

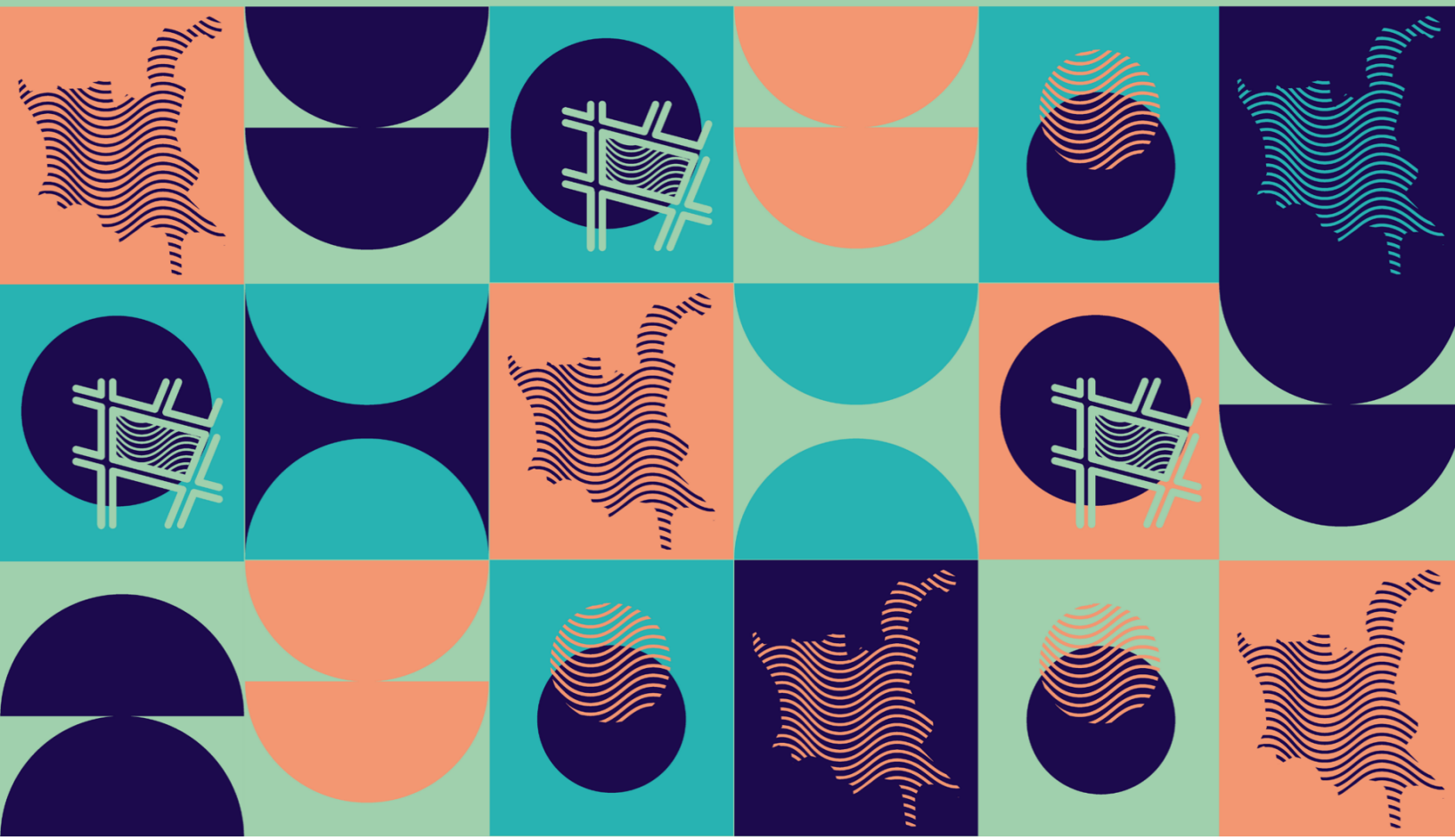
ETAPA 7

APROBACIÓN

Actualización Plan Regulador Comunal de Valdivia

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD SANITARIA

Abril 2026



**ACTUALIZACIÓN
PLAN REGULADOR COMUNAL DE
VALDIVIA
ETAPA 7 APROBACIÓN**

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD SANITARIA

Abril 2026

ÍNDICE DE CONTENIDO

1.	<i>INTRODUCCIÓN</i>	10
1.1.	ESTRUCTURA HIDRICA	12
1.2.	SISTEMAS DE SANEAMIENTO RURAL.....	13
1.3.	CAMBIO CLIMÁTICO	15
2.	<i>DEFINICION DEL TERRITORIO OPERACIONAL PROPUESTO Y CABIDA MÁXIMA POR SECTOR</i>	20
2.1.	TERRITORIO OPERACIONAL VIGENTE EMPRESA AGUAS DECIMA	20
2.2.	PROYECCION DE POBLACION DE CABIDA MAXIMA	22
3.	<i>INFRAESTRUCTURA DE AGUA POTABLE VALDIVIA URBANO</i>	29
3.1.	ESTIMACION DE DEMANDA DE AGUA POTABLE.....	29
3.1.1.	Criterios de diseño	29
3.1.2.	Proyección de demanda de agua potable	30
3.2.	BALANCE OFERTA-DEMANDA DE AGUA POTABLE.....	32
3.2.1.	Proceso de producción.....	32
3.2.2.	Proceso de distribución	40
4.	<i>INFRAESTRUCTURA DE AGUAS SERVIDAS VALDIVIA URBANO</i>	50
4.1.	ESTIMACION DE CAUDALES DE AGUAS SERVIDAS	50
4.1.1.	Criterios de diseño	50
4.1.2.	Proyección de caudales de aguas servidas.....	51
4.2.	BALANCE OFERTA-DEMANDA DE AGUAS SERVIDAS	53
4.2.1.	Proceso de recolección	53
4.2.2.	Proceso de tratamiento y disposición.....	58
5.	<i>INFRAESTRUCTURA DE AGUAS LLUVIAS</i>	65
5.1.	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.....	65
5.2.	INFRAESTRUCTURA EXISTENTE.....	66
5.3.	DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE AGUAS LLUVIA	67
5.3.1.	Sector Suroriente.....	69
5.3.2.	Sector Barrios Bajos.....	70
5.3.3.	Sector Isla Teja.....	70
5.3.4.	Sector Norte.....	70
5.4.	EROSIÓN Y DEFORESTACIÓN.....	71
5.5.	CARACTERIZACIÓN DE LOS EVENTOS DE INUNDACIÓN EN VALDIVIA.....	71
5.6.	PROGRAMA INVIERNO SENAPRED	75
5.7.	BASES DE DISEÑO	77
6.	<i>FACTIBILIDAD SANITARIA SECTOR DE EXPANSION URBANA TOROBAYO</i>	83
6.1.	MARCO LEGAL.....	84
6.2.	ESCENARIOS DE ESTUDIO	85
6.3.	CRITERIOS DE DISEÑO.....	86
6.3.1.	Sistema de agua potable.....	86
6.3.2.	Alcantarillado de aguas servidas.....	87
6.4.	PROYECCIÓN DE DEMANDA DE AGUA POTABLE	89
6.5.	PROYECCIÓN DE CAUDALES DE AGUAS SERVIDAS.....	89
6.6.	BALANCE OFERTA-DEMANDA DE AGUA POTABLE.....	90
6.6.1.	Proceso de producción.....	90
6.6.2.	Proceso de distribución	91

6.7.	BALANCE OFERTA-DEMANDA DE AGUAS SERVIDAS.....	93
6.7.1.	Proceso de recolección	93
6.7.2.	Disposición final de aguas servidas.....	94
7.	FACTIBILIDAD SANITARIA SECTOR DE EXPANSION URBANA COSTERO.....	96
7.1.	MARCO LEGAL.....	97
7.2.	ESCENARIOS DE ESTUDIO	98
7.3.	CRITERIOS DE DISEÑO.....	99
7.3.1.	Sistema de agua potable.....	99
7.3.2.	Alcantarillado de aguas servidas.....	101
7.4.	PROYECCIÓN DE DEMANDA DE AGUA POTABLE	102
7.5.	PROYECCIÓN DE CAUDALES DE AGUAS SERVIDAS.....	102
7.6.	BALANCE OFERTA-DEMANDA DE AGUA POTABLE.....	103
7.6.1.	Proceso de producción.....	103
7.6.2.	Proceso de distribución	104
7.7.	BALANCE OFERTA-DEMANDA DE AGUAS SERVIDAS.....	106
7.7.1.	Proceso de recolección	106
7.7.2.	Disposición final de aguas servidas.....	108
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	110
8.1.	SERVICIOS SANITARIOS RURALES (SSR)	111
8.2.	CAMBIO CLIMÁTICO	111
8.3.	TERRITORIO OPERACIONAL PROPUESTO Y CABIDA MÁXIMA POR SECTOR....	112
8.4.	INFRAESTRUCTURA DE AGUA POTABLE VALDIVIA URBANO	113
8.4.1.	Producción	113
8.4.2.	Distribución	114
8.5.	INFRAESTRUCTURA DE AGUAS SERVIDAS	116
8.5.1.	Recolección.....	116
8.5.2.	Tratamiento y disposición.....	117
8.6.	INFRAESTRUCTURA DE AGUAS LLUVIAS.....	118
8.7.	SECTORES DE EXPANSIÓN URBANA	120
8.7.1.	Sector de expansión urbano Torobayo.....	120
8.7.2.	Sector de expansión urbano Costero	121

