

**ACTUALIZACIÓN PLAN REGULADOR
COMUNA DE RENCA**

FACTIBILIDAD DE SERVICIOS SANITARIOS

Octubre 2020



TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	3
2. COBERTURA DE AGUA POTABLE URBANA.....	3
2.1 Condición General.	3
2.2 Infraestructura Productiva de Agua Potable de Renca.	9
2.3 Infraestructura de Distribución de Agua Potable de Renca.....	9
2.4 Demandas de Agua Potable en Renca.	10
2.5 Diagnóstico del Sistema de Agua Potable en Renca.....	12
3. COBERTURA DE ALCANTARILLADO URBANO.	13
3.1 Condición General del Servicio de Alcantarillado de Renca.....	13
3.2 Condición Operativa del Servicio de Alcantarillado de Renca.	13
3.3 Análisis de comportamiento futuro.	14
3.4 Diagnóstico del Sistema de Alcantarillado en Renca.	16
4. CONCLUSIONES DEL DIAGNÓSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA SANITARIA.....	16
5. DISPONIBILIDAD HÍDRICA	17
6. FACTIBILIDAD TÉCNICA DE DOTACIÓN DE SERVICIOS SANITARIOS.....	18
6.1 Escenarios Considerables de Evolución de Población en Renca.	18
6.2 Factibilidad Técnica del Servicio de Agua Potable.....	19
6.3 Factibilidad Técnica del Servicio de Alcantarillado.	20
6.4 Factibilidad Técnica de Manejo de las Aguas Lluvias.....	21
7. Bibliografía.....	31

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este documento de Anteproyecto es contrastar la condición presente y el desarrollo planificado de la infraestructura de agua potable y alcantarillado sanitario en la comuna de Renca, en la Región Metropolitana, a fin de evaluar los efectos posibles del estudio de Actualización del Plan Regulador Comunal de Renca sobre su desempeño. Para esto se revisa la información disponible sobre tendencias de crecimiento poblacional y sobre los servicios sanitarios existentes, con énfasis en las capacidades de la infraestructura ya disponible, la planificada, y las eventuales carencias que se detecte.

Para este trabajo se cuenta con la siguiente información de base:

- Propuesta de trabajo de Territorio y Ciudad Consultores para la comuna.
- Actualización Plan de Desarrollo - Sistema-Gran Santiago, 2015 - 2019, AA. Andinas.
- Sistema-Gran Santiago - Ajuste Cronograma Base, 2018, AA. Andinas.
- Informe Sanitario/Actualización y Adecuación del Plan Regulador Comunal de Renca- Ing. F. Hidalgo para ARCADIS Geotécnica, octubre 2005.
- Datos censales INE: 1992/2002/2012/2017.
- Ley General de Servicios Sanitarios, DFL MOP 382 (Ley Sanitaria)
- Plano del Límite Urbano Comunal vigente de Renca.
- Información disponible en la Superintendencia de Servicios Sanitarios, SISS.
- GOOGLE EARTH.
- ORD MINVU 617 de 12 de octubre de 2010

2. COBERTURA DE AGUA POTABLE URBANA.

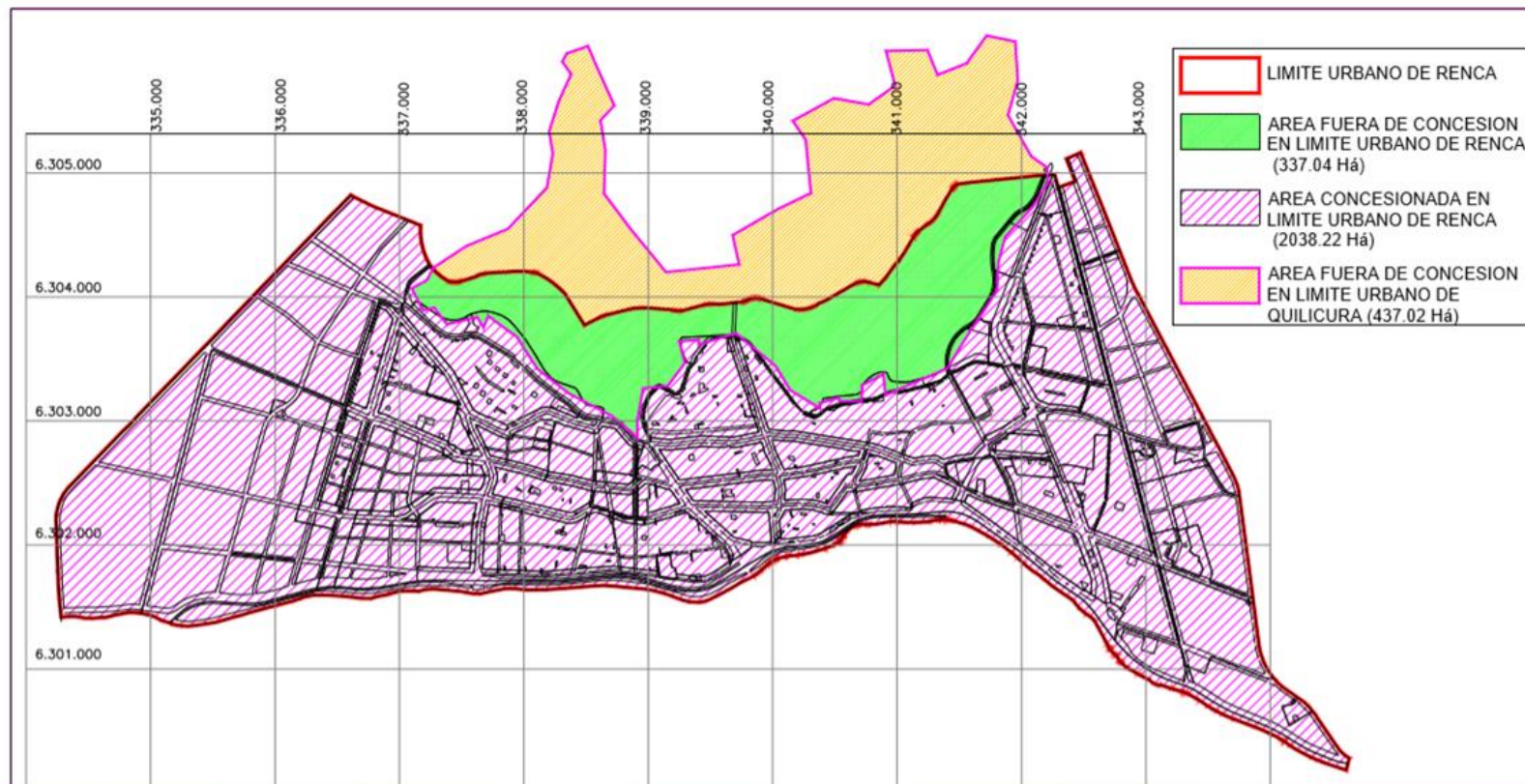
2.1 Condición General.

Este servicio es una fracción menor del sistema global de abastecimiento para el Gran Santiago concesionado conforme a la Ley Sanitaria a la empresa Aguas Andinas S.A., más varias otras localidades de la Región Metropolitana, como se muestra sombreado en la figura 1 a continuación; en consecuencia, ha de cumplir, entre otros, los estándares básicos de servicio público de agua potable según NCh 691 y de calidad según NCh 409, más los de NCh 1105 para alcantarillado, lo que es fiscalizado por la Superintendencia de Servicios Sanitarios, SISS. Así, ha de actualizarse quinquenalmente el Plan de Desarrollo (PD) del Sistema Gran Santiago, que en 2014 contaba con 51742 ha y una población estimada en algo más 4.8 millones de usuarios, y confrontó sus capacidades de la infraestructura existente con las proyecciones de demandas para los siguientes quince años (2029), y comprometió la ejecución de las obras que subsanen eventuales déficit para los primeros cinco años (hasta 2019). Esta área de concesión general envuelve en su totalidad a la comuna de Renca, con la singularidad de que se excluye del área concesionada los terrenos más abruptos que conforman los cerros Renca y Colorado, los que a su vez están compartidos con la vecina Comuna de Quilicura al norte, como se muestra en la figura 2 en la página siguiente y se

abastecimiento Lo Contador Bajo (enmarcado en celeste). Debe destacarse que la calidad de estas aguas subterráneas es superior a las de Maipú e incluso Quilicura.

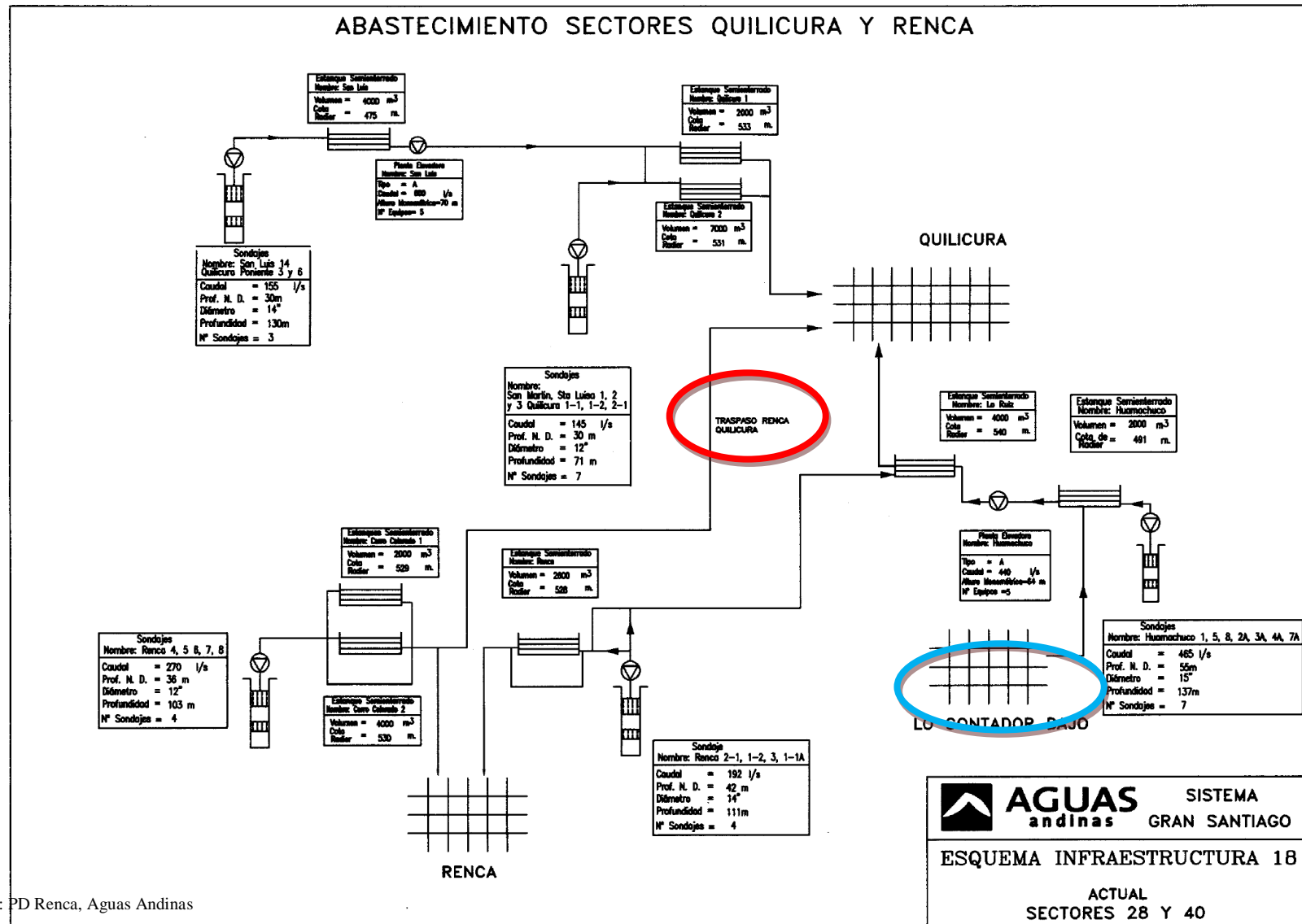
ANTEPROYECTO

Figura 2. Relación de Territorio Operacional de Aguas Andinas S.A. y Límite Urbano Projectado.



