisión de variadores de velocidad
- Revisión del sistema de refrigeración

En la Tabla 9-37, en la Tabla 9-38 y en la Tabla 9-39 se presenta el cronograma de mantenimiento preventivo y correctivo de alcantarillado propuesto por Proactiva para el año 2015.

Tabla 9-37 Cronograma de mantenimiento preventivo Estación de bombeo ARD No. 1.

LOCALIDAD	GERENCIA DE OPERACIONES ÁREA DE MANTENIMIENTO CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO												VERSIÓN	VIGENCIA	CÓDIGO
	ENERO 2015	FEBRERO 2015	MARZO 2015	ABRIL 2015	MAYO 2015	JUNIO 2015	JULIO 2015	AGOSTO 2015	SEPTIEMBRE 2015	OCTUBRE 2015	NOVIEMBRE 2015	DICIEMBRE 2015	01	Julio de 2015	FORA-PM-01
	ESTACION 1	P	E			P		P	E		P		P		
Inspeccion de general estacion 1															
Over Hall bomba sumergible FLYGT 1					P		REP					P			
Over Hall bomba sumergible FLYGT 2															
Over Hall bomba sumergible FLYGT 3															
Revision de medidor de nivel			P	E	P	E	P					P		P	
Limpieza de bujes de alta y baja tension del transformador			P	P	P	E	E								
Limpieza de filtros de ventilacion y tablero de variadores,verificacion de puntos calientes	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
limpieza celda de proteccion,reapriete de tornilleria	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
Revision de iluminacion							P						P		
Revision bomba Flyght 1															
Revision bomba Flight 2						P							P		
Revision bomba Flight 3							P						P		
Revision Planta de emergencia	P	P	P	P	P	P	REP	P	P	P	P	P	P	P	P
cambio de filtros y aceite planta de emergencia	E	E	E	E	E	E		E	E	E	E	E			

P	PROGRAMADA
E	EJECUTADA
PE	PENDIENTE
SUS	SUSPENDIDA
REP	REPROGRAMADA
MC	CORRECTIVOS

Fuente: PROACTIVA

Tabla 9-38 Cronograma de mantenimiento preventivo Estación de bombeo ARD No. 2.

LOCALIDAD	GERENCIA DE OPERACIONES AREA DE MANTENIMIENTO CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO												VERSION	VIGENCIA	CODIGO
	ENERO 2015	FEBRERO 2015	MARZO 2015	ABRIL 2015	MAYO 2015	JUNIO 2015	JULIO 2015	AGOSTO 2015	SEPTIEMBRE 2015	OCTUBRE 2015	NOVIEMBRE 2015	DICIEMBRE 2015	01	Julio de 2015	FIGRA-PM-01
	P	E			P		P	E			P				
Inspeccion general estacion 2															
Over hall bomba Homa 1					P							P			
Over hall bomba Homa 2					REP										
Over hall bomba Bomba ABS 40 HP															
Over hall bomba Bomba ABS 17 HP			P	PE											
Over Hall Bomba ABS 10 HP		P	E							P	E				
Over hall bomba Bomba Barnes															
Limpieza de bujes de alta y baja tension del transformador			P	E											
Limpieza de filtros de ventilacion y tablero de variadores,verificacion de puntos calientes	P	E	E	E	E	E	E	P	P	P	P	P	P	P	P
Revision Planta de emergencia	E	P			P	E	P	REP	E	P	E	P	P	P	P
Cambio de filtros y aceite planta de emergencia			P	E											
Limpieza celda de proteccion,reapriete de tornilleria			P	E											
Revision de señal de medidor de nivel	P	P	P	E	P	P	P	E	P	P	P	P	P	P	P
Limpieza y revision del filtro de olores			P	E						P					
Revision de iluminacion			P	E		P				P	E		P		
Revision del sistema de refrigeracion bombas homa 1 y 2	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	P	P	P	P
Revision de variadores de velocidad							P								
Revision bomba homa 1						P						P			
Revision bomba homa 2															
Revision bomba ABS 40HP															
Revision bomba ABS 17 HP															
Revision bomba ABS (10 HP)															
Revision bomba barnes 1															

P	PROGRAMADA
E	EJECUTADA
PE	PENDIENTE
SUS	SUSPENDIDA
REP	REPROGRAMADA
MC	CORRECTIVOS

Fuente: PROACTIVA

Tabla 9-39 Cronograma de mantenimiento preventivo Estación de bombeo ARD No. 3.

LOCALIDAD	GERENCIA DE OPERACIONES AREA DE MANTENIMIENTO CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO												VERSION	VIGENCIA	CODIGO	
													01	Julio de 2015	FGR-A-PM-01	
	ENERO 2015	FEBRERO 2015	MARZO 2015	ABRIL 2015	MAYO 2015	JUNIO 2015	JULIO 2015	AGOSTO 2015	SEPTIEMBRE 2015	OCTUBRE 2015	NOVIEMBRE 2015	DICIEMBRE 2015				
Inspeccion General estacion 3	P E				P			P				P E				
Over hall bomba Homa 1																
Over hall bomba Homa 2																
Over Hall bomba Homa 3																
Limpieza de bujes de alta y baja tension del transformador			P E													
Limpieza de filtros de ventilacion y tablero de variadores,verificacion de puntos calientes	P E	P E	P E	P E	P E	P E	P E	P E	P E	P E	P E	P E	P E	P E	P E	
cambio de filtros y aceite planta de emergencia			P E													
limpieza celda de proteccion,reapriete de tornilleria			P E													
Revision de señal de medidor de nivel	P E	P E	P E	P E	P E	P E	P E	P E	P E	P E	P E	P E	P E	P E	P E	
limpieza y revision del filtro de olores	P E								P E							
Revision de iluminacion																
Revision de la planta de emergencia	P E		P E	P E	P E	P E	P E	P E	P E	P E	P E	P E	P E	P E	P E	
Revision de variadores de velocidad								P E								
Revision del sistema de refrigeracion	P E	P E	P E	P E	P E	P E	P E	P E	P E	P E	P E	P E	P E	P E	P E	

P	PROGRAMADA
E	EJECUTADA
PE	PENDIENTE
SUS	SUSPENDIDA
REP	REPROGRAMADA
MC	CORRECTIVOS

Fuente: PROACTIVA

El emisario submarino funciona mediante la dilución de las aguas residuales a presión a través de difusores en el cuerpo receptor (mar), obteniéndose bajas concentraciones de materia orgánica, sin causar mayor impacto en el ecosistema marino. La dilución tiene tres componentes que interactúan para disminuir el efecto contaminante en el medio marino:

- Efecto de turbulencia producido en los difusores, el cual produce una dilución de 1:1000
- Decrecimiento bacterial de la carga orgánica
- Poder de dispersión de la carga orgánica por efecto de la profundidad y la distancia a la costa.

Los difusores están conformados por 5 orificios circulares de 20 centímetros de diámetro, ubicados alternadamente cada 20 metros en el eje lateral de la tubería, a lo largo de los últimos 82.3 m del emisario submarino.

La licencia ambiental del emisario submarino tiene definido un esquema de monitoreo físico-químico y microbiológico mensual en la última estación de bombeo de aguas residuales antes de su descarga por el emisario submarino. Así mismo, cada cuatro (4) meses se efectúa el monitoreo en la fuente receptora a diferentes profundidades y ubicación dentro del área de influencia del emisario. Se hace también semestralmente un monitoreo biótico y abiótico. El monitoreo se efectúa con el acompañamiento de la autoridad ambiental (CORALINA).

Para el periodo comprendido entre octubre de 2013 a Septiembre de 2014, se realizó una inspección al emisario submarino en enero la cual hace parte del programa de Vigilancia y Control del Emisario, encontrándose el emisario en condiciones normales de operación y los lastres posicionados correctamente.

Foto 9-29 Primer Tramo – Interfase Tierra Mar



Fuente: PROACTIVA

Foto 9-30 Sistema de Lastres


Fuente: PROACTIVA

Foto 9-31 Tramo final


Fuente: PROACTIVA

9.3.1 Control de reboses

El buen funcionamiento del sistema de alcantarillado sanitario no depende sólo de las acciones que el Operador desarrolle, sino también del uso que den los usuarios al mismo y de los controles que cada Entidad de Control debe ejercer. Dado lo anterior, Proactiva ha llevado a cabo varias campañas con el fin de educar a los usuarios, especialmente a los grandes generadores de grasas, en cuanto al correcto uso de este sistema, y al acercarse la temporada de alta ocupación en la Isla, durante el segundo semestre de 2013, y primer semestre de 2014 se enviaron cartas a los hoteles, y restaurantes haciendo las recomendaciones en cuanto a la realización de mantenimientos constantes y oportunos a sus instalaciones internas.

Adicionalmente, se realizaron visitas de inspección a diferentes establecimientos para verificar el cumplimiento de los mantenimientos periódicos que deben hacerle a sus estructuras de trampa de grasa y desarenadores.

Pese al esfuerzo realizado por parte de Proactiva por acompañar a los grandes productores de grasas, aceites y arenas, con objeto de cumplir con sus obligaciones como usuarios, lastimosamente los usuarios continúan descargando tanto grasas y aceites, producto de la manipulación de alimentos, así como arena que es recolectada por las duchas diseñadas para el lavado de los pies de las personas que frecuentan las playas (turistas alojados en hoteles y residencias del sector),

directamente a las redes de alcantarillado lo cual afecta la libre conducción de las aguas servidas hasta su destino final. Se han presentado casos de incumplimientos reiterados, que han ocasionado episodios de rebosamiento de la red de alcantarillado en el punto más bajo de la misma, en dichos casos la empresa ha procedido a la suspensión del servicio de alcantarillado hasta tanto el usuario establezca con plan de manejo integral de grasas y aceites, que permite hacer mayor control de las actividades de limpieza y mantenimiento de las trampas de grasas.

9.3.2 Control de descargas al alcantarillado por bombeo grandes productores

El control de descargas al alcantarillado sanitario por bombeo de grandes productores se ha suspendido debido a la entrada en funcionamiento del sistema de alcantarillado sanitario ubicado en la Avenida Newball desde el SENA hasta el edificio Galeón. Con este nuevo sistema, 6 grandes productores: Hotel Arena Blanca, Hotel Aquarium, Edificio Bay Point, Edificio Galeón, Edificio Hansa Bay y edificio Bailey Boat que descargaban mediante bombeos al distrito sanitario No.2 se conectaron al distrito sanitario No.1 por gravedad, disminuyendo de esta manera el riesgo de desbordamiento de algunos pozos de inspección.

Pese a lo anterior, en noviembre de 2013 ante un episodio de rebosamiento presentado en el manhole denominado café-café, se encontró que el Hotel el Dorado estaba descargando durante todo el día el agua proveniente de su lavandería bombeando un caudal de (12 lts) que superaba la capacidad del manhole. Es importante anotar que se descubrió la descarga directa al pozo de café café por parte de este hotel, la empresa les reguló la descarga a (2 lt/s) ya que este hotel no estaba incluido en la lista de hoteles y edificios autorizados para descargar por bombeo, haciendo además por el mismos bombeo descarga de aguas lluvias. En octubre de 2014 en inspección realizada se encontró que el hotel instaló un Bypass al sistema aprobado por la empresa para descargar por gravedad, el cual quitaron luego del requerimiento hecho por la empresa.

9.4 Alcantarillado sanitario sector rural

Actualmente, las condiciones de saneamiento básico en el sector rural de la Isla de San Andrés, están limitadas principalmente por la carencia de redes de alcantarillado sanitario en dicha zona y la presencia de sistemas de disposición de aguas residuales, construidos por la comunidad sin el cumplimiento de especificaciones técnicas definidas para el diseño de los mismos; en algunas zonas, la autoridad ambiental del departamento ha optado por implementar sistemas demostrativos para la gestión de aguas residuales en la zona, los cuales se explicarán en detalle más adelante.

Para el efecto de analizar esta variable dentro del diagnóstico de la gestión del recurso hídrico en la Isla de San Andrés, se considerara la zona rural, como aquella localizada por fuera del perímetro sanitario apto para el suministro del servicio de alcantarillado público, operado por la empresa Proactiva S.A. Ver Figura 9-50.

Figura 9-50 Zona rural por fuera del perímetro sanitario concesionado para el suministro del servicio de alcantarillado público, operado por la empresa Proactiva S.A.



Fuente: Consultor

Tal como se evidencia en la figura anterior, la zona rural de la Isla corresponde a una gran proporción de todo el territorio, en la cual se ha podido identificar en campo, algunos subsectores medianamente poblados que requieren del suministro de servicios públicos básicos, siendo la carencia del servicio de alcantarillado sanitario, el principal factor de deterioro de las condiciones ambientales en la zona. En la Figura 9-51 se localizan los posibles usuarios de alcantarillado localizados en la zona sin cobertura de este servicio.

Figura 9-51 Posibles usuarios de alcantarillado.



Fuente: Consultor

Este escenario, hoy por hoy, se ha convertido en un reto para las entidades departamentales encargadas de la gestión de las aguas residuales, quienes conocen las múltiples repercusiones que se desprenden de tal situación, no sólo en los recursos naturales sino en la salubridad de los residentes de estas zonas y la población circundante o transeúnte.

En tal sentido, dada las circunstancias geográficas que se han definido dentro del ordenamiento territorial, un perímetro sanitario que excluye el sector rural, el acceso a redes de alcantarillado sanitario se viene proyectando desde la construcción de los planes de desarrollo en cada periodo gubernamental; no obstante, las acciones y/o estrategias implementadas han sido escasas, lo cual repercute significativamente en las actuales condiciones de saneamiento básico en el sector rural de la Isla.

Como resultado de esta situación, la Gobernación Departamental, a través del contrato No. 1257 del año 2013, contrató la consultoría para la "Estructuración de los Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable y Manejo de Aguas Residuales en Forma Integral y Sostenible Para los Sectores de Elsy Bar, Bottom House y Schooner Bight de la Zona Rural de la Isla De San Andrés", buscando con ello dar respuesta a los problemas sanitarios relacionados con la falta de agua para consumo y la poca gestión de las aguas residuales en dichos sectores.

En lo que compete a la gestión de las aguas residuales, se planteó la implementación de plantas de tratamiento comunitarias, en las cuales se someten las aguas residuales a filtración, desinfección y posterior disposición de las aguas tratadas en campos de infiltración, entre otros procesos.

Desde otro escenario, la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina -CORALINA-, en uso de sus facultades legales, ha propendido desde hace casi una década por la prevención de impactos ambientales en el recurso suelo, a través de la puesta en marcha de sistemas demostrativos para el tratamiento de las aguas residuales en diferentes sectores de la zona rural de la isla.

Este tipo de soluciones individuales, incluyen en su esquema operativo, procesos de tratamiento consignados en varios manuales de diseño a nivel nacional, especialmente los señalados en el reglamento RAS 2000; tales como, procesos de digestión anaerobia, sedimentación, filtración de flujo ascendente y descendente, ligados (en su totalidad) a la disposición final del agua tratada en campos de infiltración.

En la proyección de los sitios escogidos para la implementación de cada proyecto, se preseleccionaron once (11) sitios de acuerdo a la legalidad de los mismos, saneamiento básico, entre otros aspectos, (CORALINA, 2011).

Tabla 9-40 Sitios seleccionados para la implementación de soluciones individuales para la gestión de las aguas residuales

Ítem	Barrio / sector	Ubicación	Población predominante
1	Battle Ally	Sector de Loma Naranja	Raizal
2	Botton House	Sector de Loma Linval	Raizal
3	Los Corales	Vía San Luis	Continental
4	Schooner Bight	Avenida Circunvalar – sur occidente	Raizal
5	Laureles	Costado Nor occidente de la pista del aeropuerto	Continental
6	Villa Modelia	Nor occidente – sur de la pista del aeropuerto	Continental
7	Vista Hermosa	Sector North End	Continental
8	Morris Landing	Nor occidente – sur de la pista del aeropuerto	Continental
9	Tom Hooker	San Luis	Raizal
10	Elsy Bar	San Luis	Raizal
11	Ciudad Paraíso	Costado Nor occidente de la pista del aeropuerto	Continental

Fuente: CORALINA

De los sectores enunciados en la tabla anterior, actualmente se han implementado y puesto en marcha los proyectos demostrativos en los sectores Schooner Bight, Tom Hooker, Ciudad Paraíso, Ground Road, Sally Taylor, Big Pond y Court House, todos bajo la supervisión de la autoridad ambiental. Cada proyecto incluye la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de las aguas tratadas.

En las visitas de campo realizadas, a los sectores Ground Road, Court House, Ciudad Paraíso y Schooner Bight, se notó el inconformismo que existe dentro la comunidad por el descuido de la autoridad ambiental en dichos sistemas; no obstante, de esta situación se logra evidenciar además, la falta de interés y compromiso en la comunidad, ya que normalmente están a expensas de que las entidades asuman toda la responsabilidad del manejo de los sistemas de tratamiento implementados.

Así las cosas, la instalación de sistemas demostrativos, se han planeado como la herramienta de gestión más eficaz a la hora de prevenir impactos ambientales en el suelo, siempre y cuando la comunidad asuma el rol de usuarios de un servicio público, y propenda no sólo por el cuidado del sistema sino por el mantenimiento del mismo. El numeral siguiente, describe puntualmente los sistemas de tratamiento visitados, de los cuales se tiene documentación sobre su funcionamiento y esquema operativo.

En términos generales, la provisión de redes de alcantarillado sanitario en el sector rural de la Isla de San Andrés, se ha realizado de forma aislada, en sistemas comunitarios implementados solamente por la autoridad ambiental competente; a ello, se le suma las proyecciones de sistemas comunitarios que ha desarrollado la Gobernación Departamental en los sectores antes mencionados, aunque ninguna de éstas se haya materializado.

9.4.1 Soluciones individuales para la gestión de las aguas residuales

Los proyectos demostrativos instalados en el territorio insular, concebidas como soluciones individuales para el tratamiento y disposición final de aguas residuales, necesitan del concurso del

ente territorial, por cuanto es a quien le corresponde proveer de soluciones de saneamiento básico a los habitantes de la región, y de la misma población que se beneficia de éstos proyectos, ya que del buen funcionamiento de tales sistemas, depende en gran parte del buen manejo que se le dé, por parte de la comunidad.

Para el caso particular del análisis de esta variable, como parte fundamental del diagnóstico requerido dentro las obligaciones contractuales, se tendrá como punto de referencia, la revisión de la información existente sobre las soluciones individuales de tratamiento de aguas residuales, implementadas por la Corporación Ambiental CORALINA; las proyecciones de sistemas comunitarios para el tratamiento y disposición final diseñados por la Gobernación Departamental del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina; y, el análisis de las potenciales zonas en las cuales se podría implementar este tipo de soluciones.

En gran medida, este numeral apunta a identificar el panorama actual referente a las herramientas de gestión de aguas residuales, que se han implementado y el impacto que ello ha generado, tanto en las condiciones ambientales de cada sector como en la calidad de vida de la población beneficiada por cada sistema.

Además de lo anterior, un buen referente para el análisis de este componente, es la identificación de los subsectores o áreas de mayor densidad poblacional, localizadas en todo el perímetro rural y las posibilidades técnicas, sociales, económicas y ambientales para la provisión de redes y sistemas descentralizados para el tratamiento de aguas residuales.

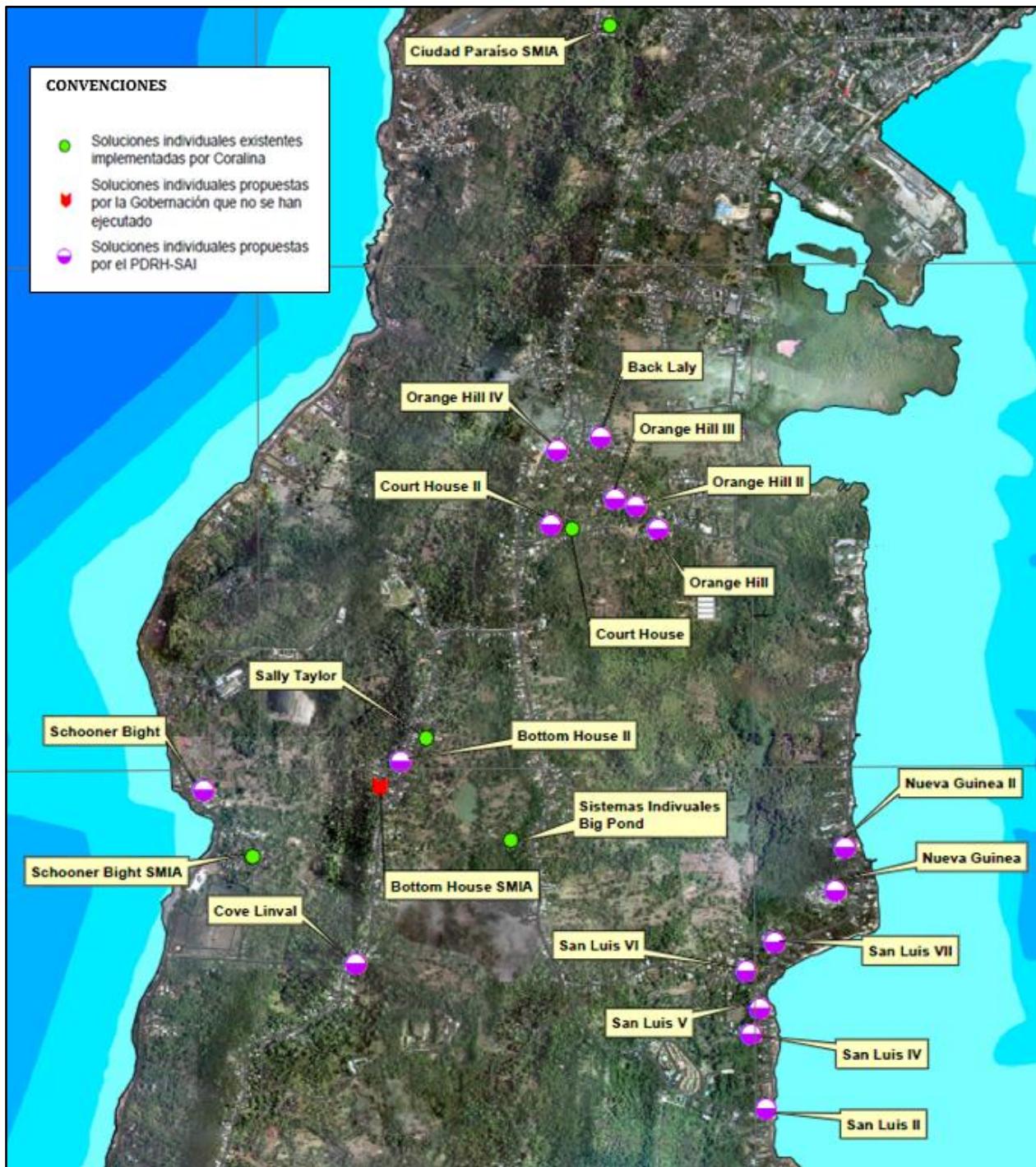
Así las cosas, en la Figura 9-52, en la Figura 9-53, y en la Figura 9-54 se relacionan los sectores que cuentan en la actualidad con sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales, los sitios proyectados para implementación de sistemas comunitarios y aquellas zonas donde potencialmente se podrían implementar este tipo de herramientas para solucionar la problemática que se cierne sobre las aguas residuales.

Figura 9-52 Sectores con sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales no convencionales



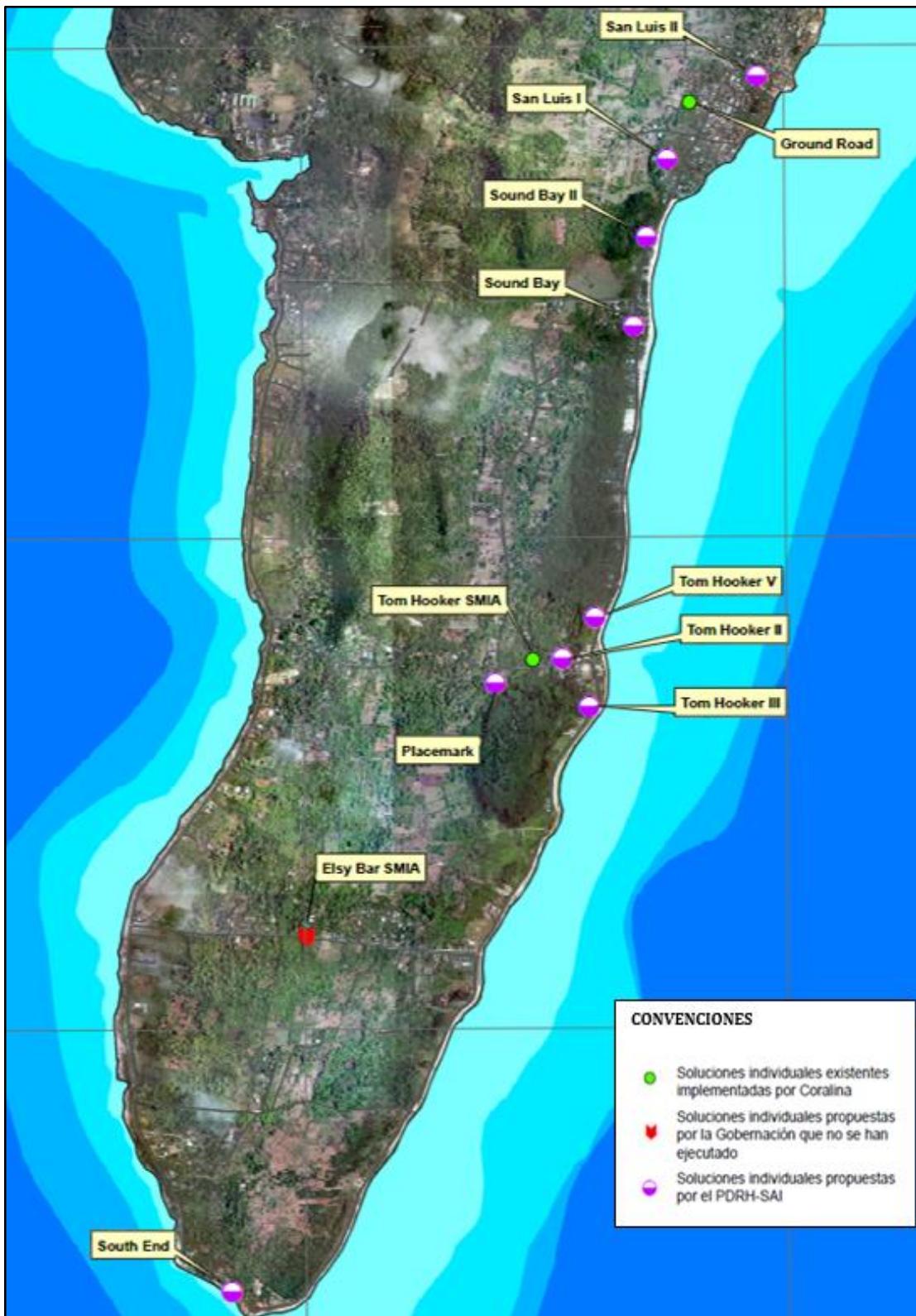
Fuente: Consultor

Figura 9-53 Sectores con sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales no convencionales existentes, propuestos no ejecutados y propuestos por el PDRH-SAI 1.



Fuente: Consultor

Figura 9-54 Sectores con sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales no convencionales existentes, propuestos no ejecutados y propuestos por el PDRH-SAI 2.



Fuente: Consultor

En este orden de ideas, se describe a continuación los sectores antes mencionados, siguiendo con las directrices contenidas en el alcance técnico señalado en el contrato de consultoría.

9.4.1.1 Sector Bottom House

El sector de Bottom House se encuentra en una pequeña serranía, sobre la vía a la Loma, en cercanías de la iglesia Adventista Linval & Cove, cuya máxima altura se encuentra en el cerro La Loma de unos 85 m de alto, a ésta se le denomina la Microcuenca del Cove y se concibe como el sector más importante de la Isla debido a que allí se encuentran las principales reservas de agua dulce subterráneas. En este sector las viviendas están localizadas hacia el lado Este de la isla, aguas abajo de la divisoria de aguas representada por carretera de la loma, agrupadas en dos centros poblacionales.

El sector no cuenta con vías internas pavimentadas lo que dificulta el acceso de sus moradores durante la temporada invernal por las pronunciadas pendientes de acceso a los predios, además de ello, carecen de servicios de alcantarillado y acueducto; a pesar de estar sobre la reserva más grande de agua de la isla, el servicio de acueducto sólo llega a las viviendas que se encuentran sobre la vía principal, las cuales tienen servicio con la Empresa P.S.A., situación que aumenta el riesgo de alteración de la calidad de vida de los pobladores por no tener acceso a este servicio, quienes se ven obligados a la compra periódica de agua en carro tanques.

Ahora bien, dada la topografía del sector, en la búsqueda de soluciones al problema de aguas residuales, dentro el Plan Director del Recurso Hídrico –PDRH-, se plantea la implementación de un sistema comunitario para la recolección de aguas negras, conducidas a una PTAR que posteriormente dispondría las aguas tratadas en un campo de infiltración en uno de los lotes de la parte baja del sector. Las demás viviendas que no pudieran entrar dentro de este sistema se les proyectaría un sistema séptico individual y también las aguas ya tratadas serían entregadas a campos pequeños de infiltración contiguos a las viviendas beneficiadas.

Para el sector, la Gobernación Departamental, tiene proyectada la implementación de un sistema de recolección, tratamiento y disposición de aguas residuales; proyecto que a la fecha, surte el trámite administrativo correspondiente para obtención de viabilidad y permiso de vertimiento en la autoridad ambiental.

De este modo, ya que la propuesta del ente territorial aplica para uno de las zonas más pobladas en el sector, se considera entonces, que la proyección de un sistema en el marco del PDRH, se realice en la otra zona de mayor densidad de viviendas en el sector, de tal modo que ambas soluciones puedan generar un impacto significativo de grandes dimensiones.

Figura 9-55 Solución Sector Bottom House



Fuente: Consultor

9.4.1.1.1 *Observaciones de campo en el sector Bottom House*

Se pudo establecer una totalidad de 32 viviendas, en las cuales se disponen las aguas residuales en pozos sépticos, que funcionan como pozo de absorción (no cuentan con paredes laterales ni fondo impermeabilizado), lo que incrementa el riesgo de contaminación de las aguas subterráneas del acuífero de la formación San Andrés o el Valle del Cove, principalmente. En el resto de las viviendas, la disposición se realiza a cielo abierto, acciones que inciden negativamente en el suelo y aceleran la proliferación de olores y mosquitos vectores de enfermedades que ponen en riesgo la salubridad pública, hecho que obliga aún más a las entidades a la implementación de proyectos de saneamiento básico en zonas como ésta con una alta vulnerabilidad a impactos ambientales.

En el recorrido se evidencia la construcción de viviendas mayormente en bloques de cemento; en algunos casos, se construyen totalmente en madera, conservando la cultura arquitectónica de la población raizal de la Isla.

9.4.1.1.2 *Problemas y necesidades identificados*

La disposición de las aguas residuales es uno de los problemas que más aqueja a este sector, siendo la necesidad de evacuar las aguas residuales domésticas generadas y la implementación de técnicas de captación y manejo de aguas lluvias, los aspectos ambientales de mayor requerimiento. Otro de los problemas de mayor incidencia, es la carencia de drenajes pluviales en el sector, siendo

vulnerable a potenciales eventos de inundación que afectarían directamente a las viviendas ubicadas en la zona más baja del sector.

En tal sentido, queda claro que la inadecuada disposición de las aguas residuales, dada la ausencia de redes de alcantarillado sanitario, conlleva gradualmente a la contaminación de las aguas subterráneas, incidiendo en el deterioro de las fuentes hídricas necesarias para el abastecimiento de agua potable. Una prueba de ello, han sido los resultados de seguimientos y monitoreos realizados por la autoridad ambiental CORALINA, a las fuentes de aguas subterráneas, donde se han encontrado trazas de parámetros como detergentes, cloruros, compuestos nitrogenados, bacterias patógenas e hidrocarburos.

A este respecto, la gestión de las aguas residuales implica la protección no solo del suelo y de la salud pública sino de las fuentes de aguas subterráneas, argumento válido y requerido para el desarrollo de alternativas de gestión hídrica en el marco de la presente consultoría.

Foto 9-32 Sector Bottom House



Fuente: Consultor

9.4.1.2 Sector Schooner Bight

El sector de Schooner Bight se encuentra localizado hacia el sur occidente de la isla, aledaño al Relleno Sanitario Magic Garden sobre la vía circunvalar en la cual se localizan las viviendas de modo lineal a lo largo de un terreno sin pavimentación alguna, lo cual impide el acceso de cualquier sistema de transporte o en su defecto carro tanques sépticos que evacuen los escasos pozos sépticos existentes en el lugar. El crecimiento demográfico en esta zona, aumenta significativamente sin estándares de calidad ambiental que se deben tener en cuenta para lograr una excelente calidad de vida.

Para este sector, CORALINA ha implementado un sistema integrado para el tratamiento de aguas residuales y captación y aprovechamiento de aguas lluvias, denominados proyectos SMIA; siguiendo con la metodología implementada por la autoridad ambiental, la Gobernación ha diseñado, desde el año 2014, un proyecto con varias similitudes para el sector, principalmente en el componente de aguas residuales, el cual se encuentra en proceso de aprobación y permisos de vertimientos por la mencionada autoridad.

Así mismo, y dada lo extenso y altamente poblado, se ha considerado dentro el PDRH la proyección de un sistema de recolección, tratamiento y disposición de aguas residuales en el sector, siguiendo con la metodología definida para tales efectos y coherente con las necesidades actuales de la zona.

En tal sentido, en una revisión de los aspectos topográficos, en el sector técnicamente no es recomendable construir un solo sistema comunitario de recolección de aguas negras; por tanto se debe procurar la conformación de subsistemas de aguas residuales de viviendas comunes topográficamente. Posteriormente se deberán llevar a una PTAR, para la cual se podría plantear la descarga de las aguas tratadas en un campo de infiltración. Las demás viviendas que no pudieran entrar dentro de este sistema se le instalaría un sistema séptico individual y también las aguas ya tratadas serían entregadas a campos pequeños de infiltración contiguos a las viviendas.

La Figura 9-56 ilustra la ubicación de actual sistema descentralizado instalado por la Corporación CORALINA, así como los sectores más poblados dentro la zona.

Figura 9-56 Solución Sector Schooner Bight Planta



Fuente: Consultor

9.4.1.2.1 Observaciones de campo en el sector Schooner Bight

En relación al sistema que actualmente se encuentra implementado, Coralina, desde el diseño del mismo, seleccionó para el año 2009, 17 viviendas, las cuales en su mayoría presentaban carencia en cuanto al acceso y almacenamiento de agua para consumo y una mala disposición de las aguas residuales generadas, desarrollando el proyecto comunal para realizar el abastecimiento a las

mismas a través de aguas lluvias y la construcción de un tanque de almacenamiento comunal, también la construcción de un sistema de alcantarillado y una PTAR para dar solución a la problemática en un sector pequeño de esta comunidad, el cual se describirá a continuación de acuerdo al informe suministrado por dicha entidad:

- Aprovechamiento de aguas lluvias

En lo correspondiente al abastecimiento de agua, el proyecto implementado por la Corporación, incluye la recolección de aguas lluvias, a través de canaletas plásticas que están adosadas en la parte más baja de cada techo, donde se acumula y se distribuye por medio de conexiones y tuberías a un tanque interceptor de las primeras aguas. El primer tanque interceptor es un dispositivo de descarga de las primeras aguas provenientes del lavado de techos y retiene todos los materiales que en él se encuentran en el momento del inicio de la lluvia como tierra, lodo, material vegetal descompuesto, excretas de animales (pájaros, roedores y gatos) que le confiere características de agua no apta para consumo humano.

En total, se instalaron once interceptores, en igual número de casas con una capacidad cada uno de 250 l. Aproximadamente, se instalaron 151 m lineales para conectar las 14 casas que alimentan la cisterna comunitaria. La conducción consta de dos redes de tubería de PVC enterrada. El primer nivel de tubería es la red madre o principal con un diámetro de 4". A esta red están conectadas las 14 casas por medio de una tubería de 3" de diámetro.

La cisterna de almacenamiento, se construyó en concreto reforzado con un volumen de 35 m³ semienterrada, la cual cuenta con una entrada, un rebose y una abertura que permite realizar labores de limpieza y lavado cuando se considere necesario. Para la distribución se cuenta con una caseta de bombeo desde donde se impulsa el agua recolectada a los dos tanques elevados de 2000 litros para su distribución a 15 casas por tubería de 2" por gravedad.

- Sistema de Manejo de Aguas Residuales

El sistema de manejo de aguas residuales está compuesto por una red sanitaria, integrada por registros en cada vivienda beneficiada que entregan las aguas servidas a las redes secundarias de 4", que las conducen hasta una red o colector principal de 6", para finalmente entregarlas al sistema de tratamiento. El sistema séptico para tratamiento de aguas residuales se compone de tres tanques imnhoff prefabricados, donde se llevan a cabo el proceso de sedimentación y digestión, y seis filtros anaerobios de flujo ascendente FAFA, con el propósito de realizar en éste, el proceso de eliminación de la carga contaminante del sistema, específicamente la representada en la Demanda Bioquímica de Oxígeno, Solidos Suspensidos Totales y Grasas y Aceites. El sistema ocupa un área aproximada de 25 m², el sistema termina en un campo de infiltración.

Foto 9-33 Sector Schooner Bight


Fuente: Consultor

Aparte de las viviendas beneficiadas, se identificaron 37 viviendas que disponen sus aguas residuales en pozos sépticos que hace las veces de un pozo de absorción (no presentan paredes laterales ni piso impermeabilizado), lo que incrementa exponencialmente el riesgo de contaminación de las aguas subterráneas. 17 viviendas se benefician del proyecto piloto de Coralina el cual actualmente funciona bien y su administración y mantenimiento lo realiza Coralina. El resto de las viviendas hacen su disposición de aguas servidas a cielo abierto.

9.4.1.2.2 Problemas y necesidades identificados

Uno de los problemas ambientales de mayor connotación en el sector Schooner Bight, está asociado a la carencia de sistemas de recolección y disposición final de las aguas residuales, de la cual se desprenden afectaciones no solo en los recursos naturales sino en la salud de los que habitan y transitan por el sector, dada la vulnerabilidad a vertimientos de aguas residuales en la zona y la presencia de olores ofensivos.

Como resultado de esto, se puede entender la disposición de las aguas residuales sin previa tratamiento al suelo, como la principal causa de deterioro de las fuentes de agua subterráneas, situación que no solo amerita que a la comunidad se provea de sistemas de saneamiento adecuados, sino que se eviten actividades que puedan alterar el recurso hídrico.

Debido a la inadecuada disposición de las aguas residuales en el sector, donde no se tiene en total servicio el proyecto que actualmente está implementado (se encuentran funcionando para 17 viviendas), se estima que al igual que otros sectores de la isla que no cuentan con el servicio de alcantarillado son cinco los tipos de contaminantes que se encuentran presentes en el agua subterránea los que han sido identificados por los seguimientos que ha realizado la Corporación Ambiental Coralina, entre ellos tenemos: el ion cloruro, compuestos nitrogenados, bacterias patógenas, detergentes e hidrocarburos.

Con este panorama, una de las opciones que mayor impacto positivo generaría en el sector, sería la implementación de sistemas descentralizados para el tratamiento de aguas residuales, en las zonas que agrupen un número considerable de viviendas, y en aquellas viviendas aisladas, se podría recomendar la instalación de sistemas sépticos para la disposición de aguas servidas; en ambos casos, teniendo en cuenta las condiciones edafológicas del sector, la disposición de aguas tratadas en campos de infiltración, se concibe como la mejor opción.

En cuanto a la infraestructura misma de las viviendas del sector, se evidencia una mayor tendencia a construirlas en bloques, sobre una mínima cantidad de viviendas construidas en madera.

9.4.1.3 Sector Ely Bar

Otro de los sectores, incluidos en la propuesta de la Gobernación Departamental para la estructuración de sistemas de abastecimiento de agua potable y gestión de aguas residuales, es el sector Ely Bar, ubicado en sector Sur de la isla, conformado por una planicie de 3 Km de largo por 1.5 Km de ancho aproximadamente, cruzando de Este a Oeste todo el territorio insular; en éste se localizan las viviendas de modo lineal a ambos lados de una vía pavimentada. No cuenta con servicios de alcantarillado ni de acueducto, lo cual aumenta el riesgo de afectación de los estándares de calidad ambiental que se deben tener en cuenta para lograr una excelente calidad de vida de sus pobladores.

Por su topografía, este sector técnicamente no sería recomendable construir un solo sistema comunitario de recolección de aguas negras, para lo cual sería necesario la conformación de subsistemas de aguas residuales de viviendas comunes topográficamente. Al igual que en los sectores descritos con anterioridad, se plantearía la descarga de aguas residuales en una PTAR que después entregaría sus aguas a un campo de infiltración en uno de los lotes de la parte baja de cada área.

Figura 9-57 Sector Ely Bar Planta



Fuente: Consultor

9.4.1.3.1 Observaciones de campo en el sector Epsy Bar

Como resultado de las encuestas realizadas en el sector, se determinar que 55 de las viviendas visitadas dispone sus aguas residuales en pozos sépticos que hacen las veces de un pozo de absorción (no presentan paredes laterales ni fondo impermeabilizado), lo que incrementa exponencialmente el riesgo de contaminación de las aguas subterráneas, al igual que en los sistemas antes descritos.

En cuanto al abastecimiento de agua, la misma comunidad se abastece a través de la compra de agua de carro tanques y botellones, suministrado por empresas privadas existentes en el Archipiélago. En algunos casos, las viviendas cuentan con pozos subterráneos o barrenos.

9.4.1.3.2 Problemas y necesidades identificados

La gestión de las aguas residuales, es uno de los problemas que más aqueja este sector y a la vez uno de sus mayores retos, dada la necesidad de evacuar las aguas residuales domésticas generadas, en zonas donde la topografía puede dificultar construcción e implementación de sistemas de tratamiento. Otro aspecto, es el comportamiento de los pozos sépticos en épocas de marea alta, dado que la capacidad de almacenamiento de los mismos, se disminuye con el aumento del nivel freático, obligando a evacuar con mayor periodicidad los sépticos, afectando directamente las finanzas de la población.

Ahora mismo, debido a la inadecuada disposición de las aguas residuales en el sector se estima que al igual que en otros sectores de la isla que no cuentan con el servicio de alcantarillado son cinco los tipos de contaminantes que se encuentran presentes en el agua subterránea los que han sido identificados por los seguimientos que ha realizado la Corporación Ambiental Coralina, como son el ion cloruro, compuestos nitrogenados, bacterias patógenas, detergentes e hidrocarburos los cuales al parecer son comunes a todos los sectores de influencia de la Formación San Luis.

Foto 9-34 Sector Epsy Bar



Fuente: Consultor

Nótese la topografía plana del sector en la ilustración anterior, aspecto que será obligado a analizar en la etapa de diseño de alternativas en la presente consultoría, además de los aumentos repentinos de niveles freáticos, que no solo repercute en el comportamiento de los niveles de agua residual en

los actuales pozos sépticos sino en la instalación, eventualmente, de un sistema de redes de alcantarillado sanitario.

9.4.1.4 Sectores Ciudad Paraíso, Ground Road, Tom Hooker y Court House

Independientemente de los sistemas descritos en los numerales anteriores, existen otros sistemas que han sido instalados en años anteriores, única y exclusivamente por la Corporación Ambiental, que además de minimizar los impactos ambientales (en los primeros años de operación), se han convertido en factores determinantes en la calidad de vida de los habitantes para cada sector. A continuación, se relacionan y se describen cada uno de ellos:

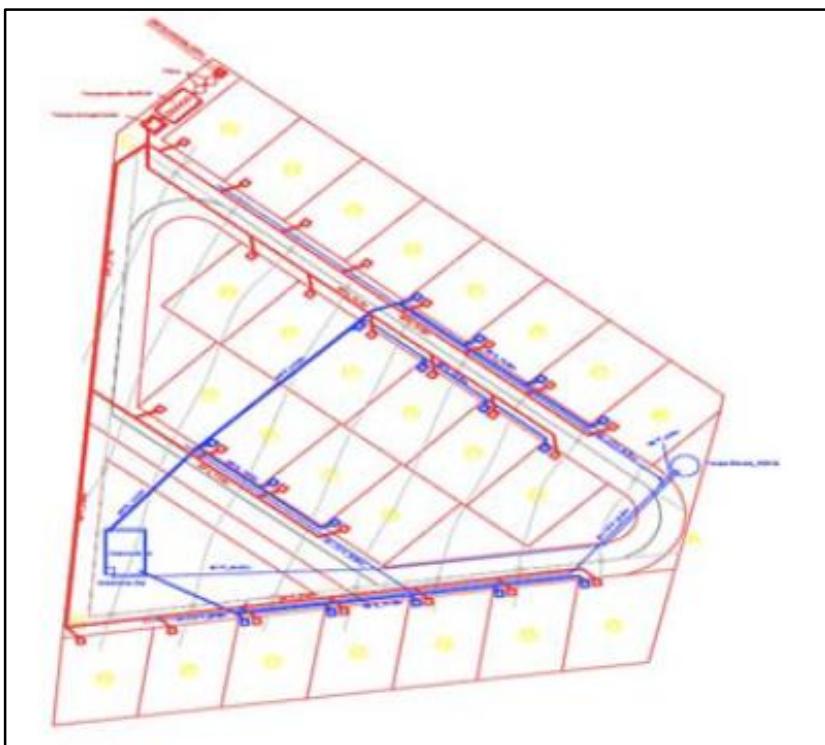
9.4.1.4.1 Sistema Ciudad Paraíso.

La zona donde se ubica el sistema, llamado Barrio Ciudad Paraíso, corresponde a un área ubicada en los límites del distrito sanitario No. 4; rodeada de vegetación espesa, el sector lo habitan en su mayoría, personas provenientes del interior del país.

Figura 9-58 Sistema Ciudad Paraíso Planta



Fuente: Consultor

Figura 9-59 Sistema Ciudad Paraíso Planta


Fuente: Consultor

El sistema incluye para cada una de las viviendas una caja de inspección / distribución con un tamaño exterior de 60 x 60 cm, con una profundidad variable de aproximadamente 60 cm, la cual se adapta según la transición de tramos, con el fin de dejar a ras la tubería saliente para evitar el estancamiento de las aguas. Las aguas residuales son sometidas a tratamiento en un tanque Bastaf Integrado por cinco cámaras, de las cuales sus dos últimas, son utilizadas para filtración en grava; las aguas tratadas son descargadas en un campo de infiltración, conformado por una sola línea de conducción.

Ahora bien, a pesar de que en el sector se evidencia una pendiente a favor de donde se ubica el sistema, el flujo al interior del mismo no se realiza eficazmente debido a los altos niveles de lodos que contienen los dos primeros compartimientos, situación asociada a la falta de mantenimiento y limpieza, actividades que en muchas oportunidades no son asumidas por la misma comunidad, quienes se limitan a esperar la intervención de la entidad ambiental, dado que ésta última fue quien lideró e implementó dicho sistema.

Foto 9-35 Sistema Ciudad Paraíso

Fuente: Consultor

La imagen anterior, ilustra claramente las condiciones operativas y el funcionamiento del sistema de tratamiento, en el cual se conserva una lámina de agua estancada de aproximadamente 30 cm, lo que conlleva, primero a la emisión de olores ofensivos y proliferación de mosquitos transmisores de enfermedades; y segundo, a impedir que el sistema cumpla su función de tratamiento y la remoción de parámetros contaminantes. En el numeral 9.4.3, se describirá puntualmente como se conforman los Sistemas para Manejo Integral del Agua -SMIA-.