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1 Área de estudio PRCV y sectores de expansión urbana	11
Ilustración 1-2 Ubicación geográfica Servicios Sanitarios Rurales (SSR). Comuna de Valdivia Fuente: Visualizador de Servicios Sanitarios Rurales. DOP 2025	15
Ilustración 2-1: Ubicación del territorio operacional vigente de la empresa sanitaria. ..	21
Ilustración 2-2: Territorio operacional vigente (2025) de la empresa sanitaria.....	22
Ilustración 3-1: Sectores presurizados por PEAP de distribución	43
Ilustración 5-1 Territorio operacional vigente. Plan de desarrollo empresa sanitaria....	68
Ilustración 5-2 inundaciones de calles centro de Valdivia.....	72
Ilustración 5-3 Puntos críticos Programa Invierno 2025. Comuna de Valdivia	76
Ilustración 5-4 Infraestructura existente Plan Maestro Aguas Lluvias.....	82
Ilustración 6-1: Ubicación sector de expansión urbana Torobayo respecto de Valdivia centro.....	85
Ilustración 7-1: Ubicación sector de expansión urbana Costero respecto de Valdivia centro.....	98

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1-1 Servicios Sanitarios Rurales (SSR). Comuna de Valdivia	14
Cuadro 1-2 Años más secos comuna de Valdivia (1853 – noviembre 2021).....	17
Cuadro 2-1 Población proyectada Cabida Máxima. Sector Valdivia urbano	24
Cuadro 2-2 Localidades por sector	26
Cuadro 2-3 Población proyectada Cabida Máxima. Sector Valdivia centro y localidades aledañas	27
Cuadro 2-4 Población Cabida Máxima. Sectores de expansión urbana.....	27
Cuadro 2-5 Proyección de población Cabida Máxima	28
Cuadro 2-6 Proyección de población por escenario. Empresa sanitaria (año 15) y Cabida Máxima.....	28
Cuadro 3-1 Coeficientes y Factores. Sector Valdivia urbano.....	30
Cuadro 3-2 Volumen de incendio mínimo	30
Cuadro 3-3: Proyección de demanda de caudales de agua potable. Cabida Máxima.....	31
Cuadro 3-4: Proyección de demanda de volumen de regulación. Cabida Máxima.....	31
Cuadro 3-5 Derechos de agua constituidos y/o en uso	32
Cuadro 3-6 Balance oferta-demanda derechos de agua.....	33
Cuadro 3-7 Caudal de diseño de captaciones superficiales.....	33
Cuadro 3-8 Balance oferta-demanda captaciones superficiales.....	34
Cuadro 3-9 Capacidad PEAP	35
Cuadro 3-10 Balance oferta-demanda PEAP Cuesta de Soto	36
Cuadro 3-11 Capacidad PTAP	37
Cuadro 3-12 Balance oferta-demanda PTAP.....	37
Cuadro 3-13 Capacidad Centros de Cloración	38
Cuadro 3-14 Balance oferta-demanda Centros de Cloración.....	39
Cuadro 3-15 Capacidad Centros de Fluoración	39
Cuadro 3-16 Balance oferta-demanda Centros de Fluoración	40
Cuadro 3-17: Estanques de regulación existentes al año 0 (2022)	41
Cuadro 3-18 Capacidad Volumen de Regulación.....	41

Cuadro 3-19: Proyección de volumen de regulación. Cabida Máxima	42
Cuadro 3-20 Balance oferta-demanda Volumen de regulación	42
Cuadro 3-21 Plantas elevadoras de agua potable al año 0 (2022)	43
Cuadro 3-22 Distribución de longitud de red existente por rango de diámetro. Año 0 (2022).....	45
Cuadro 3-23 Distribución porcentual de longitud de red proyectada por rango de diámetro.....	45
Cuadro 3-24 Distribución de longitud de red. Cabida Máxima Sector Valdivia centro y localidades aledañas.....	46
Cuadro 3-25 Diámetros de redes de distribución. Cabida Máxima Sector Valdivia centro y localidades aledañas	46
Cuadro 3-26 Longitud de redes de distribución. Cabida Máxima Sector Valdivia centro y localidades aledañas	47
Cuadro 3-27 Distribución de longitud de red. Cabida Máxima Sector Valdivia urbano	47
Cuadro 3-28 Diámetros de redes de distribución. Cabida Máxima Sector Valdivia urbano	47
Cuadro 3-29 Longitud de redes de distribución. Cabida Máxima Sector Valdivia urbano	48
Cuadro 4-1: Proyección de caudales de aguas servidas. Cabida Máxima	52
Cuadro 4-2: Proyección de demanda de tratamiento de SST, carga orgánica, y lodos. Cabida Máxima	52
Cuadro 4-3 Distribución de longitud de red existente por rango de diámetro. Año 0 (2022).....	54
Cuadro 4-4 Distribución porcentual de longitud de red proyectada por rango de diámetro.....	54
Cuadro 4-5 Distribución de longitud de red. Cabida Máxima Sector Valdivia centro y localidades aledañas.....	55
Cuadro 4-6 Diámetros de redes de recolección. Cabida Máxima Sector Valdivia centro y localidades aledañas	55
Cuadro 4-7 Longitud de redes de recolección. Cabida Máxima Sector Valdivia centro y localidades aledañas.....	55
Cuadro 4-8 Distribución de longitud de red. Cabida Máxima Sector Valdivia urbano.	56
Cuadro 4-9 Diámetros de redes de recolección. Cabida Máxima Sector Valdivia urbano	56
Cuadro 4-10 Longitud de redes de recolección. Cabida Máxima Sector Valdivia urbano	57
Cuadro 4-11 Capacidad PTAS. Tratamiento preliminar	59
Cuadro 4-12 Balance oferta-demanda PTAS. Tratamiento preliminar.....	59
Cuadro 4-13 Capacidad PTAS. Tratamiento primario.....	60
Cuadro 4-14 Balance oferta-demanda PTAS. Tratamiento primario.....	60
Cuadro 4-15 Capacidad PTAS. Desinfección efluente.....	61
Cuadro 4-16 Balance oferta-demanda PTAS. Desinfección efluente	61
Cuadro 4-17 Conducciones de disposición. Conducción terrestre	62
Cuadro 4-18 Capacidad disposición. Conducción terrestre.....	62
Cuadro 4-19 Balance oferta-demanda disposición. Conducción terrestre	63
Cuadro 4-20 Conducciones de disposición. Conducción submarina	63
Cuadro 4-21 Capacidad disposición. Conducción submarina	63

Cuadro 4-22 Balance oferta-demanda disposición. Conducción submarina.....	64
Cuadro 5-1 Eventos de precipitaciones liquidas relevantes en la ciudad de Valdivia (2021- 2023).....	73
Cuadro 5-2 Génesis de las inundaciones en la comuna de Valdivia (1899-2006)	74
Cuadro 5-3 Puntos críticos de alto riesgo asociados a aguas lluvias. Comuna de Valdivia	75
Cuadro 5-4 Precipitaciones Máximas en 24 horas para Diferentes Períodos de Retorno [mm].....	78
Cuadro 5-5 Intensidades por duración y frecuencia [mm/hr] - Estación Llancahue	79
Cuadro 5-6 Usos de Suelo y Coeficiente de Escorrentía	81
Cuadro 6-1 Estimación de población Sector de expansión urbana. Torobayo	85
Cuadro 6-2 Bases de cálculo servicio de agua potable. Situación con proyecto.....	86
Cuadro 6-3 Volumen de incendio mínimo	87
Cuadro 6-4 Bases de cálculo servicio de agua potable sectores de expansión urbana. Situación sin proyecto.	87
Cuadro 6-5 Bases de cálculo servicio de aguas servidas sectores de expansión urbana. Situación con proyecto.....	88
Cuadro 6-6 Proyección de demanda de agua potable. Sector Torobayo.....	89
Cuadro 6-7 Proyección de demanda volumen de regulación. Sector Torobayo	89
Cuadro 6-8 Proyección de caudales de aguas servidas. Sector Torobayo	90
Cuadro 6-9 Balance oferta-demanda derechos de agua. Sector Torobayo.....	91
Cuadro 6-10 Balance oferta-demanda captaciones superficiales. Sector Torobayo ...	91
Cuadro 6-11 Estimación de las redes de distribución requerida. Sector Torobayo	92
Cuadro 6-12 Estimación de longitud de redes de distribución requeridas. Sector Torobayo.....	92
Cuadro 6-13 Estimación de las redes de recolección requerida. Sector Torobayo	93
Cuadro 6-14 Estimación de longitud de redes de recolección requeridas. Sector Torobayo.....	94
Cuadro 6-15 Capacidad disposición. Emisario terrestre	95
Cuadro 6-16 Capacidad disposición emisario subacuático. Sector Torobayo	95
Cuadro 6-17 Conducciones de disposición cabida máxima. Sector Torobayo	95
Cuadro 7-1 Estimación de población por localidad y sector de interés. Sectores Costero de expansión urbana	98
Cuadro 7-2 Bases de cálculo servicio de agua potable. Situación con proyecto.....	99
Cuadro 7-3 Volumen de incendio mínimo	100
Cuadro 7-4 Bases de cálculo servicio de agua potable sectores de expansión urbana. Sector Costero. Situación sin proyecto.	100
Cuadro 7-5 Bases de cálculo servicio de aguas servidas. Situación con proyecto.	101
Cuadro 7-6 Proyección de demanda de agua potable. Sector Costero	102
Cuadro 7-7 Proyección de demanda volumen de regulación. Sector Costero	102
Cuadro 7-8 Proyección de caudales de aguas servidas. Sector Costero.....	103
Cuadro 7-9 Balance oferta-demanda derechos de agua. Sector Torobayo	104
Cuadro 7-10 Balance oferta-demanda captaciones superficiales. Sector Costero ...	104
Cuadro 7-11 Estimación de las redes de distribución requerida. Sector Costero.....	105
Cuadro 7-12 Estimación de longitud de redes de distribución requeridas. Sector Costero	106
Cuadro 7-13 Estimación de las redes de recolección requerida. Sector Costero	107