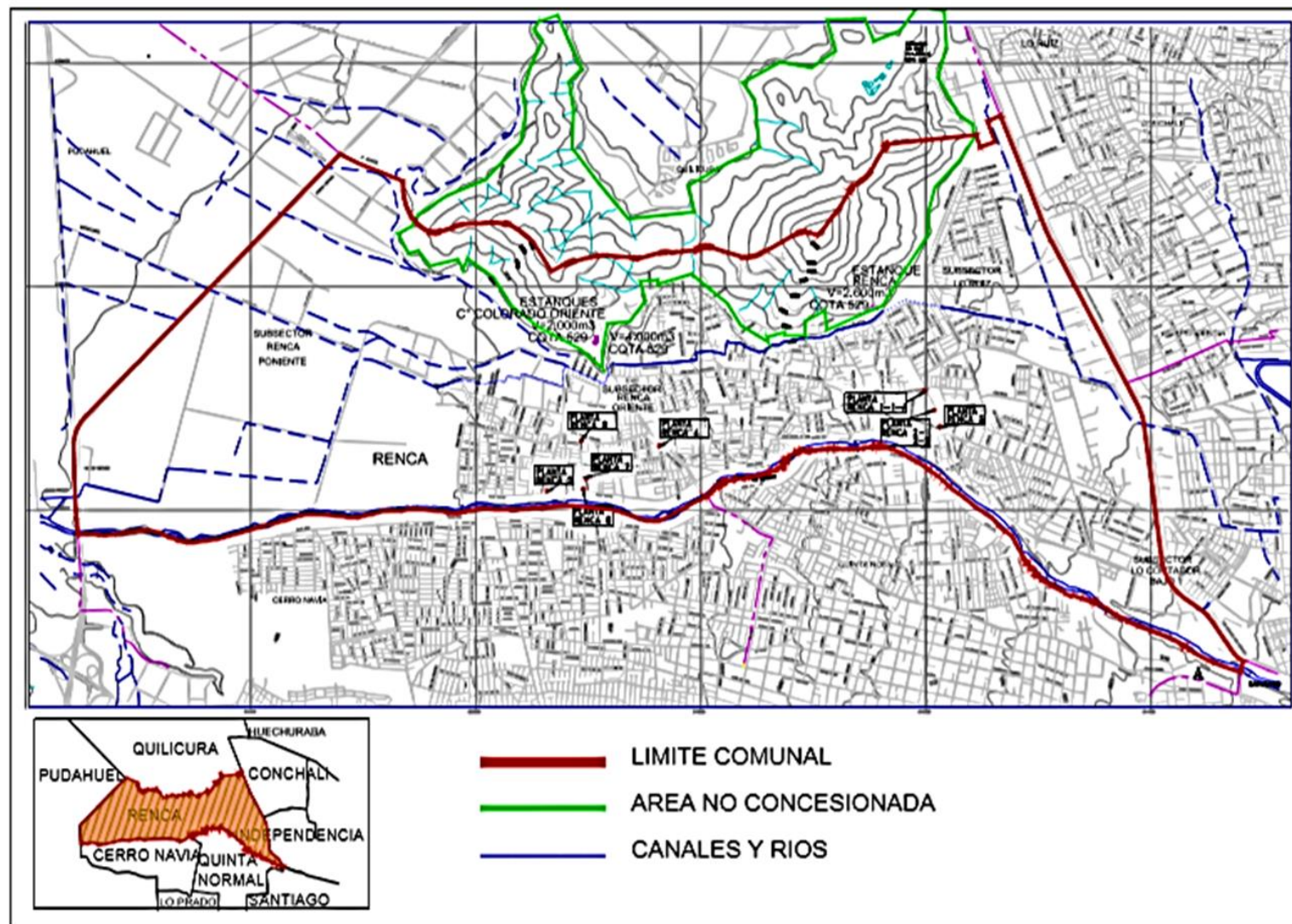
Fuente: PD Aguas Andinas y este proyecto.

Figura 3. Esquema del Sistema de Agua Potable de Renca/Quilicura.



Fuente: PD Renca, Aguas Andinas

Figura 4. Emplazamiento de la Infraestructura de Servicio del Sistema de Agua Potable de Renca/Quilicura.



Fuente: PD Renca, Aguas Andinas

2.2 Infraestructura Productiva de Agua Potable de Renca.

De acuerdo con lo establecido en el PD de 2015 y confirmado por la SISS, Renca cuenta con 10 captaciones de agua subterránea operativas, 9 en servicio más una descontinuada, cuyas características se muestran en la tabla siguiente, con caudales Q en l/s y niveles del agua en metros, respecto de la superficie. El sondaje 1056 está fuera de servicio, pero sus derechos bien pueden ser trasladados a nuevos pozos.

Tabla 1. Fuentes de Agua Potable de Renca

N° Aguas Andinas	Nombre del sondaje	Q (l/s) Diseño	Q (l/s) Servicio	Q (l/s) Derechos	Profundidad (m)	Niveles Est./Din.	Condición operativa
1019	RENCA 2-1	70	70	70	66	31/42	Buena
1056	RENCA 2-2	70	70	70	56	S/I	No opera
1131	RENCA 1-2	45	45	45	105	27/42	Buena
1146	RENCA 3	50	50	50	132	31/42	Buena
1178	RENCA 4	50	50	50	100	21/36	Buena
1182	RENCA 5	47	47	En trámite	70	23/36	Buena
1217	RENCA 1-1A	100	100	En trámite	151	30/36	Buena
1222	RENCA 8	95	95	En trámite	148	24/36	Buena
1223	RENCA 7	96	96	En trámite	150	0/36	Buena
1226	RENCA 6	96	96	En trámite	146	24/36	Buena

Fuente: PD Renca-Aguas Andinas

La información indica que si bien la capacidad operativa nominal suma 649 l/s y se presentan solo 285 l/s de derechos de explotación debidamente regularizados, el esquema operativo muestra solo 462 l/s disponibles en los nueve sondajes representados; la demanda QMD que prevé Aguas Andinas para 2029 sería de 321 l/s, por lo que se tendría margen disponible. La condición de derechos en trámite incluye casos en que se está gestionando el traslado desde otros puntos en el acuífero para regularización. El sondaje Renca 2-2 es el de menor profundidad y mayor antigüedad, lo que puede explicar su abandono. Es notorio que las fuentes disponibles pueden estar siendo afectadas por el prolongado ciclo de sequía que ha alcanzado la zona central del país, con descensos sostenidos de los niveles en los acuíferos, y consecuentemente menores disponibilidades de captación por la mayor altura de elevación requerida, pero los nuevos sondajes (4 al 8) tienen márgenes amplios para mantener su operatividad.

2.3 Infraestructura de Distribución de Agua Potable de Renca.

La cobertura de servicio es del 100% en el área concesionada, y los consumos son aportados básicamente con recursos propios; el agrupamiento de los sondajes productivos en dos bloques se asocia con los dos recintos de estanques existentes en la comuna:

- Recinto Renca, con un estanque semienterrado de hormigón armado de 2600 m³, y cotas +528 de radier y +534 de aguas máximas.
- Recinto Cerro Colorado, con un estanque semienterrado de hormigón armado de 2000 m³, y cotas +529 de radier y +533 de aguas máximas, más otro estanque

semienterrado de hormigón armado de 4000 m³, y cotas +530 de radier y +533 de aguas máximas.

Se cuenta así con 8600 m³ de capacidad de almacenamiento, y las tres unidades son reportadas en buen estado operativo.

El PD no presenta información desglosada sobre la composición de las redes de distribución para la comuna; la única referencia disponible indica una única falta de cumplimiento de la normativa de presiones mínimas, que reporta haber sido inferior a 15 m.c.a. en el P.C.P. (punto de control de presión) N°155, originada en una falla operativa y ya corregida debidamente. La modelación de las redes no detecta deficiencias de capacidad, por lo que solo se ha de renovar las redes que corresponda en el programa general de Aguas Andinas. Esto tiene relación con la elevada proporción de cañerías de asbesto cemento en el Gran Santiago, 5590 km sobre el total de 10004 km, las que por su antigüedad se pueden asumir responsables en parte significativa del nivel global de pérdidas de alrededor de 30%.

2.4 Demandas de Agua Potable en Renca.

El PD de Aguas Andinas ha proyectado las demandas de producción y volúmenes de estanques entre 2015 y 2019 en función de una proyección de población; dado que estas cifras de población se presentan con diferencias significativas en relación con otros datos, se las compara en la tabla 2 en la página siguiente, con las siguientes observaciones:

- El PD de 2010 a 2024 presentó estimaciones de población en los años 2019 y 2024 que son 25% inferiores a las estimaciones del PD para el período 2015-2029.
- El PD vigente en su proyección de población hasta 2029 indica para el año 2017 una cifra de 98.913 habitantes servidos con 100% de cobertura, pero el dato del Censo de ese año indicó 147.151 habitantes en la comuna, por lo que hay una subestimación del 50% que repercute en la estimación de demandas. Es notable también que a partir del año 2024 y hasta 2029 se asume en el PD un quiebre en la tendencia, que pasa a ser decreciente.

Atendidas estas diferencias significativas, y con base en los datos censales oficiales desde 1992 a 2017, se considera apropiado postular una proyección lineal de crecimiento poblacional por los próximos 30 años, que es el horizonte de análisis de un Plano Regulador; el incremento anual resultante es 1.076 habitantes, con una tasa vegetativa decreciente, pero que promediaría 0.65% anual en el período, la que se detalla en la tabla 2 a continuación y servirá de base para la estimación de las demandas esperables de agua potable y alcantarillado en la comuna:

Tabla 2. Análisis de Evolución de Población en Renca.

AÑO	Población de Renca				AÑO	POBLACION DE RENCA			
	PD 2010	PD 2015	CENSOS INE	Proyección		PD 2010	PD 2015	CENSOS INE	Proyección
1992			128972		2031				165497
2002			133518		2032				166572
2012			142136		2033				167648
2015		98048		148286	2034				168724
2016		98480		149361	2035				169800
2017		98913	147151	150437	2036				170875
2018		99345		151513	2037				171951
2019	75090	99778		152588	2038				173027
2020		100422		153664	2039				174102
2021		101067		154740	2040				175178
2022		101711		155815	2041				176254
2023		102356		156891	2042				177329
2024	76431	103000		157967	2043				178405
2025		102703		159043	2044				179481
2026		102406		160118	2045				180557
2027		102109		161194	2046				181632
2028		101812		162270	2047				182708
2029		101515		163345	2048				183784
2030				164421					

Fuente: PD Renca-Aguas Andinas Y Elaboración Propia

- Puede recurrirse así a esta proyección tentativa de población con 21.3% de aumento entre 2018 y 2048 como sustento para establecer las demandas potenciales de agua de la comuna, asumiendo que se mantiene la dotación verificada por Aguas Andinas de 150 litros por habitante/día, el 100% de cobertura, un factor de día de máximo consumo también generado por la empresa a partir de su estadística con QMD=1.31, pero con una muy necesaria reducción gradual del nivel de pérdidas desde 30% actual hasta 20% en 2048, cuyos resultados se presentan en la tabla 4.
- Se advierte que esta proyección presenta una discrepancia evidente para el año 2029, cuando el PD estima una demanda de producción de 321 l/s, ciertamente afectada por la hipótesis de descenso de población que hizo Aguas Andinas, y las cifras derivadas de los censos recientes apuntan a una demanda de 490 l/s ese año, más de 50% superior; la proyección a 2048 señala un incremento moderado de esta demanda, a 528 l/s.
- En todo caso, deberá estar disponible en breve la nueva actualización del PD, que bien podría traer cifras mejor fundadas en lo referente a Renca.