9.4.1.5 Sistema Ground Road Planta

El sector Ground Road, ubicado sobre el corredor vial de San Luis, lo comprenden aproximadamente 17 viviendas, que carecían de sistemas adecuados para el tratamiento y disposición de aguas residuales domésticas, argumentó utilizado por la Autoridad Ambiental CORALINA, para implementar un sistema demostrativo solo para la gestión de las aguas residuales.

Figura 9-60 Sistema Ground Road Planta



Fuente: Consultor

Cada vivienda beneficiada por el proyecto, cuenta con una caja de registro de 0,6 x 0,6 m, para algunas y 0,4 x 0,4 m para otras, éstas entregan las aguas residuales en tuberías secundarias de 4", para luego disponerlas en un colector principal de 6" que direcciona las aguas residuales hacia el sistema, el cual incluye un tanque séptico Bastaf (igual al de Ciudad Paraíso), dos filtros adicionales de 2000 l, para luego disponer las aguas tratadas en una campo de infiltración, que cuenta con cuatro líneas de distribución de 5 m cada una.

Los problemas detectados en las visitas de campo, están asociados principalmente a la falta de mantenimiento y limpieza del mismo, aunado al aumento de población en el sector y el incremento de edificaciones en el sector, particularmente en zonas que anteriormente servían para la infiltración de aguas lluvias.

Foto 9-36 Sistema Ground Road

Fuente: Consultor

De igual modo, hay que advertir la preocupación que genera la disposición inadecuada de residuos, tanto en los alrededores del sistema como encima de éste, situación que agudiza y repercute en la funcionalidad del proyecto.

9.4.1.6 Sistema Tom Hooker

El sistema Tom Hooker, hace parte de los tres SMIA que a la fecha ha implementado la Corporación. Su diseño es totalmente diferente a los otros dos, dado que fue construido en su totalidad en concreto reforzado y para una comunidad de 5 viviendas. El tanque séptico, se divide en tres cámaras de tratamiento, las dos primeras utilizadas para sedimentación y digestión de las aguas residuales, y el último para el proceso de filtración en grava; la disposición de las aguas tratadas se realiza en un campo de infiltración, conformado por dos líneas de distribución.

Figura 9-61 Sistema Tom Hooker Planta



Fuente: Consultor

Aunque el sistema no presenta olores ofensivos, y mucho menos, deficiencia en el flujo de las aguas residuales que hacia éste llegan; si se evidenció en las visitas realizadas, el mal manejo que la misma comunidad hace a éste respecto, principalmente con el uso de la zona donde se localiza el tanque séptico para disponer todo tipo de residuales, así como zona de resguardo de animales.

Foto 9-37 Sistema Tom Hooker



Fuente: Consultor

9.4.1.7 Sistema Court House

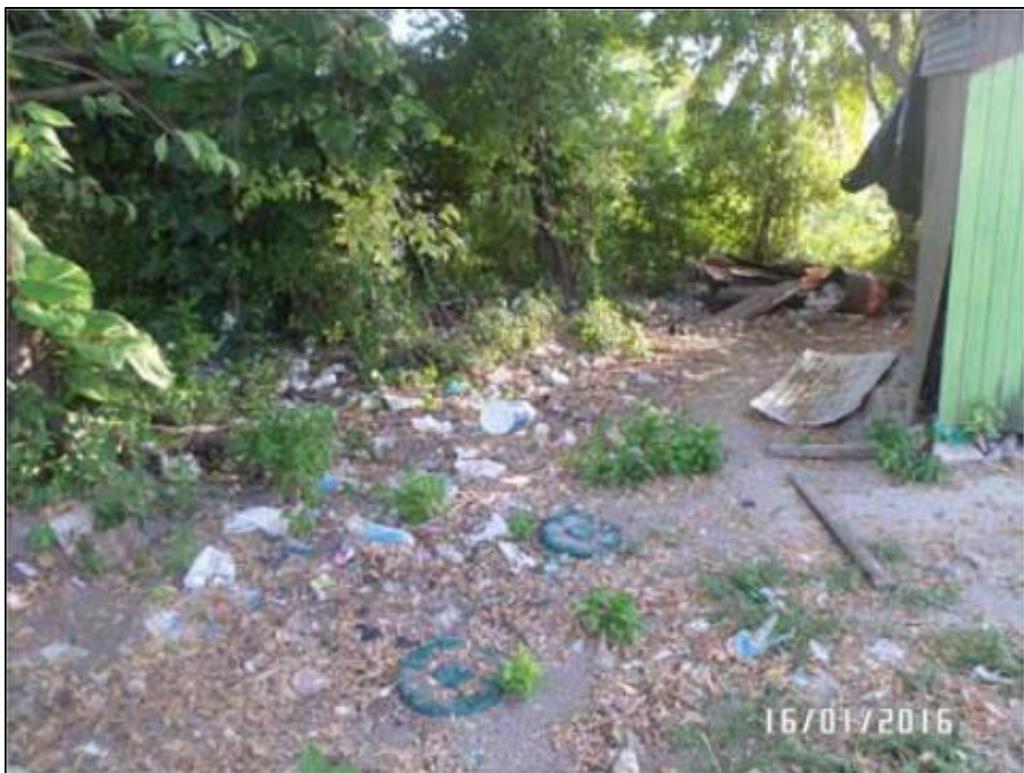
Al igual que el sistema Tom Hooker, el proyecto descentralizado para el tratamiento de las aguas residuales, implementado en el sector Court House, fue concebido para tratar los desechos líquidos de 5 viviendas, con la particularidad que todas hacen parte de un mismo núcleo familiar.

Figura 9-62 Sistema Court House Planta



Fuente: Consultor

Los problemas ambientales de mayor importancia, principalmente aquellos asociados a la existencia del sistema de tratamiento, pueden relacionarse con la mala operación del mismo, por parte de la comunidad, quienes reflejan con las condiciones actuales de dicho sistema, la falta de compromiso con el cuidado de este tipo de proyectos.

Foto 9-38 Sistema Court House

Fuente: Consultor

Tal situación, amerita que dentro la planeación del recurso hídrico, en lo que respecta a la gestión de las aguas residuales, se incluya un completo trabajo educativo en la comunidad, enfocado a permear en ésta la importancia de los proyectos de saneamiento que actualmente buscan mejorar la calidad de vida de las comunidades.

Igual situación se presenta en los sistemas ubicados en los sectores Sally Taylor y Big Pond; el primero implementado para una población de 64 personas y el segundo, ubicados individualmente en cada vivienda. Para el caso del sistema ubicado en el sector Sally Taylor, se implementó un tanque integrado, con filtro anaerobio incluido, dividido en cinco cámaras de las mismas condiciones y especificaciones volumétricas.

Se observa además, el incremento de la población que hace uso del sistema implementado, lo que ha disminuido en gran medida, la capacidad operativa de este sistema y su eficiencia, en términos de eficiencia de carga contaminante.

Los sistemas individuales implementados en el sector Big Pond, corresponden a tres tanques Imhoff ubicados secuencialmente, con un filtro anaerobio de flujo ascendente y descargas a un sistema de campo de infiltración, para cada vivienda beneficiada. En total, se beneficiaron ocho (08) viviendas localizadas en el corredor vial que conduce a la laguna Big Pond.

9.4.1.8 Soluciones Individuales Propuestas por el PDRH

Tal y como se mencionaba al inicio de este numeral, dentro el Plan Director del Recurso Hídrico, se han identificado varios sectores que hacen parte de la zona rural de la Isla de San Andes, para mejorar la gestión de las aguas residuales, principalmente con el uso de sistemas descentralizados, diseñados e implementados conforme lo determinan la actual normatividad ambiental.

Los sectores identificados corresponden en principio, a zonas donde la topografía facilita el drenaje y la conducción de las aguas residuales, potencialmente recolectadas en las viviendas que se beneficiarían, a excepción de las propuestas que se localizan en los sectores ubicados en el costado oriental de la Isla.

Se tiene entonces, propuesto el diseño de sistemas en los sectores Schooner Bight, Bottom House, Orange Hill, Back Lally, Court House, Cove Linval, San Luis, Sound Bay, Tom Hooker y South End. Si bien, no hay a la fecha un completo diseño para cada sector, es importante señalar que cada sistema apuntara gradualmente a disminuir las afectaciones que se están realizando, sobre las fuentes hídricas de origen subterráneos, además de mejorar la calidad de vida de los moradores.

Lo cierto es que se plantearán sistemas, en algunos casos individuales para cada vivienda, en otros sistemas donde se tratará las aguas residuales de viviendas agrupadas de acuerdo al comportamiento de la topográfica en las diferentes zonas.

9.4.1.9 Evaluación General

En términos generales, la situación del componente de agua potable y saneamiento básico en los sectores, es muy similar en todo el recorrido de la zona rural, ya que guarda relación con las variables que la integran y el estado actual de la misma. Puntualmente, en lo que respecta a la provisión de sistemas de evacuación, tratamiento y disposición final de aguas residuales, es evidente la carencia de infraestructura sanitaria, por lo menos en la mayoría de subsectores de mayor densidad poblacional en la zona, que permita disminuir los efectos que desde hace ya décadas, se han generado por el uso de sistemas de disposición de aguas residuales que no coinciden con los estándares de diseño establecido en la actual normatividad ambiental.

A falta de dichos sistemas, la autoridad ambiental CORALINA, ha sido la primera entidad de carácter público en tomar los correctivos necesarios para el mejoramiento de las condiciones ambientales en la zona rural de la isla de San Andrés, propendiendo desde hace casi una década por la implementación de sistemas descentralizados para el tratamiento de aguas residuales domésticas en algunos sectores; todos ellos, seleccionados principalmente en base a las condiciones socioeconómicas de su población.

No obstante lo anterior, algunas de éstas soluciones han estado marcadas por la mala operación y funcionamiento de las mismas, siendo el mantenimiento de éstos donde mayor se presenta problemas, debido a que los períodos de limpieza son demasiados extensos, impidiendo el buen funcionamiento de los sistemas. En este escenario, el factor crítico ha sido el poco compromiso en la comunidad para con los sistemas implementados, dado que viven a expensas de que la Corporación (como lo ha venido haciendo), realice las actividades de mantenimiento en éstos.

Otro de los aspectos de mayor importancia en la gestión de aguas residuales en la zona rural de la Isla, es el funcionamiento de los sistemas individuales que la comunidad ha implementado por si

misma (pozos sépticos, tanques sépticos, entre otros), de los cuales se evacuan las aguas residuales para ser descargadas en el denominado punto de vertimiento del kilómetros 3, a través de carrotanques sépticos.

En lo relacionado con el abastecimiento de agua, actualmente P.S.A., actúa como único operador de las redes de acueducto, las cuales incluyen dentro su cobertura los sectores Bottom House y Schooner Bight. Ahora bien, se da por entendido que los porcentajes de cobertura hacen referencia a redes de acueducto, mas no al suministro de agua; éste se presta de manera discontinua, lo que obliga a la comunidad a proveerse de otras fuentes.

Ahora bien, un hecho notorio que llama la atención, es el grado de cumplimiento en muchos de estos sistemas en cuanto a la remoción de carga establecida por la normatividad en este tema, en especial el Decreto 1594 de 1984 y el Decreto 0631 de 2015. Las gráficas que se muestran a continuación, extraídas del informe anual de seguimiento y monitoreo a los sistemas descentralizados, correspondiente al año 2010, presentado por CORALINA, reflejan el nivel de inoperancia en varios de los sistemas monitoreados y que se reportan en los numerales anteriores.

Foto 9-39 Datos de monitoreo 2010

PARAMETRO	CIUDAD PARAISO I (03 de Marzo)			TOM HOOKER I (24 de Marzo)		
	AFLUENTE	EFLUENTE	% REMOCION	AFLUENTE	EFLUENTE	% REMOCION
DBO	299	87	70,9	506	215	57,5
SST	254	136	46,5	400	160	60,0
Grasas y Aceites	17	11	35,3	11	7	36,4
Conductividad	4296	4296		4516	2716	
pH	7,46	7,43		7,14	7,11	
Detergentes	4,636	4,431		2,124	1,137	
Temperatura	28,8	28,6		30,5	30,6	
C. Fecales		300000			300000	
C. Totales		1000000			800000	

PARAMETRO	COURT HOUSE 27 de Octubre			CIUDAD PARAISO II (27 de Octubre)		
	AFLUENTE	EFLUENTE	% REMOCION	AFLUENTE	EFLUENTE	% REMOCION
DBO	456	203	55,5	257	183	28,8
SST	545	291	46,6	71	174	-145,1
Grasas y Aceites	8	16	-100,0	6	4	33,3
Conductividad	3680	4270		2380	2480	
pH	8,5	7,9		7,38	7,45	
Detergentes	4,192	1,019		3,754	1,197	
Temperatura	28,7	27,8		29,2	28,8	
C. Fecales		28000			1600000	
C. Totales		430000			1600000	

Fuente: CORALINA

A este respecto, preocupa que algunos de los parámetros en el efluente presentan valores superiores a los observados en el afluente, indicativo de un posible mal funcionamiento de los sistemas donde se presenta tal situación. Este escenario, obliga a las instituciones encargadas de la planeación de la gestión del agua residuales, en los sectores rurales del Archipiélago, a plantear sistemas o proyectos de tratamiento que garanticen una debida remoción de parámetros de carga contaminante acorde a la ley, en especial los niveles de Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO y Solidos Suspensidos Totales SST.

Finalmente, se destaca los recomendado por la consultoría realizada en el marco del contrato No. 1257 del año 2013, a la Gobernación respecto al desarrollo de una mejor política de aplicación de subsidios, con el fin de garantizar este derecho a las estratos más bajos de la isla de acuerdo a la ley existente, y con el fin de hacer extensivo estos subsidios a los usuarios de las soluciones que se plantearan para los sectores en estudio.

9.4.2 Descargas de Aguas Residuales de Pozos sépticos

El uso de pozos sépticos obedece principalmente a la carencia de redes de alcantarillado sanitario en algunas zonas del territorio insular, mayormente en el sector sur de la Isla, pero además en una mínima proporción en la zona norte. En su mayoría, estos sistemas se construyen sin el cumplimiento mínimo de las especificaciones técnicas definidas en la normatividad nacional, particularmente el Reglamento RAS 2000.

Uno de los aspectos de mayor relevancia, es la falta de mantenimiento y limpieza de dichos sistemas, siendo una fuente potencial de contaminación del suelo y con ello, las fuentes de aguas subterráneas, dada la construcción de éstos sin fondo y paredes laterales impermeabilizados, lo que se traduce en un continuo vertimiento de aguas residuales. A todo ello, se le suma la emisión de olores ofensivos en los alrededores a cada estructura y su consecuente alteración en la calidad de vida de los moradores y habitantes en cada sector donde se ubican, afectando gradualmente la salud de los mismos.

Sumado a lo anterior, la población carente de redes de alcantarillado y pozos sépticos, optan por la conexión de sus tasas sanitarias a una letrina o en otras circunstancias disponen las aguas residuales a campo abierto o son vertidas directamente a las calles lo que deriva problemas de salubridad pública y malos olores.

En tal sentido, dentro del análisis de las actuales condiciones ambientales de la zona rural, puede evidenciarse en gran parte de ésta, los vertimientos de aguas residuales desde los pozos sépticos construidos, siendo el sector de San Luis, uno de los sectores, donde mayormente se presentan vertimientos directos al mar, a través de tuberías, donde es muy común, la instalación de dichas tuberías, dada la ausencia de sistemas de disposición de aguas residuales domésticas, o en algunos casos, pozos sépticos que descargan por rebose al mar.

Foto 9-40 Descarga de aguas domesticas procedentes de pozos sépticos



Fuente: Consultor

Así las cosas, la ausencia de un sistema de alcantarillado sanitario, no solo debe plantearse como solución a los problemas asociados las aguas residuales, sino como un mecanismo de control y vigilancia para este tipo de actividades (construcción de pozos sépticos), en especial en aquellas viviendas o establecimientos, donde se construyen sin el lleno de requisitos y especificaciones técnicas de diseño; panorama que condujo a la Corporación, realizar para el año 2009, un inventario de vertimientos de aguas residuales.

Tan solo se pudieron visualizar en el ejercicio realizado por la Corporación, los vertimientos generados directamente sobre el mar, principalmente; situación que preocupa además de las condiciones operativas de los pozos sépticos en el territorio insular.

A este respecto, dado el papel que juega la población en esta situación, la planeación del desarrollo y la gestión del recurso hídrico debe incluir el acompañamiento a la comunidad, por parte de las autoridades sanitarias y ambientales en el diseño de tanques sépticos, no obstante y que para estos efectos, la Corporación CORALINA ha diseñado el manual de diseño de sistemas descentralizados para tratamiento de aguas residuales, documentación que pocas veces se tiene en cuenta para la construcción de tanques sépticos.

En termino generales, el uso de tanques –bajo las condiciones en que actualmente operan- se convierte en una de las principales variables que determinan el componente de saneamiento básico en una comunidad determina; desafortunadamente, para la isla de San Andrés, esta variable se configura como un factor determinante en muchos de los sectores de la isla, en especial aquellas carentes de redes de alcantarillado.

9.4.3 SMIA

Una de las medidas de adaptación contempladas en el Proyecto INAP-CORALINA tuvo por objeto desarrollar e implementar un sistema comunitario para el manejo integral del agua en zonas piloto de la isla de San Andrés. Este Sistema para el Manejo Integral del Agua (SMIA) consiste en incrementar la utilización de fuentes alternas de abastecimiento, principalmente a través de un sistema de recolección de aguas lluvias, complementado con uno para el tratamiento de aguas

residuales domésticas para su posterior reutilización, en áreas críticas de abastecimiento y saneamiento público.

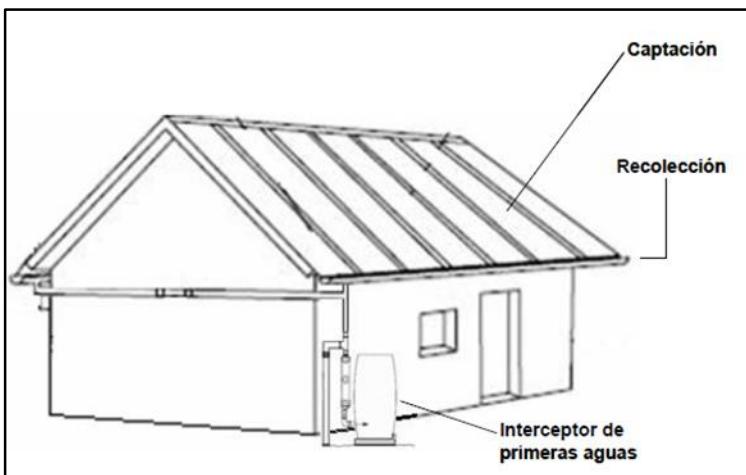
Para la implementación de éstos en las zonas ubicadas por fuera de la cobertura del perímetro sanitario, será necesario remitirse a lo señalado en el diagnóstico de vertimientos en la Isla de San Andrés para el año 2005, donde se logró establecer que alrededor del 7.5% de la viviendas en la isla se encuentran conectadas al sistema de alcantarillado y el 11.9% disponen sus aguas en tanques sépticos, esto implica que cerca del 20% (19.4%) de las viviendas tienen un manejo aceptable de sus aguas residuales, mientras que el 80% realiza vertimientos, ya sea de manera directa o indirecta a los acuíferos, lo que repercute significativamente en la calidad del agua, se convierte en fuente generador de vectores, produce olores desagradables, y puede repercutir negativamente en la salud humana.

En tal sentido, las condiciones particulares de la isla de San Andrés han generado la creación de herramientas adecuadas que se ajusten a las particularidades locales, con el fin de regular el uso y aprovechamiento de los recursos disponibles, así como la adaptación de la comunidad a los efectos del cambio climático, en pro del desarrollo sostenible como herramienta de acción dentro de la Condición del Departamento Archipiélago como Reserva de Biosfera.

Coralina, con el objetivo de optimizar el aprovechamiento sostenible de las fuentes de abastecimiento de agua potable, a través del fomento e implementación participativa con la comunidad, de sistemas pilotos de captación, almacenamiento y aprovechamiento de aguas lluvias en el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina – Reserva de Biosfera Seaflower, instaló en el año 2005 en el sector de Fig Tree un sistema piloto comunitario de captación de aguas lluvias, que consiste en (Richard Chow Maya, Keidy Robinson Ramirez, Marzo de 2007):

- Captación: La captación está formada por los techos de 7 viviendas que por medio de su pendiente favorecen la canalización del agua de lluvia para su posterior recolección. El área de captación de diseño fue de 411,3 m².
- Recolección y conducción: Está conformado por las canaletas que están adosadas en la parte más baja del techo, donde se acumula y se distribuye por medio de conexiones y tuberías a un tanque interceptor de las primeras aguas.
- Interceptor de primeras aguas: Es un dispositivo de descarga de las primeras aguas provenientes del lavado de techos y que contiene todos los materiales que en él se encuentran en el momento del inicio de la lluvia como tierra, lodo, material vegetal descompuesto, excretas de animales (pájaros, roedores y gatos) que le confiere características de agua no apta para consumo humano.

Figura 9-63 Sistema de captación y distribución de aguas lluvias



Fuente: (Richard Chow Maya, Keidy Robinson Ramirez, Marzo de 2007)

Otro componente importante del sistema lo conforman los registros que tienen la funcionalidad de permitir que se realice de manera más eficiente el mantenimiento al interior de las tuberías que conducen el agua desviada desde el sistema de primeras aguas hasta el tanque principal de almacenamiento comunitario. Este registro consiste en una caja hermética enterrada en el piso con tapa fija construida en bloques y revestida en cemento con una profundidad de 15 cm. La tapa se encuentra a nivel de piso y cuenta con un gancho que permite una mejor manipulación cuando sea necesario abrirlo.

- **Almacenamiento:** El almacenamiento del agua lluvia se realiza en un tanque construido en fibra de vidrio con una capacidad de acopio de 15 m³ de agua provenientes de la captación de los techos una vez los tanques interceptores de las primeras aguas estén llenos. Este tanque debe tener la capacidad de almacenar agua de buena calidad y apta para consumo humano y doméstico. El tanque se encuentra enterrado en el piso, y tiene una tapa atornillada en la parte superior para permitir el ingreso al interior del tanque para realizar los mantenimientos periódicos y de esta manera permitir condiciones sanitarias de alta calidad.

Además, en el año 2006, instaló en otro sector de la isla llamado Sally Taylor, otro sistema piloto para el tratamiento de las aguas residuales de la cuenca del Cove, que consistió en lo siguiente:

- **Tratamiento:** consiste en un tanque séptico y filtro anaeróbico tipo BASTAF o blafeado, de capacidad de 8000 litros.
- **Filtros anaeróbicos:** consistente en dos (2) tanques plásticos de 2000 lts cada uno, llenos de 2 m³ de grava.
- **Sistema de riego:** el agua tratada es finalmente llevada hasta un campo de infiltración.

En resumen, la Corporacion Ambiental CORALINA, quien ha liderado la implementación de este tipo de proyectos, ha promovido el desarrollo de éstos en los sectores Ciudad Paraíso, Schooner Bight (descrito en el ítem anterior) y Tom Hooker; todos ubicados fuera de la cobertura de alcantarillado sanitario. No obstante, y dada la importancia de los impactos positivos que cada

sistema podría generar, se evidenció en las visitas de campo realizadas, el mal funcionamiento y operación de los mismo, especialmente por la falta de mantenimiento, además del inadecuado manejo de la población beneficiada.

Desafortunadamente, no es claro para la comunidad el mantenimiento y sostenimiento de estos sistemas, quienes son conscientes de la necesidad de realizar las respectivas de limpieza pero que además, manifiestan que tales actividades le competen directamente a la entidad ambiental; esta situación refleja el bajo grado compromiso por parte de la comunidad, condición crítica para la obtención de buenos resultados en este tipo de proyectos.

9.5 PTAR

En el territorio insular, una de las alternativas de evacuación, tratamiento y disposición final de las aguas residuales, en aquellos establecimientos de mayor generación de desechos líquidos, son las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), tanto para las de origen doméstico como para las de origen industrial.

En su mayoría, las PTAR incluyen procesos de lodos activados, filtración, cloración, disposición final de aguas tratadas en zonas verdes o jardines y manejo de lodos mediante lechos de secado para su posterior uso en actividades agrícolas. Cada sistema, cuenta en la actualidad con el correspondiente permiso de la autoridad ambiental, quien ha incluido dentro sus funciones misionales el seguimiento y monitoreo al funcionamiento de cada una de éstas.

De las actuales plantas de tratamiento que se encuentra en operación en la Isla están las siguientes:

- PTAR Hotel Decamerón San Luís (lodos activados)
- PTAR Hotel Decamerón Marazul (lodos activados)
- PTAR SOPESA Punta Evans (Lodos activados)
- PTAR SOPESA Proyecto RSU (Lodos activado y aireación extendida)
- PTAR Villa Gules (Lodos activados)
- PTAR Hotel Sol Caribe Campo (Lodos activados)
- PTAR Carcel Departamental (Lodos activados)
- Humedal Artificial Batallón Naval
- Tanque Séptico Polideportivo COVE (Digestión anaerobia)
- PTAR Hotel Blue Cove On Vacation (Digestión anaerobia)

En las actividades de campo realizadas en marco a la presente consultoría, se logró evidenciar el funcionamiento de las PTAR instaladas en los hoteles Decamerón Marazul y San Luís, en los cuales se implementa la reutilización del agua tratada en zonas verdes y para descarga de sanitarios; mientras que los lodos resultantes son sometidos a un lecho de secado para su uso como abono orgánico.

Esta situación nos obliga a repensar los efectos que tienen o podrían tener la implementación de soluciones individuales para el tratamiento de aguas residuales, en especial cuando de reúsa el agua tratada para otras actividades secundarias, sea para riego de zonas verdes o para descarga de sanitarios; todo ello, dando cumplimiento a las normas que actualmente rigen los límites permisibles en vertimientos de aguas residuales.

Por otra parte, existe en la actualidad algunas partes de la PTAR Krofta, la cual se utilizaría en su momento (1998) para el tratamiento de las aguas residuales procedentes del perímetro sanitario previa descarga al mar a través del emisario submarino; planta de tratamiento que no contó con los permisos respectivos por parte de la autoridad ambiental CORALINA, quien manifestó desde un principio la falta de información técnica requerida para la evaluación y aprobación de dicho sistema.

En la foto 9-48 se muestra el estado actual de la PTAR Krofta, en ella puede verse el grado de abandono en que se encuentra actualmente esta propuesta de tratamiento; sumado al aumento de la población y viviendas cercanas a la infraestructura que queda de la PTAR.

Foto 9-41 Estado actual PTAR KROFTA



Fuente: Consultor

En cuanto a los trámites necesarios y requeridos para la obtención de los permisos de vertimientos, CORALINA, actúa como la única entidad facultada para tales efectos, la cual se rige por la actual legislación vigente en la materia (Decreto 1076 de 2015) y lo señalado en el Reglamento RAS 2000, en cuanto al diseño de las alternativas de tratamiento.

En términos generales, hoy en día puede verse el incremento de plantas de tratamiento de aguas residuales en la isla de San Andrés, principalmente en establecimientos de alta producción y descarga de éstas, siendo estructuras planteadas para el saneamiento de dichos lugares, pero que además se configuran como un ejemplo a seguir, para solucionar los problemas ambientales en el sur de la isla, asociados a la gestión de las aguas residuales.

9.6 Vertimientos directos al mar.

9.6.1 Emisario Submarino

El proyecto emisario submarino, desde sus inicios se planteó como la única alternativa de evacuación y disposición final de las aguas residuales recolectadas dentro el perímetro sanitario a través de las redes de alcantarillado. Para tales efectos, se han instalado las tres (3) estaciones de bombeo pertenecientes al sistema de alcantarillado; en la última de éstas, ubicada sobre la vía circunvalar en el sector Cabañas Altamar, se realiza pretratamiento en un sistema de cribado a las aguas residuales previamente a la descarga por medio del emisario submarino.

Su construcción se llevó desarrolló en el Km 3, a la altura del sector de Morris Landing, donde las corrientes son más favorables para dicho fin y los objetivos de calidad del cuerpo de agua receptor así lo permitía en su momento. Su diámetro es de 20 pulgadas en tubería de polietileno de alta densidad instalado a una profundidad fina de entre 15 y 18,5 metros con una longitud de 430 metros y anclado con muertos de concreto (Coralina, Junio 28 de 2011).

Según lo establecido en el Plan de saneamiento y manejo de vertimientos, para el año 2010, el sistema transporta y vierte a través del emisario submarino, un caudal promedio de 8.899 m³/día, con concentración de carga contaminante de 843 kg/día de DBO y SST con una dilución mínima esperada de 100:1, calidades de condición bacteriológica en más del 80% (Coralina, Junio 28 de 2011).

El problema central de esta temática reside en la capacidad de tratamiento y depuración de estas aguas negras o servidas, que retornan al sistema ecológico natural sin tratamiento alguno. Las consecuencias de este primer ciclo del agua, debe ser estimado por la Entidad Territorial y la Corporación Coralina, para definir los alcances y compromisos de cara a los próximos 5 años de vigencia del POT (Gobernación Departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, 2014).

Foto 9-42 Llegada impulsión del emisario submarino al mar



Fuente: Consultor

En términos de cobertura del proyecto emisario submarino, es necesario señalar la importancia de éste para la evacuación de las aguas residuales generadas en la zona norte de la Isla. Así pues, en la planeación y definición de los parámetros de diseño del mismo, se consideró la operación del proyecto para dar cobertura a todos los distritos sanitarios definidos para la prestación del servicio de alcantarillado público.

En este sentido, la capacidad del emisario submarino está dada para garantizar la correcta evacuación de las aguas residuales que se impulsan desde la estación de bombeo No. 3, la cual corresponde a todo el caudal recolectado y generado en los diferentes distritos sanitarios; incluyendo el distrito 4 que se encuentra en construcción. En la actualidad, el proyecto está dado para evacuar y transportar un caudal máximo de 300 lps.

Por otro lado, la disposición de aguas residuales a través del emisario submarino, ha representado para la gestión ambiental del departamento, no sólo el único método de evacuación y descarga de residuos líquidos del alcantarillado sanitario, sino el reto de incluir en dicha gestión un completo programa de control, vigilancia y monitoreo de la calidad del cuerpo de agua receptor, señalado en la norma que otorga licencia ambiental al mencionado proyecto; adicional a las medidas de control de la calidad del cuerpo de agua receptor, por parte de la entidad ambiental.

En este sentido, en los párrafos siguientes se analizará los reportes de monitoreo en la columna de agua donde se presenta la descarga del emisario submarino, durante el quinquenio comprendido entre 2009 y 2013; actividades que viene realizando la autoridad ambiental a un punto de la zona marina a nivel superficial, en dos épocas del año (reportes de resultados del monitoreo sistemático. CORALINA).

Para tales efectos, es estrictamente necesario conocer además, los resultados de las campañas de monitoreo ejecutadas por la Empresa P S.A., por ello los anteriores reportes se compararán con los arrojados por la empresa en mención, resultados correspondientes al año 2015 (mes de febrero).

La tabla siguiente, relaciona los resultados obtenidos en ambos programas (CORALINA y P S.A.), para los parámetros pH, Conductividad, Oxígeno Disuelto, Temperatura, Fosfatos, Amonio, Nitritos, Nitratos, SST, DBO, C. Totales, C. Fecales y Enterococos. El instrumento legal de referencia para el análisis de los mismos es el Decreto 1594 de 1984, artículo 42, referido a los criterios admisibles para la destinación del recurso con fines recreativos mediante contacto primario. Hay que tener en cuenta, que la licencia ambiental otorgada para la operación del proyecto emisario no establece límites permisibles, ni en el efluente ni en el área de influencia del emisario submarino.

Tabla 9-41 Resultados obtenidos en ambos programa (CORALINA y Proactiva S.A.)

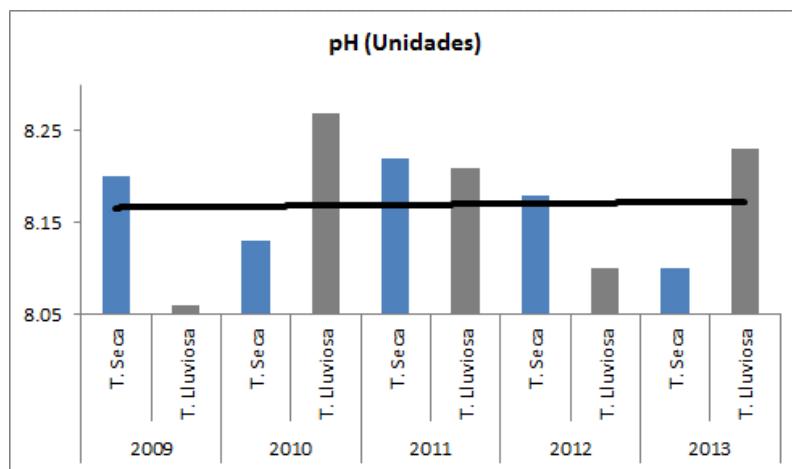
VARIABLE	PARÁMETRO	UNIDAD	AÑO										PROACTIVA S.A.	
			2009		2010		2011		2012		2013			
			T. Seca	T. Lluviosa										
Fisicoquímica	pH (Unidades)	Unidades	8.2	8.06	8.13	8.27	8.22	8.21	8.18	8.1	8.1	8.23		
	Conductividad Eléctrica (mS/cm)	mS/cm	53.2	53.7	53.8	52	52.6	52.8	52.6	52.3	59.7	54.1		
	Oxígeno Disuelto (mg/l)	mg/l	6.1	6.62	7.36		5.59	6.42	6		6.4		7.69	

VARIABLE	PARÁMETRO	UNIDAD	AÑO										PROACTIVA S.A.	
			2009		2010		2011		2012		2013			
			T. Seca	T. Lluviosa										
Microbiológicas	Temperatura (°C)	°C	27	28.2	28.3	29.1	27.5	29.9	28.3		30.9	28.9		
	Fosfatos (mg/lt)	mg/lt	0.056	0.472	0.084	0.229	0.025	0.008						0.062
	Amonio (mg/lt)	mg/lt	0.027	0.007	0.025	0.039	0.021	0.018			0.014	0.055		
	Nitritos (mg/lt)	mg/lt	0	0	0.002	0.002	0.003	0	0	0	0.002	0.002		0.012
	Nitratos (mg/lt)	mg/lt	0.081	0.032	0.074	0.059	0.059	0.026			0.036	0.04		0.661
	SST (mg/lt)	mg/lt	2	1	3	6	2	3	3	16	7	3		8
	DBO (mg/lt)	mg/lt	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	3	5
Microbiológicas	Coliformes Totales (NMP/100ml)	NMP/100 ml	8	130	4	7	1600	2	8	540	49	23		24196
	Coliformes Fecales (NMP/100ml)	NMP/100 ml	8	130	2	2	1600	2	2	350	7	5		173
	Enterococos (NMP/100ml)	NMP/100 ml				8	32	0	0	1200	82	24		74

Fuente: Consultoría/PROACTIVA

Puede observarse que los valores de pH reportados en los monitoreos realizados, se encuentran dentro el rango entre 5 y 9 unidades, rango de concentración establecido en el Decreto 1594 de 1984, lo cual podría reflejar que el vertimiento generado no representa riesgo o amenaza sanitaria, sea por el aumento o disminución de la basicidad o acidez en el cuerpo de agua receptor. El promedio reportado, correlacionando ambos monitoreos, es de 8,17 unidades.

Figura 9-64 Valores de pH reportados en los monitoreos realizados



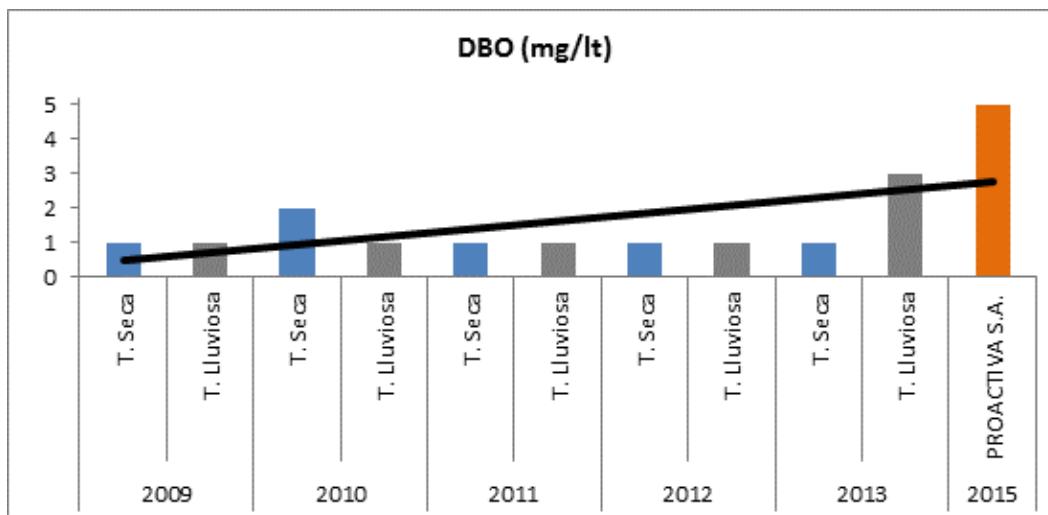
Fuente: Consultoría/PROACTIVA

En relación a los valores de DBO5 y SST, ambos parámetros utilizados para el establecimiento del cobro de la tasa retributiva por vertimientos de aguas residuales a cuerpos de agua receptor, se encuentra muy por debajo de los niveles definidos en la norma de referencia, lo cual indica que en

la zona en cuestión los niveles de actividad biológica, asociadas el primero de éstos parámetros es casi nula; se evidencia para éste un promedio anual de 5 mg/lit.

No obstante, no hay un límite de concentración de DBO y SST para el cuerpo de agua receptor, escenario que impide tener un análisis más subjetivo de los efectos que se podrían desprender del funcionamiento del proyecto emisario submarino. De igual forma, causa preocupación la tendencia al aumento en las concentración de dicho parámetros, siendo el valor reportado por la Empresa P, mucho mayor respecto a los realizados por la corporación.

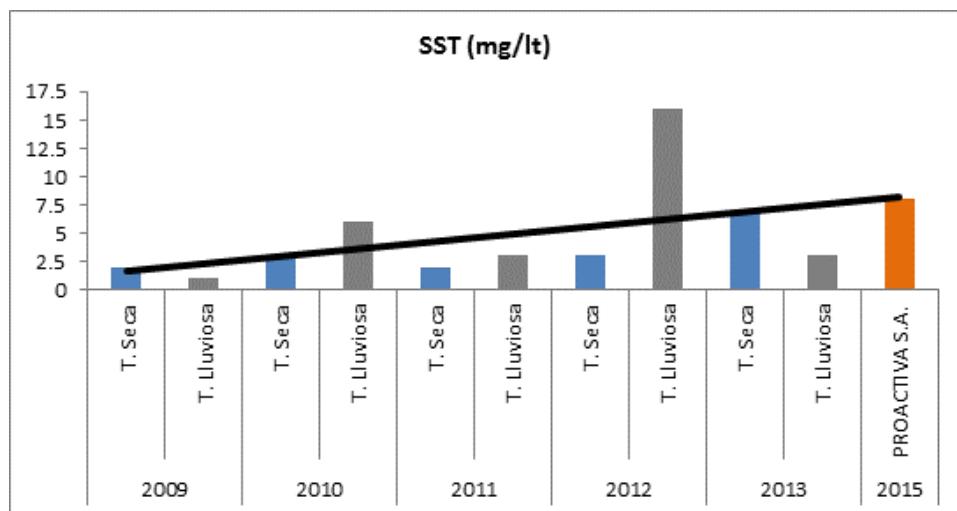
Figura 9-65 Valores de DBO reportados en los monitoreos realizados



Fuente: Consultoría/PROACTIVA

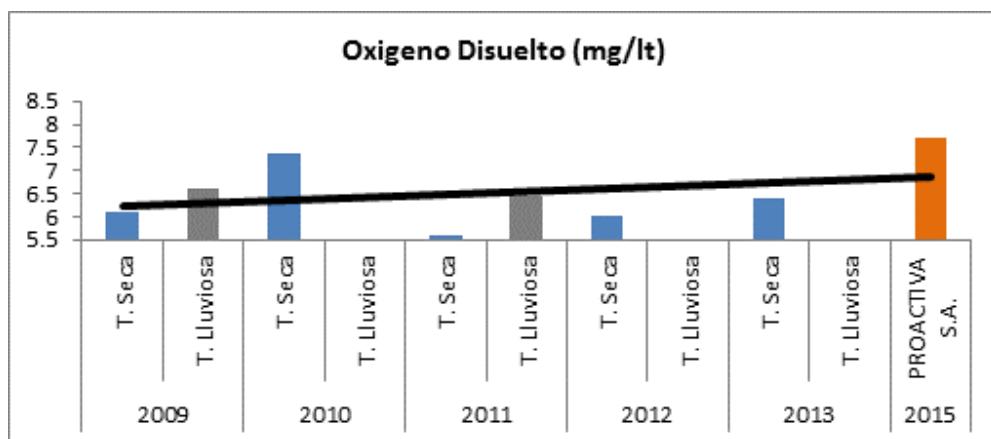
De otro modo, se evidencia un promedio de Solidos Suspensidos Totales -SST-, equivalente a 8 mg/lit, siendo una situación favorable para la disminución de la turbiedad del cuerpo de agua, principalmente; en zonas marinas, esta condición facilita el acceso de la luz solar, garantizando el normal desarrollo del ecosistema marino, en especial aquellos procesos que requieren de una baja turbiedad, particularmente la actividad fotosintética.

Al igual que en el parámetro DBO, las concentraciones de SST muestran una leve tendencia al aumento, evidenciando mayores concentraciones en las épocas lluviosas; esto podría ser el resultante de los altos niveles de infiltración de aguas lluvias a las redes de alcantarillado sanitario, aumentando en gran medida el arrastre de sólidos dentro de éstas.

Figura 9-66 Valores de SST reportados en los monitoreos realizados


Fuente: Consultoría/PROACTIVA

El parámetro OD no supera el valor 7.5 de mg/lt, aunque en la norma de referencia no está incluido un límite permisible para esta variable, de acuerdo a otras referencias bibliográficas puede evidenciarse que los niveles reportados por la autoridad ambiental, no alterarían el funcionamiento biológico en la zona en estudio. Se observa un promedio anual equivalente a 7,69 mg/lt.

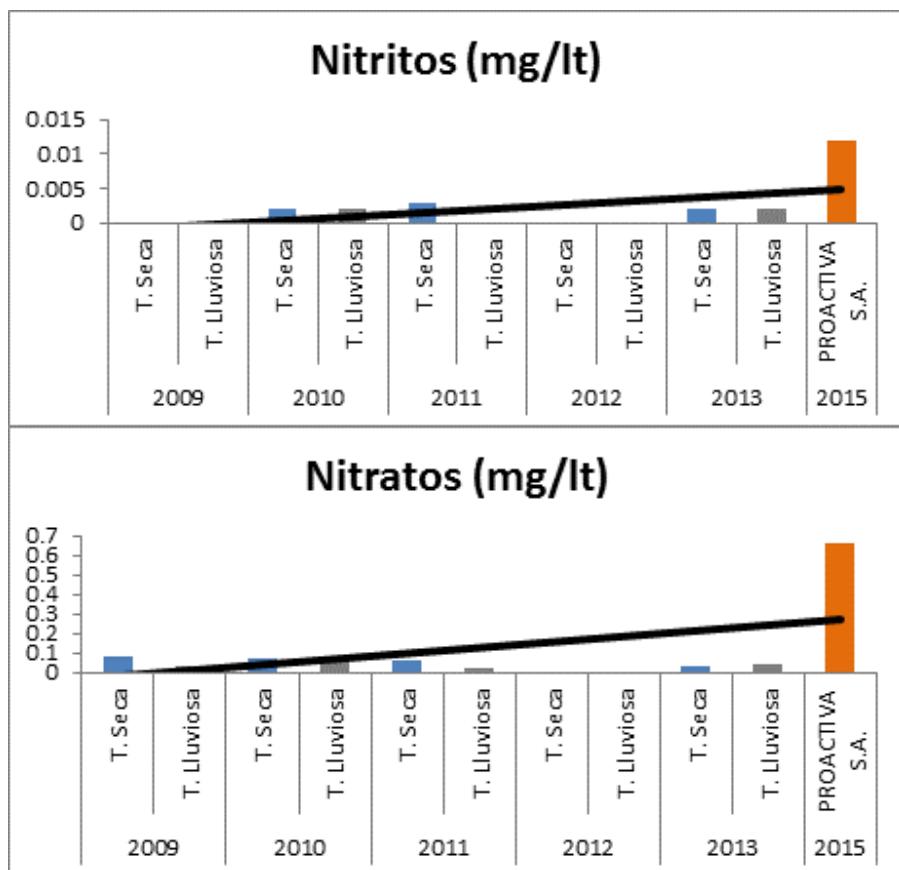
Figura 9-67 Valores de OD reportados en los monitoreos realizados


Fuente: Consultoría/PROACTIVA

En relación a los parámetros nitritos y nitratos, ambos referentes normativos no establecen un límite determinado, ni para el vertimiento ni para el cuerpo de agua; no obstante lo anterior, se puede apreciar el incremento de una manera considerable en el reporte de monitoreo realizado por la Empresa P S.A., en el año 2015, respecto a los reportes de la Corporación.

Los resultados arrojados en el monitoreo realizado por P S.A., muestran valores muy superiores a los resultados del monitoreo realizado por la Corporación; se muestra la tendencia a aumentar en los corridos del periodo comprendido entre 2009 y 2015.

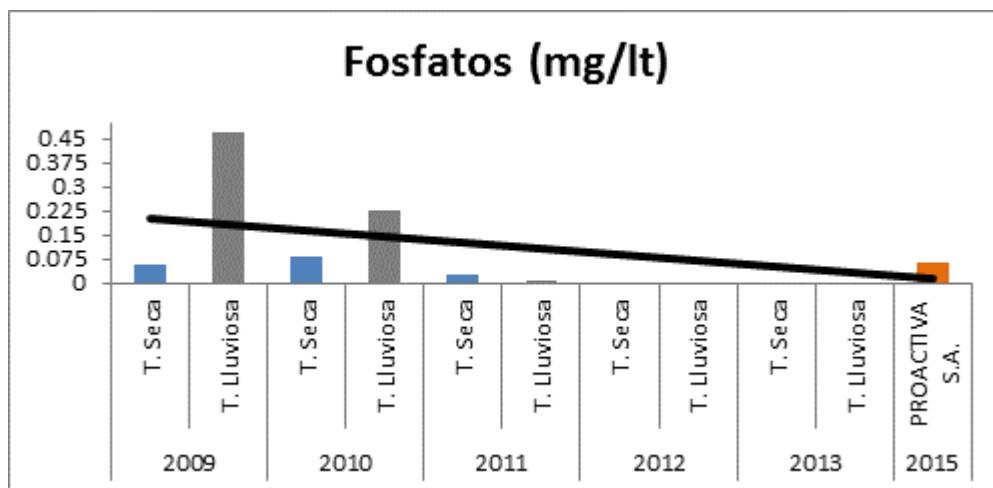
Figura 9-68 Valores de nitritos y nitratos reportados en los monitoreos realizados



Fuente: Consultoría/PROACTIVA

Contrario a lo anterior, y considerando además que los referentes normativos no tienen un límite permisible en la zona marina para este parámetro, se puede apreciar la línea de tendencia, que señala la disminución en el tiempo, de este parámetro.