Cuadro 7-14 Estimación de longitud de redes de recolección requeridas. Sector Costero	107
Cuadro 7-15 Capacidad disposición. Emisario terrestre.....	108
Cuadro 7-16 Capacidad disposición emisario subacuático. Sector Costero.....	109
Cuadro 7-17 Conducciones de disposición cabida máxima. Sector Costero	109
Cuadro 8-1 Proyección de población Cabida Máxima	112
Cuadro 8-2 Longitud de redes de distribución. Cabida Máxima Sector Valdivia centro y localidades aledañas.....	115
Cuadro 8-3 Longitud de redes de distribución. Cabida Máxima Sector Valdivia urbano	115
Cuadro 8-4 Longitud de redes de recolección. Cabida Máxima Sector Valdivia centro y localidades aledañas.....	116
Cuadro 8-5 Longitud de redes de recolección. Cabida Máxima Sector Valdivia urbano	116

1. INTRODUCCIÓN

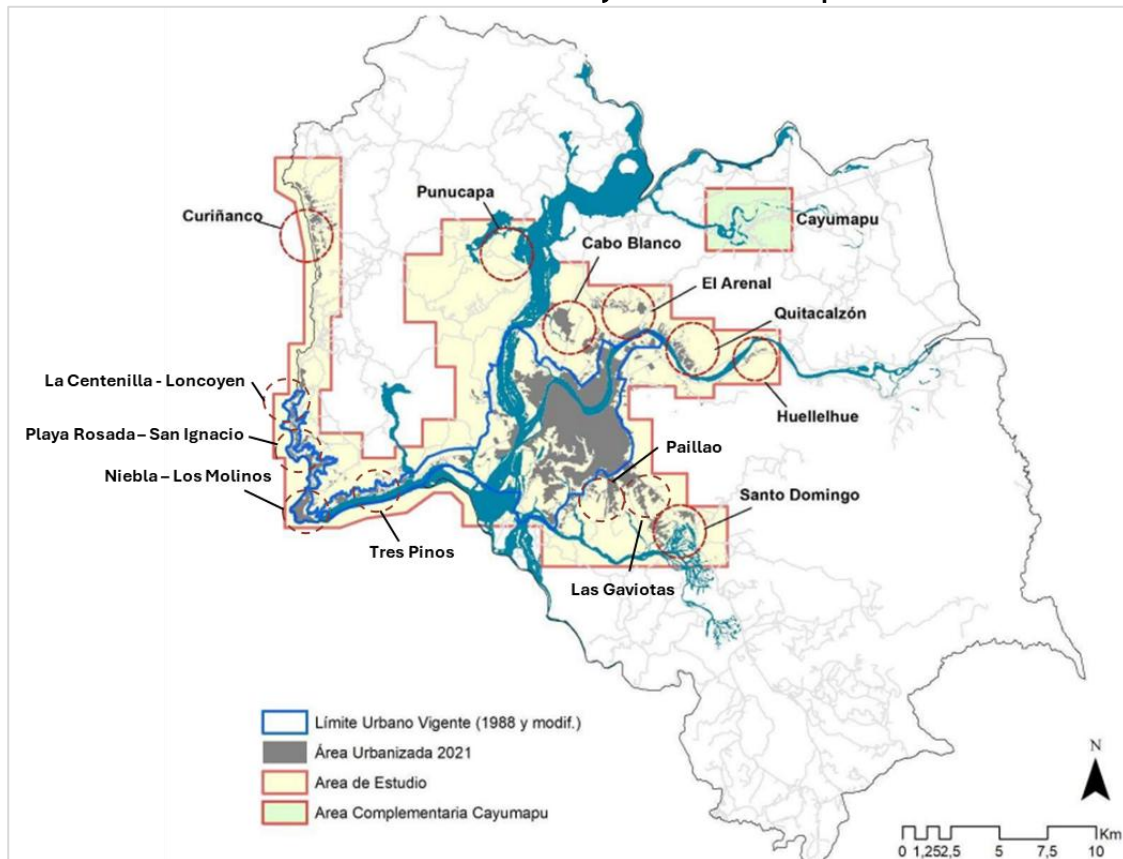
El presente informe se realiza conforme al artículo 2.1.10 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) que establece la necesidad de incluir el estudio de factibilidad sanitaria como parte de los documentos que conforman la actualización del Plan Regulador Comunal de Valdivia.

De acuerdo a lo que establecen las Bases Técnicas *"Se ha definido un polígono de 22.457 hectáreas con el objetivo de integrar áreas que han sido objeto de notorios procesos de urbanización en el actual territorio rural, que ameritan su estudio y que definirán su potencial inclusión o no, en el Plan Regulador Comunal actualizado. No obstante, el consultor deberá proponer una metodología que permita definir si los núcleos o sectores urbanos identificados deberán ser integrados oportunamente al PRC, o bien, ser normados de manera coordinada por el Plan Regulador Intercomunal de Borde Costero que actualmente está en desarrollo en la SEREMI MINVU de Los Ríos, sin perjuicio de que el municipio opte por otras formas de trabajo"*.

Dentro de los sectores definidos en las Bases Técnicas, en el polígono de estudio se encuentran: Curiñanco, Punucapa, Cabo Blanco, Cayumapu, El Arenal, Quitacalzón, Huellehue y Santo Domingo. Adicionalmente se han identificados otras entidades territoriales que podrían ser de interés por lo que se han analizado con el objetivo de definir *su potencial inclusión, en el Plan Regulador Comunal actualizado, como son Niebla – Los Molinos, El Arenal – Santa Elvira, La Centenilla – Loncoyén – Playa Rosada – San Ignacio, Las Gaviotas, Paillao y Tres Pinos.*

La siguiente ilustración presenta el área de estudio y los sectores de expansión urbana que se incluyeron en el análisis.

Ilustración 1-1 Área de estudio PRCV y sectores de expansión urbana



Fuente: Bases Técnica Actualización Plan Regulador Comunal de Valdivia complementado con antecedentes investigados

Como resultado de los estudios preliminares, se desestimaron algunos de los sectores de expansión analizados en etapas precedentes. Dado lo anterior, finalmente se considera para el desarrollo de la factibilidad sanitaria los siguientes sectores:

- Valdivia (centro)
- Angachilla
- Cabo Blanco
- Cabo Blanco Alto
- Collico Oriente
- Colmenar
- El Arenal – Santa Elvira
- Humedales Isla Teja
- Industrial
- Isla Teja
- Las Animas.
- Las Gaviotas
- Los Cisnes
- Los Maitenes
- Niebla – Los Molinos

- Norte Grande
- Paillao
- San Ignacio – Playa Rosada
- Torobayo
- Tres Espinos

El objetivo específico de este estudio es **“determinar los requerimientos en infraestructura relativos a la ampliación de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado de Aguas Servidas Públicos, suponiendo el escenario de crecimiento propuesto por el Plan Regulador”**.

A continuación, se presenta la Factibilidad Sanitaria de Valdivia (centro) incluyendo las localidades que podrían conformar un único territorio operacional, en relación con la infraestructura requerida para dotar de servicios sanitarios al crecimiento de población propuesto por el Plan Regulador objeto de este estudio.

En los siguientes capítulos se estiman las capacidades máximas que son posibles de sostener, considerando que las obras propuestas por la empresa sanitaria en el Plan de Desarrollo vigente se ejecutan según la planificación establecida en su cronograma de obras.

Finalmente, se estiman las demandas de agua potable y de alcantarillado de aguas servidas para definir las necesidades de infraestructura y las características técnicas de las obras principales requeridas que permiten servir a la población propuesta por la modificación del Plan Regulador Comunal de Valdivia. Además, se proponen medidas para mitigar el creciente escenario de escasez hídrica y cambio o variabilidad climática que enfrenta el país.

1.1. ESTRUCTURA HIDRICA

La gran extensión latitudinal de la región, la acción de los hielos, la disposición del relieve y la alta pluviosidad son los elementos que explican la presencia de numerosos ríos y lagos. Entre los principales ríos se encuentran, el Valdivia, Cruces, Pilmaiquén y Río Bueno. Algunos nacen en la vertiente occidental andina, entre otros el Rupumeica.

De los numerosos lagos cabe destacar el Calafquén, Panguipulli, Riñihue, Piriñueico, Ranco, Puyehue (compartido con la Región de los Lagos).

Río Valdivia: Está formado por la confluencia del Calle Calle y el Cruces. El río Calle Calle a su vez está formado por la unión del San Pedro, que desagua los lagos Piriñueico, Panguipulli, Calafquén, Riñihue y Neltume. Su hoya tiene una superficie de 9.900 km². y una longitud de 200 km. desde su nacimiento en territorio argentino y hasta su desembocadura en bahía de Corral.

Su régimen de alimentación es pluvial, presentando un caudal constante todo el año, debido a que hay una similar distribución de las precipitaciones durante todo el año y no existen periodos secos: su caudal medio es de 687 m³/s.

Río Bueno: Nace en el lago Ranco, tiene una longitud de 130 km y la superficie de su hoya hidrográfica es de 17.200 km². En su curso superior está regulado por los lagos Rupanco y Puyehue. Los ríos que tributan al río bueno son los ríos Pilmaiquén, Rahue (desagüe del lago Rupanco) y Negro. El régimen de alimentación del río bueno es pluvial, regulado por lagos precordilleranos, pero algunos de sus tributarios tienen régimen nival. Su caudal medio es de 570 m³/ s y es navegable desde Trumao hasta su desembocadura.

1.2. SISTEMAS DE SANEAMIENTO RURAL

Considerando la densidad espacial de las localidades rurales, ellas se distinguen en tres grupos: rural disperso, rural semiconcentrado y rural concentrado. La solución de abastecimiento de servicios básicos sanitarios para cada uno de ellos, serán las que se indican:

- ✓ Rural concentrado, más de 150 y hasta 3.000 hab., y a lo menos con 15 viv. por Km de calle o de futura red de agua potable. Solución colectiva tradicional.
- ✓ Rural semiconcentrado, a lo menos 80 habitantes y una concentración mínima de 8 viviendas por Km. de calle o de futura red de agua potable. Solución colectiva de bajo costo.
- ✓ Rural disperso. Solución individual.