Tabla 3. Proyección Tentativa de Demanda de Agua Potable en la Comuna.

AÑO	Población (HTES)	Pérdidas %	QMD (l/s)	AÑO	Población (HTES)	Pérdidas %	QMD (l/s)
2015	148286	30.0%	485	2032	166572	25.2%	509
2016	149361	29.7%	486	2033	167648	24.8%	510
2017	150437	29.4%	487	2034	168724	24.5%	512
2018	151513	29.1%	489	2035	169800	24.2%	513
2019	152588	28.8%	490	2036	170875	23.9%	514
2020	153664	28.5%	492	2037	171951	23.6%	515
2021	154740	28.2%	493	2038	173027	23.3%	516
2022	155815	27.9%	494	2039	174102	23.0%	517
2023	156891	27.6%	496	2040	175178	22.7%	519
2024	157967	27.3%	497	2041	176254	22.4%	520
2025	159043	27.0%	498	2042	177329	22.1%	521
2026	160118	26.7%	500	2043	178405	21.8%	522
2027	161194	26.4%	501	2044	179481	21.5%	523
2028	162270	26.1%	502	2045	180557	21.2%	524
2029	163345	25.8%	503	2046	181632	20.9%	525
2030	164421	25.5%	505	2047	182708	20.6%	526
2031	165497	25.2%	506	2048	183784	20.3%	528

Fuente: Elaboración Propia

2.5 Diagnóstico del Sistema de Agua Potable en Renca.

Este estudio considera que puede esperarse una significativa mayor demanda de producción de agua potable en la comuna respecto de las previsiones de la empresa concesionaria, básicamente por la necesaria corrección a partir del reciente dato de población censada en 2017; sin embargo, el sistema de producción propio de Aguas Andinas en la comuna cuenta con los derechos de explotación más que suficientes, al igual que las capacidades de sus obras de captación de aguas subterráneas si son debidamente operadas y rehabilitadas en caso de deterioro. Ha de considerarse que el sector de Renca es favorable para la explotación de las aguas subterráneas, y el eventual reemplazo de usos agrícolas remanentes en la comuna por usos urbanos puede liberar recursos hídricos y sus derechos para suplementar los propios. Por otra parte, ha de considerarse que Renca también tiene la posibilidad de recibir aportes desde el sistema de producción de aguas superficiales a través del sector Lo Contador y el sistema general del Gran Santiago, del cual la comuna representa una mínima fracción, del orden de 3%. La demanda de volumen de estanque en 2048 será del orden de 8.000 m³, por lo que será necesario incorporar una nueva unidad de 2.000 m³, idealmente en el sector poniente del C° Colorado, con terreno disponible. En cuanto a la expansión de redes, éstas han de ser provistas por los urbanizadores. Por último, la concesión sanitaria obliga a su titular a asegurar la continuidad de este servicio, y cada 5 años ha de evaluarse esta condición y programar las acciones necesarias para su cumplimiento. No puede dejar de señalarse que las pérdidas deberían apuntar a 10 o 15 % en fuentes subterráneas.

3. COBERTURA DE ALCANTARILLADO URBANO.

3.1 Condición General del Servicio de Alcantarillado de Renca.

El sistema de alcantarillado de Renca solo participa de la etapa de Recolección de Aguas Servidas, y está inserto en el sistema general de recolección del Gran Santiago, y es parte de su subsistema denominado Área Tributaria Mapocho, que sirve al área norponiente de la ciudad. Cuenta con el esquema de cañerías colectoras detallado en la figura 4 siguiente, que comprende solo colectores con flujo gravitacional, y del tipo separado, sin requerir plantas elevadoras ni capacidad colectora de aguas lluvias. El PD de Aguas Andinas no cuenta con un catastro detallado del Sistema de Alcantarillado en la localidad de Renca. El área de cobertura espacial concesionada es en todo caso coincidente con la de agua potable, pero sin indicación del número de Uniones Domiciliarias (UD) en servicio; cabe señalar que el Sistema general del Gran Santiago reporta un 98.6 % de cobertura de alcantarillado.

Esta red de colectores cubre en el extremo nororiente de la comuna un sector enmarcado por el límite comunal con Pudahuel y el Cerro Renca, con flujos que escurren naturalmente hacia el norte y con entrega en colectores originados en Quilicura y finalmente en el colector Conchalí – Quilicura (COQ), asociado a la avenida Américo Vespucio. El área central de la comuna, ya consolidada, es servida por el sistema colector del tipo separado Cerro Colorado (SAR), que cubre 554 ha entre las inmediaciones de General Velásquez por el oriente hasta calle Poseidón por el poniente, con un trazado asociado principalmente a la calle Infante, que es arteria central de Renca. El resto de la comuna emplazado hacia el poniente está asignado al sistema Renca Sur (FUN) mediante el colector FUN1 de 190 m de longitud, y el colector Miraflores que cuenta con 3387 m de desarrollo. Finalmente estos tres grandes colectores y otros de menor alcance tributan al colector Conchalí – Quilicura (COQ), para su conducción final hacia la planta de tratamiento El Trebal. Debe destacarse que el área sur de la comuna contaba inicialmente con descargas directas de aguas crudas al río Mapocho, todas las cuales fueron encauzadas al colector interceptor Mapocho, saneando el río en lo que respecta a aguas servidas domésticas e industriales.

3.2 Condición Operativa del Servicio de Alcantarillado de Renca.

Al ser la mayoría de las redes relativamente de reciente construcción, su condición operativa ha resultado satisfactoria en el sistema de evaluación de Aguas Andinas, que mide tres factores para establecer la necesidad de intervención de algún sector;

- Condición estructural, con una inspección óptica mediante cámaras de TV, que permite identificar tubos dañados y flujos indebidos.
- Condición hidráulica, que establece el margen de capacidad de las conducciones respecto de los flujos estimados como máximos esperables; el criterio asume que la capacidad máxima aceptable corresponde a flujos cuya profundidad ocupa el 70% del diámetro vertical del tubo, y este criterio deja aún un margen adicional respecto de la capacidad hidráulica máxima real.
- Condición de impacto de desempeño que mide 5 factores que ponderan la importancia de mantención del servicio: cantidad de clientes conectados en un tramo de colector en particular, instalaciones críticas que se afectaría en caso de

falla del colector (hospitales, escuelas, agencias de gobierno), cantidad total de clientes aguas arriba afectados por posible falla, frecuencia de obstrucciones que requieren intervención, y cuantía de reboses de aguas servidas a la superficie.

En el caso de Renca, el PD detectó solo dos incidencias deficitarias, y de menor cuantía: un tramo de 97 m en calle Rafael Egaña y otro de 83 m en calle Los Tilos. Se confirma así una buena condición física de esta red, y cuya preservación se entiende respaldada por los programas de reposición permanente de redes y las sucesivas actualizaciones quinquenales del PD.

3.3 Análisis de comportamiento futuro.

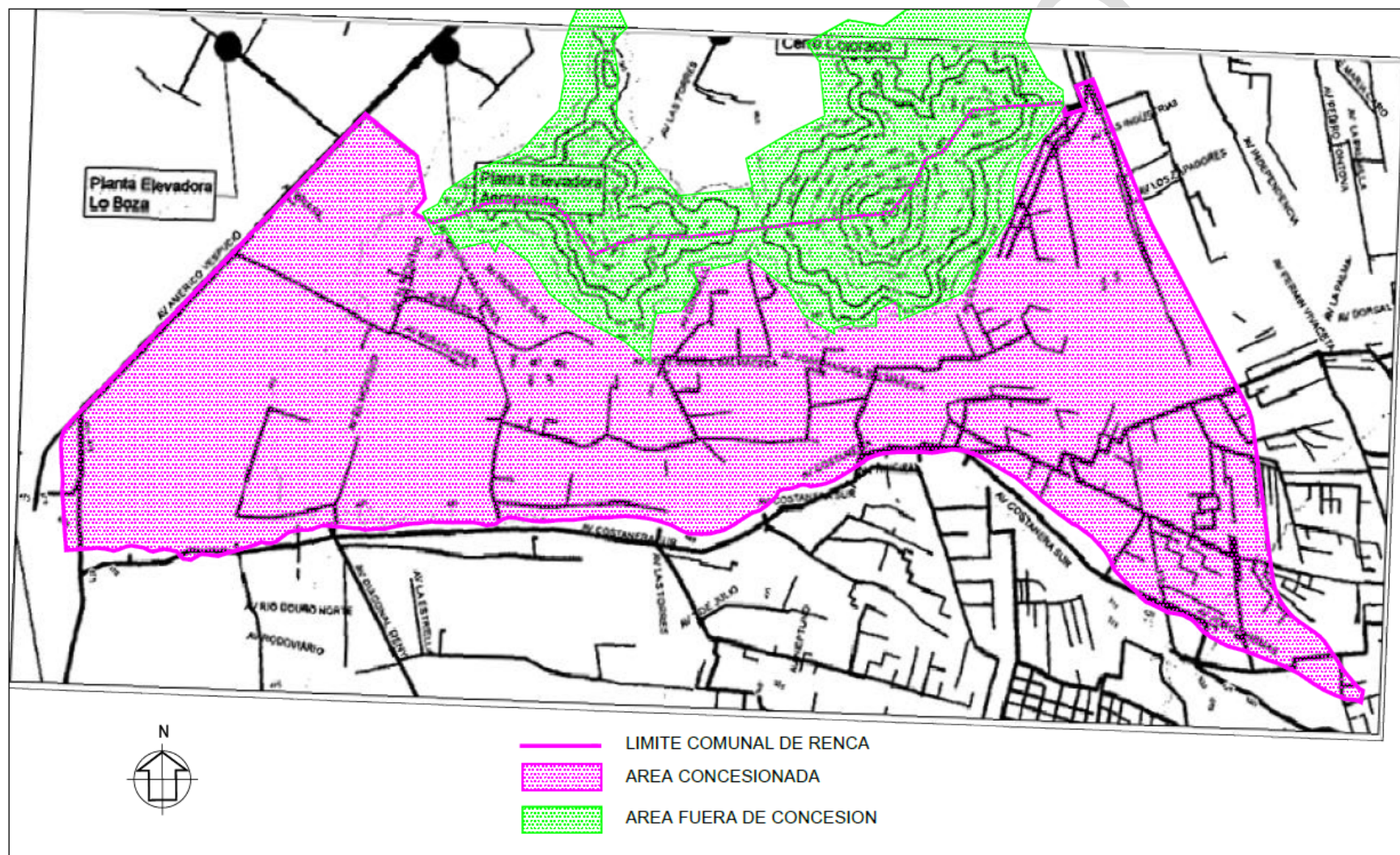
Se ha indicado para el agua potable que se observa una fuerte diferencia entre las proyecciones de población de Aguas Andinas y lo que indica el INE, significativamente superiores, y por tanto con efecto en las demandas de servicio de alcantarillado. Asumiendo válidas las proyecciones de demanda de agua potable según datos censales, se presenta una estimación proporcional de las demandas esperables hasta 2048 en la generación de aguas servidas en la comuna. Así se calculan los caudales máximos horarios de aguas servidas a partir de los caudales medios de consumo (sin incluir pérdidas entre producción y distribución) de agua potable, amplificados por el factor de máximo horario 1,79 derivado empíricamente por Aguas Andinas (en reemplazo de la fórmula de Harmon) para poblaciones en torno a 150000 habitantes y más.

Tabla 4. Proyección Tentativa de Generación de Aguas Servidas en la Comuna.

Año	Población (HTES)	Q Máximo (l/s)	Año	Población (HTES)	Q Máximo (l/s)
2015	148286	607	2032	166572	682
2016	149361	612	2033	167648	687
2017	150437	616	2034	168724	691
2018	151513	620	2035	169800	695
2019	152588	625	2036	170875	700
2020	153664	629	2037	171951	704
2021	154740	634	2038	173027	709
2022	155815	638	2039	174102	713
2023	156891	642	2040	175178	717
2024	157967	647	2041	176254	722
2025	159043	651	2042	177329	726
2026	160118	656	2043	178405	731
2027	161194	660	2044	179481	735
2028	162270	664	2045	180557	739
2029	163345	669	2046	181632	744
2030	164421	673	2047	182708	748
2031	165497	678	2048	183784	753

Fuente: Elaboración Propia

Figura 5. Esquema del Sistema de Alcantarillado de Renca.