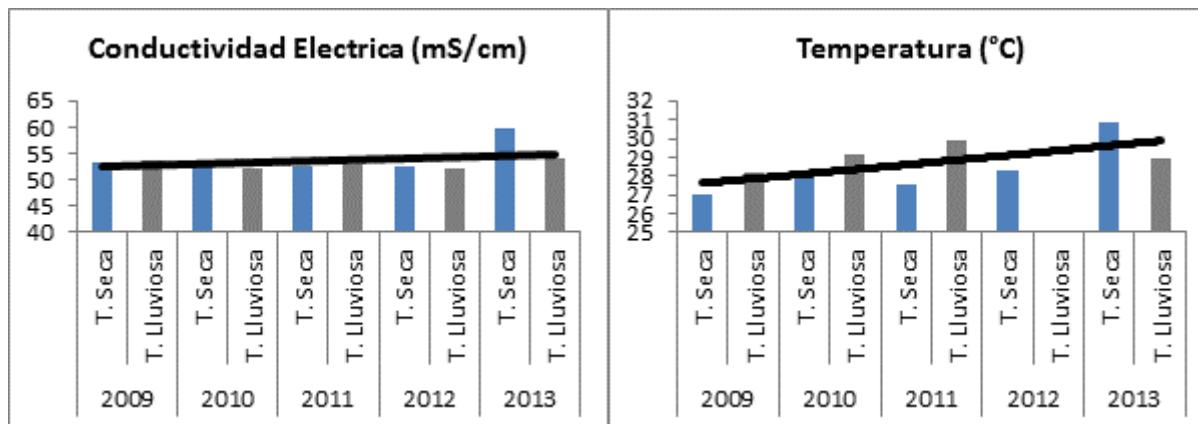
Figura 9-69 Valores de fosfatos reportados en los monitoreos realizados



Fuente: Consultoría/PROACTIVA

En cuanto a los parámetros de temperatura y conductividad se puede apreciar un promedio 28,6 grados y 53,68 mS/cm, respectivamente; en ambos casos, se evidencia la tendencia a aumentar, sobre todo en la variable de temperatura.

Figura 9-70 Valores de conductividad y temperatura reportados en los monitoreos realizados



Fuente: Consultoría/PROACTIVA

En lo correspondiente a las variables microbiológicas, su presencia en el ecosistema marino puede repercutir en contaminación de los ecosistemas marinos en el área de influencia del proyecto, escenario que plantea y advierte de la necesidad de definir mecanismos para la reducción de patógenos en el efluente de aguas residuales. En los reportes de monitoreo, se evidencia que los niveles detectados por la Corporación CORALINA, no se supera los 1000 NMP/100 ml, establecido en el Decreto 1594 de 1984, solo en el año 2011 se supera este valor (1600 NMP/100 ml) panorama muy distinto al reporte de monitoreo de la empresa P.S.A., para el año 2015, donde se observa una concentración de Coliformes Totales equivalente a 24196 NMP/100 ml.

Respecto al efluente, hay que advertir que las aguas residuales vertidas, son sometidas tan solo a una etapa preliminar, conformado por un sistema de cribado, localizado previa descarga; es necesario para estos efectos, considerar dentro los planes de saneamiento básico, la implementación de un sistema de tratamiento, que permita por lo menos, la reducción de carga contaminante expresada en la DBO y SST.

Para el análisis respectivo, se tendrá como referencia, lo establecido en la Resolución No. 631 de 2015, relacionada con límites permisibles en vertimientos de aguas residuales. Para ello, se relaciona en la Tabla 9-42, los valores promedio obtenidos en el periodo comprendido entre 2012 y 2015, para los parámetros pH, DQO, DBO, SST, Cadmio, Cromo, Mercurio y Plomo, siendo éstos parámetros los únicos en los que se tienen reportes y que se señalan en la norma de referencia.

Tabla 9-42 Valores promedio obtenidos en el periodo comprendido entre 2012 y 2015, para los parámetros pH, DQO, DBO, SST, Cadmio, Cromo, Mercurio y Plomo

PARÁMETRO	UNIDAD	PROMEDIO ANUAL 2012	PROMEDIO ANUAL 2013	PROMEDIO ANUAL 2014	PROMEDIO ANUAL 2015	RESOLUCIÓN 631 DE 2015 ART. 8 (>3000 Kg/DÍA DB05)
pH	Unidades de pH	7.28	0.00	0	0	6,00 a 9,00
DQO	mg/l O ₂	462.33	230.83	292.08	289	150

PARÁMETRO	UNIDAD	PROMEDIO ANUAL 2012	PROMEDIO ANUAL 2013	PROMEDIO ANUAL 2014	PROMEDIO ANUAL 2015	RESOLUCIÓN 631 DE 2015 ART. 8 (>3000 Kg/DÍA DBO5)
DBO ₅	mg/l O ₂	299.22	130.75	179.25	145	70
SST	mg/l	67.89	78.58	78.75	110.5	70
Cadmio	mg/l	<0,007	0.07	0.046	<0,015	0.1
Cromo	mg/l	<0,050	0.22	2.66	<0,19	0.5
Mercurio	mg/l	<0,0019	0.00	<0,0023	<0,19	0.02
Plomo	mg/l	<0,050	0.14	0.086	<0,05	0.5

Fuente: Consultoría/PROACTIVA

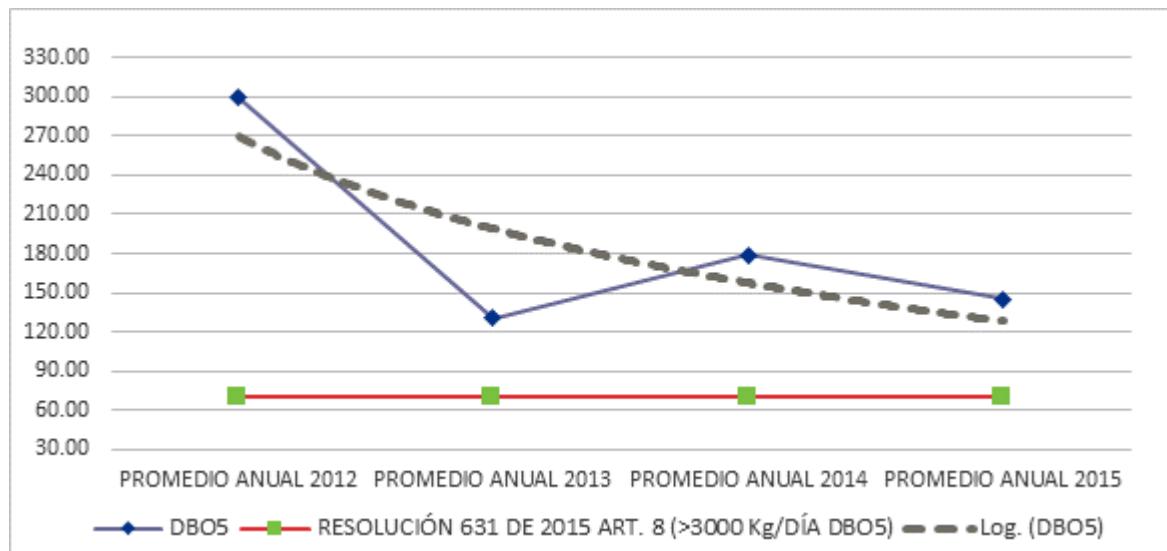
Ahora bien, para el posterior análisis, veremos inicialmente el comportamiento de los parámetros de importancia ambiental para el análisis de los impactos que se podrían generar por la descarga al mar, máxime cuando no hay existencia de un tratamiento de las aguas residuales vertidas.

A este respecto, se tendrá como referente los resultados obtenidos en las concentraciones de DBO, SST y DQO, parámetros en los que se evidencian valores superiores a los límites de detección de los equipos de muestreo y análisis.

Es necesario para estos efectos dejar claro, que dada la carencia de un sistema de tratamiento de aguas residuales, previa descarga al emisario submarino, es inaplicable utilizar el decreto 1594 de 1984, debido a que en el mismo, se establecen el cumplimiento de porcentajes de remoción de carga contaminante, expresadas en la DBO y SST, en las aguas residuales, siempre y cuando éstas sean sometidas a tratamiento.

Para el caso puntual, las aguas residuales se vierten después de un proceso cribado, que no corresponde a ninguna de las tecnologías de tratamiento definidas por el reglamento RAS 2000, razón por la cual se utilizará como norma de referencia la resolución 0631 de 2015.

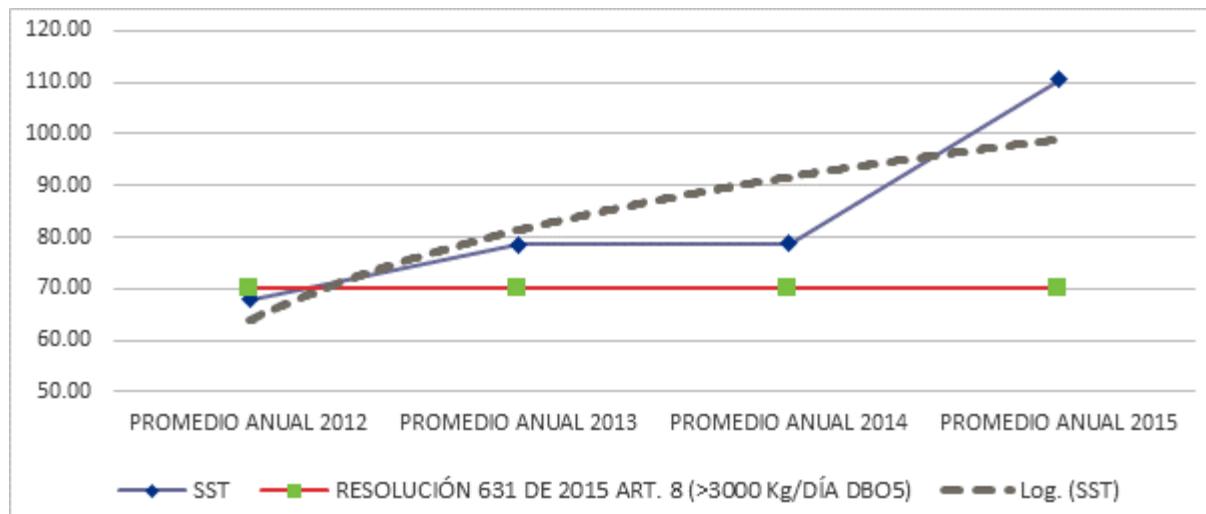
Así las cosas, los resultados que se han obtenido durante el periodo en cuestión, dan muestra de niveles de DBO, muy superiores al límite máximo permisible definido en la normatividad mencionada, evidenciándose valores que superan los 130 mg/l, aunque mostrando una leve tendencia a la disminución.

Figura 9-71 Resultados de DBO


Fuente: Consultoría/PROACTIVA

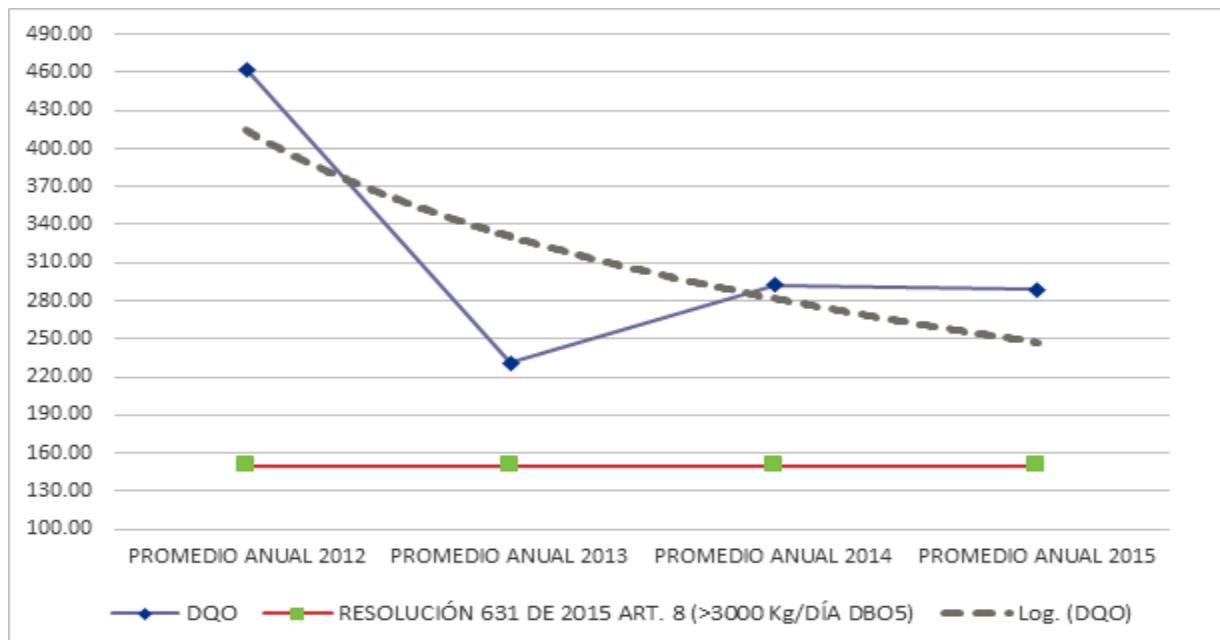
Este escenario, puede considerarse como una advertencia sobre la necesidad de implementar en el corto o mediano plazo un sistema de tratamiento de aguas residuales, previa descarga al mar, de tal forma que se pueda garantizar la remoción de este tipo de parámetros contaminantes.

En lo referido a las concentraciones de SST, los resultados evidencian un incremento progresivo de los valores que reportan para este parámetro, aunque en el valor promedio anual del año 2012, se identificaron valores inferiores al establecido por la norma de referencia.

Figura 9-72 Resultados de SST


Fuente: Consultoría/PROACTIVA

Por último, se analizan el comportamiento de las concentraciones del parámetro DQO, el cual muestra una leve tendencia a la disminución, pero al igual que en los casos anteriores, con valores que superan el límite definido en la normatividad actual.

Figura 9-73 Resultados de DQO


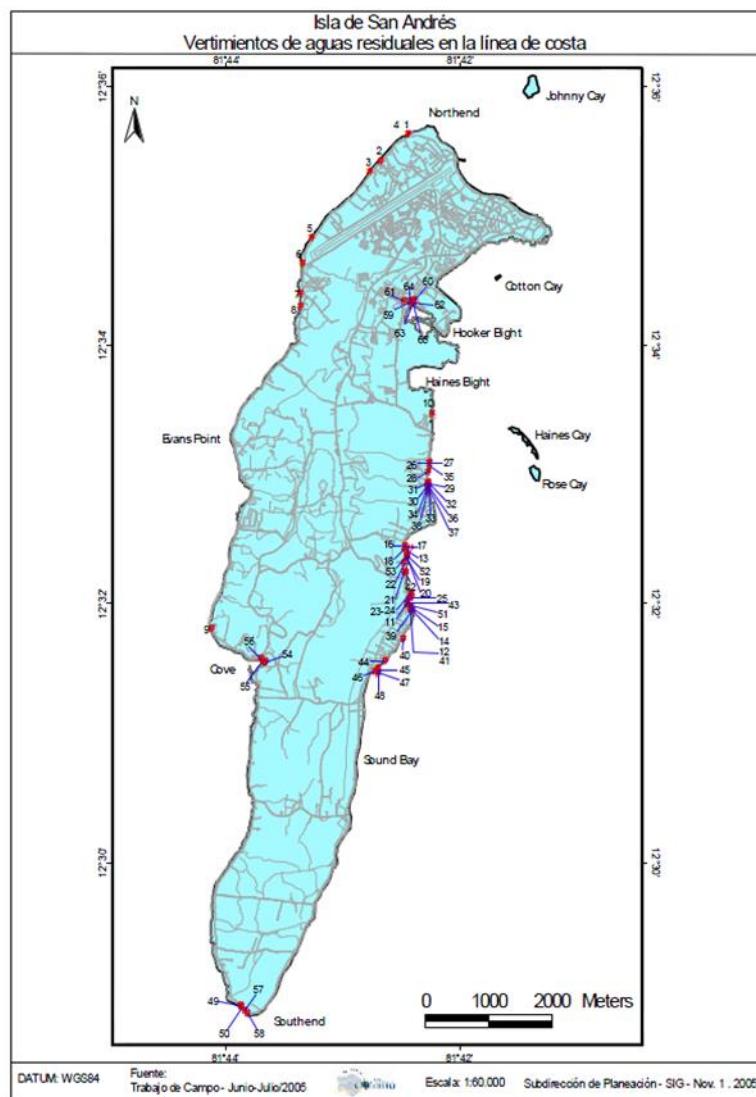
Fuente: Consultoría/PROACTIVA

En términos generales, en referencia al programa de monitoreo del efluente de las aguas residuales y el cuerpo de agua receptor del vertimiento, las concentraciones de carga contaminante que se reportan como resultado del monitoreo de ambas variables, muestran en su mayoría una leve tendencia al aumento, no obstante y que en la actualidad, no ha habido una análisis riguroso realizado por la entidades respectivas, con relación al impacto que se ha estado generado sobre el cuerpo de agua.

9.6.2 Vertimientos directos de aguas residuales al mar.

En el inventario de vertimientos de aguas residuales en la isla de San Andrés a corte de diciembre de 2009, se cuentan con un total de 87 puntos de vertimientos ilegales identificados tal como se muestra en la Figura 9-78 (Coralina, Junio 28 de 2011). Dichos vertimientos se focalizan en el sector de San Luis. Esta área está categorizada como zona No Take y zona de Uso Especial para bañistas (Rocky Cay y Jenny Bays) según la delimitación de usos del AMP. Otros puntos focalizados de vertimientos son Hainnes Bight que hace parte del PNR Old Point y la ensenada del Cove ubicada por el costado occidental de la isla. De acuerdo con los monitoreos realizados para determinar la calidad del agua, son sitios que sobrepasan los rangos permitidos de coliformes para contacto primario (GOBERNACIÓN DEPARTAMENTO ARCHIPIÉLAGO DE SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA, 2014).

Figura 9-74 Vertimientos de aguas sobre la zona litoral de San Andrés



Fuente: (GOBERNACIÓN DEPARTAMENTO ARCHIPIÉLAGO DE SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA, 2014)

Las aguas residuales que no se vierten al alcantarillado o que no son tratadas por medio de algún sistema descentralizado (letrinas, pozos y tanques sépticos) son vertidas sin tratamiento al mar. Las viviendas localizadas en la zona de litoral tienen mayor dificultad para disponer adecuadamente los residuos líquidos producidos, ya que la estructura rocosa de formación coralina y las condiciones socioeconómicas de gran parte de los habitantes, no favorecen la construcción de sistemas descentralizados apropiados para la disposición de los residuos líquidos. Los sectores donde más prevalece el vertimiento de aguas residuales, son específicamente aquellos en los cuales la red de alcantarillado sanitario no llega. Se resaltan los sectores de San Luis Ocassion Hall y San Luis Bay, por su cercanía con el borde litoral de la zona suroriental del archipiélago, siendo estos sectores, donde se detectaron mayores puntos de vertimientos en el año 2009. En el caso de vertimientos a cielo abierto, la mayor presencia de estas actividades en el Archipiélago, se da en

zonas donde las viviendas colindan con áreas boscosas, especialmente en los bosques de manglar, como es el caso del barrio Nueva Guinea y San Luis Bay (GOBERNACIÓN DEPARTAMENTO ARCHIPIÉLAGO DE SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA, 2014)

Foto 9-43 Tubería de descarga al mar



Fuente: Consultor

Una de las fuentes de contaminación es la actividad Porcícola que se realiza en la zona litoral, especialmente en la zona aledaña a los manglares. Entre los problemas ambientales generados por la actividad Porcícola se encuentran:

- Emisión de olores ofensivos por mal manejo de las excretas que ejerce impactos sobre guilles, terrenos, el acuífero y el mar por exceso de materia orgánica.
- Proliferación de agentes patógenos (roedores y moscas).
- Alto consumo de agua. (GOBERNACIÓN DEPARTAMENTO ARCHIPIÉLAGO DE SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA, 2014).

En las visitas de campo realizadas por esta consultoría, se evidenció la existencia de una descarga de aguas residuales al mar que funciona como rebose de la estación de bombeo 3 la cual no se encuentra en adecuado estado estructural y en la que es fácil identificar juntas defectuosas que generan la fuga de las aguas residuales al exterior alterando la calidad del ambiente en la zona. En la Foto 9-44 y en la Foto 9-45 se muestra el estado actual de la descarga.

Foto 9-44 Tubería de descarga al mar



Fuente: Consultor

Foto 9-45 Compuerta de control. Tubería de descarga al mar



Fuente: Consultor

Otra forma de vertimiento directo al mar, es aquel que se realiza que procede de un rebose de las estructuras pertenecientes al sistema de alcantarillado, particularmente los manholes, cuando vierten las aguas residuales sobre los canales de drenaje de aguas lluvias, que confluyen hacia los ecosistema de borde litoral, en especial las zonas de playa.

Tales actividades, están directamente relacionadas con el colapso de las redes del alcantarillado sanitario, sean cuando se aumente los caudales de descarga o cuando por falta de mantenimiento se impida el normal flujo dentro las redes.

9.6.3 Manejo de aguas residuales y lodos de pozos y tanques sépticos

Otra de las actividades de incidencia en el deterioro de los recursos naturales y por ende en el saneamiento básico de la isla, es la evacuación de los pozos sépticos, lo cual se lleva a cabo mediante carrotanques sépticos, quienes desocupan y vierten el volumen de aguas transportada en el actual punto de descarga ubicado en el Km 3, desde aproximadamente los años 80's. En la Foto 9-46 y en

la Foto 9-47, se presenta el punto de descarga de lodos y aguas residuales provenientes de pozos sépticos en la isla.

Foto 9-46 Punto de descarga de lodos



Fuente: Consultor

Foto 9-47 Punto de descarga de lodos



Fuente: Consultor

La autoridad ambiental reiteradamente desde el año 2002, ha solicitado al gobierno departamental la implementación de un sistema adecuado técnicamente para la recepción de las aguas residuales

y lodos provenientes de los pozos sépticos, sin que a la fecha haya sido presentada un proyecto o alternativa viable y seria desde el punto de vista técnico y ambiental. La obligatoriedad y el compromiso del Departamento para establecer una alternativa para este manejo siguen sin materializarse (Coralina, Junio 28 de 2011).

Se estima, con base en las cifras del censo sanitario efectuado por la secretaria de salud Departamental en el año 2005, que 118 m³/día de aguas residuales provenientes de pozos sépticos son vertidas sin un pre-tratamiento idóneo y sin un sistema de disposición final adecuado y autorizado en los ecosistemas marino-costeros de la isla. Se desconocen las cifras sobre la cantidad de lodos que se generan por el sistema de alcantarillado (Coralina, Junio 28 de 2011).

Coralina ha conceptuado en informes de seguimiento al punto de vertimiento, que éste genera un alto grado de deterioro ambiental en la zona de descarga que altera el equilibrio ecológico y la vida marina. En el año 2002, Coralina efectuó una caracterización de las aguas residuales vertidas en dicho punto, tomando tres muestras aleatorias in situ a tres carrotanques que descargan en dicha zona, con el fin de monitorear parámetros fisicoquímicos (amonio, nitritos, nitratos, conductividad, SST, DBO5, fósforo soluble, pH y salinidad) que arrojó los siguientes resultados e (Coralina, Junio 28 de 2011):

- Los parámetros de referencia, objeto de estudio para el caso de vertimientos de aguas residuales, referente a los porcentajes de remoción de éstos, establecidos por el Decreto 1594 de 1984 (vigente en su momento) y el cobro de la tasa retributiva, corresponden a un promedio de 1853.33 mg/lt para Sólidos Suspensidos Totales (SST) y 410 mg/lt para Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).
- Respecto a las concentraciones del amonio, los valores arrojados fueron en promedio de 122.33 mg/lt. Es necesario tener en cuenta que este ion tiene escasa acción tóxica por sí mismo, pero su existencia aún en bajas concentraciones, puede ser significante en el sentido de aumentar las concentraciones de bacterias fecales, patógenas etc., en el agua. La formación del amonio se debe a la descomposición bacteriana de urea y proteínas, siendo la primera etapa inorgánica del proceso.
- Altas concentraciones de Nitratos, aspecto susceptible de originar el llamado fenómeno de eutrofización.
- Sumado a lo anterior, estos vertimientos pueden inducir al aumento progresivo de las cantidades de materia orgánica en el borde litoral y por ende el aumento del grado de contaminación bacteriológica en los ecosistemas aledaños. Lo cual se refleja en poca y casi nula, vegetación costera y por lo tanto disminución de la fauna en los alrededores a dicha zona.

Sumado a esta situación, el actual punto de vertimientos de carrotanques sépticos, se viene utilizando para disponer los lodos resultantes de la limpieza de pozos sépticos y las trampas de grasas, principalmente las localizadas en el sector hotelero, residuos sin tratamiento previo y en muchas ocasiones en bolsas plásticas de basura.

Para contrarrestar éste escenario, es indispensable que en la planificación de la gestión del recurso hídrico, se incluya el análisis de esta problemática y la búsqueda de potenciales soluciones para la

misma, dado el impacto que se viene generando, tanto en el ecosistema marino con la posible descarga de lodos residuales al mar como también para el deterioro de la estética paisajística en la zona.

Dentro de las acciones de mayor importancia, para atender esta situación, se encuentra la conformación de un comité interinstitucional, el cual ha contado con la participación de la Empresa P S.A., la entidad ambiental CORALINA y la Gobernación Departamental (a través de la Secretaría de Salud y la Secretaría de Servicios Públicos); desafortunadamente dicho comité no cuenta con ningún instrumento legal que lo ampare, y del cual se definan directrices y prioridades en pro de la mitigación de problemas ambientales relacionados con la disposición inadecuada de lodos residuales.

Sección 10.

DIAGNÓSTICO SISTEMA DE DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS

Actualmente en la isla de San Andrés existe infraestructura para el manejo de aguas lluvias que maneja oficialmente la Gobernación solo en la parte conocida como North End, es decir, en la parte urbana del municipio. Los estudios más actualizados realizados para el diagnóstico y proyección de infraestructura para el alivio de las inundaciones que se presentan en esta área son el “Estudio de drenaje pluvial y diseño de las estructuras de captación en Sarie Bay, Sound Bay, Barrio Gaviotas y Natania en la Isla de San Andrés” realizado por Hidroplan Ltda Consultoría e Interventoría Colombia, en octubre del 2005 y el estudio “Elaboración del plan vial y de transporte para la Isla de San Andrés y Plan Maestro de Alcantarillado Pluvial en el sector North End, Ajustado al RAS 2000” realizado por el Consorcio Plan Vial Caribe en el año 2007 y en el cual, por términos de referencia, se incluyó lo planteado en el estudio realizado por Hidroplan Ltda.

10.1 Diagnóstico sistema de drenaje existente Plan Maestro.

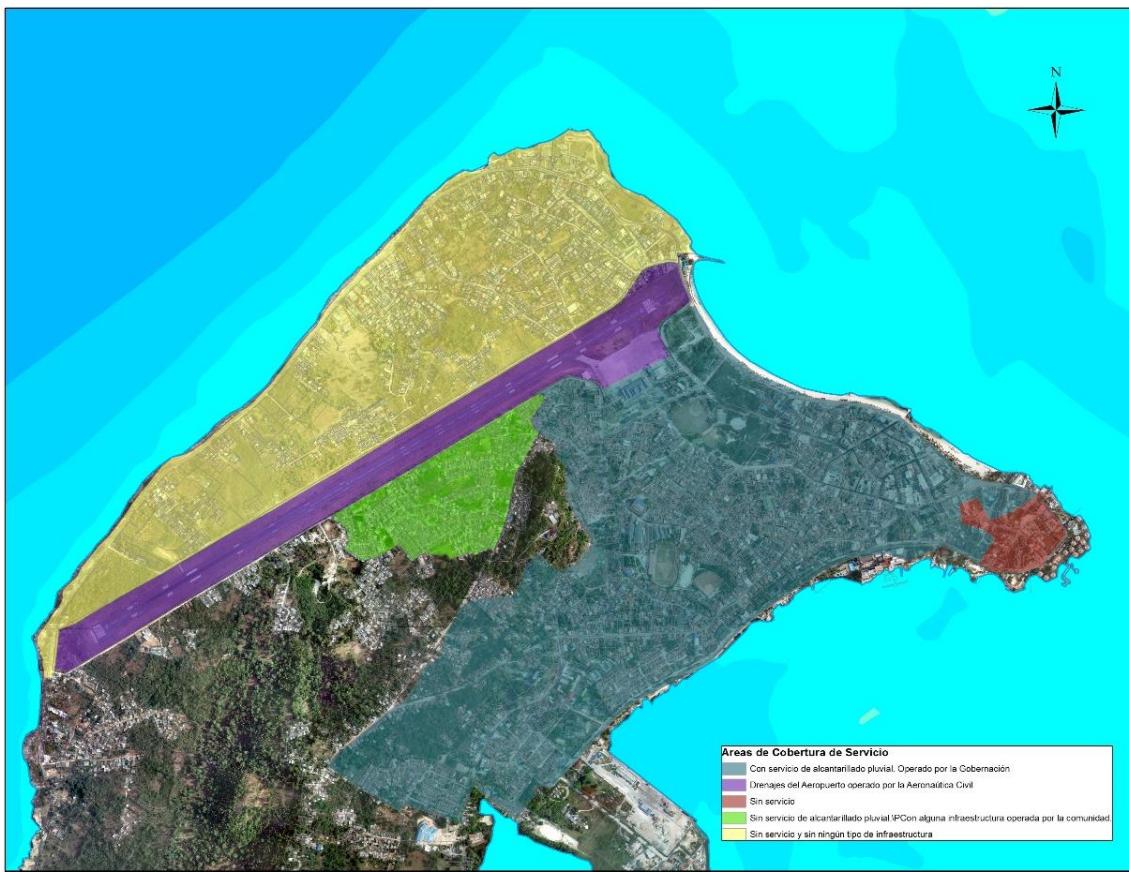
En el estudio del plan maestro (Consorcio Plan Vial Caribe, 2007) se abarcó la totalidad de la zona urbana, en donde se realizó la caracterización del sistema estableciendo cuencas de drenaje y realizando la evaluación del sistema de drenaje mediante el cálculo de la capacidad hidráulica de la infraestructura existente. Dentro del diagnóstico elaborado se identificaron zonas de inundación que constantemente afectan a la población en épocas de lluvia y cómo funciona la infraestructura existente antes eventos lluviosos, así como el análisis de la efectividad de la operación de las estaciones de bombeo y el mantenimiento de los canales y demás estructuras pertenecientes al sistema.

10.1.1 Áreas de cobertura e infraestructura existente.

10.1.1.1 Áreas de cobertura

Dentro del diagnóstico se identificaron, para ese entonces, que áreas de la zona North End contaba con infraestructura y cobertura del servicio, así como el operador del mismo (gobernación y aeronáutica civil), en la siguiente figura se muestra estas áreas de cobertura.

Figura 10-1 Áreas de cobertura del servicio año 2007.



Fuente: (Consorcio Plan Vial Caribe, 2007)/ Consultor.

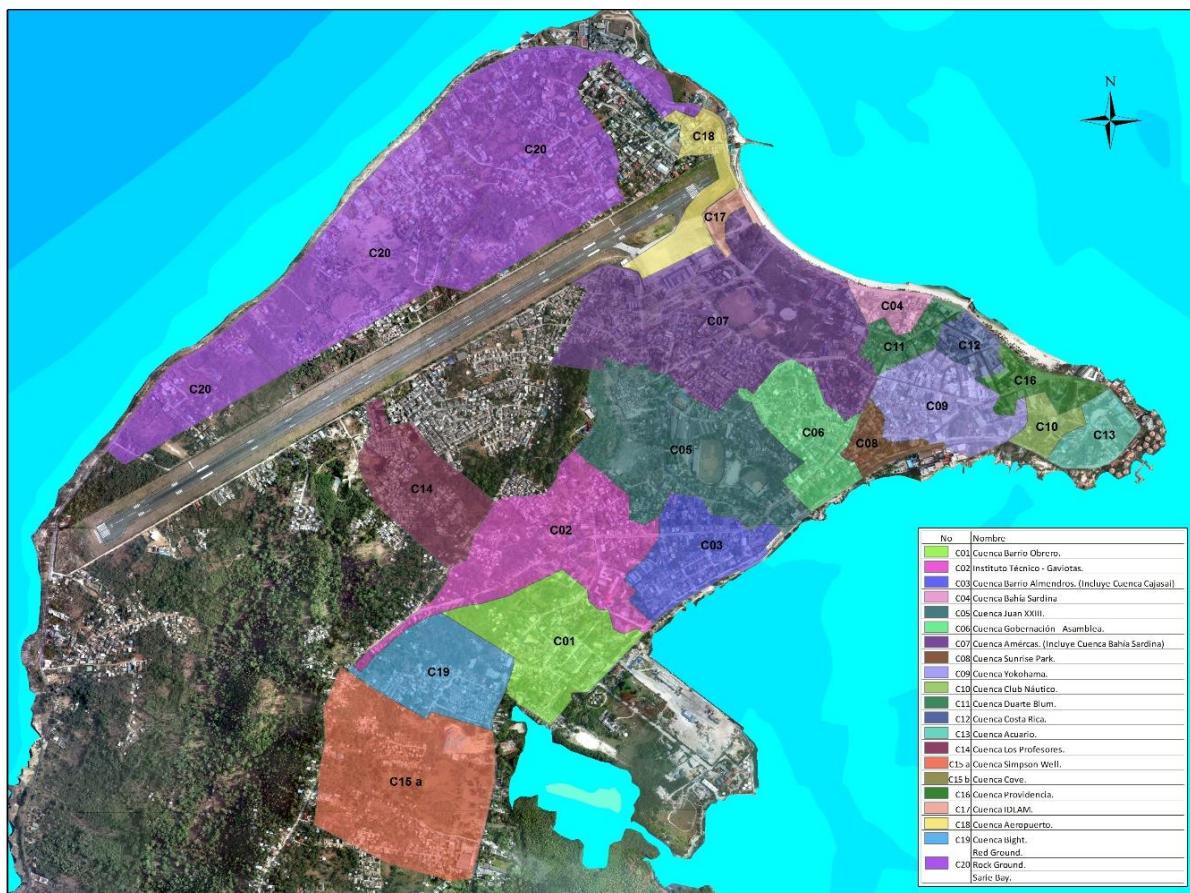
Como se observa en la Figura 10-1, Las áreas de cobertura de dividen en cuatro grandes cuencas; como se describe a continuación:

- La cuenca Oriental que cuenta con el más alto desarrollo urbanístico, comercial e industrial y presenta mayor densidad de población residente y turística, extensión de 188.8 ha, delimitada entre el cerro La Loma y las bahías de San Andrés y Sardinas. El manejo de las aguas lluvias de esta cuenca es atendida oficialmente por la Gobernación, mediante el sistema de canales y estaciones de bombeo que se encuentran dentro del perímetro de la misma.
- La cuenca central, área entre el aeropuerto y el cerro La Loma con una extensión de 23.9 ha, que drenan hacia el mar por el sector Sarie Bay, drenajes interrumpidos por la construcción del aeropuerto, lo cual generó problemas de inundación en algunos sectores que se mitigaban porque existían sectores aún sin urbanizar y por lo tanto se tenían una permeabilidad alta del suelo. Estos problemas de inundaciones se han venido incrementando precisamente por el crecimiento del desarrollo urbanístico que ha mermado las áreas de terreno permeable en la zona. En esta zona, según el diagnóstico del plan maestro, la infraestructura es escasa, la cual fue construida por la comunidad y operada por ellos mismos.

- La cuenca del aeropuerto corresponde a los predios de la pista y edificio administrativo, con el drenaje hacia el norte por el sector Sprat Bight. Con una extensión de 36.1 ha es operada por la aeronáutica civil, y en la actualidad recibe el drenaje de algunos barrios aledaños como el barrio School House.
- La cuenca occidental comprende el área entre el aeropuerto y el mar caribe, con una extensión de 124.5 ha, es la cuenca que hasta el momento del estudio presentaba menos problemas de inundación, por tener poco desarrollo urbanístico y por su conformación topográfica que facilitan el drenaje por las vías hacia el mar, sin embargo, actualmente se ha aumentado el desarrollo urbanístico de la zona, impermeabilizando suelos y aumentando la escorrentía sobre las vías. Para el momento del estudio no se contaba con ningún tipo de infraestructura para el manejo y evacuación de las aguas lluvias

Así mismo, cada gran cuenca, se subdividió en cuencas más pequeñas drenadas por la infraestructura existente, y que se dividieron de esta forma por las condiciones topográficas del terreno. En la siguiente figura se muestra las zonas de inundación y las cuencas de drenaje identificadas en el plan maestro.

Figura 10-2 Subcuencas divididas en cada gran sector de drenaje.



Fuente: (Consorcio Plan Vial Caribe, 2007)/ Consultor.

10.1.1.2 Infraestructura existente

Para el año 2007, en el diagnóstico se identificaron los canales que a la fecha se encontraban construidos y en funcionamiento para realizar la evacuación de las aguas lluvias, así mismo se puede observar la ubicación de las estaciones de bombeo que también ayudan a la evacuación de las aguas lluvias cuando se presentan eventos lluviosos de gran magnitud. Esta infraestructura corresponde a los canales y estaciones de bombeo manejados y operados por la gobernación, en la siguiente figura se puede observar esta infraestructura.

Figura 10-3 Infraestructura para el manejo y evacuación de las aguas lluvias según el diagnóstico del plan maestro.



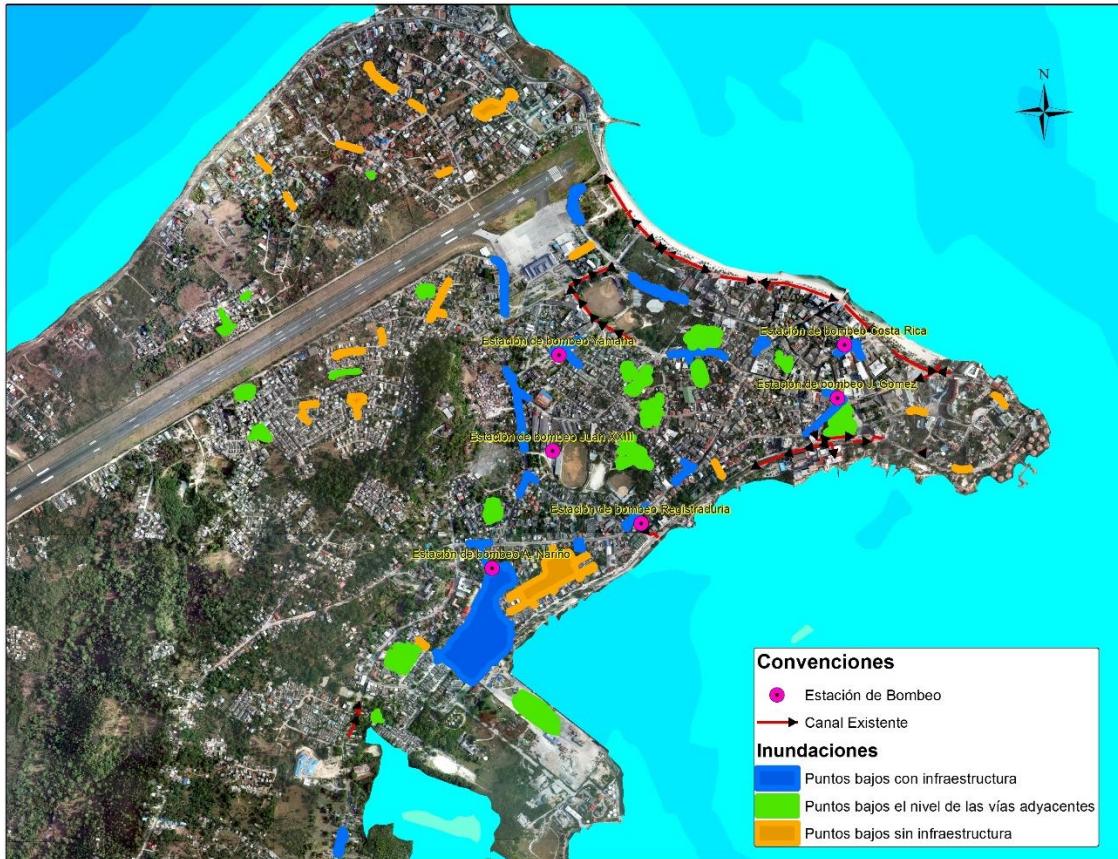
Fuente: (Consorcio Plan Vial Caribe, 2007)/ Consultor.

10.1.2 Zonas inundables

En el informe del plan maestro se identificaron varias zonas inundables, las causas de dichas inundaciones se tipificaron en tres grandes grupos:

- Predios bajo el nivel de las vías adyacentes: estas inundaciones se presentan debido al proceso de urbanización ha sido improvisado, sin ningún tipo de planeación y no se tuvieron en cuenta drenajes internos de la manzana, quedando las construcciones por debajo del nivel de la rasante de las vías perimetrales, generando la necesidad de implementación de estaciones de bombeo para evacuar las aguas lluvias que se acumulan en estos puntos. Esta situación se sigue presentando actualmente.
- Puntos bajos en las vías: son puntos bajos que corresponden a depresiones topográficas que no drenan por gravedad, o puntos bajos generados en las vías, generados por convergencia de las contrapendientes de la rasante. En algunos puntos la evacuación de las aguas lluvias acumuladas aquí se realiza mediante infiltración en el terreno o por evaporación. Esto se presenta principalmente en las cuencas central y occidental donde a la fecha del estudio no existía ningún tipo de infraestructura para su evacuación.
- Encharcamientos: este tipo de inundaciones tienen las mismas características del tipo anterior, con la diferencia que cuentan con infraestructura para la evacuación de las aguas lluvias, por medio de canales o estaciones de bombeo. Este tipo de inundación se presenta principalmente en la cuenca oriental, donde a pesar de haber implementado algún tipo de solución (canal o estación de bombeo) esta infraestructura es aún insuficiente para un manejo eficiente de las aguas lluvias.

Figura 10-4 Zonas de inundación identificadas en la zona urbana de San Andrés, según el Plan Maestro



Fuente: (Consorcio Plan Vial Caribe, 2007)/ Consultor.

10.1.3 Análisis de la capacidad hidráulica de la infraestructura existente en el Plan Maestro

10.1.3.1 Parámetros para la evaluación hidráulica.

Los parámetros para el análisis de la infraestructura existente, realizado para el plan maestro, se definieron con base en la norma RAS 2000. Por la población al año 2007, entre los parámetros evaluados se encuentra el caudal que se evacuara por las estructuras, el cual fue calculado mediante el método racional, determinando el coeficiente de escorrentía según las recomendaciones de la tabla d.4.5 del Título D del RAS, adoptando para cada UPI – Unidades de planificación Insular, contenidas en cada cuenca y subcuenca establecidas en el estudio, el respectivo coeficiente según el tipo de uso de suelo. El tiempo de concentración adoptado fue de 10 minutos.

Para evaluar los conductos y canales se usó el modelo de Manning, verificando el comportamiento hidráulico mediante un modelo de flujo gradualmente variado, aceptando como velocidad mínima 0.75 m/s y verificando que el esfuerzo cortante medio resulte mayor o igual a 0.3 kg/m² para el caudal de diseño y 0.15 kg/m² para el 10% del caudal de diseño. La velocidad máxima depende del material de construcción, oscilando entre 3 a 10 m/s para canales abiertos se verificó que la profundidad máxima no superara el 90% de la altura del conducto.

Para la evaluación de las estaciones de bombeo existentes, se tomó información de campo de las bombas instaladas, para conocer las características básicas de las mismas, y determinado el caudal de bombeo calculado a partir de la hidrología realizada para el estudio (serie de datos desde el año 1970 hasta el año 2000) se aplicó la ecuación de la energía entre el cárcamo de bombeo y el sitio de descarga de la tubería de impulsión, teniendo en cuenta el cálculo de las pérdidas por fricción con el modelo de Hazen – Williams y las pérdidas locales por accesorios y cambios de dirección se estimaron como el 10% de las pérdidas por fricción. Igualmente se calculó la potencias de las bombas determinando que la eficiencia de estas se asumiría igual a 0.70.

10.1.3.2 Resultado de la evaluación hidráulica de la infraestructura existente.

Como resultado de la evolución, se clasificó la capacidad hidráulica de los canales, colectores y estaciones de bombeo como adecuada, con observaciones o insuficiente. En la siguiente tabla se presenta los resultados de dicha evaluación.

Tabla 10-1 Evaluación capacidad hidráulica canales existentes según plan maestro.

Canal	Evaluación
Canal IDEAM	Capacidad Adecuada.
Canal Colombia No.8	Capacidad Adecuada.
Canal Américas	Capacidad adecuada pero el canal es susceptible a presentar sedimentación.
Canal Isleño	Capacidad Hidráulica Insuficiente en el último tramo de 188 m.
Canal Colombia No.7	Capacidad Adecuada.
Canal Colombia No.6	Capacidad Adecuada.
Canal Colombia No.5	Capacidad Adecuada. Puede presentar susceptibilidad a la sedimentación.
Canal Duarte Blum	Capacidad Hidráulica Insuficiente.

Canal	Evaluación
Canal Colombia No.4	Capacidad Hidráulica Adecuada.
Canal Costa Rica	Capacidad Hidráulica Insuficiente.
Canal Colombia No.3	Capacidad Adecuada. Puede presentar susceptibilidad a la sedimentación.
Canal Colombia No.2	Capacidad Adecuada. Puede presentar susceptibilidad a la sedimentación.
Canal Colombia No.1	Capacidad Hidráulica Adecuada.
Canal Providencia	Capacidad Hidráulica Adecuada.
Canal Club Náutico	Capacidad Hidráulica Adecuada.
Canal Sun Rice No.1	Capacidad Hidráulica Adecuada, con tendencia a presentar sedimentación.
Canal Salvador	Capacidad Hidráulica adecuada excepto al inicio del canal donde el flujo sobrepasa la altura del canal. Presenta susceptibilidad a la sedimentación.
Canal Yokohama	Presenta insuficiencia en su capacidad hidráulica en el último tramo ($L=63.0$ m) por tener pendiente muy baja.
Canal Barracuda	Capacidad Hidráulica Insuficiente.
Canal Gobernación	Capacidad Hidráulica Insuficiente en el tramo Inicial ($L = 77.8$ m). Tendencia a la sedimentación en los primeros 114 metros iniciales.
Canal Asamblea	Capacidad Hidráulica Insuficiente.
Canal Policía	Capacidad Adecuada.
Canal Sunrice No.2	Capacidad Adecuada. Puede presentar susceptibilidad a la sedimentación.
Canal Juan XXIII	Capacidad Hidráulica Insuficiente en los últimos 37.0 m.
Canal Juan XXIII No. 2	Capacidad Hidráulica Insuficiente en el tramo entre las abscisas K0+000 – K0+105. Presenta pendiente adversa.
Canal Cajasai	Capacidad Hidráulica Adecuada, solo se presenta insuficiencia en los primeros 30 metros.
Canal Colegios	Capacidad Hidráulica Insuficiente.
Canal Instituto Técnico	Capacidad Hidráulica Adecuada excepto tramo inicial $L = 120$ m por pendiente baja.
Canal Obreros No.1	Capacidad Hidráulica Insuficiente.
Colector Obreros No.2	Capacidad Hidráulica Insuficiente.
Canal Bight No.1	Capacidad Hidráulica Adecuada, con tendencia a presentar sedimentación.
Canal Bight No.2	Capacidad Hidráulica Adecuada, con tendencia a presentar sedimentación.
Canal Bight No.3	Capacidad Hidráulica Adecuada, con tendencia a presentar sedimentación.
Canal Bight No.4	Capacidad Hidráulica Adecuada.