El 14 de febrero de 2017 se publica la Ley 20.988 que regula los Servicios Sanitarios Rurales, que en términos generales tiene por objeto establecer un marco jurídico e institucional que regule la prestación de servicios sanitarios rurales, entendiéndose por tal la provisión de agua potable, así como la recolección y tratamiento de las aguas servidas. Establece Comités o Cooperativas como encargados; norma las licencias para prestar el servicio en un área determinada, los mecanismos de asesoría y fiscalización sanitaria.

Actualmente el número de Servicios Sanitarios Rurales (SSR, también denominados Agua Potable Rural, APR) en el país alcanza a 1.962, los que abastecen a una población estimada de 1.753.133 personas. Esto demuestra la importancia que aún tienen estos sistemas en Chile. Por otra parte, con la entrada en vigencia de la Ley 20.988, a la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) le corresponderán tres roles claves que serán calcular las tarifas, aplicar multas por incumplimientos y ejercer el rol fiscalizador.

Al año 2025, en la comuna de Valdivia, se distinguen 17 comités de agua potable rural, de los cuales 16 del tipo concentrado y uno del tipo semi-concentrado. El número de arranques u hogares con que cuenta este servicio es de 5.452 arranques y 16.901 hab. La empresa sanitaria no realiza soporte técnico en ninguno de los comités de agua potable.

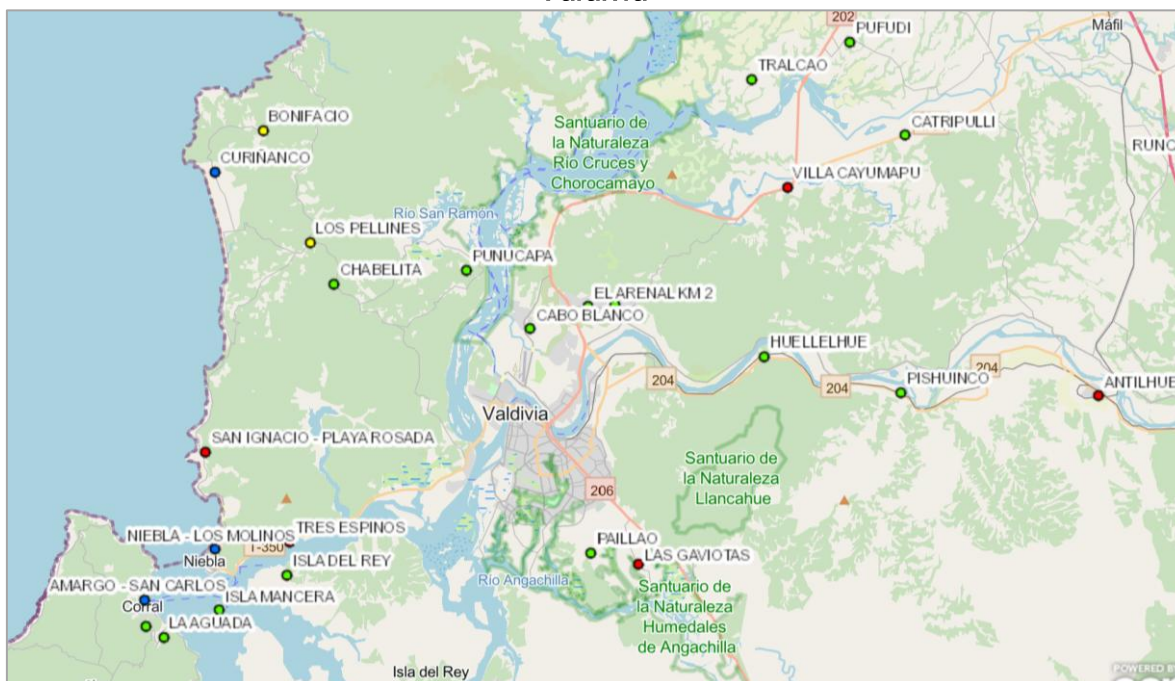
En el siguiente cuadro se presenta el detalle de los Servicios Sanitarios Rurales (SSR) presentes en la comuna de Valdivia. En la ilustración sucesiva se muestra la ubicación geográfica de estos SSR en la comuna.

Cuadro 1-1 Servicios Sanitarios Rurales (SSR). Comuna de Valdivia

Nombre oficial sistema	Año puesta en marcha	Nº arranques	Beneficiarios estimados	Tipo asentamiento
Comité De Agua Potable Rural De Catripulli	2021	200	620	Concentrado
Comité De Agua Potable Rural Cabo Blanco	2015	171	530	Concentrado
Comité De Agua Potable Rural Pishuinco	2011	107	332	Concentrado
Comité De Agua Potable Rural Curiñanco	1997	634	1.965	Concentrado
Comité De Agua Potable Rural Huellehue	1981	115	357	Concentrado
Comité De Agua Potable Rural Las Gaviotas	2002	369	1.144	Concentrado
Comité De Agua Potable Rural Niebla - Los Molinos	1994	1.114	3.453	Concentrado
Comité De Agua Potable Rural Punucapa	2001	167	518	Concentrado
Comité De Agua Potable Rural San Ignacio-Playa Rosada-Loncoyen Y Centinella	2000	642	1.990	Concentrado
Comité De Agua Potable Rural Tres Espinos	2002	368	1.141	Concentrado
Comité De Agua Potable Rural Cayumapu	2008	329	1.020	Concentrado
Comité De Agua Potable Rural Paillao	2014	288	893	Concentrado
Comité De Agua Potable Rural El Arenal Proyecto N°1	2015	180	558	Concentrado
Comité De Agua Potable Rural El Arenal Km 2	2017	218	676	Concentrado
Comité De Agua Potable Rural Chavelita	2019	141	437	Concentrado
Comité De Agua Potable Rural Pellines	2021	258	800	Concentrado
Comité De Agua Potable Bonifacio	2024	151	468	Semi concentrado
Total		5.452	16.901	

Fuente: Catastro Nacional de Servicios Sanitarios Rurales (SSR). Dirección de Obras Hidráulicas. MOP 2025

Ilustración 1-2 Ubicación geográfica Servicios Sanitarios Rurales (SSR). Comuna de Valdivia



Fuente: Visualizador de Servicios Sanitarios Rurales. DOP 2025

1.3. CAMBIO CLIMÁTICO

A partir de la investigación de diferentes antecedentes bibliográficos es posible caracterizar los cambios que se aprecian en las precipitaciones medias anuales, en la comuna de Valdivia, a partir de datos históricos también se resume el impacto que se prevé a futuro, en las precipitaciones, producto del cambio o variabilidad climática.

Diario Universidad Austral de Chile. 01 de julio de 2022.

Si bien llueve durante todo el año en Valdivia, el mes con más lluvia es junio, con un promedio mensual de 191 milímetros (<https://es.weatherspark.com/>). "Un comparativo con sistemas frontales en años anteriores nos indica de 70 a 90 milímetros en 24 horas, pero 151 milímetros, según lo registrado para ese día por la Estación Experimental Austral (plataforma AGROMET) del INIA, excede todo registro. Esto es lo que está ocurriendo en las últimas décadas", indicó Daniel Epprecht, director regional en Servicio Nacional de Prevención y Respuestas ante Desastres.

En contraposición, Carlos Le Quesne, académico del Instituto de Conservación, Biodiversidad y Territorio en la Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales de la UACH, afirmó que a pesar de las abundantes lluvias que están inaugurando el invierno, el déficit de aguas se mantiene en el territorio. "Aún estamos al debe con el agua en la Región de Los Ríos. Estamos recuperando lo que habíamos perdido en los acuíferos", afirmó basado en un informe climatológico de la Dirección Meteorológica de

Chile, en el que Valdivia (en Pichoy) presenta un déficit de 14,3 % para un año normal a la fecha (30 de junio de 2022). "Eventos como las lluvias intensas y sequías prolongadas serán cada vez más frecuentes", advirtió el profesional, recordando que estos pronósticos se explican por el cambio climático y calentamiento global que estamos viviendo.

En la misma línea, el director regional de la ONEMI opinó sobre las temperaturas registradas entre fines de mayo y comenzando junio del año 2022, que llegaron hasta los -5° en Los Ríos, que a su juicio no son tan poco comunes para el invierno, pero sí que se mantuvieran por varios días y que las máximas (7° u 8°) también fueran bajas.

1.1.1.2. Cambios en la precipitación de la ciudad de Valdivia (Chile) durante los últimos 150 años. Álvaro González-Reyes, Ariel A Muñoz. Bosque (Valdivia) vol.34 no.2 Valdivia 2013.

Los registros de precipitación de Valdivia se encuentran entre los más antiguos de Chile y América del Sur, y han sido útiles para identificar uno de los episodios de mayor actividad ENSO, El Niño-Oscilación del Sur, ENOS o ENSO (inglés), entre los años 1877 - 1878, fenómeno que tuvo como consecuencia grandes sequías, enfermedades e inundaciones en distintas regiones del mundo (Aceituno et al. 2008). Si bien, aún es escasa la información acerca de los efectos del AAO (Oscilación Antártica) en el clima de Chile, estudios recientes sugieren a este forzante como el principal modulador de las precipitaciones en la zona sur y austral de Chile (Aravena y Luckman 2009).