Fuente: PD Renca - Elaboración Propia

Los efectos de esta mayor demanda no son significativos en la funcionalidad de las redes de recolección, con un incremento del orden de 150 l/s en 30 años, los que son perfectamente manejables por la actual red de recolección y por sus futuras expansiones asociadas a eventuales nuevas urbanizaciones sobre terrenos hoy de uso agrícola, que necesariamente han de aportar sus propias redes y contribuir a las obras generales de capacidad que reciban sus caudales: grandes colectores y plantas de tratamiento.

Esta infraestructura de grandes colectores, emisarios y plantas de tratamiento, externos a la comuna, deben ser readecuados permanentemente a través de los sucesivos Planes de Desarrollo y la ejecución de las obras necesarias, en conformidad a las demandas del Sistema Global del Gran Santiago, y atendiendo a que cualquier disparidad de desarrollo en algún sector será compensada en otros sectores; Renca es una mínima parte de ese sistema global, y sus variaciones de demanda, de ya marginales, serán de baja ponderación en el conjunto. Aun así, considerando la incidencia para el caso particular de Renca, el PD vigente ya reflejó esta condición al haber programado la puesta en marcha en 2018 la ampliación con 2200 l/s de la planta de tratamiento Trebal- Mapocho, para exceder las así las demandas previstas por la empresa a 2029. Otro componente que se prevé ajustado actualmente en su capacidad es el colector Conchalí- Quilicura, la que estará en su límite hidráulico hacia 2029, y por tanto ha de ser observado en su desempeño en función de la evolución efectiva de caudales generados en el total del área norponiente del Gran Santiago.

3.4 Diagnóstico del Sistema de Alcantarillado en Renca.

En conformidad con la Ley Sanitaria, los servicios sanitarios concesionados deben evaluar cada cinco años la evolución de las demandas probables en su Territorio Operacional (TO) y contrastarlas con las capacidades de servicio de su infraestructura en un horizonte de 15 años; en caso de detectarse situaciones deficitarias, ha de planificarse las obras necesarias para sobrellevar las carencias previsibles, y establecer un calendario de ejecución de obras que deban entrar en servicio en el primer quinquenio del período de análisis, cuyo cumplimiento es vigilado por la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS). En el caso de Renca, el PD en su versión vigente de 2015 consigna la suficiencia de las redes colectoras existentes para sus previsiones de población y demanda, pero se detecta un desajuste entre lo estimado por la empresa concesionaria y lo que se verifica en los datos censales para la comuna, en particular el dato censal de 2017. No obstante, las redes existentes cuentan con márgenes de capacidad disponible para soportar las demandas esperadas en 30 años en el área ya poblada, y con mayor razón en las nuevas áreas por urbanizar. Una vez aprobada por la SISS una nueva actualización del PD para 2020-2035 se podrá revisar estas apreciaciones.

En cuanto a las capacidades de la infraestructura externa a la comuna y que recibe sus aportes de alcantarillado, vale decir grandes colectores troncales y emisarios, más sus plantas de tratamiento, su relevancia fundamental en la condición sanitaria del Gran Santiago hace imperioso que la empresa concesionaria mantenga esta infraestructura con los márgenes necesarios para asegurar su funcionalidad.

4. CONCLUSIONES DEL DIAGNÓSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA SANITARIA.

La comuna de Renca tiene bajo concesión de la Ley Sanitaria el 86.5% de su superficie; las 320.8 ha excluidas corresponden a los cerros Renca y Colorado, en las que las demandas de agua corresponden al riego de arborizaciones con agua no necesariamente potable, y las instalaciones de la Dirección General de Aeronáutica Civil en la cumbre del cerro Colorado; estas instalaciones de agua y alcantarillado necesariamente corresponden a soluciones particulares de responsabilidad de esa DGAC.

En el área concesionada se cuenta con una alta seguridad de provisión en cantidad y calidad de agua potable mediante sus propias captaciones de agua subterránea en una zona altamente favorable para ello,

con la sola dificultad del descenso acentuado del nivel freático que hace necesario profundizar los sondeos de captación y tener mayor potencia de los equipos de elevación. Esta condición permite incluso aportar excedentes hacia la vecina comuna de Quilicura. Se suma a estas fuentes la disponibilidad de conexión desde el sistema Lo Contador para suplementar, en caso de ser necesario, con aguas de origen cordillerano, cuya provisión es objeto de continuas medidas de actualización para mejorar su seguridad de suministro ante crecimiento de demandas y continuidad de servicio para enfrentar contingencias.

Una condición similar acontece con el sistema de alcantarillado de la concesión, con capacidades de recolección más que suficientes para las demandas previstas por la empresa hasta 2029 y las previsibles hasta 2048, incluida una necesaria corrección por ajuste a los datos censales. Las instalaciones de tratamiento y disposición final, por su condición crítica, tienen igualmente su suficiencia asegurada.

Puede establecerse que la comuna cuenta con terrenos aptos para sumarse al área habitable con la necesaria expansión de las redes de agua y alcantarillado, y con la posibilidad de aumentar las densidades en las áreas que ya cuentan con esas redes y con capacidades disponibles en esa infraestructura.

En resumen, debe esperarse que los servicios concesionados de agua y alcantarillado mantengan su suficiencia, como lo exige y controla la Ley Sanitaria y su organismo fiscalizador, la Superintendencia de Servicios Sanitarios, SISS; cualquier contravención da lugar a procesos sancionatorios con costos pecuniarios, y reiteraciones en faltas graves puede concluir en la caducidad de la concesión y la ejecución de cobro de importantes garantías monetarias.

Por último, ha de resaltarse que la discordancia en las estimaciones de crecimiento de población y, consecuentemente, de demandas de servicio, no tienen efecto significativo en lo que se ha concluido. En efecto, el análisis hecho en este documento apunta a una tasa media de crecimiento vegetativo de 0.65% anual en la comuna, que es muy moderada si se considera que la tasa de crecimiento anual de la Región Metropolitana entre 2012 y 2017 fue de 1.12%, y de 1.28 en el país. El potencial crecimiento lento de las demandas da lugar a activar oportunamente medidas correctivas a través de las sucesivas actualizaciones de planes de desarrollo que internalicen esa tendencia.

5. DISPONIBILIDAD HÍDRICA

Es necesario considerar que la Región Metropolitana, al igual que buena parte de Chile, está sufriendo efectos directos del cambio climático sobre su disponibilidad de recursos hídricos; esto se hace evidente en la disminución de acopios estacionales en los glaciares cordilleranos, la mayor frecuencia de años con bajas precipitaciones, y la baja sostenida de niveles freáticos en los embalses de agua subterránea. Si bien Santiago cuenta con los embalses naturales de Laguna Negra y Lo Encañado, más la visionaria construcción del embalse de El Yeso con el objetivo de asegurar su suministro de agua potable, es evidente que los aportes decrecientes nivales y de glaciares atentan contra su función. La situación es más crítica en las cuencas complementarias que surten al Gran Santiago, en el río Mapocho, quebrada de Ramón, y El Arrayán, con menores aportes nivales. En contraste con lo anterior, ha de considerarse que las demandas sobre estos recursos son, grosso modo, ejercidas en 70% por el sector agropecuario, 20% por el uso sanitario, y 10% por la industria. Pero el 20% del uso sanitario restituye a lo menos un 80% como efluente de aguas servidas tratadas, por lo que su gasto efectivo del recurso es mínimo, y por tanto debe ser asegurado por su efecto crítico en el desarrollo humano. Surge la importancia de adoptar medidas como el canje de caudales tratados por recursos disponibles en la agricultura, la recarga de acuíferos subterráneos, y el tratamiento y reciclaje de las aguas en la industria. Finalmente, y en caso extremo, siempre será factible recurrir a la desalinización y transporte de agua de mar, con costos crecientemente más soportables para suplementar las fuentes actuales.

6. FACTIBILIDAD TÉCNICA DE DOTACIÓN DE SERVICIOS SANITARIOS.

Este estudio debe evaluar las consecuencias de la planificación urbana aquí desarrollada sobre los sistemas de agua potable y alcantarillado disponibles en la comuna, considerando técnicamente sus posibilidades de contar con esos servicios en los próximos 30 años, y en acuerdo a las normas nacionales de calidad de servicio respectivas.

6.1 Escenarios Considerables de Evolución de Población en Renca.

La demanda de estos servicios sanitarios en el largo plazo estará en relación directa con la evolución del poblamiento en la comuna; si bien una proyección de esta evolución estará sujeta a 30 años plazo a un grado no menor de incertidumbre, se analizan las siguientes alternativas respaldadas por sus particulares antecedentes.

- Proyección con datos censales. Ya se ha analizado en páginas anteriores (Tabla 2) la proyección estimable de población comunal sobre los datos disponibles del INE, a los que se ajusta una regresión lineal que agrega 1076 habitantes por año, pasando desde 147151 en 2017(CENSO) a 183784 estimados en 2048; la tasa vegetativa anual sería decreciente, llegando al final del período a 0.6 %/año. La Tabla 3 asocia a esa población una demanda de producción para el día de máximo consumo de 518 l/s, como base para este estudio.
- Proyección de Aguas Andinas/PD 2015. La Tabla 2 mencionada también incluye lo que la empresa estimó para 2017 una población servida de 98913 habitantes, y considera cobertura de 100%; esta población servida es solo 66 % del dato censal de ese año, y no es coherente con la cobertura indicada. Por otra parte, esta proyección de población de la empresa es creciente en 645 habitantes/año entre 2019 y 2024, pero decrece en 297 habitantes/año desde 2024 hasta 2029. Se estima que estas cifras resultan de un análisis global del Gran Santiago y su dispersión hacia sus muy distintos sectores que lo constituyen, lo que puede originar desviaciones respecto de los análisis particulares en cada sector. Se concluye que este análisis del PD **no es aplicable** a este estudio de PRC, y será prudente esperar correcciones en la inminente actualización del PD aún no disponible.
- Saturación del área habitable. Este estudio de PRC asigna uso habitacional a sectores definidos dentro del Límite Urbano diseñado, y establece las densidades habitacionales brutas máximas permisibles; la aplicación de esas densidades, que van de 300 a 800 hab/ha, sobre las 1345,8 ha totales de áreas así definidas, señala una cabida teórica máxima extrema para la población comunal de 619121 habitantes. Con el crecimiento lineal esperado, esto solo podría ser alcanzado en varios siglos más.
- Saturación restringida del área habitable. Complementando lo expuesto en el punto precedente, este estudio de PRC analiza las probabilidades de la ocupación de los espacios habitables en la comuna esté limitada por factores como el porcentaje probable de uso residencial efectivo, 1200 ha, en cada área de uso habitacional, y un porcentaje máximo de consolidación esperable en el plazo de 30 años.

Tabla 5. Proyección Tentativa de Crecimiento Poblacional en la Comuna.

Zonas con uso residencial	Densidad máxima (hab/ha)	Superficie total zona (ha)	% de uso residencial probable	Superficie total residencial (ha)	Población cabida teórica (hab)	% de consolidación esperada	Población probable a 30 años (hab)	QMD probable a 30 años (l/s)
HM1	300	593.73	0.95	564.04	169214	0.80	135372	439.8
HM2	600	188.39	0.95	178.97	107383	0.85	91276	296.6
HM3	350	34.84	0.90	31.36	10975	0.75	8232	26.7
RM	500	182.20	0.90	163.98	81990	0.80	65592	213.1
HP1	300	31.74	0.95	30.15	9046	0.75	6785	22.0
HP2a	400	2.76	0.95	2.76	1104	0.75	828	2.7
HP2b	400	2.69	0.95	2.69	1076	0.75	807	2.6
HP3	400	5.28	0.95	5.02	2007	0.75	1506	4.9
EP1	600	162.56	0.75	121.92	73152	0.60	43892	142.6
EP2	800	141.65	0.70	99.16	79324	0.60	47595	154.6
TOTAL							401885	1305.7

Fuente: este proyecto de PRC.