Fuente: (Consorcio Plan Vial Caribe, 2007)

En general las razones para que los canales no cumplan con los requerimientos de RAS se deben a lo siguiente;

- La topografía no es favorable en algunos tramos, ya que las pendientes son mínimas en algunos puntos sin pendiente alguna.
- Los puntos de descarga o descoles no se pueden profundizar o cambiar sus dimensiones más ya que se encuentran a nivel del mar
- Con estas pendientes (entre 0.02 a 0.4%) y la geometría de los canales no se cumple con la velocidad mínima y con el esfuerzo cortante.

Dadas los anteriores argumentos, los canales con la configuración que se tenía al año 2007, no son aptos para realizar la evacuación de las aguas lluvias a gravedad y por esto se han tenido que implementar estaciones de bombeo, las cuales siguen sin solucionar de manera integral el problema de inundaciones que se sigue presentando en la Isla, en el sector Nort End.

En cuanto a las estaciones de bombeo, en la siguiente tabla se presenta la evaluación hidráulica realizada en el estudio del Plan Maestro.

Tabla 10-2 Características estaciones de bombeo existentes según el Plan Maestro

Estación De Bombeo	Potencia Total Existente (HP)	Diámetro Existente	Longitud Línea De Impulsión (M)	Caudal - Q (l/s)
Análisis Estación de Bombeo Yamaha ó Taller Departamental	24 HP + 15 HP = 39 HP	8 pulg	178,50	985
Análisis Estación de Bombeo Costa Rica	5 HP + 5 HP = 10 HP	6 pulg	43,40	581
Análisis Estación de Bombeo JUAN XIII	75 HP + 75 HP = 150 HP	24 pulg	537,60	1271
Análisis Estación de Bombeo Antonio Nariño	15 HP	8 pulg	220,45	1538
Análisis Estación de Bombeo J. GOMEZ	5 HP + 5 HP = 10 HP	4 pulg	36,00	1025
Análisis Estación de Bombeo REGISTRADURÍA	24 HP + 12 HP = 36 HP	8 pulg	85,40	436

Fuente: (Consorcio Plan Vial Caribe, 2007)

Tabla 10-3 Evaluación hidráulica de las estaciones de bombeo existentes según el Plan Maestro

Estación De Bombeo	Potencia Requerida (HP)	Diámetro Requerido (pulg)						
Análisis Estación de Bombeo Yamaha o Taller Departamental	50 HP	30"	2 X 26 HP	2 X 24"	3 X 20 HP	3 X 20"		
Análisis Estación de Bombeo Costa Rica	15 HP	24"	2 X 10 HP	2 X 18"	3 X 10 HP	3 X 14"	4 X 8 HP	4 X 12"
Análisis Estación de Bombeo JUAN XIII	86 HP	30"	2 X 46 HP	2 X 24"	3 X 35 HP	3 X 20"	4 X 25 HP	4 X 18"
Análisis Estación de Bombeo J. GOMEZ	145 HP	16"	2 X 10 HP	2 X 22"	3 X 7 HP	3 X 18"		
Análisis Estación de Bombeo REGISTRADURÍA	77 HP	12"	2 X 25 HP	2 X 10"				
Análisis Estación de Bombeo Antonio Nariño	40 HP	40"	2 X 25 HP	2 X 28"	3 X 16 HP	3 X 24"		

Fuente: (Consorcio Plan Vial Caribe, 2007)

10.1.3.3 Análisis de resultados de la evaluación hidráulica

Según las tablas de resultados de los análisis realizados a la infraestructura existente, los canales que no cumplen en general son por deficiencias en la capacidad hidráulica, por problemas de pendientes y por sedimentación por falta de mantenimiento preventivo. Pero en otros puntos los problemas presentados tienen una mayor magnitud como se comenta a continuación.

- **Canal Ideam:** según la evaluación, tiene capacidad adecuada con tendencia a la sedimentación, pero su falla se produce no por falta de capacidad sino principalmente a que en la zona de su descarga, se genera una barrera de arena generada por la dinámica del mar y la playa en esa zona. Esta situación se sigue presentando en la actualidad.
- **Canal Colombia # 8:** al igual que el canal ideam, se tiene adecuada capacidad hidráulica, el problema es que a este canal ingresan grandes cantidades de arena en el punto de captación de aguas lluvias, debido a su cercanía a la playa, lo que ocasiona una rápida sedimentación del mismo. Este fenómeno sigue ocurriendo en la actualidad.
- **Canal Isleño:** aunque presenta adecuada capacidad hidráulica en la mayor parte de su longitud, el último tramo no cumple con los requerimientos y es por esto que se presentaban inundaciones en la zona aledaña al mismo. Este problema se encuentra mitigado actualmente debido a que ya se realizó la reconstrucción de este canal
- **Canal Colombia #7:** además de presentar las mismas condiciones del canal Colombia #8, se le tiene una baja pendiente al inicio del canal, aumentando la posibilidad de sedimentación desde este punto y por lo tanto reduciendo su capacidad de transporte. Esta situación sigue persistiendo en la actualidad.
- **Canales Colombia # 1, 4, 5 y 6:** estos canales presentan el mismo problema de los canales # 7 y #8, arrastre de arenas al inicio de los mismos, lo que genera sedimentación de los mismos y su consecuente disminución de la capacidad hidráulica. Esta situación se sigue presentando en la actualidad.
- **Canal Colombia #3:** este canal presenta una adecuada capacidad hidráulica, el problema es que descarga al canal Costa Rica, el cual no tiene una capacidad hidráulica suficiente, por lo tanto se corre el riesgo de que se generen remansos, disminuyendo su eficiencia para la evacuación de las aguas lluvias. Esta situación se sigue presentando en la actualidad.
- **Canal Juan XXIII:** el canal presenta insuficiencia en la capacidad hidráulica en su último tramo, actualmente opera como bypass de la estación de bombeo. Esta situación se sigue presentando en la actualidad.
- **Estaciones de Bombeo:** Con respecto a las estaciones de bombeo, según el análisis realizado, todas presentan insuficiencia hidráulica, lo que se ve reflejado en la ineficiente evacuación de las aguas lluvias cuando se presentan eventos lluviosos. Esta situación persiste en la actualidad. Adicionalmente ninguna de las estaciones cuenta con sistemas automáticos para su encendido y apagado, esta operación aún se realiza de manera manual.

10.2 Obras de drenaje propuestas para el alcantarillado pluvial.

10.2.1 Drenajes.

Dentro de las obras propuestas en el plan maestro, se proyectaron obras para el manejo de las aguas lluvias por cada subcuenca definida. A continuación se presenta el listado de las obras proyectadas:

- Cuenca Barrio Obreros.

Se proyectan seis canales, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 10-4 Obras proyectadas cuenca Barrio Obreros

Obra proyectada	Longitud (m)	Descole o entrega
Canal Obrero 1	464	Muelle sobre Av Newball
Canal Obrero 2	127	Canal Obrero 1
Canal Obrero 3	40.5	Canal Obrero 6
Canal Obrero 4	77	Canal Obrero 1
Canal Obrero 5	117	Canal Obrero 1
Canal Obrero 6	253	Bahia Hooker

Fuente: (Consorcio Plan Vial Caribe, 2007)

- Cuenca Instituto Técnico – Gaviotas

Se incluye el planteamiento de Hidroplan Ltda, en donde proyectan una trampa de sedimentos alimentada por tres interceptores, drenando a gravedad por medio de una tubería de 42" en una longitud de 320 m, cambiando de sección a un box de 1.5x1m hasta el descole en el muelle de la Av. Newball. Se proyecta eliminar el canal que actualmente drena esta cuenca (Canal Instituto Técnico), construyendo en su lugar un nuevo canal denominado "canal Instituto Técnico – Gaviotas" con una longitud de 438 m. la estación de bombeo Antonio Nariño y el canal Colegios quedarían fuera de servicio.

- Cuenca Almendros – CAJASAI.

Se proyectan 5 canales, como se muestra en la siguiente tabla

Tabla 10-5 Obras proyectadas cuenca Almendros Cajasai

Obra proyectada	Longitud (m)	Descole o entrega
Canal Almendros 1	121.3	Muelle sobre Av Newball
Canal Almendros 2	96.6	Muelle sobre Av Newball
Canal Almendros 3	22.4	Muelle sobre Av Newball
Canal Almendros 4	24	Muelle sobre Av Newball
Canal Cajasai	180.75	Muelle sobre Av Newball

Fuente: (Consorcio Plan Vial Caribe, 2007)

- Cuenca Juan XXIII.

Se plantean dos sistemas, uno que drena hacia la estación de Bombeo Juan XXIII y otro que drene hacia la estación de bombeo de la Registradora. Las obras propuestas se describen en la siguiente tabla

Tabla 10-6 Obras Proyectadas cuenca Juan XXIII

Obra proyectada	Longitud (m)	Descole o entrega
Canal Juan XXIII - 1	283	E.B Juan XXIII
Canal Juan XXIII - 2	589	E.B. Registradora
Canal M Perez	283	Canal Juan XXIII - 2
Canal Barrio Modelo	279	Canal Juan XXIII - 2

Fuente: (Consorcio Plan Vial Caribe, 2007)

- Cuenca Gobernación Asamblea.

Se proponen dos canales para drenar por gravedad hacia la Av Newball. Las obras propuestas se describen en la siguiente tabla

Tabla 10-7 Obras Proyectadas cuenca Gobernación Asamblea

Obra proyectada	Longitud (m)	Descole o entrega
Canal Norte Cl 6	290	Muelle sobre Av Newall
Canal Sur Cl 6	155	Muelle sobre Av Newall

Fuente: (Consorcio Plan Vial Caribe, 2007)

- Cuenca Humedal - Américas.

Se propone dividir la cuenca en 7 áreas de drenaje más pequeñas para distribuir en una nueva infraestructura planteada, el drenaje del total de la cuenca. En cada división se plantean obras como se muestra en la siguiente tabla

Tabla 10-8 Proyectadas cuenca Humedal - Américas

Cuenca	Obra proyectada	Longitud (m)	Descole o entrega
Drenaje School House	Canal School House 1	479	E.B School House (proyectada) a Humedal
	Canal School House 2	353.69	E.B School House (proyectada) a Humedal
Drenaje Yamaha	Canal Yamaha 1	62.35	E.B Departamental o Yamaha a Humedal
	Canal Yamaha 2	113.4	E.B Departamental o Yamaha a Humedal
	Canal Yamaha 3	188.5	E.B Departamental o Yamaha a Humedal
Drenaje Américas	Modificación últimos 35 metros del canal Américas existente	35	Bahía Sprat Bight
	Canal Américas 1	116.68	Canal Américas
	Canal Isleño 2	85	Canal Américas
Canal Isleño 1	Reconstrucción	628.58	Humedal
Drenaje Bahía Sardina	Canal Kr 5	430	Canal Bahía Sardina

Fuente: (Consorcio Plan Vial Caribe, 2007)

- Cuenca Sunrise Park.

Se propone reconstruir el “Canal Policía”, como se describe en la siguiente tabla

Tabla 10-9 Proyectadas Cuenca Sunrise Park

Obra proyectada	Longitud (m)	Descole o entrega
Canal Policía	138.72	Muelle sobre Av Newball

Fuente: (Consorcio Plan Vial Caribe, 2007)

- Cuenca Yokohama.

Se proyecta un nuevo canal, como se describe en la siguiente tabla

Tabla 10-10 Obras Proyectadas cuenca Yokohama

Obra proyectada	Longitud (m)	Descole o entrega
Canal barracuda	350	Muelle sobre Av Newball

Fuente: (Consorcio Plan Vial Caribe, 2007)

- Cuenca Club Náutico.

Se proyecta un nuevo canal, como se describe en la siguiente tabla

Tabla 10-11 Obras Proyectadas cuenca Club Náutico

Obra proyectada	Longitud (m)	Descole o entrega
Canal Náutico 1	139.48	Muelle sobre Av Newball
Canal Náutico 2	13.20	Muelle sobre Av Newball
Canal Náutico 3	135	Muelle sobre Av Newball

Fuente: (Consorcio Plan Vial Caribe, 2007)

- Cuenca Duarte Blum.

Se proyecta reconstruir el canal (303) existente aumentando el ancho de las sección transversal desde el inicio del canal en una longitud de 293 m, como se describe en la siguiente tabla

Tabla 10-12 Obras Proyectadas cuenca Duarte Blum

Obra proyectada	Longitud (m)	Descole o entrega
Canal Duarte Blum	293	Canal Colombia 4

Fuente: (Consorcio Plan Vial Caribe, 2007)

- Cuenca Costa Rica.

Se proyecta reconstruir el canal existente aumentando el ancho de la sección transversal para evitar el uso de la estación de bombeo existente como se describe en la siguiente tabla

Tabla 10-13 Obras Proyectadas cuenca Costa Rica

Obra proyectada	Longitud (m)	Descole o entrega
Canal Costa Rica	149.48	Muelle sobre Av Newball

Fuente: (Consorcio Plan Vial Caribe, 2007)

- Cuenca Sector Los Profesores.

Se proyecta reconstruir el canal existente aumentando el ancho de la sección transversal para evitar el uso de la estación de bombeo existente como se describe en la siguiente tabla

Tabla 10-14 Obras Proyectadas cuenca Los Profesores

Obra proyectada	Longitud (m)	Descole o entrega
Colector Profesores Ø40"	261.16	E. B. Los Profesores (proyectada)

Fuente: (Consorcio Plan Vial Caribe, 2007)

- Cuenca Simpson Well.

Se proyecta construir cuatro alcantarillas que drenen los cuatro sectores en los que se dividió la cuenca. Estas alcantarillas entregan a los drenajes naturales existentes en la zona como se describe en la siguiente tabla

Tabla 10-15 Obras Proyectadas cuenca Simpson Well

Obra proyectada	Sección	Descole o entrega
Alcantarilla Sector Cove 1	1.00mx1.00m	Drenaje sentido oriente -occidente
Alcantarilla Sector Cove 2	Ø24"	Drenaje sentido oriente -occidente
Alcantarilla Sector Cove 3	1.00mx1.00m	Drenaje sentido occidente - oriente
Alcantarilla Sector Simpson Well	2.50mx1.00m	Drenaje sentido occidente - oriente

Fuente: (Consorcio Plan Vial Caribe, 2007)

- Cuenca Ideam.

Se proyecta construir un tramo de canal inicial y reconstruir el canal existente cambiando las bateas para mejorar el drenaje de la zona, como se describe en la siguiente tabla

Tabla 10-16 Obras Proyectadas cuenca Ideam

Obra proyectada	Longitud (m)	Descole o entrega
Canal Ideam	175	Canal Colombia #9

Fuente: (Consorcio Plan Vial Caribe, 2007)

- Cuenca Bight

Se proyecta construir un nuevo canal para reforzar el drenaje de esta zona, como se describe en la siguiente tabla

Tabla 10-17 Obras Proyectadas cuenca Bight

Obra proyectada	Longitud (m)	Descole o entrega
Canal Bight 4	314	Humedal

Fuente: (Consorcio Plan Vial Caribe, 2007)

- Cuenca Sarie Bay

Se proyecta construir una serie de colectores que drenen la zona de inundación localizada entre la Cr 17 y las cll 2 y Cll3. También se proyecta un canal para mejorar el drenaje en la zona, como se describe en la siguiente tabla

Tabla 10-18 Obras Proyectadas cuenca Sarie bay

Obra proyectada	Longitud (m)	Descole o entrega
Canal Sarie Bay 1	483	Arrecife Av. Circunvalar

Fuente: (Consorcio Plan Vial Caribe, 2007)

- Cuenca Red Ground

Se proyecta construir 5 canales que drenaran hacia la infraestructura de drenaje de la Av. Circunvalar para mejorar el drenaje en la zona, como se describe en la siguiente tabla

Tabla 10-19 Obras Proyectadas cuenca Red Ground

Obra proyectada	Longitud (m)	Descole o entrega
Canal CII 8	90	Drenaje Av. Circunvalar
Canal CII 10	650	Drenaje Av. Circunvalar
Canal CII 1	298.3	Drenaje Av. Circunvalar
Canal CII 15	179	Drenaje Av. Circunvalar
Canal CII 16	150.6	Drenaje Av. Circunvalar
Canal CII 18	164.4	Drenaje Av. Circunvalar

Fuente: (Consorcio Plan Vial Caribe, 2007)

- Cuenca Natania

Se proyecta construir un canal en el sector de Back Road Parte Alta, el canal drenará en sentido norte-sur hasta una trampa retenedora de sedimentos (Desarenador). A partir del Desarenador continúa una línea de impulsión de diámetro $\varnothing=39"$, hasta interceptar la línea de impulsión que viene desde la estación de bombeo y a partir de allí continúa la línea de impulsión con un diámetro $\varnothing=60"$ hasta entregar al arrecife en la Avenida Circunvalar. El canal se describe a continuación

Tabla 10-20 Obras Proyectadas cuenca Red Ground

Obra proyectada	Longitud (m)	Descole o entrega
Canal Back Road	600	Desarenador proyectado

Fuente: (Consorcio Plan Vial Caribe, 2007)

En cuanto a las estaciones de bombeo, se proyectaron las siguientes obras de mejora, ampliación y nuevas estaciones de bombeo, incluyendo la estación proyectada por Hidroplan Ltda.

- Estación de Bombeo Sarie Bay 1 y 2: se proponen dos nuevas estaciones en este sector
- Estación de Bombeo Diseñada por hidroplan: cerca al sector los profesores, se implementaría una nueva estación de bombeo, que drena hacia el mar por medio de tubería de impulsión

paralela al aeropuerto, a esta misma tubería de impulsión se le une la proveniente de la E.B Los Profesores

- Estación de Bombeo Profesores: aunque esta estación de bombeo existe, actualmente no es operada por la gobernación, y no se proyectó ninguna obra de mejora, solo se estableció la construcción de un colector nuevo y su llegada a esta estación.
- Estación de Bombeo J Gomez: se proyecta retirar la estación de bombeo actual y ubicar al frente una nueva con mayor capacidad
- Estación de Bombeo Costa Rica: no se proyectaron obras de mejora.
- Estación de Bombeo Juan XXII no se proyectaron obras de mejora
- Estación de Bombeo School House: se proyectó una nueva estación de bombeo para el drenaje de este sector.
- Estación de Bombeo Yamaha o Taller Departamental: se proyecta retirar los equipo de la estación de bombeo actual y e instalar unos con mayor capacidad
- Estación de Bombeo Registraduría se proyecta retirar los equipos de la estación de bombeo actual e instalar unos con mayor capacidad

En la siguiente figura se pueden observar los canales y estaciones de bombeo proyectados.

Figura 10-5 Infraestructura proyectada según el plan maestro.



Fuente: (Consorcio Plan Vial Caribe, 2007)/Consultor

10.2.2 Obras complementarias

Adicional a las obras mencionadas en la sección anterior, el plan maestro proyecto otras obras como la arborización de los humedales que reciben los canales El Isleño 1 y canal Eight 4 mediante la siembra de árboles nativos que ayudaran a recuperar la zona. También recomiendan sembrar gramíneas de tallos finos para estabilizar y recuperar el suelo.

Igualmente se planteó que para los canales que entregan en las zonas de playas, no se implementará ningún tipo de estructura, y se proyectó dejar que la entrega de estos canales actúen como un drenaje natural, esto para evitar que con las obras se genere contaminación visual o que pueda generar inconvenientes en la movilidad en las playas concurridas por los turistas y residentes.

10.3 Análisis de la situación actual del sistema de alcantarillado pluvial

En este capítulo se realiza un análisis a la situación actual del sistema de alcantarillado pluvial, mediante información secundaria, y así establecer los estudios complementarios para incluir el manejo del agua lluvia de la isla a la gestión integral del recurso hídrico.

10.3.1 Análisis del sistema de alcantarillado pluvial.

10.3.1.1 Canales, colectores y estaciones de bombeo

Dentro de la información suministrada, específicamente del Plan Maestro, se obtuvo información de la topología de la red de canales, colectores y estaciones de Bombeo, se incluye información de dimensiones, longitudes y potencia de las bombas instaladas, con lo cual se realizó el análisis hidráulico, se dedujeron capacidades y se proyectaron las obras mencionadas en la sección anterior.

Al realizar la revisión de la información hidrológica con la cual estimaron los caudales que se drenarían e impulsarían por las diferentes estructuras, se evidencio que las curvas de intensidad - duración - Frecuencia IDF utilizadas para la determinación de dichos caudales, fueron tomadas del IDEAM, entidad que elaboró estas curvas a partir de la información de la estación ubicada en el Aeropuerto Gustavo Rojas Pinilla, con información de un periodo que comprende 29 años, desde 1970 hasta el año 2000.

Se considera que para realizar la evaluación hidráulica de estas estructuras es necesario actualizar la información hidrológica, ya que las curvas elaboradas por el IDEAM no incluyen un periodo importante de 15 años (2000-2015) periodo en el cual se han presentado diferentes fenómenos, en especial el Fenómeno del Niño del 2011, en donde se presentaron eventos lluviosos de gran magnitud en todo el territorio nacional que pusieron a prueba la infraestructura de servicios públicos como acueducto y alcantarillado y otras como vías y construcciones urbanas. Con estos eventos los caudales pueden diferir de los usados por en el Plan Maestro.

Se recomienda, para la fase de estudios complementarios, la inclusión del estudio de hidrología y cálculo de caudales de aguas superficiales, para realizar la evaluación de la infraestructura

existente, incluyendo las obras que a la fecha se han ejecutado bajo el marco del Plan Maestro, esto con el objeto de incluir los grandes eventos mencionados y determinar la capacidad de dicha infraestructura ante estos eventos extremos.

En la siguiente tabla se relacionan las estaciones de bombeo existentes con algunos comentarios de su estado actual.

Tabla 10-21 Estado actual estaciones de bombeo sistema pluvial

Estación de bombeo	Año de instalación	observaciones
E.B Registraduría	1986	Se realizó cambio de las unidades de bombeo en el 2008, pero se dejaron con la misma capacidad, en el Plan Maestro recomiendan el aumento de la potencia de esta estación.
E.B. Yamaha o Departamental	1987	No se han renovado equipos, solo mantenimiento.
E.B Juan XXIII	1996	No se han renovado equipos, solo mantenimiento y mejoras estructurales en la caseta de bombeo
E.B Aeropuerto	1993	Se realizó renovación de algunos equipos y reparación de otros en el año 2007. Todos los equipos nuevos se dejaron con la misma capacidad
E.B J Gomez	1990	No se han renovado equipos, solo mantenimiento.
E.B Costa Rica	1990	No se han renovado equipos, solo mantenimiento.
E.B Profesores	-	Sistema instalado y operado por la comunidad. La descarga la realiza a sumideros o drenajes naturales.
E.B Back Road parte Baja	-	Sistema instalado y operado por la comunidad. La descarga la realiza a sumideros o drenajes naturales.

Fuente: Gobernación, secretaria de infraestructura.

10.3.1.2 Operación y mantenimiento de los sistemas.

La operación y mantenimiento de la infraestructura para el manejo de las aguas lluvias está a cargo de la Gobernación de San Andrés, que en la actualidad aún no cuenta con el personal suficiente para realizar dicha actividad como se evidenció en el Plan Maestro. La prioridad sigue siendo la operación y mantenimiento de las estaciones de bombeo, administradas por el profesional especializado Ing Orbill Duffis, y como se mencionó anteriormente, estas estaciones no cuentan con sistemas automatizados para su encendido y apagado, por lo tanto, esto lo sigue realizando el operador de turno cuando se presentan eventos lluviosos.

La labor de mantenimiento de los canales se realiza de manera incidental, es decir, cuando la capacidad de transporte de estas estructuras se ve muy disminuida y las quejas de la comunidad aumentan, se dispone entonces una cuadrilla de trabajadores para realizar las labores de limpieza de estos canales. Adicionalmente la Gobernación no cuenta con el personal suficiente para adelantar labores de mantenimiento preventivo en estas estructuras.

10.3.2 Obras construidas según lo planteado en el Plan Maestro.

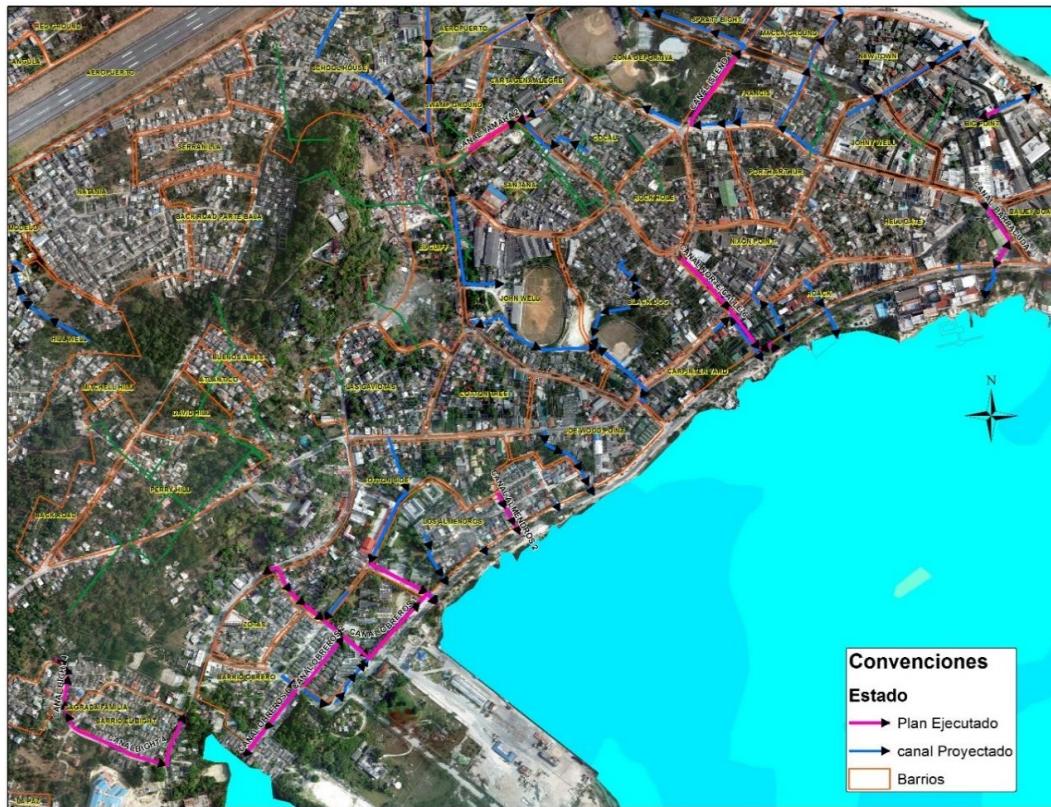
Según información recibida por parte de la Gobernación de san Andrés, a la fecha se encuentran construidas las siguientes obras:

Tabla 10-22 Obras construidas según lo planteado en el Plan Maestro

Obra Construida	Longitud (m)	Descole o entrega
Canal Obrero 1	464	Muelle sobre Av Newball
Canal Obrero 2	127	Canal Obrero 1
Canal Obrero 6	253	Bahia Hooker
Canal Almendros 2	96.6	Muelle sobre Av Newball
Canal Gaviotas – Instituto Técnico	140 m de 438 proyectados	Muelle sobre Av Newball
Canal Norte Cl 6	290	Muelle sobre Av Newall
Canal Yamaha 2	113.4	E.B Departamental o Yamaha a Humedal
Canal Isleño 1 (reconstrucción)	628.58	Humedal
Canal barracuda	350	Muelle sobre Av Newball
Canal Costa Rica	149.48	Muelle sobre Av Newball
Canal Bight 4	314	Humedal

Fuente: Gobernación, secretaria de infraestructura.

Según la tabla anterior, de las 45 obras proyectadas (solo canales y colectores) se han construido a la actualidad 11 canales, de las cuales el Canal Isleño (punto de problemas de importante magnitud) ya se reconstruyó mitigando los problemas que se presentaban en la zona. En la siguiente figura se muestra la ubicación espacial de las obras llevadas a cabo hasta la fecha.

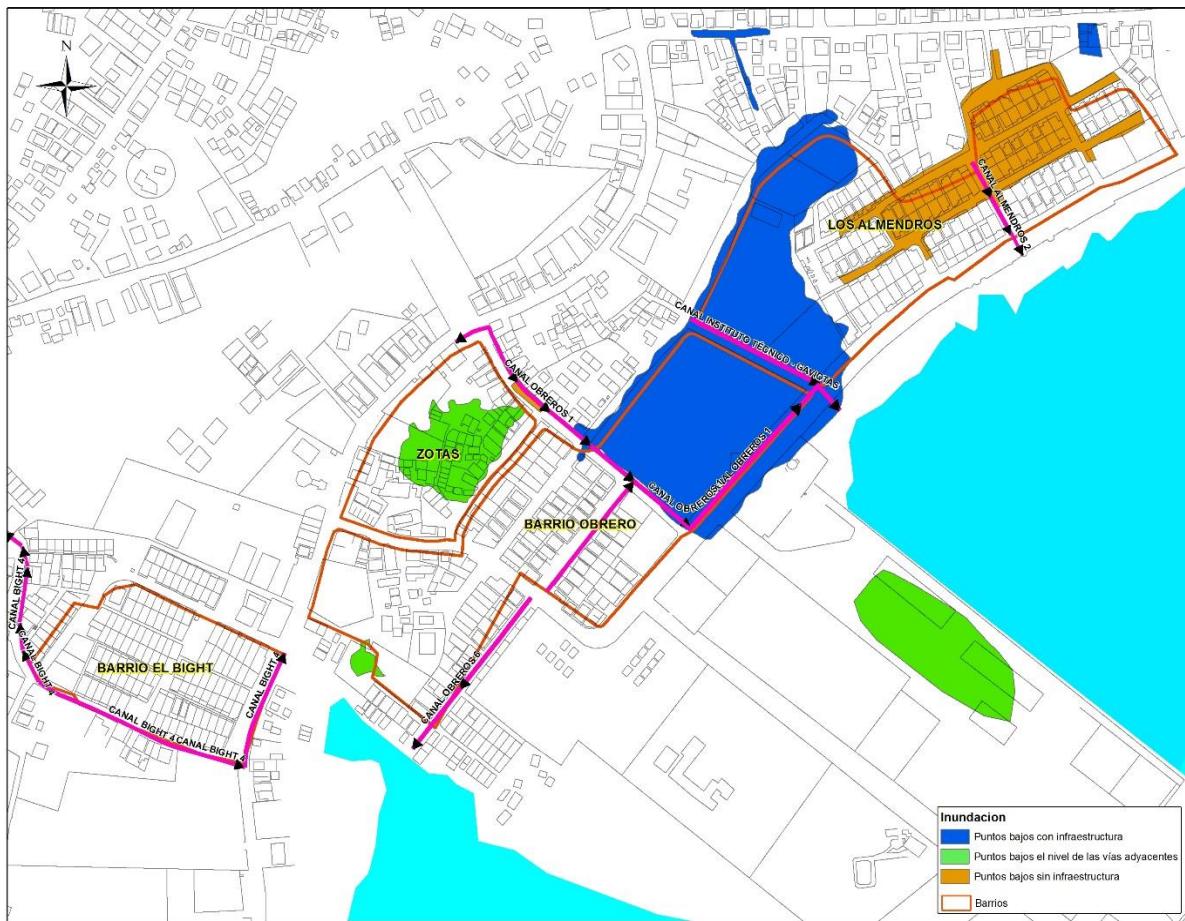
Figura 10-6 Obras construidas hasta la fecha para el manejo de aguas lluvias


Fuente: Gobernación, secretaria de infraestructura/Consultor

Como se observa las obras llevas a cabo son principalmente en el barrio obrero, El Bight y barrio almendros, es decir los canales Obrero 1, 2 y 6, Canal Almendros 2, canal Gaviotas – Instituto Técnico y Canal Bight 4 que aunque no se menciona con profundidad la problemática de este sector en el Plan maestro, en este punto constantemente se presentan inundaciones debido a que, según información otorgada por la Gobernación, este punto era un humedal el cual fue rellenado con el material extraído del dragado del canal de ingreso al muelle de carga de San Andrés, ubicado frente a este barrio. Con las obras construidas esta problemática se ha visto mitigada; cabe aclarar que toda el agua lluvia que se maneja con estas nuevas obras es redirigida directamente al mar.

Estas acciones, aunque permitieron el desarrollo urbanístico de la zona y la mejora de la Av Newball en este punto, trajo también como consecuencia las inundaciones, pues las construcciones quedaron en un punto más bajo que la Av. Newball y al ser el humedal una zona natural de amortiguación de los altos caudales producidos por eventos lluviosos, cuando estos ocurren las aguas por escorrentía llegan a este punto, y al no tener áreas para infiltración o que actúen como reservorio. Esta zona fue identificada como una de las zonas en donde se presentaban inundaciones y que existía infraestructura insuficiente para su mitigación. En la siguiente figura se muestran los canales de esta zona y las zonas inundables identificadas en el plan maestro, las cuales corresponden al relleno del antiguo humedal.

Figura 10-7 Canales construidos barrio obrero y almendros



Fuente: Gobernación, secretaría de infraestructura/Consultor

En la figura anterior se observa que en esta zona existen grandes áreas de inundación, lo que sucede debido al relleno del humedal que existía antes de la construcción del muelle y del dragado para barcos de gran calado, como se mencionó anteriormente.

Otro punto en donde se identificaron constantes inundaciones es en la intersección de la Calle 6 con Cra 6, para este punto también se encuentra ya construido el canal Cll 6 Norte, que desde su puesta en marcha ha ayudado a evacuar las aguas lluvias, pero aún siguen presentando inundaciones cuando se presentan eventos lluviosos muy intensos y de larga duración. El otro canal es el Yamaha 2, el cual entrega a la actual estación de bombeo y la reconstrucción del canal Isleño 1 y el aumento de su longitud al inicio del mismo, estos dos canales han permitido evacuar de manera eficiente las aguas lluvias de estas zonas. Lo mismo sucede con los canales Barracudas y Costa Rica. Todas estas obras están planteadas para evacuar el agua lluvia hacia el mar.

En cuanto a las obras de las estaciones de bombeo a la fecha no se ha llevado a cabo ninguna de las propuestas en el Plan Maestro mencionadas en la sección anterior, con excepción de la estación de bombeo de la Registraduría, que para el año 2008 se realizó el cambio de los equipos de bombeo, con la misma potencia de los que anteriormente existían.

10.3.3 Análisis del planteamiento de las soluciones propuestas en el Plan Maestro.

Como se ha venido mencionando, todas las obras propuestas dentro del plan maestro están dirigidas para solucionar los problemas de inundación que se presentan en la isla, pensadas en la evacuación del agua lluvia directamente hacia el mar, en diferentes puntos a lo largo de la costa de la isla. Por un lado se generan problemas de erosión de las playas, en los puntos en donde se generan descargas de los canales, pues cuando se presentan los eventos lluviosos de gran intensidad, los caudales generados pueden llegar a ser muy grandes y se evacuan con grandes velocidades por los canales existentes y recientemente construidos, esto genera un arrastre de la arena de la playa que a largo plazo puede generar la afectación de la misma. Esto se pudo evidenciar en las diferentes visitas que el consultor ha realizado a la Isla

Es importante resaltar que este planteamiento de solución de manejo de aguas lluvias no proyecta propuestas para el aprovechamiento de este recurso, es decir, en San Andrés existe la cultura por parte de la población de realizar la recolección y almacenamiento de aguas lluvias que captan con sus techos o sistemas, pero la gran mayoría de caudales de aguas lluvias que se generan, especialmente en la parte urbana, son recolectados por los canales y direccionados al mar, desperdimando este valioso recurso. Como se ha venido comentando en capítulos anteriores, el agua dulce es escasa en la isla y cada vez se tienen más problemas para su obtención desde los acuíferos existentes, como se evidencia en los pozos de abastecimiento de la planta Duppy Gully.

Con lo anterior se puede concluir que la gestión del recurso hídrico en cuanto a las aguas lluvias que se realiza en San Andrés, se lleva a cabo de manera incidental, es decir, esta gestión está pensada solo para solucionar problemas de inundaciones que se presentan en los diferentes sectores identificados en el Plan Maestro, pero en ningún momento se plantea un aprovechamiento, ni para el consumo de actividades humanas, como para recuperación de ecosistemas.

Teniendo en cuenta la escasez de este recurso, se puede establecer que el manejo institucional actual va en contravía de la gestión integral del recurso hídrico y del aprovechamiento sostenible del mismo, pues se siguen explotando los acuíferos, pero no se realizan acciones para su mantenimiento y recuperación más allá de la gestión de CORALINA cuya función (entre otras) se encarga del control de las concesiones de explotación, que se dirigen a no permitir la extracción del agua durante determinado tiempo, pero estas son acciones a corto plazo que no solucionan los problemas de escasez del recurso ni contribuyen de manera eficaz a una equilibrada explotación del mismo.

Este esquema de gestión es necesario cambiarlo y renovarlo, para poder realizar un aprovechamiento sostenible del recurso, pero esto requiere de grandes inversiones y de un cambio estructural en la política del manejo de los sistemas, como el de agua lluvia, teniendo en cuenta el objeto de esta consultoría, y realizado el análisis del estado de la infraestructura de aguas lluvias de la isla, se recomienda que en la etapa de estudios complementarios se realicen los estudios necesarios para establecer la posibilidad de aprovechamiento de este recurso a gran escala, es decir, no solo el aprovechamiento que hace cada habitante de la isla, sino desde el punto de vista institucional, generar acciones y obras para la recolección y aprovechamiento del mismo.

Entre las alternativas a estudiar se recomienda tener en cuenta:

- Aprovechamiento de la infraestructura existente (estaciones de bombeo) pero cambiando su esquema, para, en vez de impulsar y desperdiciar el agua lluvia, se realice una inyección al acuífero desde estas estaciones, esta propuesta debe ser analizada desde el punto de vista hidrogeológico, ambiental, social e institucional.
- Re-direccionamiento de las aguas recolectadas en los canales, hacia reservorios estratégicamente ubicados, para realizar el aprovechamiento para su tratamiento para consumo humano en plantas potabilizadoras, ya sea reinyectando este recurso en cercanías de los pozos de la planta Lox Bight y de esta forma mejorar (con respecto a salinidad y conductividad) el agua de estos pozos, o en otro punto donde se pueda instalar una planta de similares condiciones.

Sección 11.

DIAGNÓSTICO DE LAS AFECTACIONES AMBIENTALES ASOCIADAS A LA GESTIÓN ACTUAL DEL RECURSO HÍDRICO

La isla de San Andrés por ser Reserva Mundial de Biósfera SEAFLOWER otorgado por la UNESCO en el año 2000 (CORALINA, INVEMAR, 2012), tiene como premisa ser un área donde se promueva el desarrollo en armonía con el entorno natural, es allí donde el análisis de los impactos ambientales relacionados al recurso hídrico toman importancia para esta consultoría, puesto que de este análisis se desprenden soluciones que se integren a las alternativas que serán propuestas en el marco del proyecto y cuya finalidad es la gestión integral del recurso hídrico.

Las afectaciones ambientales sobre el recurso hídrico son inherentes al crecimiento del turismo, la satisfacción de la necesidad de agua de los pobladores, la falencia en la aplicación de los instrumentos de ordenamiento del territorio y la poca integración de los diferentes actores tanto institucionales como particulares.

Para el desarrollo de este componente, se tuvo en cuenta la información secundaria existente y además los recorridos de campo, por medio de estos dos elementos se identificaron diferentes impactos ambientales en zonas específicas de la isla, las cuales se encuentran muy estrechamente relacionadas con el manejo actual del recurso hídrico y, además se realizó el análisis desde la perspectiva ambiental de cada zona.

La siguiente tabla relaciona las actividades que en la actualidad generan afectaciones ambientales al recurso hídrico, adicionalmente, se puede consultar el Anexo 11-1 Identificación de afectaciones ambientales, donde se ubica cada una de estas.

Tabla 11-1. Zonas donde se presentan afectaciones ambientales asociadas al manejo actual del recurso hídrico.

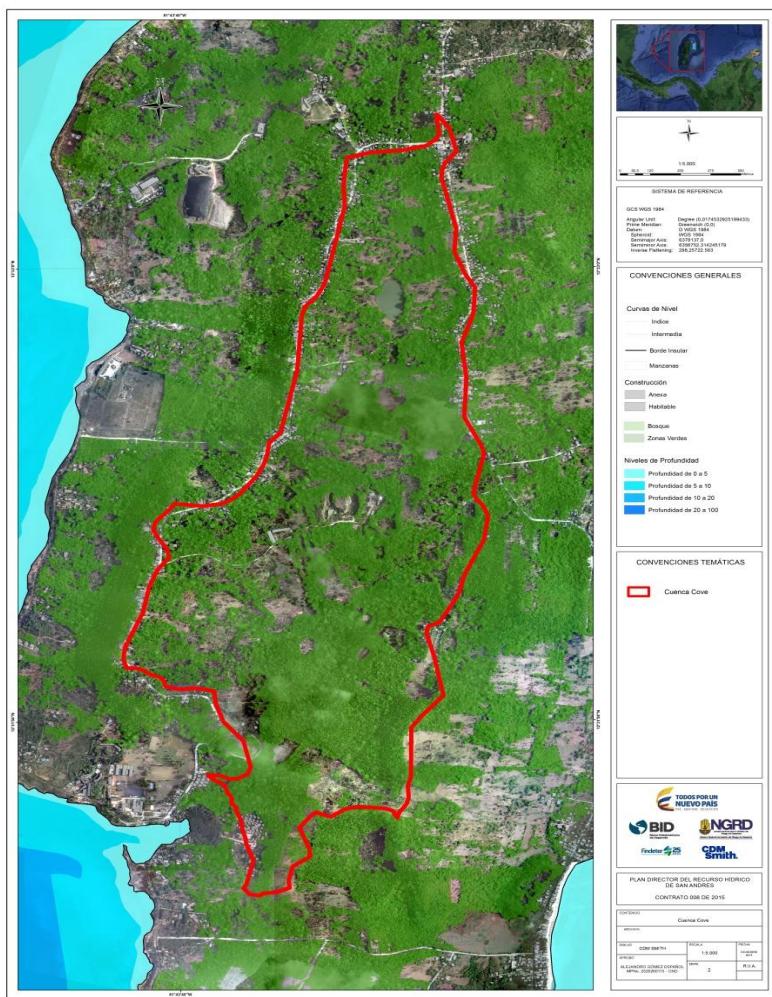
Ítem	Zona de afectación ambiental
1	Planta de tratamiento de Agua Potable Duppy Gully
	Predios en la Cuenca Cove
2	Zona de descarga del agua de rechazo proveniente de la Planta Desalinizadora Lox Bight
3	Zona de descarga de los lodos residuales provenientes de las actividades de evacuación y limpieza de pozos sépticos.
4	Emisario Submarino
5	Zonas sin conexión al sistema de alcantarillado sanitario
6	Relleno Sanitario Magic Garden
7	Zona de rebose del alcantarillado

Fuente. Consultor.

11.1 Cuenca El Cove

La Cuenca El Cove es una zona de gran interés y sobre la cual se han tomado acciones específicas para su ordenamiento y directrices claras sobre los usos y restricciones al suelo. Es primordial al tratar el tema de la gestión del recurso hídrico, debido a que se ha determinado que es allí donde se encuentra la divisoria de aguas superficiales y subterráneas que más cerca se encuentra de la línea de costa y además considerando que su extensión es de 430 hectáreas. Asimismo es relevante puesto que es allí donde se ubica se ubican las principales reservas de agua dulce (CORALINA, 2000). En la siguiente figura se presenta la delimitación de la cuenca

Figura 11-1. Delimitación de la cuenca El Cove



Fuente: Consultor

11.1.1 Planta de tratamiento de agua potable – PTAP Duppy Gully

En esta cuenca está ubicada la Planta Duppy Gully, descrita en la Sección 7.2.2 Descripción y evaluación planta Duppy Gully. Esta planta se surte mediante un sistema de 17 pozos profundos

concesionados, de los cuales solo se explotan 13 (PROACTIVA, 2011), de allí se abastecen los sectores La Loma, El Cove y San Luis.

Desde el punto de vista ambiental, el proceso unitario de interés es el de mezcla rápida, donde se realiza la adición de cal, floculante y coagulante y como residuo se genera lodo; este último es tratado posteriormente en los lechos de secado. Según informa el personal de PROACTIVA desde el año 2013 se está realizando la recirculación del agua de los lechos y el lodo es retirado cada seis meses.

Foto 11-1. Lechos de secado PTAP Duppy Gully



Fuente: Consultor

En la actualidad, PROACTIVA está depositando el lodo en una zona contigua a los lechos o en algunas ocasiones se entregan para su uso en el Relleno Sanitario Magic Garden, esto último de acuerdo a la solicitud realizada por la Gobernación Departamental. Es importante mencionar que no existe un procedimiento o claridad frente al tratamiento, aprovechamiento o disposición final del lodo.

Foto 11-2. Disposición de lodos generados en la PTAP Duppy Gully



Fuente: Consultor.

Foto 11-3. Limpieza de las zonas afectadas por el vertimiento de los lodos

Fuente: Consultor.

Considerando que ya se ocasionó una afectación ambiental sobre el suelo, el cual fue corregido a través de las adecuaciones realizadas a los lechos de secado, como medida de control ambiental es necesario que la Interventoría del contrato entre Aguas de San Andrés y PROACTIVA efectúe periódicamente revisiones a las condiciones de funcionamiento de esta unidad para evitar que nuevas filtraciones ocurran.

11.1.2 Predios de la cuenca El Cove

La cuenca El Cove cuenta con un proceso de ordenación soportado en el Decreto 1729 de 2002 del Ministerio del Medio Ambiente, que en su artículo 4, numeral 1, define "*El carácter de especial protección de las zonas de páramos, subpáramos, nacimientos de aguas o zonas de recarga de acuíferos, por ser consideradas áreas de especial importancia ecológica para la conservación, preservación y recuperación de los recursos naturales renovables*", la realidad es que esta cuenca ha sufrido a lo largo del tiempo afectaciones ambientales por su poblamiento, así como la incorrecta disposición de residuos ordinarios, voluminosos y residuos de aparatos eléctricos y electrónicos - RAEE a la intemperie.

Foto 11-4. Disposición incorrecta de residuos en la cuenca El Cove.

Fuente: Consultor

Según el plan de ordenamiento y manejo de la cuenca El Cove, los usos del suelo como se relacionan a continuación son bastante restringidos. (CORALINA, 2005 - 2014)

- Zona Núcleo: Turismo ecológico, actividades de educación ambiental, investigación científica y monitoreo, entre otras.
- Zona de Amortiguamiento: Recreación, educación ambiental, investigación y observación.

Lo anterior, representa para los pobladores que sus predios no puedan ser explotados; sin embargo ante la prohibición la comunidad ha optado por deforestar para usar las tierras en actividades agrícolas y pecuarias de manera ilegal. Estas actividades generan el deterioro progresivo de la cuenca y por ende interfieren en la recarga del acuífero, que como se mencionó previamente es la principal fuente de abastecimiento de agua dulce de la isla. En la siguiente foto se puede apreciar algunos terrenos que han sido deforestados.

Foto 11-5. Terrenos deforestados en la cuenca El Cove.



Fuente: Consultor.

11.2 Zona de descarga del agua de rechazo de la planta desalinizadora Lox Bight

La Planta Desalinizadora se encuentra ubicada en el sector conocido como North End, consta de cinco circuitos de distribución; Sarie Bay, sector hotelero, sector residencial, Natania y Almendros, los procesos unitarios del tratamiento se describen en la Sección 7.3.1. Diagnóstico planta desaladora.