El uso de anillos de crecimiento de árboles (dendrocronología) para evaluar cambios en las condiciones climáticas pasadas (dendroclimatología) ha sido una técnica fuertemente utilizada en la zona centro, sur y austral de Chile hace décadas. Algunos estudios aplicando esta técnica han permitido reconstruir los cambios en los regímenes de precipitación de Chile central para los últimos 800 años (Le Quesne et al. 2006), regímenes de precipitación para la porción norte de Patagonia en los últimos 400 años (Villalba et al. 1998), y recientemente de la Oscilación Antártica, empleándose muestras de más 3.000 árboles de varias especies del hemisferio sur, entre ellas la conífera *Araucaria araucana* (Mol.C.Koch) (Villalba et al. 2012).

Como resultado de este estudio se aprecia un decrecimiento significativo en la precipitación anual, la estación de otoño y los meses de abril y septiembre han sido identificados entre 1901 - 2005, sugiriendo una extensión de las condiciones estivales y una mayor concentración de la precipitación en invierno. Además, gracias al llenado de información entre 1880 - 1899, utilizando información instrumental y anchos de anillos de *A. Araucana* se ha registrado que la reducción de la precipitación en Valdivia ocurre al menos desde el siglo XIX. La precipitación de otoño se relacionó negativamente con la Oscilación Antártica en la misma estación del año y a nivel mensual con los meses de febrero y marzo, indicando una mayor permanencia de altas presiones en la zona de Valdivia durante finales del verano y otoño. La actividad de El Niño Oscilación del Sur (índice SOI) presentó correlaciones negativas y significativas con la precipitación de Valdivia, excepto en verano. Los valores extremos de todas las estaciones del año fueron mayormente positivos durante los primeros 50 años del siglo XX, en comparación

a la segunda mitad del siglo en la cual fueron mayormente negativos, indicando un aumento de aridez en la región.

Los dos patrones identificados en el análisis de la estación de Valdivia, tanto el decrecimiento significativo de la precipitación durante todo el año, pero especialmente en la estación de otoño (prevalencia de condiciones estivales), como el incremento en la frecuencia de sequías extremas en la región, sugieren focalizar estudios futuros hacia la evaluación de la respuesta de distintos componentes de los ecosistemas boscosos de la zona a este tipo de variaciones climáticas. Una mayor cantidad de información específica acerca de estas relaciones ayudará a generar una evaluación más clara y compleja de los potenciales efectos de los cambios climáticos actuales y proyectados para la región.

1.1.1.3. Escasez hídrica en Los Ríos: Valdivia sufre el año más seco desde 1853. Center for Climate and Resilience Research (CR²)

En 2021, el CR² auguraba, "de no recibir lluvias de consideración durante diciembre, por primera vez en 168 años de mediciones, Valdivia no alcanzará los mil milímetros de agua caída. Más de la mitad de las comunas del país están bajo decretos de escasez hídrica. En cuanto a las grandes ciudades del país, históricamente la que más lluvias acumulaba era Valdivia".

Valdivia cuenta con los registros pluviométricos de más larga data en Chile gracias a la complementación de las estaciones meteorológicas ubicadas en isla Teja (1853-2005) y en Pichoy (1969 a la fecha). Con esas marcas sobre la mesa, el doctor en geología e investigador del cambio climático, dendrocronología y recursos hídricos, Álvaro González, establece que a grandes rasgos "entre 1850 y 1900 fue un periodo muy lluvioso desde Concepción hasta Puerto Montt, por lo que los años secos se concentran, mayormente, desde 1950 en adelante".

En el cuadro siguiente se presenta el detalle de los años más secos en Valdivia (1853 – noviembre 2021).

Cuadro 1-2 Años más secos comuna de Valdivia (1853 – noviembre 2021)

Año	Agua caída anual (mm)
2021	924
1998	1.033
2019	1.071

Fuente: Center for Climate and Resilience Research. (CR)²

De acuerdo con los registros observados, Álvaro González enumera los años de sequía extrema en Valdivia, es decir, los que acumularon cifras inferiores a 1.272 milímetros para ubicarse por debajo del percentil 10: Estos años son: 1886, 1903, 1909, 1931, 1942, 1943, 1952, 1960, 1962, 1964, 1974, 1983, 1988, 1996, 1998, 2016, 2019 y 2021 – 18 en total. Se afirma que "[...] este patrón responde a una compleja dinámica del clima [...]" y que, al menos en parte, está provocada por factores humanos dadas las concentraciones de dióxido

de carbono (CO₂) en la atmósfera. Eso se combina con el gran tamaño del agujero de la capa de ozono.

“Esta configuración da como resultado los patrones de altas presiones y bajas precipitaciones en el centro-sur de Chile”, ilustra Christie Duncan, doctor en ciencias forestales, académico de la Universidad Austral de Chile e investigador del Centro del Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR)².

El paleoclimatólogo (clima del pasado) va más allá y afirma que “para la región de Los Ríos disponemos de datos de reconstrucción de las precipitaciones anuales desde el año 1600 en adelante utilizando anillos de árboles (dendrocronología). Durante los últimos 20 años han comenzado a ocurrir algunos eventos de años extremadamente secos que no tienen parangón en el registro, los que han ido de la mano con veranos calurosos produciéndose mortalidad de bosques en sectores de la Patagonia norte”.

1.1.1.4. Cómo afectará el cambio climático a la Región de Los Ríos. GAMMA 22 de abril de 2019. Camila Oportus.

Se espera que para el 2080 las precipitaciones en la ciudad de Valdivia disminuirán y la temperatura máxima promedio será de 39°C, según lo que señala Olga Barbosa, doctora en Ciencias Biológicas, presidenta de la Sociedad de Ecología de Chile y directora del programa Vino, Cambio Climático y Biodiversidad. Universidad Austral de Chile.

El cambio climático puede afectar a la región de varias formas como por ejemplo en la escasez de agua y la época en la que cae (cantidad y estacionalidad), también en olas de calor que significarán un aumento en los días de temperaturas extremas y en un incremento en la frecuencia de eventos climáticos extremos (más temperaturas máximas y mínimas).

Así lo manifestó Olga Barbosa, quien también añadió que “es importante destacar que los efectos del cambio climático se expresan a través del aumento en la frecuencia de eventos climáticos extremos, lo que significa que hay más temperaturas máximas y mínimas ya sea en agua, temperaturas, entre otros. Si nos enfocamos en las ciudades, esto tiene repercusión en un aumento en las inundaciones producto de las lluvias, por ejemplo en Valdivia, y eso tiene una interacción ya que esas inundaciones se producen por un aumento en la cantidad de agua que cae en un evento de lluvia”.

Otro aspecto en el que Valdivia se caracteriza, según la especialista en el área, es que cuando la lluvia cesa en periodos de invierno, sobre todo cuando las personas usan su calefacción a leña, el cambio climático también se asocia a eventos de contaminación, por lo tanto, lo anterior sumado a bajas temperaturas produce un evento de contaminación más marcado.

La única forma de que nos adaptemos al cambio climático es haciendo conservación de la naturaleza, es decir, si la ciudad está bien planificada y tiene suficientes

humedales y bosques, toda esa superficie absorbe mucho mejor el agua que un pavimento, aseveró Barbosa.

Según un estudio de la Universidad Austral de Chile en conjunto con una red de investigación de Estados Unidos, si en el año 1960 la temperatura máxima promedio era de 32°C al 2080 se espera que las temperaturas máximas en Valdivia sean de 39°C.

Mientras que si la precipitación anual histórica había sido de 2.450 milímetros se espera que para el 2080 sea de 1.600 milímetros, de la misma manera se espera que para el 2080 la cantidad de días con precipitación normal disminuyan. Eso quiere decir que se prevé que tanto la cantidad de agua caída como los días de lluvia descendan.

Según Barbosa uno de los desafíos es “no ver el cambio climático de manera aislada, ya que lo tenemos que ver de forma complementada con la conservación de la naturaleza”. “Si sabemos que las lluvias van a ser más intensas debemos usar soluciones basadas en la naturaleza como por ejemplo los humedales, que además están en toda la región, manteniendo bosques, no mirar el cambio climático en aislamiento, sino que mirarlo de la mano de la conservación ya que es la mejor forma que tenemos de adaptarnos a él”. La especialista fue enfática en mencionar que el cambio climático no se puede revertir, pero que sí se puede estacionar para que las temperaturas promedio no sigan aumentando, sino que se mantengan al menos en 1,5°C.

2. DEFINICION DEL TERRITORIO OPERACIONAL PROPUESTO Y CABIDA MÁXIMA POR SECTOR

La localidad de Valdivia se configura como un sistema urbano de servicios sanitarios abastecido por la empresa concesionaria Aguas Décima S.A. Las concesiones de producción y distribución de agua potable, así como de recolección, tratamiento y disposición de aguas servidas, fueron transferidas a dicha empresa mediante el DS MOP N°18 de 1995, que aprobó la transferencia de dominio de las concesiones a Aguas Décima S.A.

2.1. TERRITORIO OPERACIONAL VIGENTE EMPRESA AGUAS DECIMA

El área de concesión de la empresa abarca la mayor parte de la zona urbana de la ciudad, con un territorio operacional actual de 2.493 hectáreas. El territorio operacional actual es el mismo para los sistemas de aguas potable y alcantarillado de aguas servidas.