Este cuadro ha incluido el potencial de demanda máxima de agua potable por parte de los 401885 habitantes estimados, en función de los parámetros del PD: dotación de 150 l/h/día, 1.31 para el factor de día de máximo consumo, y 30% de agua no contabilizada entre producción y consumo; la demanda de capacidad de producción así calculada sería de 1305.7 l/s, pero en caso de rebajar las pérdidas a un nivel de 20%, se requerirían solo 1142.5 l/s. Puede calcularse que con una tasa anual de crecimiento del orden de 1076 habitantes la población del orden 400000 habitantes demoraría alrededor de 200 años en ser alcanzada, por lo que este escenario es descartable en el futuro previsible.

6.2 Factibilidad Técnica del Servicio de Agua Potable.

- Producción de agua potable. El hecho de que Renca sea una comuna que se autoabastece de sus propias fuentes de aguas subterráneas con una disponibilidad de 613 l/s según PD de 2015 indica que tiene asegurada la demanda a 30 años estimada de 518 l/s. Técnicamente la amenaza previsible es el progresivo descenso del nivel freático a consecuencia de la persistente sequía en la zona central de Chile, lo que ha sido abordado hasta ahora con la profundización de los sondeos, lo que tiene como límite el alcanzar la roca basal; esto ameritaría un estudio hidrogeológico preciso para su evaluación, pero muy probablemente no ocurrirá pronto. En todo caso, la comuna aporta a la vecina Quilicura 150 l/s, lo que da cuenta de su amplia disponibilidad. A mayor abundamiento, se dispone también de la interconexión con el suministro de aguas desde el Sector Lo Contador bajo para suplementar eventuales déficits. Por último, no podría descartarse una futura ampliación de la capacidad de producción mediante nuevas captaciones subterráneas en el extremo poniente de la comuna y en la vecina Pudahuel. Donde las aguas subterráneas abundantes y superficiales fueron un obstáculo para la construcción del aeropuerto Arturo Merino Benítez en el siglo pasado. Se debe tener en cuenta que en la comuna actualmente existen amplios predios agrícolas con derechos de agua de riego en ese sector de Santiago a los que este proyecto les asigna usos no habitacionales (EP-3, HM-2, I-2), y por tanto con posibilidad de liberar recursos hídricos al cesar su explotación agrícola. Finalmente, y siempre desde el punto de vista técnico, se podrá considerar que ante eventual crisis catastrófica de suministro de agua en toda la Región

Metropolitana, se tendrá la posibilidad extrema de complementar el abastecimiento con agua de mar desalinizada y transportada alrededor de 120 km y con elevación de menos de 600 m., lo que es menor respecto de lo que ya se hace para abastecimiento de minas en el norte de Chile.

- **Distribución del agua potable.** Se destacó en el Diagnóstico que en el largo plazo solo se presenta una necesidad de contar con 2000 m³ de volumen adicional de estanque, lo que corresponde a la empresa concesionaria abordar en la oportunidad que las sucesivas actualizaciones de su PD lo hagan evidente. Se puede vaticinar que idealmente esta nueva unidad debiese emplazarse en los faldeos orientales del Cerro Colorado, con amplia disponibilidad de cota y terrenos para ello, y con cercanía a posibles nuevos sondeos en ese entorno; dado que Aguas Andinas opera en forma global en el Gran Santiago, sería apropiado conciliar esta posible solución de estanque con lo que pudiese ser requerido por la comuna vecina de Quilicura o la de Pudahuel. Respecto de las redes de cañerías de distribución, el incremento espacial de la cobertura recae en los urbanizadores, los que deberán aportar las cañerías necesarias tanto propias como los suplementos de capacidad que resulten necesarios en obras generales, todo lo cual está reglamentado en la ley sanitaria mediante aportes reembolsables. La concesionaria sí ha de hacerse cargo de la oportuna mantención operativa de todas las redes y de la reposición oportuna de cañerías que cumplan la vida útil técnica, más aquellas que presenten tasas de roturas anormalmente frecuentes; esta actividad está incorporada en la tarifa que se define de acuerdo a la ley sanitaria, y por tanto es solventada por los usuarios.
- **Conclusión.** Técnicamente no se avizoran inconvenientes insalvables para que Renca disponga de un servicio de agua potable acorde a las normativas chilenas y que se readecúe oportunamente a las demandas futuras resultantes de la planificación urbana en desarrollo para este PRC.

6.3 Factibilidad Técnica del Servicio de Alcantarillado.

- **Recolección de aguas residuales.** La comuna dispone de una red de recolección de alcantarillado sanitario del tipo separado (esto es, sin recepción de Aguas Lluvias) y en general de construcción reciente, y que no presenta napas de agua subterránea someras; se beneficia así de no tener sobrecargas de caudales ajenos a su función primordial, y el Diagnóstico del PD señala que hay capacidades hidráulicas suficientes al menos hasta el año 2029. La cobertura de servicio podrá mantenerse o mejorarse al incorporar nuevas urbanizaciones en los sectores hoy en explotación agrícola, y el empleo actual de materiales de mejor desempeño y vida útil, tanto en reposición como en nuevos colectores, augura una mejor prestación. El relieve local permite no tener necesidad de plantas elevadoras de aguas servidas, lo que simplifica el sistema. El hecho de que las proyecciones de población del PD de 2015 se aprecian subvaloradas respecto de lo que se deriva de los datos censales recientes, que incluso muestra una reducción entre 2024 y 2029, implica que podrá tenerse una mayor demanda real de servicio, pero dado que el crecimiento esperable será moderado, del orden de 1000 habitantes por año, y que buena parte de este crecimiento se radicará en nuevas urbanizaciones que han de contar con sus propias soluciones de red, las siguientes actualizaciones del PD de Aguas Andinas podrán dar cuenta oportuna de estos posibles cambios. Un aspecto importante es la actual falta de normativa, institucionalidad y promoción de soluciones domiciliarias de alcantarillado con separación y reuso de aguas grises en beneficio de optimizar los recursos hídricos y restar carga a los sistemas troncales de conducción y plantas de tratamiento; esto es particularmente aplicable edificios institucionales como escuelas y liceos, hospitales, hoteles, regimientos, estadios, y otros.
- **Tratamiento y disposición de las aguas servidas.** Renca no cuenta en su territorio comunal con esta etapa del sistema de alcantarillado, y en general exporta las aguas residuales domésticas hacia el

enclave de tratamiento El Trebal-Mapocho. El transporte de estos caudales se hace mediante las grandes conducciones troncales Interceptor Mapocho y Conchalí-Quilicura, que cuentan con amplias holguras de capacidad, y los aportes comunales representan una mínima fracción de esas capacidades. Igual predicamento aplica a la capacidad de tratamiento, y es aplicable el razonamiento de que, al ser estas instalaciones críticas para saneamiento y manejo ambiental de todo el Gran Santiago, tanto su operación como su oportuna adecuación a nuevas demandas futuras habrán de ser prioritarias para el concesionario. Puede así considerarse que, técnicamente, el reducido aporte de Renca no tendrá dificultad en seguir siendo asimilado por estas obras generales.

6.4 Factibilidad Técnica de Manejo de las Aguas Lluvias.

6.4.1 Aspectos generales.

El que el sistema de alcantarillado sanitario de Renca sea del tipo separado le presta independencia respecto de las soluciones de Aguas Lluvias, las que son de responsabilidad de del MOP/DOH en lo relativo a grandes colectores troncales ($D \geq 800$ mm) de la red primaria, y del Minvu para diámetros menores (red secundaria). Es así que en 2001 CADE-IDEPE elaboró para el MOP/DOH el Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias del Gran Santiago, que delineó las soluciones de gran escala para toda la ciudad en función de la estadística pluviométrica disponible entonces.

En general, la comuna está aislada geográficamente de la influencia de grandes áreas aportantes de Aguas Lluvias desde sectores de mayor elevación, pues cuenta con barreras que intervienen el patrón de flujos naturales de escorrentía; su límite oriental está definido por la Autopista Central, que opera como dique y permite cruces singulares hacia Renca, su límite norte es la divisoria de aguas de los cerros Renca y Colorado, mientras que el límite sur es el cauce del río Mapocho, y el límite poniente tiene la Autopista A. Vespucio Norte que igualmente sirve de ataguía de los flujos y permite su cruce solo en puntos aislados hacia Pudahuel. Así, son mínimas las afluencias de origen externo, y básicamente se ha de manejar los flujos de las aguas directamente incidentes en su propia área.

El relieve natural presenta un patrón de pendientes de dirección nor-oriental a sur poniente y directa o indirectamente convergentes hacia el cauce del río Mapocho, lo que define la trama local de colectores de Aguas Lluvias, y puede agregarse que el relleno de tipo fluvial que conforma el suelo aporta una buena capacidad de infiltración.

El incremento esperable de las superficies impermeables en el área urbana debería incrementar marginalmente la escorrentía superficial, disminuyendo proporcionalmente la infiltración directa hacia la napa subterránea, lo que sería un efecto adverso pero relativamente insignificante frente a la recarga efectiva de la cuenca del Mapocho en todo su recorrido; más significativa en esto es la disminución importante de las precipitaciones en Santiago en este siglo, del orden de 30%, que sí hacen esta menor infiltración relevante. Puede entenderse así que las captaciones de agua subterránea para uso potable no reconocen este efecto negativo, y más bien les es conveniente desde el punto de vista de la disminución de la infiltración directa con contaminantes originada en el lavado de suelos altamente intervenidos.

Finalmente, si se considerara necesario contrarrestar estos efectos, la planificación urbana puede recurrir a sistemas de infiltración ad-hoc, tales como plazas hundidas, y zanjas o pozos de infiltración, con el necesario resguardo del tratamiento para evitar que la contaminación referida afecte la calidad del agua para su uso potable. Se hace presente que en los primeros 15 minutos de escorrentía superficial se arrastre un elevado porcentaje de la contaminación dispersa

6.4.2 Análisis de contenidos para Renca del Plan Maestro de Aguas Lluvias.

En términos resumidos, el Plan Maestro identificó una gran unidad de análisis hidrológico, Zona Norte - Mapocho (NM), con todas las cuencas urbanas tributarias al río Mapocho; está conformada por siete sectores comprendidos desde el puente San Enrique hasta el puente de la Autopista Vespucio Norte. La comuna de Renca está asociada con los sectores NM-4, NM-5 y NM-6, que comprenden 10 cuencas urbanas definidas por las escorrentías de Aguas Lluvias, tanto las exclusivas de Renca como aquellas incidentes desde las comunas vecinas que deben traspasar sus límites para descargar al río, lo que está esquematizado en imágenes de las 6 y 7:

Figura 6. Esquema Territorial de las cuencas pluviales urbanas con incidencia en Renca.