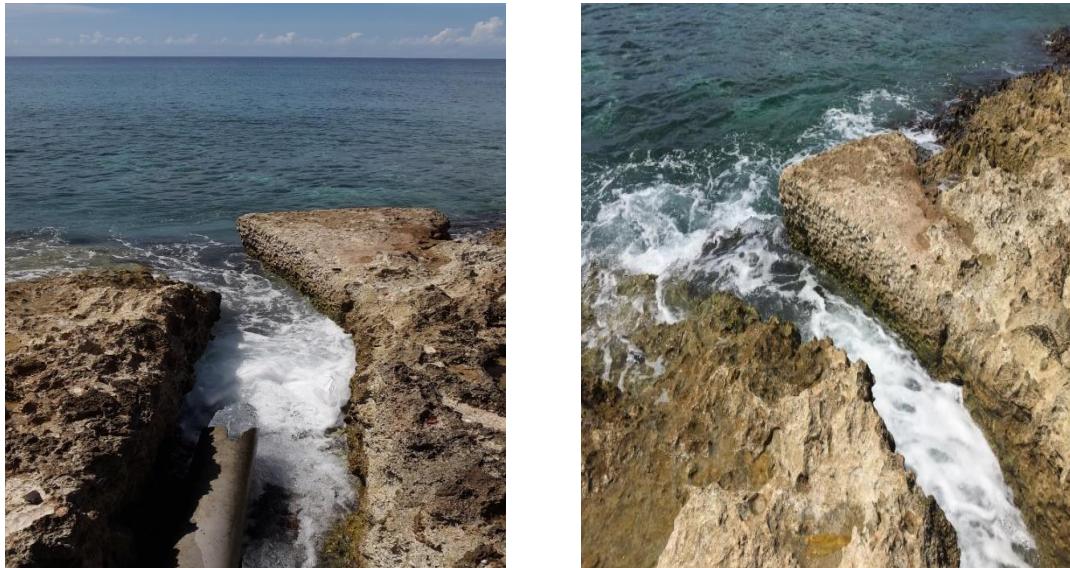
Como parte del proceso de Osmosis Inversa usado en la Desalinizadora Lox Bight, para tratar el agua de mar y hacerla apta para el consumo humano, se genera un residuo de agua, conocido como

el concentrado o el rechazo. La descarga del agua de rechazo se efectúa por medio de una tubería y un canal de entrega, el cual conduce el agua hasta el mar.

De este vertido se puede estimar que aproximadamente el 98.5% corresponde a una salmuera concentrada (46 y 90 g/l) y el porcentaje restante al agua de lavado de filtros, productos de limpieza y aditivos usados a lo largo del proceso. (Fernández - Torquemada, 2012)

El proceso de Osmosis Inversa genera un volumen residual de 2,5 a 3 veces el volumen depurado, este residuo presenta mayor densidad, temperatura, pH y alcalinidad que el medio receptor, para este caso el mar, formando una capa de salmuera en el fondo, la cual tiene un impacto ambiental negativo y directo sobre el ecosistema marino. (Instituto Tecnológico de Canarias, Instituto Canario de Ciencias Marinas, Instituto Español de Oceanografía, ECOS Estudios Ambientales y Oceanografía, 2008)

Foto 11-6. Descarga del agua al mar del agua de rechazo de la planta desalinizadora Lox Bight



Fuente: Consultor.

Sobre las consecuencias de esta descarga al mar en la Isla de San Andrés no se han realizado estudios ambientales que permitan determinar cuáles son las afectaciones sobre la zona litoral, por lo cual es muy importante que en la mayor brevedad posible se logre establecer si dicha actividad ha ocasionado alteraciones al medio biótico y abiótico y se planteen las respectivas soluciones para recuperar el ecosistema.

De acuerdo con INVEMAR de considerarse la ejecución de estudios sería necesario realizar un Diagnóstico geológico, geofísico, biótico y de caracterización de la calidad de las aguas y sedimentos. Si se aprueba la ejecución de los estudios, los mismos deberán ser definidos y dimensionados por especialistas en áreas relacionadas con el tema.

11.3 Zona de descarga de lodos residuales provenientes de las actividades de evacuación y limpieza de pozos sépticos

Actualmente, los lodos generados de las actividades de evacuación y limpieza de los pozos sépticos, en su mayoría de las áreas que no cuentan con la cobertura o conexión al sistema de alcantarillado de la isla, son arrojados en el Kilómetro 3+680 – sector Morris Landing,, usando una estructura adecuada por PROACTIVA para la descarga realizada por los Vactor, se puede ampliar la información en la sección 9.6.3 Manejo de aguas residuales y lodos de pozos y tanques sépticos.

Foto 11-7. Punto de descarga de lodos en el Km 3, sector Morris Landing.



Fuente: Consultor.

Desde la estructura los lodos pasan por gravedad a una tubería de entrega, la cual desemboca directamente al mar, no obstante según indica la comunidad la estructura en época de lluvia se rebosa por lo tanto la zona aledaña se inunda, parte de estos lodos se infiltran en el suelo y lo contaminan y los restantes caen al mar. Esto ha ocasionado que los componentes florístico y faunístico se encuentren alterados, puesto que hay una afectación directa hacia el lecho, fauna y flora marinos, además se induce el aumento progresivo de las cantidades de materia orgánica en el borde litoral, el aumento del grado de contaminación bacteriológica y la generación de olores ofensivos. (CORALINA, 2010)

Foto 11-8. Descarga del lodo al mar.



Fuente: Consultor.

En reiteradas oportunidades CORALINA ha requerido a la Gobernación Departamental para que presente la solución a la problemática ambiental ocasionada por la descarga directa al mar de los lodos. Razón por la cual, la Gobernación y la Unión Temporal PTLS San Andrés firmaron el Contrato No. 950 de 2013 “*Consultoría de estudios, diseños y formulación de proyectos para definir la mejor tecnología en manejo integral de lodos resultantes de las aguas residuales provenientes del sistema de alcantarillado en las estaciones de bombeo y sistemas alternativos existentes en la isla de San Andrés*”, este proceso se encuentra en ajustes por parte de la consultoría, debido al Auto No. 469 del 09 de Agosto de 2015, expedido por CORALINA, donde la autoridad ambiental solicitó sea ampliada la información técnica sobre la alternativa seleccionada de Filtro Secador Sembrado, entre otros aspectos.

Considerando que la descarga de los lodos al mar se viene desarrollando desde hace más de 13 años, como se mencionó anteriormente esto ha generado impactos ambientales al ecosistema marino y al recurso hídrico; por lo tanto se requiere desde el componente ambiental la realización de las siguientes acciones:

- Caracterización fisicoquímica, microbiológica y mineralógica de los lodos con el objeto de establecer su potencial de aprovechamiento en otros usos a parte del propuesto por la Unión Temporal PTLS San Andrés.

- Desarrollar estudios ambientales que permitan determinar las afectaciones tanto a la zona de descarga como su área de influencia; los estudios que serían requeridos en esta zona son un diagnóstico del impacto ambiental al lecho, la fauna y flora marina y posteriormente presentar las medidas requeridas para la recuperación del ecosistema,
- Suspensión total de la descarga del lodo al mar y la puesta en marcha de las alternativas aceptadas para el tratamiento, aprovechamiento o disposición final de los lodos.

Desde la perspectiva jurídica, se presenta un incumplimiento normativo generado por el vertimiento de los lodos residuales al mar, el cual podría ser motivo para el inicio de un proceso Sancionatorio Ambiental (Ley 1333 de 2009). Lo anterior, teniendo en cuenta que está prohibida la disposición de lodos en aguas marinas, como lo establece el Decreto 3930 de 2010, artículo 25 ***"Actividades no permitidas. (...) 3. Disponer en cuerpos de aguas superficiales, subterráneas, marinas y sistemas de alcantarillado, los sedimentos, lodos y sustancias sólidas provenientes de sistemas de tratamiento de agua o equipos de control ambiental y otras tales como ceniza, cachaza y bagazo. Para su disposición deberá cumplirse con las normas legales en materia de residuos sólidos".***

11.4 Emisario Submarino

El sistema usado en la actualidad para la descarga de las aguas residuales domésticas generadas en la isla de San Andrés, es el Emisario Submarino, el cual entró en funcionamiento en el año 2008, como la solución a los vertimientos de agua residual de la red de alcantarillado de la Isla; en la actualidad cuenta con tres (3) distritos en funcionamiento y uno (1) en etapa de construcción, para un total de cuatro (4) distritos de aguas residuales. El emisario cuenta con una tubería de 20", cuya longitud es de 472 m hasta el mar. La descripción detallada del emisario submarino se realiza en la sección 9.6.1. Emisario Submarino.

Foto 11-9. Emisario submarino.



Fuente: Consultor

Respecto al tratamiento de las aguas residuales antes de ser vertidas al emisario submarino, se consultó al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el cual en una reunión mencionó la existencia de dos tanques y una rejilla y asimismo fue consultada PROACTIVA, la cual informó que se cuenta únicamente con un cribado que remueve los sólidos gruesos en la Estación de Bombeo de Agua Residual No. 3.

En el año 2011, PROACTIVA contrató a la empresa Hidromet Ltda., para realizar un trabajo denominado *"Simulación de la pluma de aguas servidas del emisario submarino de San Andrés isla con el fin de su validación mediante cuatro campañas de mediciones en campo"*, el cual concluye que las concentraciones de metales pesados se encontraban por debajo del nivel detectable, así como para la microflora bacteriana (coli, esterococos y Vibrio). (Hidromet Ltda., PROACTIVA, 2011).

Con base en el estudio citado anteriormente se ajustó la Licencia Ambiental, bajo la Resolución 017 del 20 de Enero de 2012 *"Por medio de la cual se resuelve una solicitud de modificación de una Licencia Ambiental"*, otorgada por CORALINA a la empresa Proactiva Aguas del Archipiélago S.A. E.S.P., en la cual el artículo primero, literal c; especifica el Programa de vigilancia, control y monitoreo ambiental del proyecto ; los parámetros que contempla el programa para el monitoreo del cuerpo receptor se relacionan a continuación:

Tabla 11-2. Programa de monitoreo establecido en la Resolución 017 de 2012, art. 1, literal c.

Estación	Parámetros	Periodicidad	Nivel	Matriz
Metodología Sergei	Fisicoquímicos - Microbiológico: DBO, DQO, SST, nitratos, nitritos, amonio, fosfatos, oxígeno disuelto, coliformes totales, Escherichia coli, esterococos y Vibrio sp.	Estacionalidad climática (seca - lluvia - transición)	Superficial	Agua
Estación de bombeo No. 3	Fisicoquímicos - Microbiológico: DBO, DQO, SST, nitratos, nitritos, amonio, fosfatos, cadmio, cromo, plomo, mercurio, oxígeno disuelto,, coliformes totales, Escherichia coli, esterococos y Vibrio sp.	Mensual	Muestras compuestas por lo mínimo 24 horas, tomadas en el pozo húmedo de la Estación de bombeo de aguas residuales N° 3	Agua
Metodología Sergei	COT, Mercurio, cromo total y hexavalente, cadmio, plomo, arsénico, cobre, níquel, plata, hierro y zinc.	Época de transición	Lecho marino	Sedimento
L1, L2, M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7, C1 y C2	Plantón, bentos, clorofila, censos visuales diversidad de peces tanto pelágicos como dermales; transparencia, carbono orgánico, toxicidad.	Semestral	0,10 fondo (m)	Agua

Fuente. CORALINA, 2012.

De acuerdo con lo anterior, es clara la obligación por parte de PROACTIVA de efectuar los monitoreos tanto al efluente como al emisario submarino en las matrices agua y sedimentos, esta información es reportada periódicamente a CORALINA.

Según, lo evidenciado en las reuniones con CORALINA y la consulta del expediente del emisario de la autoridad ambiental, en este momento no se realiza el análisis de las caracterizaciones fisicoquímicas, microbiológicas e hidrobiológicas que desarrolla PROACTIVA, por lo tanto no se lleva una trazabilidad sobre el cumplimiento normativo acerca de vertimientos.

Además, es muy importante mencionar que la Resolución 017 de 2012, no relaciona los límites máximos permitidos para los vertimientos de cada uno de los parámetros, ni señala la norma que sería considerada para determinar el cumplimiento.

Por otra parte, para determinar el cumplimiento normativo del afluente (Estación de Bombeo de Agua Residual No. 3.), se realizó el análisis de los resultados de las caracterizaciones fisicoquímicas, usando los promedios anuales de los años 2012, 2013, 2014 y 2015 para los parámetros pH, DQO, DBO, SST, Cadmio, Cromo, Mercurio y Plomo.

Los resultados se compararon con el artículo 8 de la Resolución 631 de 2015 “*Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones*” del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Se tomó como base de comparación esta resolución, considerando que está es la norma reciente sobre vertimientos y que entraría en aplicación dos años posteriores a la publicación de la misma, como se presenta en el artículo 19 – *Régimen de transición*, de conformidad con el Decreto 3930 de 2010, artículo 77 modificado por el Decreto 4728 de 2010, artículo 7 “*(...) 1. Los generadores de vertimiento que a la entrada en vigencia de las normas de vertimiento a que hace referencia el artículo 28 del presente decreto, tengan permiso de vertimiento vigente expedido con base en el Decreto 1594 de 1984 y estuvieran cumpliendo con los términos, condiciones y obligaciones establecidos en el mismo, deberán dar cumplimiento a las nuevas normas de vertimiento, dentro de los dos (2) años, contados a partir de la fecha de publicación de la respectiva resolución (...)*

Puesto que el período de transición de la resolución citada previamente es corto, es necesario que desde esta consultoría se identifique si habría cumplimiento normativo en un escenario en el que ya fuera de obligación su implementación, véase la siguiente tabla.

Tabla 11-3. Comparación de los promedios anuales con la Resolución 631 de 2015, artículo 8.

Parámetro	Unidad	Promedio anual 2012	Promedio anual 2013	Promedio anual 2014	Promedio anual 2015	Res. 631 de 2015, art. 8 (>3000 Kg/día DBO ₅)	Cumplimiento	
							Si	No
pH	Unidades de pH	7,28	0,00	0	0	6,0 a 9,0	X	
DQO	mg/l O ₂	462,33	230,83	292,08	289	150		X
DBO ₅	mg/l O ₂	299,22	130,75	179,25	145	70		X

Parámetro	Unidad	Promedio anual 2012	Promedio anual 2013	Promedio anual 2014	Promedio anual 2015	Res. 631 de 2015, art. 8 (>3000 Kg/día DBO ₅)	Cumplimiento	
							Si	No
SST	mg/l	67,89	78,58	78,75	110,5	70		X
Cadmio	mg/l	<0,007	0,07	0,046	<0,015	0,1	X	
Cromo	mg/l	<0,050	0,22	2,66	<0,19	0,5		X
Mercurio	mg/l	<0,0019	0,00	<0,0023	<0,19	0,02	X	
Plomo	mg/l	<0,050	0,14	0,086	<0,05	0,5	X	

Fuente: Consultor

Los parámetros analizados corresponden a aquellos con los que se cuenta información, a través de las caracterizaciones fisicoquímicas que efectuó PROACTIVA y que pueden ser comparados con la resolución, sin ser estos la totalidad de parámetros exigidos por la reciente norma.

Como se observa en la tabla 11-2, se presentaría incumplimiento normativo para los parámetros DQO, DBO₅, SST en la totalidad de anualidades y Cromo para el promedio anual del año 2014. Por lo cual es necesario, diseñar un sistema de tratamiento preliminar y primario que permita la remoción de sólidos suspendidos, dando cumplimiento a la Resolución 424 de 2001, artículo 1 que especifica “(...) Artículo 180. Tratamiento previo al vertimiento con emisarios submarino. Se debe diseñar, construir y operar un sistema de tratamiento previo de aguas residuales que en combinación con los procesos de dilución inicial, dispersión, asimilación y decaimiento, garantice el cumplimiento de los objetivos de calidad del cuerpo receptor indicados en la normativa ambiental y sanitaria vigentes y otras disposiciones que la modifiquen, amplíen o sustituyan”.

Desde el ámbito ambiental se recomienda en el desarrollo de la consultoría, la realización de:

- Monitoreo al vertimiento y asimismo al cuerpo receptor, para verificar la información reportada por PROACTIVA.
- Considerando que actualmente el sedimento generado en la Estación de Bombeo No. 3 es vertido al mar a través del emisario submarino, se requiere de manera prioritaria diseñar e implementar un tratamiento que permita la retención de este y se garantice el cumplimiento del Decreto 3930 de 2010, artículo 25 y la Resolución 424 de 2001, artículo 1.
- Se deberá establecer la mejor alternativa de manejo a los sedimentos, puesto que estos no pueden ser dispuestos como residuos ordinarios. En caso de considerarse su uso en el Relleno Sanitario Magic Garden se deberá cumplir con lo dispuesto en la Resolución 279 de 2009, artículo 2, el cual precisa que para la utilización de lodos provenientes de los sistemas de tratamiento de aguas residuales se deberá garantizar que se encuentren estabilizados, libres de metales pesados y se construya un sitio pertinente para su manejo.
- Por último, deberá ser evaluado por la CORALINA la pertinencia de modificar la Licencia Ambiental del Emisario Submarino incluyendo los parámetros y límites máximos permitidos según lo dispuesto en la Resolución 631 de 2015 o la norma que la sustituya.

11.5 Zonas sin conexión al sistema de alcantarillado sanitario

Los sectores no concesionados de la isla no cuentan con el servicio de alcantarillado sanitario, por lo cual CORALINA con el apoyo de otras entidades ha desarrollado proyectos para el tratamiento del agua residual doméstica, información que puede ser ampliada en la sección 9.4.3. SMIA.

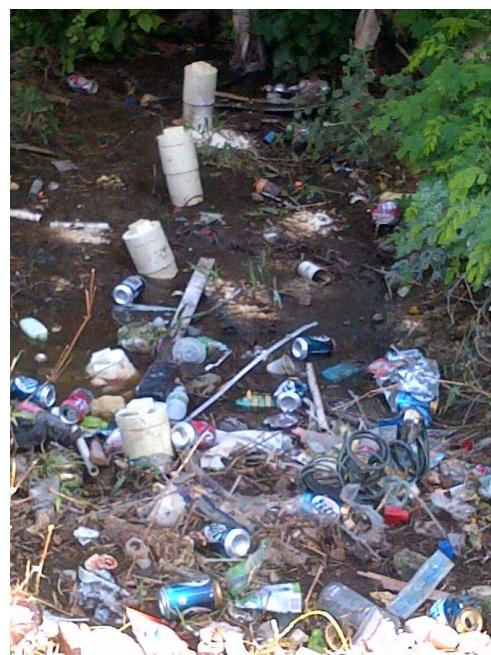
Foto 11-10. Sistemas de manejo integral del agua instalado en Schooner Bight



Fuente: Consultor.

La problemática ambiental ocasionada por estos sistemas de tratamiento, específicamente los instalados como soluciones para los pobladores, es causada porque la operación de los mismos es delegada a la comunidad, que no cuenta con los conocimientos técnicos especializados, ni asume el costo de operación y mantenimiento. El colapso o mal funcionamiento ha generado problemas de salubridad en la población, malas prácticas ambientales como el arrojo de residuos ordinarios sobre las estructuras, presencia de vectores y olores ofensivos; como se puede apreciar en la siguiente foto.

Foto 11-11. Problemática ambiental de los sistemas individuales de tratamiento de agua residual doméstica.



Fuente: Consultor.

De acuerdo a lo evidenciado en las visitas a estas zonas, la mayoría de estos sistemas se encuentran inoperantes, por lo cual la comunidad está inconforme y reclama soluciones de inmediato.

Por otra parte, en algunas áreas de la isla donde no se cuenta con la red de alcantarillado se realiza el vertimiento a cielo abierto sobre manglares o corales, conexiones desde las viviendas usando tuberías de 2" o por medio de canales comunitarios con tuberías de 4", estos vertimientos son arrojados al mar y afectan los ecosistemas terrenos y marinos (CORALINA, 2009), en la Sección 9.6.2 – Vertimientos directos de aguas residuales al mar, se detalla la problemática ambiental. A corte 2009 CORALINA había identificado 87 puntos de vertimientos ilegales, principalmente en el sector de San Luis. (CORALINA, Junio 28 de 2011) En la siguiente foto se puede observar el vertimiento de agua residual doméstica al mar ocasionado por una vivienda.

Foto 11-12. Conexiones erradas con vertimientos al mar.


Fuente: Consultor.

Según, el Decreto 3930 de 2010, artículo 31 “**Soluciones individuales de saneamiento**. Toda edificación, concentración de edificaciones o desarrollo urbanístico, turístico o industrial, localizado fuera del área de cobertura del sistema de alcantarillado público, deberá dotarse de sistemas de recolección y tratamiento de residuos líquidos y deberá contar con el respectivo permiso de vertimientos”, esta afectación ambiental debe ser priorizada, generando soluciones para el acceso a la red de alcantarillado o por medio de sistemas individuales en los que se contemple el presupuesto para la operación y mantenimiento, seguimiento y cumplimiento normativo.

Respecto, a los permisos de vertimientos de las soluciones individuales de saneamiento no se cuenta con información que permita verificar si se cumple o no con lo dispuesto en la normativa relacionada previamente. En caso de que estas soluciones no cuenten con permisos de vertimientos, los beneficiarios deberán tramitar ante la CORALINA los respectivos permisos de vertimientos.

11.6 Relleno Sanitario Magic Garden

El relleno sanitario Magic Garden está ubicado en el sector Schooner Bight, aproximadamente 675 m de la vía circunvalar sobre la carretera que conduce a la Cárcel Departamental Nueva Esperanza y a 2 Km lineales del casco urbano.

A la fecha se han depositados residuos ordinarios en cuatro áreas, de las cuales ya se han clausurados de estas, no obstante al verificar el estado del relleno que se encuentra a cargo de la Gobernación Departamental se identificó que sobre el área 1, previamente clausurada se están depositando residuos de poda y madera.

Foto 11-13. Relleno Sanitario Magic Garden.



Fuente: Consultor.

Sobre el área 4 también clausurada, en este momento se está realizando la disposición final de los residuos, en esta zona se observan las chimeneas inclinadas, hay presencia de vectores, los residuos no son cubiertos y además es evidente que las terrazas del relleno no se están formando.

Contiguo a esta zona se encuentra una piscina de lixiviados, la cual no tiene un correcto manejo, se evidenció residuos ordinarios sumergidos en esta, el geotextil se encuentra desprendido y adicionalmente se observó que el lixiviado cae al canal perimetral que conduce a un Gully y este a su vez a un humedal, como se observa en las fotos a continuación.

Foto 11-14. Piscina de lixiviados contigua al Área 4.



Fuente: Consultor.

Foto 11-15. Contaminación por lixiviados de un Gully.



Fuente: Consultor.

El área 5, se encuentra lista para iniciar las labores de acomodación, compactación, terraceo y perfilamiento de las terrazas; lo que involucra la colocación de llantas en cumplimiento de las directrices dadas por CORALINA en la Resolución 279 de 2009; las llantas se encuentran a la intemperie, lo cual ocasiona la proliferación de vectores, los cuales podrían transmitir enfermedades tropicales a la población. Teniendo en cuenta lo anterior, es prioritario que la Secretaría de Salud Departamental vigile esta zona para mantener bajo control la situación y de ser requerido efectuar los requerimientos pertinentes.

Foto 11-16. Alistamiento del área 5.

Fuente: Consultor.

Aunque, la Resolución 279 del 19 de Junio de 2009 “*Por medio de la cual se resuelve una solicitud de modificación de un Plan de Manejo Ambiental*” expedida por CORALINA, establece en las condiciones bajo las cuales se modifica el Plan de Manejo Ambiental para el funcionamiento del relleno. Algunas de estas consideraciones no se están cumpliendo por parte del operador, como lo son las descritas previamente y las citadas a continuación del Diagnóstico de la isla de San Andrés como insumo para la revisión y ajustes del Plan de Ordenamiento Territorial vigente: Decreto 325 del 2003, Sección 2.7.5.3.2. (Departamento Administrativo de Planeación San Andrés, 2015)

- Incumplimiento del Plan de Manejo Ambiental en las labores de acomodación, compactación, terraceo y perfilamiento de las terrazas conformadas, lo que en consecuencia aumenta el riesgo en la ocurrencia de derrumbes e inestabilidad de la masa de residuos, además de ocasionar cambios significativos y/o alteraciones en el tiempo de vida útil del “Magic Garden”.
- Existe un pasivo ambiental en el Magic Garden consistente en la contaminación de las aguas freáticas y/o subterráneas y sus suelos adyacentes que han desbordado los límites de este sitio, tal como lo ha demostrado CORALINA, generado principalmente por el depósito de

residuos en algunas zonas que no cuentan con la impermeabilización del fondo, afectando áreas que se ubican principalmente en dirección occidente y sur-occidente.

- Por otra parte, la situación antes descrita se agrava cuando el único predio disponible presenta una ocupación mayor al 70% de su área, y no dispone de área suficiente para adecuar y operar un relleno sanitario, frente a la proyección de crecimiento de la isla.

Con el ánimo de determinar las afectaciones al recurso hídrico producto de la incorrecta operación del Relleno Sanitario Magic Garden, se requiere:

- Realizar el análisis fisicoquímico y microbiológico de los cuerpos de agua (Gully) cercanos al relleno sanitario.
- Efectuar el estudio de calidad del agua subterránea.
- Determinar las acciones requeridas para la descontaminación del agua superficial y subterránea.
- Desarrollar controles estrictos al Operador o dar inicio a los respectivos procesos administrativos y penales por el incumplimiento normativo y las afectaciones al medio ambiente.
- Optimizar la infraestructura e implementar de los protocolos necesarios para una adecuada operación del relleno.

11.7 Zona de rebose del alcantarillado

Como se describió en la Sección 9.1.5. Puntos críticos de la red, las redes del Distrito Sanitario 2 al encontrarse cercanas al mar y al nivel freático, en épocas de lluvia pueden generar inundaciones; ocasionadas por el colapso en la red de alcantarillado sanitario, la cual recibe no sólo el agua residual sino también el agua lluvia. Lo anterior sucede en el punto conocido como Café – Café, el cual se encuentra ubicado en un área de alto tránsito peatonal, en la zona turística y aledaña a la playa.

Foto 11-17. Zona de rebose del Alcantarillado Sanitario, Café - Café.

Fuente: Google Earth, 2013.

Al presentarse estas inundaciones, se empoza agua sobre la vía y la playa, es relevante destacar que el agua empozada corresponde a una mezcla de agua lluvia y agua residual; por lo cual se debe buscar de manera prioritaria una solución a esta problemática, que podría generar situaciones de insalubridad en el sector, la contaminación de la arena, entre otros aspectos.

Sección 12.

Evaluación Comparativa de la gestión del agua en San Andrés

Se tratan en este capítulo, aquellos aspectos relativos a la comparación entre la gestión del agua en San Andrés y las demás islas del Caribe.

Primeramente se realiza una breve introducción a la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (GIRH). Se discuten sus aspectos fundamentales, su definición y principales temas. Posteriormente, se realiza la revisión de algunos casos exitosos de gestión en el mundo y algunos ejemplos de GIRH en el mar Caribe. Los resultados de esta etapa permiten ver ejemplos de buenas prácticas que alimentarán la discusión comparativa final sobre la gestión del agua en la isla de San Andrés.

Para el desarrollo del presente capítulo se consultó una amplia bibliografía de referencia sobre temas que van desde la evolución histórica del concepto de GIRH hasta la estrecha relación entre la gestión del recurso y la planeación del suelo, pasando por aspectos financieros, prácticas institucionales y legislación y, finalmente distintos casos de estudio.

12.1 Gestión integrada del recurso hídrico

El concepto de GIRH fue reconocido formalmente por primera vez en la Conferencia Mundial de las Naciones Unidas sobre Medioambiente y Desarrollo, celebrada en Río de Janeiro en 1992, basado en el principio de que es posible alcanzar una mejor comprensión sobre los objetivos de la GIRH si se tiene un panorama global sobre la situación actual del recurso hídrico y los desafíos que deben enfrentarse en el corto plazo.

La situación sobre la creciente presión bajo la cual se aprovechan actualmente los recursos naturales es conocida. En las sociedades más desarrolladas, el crecimiento de la población, las crecientes demandas derivadas de una economía en permanente crecimiento, y el establecimiento de estándares cada vez más elevados para lograr competitividad; aumentan la presión global sobre los recursos naturales y particularmente sobre las reservas de agua dulce. De otro lado, la inequidad social, la marginalidad económica y la extrema pobreza llevan a las sociedades más pobres a sobreexplotar el suelo y los recursos forestales lo cual frecuentemente deriva en impactos negativos sobre el recurso hídrico. La situación descrita se complica aún más debido a las deficiencias en la gestión del agua. Comúnmente, en la gestión del recurso hídrico se ha utilizado un enfoque sectorial lo cual deriva en el aprovechamiento fragmentado y no coordinado del recurso. Más aún, las instituciones relacionadas con la gestión del agua usualmente se ubican dentro de las de menor importancia con lo cual, su legitimidad y efectividad son permanentemente cuestionadas.

Con lo anterior, desde una perspectiva holística, la problemática situación actual del recurso hídrico no obedece solo a una creciente demanda sobre un recurso finito sino también a una gobernanza ineficiente.

En la actualidad, aproximadamente un quinto de la población mundial carece de acceso a agua potable y la mitad no la tiene a condiciones razonables de saneamiento. Esta situación afecta principalmente a los sectores más pobres de los países en desarrollo en los cuales el suministro de agua y saneamiento es uno de los principales objetivos de gobierno. En los próximos 25 años, se requerirá alimentar entre 2000 y 3000 millones de seres humanos adicionales, sin embargo; el riego agrícola actualmente demanda más del 70% de las captaciones de agua por lo que es posible prever que en un futuro cercano se presentarán serios conflictos entre el uso del agua para riego y otros usos también necesarios.

Los efectos derivados de las variaciones originadas en el cambio climático empiezan a sentirse hoy. Hasta ahora, principalmente a partir de fenómenos macroclimáticos cuya escala sin embargo es regional (ENSO, AMO, TNA y TSA). Estos efectos generan en nuestros países variaciones en los caudales de agua en los ríos y en la recarga de los acuíferos lo cual lleva a eventos extremos de inundación o sequía con catastróficas consecuencias sobre las vidas humanas, la economía y los sistemas social y ambiental. Otro tipo de riesgos se derivan de la contaminación del agua, afectando la salud de la población, el desarrollo económico y el funcionamiento y desarrollo de los ecosistemas.

Finalmente, otros grandes desafíos que actualmente enfrenta y deberá enfrentar la gestión de los recursos hídricos, están vinculados a aspectos como protección de ecosistemas vitales, variabilidad del agua en el tiempo y el espacio y, creación de una conciencia y entendimiento públicos de la situación.

12.1.1 Los principios de Dublín

Con el fin de promover cambios en los conceptos y prácticas considerados fundamentales para mejorar la gestión de los recursos hídricos, se adelantó un proceso de consulta internacional que culminó en la *Conferencia Internacional Sobre el Agua y el Medio Ambiente* (CIAMA), celebrada en Dublín, en el año 1992. En dicha conferencia se adoptó la *Declaración de Dublín sobre Agua y Desarrollo Sostenible*, cuyas recomendaciones se soportan en cuatro principios conocidos hoy como *Los Principios de Dublín*, los cuales constituyen el núcleo fundamental sobre el cual reposan a su vez, los principios y enfoques de la GIRH. Los principios y algunos de sus principales elementos, se presentan a continuación:

1. El agua dulce es un recurso finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el medioambiente: Este principio llama la atención sobre la necesidad de un enfoque holístico para la gestión, reconociendo todas las características del ciclo hidrológico y su interacción con otros recursos y el ecosistema. Igualmente resalta, la noción de que el agua dulce es un recurso limitado y que los bienes humanos pueden verse afectados por la productividad de las fuentes de agua. Finalmente, se incluye en este principio la necesidad de un enfoque institucional global que complemente la visión

integral del componente natural del ciclo. Resulta necesario coordinar las múltiples necesidades humanas y los distintos usos de la tierra derivando en el desarrollo de una política económica basada en el agua. Para esto se requiere la actuación coordinada de todas las autoridades involucradas.

2. El aprovechamiento y la gestión del agua debe basarse en un proceso participativo que involucre a los usuarios, planificadores y autoridades en todos los niveles: Todos los interesados deben hacer parte del proceso de toma de decisiones. Las comunidades locales deben poder escoger fuentes, tipos gestión y usos del agua. Aspectos como el logro de consensos parecen ser el único camino para alcanzar acuerdos sostenibles en el largo plazo. Diferentes niveles de intereses deben atenderse por distintos niveles de interesados. Desde el propietario de la granja hasta el comité internacional para el manejo de recursos compartidos, lo que resulta de importancia fundamental es que cada interesado tenga la información suficiente para hacer su elección.
3. La mujer juega un papel principal en la provisión, gerencia y aseguramiento del agua: Este principio se ocupa de la importancia de involucrar a la mujer dentro del proceso de toma de decisiones. Es ampliamente reconocido el papel que juega la mujer en las labores de recolección y aseguramiento del agua para usos domésticos y agrícolas precisamente en las sociedades más pobres.
4. El agua tiene un valor económico en todos sus usos y deberá reconocerse como un bien económico: En el pasado, el agua se ha visto como un bien gratuito. Esta situación se sigue presentando en la actualidad y puede llevar a la ubicación del agua dentro de la franja de bienes de bajo valor minimizando las razones para tratar el agua como un bien limitado. Existe la necesidad de cambiar la percepción sobre el valor del agua, así como entender la diferencia entre el valor del agua y el costo del agua. Tener claridad sobre el valor del agua en los distintos usos es importante para la utilización general del agua tratándola como un recurso escaso, condición que implica la implementación de herramientas regulatorias o económicas que controlen su uso. El Costo del agua se ocupa de la aplicación de instrumentos económicos para generar comportamientos hacia un uso conservativo y eficiente, proveer incentivos al control de la demanda, asegurar costos e identificar consumidores dispuestos a pagar por servicios adicionales en agua.

12.1.2 Definición de gestión integral del recurso hídrico.

De acuerdo con el *Technical Advisory Committee* (TAC) del Global Water Partnership (GWP), (TAC, 2000) La Gestión Integral del recurso hídrico se define como:

"Es un proceso mediante el cual se promueve el desarrollo coordinado y la gestión del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar económico y social resultante de una forma equitativa y sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales".

A lo largo del desarrollo del concepto, la GIRH ha abordado diversos tópicos. Se discuten a continuación los más relevantes.

En contraste con el enfoque tradicional fragmentado de la gestión de recursos hídricos, la GIRH en sus más fundamentales principios se ocupa tanto de los aspectos de gestión de la demanda como aquellos de las fuentes. Con lo anterior, la integración debe considerarse desde dos perspectivas:

- El sistema ambiental y su importancia fundamental para la disponibilidad y calidad del recurso, y
- El sistema humano que fundamentalmente determina el uso de las fuentes, la producción de residuos y las fuentes de producción del recurso, el cual debe igualmente cumplir las prioridades de desarrollo. (TAC, 2000).

Un enfoque integral sobre la gestión de la tierra y el agua parte del ciclo hidrológico el cual transporta agua entre los distintos estados aire, suelo, vegetación y fuentes superficiales y subterráneas. Los usos de la tierra y su cobertura, influyen sobre la distribución física y la calidad del agua y deben ser considerados en la planeación general y gestión de los recursos hídricos. Otro factor es el hecho de que el agua es un determinante del carácter y salud de la totalidad de los ecosistemas de manera que las cantidades y calidades del agua deben ser consideradas en la planeación de la disposición de recursos hídricos.

Desde la perspectiva de la demanda, la integración de las estructuras sociales implica un entendimiento del sistema natural, su capacidad, vulnerabilidad y límites. Esta integración es altamente compleja y la aspiración de lograrla perfectamente es irreal. Implica la intención de que las políticas, las prioridades financieras y la planeación (física, económica y social) consideren las implicaciones para los recursos hídricos, así como influenciar a los tomadores de decisiones del sector privado para que se tomen decisiones sobre tecnologías con base en el valor real del agua y la necesidad de sostenimiento de a largo plazo. Finalmente presenta el desafío de diseñar y proveer un mecanismo que permita que todos los interesados participen en la toma de decisiones sobre uso del agua, resolución de conflictos y aspectos comerciales.

El enfoque de la GIRH implica que los desarrollos relativos al agua inherentes a la totalidad de sectores económicos y sociales deben ser tenidos en cuenta en la gestión global de los recursos hídricos. Esto es, la política sobre recursos hídricos debe estar integrada con la política sobre desarrollo económico y también con las políticas sectoriales.

12.2 Gestión del agua en el mundo

Con el fin de lograr la visión de lo que podría llamarse “el camino a seguir”, se estudia inicialmente la gestión del recurso hídrico en los casos de Singapur y Suffolk County NY. En ambos casos, CDM Smith ha participado en el desarrollo de estudios, ingeniería de proyectos y/o construcción de infraestructura que han contribuido en las soluciones. El caso de la Ciudad – Estado de Singapur es tal vez uno de los casos más exitosos de GIRH en el mundo y con frecuencia es utilizado como referente. En el condado de Suffolk, Nueva York, una población de cerca de 1,5 millones de habitantes tienen como única fuente de agua dulce el agua subterránea proveniente de su acuífero y es necesario desarrollar un plan de gestión integral que garantice la recuperación del mismo. Aun cuando ninguno de los casos de éxito presentados se desarrolla en entornos socio-económicos similares al de San Andrés, el conocimiento de las acciones que eventualmente llevan a una gestión

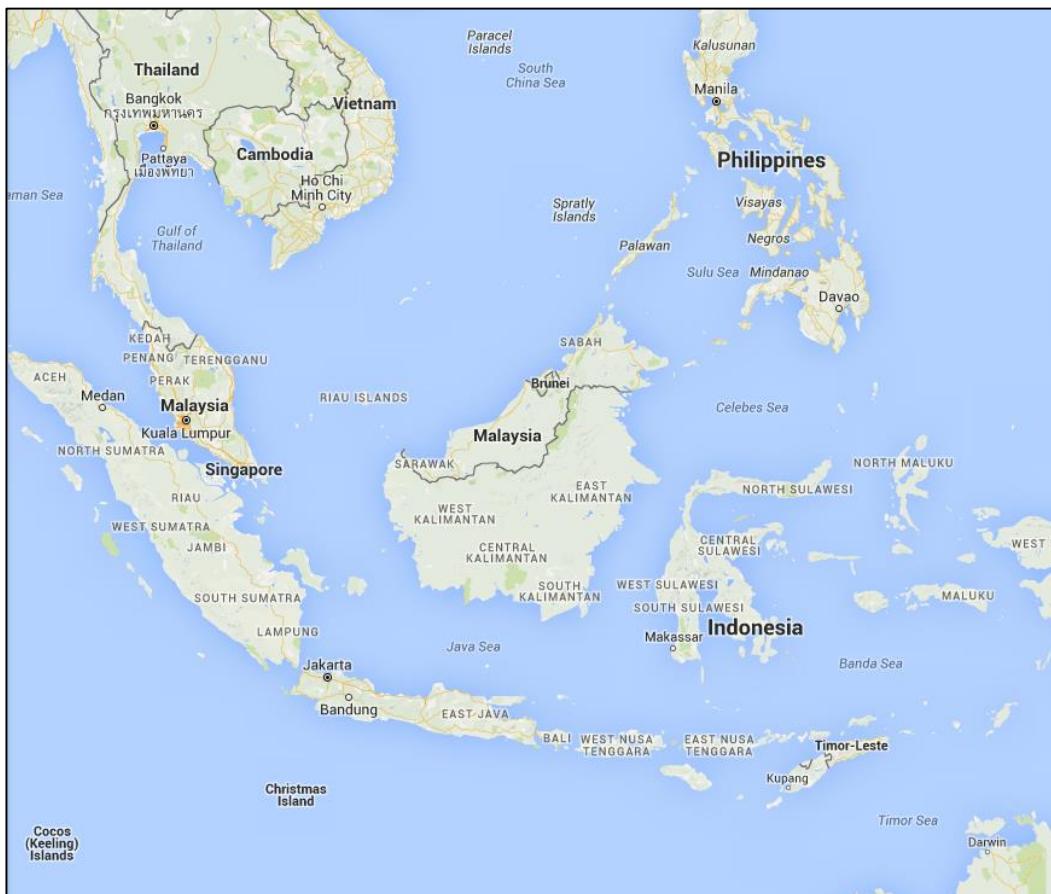
exitsa del recurso, ofrece un horizonte de soluciones reales, en muchos casos comprobadas en la práctica.

12.2.1 Caso de estudio: Singapur

12.2.1.1 El Agua Potable

La isla de Singapur es una Ciudad-Estado localizada en el Sur-Este Asiático al sur de Malasia. De acuerdo con el Banco Mundial (2014), su extensión es de 707,1 km² con una constante expansión de tierras ganadas al mar. Su población es de 5,47 millones de habitantes, con una densidad de 7,736 hab/km² y un PIB es de US\$301,63 miles de millones que lleva a un ingreso per cápita de US\$55,15 miles¹.

Figura 12-1 Sur –Este asiático y la Ciudad –Estado de Singapur



Fuente: Google Maps, 2015

Según la Junta para los servicios Públicos (PUB por sus siglas en inglés), las primeras fuentes de agua dulce en la isla fueron sus arroyos y pozos. Estas pequeñas fuentes eran suficientes para abastecer a la pequeña población de la isla poco habitada. Después de su fundación en 1819, a medida en que Singapur creció como un puerto, en 1822 se construyó un pequeño reservorio en

¹ <http://data.worldbank.org/indicator/NY.GNP.PCAP.CD/countries>

Fort Canning, para proveer de agua los barcos que llegaban al puerto. Para 1850, la población de la isla era mayor a 50.000 habitantes sin que se existieran previsiones para el abastecimiento de agua potable. En 1857 Tan Kim Seng realizó una donación para la construcción del primer sistema de suministro a partir de redes de tuberías. Esto impulsó la construcción del primer embalse en 1868. El embalse se expandió en 1891 y se denominó Embalse MacRitchie en 1922.

En la mediad en que la población de Singapur creció, se dieron pasos para mejorar y ampliar el suministro de agua. En 1910, la Municipalidad construyó el embalse Kallang River posteriormente denominado Embalse Peirce en 1922. En 1920, el embalse Seletar fue construido en la cuenca central de la isla. Este embalse fue ampliado en 1940. La anterior es la red de fuentes de abastecimiento existente en Singapur para 1963, el año de creación del Public Utilities Board – PUB, agencia oficial del Ministerio de Ambiente y Recursos Hídricos de Singapur y desde 2001 la Agencia Nacional del Agua.

Foto 12-1 Aspecto general del embalse Macritchie. Construido en 1922



Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/MacRitchie_Reservoir#/media/File:MacRitchie_Reservoir.jpg

Con el paso de los años, gracias a una planeación estratégica e investigación de nuevas tecnologías, el PUB ha desarrollado un robusto y diversificado sistema de abastecimiento de agua conocido como “*Los cuatro grifos nacionales*”. Las fuentes para el suministro de agua incluyen:

1. Agua de cuencas locales
2. Agua importada
3. Agua reciclada de alta calidad conocida con NEWater
4. Agua desalinizada

12.2.1.1.1 Agua de cuencas locales

Como una isla pequeña que no tiene acuíferos o lagos y con poca superficie para recolectar agua lluvia, Singapur ha tenido que maximizar todo lo que pueda captar. Singapur utiliza sistemas separados para la captación de agua lluvias y aguas residuales. El agua lluvia es captada a partir de una extensa red de drenajes y canales, ríos y pondajes para captación antes de ser transportada a alguno de los 17 embalses que posee Singapur para el almacenamiento. Esto hace de Singapur uno de los pocos países en el mundo que aprovecha a gran escala las aguas lluvias de sus cuencas urbanas para el abastecimiento.

Los embalses más recientes son los embalses de Punggol y Serangoon que conforman los embalses 16 y 17 del sistema. Para el 2011, el área para cuencas de captación se había incrementado de la mitad a dos-tercios de la tierra disponible en Singapur.

Con los mayores estuarios igualmente represados para crear reservorios, el PUB se enfoca en aprovechar las aguas de los pequeños ríos y arroyos restantes cerca de la línea costera utilizando tecnologías que pueden tratar agua de densidad variable esto incrementará el área de captación de agua de Singapur hasta el 90% para el año 2060.

12.2.1.1.2 Agua Importada

Singapur ha estado importando agua de Johor, Malasia, bajo dos tratados bilaterales. El primer tratado expiró en Agosto de 2011 y el segundo expirará en 2061. Singapur importa cerca del 40% de su demanda de agua desde Malasia a través de la red de tuberías Johor – Singapur, con el fin de disminuir su dependencia de Malasia, Singapur introdujo nuevas fuentes de abastecimiento de agua.

12.2.1.1.3 Agua reciclada de alta calidad NEWater

Constituye uno de los pilares de la sostenibilidad del agua en Singapur. NEWater es agua reciclada de alta calidad que se produce a partir de aguas residuales tratadas que posteriormente se purifican utilizando avanzadas tecnologías por nanomembranas y desinfección ultravioleta, lo cual produce agua ultra-potable y segura. NEWater ha pasado más de 100,000 pruebas a nivel mundial y supera los estándares de la *World Health Organization*.

Las primeras plantas para NEWater se abrieron en Bedok y Kranji en 2003. Las más recientes y mayores plantas en Changi con una capacidad de 50mgd (2.63 m³/s). Actualmente, NEWater cubre hasta el 30% de las demandas de agua de la nación. Se proyecta aumentar esta capacidad hasta el 55% de la demanda del año 2060.

El NEWater se utiliza principalmente para usos no potables. Se suministra para las industrias de galletas, electrónica y generación eléctrica. Igualmente es utilizada para los sectores comerciales para propósitos como el enfriamiento de aires acondicionados. Esto libera el agua potable para el consumo doméstico. NEWater es distribuida a partir de una red separada de distribución que atiende a los clientes industriales y comerciales.

Finalmente, un pequeño porcentaje de NEWater es mezclado con agua cruda en los embalses. El agua cruda del embalse se procesa en las plantas de tratamiento antes de ser enviada a los consumidores como agua de grifo.

La demanda de NEWater se ha incrementado desde 4 mgd (210 l/s) en 2003 hasta 60 mgd (3.16 m³/s) en la actualidad.

El primer plan maestro para el agua de Singapur fue desarrollado en 1972. En 1974 el PUB construyó una planta piloto precursora de la planta actualmente existente de NEWater para convertir agua residual tratada en agua potable. Sin embargo, en ese momento el costo de las membranas era enorme y las membranas no podían fabricarse localmente. De esta forma el programa se cerró a la espera de lograr los avances tecnológicos necesarios.

El estudio de recuperación de agua de Singapur (estudio NEWater) se inició en 1998 como una iniciativa conjunta entre el PUB y el Ministerio de ambiente y recursos hídricos (MEWR) con el fin de determinar la viabilidad de utilizar NEWater como una fuente de agua cruda, complementaria al sistema de abastecimiento de agua, una práctica conocida como Uso Programado de Agua Potable Indirecta (Planned Indirect Potable Use) o IPU por sus siglas en inglés.

Para el año 1998, la tecnología necesaria había madurado y los costos de producción se habían reducido notablemente. En Mayo del año 2000, se terminó la primera planta NEWater y en el 2001 arrancó una nueva iniciativa para incrementar el suministro desde fuentes no convencionales para los usos no potables.

Las primeras plantas de NEWater se abrieron en 2003. La más reciente y más grande planta inició labores en el año 2010 con una capacidad de 50 mgd en la localidad de Krangi. Normalmente NEWater satisface más de un 30% de las necesidades actuales de la nación y se planea lograr el 55% para el 2060.

Foto 12-2 Planta de tratamiento NEWater en Krangi.



Fuente: Sembcorp Singapore.