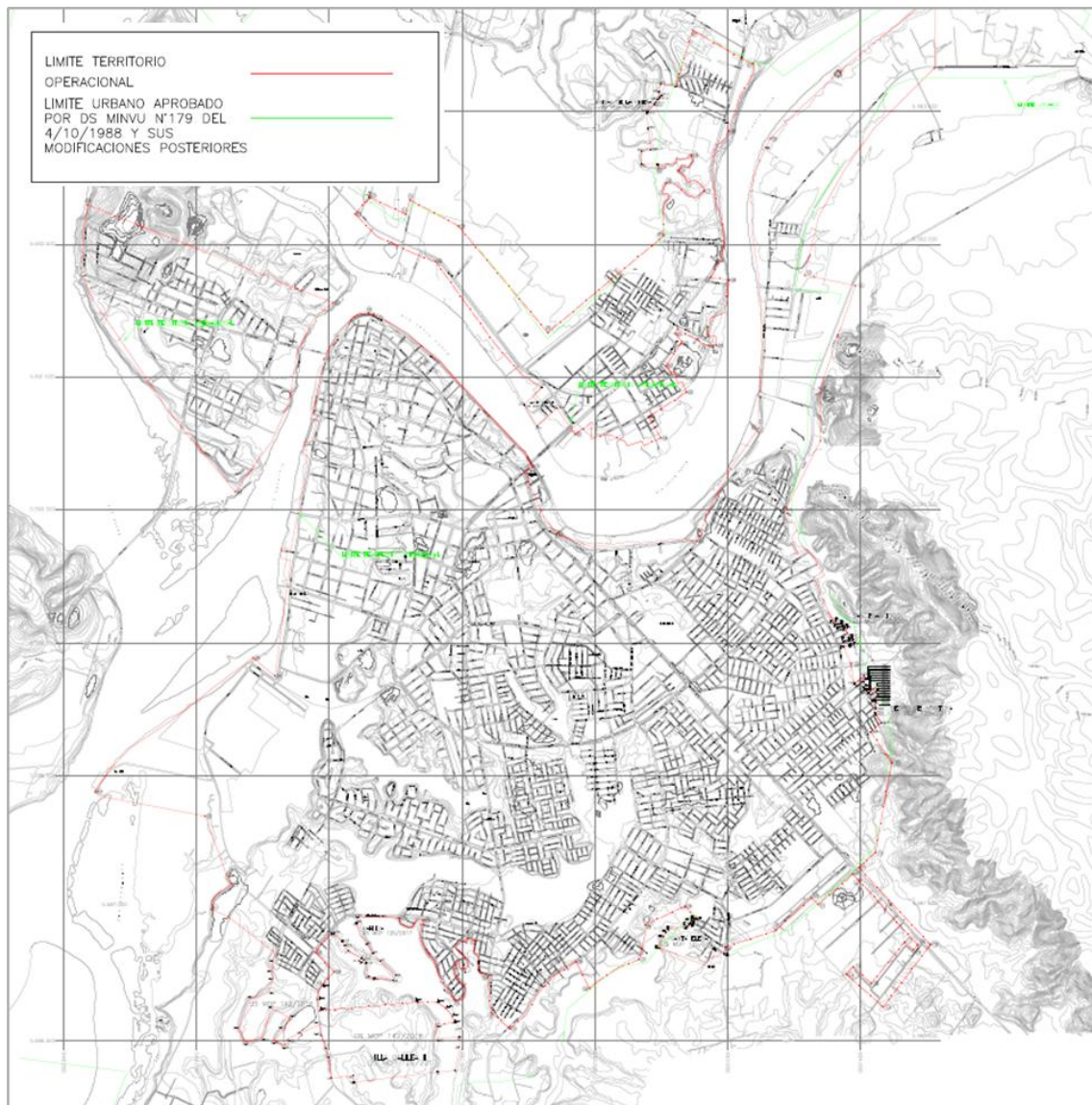
Con respecto al Territorio Operacional futuro éste podrá ser coincidente con el límite urbano propuesto por la Actualización Plan Regulador Comunal Valdivia siempre que la empresa se encuentre interesada en atender las nuevas áreas de crecimiento propuestas. De lo contrario, la SISS deberá concesionar dichos sectores a otros prestadores.

A continuación, se muestra el territorio operacional vigente de la empresa sanitaria.

Ilustración 2-1: Ubicación del territorio operativo vigente de la empresa sanitaria.



Fuente: Actualización Planes de Desarrollo Aguas Decima. Localidad de Valdivia. 2025

Ilustración 2-2: Territorio operacional vigente (2025) de la empresa sanitaria

Fuente: Actualización Planes de Desarrollo Aguas Decima. Localidad de Valdivia. 2025

2.2. PROYECCION DE POBLACION DE CABIDA MAXIMA

La factibilidad de servicios para las áreas delimitadas por los instrumentos de planificación debe considerar los requerimientos para satisfacer las necesidades del crecimiento esperado de la población, así como su distribución espacial. En este sentido interesa determinar cuál es la población esperada en el área propuesta, y a partir de las bases de diseño definidas en los Planes de Desarrollo de las empresas sanitarias involucradas, determinar las demandas de agua e infraestructura para dotarla de servicios sanitarios.

Según la proyección de población del presente estudio, para las localidades de interés se estima un total agregado de 289.039 hab en el escenario de Cabida Máxima. En el siguiente cuadro se presenta la proyección de población de cada una de ellas, las cuales componen el sector agregado denominado "Valdivia urbano".

Cuadro 2-1 Población proyectada Cabida Máxima. Sector Valdivia urbano

Localidad	Población Cabida Máxima (hab)
Valdivia (centro)	197.475
Las Animas	22.768
Torobayo	11.955
Paillao	8.378
Collico Oriente	8.084
Niebla - Los Molinos	7.724
Isla Teja	7.469
Los Maitenes	6.809
Angachilla	3.966
Cabo Blanco	2.729
Las Gaviotas	2.676
Los Cisnes	2.100
Norte Grande	1.806
Tres Espinos	1.603
San Ignacio - Playa Rosada	1.400
El Arenal - Santa Elvira	1.124
Colmenar	512
Cabo Blanco Alto	429
Industrial	31
Humedales Isla Teja	1
Total	289.039

Fuente: Estudio Actualización Plan Regulador Comuna de Valdivia

Las localidades de interés del presente estudio se analizaron con el propósito de proponer cuáles de ellas podrían incorporarse en el futuro al Territorio Operacional (TO) de la empresa sanitaria. Para cada una de las localidades de interés se consideraron criterios asociados a su ubicación geográfica y a la factibilidad técnica y económica de la infraestructura requerida para conectarlas tanto al sistema existente de agua potable (AP) como a la PTAS existente. Entre los factores evaluados se incluyeron: la necesidad de cruzar ríos o esteros, la presencia de puntos altos en los trazados (que podrían requerir obras especiales para su resolución) y, en general, la complejidad y costos asociados a las soluciones de conexión.

El análisis se desarrolló de manera separada para los servicios de agua potable (AP) y alcantarillado de aguas servidas (AS). Para AP, se midió la distancia entre el punto más alto de cada sector y el punto más cercano del TO vigente, como aproximación al requerimiento de conexión y eventuales condicionantes hidráulicas. Para AS, se determinó la distancia entre el punto más bajo del sector y la PTAS existente, considerando además restricciones de trazado asociadas a la presencia de cauces y puntos altos.

Como resultado, en el cuadro siguiente se presentan las localidades consideradas factibles de incorporar al TO de la empresa sanitaria, así como dos sectores de expansión urbana para los cuales se proponen sistemas independientes. Este cuadro se complementa con tres láminas que muestran, de manera referencial, los trazados considerados para cada sector y las elevaciones utilizadas en el análisis.

Cuadro 2-2 Localidades por sector

Sector	Agua potable (1)			Aguas servidas (2)		
	Mayor elevación (msnm)	Elevación punto (msnm)	Distancia punto-TO (km)	Menor elevación (msnm)	Elevación media PTAS (msnm)	Distancia punto-PTAS (km)
Localidades incorporadas al "Sector Valdivia centro y localidades aledañas"						
Cabo Blanco Alto	40,0	3,0	3,1	4	5	13,5
Isla Teja	65,0	10,0	1,7	3	5	9,4
Los Cisnes	14,0	17,0	1,7	3	5	15,7
Los Maitenes	21,0	8,0	0,7	1	5	14,1
El Arenal - Santa Elvira	5,0	8,0	3,6	2	5	16,3
Industrial	5,0	5,0	1,1	1	5	14,8
Cabo Blanco	15,0	4,0	2,5	3	5	11,5
Collico Oriente	110,0	5,0	2,2	3	5	13,7
Colmenar	6,0	5,0	3,9	2	5	12,2
Angachilla	15,0	11,0	1,8	1	5	3,7
Paillao	20,0	10,0	2,6	2	5	6,0
Las Gaviotas	13,0	8,0	0,2	2	5	9,8
Localidades incorporadas al "Sector Costero, expansión urbana"						
San Ignacio - Playa Rosada	150,0	2,0	20,1	9	5	22,4
Niebla Los Molinos	150,0	2,0	16,9	2	5	17,9
Tres Espinos	150,0	2,0	10,7	0	5	12,3
Localidades incorporadas al "Sector Torobayo, expansión urbana"						
Torobayo	75,0	2,0	4,3	1	5	8,4

(1) Para cada sector se consideró el punto de mayor elevación

(2) Para cada sector se consideró el punto de menor elevación

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes recogidos

De acuerdo con las estimaciones realizadas en el presente estudio de Actualización Plan Regulador Comunal de Valdivia, se establece una proyección de población de **266.359 hab** para el **Sector Valdivia centro y localidades aledañas**, en el escenario de Cabida Máxima. En el cuadro siguiente se presenta la distribución de población en las distintas localidades que componen este sector.

Cuadro 2-3 Población proyectada Cabida Máxima. Sector Valdivia centro y localidades aledañas

Localidad	Población Cabida Máxima (hab)
Valdivia (Centro)	197.475
Las Animas	22.768
Paillao	8.378
Collico Oriente	8.084
Isla Teja	7.469
Los Maitenes	6.809
Angachilla	3.966
Cabo Blanco	2.729
Las Gaviotas	2.676
Los Cisnes	2.100
Norte Grande	1.806
El Arenal - Santa Elvira	1.124
Colmenar	512
Cabo Blanco Alto	429
Industrial	31
Humedales Isla Teja	1
Total	266.359

Fuente: Estudio Actualización Plan Regulador Comuna de Valdivia

Por otra parte, se estima un total de **22.682 hab** para los dos **sectores de expansión urbana**, en el escenario de Cabida Máxima. En el cuadro siguiente se presenta la distribución de población en las distintas localidades que corresponden a estos sectores.