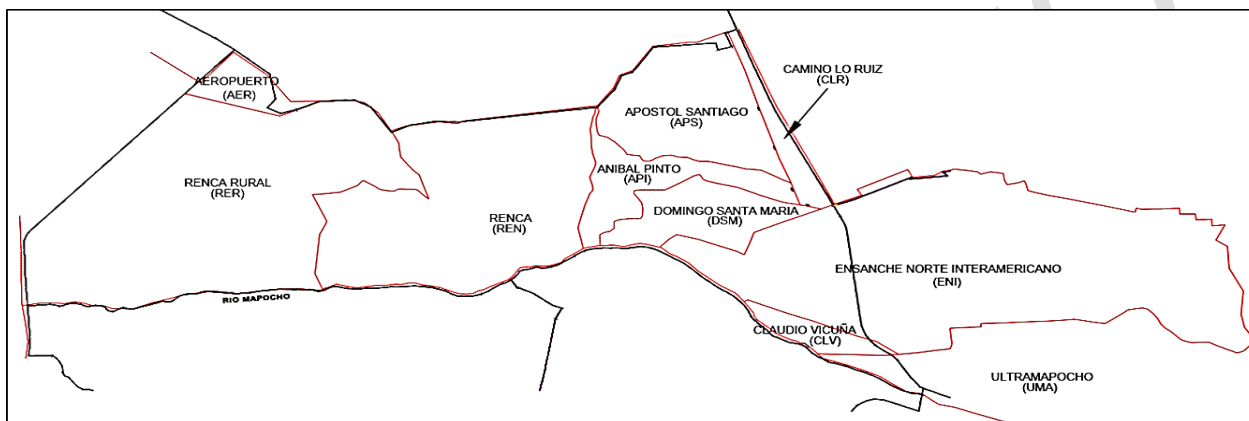
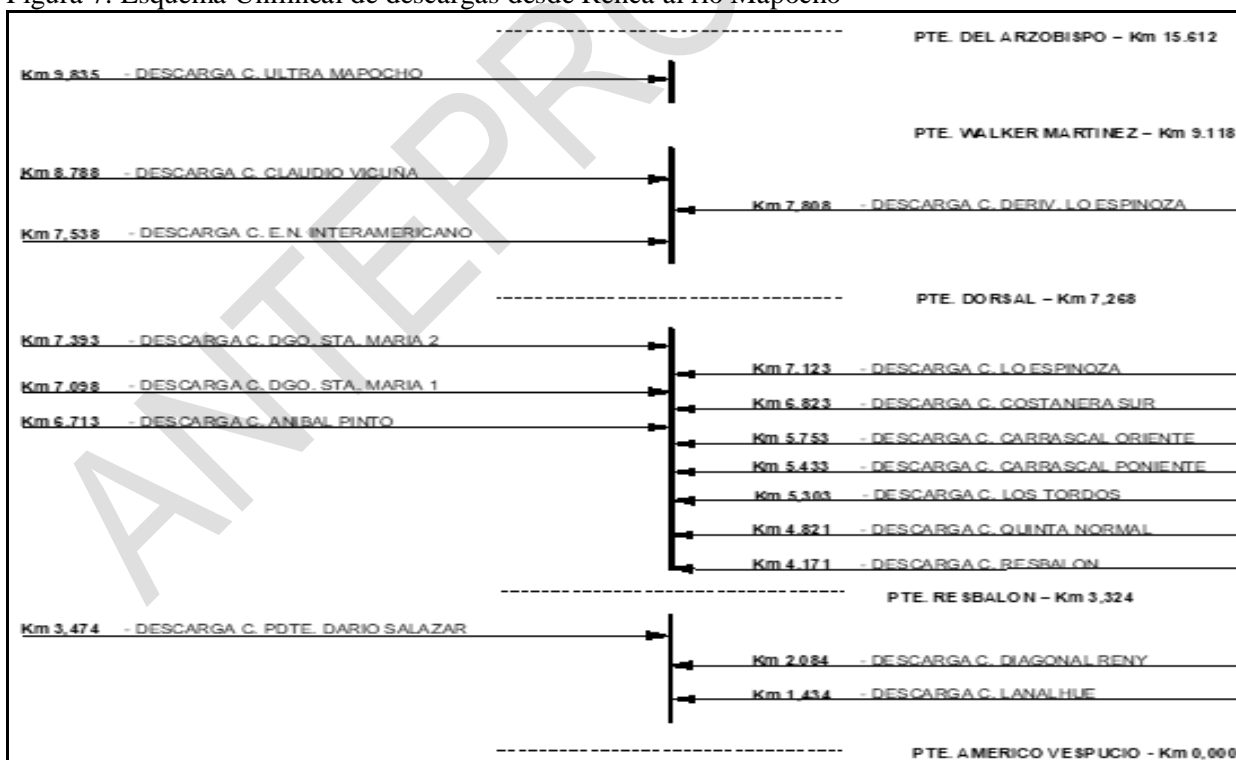


Figura 7. Esquema Unilineal de descargas desde Renca al río Mapocho



Fuente: Plan Maestro de AA. LL. del Gran Santiago.

Se distinguen así en el esquema territorial y el diagrama unilineal tres grupos de cuencas:

- Dos cuencas externas con aportes hacia Renca que, junto la cuenca interna Claudio Vicuña, conforman el Sector NM-5: corresponden principalmente a Ultra Mapocho (UMA) y Ensanche Norte Interamericano (ENI), que reciben principalmente lluvia incidente en la comuna de Independencia, más sus redes de aguas servidas, y que son drenados por colectores del tipo unitario que ingresan desde el oriente hacia la comuna de Renca, y que descargan las Aguas Lluvias mediante vertederos de tormenta al río Mapocho, y las aguas servidas en tiempo seco al Colector Interceptor Mapocho.

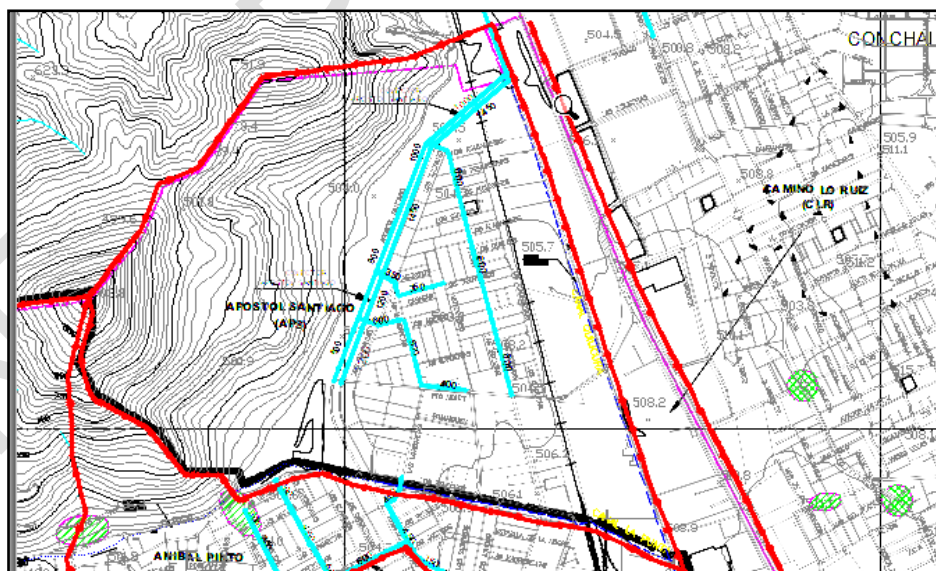
El Colector UMA tiene su trazado por calles Juan Atala, El Molino y Bezanilla; tiene diámetros crecientes desde 600 hasta 2300 mm, y su capacidad de porteo es suficiente para tormentas con período de retorno $Tr=100$ años. No se afecta su descarga por niveles altos de crecidas del Mapocho.

El colector ENI se desarrolla por Domingo, Santa María, Los Acacios y 14 de La Fama; está conformado por un ducto de 2600 x 1500 mm más un tramo de $d=2300$ mm, y su capacidad es suficiente para portear el caudal de tormenta con período de retorno $Tr=100$ años, pero su descarga resulta ahogada por niveles altos de la crecida con $Tr = 2$ años del río Mapocho. La influencia de las crecidas para $Tr < 25$ años afectan hasta 500 m aguas arriba de la desembocadura. Se complementa su función con el colector separado Domingo Santa. María 2.

Estos colectores existentes no requieren obras de ampliación de su capacidad, pues exceden la demanda de diseño adoptada para tormentas de $Tr= 2$ años.

- Dos cuencas internas en el extremo nororiente de Renca y con entrega hacia Quilicura:

Figura 8. Cuencas Urbanas Camino Lo Ruiz y Apóstol Santiago.



Fuente: Plan Maestro de AA. LL. del Gran Santiago.

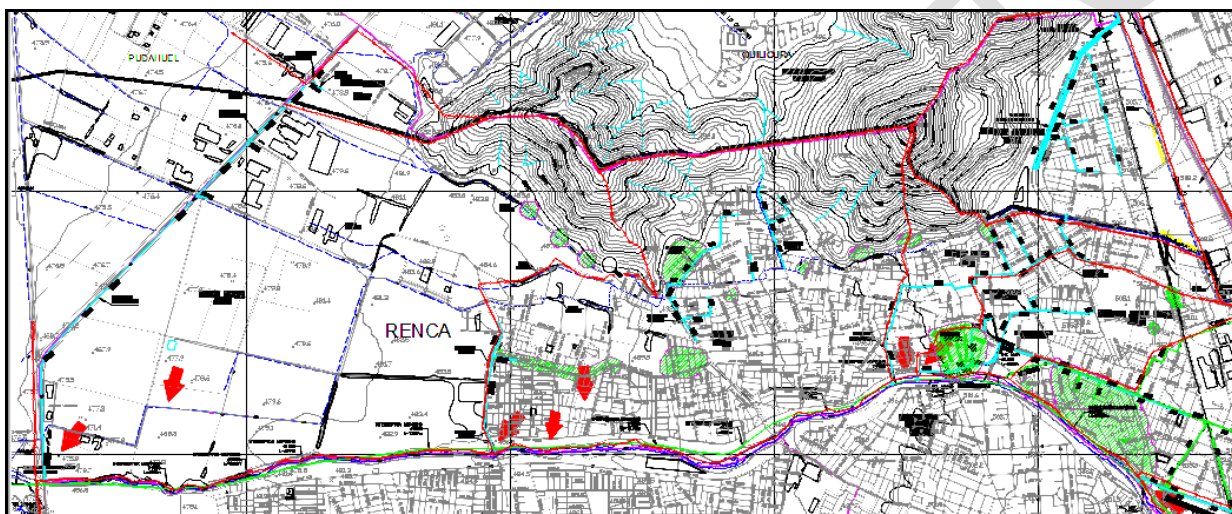
Camino Lo Ruiz, flanqueada por la Autopista Central y el Canal Quilicura, y con pendiente natural de sur a norte que permite que sus flujos sean descargados en el Canal Quilicura, el que las evacúa hacia el sistema propio de evacuación del Sector NM-4, Conchalí-Quilicura.

Apóstol Santiago, al oriente del cerro Renca y enmarcada por las divisorias de aguas que imponen el Cerro Renca y el Canal Quilicura, y que cuyas escorrentías convergen con las de Camino Lo Ruiz para

descargar a Quilicura. Posee infraestructura separada de Aguas Lluvias que drenaba originalmente hacia el canal Quilicura, pero las descargas del colector existente Apóstol Santiago fueron eliminadas por la Sociedad del Canal del Maipo, ya que al ser este canal entubado no se acepta que se descarguen Aguas Lluvias en él. Se detectó en calle Apóstol Santiago rebase aguas servidas por exceso de Aguas Lluvias entre las calles Pasionarias y Los Mazanillones, y la solución del Plan Maestro señala que se requería la construcción de colectores de Aguas Lluvias de refuerzo, los que se señalan en planos en trazos de color celeste en la figura precedente.

- Cinco cuencas internas íntegramente en el área centro-poniente de Renca, y que corresponden a los sectores NM-5, Claudio Vicuña, y NM-6, Domingo Santa María, Aníbal Pinto, Renca y Renca Rural, con colectores de AA.LL. exclusivamente separados con descarga al río Mapocho.

Figura 9. Cuencas Urbanas Centro y Poniente de la Comuna de Renca.



Fuente: Plan Maestro de AA. LL. del Gran Santiago.

Claudio Vicuña: es una pequeña cuenca urbana de solo 52 ha de superficie, con colector principal por calle Jorge Hirmas, de $d=1000$ mm y cuya capacidad es insuficiente para $Tr=2$ años en su tramo final; el Plan Maestro determinó necesario el refuerzo del colector existente con un tramo de $d=600$ mm, 657 m de longitud y capacidad para $0,40 \text{ m}^3/\text{s}$.