NEWater es un agua reciclada con un alto grado de calidad a partir de agua residual tratada que se purifica posteriormente utilizando tecnología de membranas con lo que se logra un agua ultra limpia, segura para el consumo. El agua supera los estándares del World Health Organization.

El proceso de tratamiento se cumple en cuatro etapas. La primera etapa de producción corresponde a la Microfiltración (MF). En este proceso, el agua residual tratada pasa a través de

membranas con el fin de tamizar y retener en las membranas sólidos suspendidos, partículas coloidales, bacterias, algunos virus y cúmulos de protozoarios. El agua filtrada contiene únicamente sales disueltas y moléculas orgánicas.

La segunda etapa del proceso es la ósmosis Inversa (OI). En esta etapa, se utiliza una membrana semi – permeable que tiene poros muy pequeños que únicamente permite el paso de moléculas muy pequeñas como las moléculas de agua. En consecuencia, contamianantes indeseables como bacterias, virus, metales pesados, nitrato, cloro, sulfato, productos para desinfección, hidrocarbonos aromáticos, pesticidas, etc; no pueden pasar a través de la membrana. Una vez supera las membranas el agua contiene únicamente cantidades despreciables de sales y materia orgánica y equivale ya a un agua de alta calidad. El proceso OI utilizado se basa en la misma tecnología de los procesos empleados por las plantas de desalinización, la producción de agua embotellada o la de agua ultra limpia para las industrias y la tecnología.

La tercera etapa de producción del agua realmente actúa como paso adicional de seguridad al proceso de ósmosis inversa (OI). En esta etapa se utilizan rayos ultravioleta para que cualquier organismo sea inactivado y garantizar la pureza del agua producida.

En la cuarta y final etapa del proceso de producción se agregan químicos alcalinos al agua con el fin de recuperar el balance del pH. Con lo anterior la NEWater está lista para ser entregada a los usuarios industriales.

El centro para el visitante NEWater es un espacio educativo que promueve la sostenibilidad del agua en Singapur y enfatiza la importancia de esta la “Tercer Grifo”. A partir de paseos interactivos y eventos educativos el centro facilita la comprensión de estos temas a sus visitantes.

12.2.1.1.4 Agua desalinizada

En Septiembre de 2005, Singapur inició su cuarto *Grifo Nacional*, el agua desalinizada, con la apertura de la planta desalinizadora de Sin Spring que fue el primer proyecto de alianza público privada, en el cual *SingSpring Pte Ltd* se encargó del diseño, construcción y operación de la planta y de proveer agua al PUB. Esta planta puede producir 30 mgd (1.58 m³/s) y es una de las mayores plantas desalinizadoras de la región.

En la planta desalinizadora el agua de mar pasa por un proceso de pretratamiento en el cual las partículas suspendidas son removidas. En una segunda etapa, el agua atraviesa un proceso de Osmosis Inversa. Esta es la misma tecnología utilizada en el proceso de NEWater. El agua producida es muy pura y es remineralizada en una tercera etapa. Después del tratamiento, el agua desalinizada es mezclada con agua potable tratada antes de ser distribuida a los hogares e industrias en el occidente de Singapur.

Una segunda planta desalinizadora con capacidad para 70 mgd (3.68 m³/s), la Planta Desalinizadora Tuaspring se convierte en otro paso en la búsqueda de la sostenibilidad en Singapur. Actualmente el agua desalinizada puede alcanzar hasta 25% de la demanda actual de agua en Singapur.

El plan es expandir la capacidad de desalinización de manera que pueda abastecerse el 60% de la demanda de agua de Singapur para el año 2060.

12.2.1.2 El sistema de drenaje.

Durante los años 1960s y 1970s, Singapur experimentó extensas inundaciones durante la temporada de Monzones, especialmente en el centro de la ciudad, el cual se construyó en tierras relativamente bajas. Actualmente, Singapur está liberado de inundaciones prolongadas. La mayoría de las veces, el sistema de drenaje está en capacidad de manejar las crecientes que se reciben. Sin embargo, en algunas ocasiones lluvias extremas exceden la capacidad de diseño, particularmente en tierras bajas. En estos casos, pueden presentarse inundaciones rápidas, pequeñas y localizadas.

Foto 12-3 Aspecto general de inundación Bradell Road, Singapur. Diciembre de 1978



Fuente: Singapur Public Utility Bureau - PUB

A través de esfuerzos concertados, la planeación cuidadosa del desarrollo de la tierra y un extenso y continuo programa de mejoramiento del drenaje, las áreas susceptibles a las inundaciones se han reducido desde cerca de 3200 ha en los 1970s hasta aproximadamente 320 ha hoy, a pesar de la creciente urbanización la cual normalmente incrementa los caudales e inundaciones.

El PUB toma muy en serio cada evento de inundación y evalúa sus causas. Si es necesario trabaja con otras agencias para mejorar el sistema de drenaje o elevar el nivel de las vías. Igualmente involucra a los urbanizadores en la toma de medidas apropiadas para la protección de crecientes.

El actual sistema de alcantarillado de Singapur, está diseñado sobre el principio de separación en el cual las aguas residuales se recolectan y transportan separadamente en una red subterránea de colectores que las conducen a plantas de tratamiento, mientras las aguas lluvias y la escorrentía superficial se colecta en drenes abiertos y es llevada por canales a los ríos y reservorios.

12.2.1.3 El programa de GIRH de Singapur

La gestión efectiva de los recursos es un desafío en Singapur. La escasez y el uso de tierras para la captación de agua deben ser balanceados de manera precisa con los requerimientos para desarrollos socio-económicos. Dado que el agua sigue siendo un recurso limitado, es necesario asegurar su sostenibilidad a largo plazo a través de una eficiente gestión del recurso. La definición de las inversiones adecuadas en infraestructura y la tecnología apropiadas son aspectos críticos en este propósito.

Singapur ha basado su sistema de gestión en la definición de cinco programas fundamentales vinculados estrechamente a los desafíos que como sociedad ha debido enfrentar. Estos programas son:

1. Proteger nuestros recursos hídricos: La urbanización y la industrialización no necesariamente deben resultar en la contaminación del agua. La polución debe ser atacada en las fuentes y si las industrias. La contaminación debe ser abordada desde la fuente y si las industrias deben cumplir normas estrictas las aguas no deben contaminarse. Poniendo en práctica un programa de control de polución del agua muy estricto Singapur ha podido dedicar más de la mitad de su limitada área a la captación del agua a pesar de más de 30 años de urbanización e industrialización.
2. Procesar agua potable segura de una manera costo – efectiva: No es posible optimizar el proceso de recuperación del agua usada a través de técnicas tradicionales de sedimentación y purificación. En este sentido, Singapur ha desarrollado rápidamente avances tecnológicos para lograr nuevas fuentes sostenibles de agua, como el NEWater y la desalinización.
3. Minimizar los desperdicios en el suministro de agua: La gestión eficiente de los sistemas de distribución y transmisión desde la fuente hasta el consumidor, asegura pérdidas mínimas de agua. Singapur ha alcanzado pérdidas de agua muy bajas (5.0%) a partir del control de infiltraciones, una política total y precisa de medición y una legislación estricta.
4. Conservación del agua: A su vez se enfoca en cuatro acciones: Dar a cada gota de agua su uso conveniente. La conservación del agua requiere del compromiso colectivo de la comunidad y la comunidad de Singapur constantemente desarrolla iniciativas educativas para desarrollar una cultura y ambiente a través de los cuales la población entienda y adopte la necesidad de un uso eficiente del agua.

Singapur igualmente ha reconocido la importancia de una gestión eficiente de la demanda y ha desarrollado programas extensos para ayudar a los hogares a mantener sus demandas bajo control. El programa ayuda a cada casa conservar agua a partir del uso de aparatos sanitarios de bajo consumo.

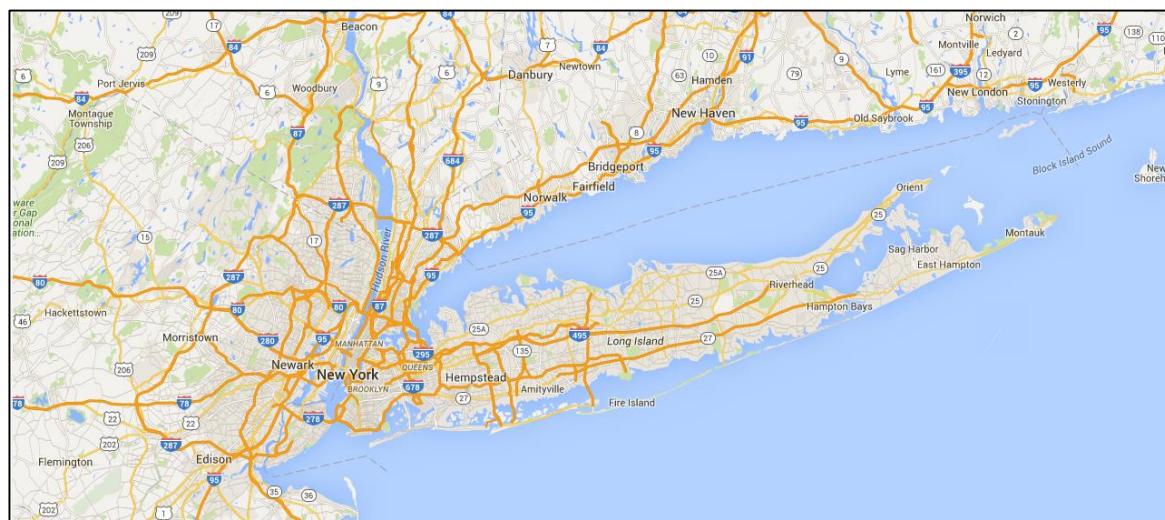
5. Cierre del ciclo del agua: En lugar de descargar el agua residual en el mar, se estudian e implementan formas de aprovechar el agua tratada en usos posteriores. A través del reciclaje de las aguas, es posible maximizar el uso efectivo de cada gota de agua. Singapur alcanza esto a través de la iniciativa NEWater.

El éxito del programa de GIRH de Singapur puede atribuirse a los esfuerzos de todos los sectores de la población desde la aspiración política y la infraestructura suministrada por el Gobierno, hasta el compromiso colectivo de la comunidad y la experticia técnica e innovación del sector privado.

12.2.2 Caso de estudio: Plan integral de gestión del recurso hídrico de Suffolk County, Nueva York

De acuerdo con el gobierno del condado de Suffolk County, por décadas el condado ha reconocido la importancia de gestionar y proteger sus recursos hídricos y ha desarrollado e implementado legislación y programas para el agua potable y la gestión de las aguas subterráneas. La protección y gestión de las fuentes de agua tienen una importancia principal ya que la población cuenta con el agua subterránea como única fuente de suministro de agua potable.

Figura 12-2 Localización del Condado de Suffolk, Nueva York con sotas sobre el estuario Long Island



Fuente: Google Maps, 2015.

Dado que el agua subterránea provee de flujo base a las corrientes que descargan a las aguas costeras perimetrales, la calidad del agua de las corrientes de agua dulce y el agua marina de Suffolk depende directamente de la legislación establecida para proteger las aguas subterráneas y las fuentes de agua dulce. Actualmente, la calidad del agua del condado de Suffolk se encuentra en un punto de inflexión, enfrentan a una alarmante tendencia de disminución de la calidad del agua potable que utilizan, debido al deterioro de varios cuerpos de agua que sirven para el esparcimiento. Más aún, la fuente de este deterioro está afectando los pantanos que constituyen una barrera natural contra el efecto de las tormentas marinas.

Actualmente, varios de los ríos, estuarios y bahías están contaminados por eutroficación. El nitrógeno que principalmente se atribuye a tanques sépticos residenciales y letrinas, así como a fertilizantes, es el principal responsable de estimular la hipoxia, la proliferación de algas nocivas, la disminución de criaderos de peces y mariscos y la disminución de la infraestructura protectora natural conformada por los pantanos, que actúa como retenedores de las olas y mareas causadas por las tormentas.

La gran mayoría de habitantes de Suffolk utilizan soluciones individuales de disposición de aguas residuales que descargan a las aguas subterráneas. Aproximadamente el 74% de la población, cerca de un millón de personas no utilizan el sistema de alcantarillado residual. Suffolk es probablemente el lugar de la tierra con una densidad tan alta en donde los residuos están depositándose en un único acuífero fuente, inmediatamente debajo de la población y del cual se toma el agua para usos humanos. Adicionalmente, fertilizantes, solventes, pesticidas, derivados del petróleo y otros contaminantes tienen un impacto profundo y de larga duración en la calidad de las aguas subterráneas.

Suffolk tiene aproximadamente 360,000 pozos sépticos/letrinas que son particularmente problemáticos en zonas con láminas de agua altas próximas a la superficie en las cuales, el sistema sumergido no funciona como se ha diseñado y falla en el tratamiento adecuado de patógenos. El primer paso del estudio consistió en identificar las zonas en las cuales la densidad fuera superior o igual a 5 viviendas /ha, y en las que simultáneamente se encontraran en zonas en las cuales el nivel del acuífero fuera igual o menor a 3.00m. Estas zonas se consideraron de máxima prioridad.

Las metas del plan de gestión se orientaron a proteger y mejorar la calidad del agua subterránea y superficial en los siguientes años, reconociendo que el mantenimiento de estas fuentes es vital para la salud y la economía de Suffolk. Los objetivos propuestos no se lograrán en los siguientes 20 años, sin embargo las recomendaciones constituyen la ruta para un continuo mejoramiento de los recursos hídricos y la provisión confiable de aguas potable para las futuras generaciones.

Para el caso de las aguas subterráneas, las metas más importantes son las siguientes:

- META 1: Todas las aguas subterráneas deberán cumplir con lo establecido en los Estándares Ambientales y *Valores Guía para las Aguas Subterráneas de Nueva York*, o las *Metas de contaminación Máxima (MCLGs)* hasta donde sea posible. Deberá preservarse la calidad del agua que sea superior a los estándares definidos.
- META 2: La carga de Nitrógeno deberá reducirse hasta donde sea posible para la protección de las fuentes actuales de agua dulce y para re establecer/mantener las funciones ecológicas de ríos, lagos, estuarios y aguas marinas.
- META 3: Deberá minimizarse la concentración de otros contaminantes regulados y no regulados hasta donde sea posible para la protección de las fuentes actuales de agua dulce y para re establecer/mantener las funciones ecológicas de ríos, lagos, estuarios y aguas marinas.
- META 4: Los patrones de usos de la tierra deberán estar en consonancia con la protección de los recursos hídricos subterráneos y superficiales.
- META 5: La calidad de las fuentes de agua dulce superficiales y subterráneas deberá ser mantenida.
- META 6: Deberán mantenerse los niveles del agua subterránea para proteger y mantener la sostenibilidad de largo plazo y las funciones ecológicas de las fuentes superficiales existentes.

- META 7: Los programas existentes para monitoreas, prevenir la contaminación y gestionar los recursos hídricos subterráneos de Suffolk, deberán ser ampliados y mejorados.

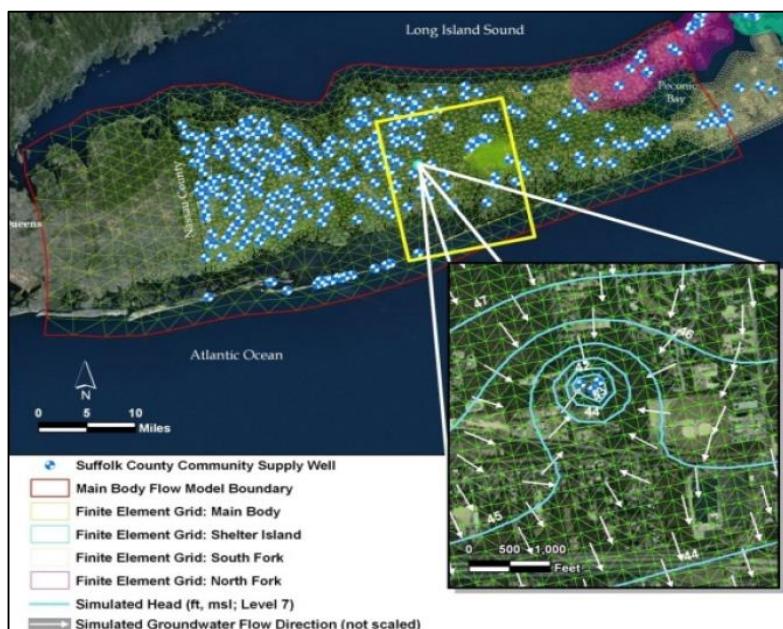
Para el caso del agua potable, se establecieron los siguientes objetivos:

- META 1: Todos los residentes del condado deberán tener acceso a agua potable segura que cumpla las normas MCLs y USEPA.
- META 2: Un suministro público de agua deberá estar disponible para todos los residentes de Suffolk.
- META 3: El riego residencial y comercial deberá ser controlado para reducir los picos de demanda.

Igualmente, se definieron metas para el agua superficial y para la gestión de las aguas residuales.

Como parte del estudio se desarrolló un modelo calibrado de aguas subterráneas el cual se utilizó para definir el área superficial del acuífero que contribuye a la recarga o fuente de agua para cada uno de los 704 pozos de abastecimiento existentes o proyectados. Utilizando sistemas SIG, las áreas de contribución se superpusieron a planos de usos de la tierra así como a mapas de fuentes de contaminación potencial. Estos puntos de contaminación corresponden a desarrollos o propiedades que tienen el potencial de liberar contaminantes al acuífero. Igualmente se estudió la susceptibilidad a la contaminación de las diferentes fuentes de agua subterránea debida a distintos agentes contaminantes como microbios, nitratos, VOCs y pesticidas.

Figura 12-3 Modelo calibrado tridimensional de aguas subterráneas y de intrusión marina, del área del condado de Suffolk



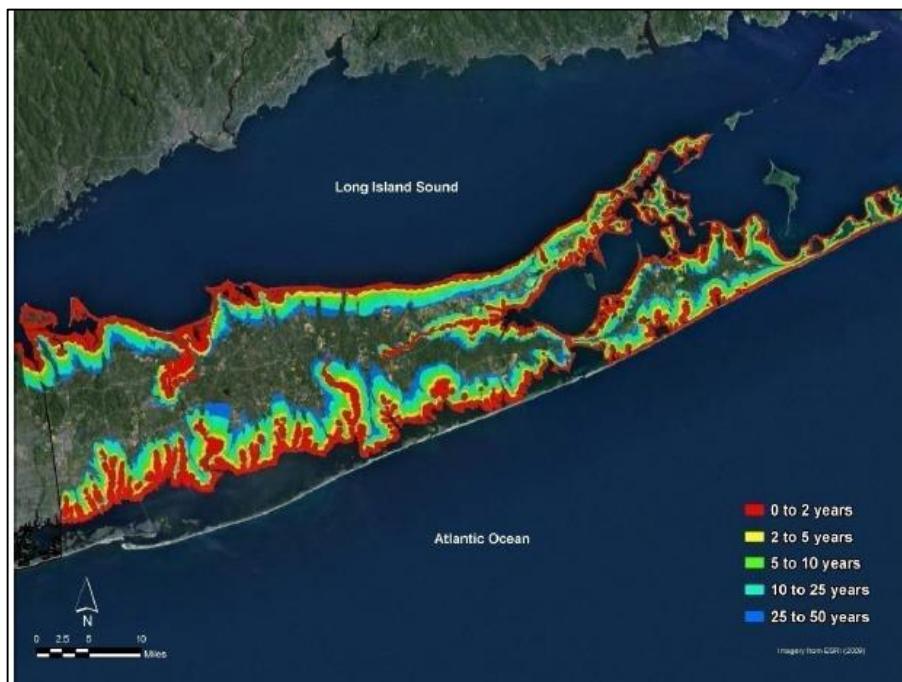
Fuente: Suffolk County Government, 2012

Con base en el destino y las características de transporte de los contaminantes comúnmente asociados con el uso del suelo presente en el área de contribución de cada pozo y el tiempo de viaje modelado para la lámina de agua hasta el pozo de suministro, se determina la susceptibilidad a la contaminación de cada pozo.

Como consecuencia del desarrollo intensivo, los pozos privados eran utilizados para extraer agua potable del acuífero; la mayoría de esta agua se devolvía al acuífero vía pozos sépticos o letrinas. La recarga de aguas residuales introducía Nitrógeno y Bacterias al sistema acuífero pero estos eran diluidos exitosamente por el mayor volumen de precipitación de recarga. Eventualmente, las aguas residuales recargadas por más personas excedió la capacidad de asimilación del acuífero en áreas densamente pobladas causando un impacto notable al acuífero, al agua dulce y la ecología del agua superficial, provocando el desarrollo de sistemas de recolección de aguas residuales.

El condado ha implementado programas de redes sanitarias y ha limitado las densidades máximas de ocupación para nuevos desarrollos que no incluyen infraestructura para el tratamiento y disposición. Las simulaciones realizadas en el modelo mostraron que aquellas zonas en las cuales el tamaño de las propiedades era inferior a un acre probablemente eran causantes de concentraciones de Nitrógeno que excedían la concentración máxima permitida de 6 mg/l. Para propiedades con tamaño menor a un cuarto de acre aumentaban significativamente el riesgo de concentración, excediendo 10 mg/l.

Figura 12-4 Tiempos de viaje hasta la línea de costa, de la precipitación que cae desde las tierras altas viajando a través del acuífero, y descargando en las corrientes, bahías y la línea de costa

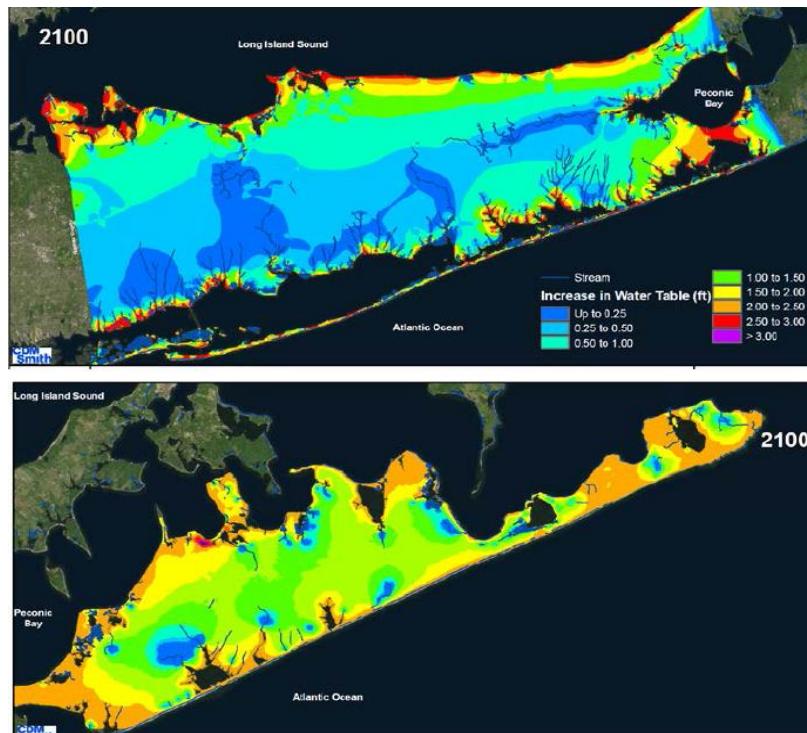


Fuente: Suffolk County Government, 2012

Igualmente, se adelantó un estudio de caracterización de la calidad en 12 de las mayores corrientes de agua del condado, el cual reveló mayores niveles de contaminación por VOCs en las corrientes localizadas en las zonas más densamente desarrolladas al Occidente del condado. El estudio abordó igualmente la contaminación costera introducida por contaminación puntual y no puntual. Se identificaron las zonas afectadas en la bahía de Long Island. El modelo de aguas subterráneas se utilizó para delinear el área superficial que contribuye a la escorrentía base hacia las corrientes y las aguas costeras en Suffolk en períodos de tiempo que varían desde un año hasta 15 años.

Con el fin de determinar la cantidad de agua subterránea, se desarrolló un balance a partir del cual se determinó que el acuífero se alimenta principalmente a partir del agua lluvia. Anualmente caen 1,219 mm de agua de las cuales cerca del 50% recarga el acuífero. El modelo calibrado se utilizó para desarrollar balances de agua para un mejor entendimiento del sistema acuífero del condado y para empezar a determinar la magnitud de los impactos causados por efecto de la elevación del nivel del mar. En condiciones previas al desarrollo, la precipitación viajaba a través del acuífero hasta su descarga final en las costas bien como flujo base de las corrientes superficiales o como flujo subterráneo. La construcción y operación de la red de alcantarillado sanitario, que descarga a aguas superficiales, representó una pérdida de agua para el acuífero y la potencial caída de la lámina de agua local. Dado que las aguas subterráneas suministraban el flujo base para las aguas dulces superficiales, la red de alcantarillado con descarga de agua superficial derivó en una pérdida de flujo base para las corrientes.

Figura 12-5 Impactos sobre el nivel de la lámina de agua en el acuífero debido a una elevación de 0.86m en el nivel del mar. (Arriba) Zona central de Suffolk. (Abajo) Zona Sur



Fuente: Suffolk County Government, 2012

La construcción de cuencas de recarga a partir de aguas lluvias en muchas partes del condado ha derivado la recarga durante la temporada de cultivo, con lo cual, sobre una base anual, la recarga al acuífero es actualmente superior a la de la época anterior al desarrollo. Finalmente, el modelo hidrogeológico y de intrusión marina se utilizó para proyectar el impacto de un aumento en el nivel del mar de 0.86m entre 2014 y 2100. El plan incluyó las elevaciones del mar proyectadas por otros estudios para el 2035, 2050 y 2100. El modelo mostró que el impacto de la elevación del nivel del mar sobre al agua subterránea era moderado en la costa sur, donde el flujo subterráneo base en gran número de corrientes y pantanos se espera que aumente como resultado de la elevación de la lámina de agua subterránea.

Como conclusión unos 56.000 usuarios verán afectado su sistema individual de disposición de residuos como consecuencia del incremento del nivel del mar el cual afectará el funcionamiento de los sistemas al elevar la tabla de agua entre 0,12m y 0,25m.

Con respecto a las perspectivas de suministro de agua potable, se determinó que el acuífero de Suffolk está en condición de proveer el volumen anual de 292 mgd (12.71 m³/s) requeridos para satisfacer las demandas futuras. Es necesario considerar los efectos de los pozos adicionales que deberán construirse, sobre las corrientes, los pantanos y los pondajes.

Una vez diagnosticada la situación actual y estudiada las perspectivas futuras, el plan presenta las estrategias de gestión consideradas para garantizar la sostenibilidad a largo plazo en el manejo del acuífero.

En lo que toca a la gestión de aguas residuales, se identificaron 209,000 soluciones individuales de tanque séptico/letrinas localizadas en área de prioraria atención definidas según los siguientes criterios:

- Áreas dentro de una zona de contribución a los pozos públicos de abastecimiento en el rango de 0 a 50 años.
- Áreas dentro de una zona de contribución a las fuentes superficiales en el rango de 0 a 25 años.
- Propiedades que no poseen alcantarillado con densidades superiores a las permitidas en la norma urbana para desarrollos sin solución de aguas residuales.
- Áreas localizadas en zonas donde la lámina de agua subterránea se ubica a menos de 3.00m por debajo del nivel del suelo.

Normalmente la concentración de la contaminación por Nitrógeno se controla a partir del tamaño de la propiedad a través de la implementación del Código Sanitario del condado de Suffolk, con base en las diferencias regionales de las condiciones hidrogeológicas y de calidad del agua. El objetivo es limitar la concentración de nitrógeno a 4 mg/l en algunas zonas y a 6 mg/l en otras.

Para aquellas áreas construidas antes de la entrada en vigencia del código, el objetivo es la conexión a sistemas comunales de tratamiento de aguas residuales tales como la instalación a sistemas de tratamiento innovadores/avanzados o a un sistema de alcantarillado central. Con esto se permitirá la reducción de las actuales concentraciones de nitrógeno con el fin de mejorar las condiciones de

los humedales, pantanos y manglares incrementando la resiliencia de las costas a los efectos de las tormentas.

Con el fin de reducir esta concentración de Nitrógeno, se definen cuatro áreas de Suffolk en las cuales deberá implementarse un sistema de alcantarillado centralizado. Alternativamente, para la descarga de residencias que no cuentan con alcantarillados comunales, se propone utilizar sistemas innovadores/avanzados de disposición de lodos (I/A OWTS) los cuales han comprobado disminuir la concentración de Nitrógeno hasta 19 mg/l o menos.

Otra alternativa para aquellas áreas donde no es posible la construcción de sistemas centralizados de alcantarillado es la creación de sistemas descentralizados que en general atiendan pequeñas comunidades que utilicen sistemas de tratamiento aprobados por los estándares comerciales SCDHS Apéndice A para caudales superiores a 15,000 gpd. Estos sistemas son normalmente plantas de tratamiento compactas parcial o totalmente bajo tierra.

Con el fin de controlar los efectos producidos por la elevación del nivel del mar, las lagunas de oxidación deberán estar al menos 0.30m por encima de la actual lámina de agua.

La implementación de un plan para el manejo de las aguas residuales permitirá direccionar la solución a la problemática del Nitrógeno de Suffolk a partir del establecimiento de las tasas de reducción requeridas para la concentración del Nitrógeno. Para la implementación del plan es necesario garantizar los recursos y el compromiso de muchos de los interesados.

La responsabilidad de las estrategias de gestión es normalmente transversal a distintas agencias del nivel federal, estatal, del condado, municipal y local. Aun cuando el condado de Suffolk tenga la posibilidad de ejercer la autoridad e implementar muchas de las recomendaciones, será crítico desarrollar y mantener una red de cooperación y de disponibilidad a participar en los esfuerzos de gestión del recurso.

12.3 Gestión del agua en el Caribe

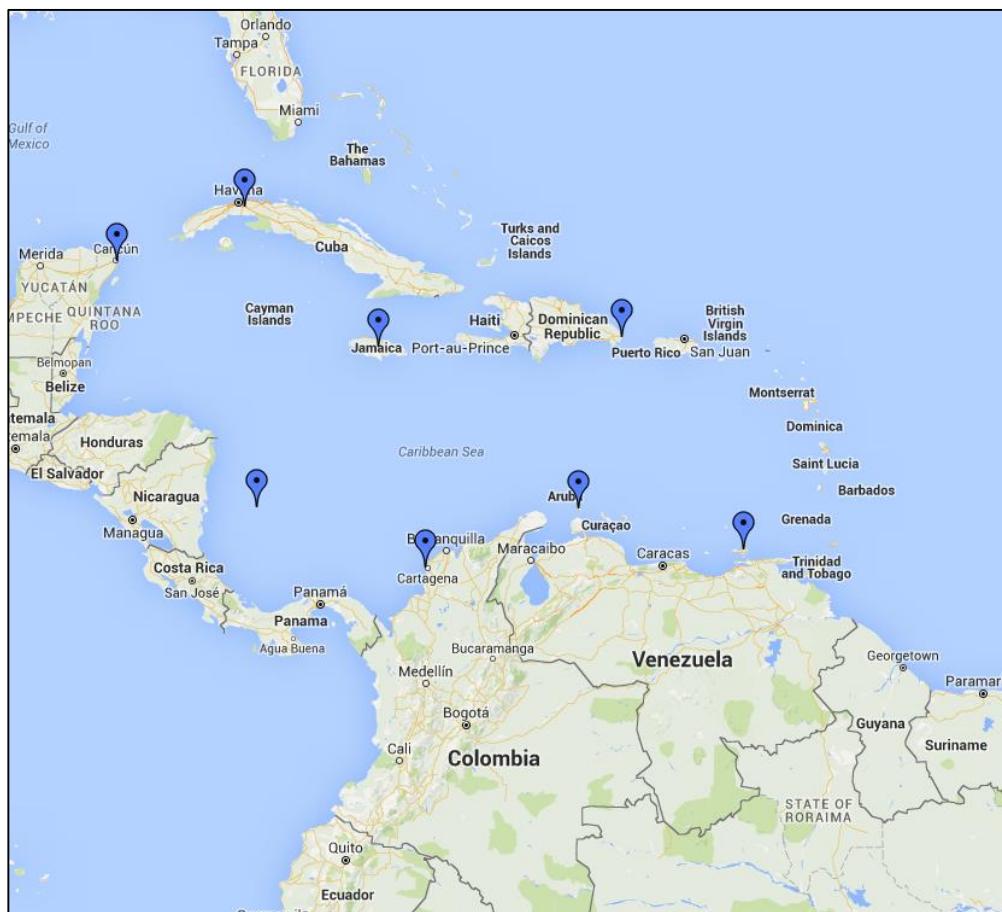
De acuerdo con el Global Water Partnership –GWP (GWP, 2014), en 1998 el foro de ministros de ambiente de América Latina y El Caribe, acordó que la gestión integral de los recursos hídricos y costeros era una prioridad en la región Caribe. En 2002, en la Conferencia Mundial sobre Desarrollo Sostenible de Johannesburgo, los estados del Caribe se comprometieron a trabajar hacia la Gestión integral del Recurso Hídrico – GIRH. Han pasado casi 15 años desde entonces.

Para los pequeños Estados – Isla en desarrollo, el cumplimiento de estos ambiciosos compromisos siempre será un desafío. Estos países son particularmente propensos a incrementar la presión sobre sus recursos hídricos dadas las limitaciones en la disponibilidad de tierras, la población y los recursos y la necesidad de lograr el desarrollo económico y el bienestar social. En estos casos, la GIRH ha adoptado un enfoque de “fuente al mar”, como consecuencia de la cercana conexión entre el mar y la tierra en las islas. Para el Caribe, con un área total extensa pero con población y tierras emergidas pequeñas y dispersas, que experimentan condiciones climáticas similares que condicionan la disponibilidad de recursos hídricos, tiene sentido coordinar las iniciativas Nacionales con un enfoque regional, (GWP, 2014).

Geográficamente El Caribe es diverso, y dada su historia geológica diferente, muestra una variedad marcada en las formas de sus tierras, desde islas de tierras bajas con pocos metros sobre el nivel del mar como Las Bahamas hasta aquellas con montañas de más de 3,000 m de altura. En términos de economía política, la visión y coaliciones regionales han permitido un medio para que los estados del Caribe tengan un papel en la política internacional, más importante que aquel que les permitiría su pequeño tamaño individual. Esto se facilita a través de un número de instituciones, tales como la *Comunidad del Caribe* (CARICOM), la *Association of Caribbean States* (ACS), la *Organization of Eastern Caribbean States* (OECS), y otras, (GWP, 2014).

Una división geográfica gruesa de las islas puede ser: Bahamas, Antillas Mayores, Islas de Sotavento, Islas de Barlovento y las islas del litoral sur. Las Bahamas son un archipiélago de islas coralinas de tierras bajas localizadas a no más de 60 msnm. La meteorización de los depósitos coralinos ha resultado en formaciones kársticas, con múltiples conductos diluidos. El resultado es que las aguas lluvias se infiltran rápidamente de manera que no existen ríos, sino, lentes de agua dulce que flotan sobre las aguas más saladas, (GWP, 2014).

Las Antillas mayores (Cuba, República Dominicana, Haití, Jamaica y Puerto Rico), son geológicamente más complejas. Con rocas sedimentarias, metamórficas e ígneas cuya meteorización ha sido posteriormente afectada por procesos tectónicos así como otra clase de cambios a lo largo de los períodos Geológicos. Las Antillas menores son predominantemente de origen volcánico y sedimentario y se caracterizan por tener terrenos empinados y montañosos. Tienen abundantes ríos y arroyos, pero sin aguas subterránea significativa, excepto en aquellos acuíferos aluviales asociados a los sistemas fluviales, (GWP, 2014).

Figura 12-6 Localización general de los Estados-Isla del Caribe


Fuente: Google Maps, 2015

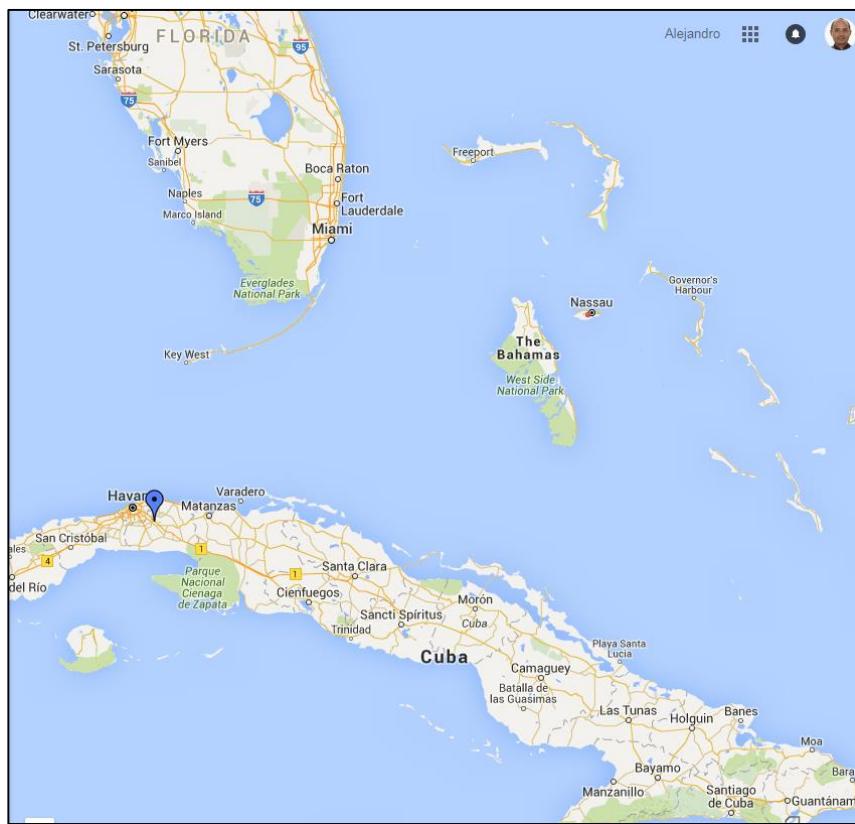
Un patrón similar al descrito para las Bahamas, se presenta en las islas de las Antillas menores. Antigua, Barbuda y Barbados. Estas islas coralinas se han formado como consecuencia de la elevación de la placa tectónica en el borde la placa del Caribe. Tienen una topografía más pronunciada que las Bahamas y ausencia de aguas dulces superficiales, (GWP, 2014).

Debido a la similitud en su geología, con aquella de San Andrés, resultan de particular interés los casos de la gestión del recurso hídrico en Las Isla Bahamas.

12.3.1 Caso de estudio: Las Bahamas

La isla de Bahamas es un Estado localizada en el Norte del Mar Caribe, al Sur de La Florida (EUA). De acuerdo con el Banco Mundial (2014), su extensión es de 10,010 km², su población es de 383,100 habitantes, con una densidad de 38 hab/km². Su PIB es de US\$8,51 miles de millones y su ingreso per cápita es de US\$20,98 miles².

² <http://data.worldbank.org/indicator/NY.GNP.PCAP.CD/countries>

Figura 12-7 Localización general de Las Bahamas


Fuente: Google Earth

Las Bahamas son uno de los países con menor cantidad de agua disponible del mundo. Con una precipitación anual media de 1,292 mm y una recarga anual de 20 millones de metros cúbicos, la disponibilidad anual del recurso per-cápita es de solo 57 m³/cápita/año. Se trata de un archipiélago de cerca de 700 islas y 2,400 islotes deshabitados. La isla más importante es New Providence (207 km²), en la cual se sitúa la capital Nassau.

De acuerdo con el Global Water Partnership – Caribbean (GWP_C, 2011), se trata de un país con escasez de agua por lo que enfrenta a desafíos relativos al suministro de agua y los consecuentes escenarios sobre suministro de agua potable. El control y administración de los recursos hídricos en Las Bahamas le corresponde al Ministerio de Empresas Públicas, el 83% de los sistemas hídricos del país son operados y gerenciados por el *Water and Sewerage Corporation* (WSC), la cual es su propietaria. El sector privado se ocupa del restante 17%.

Los recursos hídricos en Las Bahamas están en una posición peligrosa, amenazados por la sobre explotación, mala utilización y polución. Una de las principales preocupaciones son los costos financieros relacionados con la producción de agua y la accesibilidad para los consumidores. La necesidad de implementar la gestión de los recursos hídricos se hace más urgente en la medida en que la problemática se hace más compleja, (GWP_C, 2011).

Como casi todas las naciones del Caribe, las Bahamas ha implementado un enfoque de sector único hacia el agua. Cualquier asunto relativo al agua es remitido y resuelto por la WSC. La GIRH como

una estrategia, constituye la oportunidad de involucrar a todos los interesados y alcanzar el nivel de integración necesario para una gestión hídrica efectiva. La decisión de la WSC de adelantar pasos concretos para adoptar e implementar un plan de GIRH para Las Bahamas, surge de la certeza de la necesidad de corregir la manera en que el asunto del agua había sido estructurado en la isla. Los esfuerzos para establecer un plan de GIRH iniciaron en 2002 con una reunión de los interesados a nivel nacional y posteriormente con una cesión de trabajo organizada por la *Comisión del Medioambiente Ciencia y Tecnología de la Bahamas* (BEST) en 2004. El proceso se fortaleció nuevamente a partir de la reestructuración institucional del WSC con la cual resurgió el interés por la implementación de un plan de GIRH, (GWP_C, 2011).

La conservación juega un papel principal en el plan de GIRH. El principal criterio de los tomadores de decisión fue la capacidad del plan para proteger el ambiente, y para promover la sostenibilidad. Este criterio fue acogido por el comité de gestión y los interesados, superando la importancia de los costos. El plan de GIRH se enfocó en encontrar un balance apropiado entre la necesidad de proteger y sostener los recursos hídricos y la necesidad de desarrollarlos y utilizarlos.

Como un punto inicial de acuerdo sobre cómo debería conducirse el futuro plan, los interesados emitieron la siguiente visión:

"Gestionar de manera coordinada un sistema de alcantarillado y agua potable, accesible y de clase mundial con el fin de mejorar y proteger la salud y el medio ambiente".

Esta visión que enfatiza la cooperación y la coordinación, se opone al enfoque fragmentado y puntual y a la vez pone de relieve el valor social del agua y la relación integral entre los temas de agua y los ambientales.

Las etapas de desarrollo del plan de GIRH se resumen como sigue:

- Involucrar a los otros sectores en la gestión del recurso hídrico.
- Generar un compromiso político de alto nivel hacia el proceso.
- Entender el vínculo entre la DIRH y los programas desarrollados en otros sectores.
- Establecer un compromiso para reformar el marco legal y regulatorio para la implementación del plan.

El plan de GIRH identificó áreas clave en las cuales el plan debería desarrollarse:

- Gobernanza: Una adecuada estructura de gobernanza que establezca acuerdos y colaboración inter institucionales y medidas de cumplimiento y aplicación.
- Financiero: Definir el costo financiero asociado con la producción de agua en la isla y recuperar los costos verdaderos para los consumidores.
- Aspectos ambientales: Esto incluye las medidas de conservación del agua en todos los sectores, la salud de los ciudadanos, el control y prevención de la contaminación, el reciclaje de las aguas residuales y el abastecimiento de agua.

- Involucrar a los interesados: Además de la corporación, los sectores públicos, privados, no gubernamentales, las comunidades locales; tienen un interés en el agua y deben estar involucrados en las decisiones relativas al agua.
- Construcción de capacidad: La gestión de los recursos hídricos requiere un adecuado conocimiento técnico experto y la recopilación de datos confiables hidrológicos, meteorológicos y de calidad del agua.
- Prevención de desastres y gestión de inundaciones: Estos problemas afectan el suministro de agua y deben estar integrados dentro del proceso de decisión relativo al agua.

Definidas las áreas de trabajo, el primer esfuerzo se desarrolló en el fortalecimiento de la participación pública, con la inclusión de los sectores privados y de gobierno, las comunidades locales y el público en general. Se desarrolló una política de GIRH y se realizó un estudio de los vínculos entre la GIRH y todos los sectores, (GWP_C, 2011)

Finalmente, en común acuerdo con los interesados, se desarrolló un plan de trabajo que incluye las actividades proyectadas para soportar el plan de GIRH. Igualmente se adelantaron consultas a nivel individual, sectorial y Nacional para aclarar papeles y responsabilidades y acordar un plan de monitoreo del PGIRH de Las Bahamas, (GWP_C, 2011).

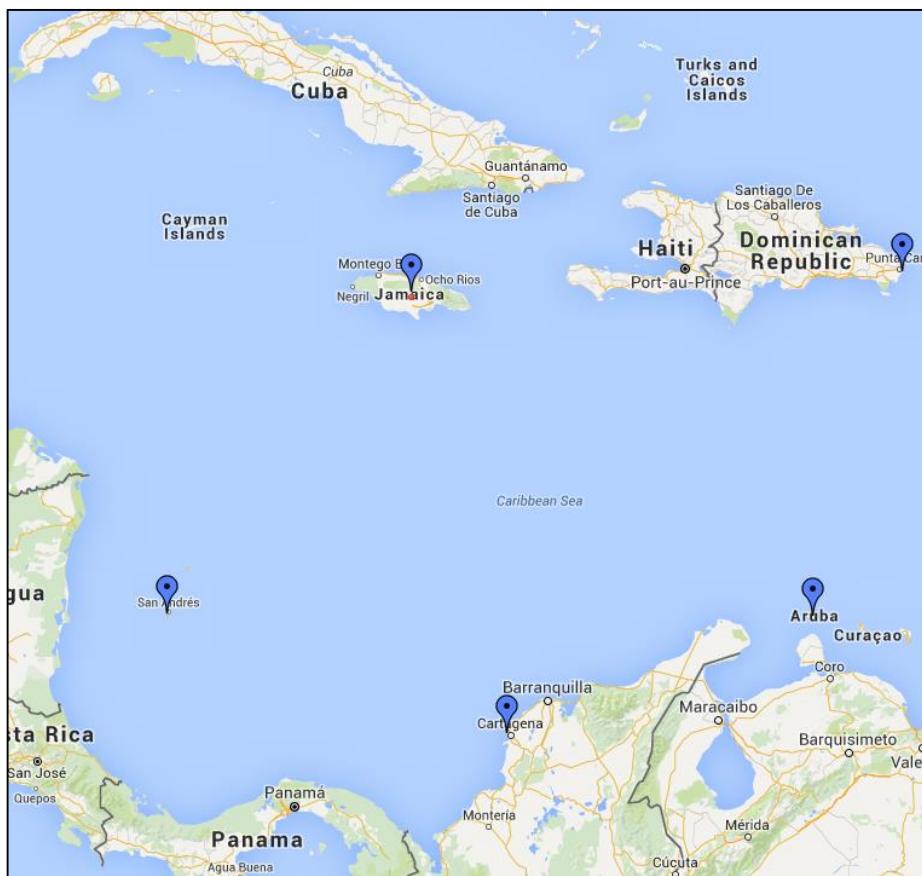
12.3.2 Caso de estudio: Jamaica

Jamaica es la isla más larga de habla inglesa en El Caribe. Sus principales centros urbanos son Kingstom, Saint Andrew y Saint Catherine. La precipitación media anual en Jamaica es de 2.051 mm. Con un volumen de recursos hídricos renovables de 9,40 millones de metros cúbicos, la disponibilidad de agua renovable per cápita es de 3,406 m³/cápita/año.

La isla de Jamaica es un Estado localizado en la zona central del Mar Caribe, al Sur de Cuba. De acuerdo con el Banco Mundial (2014), su extensión es de 10,830 km², su población es de 2,72 millones de habitantes, con una densidad de 251 hab/km². Su PIB es de US\$13,89 miles de millones y su ingreso anual per cápita es de US\$5,15 miles³

A pesar de tener una oferta de agua amplia, las fuentes se distribuyen de manera heterogénea sobre la superficie tanto en tiempo como en espacio. Existe la necesidad de construir nuevos puntos de captación y de enviar estas aguas a un proceso de tratamiento y distribución adecuado para cumplir con las demandas de varios sectores, (GWP_C, 2011).