Cuadro 2-4 Población Cabida Máxima. Sectores de expansión urbana

Localidad	Población Cabida Máxima (hab)
Total Sector Torobayo	11.955
Total Sector Costero	10.727
<i>Niebla - Los Molinos</i>	<i>7.724</i>
<i>Tres Espinos</i>	<i>1.603</i>
<i>San Ignacio - Playa Rosada</i>	<i>1.400</i>
Total	22.682

Fuente: Estudio Actualización Plan Regulador Comuna de Valdivia.

Escenarios de Cabida Máxima

Finalmente, se definieron tres territorios operacionales donde se elabora un estudio de factibilidad de los servicios sanitarios: (i) Valdivia centro y localidades aledañas, (ii) Expansión urbana Sector Torobayo y (iii) Expansión urbana Sector Costero.

Adicionalmente, y a modo referencial, se consideró un cuarto territorio denominado (iv) Valdivia urbano, el cual integra la totalidad de los sectores de interés.

En el escenario de Cabida Máxima, se estima una población de (i) **266.359 hab** para el sector **Valdivia centro y localidades aledañas**, seleccionadas conforme a los criterios definidos previamente. Asimismo, se estiman (ii) **11.955 hab** para la **expansión urbana sector Torobayo** y (iii) **10.727 habitantes para la expansión urbana Sector Costero**. Finalmente, el (iv) **sector Valdivia urbano** alcanza una población total estimada de **289.041 hab** en el escenario de Cabida Máxima.

En el cuadro siguiente se presenta la proyección de población a utilizar para los sectores de interés.

Cuadro 2-5 Proyección de población Cabida Máxima

Sectores	Población proyectada (hab)
i. Valdivia centro y localidades aledañas	266.359
ii. Expansión urbana: Torobayo	11.955
iii. Expansión urbana: Costero	10.727
iv. Valdivia urbano	289.041

Fuente: Elaboración propia a partir de estimaciones realizadas para el presente estudio

Para efectos del presente estudio de Modificación del Plan Regulador Comunal de Valdivia, el estudio de factibilidad se desarrolla en dos ámbitos: por una parte, Valdivia centro, que comprende los sectores (i) "Valdivia centro y localidades aledañas" y (iv) "Valdivia urbano", y cuyo desarrollo se presenta en los capítulos inmediatamente siguientes; y por otra, el estudio de Factibilidad sanitaria de los sectores de expansión urbana, correspondientes a (ii) "Torobayo" y (iii) "Costero", los cuales se abordan en un capítulo específico.

El siguiente cuadro indica la proyección población considerada por la empresa sanitaria en su Plan de Desarrollo al año 15 (2037) y de Cabida Máxima del presente estudio. En el caso de la proyección de la población en el servicio de alcantarillado de aguas servidas, no incluye la población acogida al Art. 52 bis, ya que no cuentan con este servicio.

Cuadro 2-6 Proyección de población por escenario. Empresa sanitaria (año 15) y Cabida Máxima.

Escenario	Población por etapa (hab)					
	Agua potable			Aguas servidas		
	Total	Cobertura	Abastecida	Total	Cobertura	Saneada
Plan de Desarrollo (año 15)	166.769	100%	166.769	171.320	96,6%	165.422
Cabida Máxima: Valdivia centro y localidades aledañas	266.359	100%	266.359	266.359	96,6%	257.189

Cabida Máxima: Valdivia urbano	289.041	100%	289.041	289.041	96,6%	279.090
Cabida Máxima: Expansión urbana Sector Torobayo	11.955	100%	11.955	11.955	96,6%	11.543
Cabida Máxima: Expansión urbana Sector Costero	10.727	100%	10.727	10.727	96,6%	10.358

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Actualización Planes de Desarrollo Aguas Decima. Localidad de Valdivia. 2025

3. INFRAESTRUCTURA DE AGUA POTABLE VALDIVIA URBANO

En el presente capítulo se estiman los requerimientos de infraestructura de agua potable necesaria para abastecer el crecimiento poblacional propuesto en este estudio de Actualización del Plan Regulador Comunal de Valdivia. La estimación se realiza en función del déficit o superávit que resulta al considerar como infraestructura base la proyectada por la empresa sanitaria al año 15 (2037) en su Plan de Desarrollo.

3.1. ESTIMACION DE DEMANDA DE AGUA POTABLE

3.1.1. Criterios de diseño

En este capítulo se presentan los criterios de diseño y las demandas establecidas en el Plan de Desarrollo de la empresa sanitaria, los cuales se utilizan como base para la estimación de la demanda de infraestructura. Para estimar la demanda asociada a la población del escenario de Cabida Máxima, se adoptan los parámetros definidos por la empresa sanitaria al año 15, incluyendo dotación, cobertura, niveles de pérdidas, coeficientes y factores de diseño.

a) Niveles de pérdidas

Se considera que los niveles de perdidas en la etapa de producción equivalen a 3,9% y en etapa de distribución a 20,8%. Las pérdidas totales equivalen a 23,9%.

b) Cobertura

Se considera una cobertura del 100% en el servicio de agua potable.

c) Dotaciones de consumo adoptadas

La dotación de consumo utilizada corresponde a 224 l/s

d) Dotación de producción

La dotación a nivel de producción se calcula según se indica en la fórmula siguiente, lo que equivale a 295 l/s.

$$\text{Dotación de Producción} = \frac{\text{Dotación de Consumo}}{1 - \%Pérdidas}$$

e) Coeficientes de gastos máximos diario y horario

En el siguiente cuadro se detallan los coeficientes a utilizar en las estimaciones de demanda.

Cuadro 3-1 Coeficientes y Factores. Sector Valdivia urbano

CMMC	CDMC	FDMC	FHMC
1,16	1,10	1,28	1,50

Fuente: Actualización Planes de Desarrollo Aguas Décima. Localidad de Valdivia. 2025

f) Números de grifos

Para determinar el volumen de incendio, se adopta la Norma NCh 691 Of 98, considerando una duración del incendio de dos horas y grifos de 16 l/s. La cantidad de grifos requerida se detalla a continuación.

Cuadro 3-2 Volumen de incendio mínimo

Rango de población (miles de hab)	Nº de grifos en uso simultaneo	Volumen de incendio mínimo (m³)
Hasta 6	1	115
> 6 a 25	2	230
> 25 a 60	3	346
> 60 a 150	5	576
> 150	6	691

Fuente: NCh 691 Of 98

3.1.2. Proyección de demanda de agua potable

A continuación, se presenta la proyección de demanda de agua potable para el escenario de **Cabida Máxima**, tanto para el **sector Valdivia centro y localidades aledañas** como para el **sector Valdivia urbano**. A modo de referencia, se incluye además la demanda asociada a la población proyectada por la empresa sanitaria en su Plan de Desarrollo al año 15 (2037).

Cuadro 3-3: Proyección de demanda de caudales de agua potable. Cabida Máxima

Escenario	Población			Dotación consumo l/Hab/día	Pérdidas totales %	Dotación producción l/Hab/día	Caudales de consumo			Caudales de producción		
	Total	Cobertura	Abastecida				Q med.	Q máx. D	Q máx. H	Q med	Q máx. D	Q máx. H
	Hab	%	Hab				l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s
Plan de Desarrollo (año 15)	166.769	100%	166.769	224	23,9%	295	433	553	830	569	727	1.091
Cabida Máxima: Valdivia centro y localidades aledañas	266.359	100%	266.359	224	23,9%	295	692	884	1.326	909	1.162	1.743
Cabida Máxima: Valdivia urbano	289.041	100%	289.041	224	23,9%	295	751	959	1.439	987	1.261	1.891

Fuente: Elaboración propia a partir de los criterios de diseño de la Actualización Planes de Desarrollo Aguas Décima. Localidad de Valdivia. 2025

Cuadro 3-4: Proyección de demanda de volumen de regulación. Cabida Máxima

Escenario	Población			Caudales de distribución			Volumen de regulación			
	Total	Cobertura	Abastecida	Q med.	Q máx. D	Q máx. H	Consumo	Incendio	Reserva (1)	TOTAL
	Hab	%	Hab	l/s	l/s	l/s	m³	m³	m³	m³
Plan de Desarrollo (año 15)	166.769	100%	166.769	547	699	1.048	9.057	691	5.032	14.089
Cabida Máxima: Valdivia centro y localidades aledañas	266.359	100%	266.359	874	1.116	1.674	14.465	691	16.073	30.538
Cabida Máxima: Valdivia urbano	289.041	100%	289.041	948	1.211	1.817	15.697	691	17.441	33.139

(1) De acuerdo con la normativa el volumen de reserva debe cubrir el caudal máximo diario de distribución por 2 h (población < 200.000 hab) o por 4 h (población ≥ 200.000 hab).

Fuente: Elaboración propia a partir de los criterios de diseño de la Actualización Planes de Desarrollo Aguas Décima. Localidad de Valdivia. 2025

3.2. BALANCE OFERTA-DEMANDA DE AGUA POTABLE

El análisis se realiza sobre la infraestructura más relevante de cada proceso, es decir, aquella que define en mayor medida los costos. En particular, el balance oferta-demanda se efectúa tomando como referencia la infraestructura para la cual la empresa sanitaria desarrolla dicho balance en el Plan de Desarrollo.

3.2.1. Proceso de producción

1.1.1.5. Derechos de agua

La empresa sanitaria Aguas Décima S.A. dispone de derechos de aprovechamiento de aguas superficiales en el estero Llancahue y en el río Calle Calle. En conjunto, dichos derechos suman 2.000 l/s destinados al abastecimiento del sistema Valdivia, desagregados en 380 l/s en el estero Llancahue y 1.620 l/s en el río Calle Calle, asociados a la captación Cuesta de Soto. Según los datos del Plan de Desarrollo, la empresa sanitaria no prevé un incremento en derechos de agua en el horizonte de previsión.