Domingo Santa María: comprende 141 ha en el extremo oriente de la comuna, drenadas por los colectores separados Domingo Santa María 1 ($d=1000$ mm), 2 ($d=900$ mm) y Balmaceda ($d=450$ mm, descarga a Domingo Santa María 2); el colector principal tiene su trazado por Av. Domingo Santa María, con capacidad suficiente para $Tr=10$ años.

Aníbal Pinto. Esta área tributaria de 154 ha se ubica al poniente del área tributaria Domingo Santa María. Limita al poniente con la calle Aníbal Pinto y recibe aportes de escorrentía de la vertiente sur del cerro Renca y el área poblada. Posee infraestructura de Aguas Lluvias por calles Aníbal Pinto y Baquedano, y descarga al río Mapocho con $d=1200$ mm y de capacidad suficiente para $Tr=10$ años.

Su desarrollo cruza la comuna de norte a sur, entre el Cerro Renca y el río Mapocho, por lo actúa como interceptor de escorrentías que pudieran avanzar hacia el área poblada central.

Renca-Infante. Esta cuenca de 598 ha fue diagnosticada en el Plan Maestro de 2001 con infraestructura Aguas Lluvias insuficiente, presentando sectores con anegamiento de viviendas por escurrimiento superficial de importancia en calles pese a contar con colectores separados Renca 1, 2 e Infante, existentes pero insuficiente para $Tr=2$ años. Las vías de escurrimiento son sobrepasadas así para $T=2$ años. La solución propuesta fue la construcción del Colector Nuevo Infante con descarga al río Mapocho en calle Poseidón, con capacidad para $3.45 \text{ m}^3/\text{s}$ correspondiente a $Tr=2$, $d=1600$ y longitud de 3090 m, y el mejoramiento del Canal La Punta como colector de Aguas Lluvias en su recorrido en esta cuenca.

Renca Rural. Este Sector de 891 ha que era esencialmente rural a la fecha de término del Plan Maestro de AA.LL., drena gravitacionalmente en forma directa al río Mapocho y en forma indirecta mediante el Canal La Punta, que lo cruza de oriente a poniente, y el Canal Foso de la Autopista Américo Vespucio que lo limita por su costado poniente; este canal Foso figura también planificado como Colector Renca Rural de $d=1800$ mm. El canal La Punta no presentaba problemas serios de inundaciones por Aguas Lluvias debido a que todavía sus canales derivados abastecían a grandes extensiones agrícolas con aptitud para pueden recibir las aguas sin problemas mayores. Este canal ha sido abovedado por la SCM en gran parte de su recorrido urbano, y, al contar con una descarga al río Mapocho al costado sur del Aeropuerto de Pudahuel, podrá ser utilizado como colector de Aguas Lluvias entre su bocatoma y la descarga, con un caudal máximo de $2 \text{ m}^3/\text{s}$, según lo informado por los canalistas.

Se identifican dentro de este sector las quebradas de orientación sur del cerro Colorado, las cuales drenan hacia el río Mapocho. Adicionalmente se identifica un importante escurrimiento superficial por las calles principales en dirección oriente-poniente. En este sector la infraestructura de Aguas Lluvias es escasa, destacándose sólo la existencia de algunos colectores y del canal La Punta, el cual no obstante haber sido entubado, es utilizado como evacuador de Aguas Lluvias.

Dado que entonces su grado de urbanización era mínimo, el Plan Maestro incorporó como soluciones el mejoramiento del Canal La Punta con sección de 3.0×1.5 m como colector de Aguas Lluvias, y la construcción del Canal Foso paralelo a Américo Vespucio con 1.3×1.4 m, con descarga a ese canal. Las aguas son finalmente conducidas hasta el río Mapocho. En el extremo norponiente de Renca Rural queda un pequeño subsector de 5.5 ha, Aeropuerto, no detallado entre las soluciones del Plan Maestro, pero que se asume que es tributario al Canal Foso.

6.4.3 Evolución de situaciones de anegamiento por Aguas Lluvias.

El Plan Maestro destacó en planos mediante sombreado verde los puntos y sectores que fueron detectados entonces como afectados por anegamientos con aguas lluvias, y la I. Municipalidad de Renca ha proporcionado en 2018 un reporte “Puntos de Anegamientos” que actualiza esas condiciones, los que se representan con cuadrados color magenta en la figura a continuación. Se aprecia lo siguiente:

Una mejoría en las inmediaciones del Canal Lo Boza y en el trayecto de calle Infante, atribuible a la construcción del Colector Nuevo Infante.

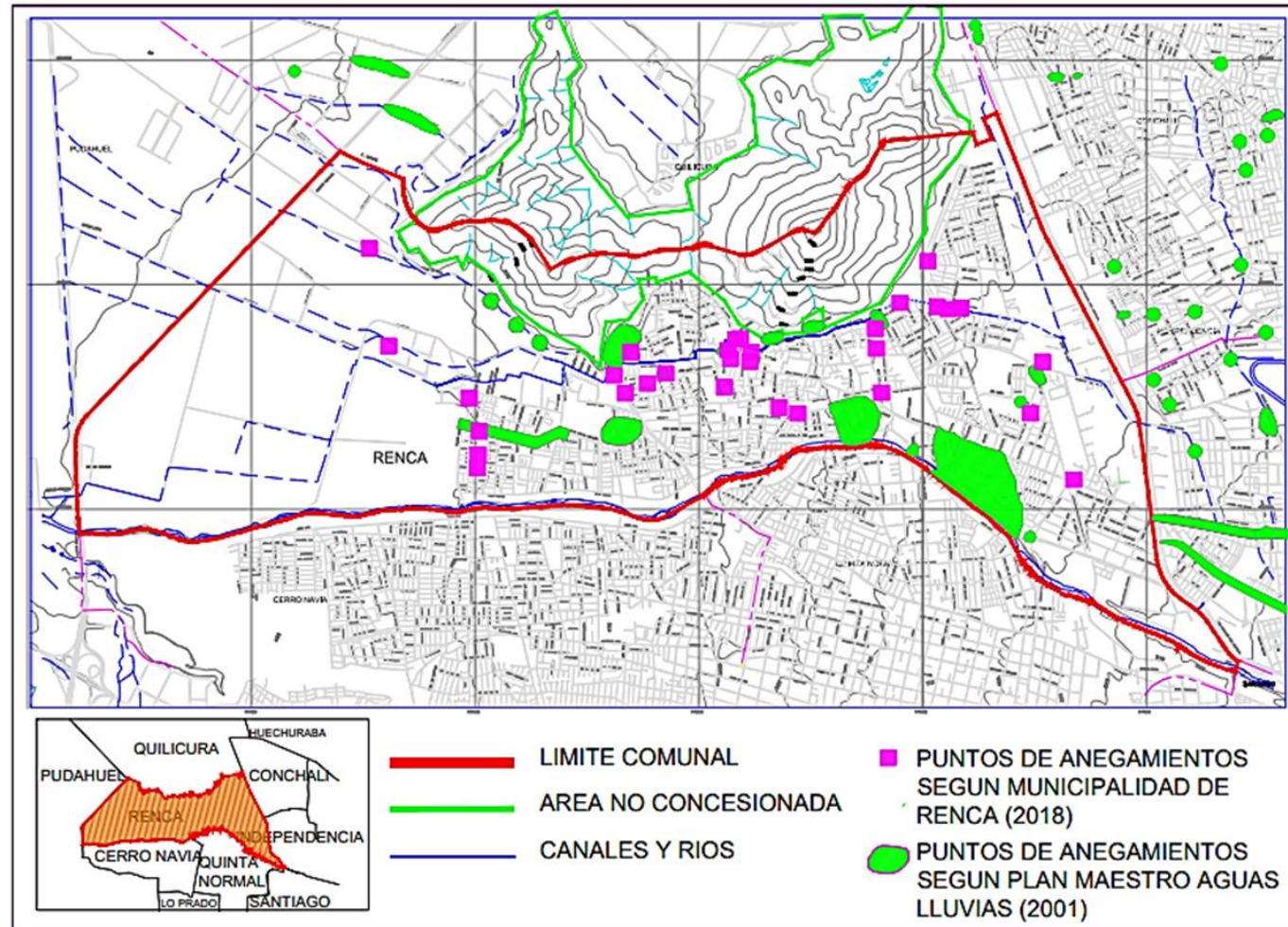
Una notable mejoría en el extremo sur oriente correspondiente a ZN-6, pero acompañado de nuevos puntos conflictivos en Aníbal Pinto y Domingo Santa María de ZN-5.

La aparición de nuevos lugares anegables en Renca-Infante, particularmente en calle Olimpo, los que debieran tener desagüe expedito hacia el Colector Infante; se suman numerosos puntos anegables en el área drenada por los colectores Renca 1 (calle Villarrica) y Renca 2 (calle Manuel Rodríguez, y cruzada por el Canal La Punta.

El avance de urbanizaciones de tipo habitacional e industrial al oriente entre calle Vicuña Mackenna Autopista Américo Vespucio no ha incidido mayormente en nuevos puntos anegables.

ANTEPROYECTO

Figura 10. Cuencas Urbanas Centro y Poniente de la Comuna de Renca.



Fuente: Plan Maestro de AA. LL. del Gran Santiago más información I. Municipalidad de Renca.

6.4.4 Factibilidad Técnica del Sistema Comunal de Aguas Lluvias.

Para la comuna de Renca el Plan Maestro de AA. LL. detectó y definió como necesarias tres soluciones estructurales específicas para la red primaria:

- Mejoramiento Canal La Punta
- Colector Nuevo Infante (complemento del Colector Infante existente)
- Sector Renca Rural: mejoramientos en Canal La Punta y Canal Foso Américo Vespucio

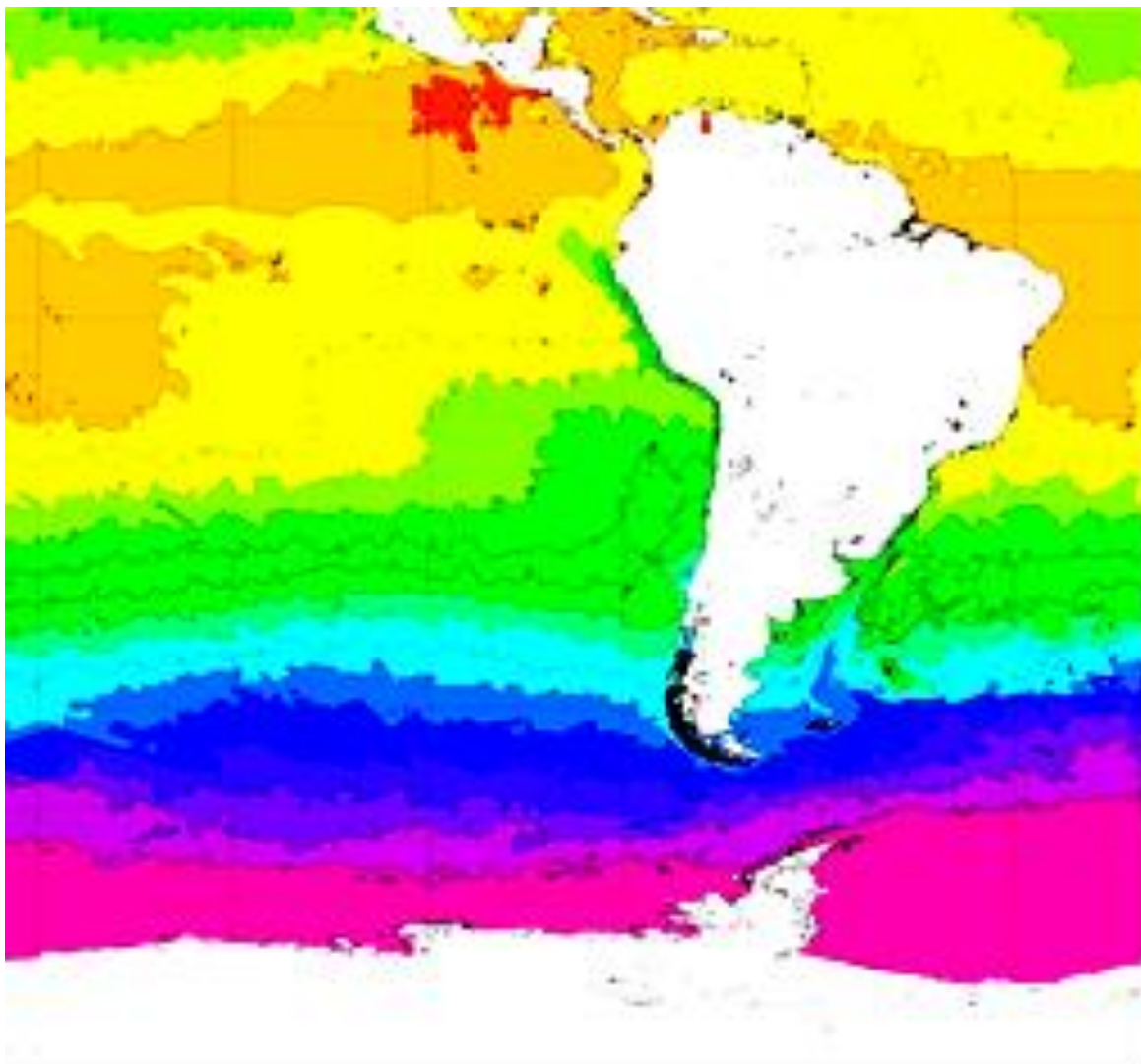
Con estas obras planificadas se puede entender que se abordó adecuadamente la solución técnica de orden general para la comuna, y que los puntos en que persisten anegamientos habrán de ser resueltos mediante soluciones particulares de menor escala para darles conexión a las redes troncales existentes. En el caso de nuevas urbanizaciones, particularmente en el área poniente, y tanto para uso industrial como habitacional, será responsabilidad de los urbanizadores su materialización; en aquellos puntos en los anegamientos ocurren en urbanizaciones existentes, podrá requerirse el aporte de programas tales como mejoramiento de barrios y otros.