³ <http://data.worldbank.org/indicator/NY.GNP.PCAP.CD/countries>

Figura 12-8 Localización general de Jamaica

Fuente: Google Earth

La *National Water Comision* (NWC) es un actor principal en los procesos relacionados con el agua. Constituido desde 1980 para reemplazar a la *Water Comission* (previamente establecida para suministrar los servicios de agua y saneamiento a Kingston y St. Andrew) y a la *National Authority* (previamente establecida para proveer con agua y saneamiento a los sectores rurales). El mandato de la NWC es suministrar agua potable y saneamiento a la totalidad de las comunidades de la isla. Sin embargo hay algunos suministros menores de agua que son gestionados por entes locales conocidos como *parroquias*. (GWP_C, 2011).

El NWC provee más del 90% de los servicios de agua potable y saneamiento en la isla a partir de una red de más de 160 pozos subterráneos y más de 116 captaciones en ríos (previo paso por plantas de tratamiento de agua potable) y 147 manantiales. Además de los servicios prestados por las Parroquias, hay un pequeño número compañías de agua privadas, atendiendo conjuntos residenciales y la *National Irrigation Comission* provee los servicios de irrigación. La NWC opera y mantiene más de 4.000 km de redes de acueducto y más de 500 km de tuberías de alcantarillado. Antes de la reforma del sector del agua, el país venía experimentando una serie de cambios en la regulación para os sectores tales como el eléctrico y el de telecomunicaciones lo cual derivó en el establecimiento de la *Office of Utilities Regulation* (OUR). Esto resultó en que el regulador tomó también responsabilidad en el proceso de suministro de agua y servicios de saneamiento. Como

resultado se consideró necesario reformar la NWC con el fin de mejorar su capacidad de operación y el desempeño general de los servicios en todo el país, (GWP_C, 2011).

El proceso de reforma se inició por parte del Gobierno de Jamaica en 1998. Los mayores retos abordados por el NWC desde su establecimiento en 1980 y hasta 1997, consistían en la pérdida de confianza parte del público, en el servicio, la actuación de los trabajadores de la empresa y publicidad negativa. Como resultado, a continuación se presentan los principales problemas a ser tratados, (GWP_C, 2011).:

- Financiamiento de la operación y mantenimiento de los sistemas bajo la NWC, a través de facturación de servicios y subsidios del gobierno: Ajustes tarifarios frecuentes y no reglamentarios. Pobre condición de la infraestructura para el suministro de agua y el alcantarillado sanitario debido a mal mantenimiento.
- Regulación con respecto a la calidad del agua: Regulación ambiental limitada. Niveles de servicio autorregulado sin supervisión externa para asegurar una adecuada operación de la NWC. El uso de los recursos hídricos se encontraba autorregulado.
- El desempeño de la NWC estaba rodeado de muchas dificultades: Lenta transformación institucional, Alto componente de mano de personal. Utilización limitada de tecnología y equipo especializado. Pobre servicio al cliente y tasa de respuesta baja a los requerimientos de los clientes.

Como resultado de la reforma al sector del agua, se estableció el ministerio del agua enfocado exclusivamente en dicho sector. Se preparó una política del sector del agua, se desarrolló un plan estratégico y de acción y se reformó el marco legal y regulatorio para facilitar la operación de la NWC, (GWP_C, 2011).

12.4 Análisis comparativo del caso San Andrés.

A partir de los casos estudiados puede comprobarse que en general los desafíos que deben enfrentar las sociedades en las cuales se presentan situaciones de presión sobre los recursos hídricos son de una naturaleza similar independientemente de la localización y el tiempo. Desde la necesidad de construir reservorios y embalses en el Singapur de mediados del siglo XIX, pasando por el desarrollo de una herramienta de punta para definir las acciones a implementar con el fin de recuperar un acuífero contaminado por 360,000 pozos sépticos en Nueva York, hasta la situación de debilidad institucional y falta de normas en Jamaica, el diagnóstico es el mismo. La falta de una visión de largo plazo en tiempos anteriores, lleva a las sociedades a un punto en el cual el compromiso de todos los actores e interesados es el único camino para lograr la sostenibilidad del recurso hídrico.

El compromiso necesario para la implementación del Plan Integral de Gestión del Recurso Hídrico - PIGRH es adquirido primero por las autoridades. Luego los principales interesados por parte de las instituciones y la empresa privada adoptan la iniciativa. Finalmente se involucra a la sociedad como un todo con el fin de crear un movimiento, una cultura en torno a la gestión integral del recurso.

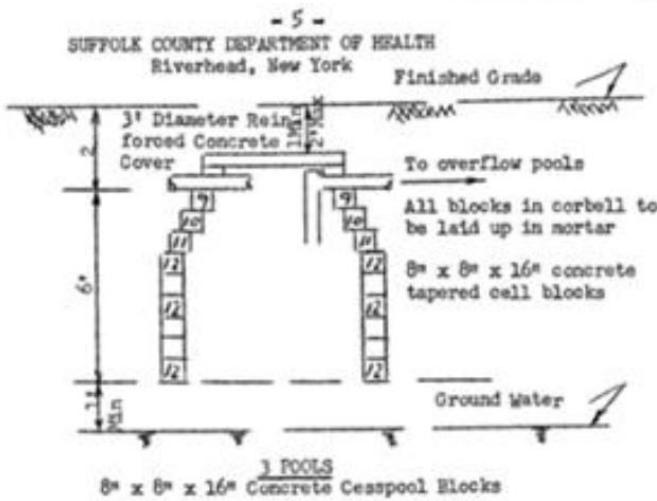
A partir de la experiencia de Singapur, es posible ver que los principios fundamentales del plan pueden ser tan pocos como cuatro o cinco y sin embargo ser suficientes para convertir una debilidad en una de las grandes fortalezas de la sociedad. Es necesario aprovechar cada gota de agua, la utilización eficiente de cada una de las fuentes: Aguas lluvias, Aguas subterráneas, desalinización y reciclaje debe considerarse posible y abordarse desde una perspectiva tecnológica e innovadora.

Puede verificarse desde las experiencias recorridas la importancia del desarrollo de estudios que permitan un conocimiento profundo de los procesos físicos que ocurren en el ambiente natural. Estos estudios fundamentan la toma de decisiones la cual se concreta en principios de ley, como el *Código Sanitario del Condado de Suffolk* los cuales constituyen el vínculo entre las actuaciones prácticas del uso del suelo y los resultados científicos de los estudios de ingeniería.

No obstante, para las sociedades más pobres, como es el caso de las islas del caribe, uno de los componentes más importantes es el correspondiente al fortalecimiento de sus instituciones. Una vez logrado el compromiso e interés de los principales interesados, resulta necesaria la reforma de la institucionalidad y la revisión del marco legal y normativo, con el fin de lograr que la institucionalidad del agua pase de la debilidad y la desconfianza a la fortaleza y la firmeza. Este es quizás uno de los mayores desafíos del PDRH en San Andrés, lograr un compromiso social tan fuerte que los actores del marco social, institucional y legislativo; estén dispuestos a aceptar la reforma de una situación que resulta insostenible en el largo plazo.

De manera puntual, es clara la similitud entre la situación de contaminación por Nitrógeno en el acuífero de Suffolk y la situación de contaminación en el sector North End y algunos otros sectores con alta densidad en San Andrés detectados en este estudio (Ver Anexo 6.1).

Figura 12-9 Antes de 1972, el Departamento de Salud del Condado de Suffolk permitía la construcción de pozos sépticos sin fondo según el detalle mostrado.



Fuente: Suffolk County Comprehensive Water Resources Management Plan. Suffolk County Department of Health Services (SCDHS), Suffolk County Department of Economic Development and Planning. 2015.

Con anterioridad a 1972, el departamento de servicios de salud de Suffolk (SCDHS, por sus siglas en inglés); había aprobado la utilización de sistemas descentralizados construidos según el pozo séptico que se muestra en la Figura 12-9. Como puede verse, la construcción sin fondo de dicho pozo permitía la percolación al acuífero de los lixiviados desde el pozo. En un ejemplo de imprevisión en el largo plazo, la habilitación a partir de regulación de una solución aplicable a zonas con muy bajas densidades llevó con el tiempo a un serio problema de contaminación presente.

La situación se abordó a partir del desarrollo de un modelo de calidad del acuífero el cual permitió el estudio de su capacidad de dilución y la determinación de la vulnerabilidad para distintas zonas del mismo en función del tiempo. A partir de estos resultados pudo determinarse la densidad máxima de población para la cual la utilización de pozos sépticos es una solución viable y emitir la regulación que involucrando a los constructores impide que la situación a futuro se siga presentando. Igualmente, fue posible determinar las zonas con potencial ocurrencia del problema para las cuales se propusieron soluciones técnicas alternativas.

Un ejemplo claro de un correcto desarrollo bajo la óptica de la GIRH es el caso de estudio de Singapur. A partir de la década del 70, se adelantaron pasos para la implementación de una política que involucrando a la totalidad de los interesados, autoridades, sectores económicos, universidades y centros de investigación y población en general, permitiera una adecuada gestión basada no solo en el cuidado de las fuentes y recursos existentes sino además en una estricta gestión de la demanda apoyada en la regulación y la educación de la población.

Ambas situaciones constituyen ejemplos del tipo de soluciones que deben esperarse a partir de PDRH. La una es un ejemplo de solución técnica que soporta la toma de decisiones legislativas. En el segundo caso puede verse como el compromiso de una sociedad permite resolver una situación que en principio seguramente parecía insostenible.

Sección 13.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

13.1 Conclusiones generales

El Producto 2 representa el primer paso para el diagnóstico del sistema de recursos hídricos de San Andrés. Este estudio ha proporcionado una excelente comprensión de cada componente del sistema de recursos hídricos y beneficiará directamente el trabajo para el Producto 3 y para las fases futuras del proyecto, incluyendo el análisis y selección de alternativas (Fase II) y los diseños y el Plan Maestro (Fase III). Basados en el trabajo presentado en Producto 2, se desarrolló un esquema del sistema de los recursos hídricos, donde se ilustran los diferentes componentes interconectados del sistema de la Isla de San Andrés (ver Figura 13-1).

Después de finalizado el Producto 2, el director del proyecto recomienda el uso del programa de software de modelación STELLA para el mejoramiento de la evaluación integral del sistema de recursos hídricos de la Isla de San Andrés. Este programa es un tipo de modelador de sistemas que se distingue por proveer un alto nivel en la simulación dinámica de sistemas complejos, como es el caso del sistema de los recursos hídricos de la Isla de San Andrés. A través de STELLA, las interconexiones que se muestran en la Figura 13-1 del suministro, demanda y sistemas de infraestructura de agua en la isla de San Andrés serán evaluados para tener una mejor información y una mejor dirección en los estudios comparativos y de trabajo de campo del Producto 3 mediante la identificación de lagunas en los datos. Asimismo, el modelo tendrá un papel significativo en el Producto 4 “Balance de agua de la isla de San Andrés”, así como en el Producto 5 “Plan de Gestión Integrada de Recursos Hídricos”.

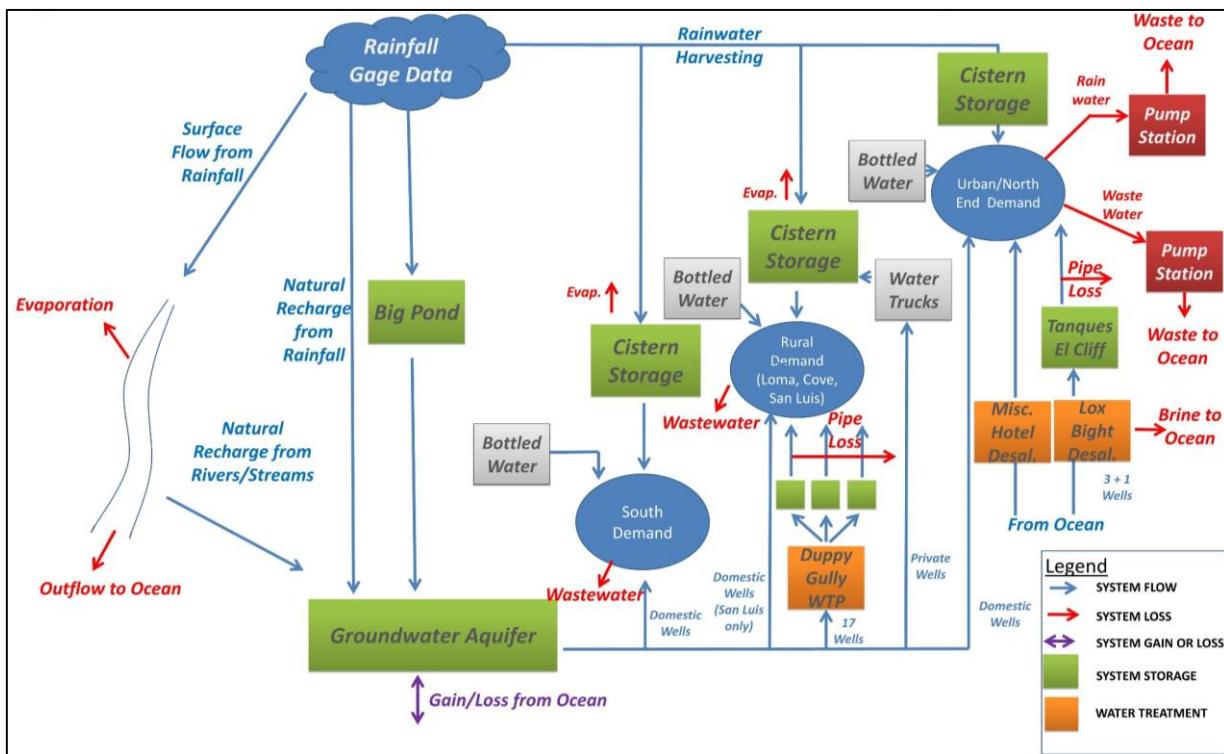
La visión del director del proyecto para acelerar el uso de STELLA gira en torno a los objetivos señalados en la Sección 4.2.1 de los Términos de Referencia del proyecto. Estos objetivos para la gestión integral del agua son los siguientes:

- Asegurar el suministro de agua en cuanto a cantidad y calidad en el corto, mediano y largo plazo.
- Promover el uso racional de los recursos hídricos para los usos identificados y soluciones de infraestructura que generen unos costos de operación y mantenimiento mínimos.
- Maximizar el uso de la infraestructura existente en la isla.
- Promover una explotación sostenible de los acuíferos, en caso de que sea necesario, asegurando un equilibrio en el volumen de agua disponible a través de acciones tales como la recarga artificial y la conservación del medio ambiente de los sistemas naturales con los que interactúa.
- Estimar las inversiones requeridas para proteger la zona de recarga del acuífero de San Andrés y los musgos necesarios.

- Fomentar el uso de tecnologías alternativas que se adapten a las condiciones geográficas y económicas de las comunidades beneficiarias.
- Establecer soluciones de infraestructura para minimizar la carga de contaminante en las descargas de efluentes, para así evitar el deterioro de los recursos hídricos.
- Aumentar la eficiencia del consumo de agua por parte de los usuarios y reducir las pérdidas por parte del operador en la isla en el mediano plazo.
- Reducir los impactos ambientales directos e indirectos causados por la propuesta de soluciones de suministro.
- Proporcionar acciones para reducir el consumo de energía asociada con el ciclo del agua en la isla en el medio y largo plazo.
- Elevar los niveles de los indicadores de eficiencia de la prestación de servicios de abastecimiento de agua (calidad del agua, la continuidad y la presión) a través de la optimización de los procesos de funcionamiento de la infraestructura.
- Estimar los requerimientos financieros para la ejecución del plan en cuanto a la inversión en infraestructura en el corto, mediano y largo plazo, así como los costos asociados con la operación, mantenimiento y herramientas complementarias que deben ponerse en práctica para garantizar la sostenibilidad del recurso agua.
- Estimar el impacto de las tarifas de las soluciones propuestas en el marco regulatorio actual, proponiendo un escenario viable de financiación tomando en cuenta todas las fuentes posibles.
- Capacitar a los agentes socioeconómicos y a la comunidad sobre la necesidad de ahorrar agua durante la ejecución de sus actividades. Esto se llevará a cabo a través de eventos educativos y estrategias de comunicación para las comunidades y, posiblemente, con la presencia de funcionarios de Coraline y el Departamento.
- Fomentar la participación de la comunidad por región geográfica y por sector de actividades para la construcción y puesta en práctica del plan de gestión de los recursos hídricos, generando propiedad de las iniciativas y proyectos entre los beneficiarios.
- Crear mecanismos de acción en situaciones que puedan poner en peligro el suministro y uso del agua en la isla.
- Coordinar la planificación del desarrollo urbano y rural de la isla con la disponibilidad y la sostenibilidad de los recursos hídricos.
- Mejorar la formación de los líderes y de gran parte de las poblaciones para generar habilidades para cambiar las actitudes en relación con el uso sostenible del agua.

Mantener estos objetivos como los principios rectores del proyecto asegurarán que el proyecto lleve a la Isla de San Andrés hacia un futuro más sostenible

Figura 13-1 Esquema general del sistema de recursos hídricos existentes en la Isla de San Andrés



13.2 Marco legal e institucional

- El marco normativo nacional y local y los instrumentos de gestión del recurso hídrico permiten el desarrollo de una Plan de Gestión Integral del Recurso Hídrico en la Isla de San Andrés, sin embargo es importante que la institucionalidad involucrada en este proceso participen activamente, para que el desarrollo del Plan resulte exitoso y concensuado.
- Con el ánimo de formular e implementar el Plan Director del Recurso Hídrico se debe realizar la articulación con las demás herramientas de planeación formulados para la isla: el Plan de Ordenamiento Territorial, la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, el Plan Nacional del Recurso Hídrico Fase II, el Plan de Ordenamiento de la Cuenca El Cove, el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, entre otros.
- Teniendo de presente los objetivos del estudio, que se dirigen a la elaboración del “Plan Director del Recurso Hídrico para la isla de San Andrés, que sirva como herramienta de planeación para la adecuada gestión integral del recurso hídrico, teniendo en cuenta los usos actuales del agua, su disponibilidad, aspectos socioeconómicos relacionados con ella, con énfasis en las necesidades de los servicios de acueducto y alcantarillado en el corto, mediano y largo plazo”, se establece del análisis general de las normas que se exponen en este documento, que las entidades que intervienen como actores en la prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado y en el control del patrimonio ambiental en la isla de San Andrés, cuentan con los instrumentos normativos, tanto del orden nacional como regional y local, para acometer todas las labores de vigilancia y control, dirigidas al uso eficiente y concertado del recurso hídrico, que permita lograr su

aprovechamiento, con la debida protección, conservación y recuperación de los recursos ambientales.

- Se observa, además que se poseen disposiciones sustanciales y procedimentales que respaldan debidamente las actuaciones de las entidades, con el pleno cumplimiento de los principios de legalidad y del debido proceso, para adelantar las tareas y obligaciones que la constitución, la ley y el reglamento les ha otorgado.
- De igual manera será objetivo del estudio, apoyar y estimular a las autoridades locales en la formulación de disposiciones que complementen la reglamentación nacional vigente, para la debida aplicación de las normas ambientales en especial en uso del principio de "rigor subsidiario" para la protección de los recursos naturales, particularmente el recurso hídrico y las de gestión de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y saneamiento básico, haciéndolas compatibles con las características y necesidades identificadas de la localidad, atendiendo a su vez a los diversos usos del recurso hídrico, la organización social y costumbres de la isla de San Andrés.
- El proceso de formación normativa será de complementación del marco preceptivo reglamentario, que será presentado y discutido ampliamente con representantes de los usuarios, las autoridades departamentales y las empresas prestadoras de los servicios públicos, para su debido estudio y promulgación.

13.3 Diagnóstico económico y social

13.3.1 Diagnóstico económico.

A partir de la información analizada, San Andrés dispone, de acuerdo con lo dicho, de tres fuentes principales para financiación de inversiones en el sector del recurso hídrico, sin descartar la posibilidad de aprovechar las demás fuentes existentes:

- Recursos del SGP, que deben parcialmente destinarse a financiación de subsidios. La ley 1176 en su artículo 11 determina que para los municipios de categorías 2, 3, 4, 5 y 6, al menos 15% de las transferencias del SGP para el sector debe ser destinado a financiar subsidios, pero su monto real hacia el futuro deberá estimarse con base en los acuerdos que se logren entre el departamento y el operador de los servicios en la isla y de acuerdo con las propuestas que resulten del presente plan director del recurso hídrico. Es importante también, para la elaboración del plan financiero para la gestión del recurso hídrico, conocer las condiciones precisas de los compromisos contraídos por el departamento en virtud del PDA en cuanto se relaciona con los recursos del SGP.
- Recursos del SGR, que pueden ser dirigidos a financiar proyectos de impacto regional (dos municipios) o local. El aprovechamiento de estos recursos depende de la formulación de proyectos de manera técnicamente sustentada y articulada con las políticas nacionales y departamentales. La estimación de estos recursos para el quinquenio 2017-2021 se ha basado en las asignaciones hechas para el bienio 2015-2016 por la ley 1744 de 2014, a las

que habría que sumar el saldo disponible para inversiones que se encuentre a finales de 2016 (en febrero 13 de 2016 ese saldo asciende a \$ 15.603.496.864 del fondo de desarrollo regional y \$ 30.867.233.232 del fondo de compensación regional).

- El crédito del BID para financiación de la etapa 2 del Programa San Andrés, Providencia y Santa Catalina, cuyo uso también será posibilitado por la formulación de proyectos elegibles en desarrollo urbano, acceso a los servicios de agua y alcantarillado y fortalecimiento institucional. Este programa contiene un componente de agua potable y saneamiento por US\$24.0 millones además de otros componentes que podrían también parcialmente utilizarse para gestión del recurso hídrico dependiendo del tipo de proyectos que en este se identifiquen
- Recursos propios del departamento cuya cuantificación depende del compromiso de las autoridades departamentales con la gestión del recurso hídrico y de la priorización que haga de esta frente a las demás necesidades de la población, teniendo en cuenta los compromisos de vigencias futuras adquiridos en virtud de la ejecución del PDA, cuyas condiciones particulares se espera conocer para la elaboración del plan financiero para la gestión del recurso hídrico.
- La siguiente tabla resume las estimaciones de estos recursos, aclarando que otras fuentes existentes podrán tenerse en cuenta y dimensionarse en la medida que se vayan definiendo los proyectos del Plan Director del Recurso Hídrico y se elabore el plan financiero respectivo. En el caso de los recursos de SGP y recursos del departamento las estimaciones se basan en la magnitud de los recursos anuales del año 2015; para las estimaciones de los recursos de SGR se han promediado las asignaciones bianuales y para el caso del crédito BID se ha mantenido el valor en dólares del monto total del crédito. En el caso de las asignaciones estimadas del presupuesto nacional para el plan de desarrollo, que para el cuatrienio 2014-2018 son de \$11.745.000.000, se ha calculado una media anual y a partir de ella se ha estimado el monto quinquenal que se muestra en la tabla siguiente.

		MEDIA ANUAL - CO\$	CINCO AÑOS - CO\$ de 2015
SGP	LIBRE INVERSION MUNICIPIO	2.959.280.516	14.796.402.578
	AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO MUNICIPIO	2.928.248.446	14.641.242.229
	AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO DEPARTAMENTO	614.938.767	3.074.693.836
SGR DEPTO	FONDO DE DESARROLLO REGIONAL	10.138.795.562	50.693.977.808
	PROYECTOS DE INVERSION	10.040.170.856	50.200.854.278
	COMPENSACION ASIGNACIONES DIRECTAS	98.624.706	493.123.530
	FONDO DE COMPENSACION REGIONAL	24.515.269.366	122.576.346.830
	PROYECTOS REGIONALES	20.921.858.328	104.609.291.638
	PROYECTOS LOCALES	3.593.411.039	17.967.055.193
RECURSOS DEL DEPARTAMENTO		2.648.610.962	13.243.054.810
GOBIERNO NACIONAL - PLAN DE DESARROLLO		2.936.250.000	14.681.250.000

MEDIA ANUAL - CO\$	CINCO AÑOS - CO\$ de 2015
--------------------	---------------------------

SUBTOTAL	46.741.393.618	233.706.968.091
-----------------	----------------	-----------------

EMPRESTITO BID 3104- OC-CO		CINCO AÑOS - US\$
	Componente 1: Desarrollo urbano integral	24.500.000
	Componente 2: Provisión y acceso a los servicios de agua y saneamiento	24.000.000
	Componente 3: Mejora de infraestructura costera	9.000.000
	Componente 4: Desarrollo económico local y de turismo	5.000.000
	Componente 5: Fortalecimiento de la institucionalidad para lograr sostenibilidad fiscal en el mediano plazo	2.500.000
	Administración, auditoría, monitoreo y evaluación	5.000.000
SUBTOTAL		70.000.000

- De lo expuesto se concluye que si bien San Andrés dispone actualmente de distintas fuentes de financiamiento potencialmente aprovechable para el sector, unos específicamente destinados a él como los de SGP y el crédito BID y otros para proyectos de desarrollo en general como los de SGR, su aprovechamiento real depende de la estructuración de proyectos fundamentados y formulados técnicamente y que se encuentren articulados con las políticas nacionales y departamentales y sus instrumentos, como el PDA San Andrés y el Plan de Desarrollo departamental. El presente plan director es una oportunidad para lograr ese aprovechamiento.
- Es muy probable que se haya presentado una desaceleración del crecimiento demográfico en San Andrés en los últimos años, será necesario un examen más a fondo para tener mayor certeza acerca del tamaño actual y la dinámica de la población en San Andrés

13.3.2 Diagnóstico Social

13.3.2.1 Conclusiones

- El agua para los sanandresanos sin distingo de etnia, condición social, económica o política, es una necesidad sentida. De qué tipo de fuentes se abastecen y a qué costo hace la diferencia. Los raizales tradicionales con viviendas con grandes cisternas, consideran que esta situación para ellos está bien, que el agua lluvia es buena, tiene buen sabor, alcanza para toda la temporada seca y no tiene que pagar por ella. Algunos expresan que solo requieren que se apoye el mejoramiento de las cisternas ya que algunas son muy antiguas.
- Los raizales más jóvenes y en sectores urbanos, donde no existen grandes cisternas pero si tanques plásticos, ya no están convencidos que el agua lluvia sea su única opción, la ven como un complemento. Consideran que el servicio de acueducto es la solución, pero no están satisfechos con las tarifas.

- Los continentales, de situación económica solvente y localizada en sectores urbanos donde existe el servicio, están ansiosos porque el acueducto mejore en continuidad y en cantidad, y esperan que el costo no sea tan elevado. Los continentales e isleños pobres, que viven en los lugares más deprimidos de la isla y sin servicios públicos, quieren tener agua del acueducto, como en el resto del país, pero esperan que sea gratuita o a muy bajo costo.
- Para los Sirio- Libaneses y otros extranjeros con negocios en la isla, el problema de la falta o deficiencia de agua en San Andrés es consecuencia de la falta de organización y compromiso del gobierno local y de las instituciones. La mayoría están localizados en barrios donde está el servicio de acueducto pero complementan su consumo comprando agua a carro tanques y en garrafones. Evitan intervenir y opinar en los problemas locales.
- A pesar de la importancia que han tenido los barrenos para la población, todos coinciden en afirmar que no es de buena calidad por la contaminación que les llega desde las pozas sépticas, porque están destapados, porque el agua está salada y porque genera problemas en la piel a quienes la usan con frecuencia para bañarse.
- La calidad del agua del acueducto es calificada como buena, pero califican como regular y mala, la cantidad, continuidad y el costo. Algunas personas opinan que no es justo pagar por un servicio que en ocasiones llega solo una hora al mes.
- Desde la perspectiva de la comunidad, las soluciones propuestas están siempre alrededor del agua de mar, donde desalinizar es la principal. Dejar el acueducto solo para el abastecimiento residencial y que los hoteles realicen sus propias soluciones. Igualmente se propone construir cisternas en diferentes sitios de la isla para que todos puedan surtirse de agua lluvia y mantener los barrenos para tener agua para actividades de aseo de la vivienda y lavado de ropa.
- El alcantarillado sanitario es considerado deficiente debido a los problemas de funcionamiento en sectores donde se rebosa en la temporada de lluvias y genera olores y contaminación de las calles en el centro. No hay claridad sobre la existencia de dos sistemas de alcantarillado el pluvial y el sanitario, por lo tanto califican como deficiente el sanitario, incluyendo en esta calificación los problemas de inundaciones que genera el alcantarillado pluvial.
- El mayor problema con respecto al alcantarillado es el costo y el mal manejo que hace la empresa cuando lo instala debido a que no cobran oportunamente, llegando meses más tarde la factura por un monto muy alto difícil de pagar por algunas familias.
- Tanques sépticos, pozas sépticas, letrinas y disposición a campo abierto son las opciones para quienes no están conectados al servicio de alcantarillado. Especialmente en el sector rural predominan pozas sépticas, letrinas y campo abierto. Los tanques sépticos son considerados costosos debido a los costos de mantenimiento actividad que se debe realizar entre los 6 y 3 años, pero para lo cual no hubo un proceso de sensibilización y tanto para los individuales como para los colectivos hay resistencia al pago por estas labores.
- Las familias beneficiarias de sistemas sépticos prefabricados han tenido limitaciones para el funcionamiento ya que algunos se han estrangulado (expansión del terreno) y rebosado,

debido a que el nivel freático es alto, en estos casos están usando los sistemas viejos o el campo abierto.

- Hay expectativa frente al alcantarillado en casi todos los sectores urbanos y rurales. Sin embargo, en el sector rural la falta de propiedad de los predios y de apoyo por parte de los propietarios de los mismos para solicitar el servicio ante la empresa, tienen a muchas familias que son inquilinas, sin este servicio, especialmente en locales dedicados a venta de alimentos, dulces y licores.
- En general la comunidad, desconoce muchos aspectos sobre los servicios de agua y saneamiento, esto lleva a evidenciar la necesidad de capacitaciones al respecto y a desarrollar en cada espacio de trabajo la construcción de la relación agua, saneamiento y salud, la cual debe ser prioritaria en el marco del Plan Director, si se quiere que haya mayor interés y compromiso de las personas en estos servicios.
- Pese a las diferencias que se mencionan con relación a los grupos étnicos en la isla, es necesario aclarar que en lo cotidiano y en los barrios (rurales y urbanos) las relaciones de vecindad son de amistad entre ellos. Con los Sirios- libaneses, son relativamente distantes, porque así lo establece este grupo que guarda distancia con el resto de población, como una forma de mantener un perfil bajo. Sin embargo, son los empleadores de un amplio número de personas en la isla. Los conflictos a nivel comunitario se generan especialmente con los continentales en situación económica desfavorable (cartageneros, samarios y barranquilleros, entre otros) porque sus conductas agrede las costumbres de algunos habitantes y afectan sus propiedades. En resumen y sin desconocer la complejidad de la situación en San Andrés, el conflicto entre los grupos es más un conflicto político, que busca reivindicar el reconocimiento y la inclusión del pueblo raizal, como protagonista en el desarrollo y gobierno de la isla.
- La socialización del diagnóstico (actividad incluida en la etapa de diagnóstico) se debe hacer con claridad (lenguaje apropiado al nivel educativo e idioma) presentando los problemas en abastecimiento de agua y saneamiento que afectan cada sector urbano y rural, escuchar sus opiniones sobre los mismos. Este ejercicio contribuirá a entender la situación actual y plantear opciones de solución acordes con la realidad socio ambiental, económico y cultural de la isla.
- Dado que San Andrés es una población relativamente amplia en número de habitantes, distribuida en sectores urbano y rural con varias etnias o grupos de población, conflictos y con baja participación comunitaria en las problemáticas sociales, es necesario crear incentivos que potencien la participación en torno a los servicios de abastecimiento de agua y de saneamiento. En el marco de esta realidad se está desarrollando en cada una de las etapas de la formulación del Plan Director, estrategias que motiven la vinculación de las personas en las diferentes actividades y aunque no ha sido fácil, hay que continuar realizando cambios y ajustes metodológicos, para lograr despertar el interés en el tema y sobre todo en sus capacidades para superar los problemas aceptando la realidad que vive la isla, respecto a la diversidad de población y a su crecimiento.

- Dado que a la fecha el trabajo con “grupos organizados” no ha sido posible, se está haciendo contacto individual, con representantes institucionales, líderes formales e informales por sectores e instituciones educativas de diferente nivel, acompañado de una presentación del proyecto y de folletos informativos. La encuesta y las entrevistas en viviendas por los sectores, han sido muy productivas en términos de acercamiento a la población, establecimiento de diálogos en ambientes de confianza y recuperación de información.

13.3.2.2 Recomendaciones

- Considerando las limitaciones de participación de la comunidad Sanandresana en talleres y reuniones, pese a las estrategias de convocatoria que se implementaron, se recomienda en adelante hacer el trabajo de campo más personalizado con pequeños grupos de vecinos y con familias, considerando su condición “étnica” (Raízal, Isleño, Continental y Sirio – libanes). Así mismo visitar las instituciones para continuar socializando el Plan y recopilando información sobre el recurso hídrico y la población en lo referente manejo, usos, soluciones, participación en el proceso.
- En lo comunicativo continuar realizando las convocatorias e información sobre el proyecto y sus diferentes actividades y eventos a desarrollarse por medio de invitaciones escritas (inglés-español), folletos, afiches, carteles, cuñas radiales, talleres, reuniones, y atención personalizada en la oficina de la consultoría en San Andrés.
- Implementar la socialización del diagnóstico a la población considerando los diferentes sectores urbanos y rurales, así como los grupos institucionales y comunitarios.
- Se debe continuar insistiendo y buscando el apoyo real de las instituciones y autoridades locales. Contar con el respaldo y la voluntad política (evidente) es decisivo para adelantar el proceso y especialmente para que los líderes religiosos y civiles avalen ante sus grupos la vinculación y el apoyo a este proceso.
- Es necesario que en todos los espacios de trabajo (técnico, social, económico, administrativo, ambiental y jurídico) con la comunidad se promuevan actividades educativas en torno al recurso hídrico y la sostenibilidad de los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento. Igualmente hacer énfasis en la cultura de uso de agua que ya poseen los habitantes de San Andrés (incluso continentales que han adoptado estas costumbres), resaltando los beneficios de estos hábitos y la ventaja que representa para la implementación de este tipo de proyectos, comparado con otras comunidades que aún no tienen arraigado la importancia del agua y su uso eficiente.
- Se evidencia la necesidad de conocer una estadística representativa del costo de agua que incluya las fuentes de abastecimiento alternas diferenciadas por usos. Igualmente se indagará la capacidad de pago y disponibilidad a pagar de la comunidad respecto al servicio de acueducto y alcantarillado prestado por un operador especializado. Como parte de este trabajo se aplicará una encuesta socio-económica en cuyo diseño pueden incluirse variables relativas a la etnia, el sector, el estrato, u otras variables sociales, etc.
- El alto costo de inversión en compra de agua a carro tanques, agua embotellada o en bolsa, el gasto energético y el mantenimiento de barrenos, tanques y cisternas, es una de las

problemáticas identificadas desde lo social y que se debe empezar a trabajar en el marco del Plan Director en la socialización cuando se haga evidente dicha problemática con los diferentes actores y grupos de población.

- Dentro de las estrategias de socialización se evidenció la necesidad de hacer visible ante la comunidad el gasto de dinero que realizan actualmente en abastecimiento a partir de fuentes alternas como compra directa de Carrotanques, botellones, agua en bolsa, entre otros y gastos energéticos y de mantenimiento en sistemas como barrenos y almacenamiento de aguas lluvias; esto debido a que la mayoría de familias no contabilizan estas inversiones y la periodicidad de las mismas.
- Otra estrategia de socialización prevista se relaciona con la necesidad de hacer que los habitantes conozcan las tecnologías para solucionar problemas de saneamiento (características, fundamentos, ventajas y desventajas), la dinámica del sector de agua y saneamiento y de las instituciones; así mismo comprendan la relación agua, saneamiento y salud e identifiquen los costos de esta, sus tarifas e y recursos para acceder a ellas.

13.4 Diagnóstico sistemas de tratamiento de agua potable

13.4.1 Diagnóstico Duppy Gully

- Actualmente la planta de tratamiento se abastece de los pozos concesionados por CORALINA a PROACTIVA, pero debido a diversos factores el caudal total que pueden explotar es de 13 a 16 l/s, mientras la planta Duppy Gully está diseñada para tratar un caudal de 66l/s. Tratando la mitad o menos del caudal nominal, se presentan condiciones diferentes a las estipuladas para su funcionamiento y esta puede ser una de las razones por las cuales las remociones esperadas, especialmente de dureza y alcalinidad, se encuentran cercanas al valor límite permitido para uso de agua para consumo humano (Tabla 7 26 Calidad promedio tanque agua tratada PTAP Duppy Gully), estos límites según la resolución 2115 de 2007 son de 200 CaCO₃ para alcalinidad total y de 300 CaCO₃ para dureza total.
- El funcionamiento inadecuado de la planta puede verse reflejado en los porcentajes de remoción, vs la aplicación existente de Cal, especialmente para la dureza, en donde el máximo porcentaje promedio anual se presentó en el año 2013, alcanzando solo un 20.89% de remoción, el cual debería ser mucho mayor teniendo en cuenta la dosificación empleada reportada, que precisamente es una planta de ablandamiento y se está realizando la adición de cal continua y diariamente.
- Uno de los factores por los cuales puede no ser lo suficientemente eficiente el proceso de ablandamiento es el punto de aplicación del mismo. La canaleta Parshall difiere en alguna de sus dimensiones y el punto de aplicación del químico está mal ubicado, lo que conlleva a que las condiciones de flujo y del resalto puedan variar, esto genera que tanto el resalto generado como la profundidad del flujo no permitan la turbulencia necesarias para el

contacto de la cal con toda la masa de agua, ya sea por falta de turbulencia o por generarse una capa de agua muy gruesa que impide la llegada de la cal a las capas inferiores, quedándose sin contacto con el químico.

- Otra limitante identificada para la operación de la planta es la falta de instrumentación, tanto para la medición de agua proveniente de cada pozo, como para el control de dosificación de Cal. Igualmente, falta de elementos claves como la purga (válvulas) automática de lodos de esta demandados por el RAS 2000.
- El análisis de los datos de operación de la PTAP evidencian deficiencias en el manejo de la cal, y problemas de sobredosificación que explican algunos resultados fuera de norma en términos de pH en el agua tratada.
- El sistema actual no permite una “modulación” automática de los trenes en funcionamiento que permita optimizar el funcionamiento hidráulico de esta a condiciones de bajo caudal. El aislamiento de sus trenes es manual.
- La evaluación hidráulica del floculador evidencio que con el caudal que actualmente está trabajando la planta, esta estructura no está cumpliendo con los parámetros básicos como el tiempo de detención, que para este caudal es demasiado alto generando sedimentación en las cámaras de la unidad. Adicional a esto, las velocidades de paso entre las cámaras y los gradientes presentados están por fuera de los rangos recomendados para este tipo de floculadores, por lo tanto no se está realizando adecuadamente la conformación del floc, pues de estos parámetros depende la estabilidad y nivel de aglutinamiento de estos. Para aumentar la eficiencia de esta unidad se puede usar solo una línea de floculación, pues al realizar el chequeo hidráulico, los tiempos de retención hidráulica, las velocidades de paso entre las cámaras y los gradientes presentan un mejor comportamiento, pues se acercan más a los rangos recomendados.
- Al realizar el análisis del floculador teniendo en cuenta los otros caudales de evaluación, se pudo observar que ninguno cumple con el tiempo de retención hidráulico recomendado para este tipo de estructuras, con excepción del caudal de las dotaciones y el caudal histórico cuenca cove con una sola línea de tratamiento. El TRH presentado para el caudal histórico cuenca Cove con todas las dos líneas de tratamiento presento un valor por encima del rango recomendado, pero por ser este un valor de referencia y que debe ser estimado con ensayos de jarras, y teniendo en cuenta que tanto los gradientes y las velocidades de paso entre cámaras se encuentran dentro de los rango establecidos, se considera admisible este valor, y en caso de que la planta Duppy Gully pudiera recibir ese caudal, el floculador podría tratarlo eficientemente.
- Con respecto a la sedimentación, con el caudal actualmente tratado se están presentando tasas de sedimentación muy bajas y tiempos de retención muy altos, esto puede generar que las partículas no decanten y queden suspendidas, corriendo el riesgo que sean arrastradas hacia las tuberías de recolección, esto es coherente con los valores históricos de turbiedad de agua clarificada presentados en el Anexo 7-5, Tabla 7-11 en donde se han presentado turbiedades de hasta 26.08 UNT, con valores mínimos de 6.80 UNT, presentando valores parecidos a los valores máximos de turbiedad del agua cruda (tanque

de recepción) de 24.36 UNT (Tabla 15 10). Al realizar la evaluación del caudal actual, usando solo dos de las cuatro unidades de sedimentación existentes, tanto la tasa de sedimentación, como el tiempo de retención mejoran, ubicándose dentro de los rangos recomendados para este tipo de estructuras.

- En cuanto al análisis con el caudal de diseño de los sedimentadores, los resultados obtenidos demuestran que el sedimentador trabajaría cumpliendo con todos los parámetros y podría llegar a tener buenas remociones con todas las unidades, igualmente sucede con el caudal de histórico cuenca Cove trabajando con tres unidades. Caso contrario sucede con este mismo caudal trabajando con todas las unidades. Con respecto al caudal de las dotaciones, con la configuración actual de la planta no se cumplirían las condiciones necesarias para que la sedimentación se realice de manera efectiva, para esto sería necesario adicionar al menos dos unidades más con las mismas dimensiones para que se cumplieran con todos los parámetros.
- En la evaluación del proceso de filtración, con el caudal actual se observó que se cumple con las tasas de filtración y velocidad de lavado establecidas para este tipo de filtros, pero al realizar el chequeo del funcionamiento con 4 baterías, se sigue cumpliendo con dichos parámetros pero se dejaría de realizar el lavado de un filtro, reduciendo el consumo de agua tratada que se debe realizar para tal fin. Igualmente se analizó el comportamiento con solo 3 batería y aunque cumple con la tasa de filtración, el lavado excede la velocidad permitida si se realiza durante los 10 minutos, al rebajarse este tiempo de lavado a 8 minutos, la velocidad mejora, por lo tanto si se trabajara en estas condiciones se evitaría el lavado de dos baterías de filtros e incluso reduce el consumo de agua tratada aún más que con la condición anterior.
- Los resultados obtenidos en la evaluación de la filtración con el caudal de diseño demuestran que aunque se cumple con la tasa de filtración, la velocidad de lavado es muy alta y por ende se presentaría arrastre de material en caso de que la planta tratara este caudal. Con respecto a análisis realizado con el caudal histórico de la cuenca Cove, se cumple con la tasa de filtración y aunque el valor de la velocidad de lavado está por encima del valor máximo, es un valor admisible por estar bastante cercano a dicho límite y se considera que los filtros trabajarían bien bajo estas condiciones. Con respecto al caudal de las dotaciones, la tasa de filtración y la velocidad de lavado presentada son muy altas, para que la planta pueda tratar este caudal sería necesario adicionar 3 baterías de filtración adicional a las existentes, bajo esta condiciones, se cumpliría con los parámetros mencionados y la planta podría trabajar sin problemas.
- Con respecto al proceso de desinfección, aunque actualmente se está realizando la adición de cloro a la salida del canal de agua filtrada, no existe ningún tipo de unidad para el contacto de cloro, y al realizar el cálculo del tiempo de contacto que se presenta, tanto con el caudal actual como para los demás caudales de evaluación, no se cumple con el mínimo de tiempo pues todos tendrían tiempo de contacto menos a un minuto, muy por debajo para el tiempo calculado con las condiciones de la planta y de San Andrés y el método de concentración-tiempo establecido en el RAS Titulo C, C.8.5, debe ser de al menos doce minutos.

- La planta de tratamiento de agua potable Duppy Gully es susceptible de ser optimizada, no obstante debe tenerse claridad sobre el caudal máximo que podrá ser enviado a dicha planta ya que el balance entre la inversión realizada en la optimización y el caudal potencial aportado al sistema por la planta puede definir la toma de decisión al respecto.
- Una vez adelantado el diagnóstico, se encuentra que bajo la actual condición de operación, no existe el caudal suficiente para realizar pruebas de campo bajo la gama total de caudales probables. De otro lado, los análisis realizados han contado con información suficiente para soportar sus resultados, en consecuencia no se planea realizar estudios complementarios en estructura.

13.4.2 Diagnóstico de la Desaladora Lox Bight

Con base en la revisión de la información de diseño y operación de la desaladora se pueden formular las siguientes conclusiones y recomendaciones:

1. El diseño de la desaladora cumple con los lineamientos del RAS 2000, y adicionalmente cumple con los lineamientos básicos de otras fuentes, si bien su desempeño y mejoramiento en lo que toca a fuentes energéticas alternativas será evaluado a nivel conceptual en la siguiente etapa del estudio, teniendo en cuenta la disponibilidad de tecnologías y avances en membranas en el mercado actual.
2. La adecuada operación y mantenimiento de la desaladora fue evidenciada durante la visita y con la revisión de los registros de mantenimiento.
3. Aun cuando no hay registro de que la desaladora trabaje a la capacidad nominal de diseño para el periodo en estudio, sus valores de captación y producción han sido cercanos a esta capacidad nominal, cumpliendo con los requerimientos de calidad de agua potable para consumo humano de la legislación colombiana. Adicionalmente, las simulaciones realizadas por la consultoría permiten afirmar que la planta puede mantener dicha calidad de agua en el evento de trabajar a la capacidad y calidad de agua de captación de diseño de la desaladora.
4. No obstante, una limitante en la operación de la desaladora es la falta de redundancia, ya que cualquier Down time o tiempo de para necesario para mantenimiento preventivo de los racks de osmosis o de las bombas de alta presión asociado a estos disminuirá proporcionalmente la producción de agua desalada y será entonces imposible mantener la producción de agua diario alrededor del valor nominal de diseño de esta.

13.5 Estimación de población y demanda

- La población actual (2015) para la isla de San Andres, se tomó de los datos estimados por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), el cual considera que hay una población de 71.305 habitantes, lo que lo localiza en el sistema alto de complejidad de acuerdo al RAS 2000. En la zona urbana se estima se encuentran 52.733 habitantes

mientras que en la zona rural 18.572 habitantes. La población flotante promedio anual se estima en 15.010 turistas.

- Como parte de los estudios complementarios se adelantará un estudio de urbanismo que a partir de la información detallada del conteo de población realizado por el DANE en 2013 complemente y ajuste los resultados sobre población actual e igualmente proyecte lo relativo a población futura para el corto, mediano y largo plazo no solo en cantidad sino además en distribución espacial.
- Las dotaciones netas utilizadas para la determinación de los caudales de demanda fueron de 100 L/habitante*día para la población residente y de 323 L/turista*día para población flotante. De acuerdo con la perdida promedio del sistema (69%), se obtuvieron dotaciones brutas de 194 L/habitante*día y 634L/turista*día.
- Los caudales de demanda que permitan cubrir la demanda de toda la población para el año 2015, son los siguientes:
 - Caudal medio diario 222,84 L/s
 - Caudal máximo diario 267,41 L/s
 - Caudal máximo horario 401 L/s

Con el fin de precisar el valor de los caudales aquí presentados y obtener valores precisos de caudales demandados en los distintos puntos de la red actual , no solo se realizaran medidas de caudal y presión sino que además se desarrollará un estudio de dotaciones que involucra la formulación de encuestas para determinar consumos a partir de otras fuentes y las dotaciones necesarias para el desarrollo de las actividades económicas de la isla en la condición actual y para el corto, mediano y largo plazo.