Un punto importante se refiere a los puntos anegables informados en calle Vicuña Mackenna en las proximidades de su intersección con Infante, pues la futura Línea 7 del Metro de Santiago, prevista inicialmente para 2026, incluye una estación precisamente en dicha intersección, y por lo tanto es esperable ahí un alto grado de uso de los espacios urbanos y congestión. Otro punto de anegamiento identificado tanto en el Plan Maestro como la I. Municipalidad de Renca es el cruce de la Avenida Senador Jaime Guzmán (Dorsal) bajo nivel respecto de la línea férrea y su estación existente: en este cruce ambas calzadas cuentan con baterías de sumideros de aguas lluvias, cuyo diseño debería haber considerado la capacidad necesaria para evacuar los flujos originados en tormentas habituales. Sin embargo, es frecuente que estas obras sean colmatadas por sedimentos y queden ahogadas. En todo caso, la diferencia de cotas entre la estación ferroviaria y las calzadas debiese resguardarla de anegamientos.

Finalmente, debe hacerse presente que desde la consolidación de los estudios del Plan Maestro de AA. Lluvia el año 2000, el régimen pluvial en la Zona Central de Chile y en el Gran Santiago en particular ha evidenciado significativas y progresivas reducciones, particularmente en las precipitaciones anuales que tienden a los 200 mm/año y las precipitaciones máximas en 24 horas, que promedia 44 mm/24 horas y apuntan a 30, lo que queda en evidencia en las tablas de la Dirección Meteorológica de Chile y sus representaciones gráficas, en la Tabla 5 siguiente. Este comportamiento es altamente atribuible al Cambio Climático Global, impulsado por un mayor calentamiento atmosférico y de los mares en las zonas ecuatoriales, lo que aumenta ahí la evaporación, ascenso de mayores masa de aire caliente y húmedo, su precipitación líquida en áreas tropicales con liberación del calor latente de condensación en el aire ahora seco que remonta hacia la estratósfera y retorna a la superficie terrestre con trayectorias que lo desplaza hacia las fajas desérticas que circundan la tierra en torno a los trópicos de Cáncer (sur) y Capricornio (norte). La actual intensificación de este fenómeno aumenta el tamaño de las fuentes de evaporación ecuatorial el alcance de las lluvias tropicales (Arica y Parinacota han registrado incrementos de precipitaciones), y desplaza hacia sur y norte los efectos que originan desiertos. Chile ha experimentado esto en forma significativa desde mediados del siglo pasado, cuando alguien advirtió el inicio de la desertificación con avance hacia el sur de “800 metros por año”, lo que se comprobaba con el dramático cambio para la región de Coquimbo, otrora “Norte Verde” y hoy aquejada de dramáticas sequías; sus embalses han llegado a niveles mínimos extremos, Ovalle ha sufrido crisis de abastecimiento de agua potable, y la actividad agropecuaria está muy deprimida. Se agrava esta situación con el fuerte incremento del derretimiento de hielos antárticos y glaciares, lo que hace más fría y poderosa la Corriente Fría de Humboldt que baña nuestras costas y la alcanza la zona ecuatorial, potencia así el anticiclón frío estacionado sobre el Pacífico (Mar de Chile), y bloquea el ingreso de tormentas normales desde el oriente. Puede concluirse que, si estas tendencias se mantienen como consecuencia del cambio climático, se mantendrá la merma de cantidades anuales de agua caída, líquida y sólida, solo las tormentas de gran

potencia lograrán traspasar la barrera de altas presiones del anticiclón del Pacífico y por tanto los escasos eventos podrán tener intensidades normales a fuertes, como se evidenció en Santiago en 1987 y los catastróficos temporales en Atacama en 2015. Estas apreciaciones apuntan a considerar que las obras propuestas en el Plan Maestro en función de las realidades propias de fines del siglo XX podrán tener técnicamente capacidades disponibles en exceso, salvaguardando las funcionalidades de resguardo del espacio urbano.

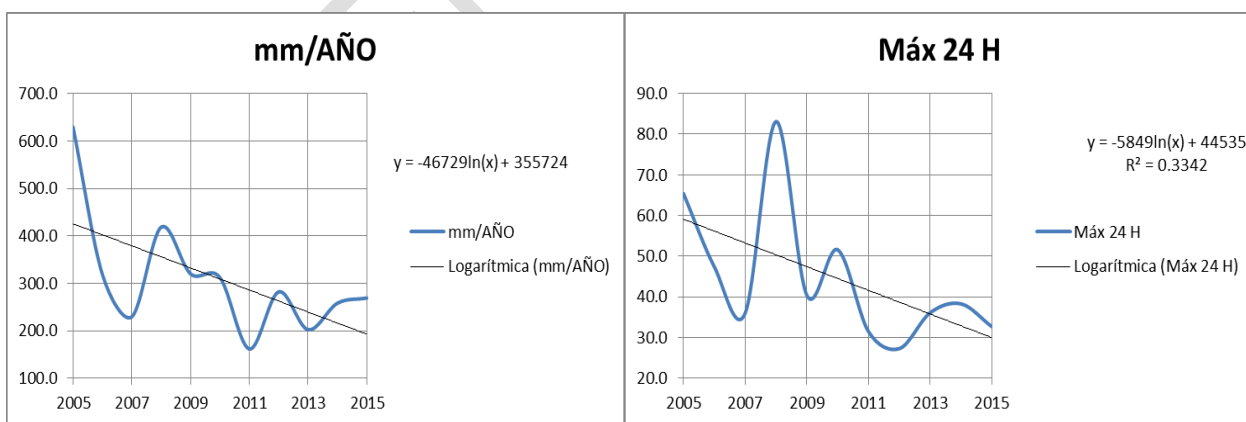
Figura 11. Influencia de la Corriente Fría de Humboldt en el Mar de Chile y más.



Fuente: <https://www.ospo.noaa.gov/graphics>

Tabla 5. Información Pluviométrica de la DGAC para Santiago.

AÑO		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2005	mm/MES	3.0	0.0	20.0	7.8	73.3	168.5	29.4	222.9	32.9	59.4	12.2	0.1	629.5
2006	mm/MES	-	-	-	1.5	-	63.2	165.1	39.9	-	47.4	1.4	-	318.5
2007	mm/MES	-	29.6	8.8	0.0	5.7	85.3	54.1	42.4	1.1	-	2.6	-	229.6
2008	mm/MES	-	-	8.4	11.7	136.8	65.6	42.0	147.1	6.6	-	0.2	-	418.4
2009	mm/MES	-	0.3	-	-	1.0	101.2	-	114.5	65.3	37.8	-	-	320.1
2010	mm/MES	-	-	-	0.2	63.4	108.1	15.5	3.0	53.7	15.6	52.8	-	312.3
2011	mm/MES	-	2.1	-	4.4	0.0	51.6	55.9	40.7	7.0	0.0	0.0	0.0	161.7
2012	mm/MES	-	-	-	27.6	38.4	72.9	6.2	45.1	7.0	57.6	-	27.3	282.1
2013	mm/MES	0.0	s/p	s/p	s/p	116.5	36.2	7.3	33.3	9.0	s/p	s/p	s/p	202.3
2014	mm/MES	1.6	0.2	0.0	s/p	8.5	108.6	34.0	63.9	33.8	1.0	6.5	0.1	258.2
2015	mm/MES	s/p	0.6	18.2	0.0	0.5	s/p	49.4	112.3	27.9	46.5	13.7	0.0	269.1
2005	Máx 24 H	3.0	0.0	20.0	-	25.1	58.9	11.5	65.4	24.3	31.5	-	-	65.4
2006	Máx 24 H	-	-	-	1.5	-	47.4	34.3	23.7	-	38.2	1.2	-	47.4
2007	Máx 24 H	-	27.4	5.0	-	12.8	36.0	15.5	8.0	0.8	-	2.7	-	36.0
2008	Máx 24 H	-	-	8.4	10.3	55.2	39.7	17.4	83.1	3.0	-	0.2	-	83.1
2009	Máx 24 H	-	0.3	-	-	1.0	31.3	-	40.4	38.9	17.8	-	-	40.4
2010	Máx 24 H	-	-	-	0.2	24.6	38.5	13.4	2.0	34.6	15.0	51.6	-	51.6
2011	Máx 24 H	-	2.1	-	2.1	0.0	31.5	18.0	17.8	7.0	0.0	0.0	0.0	31.5
2012	Máx 24 H	-	-	-	13.4	26.4	15.9	5.4	15.6	1.3	27.2	-	27.3	27.3
2013	Máx 24 H	0.0	s/p	s/p	s/p	36.1	22.1	3.7	24.8	5.3	s/p	s/p	s/p	36.1
2014	Máx 24 H	1.6	0.2	0.0	s/p	5.9	30.1	27.6	38.3	17.1	1.0	6.5	0.1	38.3
2015	Máx 24 H	s/p	0.4	10.0	0.0	0.5	s/p	31.2	32.7	11.2	19.9	13.7	0.0	32.7



7. Bibliografía

Aguas Andinas Actualización Plan de Desarrollo - Sistema-Gran Santiago, 2015 – 2019

Aguas Andinas (2018) Sistema-Gran Santiago - Ajuste Cronograma Base

ARCADIS Geotécnica (2005) Informe Sanitario/Actualización y Adecuación del Plan Regulador Comunal de Renca-Ing. F. Hidalgo.

DOH-MOP (2001) Plan maestro de evacuación y drenaje de aguas lluvias del Gran Santiago.

Instituto Nacional de Estadísticas (1992; 2002; 2012; 2017). Censo de Población y viviendas.

Ley General de Servicios Sanitarios, DFL MOP 382 (Ley Sanitaria)

ORD MINVU 617 de 12 de octubre de 2010

SIIS (2018-2020) Información disponible en la Superintendencia de Servicios Sanitarios.



FERNANDO HIDALGO T.
Ingeniero Civil Hidráulico-U de Chile