13.6 Sistema de Acueducto

- El análisis de los sistemas de bombeo, muestran que las bombas cumplen con la cabeza dinámica y caudal que permiten el llenado de los tanques almacenamiento en un rango tiempo comprendido entre 6 a 10 horas, de acuerdo con el actual caudal de producción de las plantas de tratamiento. En el escenario en que se incrementen los caudales de bombeo, será necesario realizar un nuevo análisis.
- Teniendo en cuenta que la alternancia de encendido y apagado de cada uno de los sistemas de bombeo, depende de la inspección visual realizada por un operador en cada tanque. Se considera necesario implementar una automatización de los sistemas de bombeo, de tal manera que las rutinas de operación dependen de las variaciones en los niveles de los tanques, con el objetivo de obtener una operación más eficiente.
- Las redes de impulsión de los sistemas de bombeo, cumplen con el diámetro más económico para los caudales que actualmente se presentan. Sin embargo se considera igualmente, que este análisis es necesario realizarlo nuevamente, en el escenario que se

decida incrementar el caudal de producción, con el fin de verificar el diámetro más económico que permitan mantener sostenibles los costos de bombeo.

- El volumen efectivo actual en los tanques del Cliff es de 2339 m³. De acuerdo con lo dispuesto en el RAS 2000 “Para el nivel alto de complejidad el volumen de regulación debe ser ¼ del volumen presentado en el día de máximo consumo”, por lo que el volumen requerido para el escenario actual correspondería a 3940 m³, lo cual evidenciaría un déficit de 1601 m³ de almacenamiento. Por otro lado, si se tiene en cuenta que el máximo caudal producido por el sistema corresponde al caudal de diseño de la planta desalinizadora (50 l/s), que representa un volumen máximo diario de 4320 m³, y que si aplicamos igualmente lo dispuesto en el RAS 2000, el volumen de almacenamiento requerido sería 1080 m³. De esta manera, el sistema cumpliría con el volumen de regulación, por lo que este no sería un limitante. Sin embargo, es importante hacer claridad, que en el escenario de incremento de la producción de agua de la planta, este volumen de regulación debe ser evaluado nuevamente.
- En el almacenamiento en la zona rural, el tanque del Cove que tiene una capacidad actual instalada de 147 m³, supera el volumen requerido de acuerdo al RAS 2000 que corresponde a 100 m³, por lo que presenta un superávit de 47 m³. Similar situación sucede en el sistema de almacenamiento del sector de San Luis, el cual cuenta con un volumen de almacenamiento de 670 m³, que supera el volumen requerido calculado de 326 m³. Caso contrario sucede con el almacenamiento del sector de la Loma, el cual en la actualidad presenta una capacidad de 1100 m³, sin embargo, el volumen requerido es 1391 m³, que representa un déficit de 291 m³. Se considera importante incrementar el volumen de almacenamiento para el sector de la Loma, ya que es un sector demasiado amplio con un alto número de usuarios, sin embargo, es necesario como primera medida asegurar un incremento en el caudal de producción de agua para asegurar un suministro constante a los tanques de almacenamiento.
- En cuanto a la sectorización en la parte norte, se debe considerar ampliar la cobertura hacia la zona de desarrollo conocida como Rock Ground y Red Ground que cuentan con un área aproximada de 36 hectáreas, de igual manera al barrio Morris Landing, localizados al costado sur occidental del aeropuerto.
- De acuerdo a la información entregada por Proactiva, en la actualidad hay un índice de micromedición del 38%. El índice más alto se presenta en el tipo de uso residencial estrato 5 con un 65% y estrato 3 con 48%, mientras que los índices más bajos se encuentran en el tipo de uso oficial con un 0%, comercial 28% y residencial estrato 1 y 4 que apenas alcanza un 25 y 21%, respectivamente.
- En la etapa siguiente de estudios complementarios, se llevará a cabo una revisión de los cambios ocurridos en la facturación desde el mes de septiembre de 2014 en el tipo de uso industrial, ya que esta se redujo de un promedio de \$140'000.000 a \$20'000.000, mientras que los metros cúbicos facturados en el mismo periodo de tiempo se mantienen en el mismo promedio.

- Se considera de vital importancia dar prioridad a la renovación de los 5,47 kilómetros de tubería de asbesto cemento. En la zona urbana se encuentran instalados 1,82 kilómetros en diámetros de 3" (0,32 kms), 6" (0,34 kms), 8" (0,05 kms) y 12" (1,10 kms), principalmente localizados en los sectores de Almendros y Natania. En la zona rural, hay instalados 3,65 kms en diámetros de 3" (1,95 kms), 4" (0,33 kms), 6" (0,61 kms) y 8" 0,75 kms, principalmente localizados en el sector San Luis.
- El índice de agua no contabilizada (IANC) para todo el sistema es de 69,59%. En la zona urbana se tiene un IANC promedio de 55,86% mientras que en la zona rural es de 69,06%. Los valores de IANC más bajos se presentan en los sectores Almendros y Sarie Bay con 54% y 39% respectivamente. Mediante el programa de control de pérdidas técnicas en la zona urbana (North End) realizado por Proactiva, especialmente en el sector Sarie Bay, han generado una reducción en el nivel de pérdidas del sector de aproximadamente el 80% a 39%. Esta importante reducción demuestra que las fugas en la red son un destacable aporte de pérdidas en el sistema, lo cual confirma la relevancia que tiene dar continuidad al programa de reducción de pérdidas técnicas. Sin embargo, se considera necesario continuar con mayor celeridad la sectorización de todos los sectores, así mismo, elaborar un plan para el control de pérdidas comerciales, enfocadas a la detección de usuarios ilegales, acompañado de un fuerte trabajo social que permita legalizar los usuarios. A este efecto, el análisis de los resultados de las campañas de medición, de presión, caudal y nivel pueden arrojar información complementaria a la que actualmente maneja PROACTIVA. Esta actividad se adelantará como parte del modelo numérico, siendo claro que el desarrollo de un estudio d aguas no contabilizadas escapa el objeto de la actual consultoría.
- Con base en el cálculo del Índice de agua consumida por usuario facturado (ICUF), y de acuerdo con la CRA, las empresas con valores muy bajos de ICUF, como podría ser el caso de San Andrés de acuerdo a los datos obtenidos (4,18 m³/sus./mes) en el periodo de Octubre de 2014 a octubre de 2015, presentan muy buenas oportunidades de aumento de facturación por recuperación de pérdidas comerciales. Es importante tener en cuenta, que de acuerdo a la CRA un bajo nivel de consumo por usuario facturado puede ser un indicativo de inefficiencias en la gestión de facturación. Además, hay que hacer énfasis en que una facturación deficiente eleva las tarifas, debido a la distribución de los metros cúbicos producidos entre menos usuarios.
- Con base en la información que se obtenga en las mediciones de presión y caudal, la información comercial de Proactiva, entre otras, se realizarán los análisis necesarios para la distribución de las pérdidas en comerciales y técnicas, que servirán de base para la generación de programas y proyectos de reducción de pérdidas. Los resultados de este análisis serán presentados en el producto 3 de estudios complementarios.
- Igualmente, como parte importante del proceso de modelación es necesario adelantar trabajos de campo que permitan complementar el catastro de redes existente elaborado por PROACTIVA.
- Se realizó igualmente el cálculo del ISUF que corresponde al Índice de agua suministrada por usuario facturado, el cual representa el volumen de agua por suscriptor que un

prestador debe producir en planta con el fin de abastecerlo, obteniendo un valor de $14,72m^3/susc./mes$. Al relacionar el ISUF con el ICUF, se obtiene el IPUF que corresponde al volumen de pérdida por suscriptor mes, obteniendo un valor de $10,54\text{ m}^3/\text{sus.}/\text{mes}$, el cual se considera alto, si tenemos en cuenta que de acuerdo con la CRA basados observaciones en empresas de Latinoamérica y Colombia, se recomienda que todos los prestadores tengan un IPUF de $6\text{ m}^3/\text{Susc.}/\text{mes}$.

- De acuerdo a información proporcionada por el personal de campo de Proactiva, se hace prioritario realizar el cambio de 7 válvulas de compuerta que se mencionan a continuación, ya que estas no permiten realizar un cierre total del flujo.
 - Válvula del subsector Perry Hill 4"
 - Válvula del subsector Baker Hill 3"
 - Válvula a la salida del tanque de San Luis 8"
 - Válvula tubería a la salida del tanque de la Loma de 8"
 - Válvula a la salida del tanque del Cove 6"
 - Válvula del subsector Back Road I de 3"
 - Válvula del subsector San Luis Norte de 6"
- Para realizar una completa modelación hidráulica del sistema, se hace necesario diseñar una campaña de mediciones orientada a la consecución de información de presión y caudal en diferentes puntos de las redes, así como nivel en los tanques de almacenamiento, durante un periodo de tiempo mínimo de cuatro días. A partir de esta campaña se identificaran los patrones de demanda de cada uno de los sectores y se podrán realizar balances de masas en cada uno de los procesos. De igual manera, se consideran realizar las mediciones en la descarga de las estaciones de bombeo, con el objetivo de verificar su actual estado de operación.
- Con base en la modelación hidráulica realizada de las redes principales para cada sector hidráulico, con información secundaria y si haber hecho ninguna verificación en campo, se identificaron los siguientes tramos con problemas de capacidad hidráulica para el transporte del caudal máximo horario estimado actual:
 - Sector hotelero: 1109 metros de tubería, distribuidos en diámetro de 6"(303 m) y 4 "(806 m) (Ver Figura 8 54).
 - Sector Centro: 198 metros de tubería, en diámetro de 3". (Ver Figura 8 55).
 - Sector Natania: 700 metros de tubería, en diámetro de 4" (Ver Figura 8 56).
 - La Loma: 1900 metros de tubería, en diámetro de 3", que no cuentan con capacidad hidráulica. Por otro lado, están instalados en tubería de asbesto cemento. (Ver Figura 8 70).

- La Loma: 1500 metros de tubería, en diámetro de 3".

En total se identificaron 5407 metros de redes principales con problemas de capacidad hidráulica, para el caudal máximo horario actual estimado. Se considera conveniente hacer especial énfasis en estas redes en la etapa de estudios complementarios, mediante la modelación hidráulica completa de las redes de conducción y distribución, basados en el programa de mediciones de presión y caudal, de tal manera de poder generar alternativas que conduzcan a la optimización del sistema.

- Teniendo en cuenta la importancia que representa el sector de La Loma, se realizó una primera aproximación enfocada al mejoramiento de la continuidad del servicio. Este sector en la actualidad se encuentra conformado por 42 subsectores, que demandan un volumen diario promedio de 550 m³ por subsector. Con base en esta situación, con el objetivo de ofrecer una continuidad diaria, habría que contar con una producción de agua aproximadamente de 267 l/s para el escenario actual.
- Para el caso del sector de San Luis, la demanda diaria actual corresponde a 670 m³, que representa un caudal de 7,75 l/s. El sector del Cove que está dividido en cuatro subsectores, demanda un volumen promedio diario por sector de 147 m³, por lo que sería necesario un caudal de producción de 6,80 l/s para poder abastecer todos los sectores diariamente. De acuerdo con lo anterior, se podría considerar que la planta de ablandamiento Duppy Gully estaría en capacidad de abastecer los sectores de San Luis y Cove, asegurando una continuidad diaria.

Tal y como se mencionó anteriormente, estas estimaciones corresponden a las primeras aproximaciones de posibles alternativas de optimización del sistema.

Para la siguiente etapa del proyecto, se considera realizar un análisis juicioso con base en los resultados que se obtengan en el desarrollo de los trabajos de campo, que permitan generar un análisis de alternativas sustentado desde el punto de vista técnico y económico.

13.7 Sistema de alcantarillado sanitario

- La revisión topológica de la red se realizó con base en la información del catastro de redes de alcantarillado sanitario suministrada por PROACTIVA S.A. en formato dwg.
- De acuerdo con la información del catastro de redes, se encontró que en la actualidad se tienen 29,155.22 metros de red sanitaria construida en diámetros que van desde 6 pulgadas hasta 34 pulgadas, en materiales de PVC, Gres y PEAD.
- En el Distrito Sanitario 1 se tiene un total de 8,964 metros de red de los cuales 1,973 metros son de Gres, 1,174 son de PEAD y 5,817 son de PVC. Se identificaron 365 metros de red local en 6 pulgadas que debe ser reemplazada por tubería de mínimo 8 pulgadas de diámetro con el fin de minimizar obstrucciones en el sistema por objetos que se puedan introducir en este, esto de acuerdo con el Titulo D, literal D.3.2.6 del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS-2000.

- Para el Distrito 1 se realizó un análisis topológico detallado de 4,289 metros de red principal en el cual se encontraron inconsistencias debidas a contrapendientes o pendientes igual a cero en 499 metros de red equivalente al 12% del total de la red principal del distrito en diámetros de 8, 10, 12, 16 y 20 pulgadas que hacen que no se cumplan los parámetros mínimos de velocidad facilitando la acumulación o sedimentación de residuos en la red y disminuyendo la capacidad hidráulica de los tubos. Adicionalmente se identificó falta de información de cotas claves y bateas, diferencias de altura entre cotas de entrada y salida de la tubería, reducciones de diámetro que pueden generar remansos aguas arriba del sistema y comportamientos hidráulicos no deseados.
- En el Distrito Sanitario 2 se tiene un total de 10,853 metros de red de los cuales 4,159 metros son de Gres y 6,694 son de PVC. Se identificaron 131 metros de red local en 6 pulgadas que debe ser reemplazada por tubería de mínimo 8 pulgadas de diámetro con el fin de minimizar obstrucciones en el sistema por objetos que se puedan introducir en este, esto de acuerdo con el Título D, literal D.3.2.6 del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS-2000.
- Para el Distrito 2 se realizó un análisis topológico detallado de 4074 metros de red principal en el cual se encontraron inconsistencias debidas a contrapendientes o pendientes igual a cero en 1,048 metros de red equivalente al 26% del total de la red principal del distrito en diámetros de 10, 12, 14, 16, 18, 20, 27 y 30 pulgadas que hacen que no se cumplan los parámetros mínimos de velocidad facilitando la acumulación o sedimentación de residuos en la red y disminuyendo la capacidad hidráulica de los tubos. Adicionalmente se identificó falta de información de cotas claves y bateas, diferencias de altura entre cotas de entrada y salida de la tubería, reducciones de diámetro que pueden generar remansos aguas arriba del sistema y comportamientos hidráulicos no deseados.
- En el Distrito Sanitario 4 se tiene un total de 118 metros de red de 8 pulgadas en PVC la cual se conecta al distrito 2.
- Debido a que no se cuenta con información que permita conocer la edad de las redes, no se realizó ningún análisis de vida útil de la red sanitaria existente, sin embargo, los tramos existentes en Gres requieren especial atención toda vez que la vida útil de este material es máximo de 20 años y es probable que no tengan un estado estructural óptimo que permita el funcionamiento hidráulico adecuado de la red. De los 29,155 metros de red sanitaria reportada en el catastro de redes, 8,510 metros de red equivalente al 29% de la red total está construida en Gres de las cuales 1,934 metros pertenecen a la red principal del Distrito Sanitario 2 y 2,378 metros pertenecen a la red principal del Distrito Sanitario 3.
- La determinación y revisión de cada uno de los parámetros hidráulicos se realizó de acuerdo con las recomendaciones del Título D del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS – 2000. De acuerdo con la información suministrada por PROACTIVA, la fuerza tractiva mínima que se utiliza para las obras construidas y proyectadas en el Distrito 2 es de 0.10 garantizando un mantenimiento periódico con equipo de presión. Lo anterior debido a que la topografía y las condiciones de la isla no permite en muchos sectores tener fuerzas tractivas mínimas de 0.15 ya que se profundizarían mucho las redes.

- De la revisión de capacidad hidráulica de las principales redes de alcantarillado sanitario existente en la Isla de Dan Andrés se obtuvo que de los 10.854 m analizados, 6.448 m equivalente al 59% de las redes analizadas no tienen capacidad hidráulica. A continuación se presenta la cantidad de redes que no cumplieron con el análisis realizado por Distrito Sanitario.

DISTRITOS	OK (m)	NO CUMPLE (m)	TOTAL (m)	% REDES SIN CAPACIDAD HIDRAULICA
Distrito Sanitario 1	2172.735	1521.849	3694.584	14.02%
Distrito Sanitario 2	1318.971	2535.507	3854.478	23.36%
Distrito Sanitario 3	913.802	2391.080	3304.881	22.03%
TOTAL	4405.508	6448.435	10853.943	59.41%

- Adicionalmente, el análisis arroja que 5.583 m de red equivalente al 51 % del total de red analizada no cumplen con el requerimiento mínimo de esfuerzo cortante sugerido por el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS-2000. A continuación se presenta la cantidad de redes que no cumplieron con el análisis realizado por Distrito Sanitario.

DISTRITOS	OK	NO CUMPLE	TOTAL	% REDES NO CUMPLEN FUERZA TRACTIVA
Distrito Sanitario 1	1690.106	2004.478	3694.584	18.47%
Distrito Sanitario 2	2067.363	1787.115	3854.478	16.47%
Distrito Sanitario 3	1513.065	1791.816	3304.881	16.51%
TOTAL	5270.533	5583.410	10853.943	51.44%

- El análisis de las redes se realizó a flujo libre por gravedad suponiendo que el flujo es uniforme, lo cual es válido para diámetros de red menor a 900 mm según las recomendaciones del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS-2000. Teniendo en cuenta que las redes analizadas hacen parte de redes principales, se sugiere validar el comportamiento hidráulico mediante la simulación considerando flujo gradualmente variado.
- Respecto al estado actual de las redes, al momento de la realización del producto no se contó con informes de inspección con cámara CCTV, información que es indispensable para realizar esta evaluación. Por tal motivo, en este informe no se incluye este análisis. Sin embargo, se sugiere realizar inspecciones con CCTV para conocer con certeza el estado estructural de las redes, especialmente de aquellas que se encuentran construidas en gres.
- De acuerdo con la información suministrada por Proactiva, la red principal del distrito dos que llega a la estación de bombeo 2, la cual está construida en gres tiene más de 30 años de edad, razón por la cual se considera pertinente realizar su renovación.

- De acuerdo con la información analizada, se identificó que la mayoría de problemas que se presentan en la red se deben a la mala utilización del sistema ya que los principales productores de la red no realizan mantenimiento a sus trampas de grasa y desarenadores lo que genera un alto contenido de elementos sólidos que provocan taponamiento de las redes, rebose de pozos, inundaciones de las calles y malos olores como es el caso del pozo Café-Café. Adicionalmente se tienen conexiones erradas de aguas lluvias al sistema sanitario y en varios sectores el nivel freático se encuentra por encima de las redes lo que genera aumento del caudal y disminución de la capacidad hidráulica para la cual están construidas las redes sanitarias. De esta manera, la entidad prestadora del servicio debe ejercer especial control con estos usuarios con el fin de reducir los problemas de operatividad del sistema.
- La revisión de la información del catastro de redes desarrollado por PROACTIVA permite concluir que existen falencias de información y contradicción en distintos puntos de la red. Se recomienda verificar los datos del catastro de redes en tales puntos.
- Un aspecto importante que se debe tener en cuenta, es que no existe un ente regulador que controle la disposición de las grasas que generan los principales usuarios del sistema sanitario. Por tanto, la mayoría de veces, aunque se haga la limpieza adecuada de las trampas de grasa, los residuos son arrojados en otros puntos de la red manteniendo constante el problema de obstrucción en las redes.
- Es importante considerar ciertas mejoras a las estaciones de bombeo tales como la automatización del sistema.
- Debe aclararse que dentro del alcance actual del estudio no se consideró el desarrollo de un modelo numérico de la red de alcantarillado del sistema convencional existente, operado por PROACTIVA. Por otro lado, con la información actual es posible adelantar las siguientes etapas del estudio por lo que no se considera por parte de la Consultoría la ejecución de los trabajos hasta aquí recomendados. En caso de requerirse, su elaboración deberá ser evaluada conjuntamente con el cliente a efectos de determinar su impacto contractual.
- En la búsqueda de soluciones puntuales a varios sectores del sur de la Isla, el Departamento Archipiélago ha planteado la estructuración de sistemas de abastecimiento de agua potable y manejo de aguas residuales en los sectores Schooner Bight, Bottom House y Elsy Bar; proyectos que a su vez, deberán incluir un estricto programa educativo sobre su operación e importancia, dada la falta de interés y cuidado ambiental en la misma comunidad, escenario que se ve reflejado en la situación actual de los sistemas descentralizados implementados por la autoridad ambiental CORALINA.
- A este respecto, es importante advertir que si bien los sistemas implementados por la entidad ambiental no han arrojado resultados contundentes, que permitan medir un impacto positivo en el componente de saneamiento básico de la Isla, también es pertinente dejar claro que en muchos casos, la población no concibe este tipo proyectos como un bien público, que requiere de cuidado, compromiso, mantenimiento, entre otros aspectos, que no solo atañen a la entidad sino a la misma comunidad.

- Ahora bien, en muchos de los sistemas descentralizados implementados por CORALINA, se evidencian aspectos técnicos inherentes al manejo de éstos, principalmente condiciones operativas que no dan garantía de un correcto tratamiento y una eficaz disposición de aguas tratadas, por ejemplo, aquellos sistemas en los cuales se ven afectadas las dimensiones de los tanques sépticos asociados a éstos, caso concreto del SMIA ubicado en el sector Ciudad Paraíso y el Sistema ubicado en el sector Ground Road.
- Se identificaron los posibles usuarios de alcantarillado en la zona sur de la isla que carece de este servicio. Para realizar el análisis de las posibles soluciones a esta problemática se requieren estudios adicionales que se ejecutarán en el Producto 3. El estudio Socio-Económico brindará información sobre la cultura del agua de estos usuarios y adicionalmente se evaluarán distintas alternativas técnicas viables para resolver la situación de no cobertura. Igualmente el estudio normativo e institucional evaluará las posibles estructuras de operación y regulación para garantizar un servicio adecuado y sostenible.
- En lo correspondiente al punto de vertimientos de aguas residuales, procedentes de carrotanques sépticos, la situación no difiere del problema que se generan por la carencia de redes de alcantarillado sanitario, toda vez que las descargas generadas (Km. 3, vía Circunvalar), han sido desde hace varios años el factor de contaminación ambiental de mayor incidencia negativa en el borde costero del sector sur, no solo por las repercusiones en ecosistemas adyacentes a la zona de descarga, sino en la salubridad de quienes habitan y transitan por el sector.
- Sumado a lo anterior, un hecho que llama la atención y que pudo evidenciarse en las visitas de campo realizadas, es la disposición de lodos residuales en la zona de descarga de carrotanques, agudizando las condiciones del sector, dada su incidencia en la emisión de olores ofensivos y la proliferación de mosquitos, potencialmente transmisores de enfermedades.
- En los resultados de monitoreo que se han llevado a cabo en el cuerpo de agua receptor del vertimiento de aguas residuales, a través del proyecto emisario submarino, se pueden apreciar las bajas concentraciones de algunos parámetros fisicoquímicos principalmente, que eventualmente podrían demostrar que en la zona se desarrollan procesos de dilución que favorecen notablemente la degradación de materia orgánica que pueda alterar los ciclos biológicos en el mar. A pesar de ello, independiente de los bajos resultados que se han obtenido, en el análisis de las descargas a través del emisario, es necesario advertir de la necesidad de implementar sistemas de tratamiento, previa descarga, más estrictos y efectivos para la remoción de contaminantes que el actual proceso (sistema de cribado).
- En lo referido a la disposición de aguas residuales en las soluciones individuales implementadas por la misma comunidad, se aprecia con gran preocupación, el uso excesivo de tanques sépticos que cumplen la función de un pozo de absorción, mas no de un sistema acorde a la normatividad vigente, en especial por el modo de construcción evidenciado en muchos casos; detectándose sistemas que carecen de paredes y fondos debidamente impermeabilizados y de un exigente programa de mantenimiento.

- En muchos casos, especialmente las viviendas ubicadas cerca al borde litoral, los periodos de evacuación se hacen con mayor regularidad, dado el efecto que tiene el nivel freático al interior de dichos sistemas, en los cuales la capacidad de almacenamiento se disminuye por el ingreso del agua freática a los mismos.
- En términos generales, las actuales condiciones de saneamiento básico en el sector sur de la isla, están asociadas directamente a la carencia de redes de alcantarillado sanitario, que permitan evacuar y disponer las aguas residuales generadas en la comunidad; y segundo, el uso de pozos de absorción como alternativa para disponer las aguas residuales, afectando gradualmente las fuentes de aguas subterráneas.

13.8 Diagnóstico Alcantarillado Pluvial

- Segundo la información contenida en el Plan Maestro de aguas lluvias, el análisis al sistema de alcantarillado pluvial se realizó con información pluviográfica de un periodo de tiempo entre 1970 y 2000, por lo cual los caudales calculados con esta información se consideran desactualizados pues además de tener un rezago de 15 años, se omiten eventos importantes como el Fenómeno del Niño del año 2011 en donde se presentaron grandes eventos de alta pluviosidad que pueden hacer variar los caudales calculados con la serie mencionada. Por lo anterior se considera pertinente actualizar el estudio hidrológico y validar el análisis de caudales y de la infraestructura existente, incluyendo los canales y estaciones de bombeo planteados en el Plan Maestro.
- La filosofía del sistema concebido actualmente corresponde a un proceso encaminado a captar y evacuar hacia el mar las aguas lluvias, por medio de canales, colectores y estaciones de bombeo con el fin de solucionar los problemas puntuales de inundaciones de las áreas identificadas, pero no se plantea ningún tipo de aprovechamiento de este recurso, ya sea para reinyección al acuífero o para almacenamiento y posterior tratamiento e inyección a la red.
- Con respecto al sistema de drenaje de aguas lluvias en San Andrés, resulta necesario reorientar el manejo de las aguas lluvias y realizar una gestión integral de este recurso, al considerar las aguas captadas en la cuenca urbana como una nueva potencial fuente de agua dulce. Se recomienda realizar análisis de alternativas del manejo de aguas lluvias, con un enfoque transversal incluyendo el análisis del acuífero y la posibilidad de su recarga, el manejo de reservorios, la inyección en cercanías a los pozos de la planta desalinizadora Lox Bight o en la inmediata proximidad de las estaciones de bombeo. Estos estudios se adelantarán durante la etapa de estudios complementarios.

13.9 Diagnóstico gestión ambiental

- Los hallazgos relativos al componente ambiental son resultado directo del desarrollo del estudio. En consecuencia las actividades de campo necesarias para abordar su solución escapan al alcance solicitado y propuesto para esta consultoría. No obstante, se realizan recomendaciones que deberán ser
- Se recomienda fortalecer la vigilancia de las unidades de la Planta de Tratamiento de Agua Potable Duppy Guly asegurando que funcionen correctamente y evitando que se presenten nuevamente impactos ambientales como el ocasionado por las filtraciones de lodos en los lechos de secado
- Se recomienda la realización de jornadas de limpieza la cuenca El Cove, donde se remuevan los residuos ordinarios, voluminosos y los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos y asimismo se dé una correcta disposición a estos. Como parte del Producto 3, se realizará el estudio de la normatividad vigente con el fin de establecer la vigencia de medidas en este sentido y determinar el grado de avance en su cumplimiento.
- Se recomienda estudiar la situación del agua en la zona donde es descargada actualmente el caudal de rechazo generado por el proceso en el Planta Desalinizadora Lox Bight. No se encontraron estudios de impacto que permitan el diagnóstico de esta situación en el punto de vertimiento directo en la costa. Sin embargo, es necesario revisar este componente no solo con miras a corregir la problemática actual si no para definir el procedimiento a aplicar en caso de implementar nuevas soluciones.
- En el punto de descarga de los lodos generados por la limpieza de los pozos sépticos se recomienda adelantar los estudios que permitan determinar las afectaciones tanto a la zona de descarga como a su área de influencia con el fin de definir la situación actual y, de ser necesario desarrollar las medidas oportunas para la recuperación del ecosistema.
- Respecto, al Emisario Submarino se recomienda el diseño y construcción de un sistema de tratamiento preliminar y primario que permita la remoción de sólidos suspendidos y sedimentos y por ultimo establecer e implementar la mejor alternativa de manejo a los sedimentos los cuales no deberían seguir entregándose al mar. Distintas alternativas de solución a esta situación se evaluarán como parte del desarrollo del Producto 3.
- Es necesario estudiar las alternativas de solución al tratamiento de agua residual doméstica para los sectores que no cuentan con acceso a la red de alcantarillado, en los que se considere el presupuesto, seguimiento y cumplimiento normativo.
- En referencia al Relleno Sanitario Magic Garden, se considera realizar el análisis fisicoquímico y microbiológico al agua del arroyo cercano al relleno sanitario; y efectuar un muestreo al piezómetro en la zona que permita determinar la calidad del agua subterránea y determinar las acciones requeridas para la descontaminación del agua superficial y subterránea.

- Durante la siguiente etapa del proyecto se estudiará la normatividad vigente y se analizarán aquellos aspectos que puedan constituir o llegar a constituir incumplimientos con el fin de definir las acciones que deberán adelantarse. Se dará prioridad a los aspectos tratados en la presente unidad.
- Los hallazgos relativos al componente ambiental son resultado directo del desarrollo de este estudio. En consecuencia dicho desarrollo no se considera parte del alcance definido para este estudio el cual aborda el componente ambiental

13.10 Evaluación comparativa de la gestión del agua

- El compromiso necesario para la implementación del Plan Integral de Gestión del Recurso Hídrico - PIGRH es adquirido primero por las autoridades. Luego los principales interesados por parte de las instituciones y la empresa privada adoptan la iniciativa. Finalmente se involucra a la sociedad como un todo con el fin de crear un movimiento, una cultura en torno a la gestión integral del recurso.
- Con anterioridad a 1972, el departamento de servicios de salud de Suffolk (SCDHS, por sus siglas en inglés); había aprobado la utilización de sistemas descentralizados construidos según el pozo séptico. Como puede verse, la construcción sin fondo de dicho pozo permitía la percolación al acuífero de los lixiviados desde el pozo. En un ejemplo de imprevisión en el largo plazo, la habilitación a partir de regulación de una solución aplicable a zonas con muy bajas densidades llevó con el tiempo a un serio problema de contaminación presente. La situación se abordó a partir del desarrollo de un modelo de calidad del acuífero el cual permitió el estudio de su capacidad de dilución y la determinación de la vulnerabilidad para distintas zonas del mismo en función del tiempo. A partir de estos resultados pudo determinarse la densidad máxima de población para la cual la utilización de pozos sépticos es una solución viable y emitir la regulación que involucrando a los constructores impide que la situación a futuro se siga presentando. Igualmente, fue posible determinar las zonas con potencial ocurrencia del problema para las cuales se propusieron soluciones técnicas alternativas.
- Un ejemplo claro de un correcto desarrollo bajo la óptica de la GIRH es el caso de estudio de Singapur. A partir de la década del 70, se adelantaron pasos para la implementación de una política que involucrando a la totalidad de los interesados, autoridades, sectores económicos, universidades y centros de investigación y población en general , permitiera una adecuada gestión basada no solo en el cuidado de las fuentes y recursos existentes sino además en una estricta gestión de la demanda apoyada en la regulación y la educación de la población.

13.11 Hidrogeología y aguas subterráneas

- Se ha definido una propuesta para el desarrollo de los estudios complementarios necesarios para el desarrollo del modelo hidrogeológico. El detalle de esta propuesta se presenta en el informe anexo.
- Las unidades aflorantes en la Isla de San Andrés son completamente calcáreas, esta condición sumada a los espeleotemas y disolución observada y reportada, incluye una

variable para la determinación del flujo del agua, haciendo necesario conocer la existencia, tamaño y geometría de los posibles espacios subterráneos creados por disolución.

- Aunque la zona de recarga principal se infiere en el área del Cove, y de acuerdo a la información estratigráfica, se hace necesario delimitar y hallar la geometría de los niveles arcillosos los cuales funcionarían como “sellos” y explicaría la diferencia de niveles freáticos y la existencia de laguna “colgadas” en la parte media de la cuenca del Cove .
- El diaclasamiento no es muy persistente ni continuo, además de presentar rellenos en la mayoría de casos, situación que crea incertidumbre sobre la porosidad secundaria y permeabilidad de las rocas que componen el acuífero de la Formación San Andrés.
- Los cuerpos de agua alineados con el que sería el trazo de la Falla del Cove se asumen interconectados (excepto la Laguna de The big Pond), es necesario que mediante ensayos geofísicos (GPR es el más óptimo de acuerdo a las restricciones ambientales y de escala) se determine la existencia de estos espacios vacíos (cavernas) por disolución. El método GPR también debería arrojar un buen resultado en caso que las fallas del Cove y San Andrés tengan un salto apreciable, así como debe mostrar la extensión areal de las unidades arcillosas, realizando esta delimitación se puede mejorar la identificación de las zonas de recarga. Estos datos deben cruzarse con la información de los pozos estratigráficos existentes.
- Aunque el Servicio Geológico Colombiano realizó una tomografía eléctrica en 1992, se deben levantar secciones transversales a la Isla (y en este caso a la estratificación) que cubran la totalidad de su extensión, y generar en esta ocasión un mapa de isoresistividades, con el fin de delimitar el agua salobre en la periferia y de ser posible compararlo con lo realizado en trabajos anteriores.
- El fenómeno ENSO afecta notoriamente el comportamiento de las precipitaciones, de tal forma que se presentan en general o predominantemente déficits de lluvia durante la fase El Niño y excesos de lluvias durante la fase La Niña. Estas anomalías representan condiciones diferentes de recarga para el acuífero, debido a una menor o mayor disponibilidad de agua para el proceso de infiltración y percolación; debido a esto las estimaciones de recarga del acuífero deberán hacerse tomando series de precipitación tanto para años normales como para años El Niño y años La Niña.
- La recarga del acuífero en todos los estudios realizados nunca se estimó mayor a 700mm/año. Sin embargo, UNAL (2010) obtuvo una recarga potencial para la Isla de 255mm/año para un año catalogado en fase cálida (El Niño), de 498mm/año para un año normal y de 810mm/año para un año en fase fría (La Niña).
- De acuerdo a los caudales reportados de explotación por PROACTIVA, los caudales de explotación son mucho menores a los de concesión y las tasas de bombeo a partir de 2012 se mantienen constantes y ningún pozo produce más de 3l/s.
- En 2006 el caudal total del acueducto de PROACTIVA era de aproximadamente 35 l/s, mientras que desde 2012 a 2015 el caudal reportado ha sido de aproximadamente 18 l/s. siendo ésta una disminución de casi el 50% de la producción en 10 años.

- La tasa de bombeo se mantiene constante de 2012 en adelante sin embargo, el volumen total de explotación anual sigue disminuyendo, esto puede ser debido a la disminución de las horas de bombeo de cada pozo, pues la tasa de operación de los pozos se disminuye si se presentan valores de conductividad eléctrica elevados (mayores a 1,000 uS/cm), Esto significa que los episodios de incremento de CE cada vez son más frecuentes, debido a la intrusión de la cuña salina, lo que se traduce en una disminución del Volumen total de explotación del acuífero para el acueducto.
- La isla presenta una gran contaminación por Coliformes – Ecoli tanto en la zona de desarrollo hotelero y turístico de la isla (zona norte) como en el perímetro de la isla. En toda la zona norte este problema se da muy probablemente a la falta de una red adecuada de alcantarillado mientras que en el perímetro de la isla es producto de los tanques sépticos de las casas localizadas en este sector.. Este problema se acrecienta más en las épocas secas en donde la baja recarga no permite por un lado la movilización de este contaminante hacia el mar y por otro lado la dilución de este.
- La cuña de intrusión marina tiene un mayor avance tierra dentro en los periodos secos. EL fenómeno es más pronunciado en el sector nororiental donde se tiene la presencia de mayor turismo. La baja recarga en esta época sumada a un aumento de extracción de agua produce un aumento en la intrusión. Es claro al analizar los resultados gráficos que la cuña responde muy favorablemente ante los eventos de precipitación. Esto es debido a que el acuífero aumenta sus niveles inducidos por la recarga. Por este motivo, el diseñar un buen sistema de gestión de las aguas lluvias para recargar el acuífero es indispensable.
- El control que ejerce CORALINA sobre la explotación del acuífero de San Andrés realizada por PROACTIVA está permitiendo mantener controlada la contaminación del acuífero por los efectos de up-coning. Es necesario mediante un modelo numérico el diseñar un sistema óptimo de bombeo.
- En los diferentes estudios revisados se habla del acuífero San Andrés y del Acuífero de San Luis. Esta separación es producto de las dos formaciones principales que son atravesadas por el agua subterránea de la Isla. Esto hace pensar que los acuíferos actúan de manera independiente y que lo que pase en uno no afecta al otro, siendo esto conceptualmente no válido. En la Isla de San Andrés existe un solo acuífero que atraviesa tanto la formación San Andrés como la formación San Luís. Esto es muy importante de aclarar, primero, porque la explotación que realiza PROACTIVA puede contaminar fácilmente la reserva de agua dulce por la intrusión de la cuña de agua salada y segundo, para que los raizales entiendan que las afectaciones que se causen al agua subterránea que atraviesa la zona de la formación San Luís pueden afectar el agua subterránea que atraviesa la formación San Andrés. Por ahora se propone llamarlo el Acuífero San Andrés.
- En este momento se está analizando el programa a ser usado para la modelación numérica del Acuífero San Andrés. El análisis consiste en comparar las cualidades de cada software en beneficio de obtener los mejores resultados de la modelación y algo muy primordial, la facilidad de trabajar en el programa mediante una buena interfaz visual (Tabla 176). Hasta el momento el software más apropiado para modelar las complejidades de este acuífero y que ofrece una interfaz visual muy amigable es el código FEFLOW. Una desventaja de este

código es el precio, sin embargo en una serie de discusiones que se han venido teniendo con el representante de este programa se pueden tener un gran descuento si el programa va a ser usado en una entidad pública. Este tema tendrá que ser discutido y definido por CORALINA, FINDETER Y CDM Smith.

Tabla 13-1 Software que permiten modelar flujo y transporte y sus aplicaciones

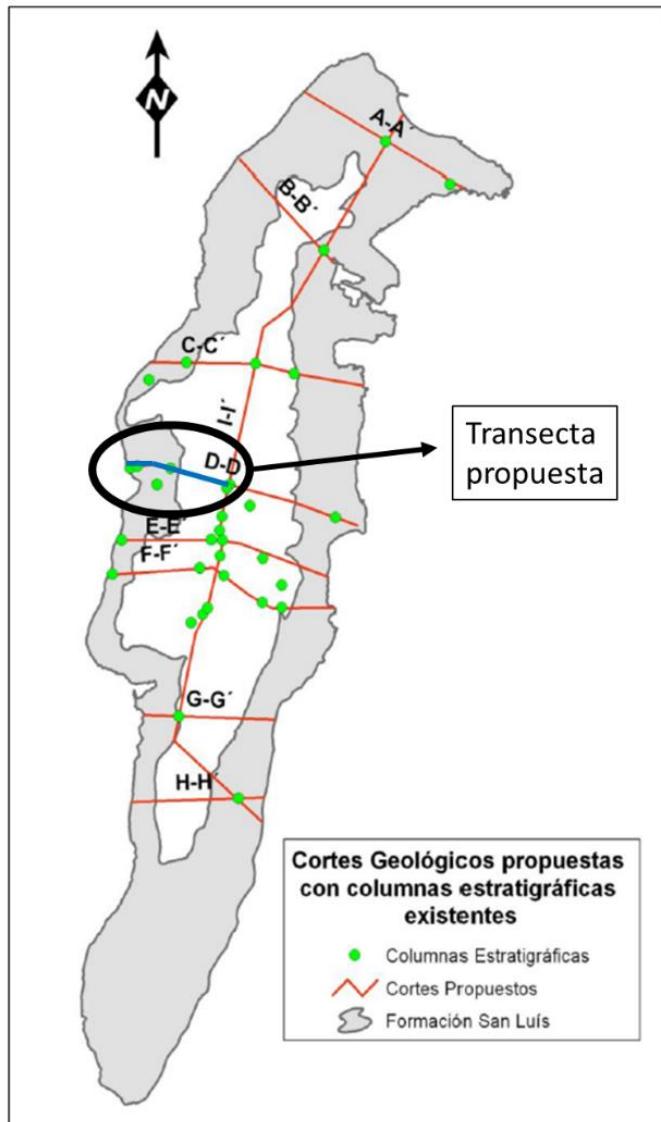
Application	CFEST	CODASA-3D	FEFLOW	FEMWATER	HydroGeoSphere	MODHMS	SEAWAT	SUTRA	SWI package	SWIFT	TOUGH2
Seawater Intrusion	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Regional Groundwater Flow	x	x	x		x	x	x	x		x	x
Integrated Surface Water/Groundwater Interaction					x	x					o
Karst Geology	o		x		x				o		
Faulted Geology	o		x		x	x	o			o	x
Fractured Geology			o		x			x		x	x
Submarine Groundwater Discharge			x				x	x		x	
Brine/Solute Migration	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
Aquifer Storage and Recovery	x		x				x	x	x	x	

x = direct application
o = indirect application

Fuente: Neil E. and Toya L. (2011).

- Se recomienda realizar tanto GPR como la tomografía en la transecta descrita en la Figura 13-1. Esta localización se puede definir como óptima debido a que está amarrada con la descripción litológica de 4 pozos, atraviesa perpendicular la falla principal de la isla, atraviesa varios estratos y esta perpendicular a la cuña de intrusión marina. El basamento no es posible definirlo mediante una tomografía ya que las altas resistividades del agua de mar enmascara la resistividad del basamento.

Figura 13-2 Localización de pozos para columnas estratigráficas y perfiles geológicos de la isla de San Andrés.



Sección 14.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera D, M. (2010). *Geografía Económica del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina*. Bogota: Banco de la Republica.
- Antropología, R. C. (july/dec de 2011). Impactos del Reconocimiento Multicultural en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina: Entre la Etnización y el Conflicto Social. *Revista Colombiana de Antropología*. vol.47 no.2 .
- Arboleda, J. (2000). *Teoría y Práctica de la Purificación del Agua*. Bogota: ACODAL.
- ASIS. (2013). *Análisis de la Situación en Salud Departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Secretaría Departamental de Salud* . . San Andrés: Gobernación del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.
- DANE. (2005). *Censo 2005*. Bogota.
- DANE. (2014). *Documento de caracterización de la población del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina Fase 1 y 2*. San Andres: DANE.
- DANE, & Banco de la Republica. (2015). *Informe de Coyuntura Económica Regional*. Bogota: DANE, Banco de la Republica.
- DANE-ICER. (2014). *Informe de Coyuntura Económica Regional –ICER*. San Andres: DANE.
- Departamento Administrativo de Planeación San Andrés. (2015). *Diagnóstico de la isla de San Andrés como insumo para la revisión y ajustes del Plan de Ordenamiento Territorial vigente: decreto 325 de 2003*. San Andrés: Gobernación del departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, diciembre de 2014.
- DNP, D. (2013). *Documento CONPES 3778*. Bogota: Departamento nacional de Planeacion.
- De Vargas, L., & OPS, O. (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano - Plantas de filtración rápida, Manual I: Teoría*. Lima, Peru: OPS.
- Cesco, C. A. (1997). *Plan director de acueducto y alcantarillado para San Andrés, Providencia y Santa Catalina - Balance oferta - demanda*. San Andres.
- Consorcio Plan Vial Caribe. (2007). *Elaboración del Plan Vial y de Transporte para la Isla de San Andrés y Plan Maestro de Alcantarillado Pluvial en el sector North End, Ajustado al RAS 2000*. San Andrés: Gobernación de San Andrés.
- CORALINA. (2000). *Plan de Manejo de las Aguas subterráneas de la isla de San Andrés 2000 - 2009*. San Andrés: L.E. Toro.
- CORALINA. (2005 - 2014). *PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA EL COVE. SAN ANDRÉS* .

CORALINA. (2010). *Propuesta de tratamiento de lodos residuales provenientes de las actividades de evacuación y limpieza de pozos sépticos en San Andrés isla.* San Andrés.

CORALINA. (Junio 28 de 2011). *Componente ambiental para el Plan Departamental de Agua del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.* San Andrés: CORALINA.

CORALINA, INVEMAR. (2012). *Atlas de la Reserva de Biósfera Sea Flower.* San Andrés: INVEMAR.

CORALINA, J. B. (2009). *Inventario de vertimientos de aguas residuales en la Isla de San Andres.* San Andres: Subdirección de gestión ambiental.

Departamento Administrativo de Planeación San Andrés. (2015). *Plan de Ordenamiento Territorial 2015_Diagnóstico.* San Andrés: Gobernación de San Andrés.

Fernández - Torquemada, Y. (2012). *Repositorio Institucional de la Universidad de Alicante.* Recuperado el Diciembre de 2015, de Tesis Doctoral Efectos de las variaciones de salinidad sobre angiospermas marinas y su aplicación a los vertidos de plantas desalinizadoras:
<http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/26427>

Gobernacion de San Andres - ACDI/VOCA - USAID . (2015). *Documento de la politica publica de y para el pueblo raizal concertada con la comunidad "Sailing god towards self-determination- carta de navegacion que nos permitira en el futuro proximo seguir siendo pueblo" programa para afrodescendientes e indigenas d.* San Andres.

Gobernacion de San Andrés. (2012). *Plan Departamental de Desarrollo 2012-2015.* San Andrés: Gobernacion de San Andrés.

GWP. (2014). *Integrated water resources management in the Caribbean: The Challenges Facing Small Islands Developing States.* Estocolmo: Global Water Partnership - GWP.

GWP_C. (2011). *IWRM Planning Process - The Bahamas Experience.* Trinidad: Global Water Partnership - Caribbean.

GWP_C. (2011). *Water Utility Reform The Jamaica Experience.* Trinidad: Global Water Partnership - Caribbean.

Hidromet Ltda., PROACTIVA. (2011). *Simulación de la pluma de aguas servidas del emisario submarino de San Andrés Isla con el fin de su validación mediante cuatro campanas de mediciones de campo.* San Andrés: PROACTIVA.

IDEAM, & Montealegre, J. E. (2014). *Actualización del componente Meteorológico del modelo institucional del IDEAM sobre el efecto climático de los fenómenos El Niño y La Niña en Colombia, como insumo para el Atlas Climatológico.* IDEAM.

Instituto Tecnológico de Canarias, Instituto Canario de Ciencias Marinas, Instituto Español de Oceanografía, ECOS Estudios Ambientales y Oceanografía. (2008). *Programa Nacional de Proyectos de Desarrollo Experimental - Proyecto Venturi.* Recuperado el Diciembre de 2015, de Estudio experimental de la respuesta de la fanerógama marina Cymodocea nodosa al vertido de salmuera:
http://www.proyectoventuri.com/images/pdf/efecto_toxico_cronico_salmuera.pdf

PROACTIVA. (2011). *Reducción del índice de agua no contabilizada ETAPA 2.* San Andrés: Proactiva.

PROACTIVA. (2013). *Reducción del IANC etapa 2 - Optimización de la Planta Duppy Gully*. San Andrés: PROACTIVA.

Secretaría de Salud de San Andrés. (2005). *Censo Sanitario de viviendas 2005*. San Andrés: Secretaría de Salud de San Andrés.

Thornton, J. (2008). *WAter Loss Control*. New York: Mc Graw Hill.

TAC. (200). Integrated Water Resources Management. *TAC Background papers*, 71.



cdmsmith.com



una compañía CDM Smith Inc.