El siguiente cuadro presenta el detalle de derechos de agua por captación, según se detalla en el Plan de Desarrollo de la empresa sanitaria.

Cuadro 3-5 Derechos de agua constituidos y/o en uso

Fuente	Captación	Año 0 (2022)		Año 15 (2037)	
		Q derechos de agua (l/s)	Acciones	Q derechos de agua (l/s)	Acciones
Esteros Llancahue	Llancahue	380	N.A.	380	N.A.
Río Calle Calle	Cuesta de Soto	1.620	N.A.	1.620	N.A.
Total		2.000	-	2.000	

Fuente: Actualización Planes de Desarrollo Aguas Décima. Localidad de Valdivia. 2025

Se puede señalar que con los derechos disponibles en la situación futura (2.000 l/s), sería posible abastecer una población máxima del orden de **458.000 hab**, sin requerir la constitución de derechos adicionales.

Dado lo anterior, para el escenario de Cabida Máxima no se prevé un requerimiento adicional de derechos de agua, tanto para el sector Valdivia centro y localidades aledañas (266.359 hab) como para el sector Valdivia urbano (289.041 hab). El cuadro siguiente presenta el balance oferta-demanda de derechos de agua para el horizonte de previsión de la empresa sanitaria y para el escenario de Cabida Máxima.

Cuadro 3-6 Balance oferta-demanda derechos de agua

Escenario	Oferta	Demanda	Superávit / déficit
	Derechos de agua	Q _{max} D, producción	
	l/s	l/s	
Plan de Desarrollo (año 15)	2.000	734	+1.266
Cabida Máxima: Valdivia centro y localidades aledañas	2.000	1.162	+838
Cabida Máxima: Valdivia urbano	2.000	1.261	+739

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes recogidos

1.1.1.6. Captaciones superficiales

La empresa cuenta con dos sistemas de producción de agua superficial denominados Llancahue y Cuesta de Soto. En cuanto a la capacidad de las fuentes, esta se encuentra limitada por la capacidad máxima de diseño de la infraestructura existente.

Para determinar el caudal a aportar por cada fuente, la empresa sanitaria consideró como criterio operativo priorizar la fuente Llancahue, dado que su captación se realiza en forma gravitacional, lo que resulta más eficiente y a un menor costo operacional. En consecuencia, la fuente Cuesta de Soto se destina a cubrir el caudal complementario requerido para satisfacer la demanda total, considerando que su operación implica elevación.

La empresa sanitaria prevé un incremento en la capacidad de diseño en la infraestructura del sistema Cuesta de Soto de +80 l/s (2031), con lo cual el caudal de diseño alcanzaría 950 l/s al año 15 (2037). El siguiente cuadro presenta el detalle de caudal de diseño por captación, según lo proyectado en el Plan de Desarrollo por la empresa sanitaria.

Cuadro 3-7 Caudal de diseño de captaciones superficiales

Fuente	Captación	Caudal diseño (l/s)	
		Año 0 (2022)	Año 15 (2037)
Estero Llancahue	Llancahue	340	340
Rio Calle Calle	Cuesta de Soto	530	610
Total		870	950

Fuente: Actualización Planes de Desarrollo Aguas Décima. Localidad de Valdivia. 2025

Para el escenario de Cabida Máxima en el sector Valdivia centro y localidades aledañas (266.359 hab), se estima una demanda de 1.162 l/s. En consecuencia, considerando la capacidad proyectada para el horizonte de previsión del Plan de Desarrollo (950 l/s), se concluye que la infraestructura permitiría cubrir aproximadamente el 82% de la demanda del escenario. Por lo anterior, será necesario considerar obras adicionales orientadas a incrementar la capacidad de captación, a fin de satisfacer la demanda asociada, las que deberán cubrir un **déficit de capacidad del orden de 212 l/s**.

Para el escenario de Cabida Máxima en el sector Valdivia urbano (289.041 hab), se estima una demanda de 1.261 l/s. En consecuencia, considerando la capacidad proyectada para el horizonte de previsión del Plan de Desarrollo (950 l/s), se concluye que la infraestructura permitiría cubrir aproximadamente el 75% de la demanda del escenario. Por lo anterior, será necesario considerar obras adicionales orientadas a incrementar la capacidad de captación, a fin de satisfacer la demanda asociada, las que deberán cubrir un **déficit de capacidad del orden de 311 l/s**.

El cuadro siguiente presenta el balance de oferta-demanda de caudal de diseño de captaciones para el horizonte de previsión de la empresa sanitaria y para el escenario de Cabida Máxima.

Cuadro 3-8 Balance oferta-demanda captaciones superficiales

Escenario	Oferta	Demanda	Superávit / déficit
	Q diseño	Qmax D, producción	
	l/s	l/s	l/s
Plan de Desarrollo (año 15)	950	734 (1)	+216
Cabida Máxima: Valdivia centro y localidades aledañas	950	1.162	-212
Cabida Máxima: Valdivia urbano	950	1.261	-311

(1) La empresa sanitaria utiliza un valor de precisión mensual para calcular el superávit/déficit de las fuentes. Para efectos de este informe se utiliza un único valor como referencia agregada.

Esto no afecta el cálculo de infraestructura para el escenario de Cabida Máxima

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes recogidos

1.1.1.7. Captaciones subterráneas

El sistema no cuenta con captaciones subterráneas

1.1.1.8. Plantas elevadoras de producción

El sistema cuenta con dos captaciones, denominadas Llancahue y Cuesta de Soto. Llancahue es una captación gravitacional, la cual no requiere elevación, mientras que Cuesta de Soto sí posee una Planta Elevadora de Agua Potable (PEAP). La empresa sanitaria prevé un aumento en la capacidad de diseño de la PEAP Cuesta de Soto de +80 l/s (2031), con lo cual el caudal de diseño alcanzaría 610 l/s al año 15 (2037). El siguiente cuadro presenta el detalle de caudal de diseño por PEAP, según lo proyectado en el Plan de Desarrollo por la empresa sanitaria.

Cuadro 3-9 Capacidad PEAP

Captación	PEAP	Caudal diseño (l/s)	
		Año 0 (2022)	Año 15 (2037)
Cuesta de Soto	Cuesta de Soto	530	610
Total (1)		530	610

- (1) La planta auxiliar del sistema no se considera como infraestructura permanentemente disponible para elevación

Fuente: Actualización Planes de Desarrollo Aguas Décima. Localidad de Valdivia. 2025

Para evaluar el escenario de Cabida Máxima se asume que el Sistema Llancahue capta el máximo de su capacidad de diseño (340 l/s). En este caso, la PEAP Cuesta de Soto debería captar el caudal restante de la demanda de producción de agua potable.

Luego, para el escenario de Cabida Máxima en el sector Valdivia centro y localidades aledañas (266.359 hab), se estima una demanda de 822 l/s para la PEAP. En consecuencia, considerando la capacidad proyectada para el horizonte de previsión del Plan de Desarrollo (610 l/s), se concluye que la infraestructura permitiría cubrir aproximadamente el 74% de la demanda del escenario. Por lo anterior, será necesario considerar obras adicionales orientadas a incrementar la capacidad, a fin de satisfacer la demanda asociada, las que deberán cubrir un **déficit de capacidad del orden de 212 l/s**.

Por otra parte, para el escenario de Cabida Máxima en el sector Valdivia urbano (289.041 hab), se estima una demanda de 921 l/s para la PEAP. En consecuencia, considerando la capacidad proyectada para el horizonte de previsión del Plan de Desarrollo (610 l/s), se concluye que la infraestructura permitiría cubrir aproximadamente el 66% de la demanda del escenario. Por lo anterior, será necesario considerar obras adicionales orientadas a incrementar la capacidad, a fin de satisfacer la demanda asociada, las que deberán cubrir un **déficit de capacidad del orden de 310 l/s**. Este déficit se podrá cubrir ya sea aumentando la capacidad de la PEAP Cuesta de Soto, y/o complementando con un aumento de capacidad de captación de Llancahue hasta cubrir los derechos de agua con lo que se cuenta en dicha fuente.

Para ambos escenarios se señala que el déficit se podrá cubrir ya sea aumentando la capacidad de la PEAP Cuesta de Soto, y/o complementando con un aumento de capacidad de captación de Llancahue hasta cubrir los derechos de agua con lo que se cuenta en dicha fuente.

El cuadro siguiente presenta el balance de oferta-demanda de caudal de diseño de PEAP para el horizonte de previsión de la empresa sanitaria y para el escenario de Cabida Máxima, considerando el escenario en el que el déficit de la demanda se cubre únicamente con esta PEAP.

Cuadro 3-10 Balance oferta-demanda PEAP Cuesta de Soto

Escenario	Oferta (1)	Demanda (1)	Superávit / déficit
	Q diseño	Qmax D, distribución	
	l/s	l/s	l/s
Plan de Desarrollo (año 15)	610	610	0
Cabida Máxima: Valdivia centro y localidades aledañas	610	822	-212
Cabida Máxima: Valdivia urbano	610	921	-310

(1) Caudales a la salida de la planta

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes recogidos

1.1.1.9. Estanques de producción

El sistema Llancahue cuenta con un estanque de acumulación de agua filtrada ubicado a la salida de la planta de tratamiento de aguas, el que tiene un volumen de 800 m³. La capacidad de almacenamiento conjunta del sistema, en la etapa de producción, es de 1.600 m³.

El sistema Cuesta de Soto cuenta con un estanque de carga a la entrada de la planta de tratamiento de agua y uno de acumulación de agua filtrada a la salida de ésta, con capacidad de 300 y 500 m³, respectivamente. Además, posee un estanque amortiguador de golpe de ariete ubicado entre la planta elevadora y el estanque de carga de entrada a la planta de tratamiento, con un volumen de 500 m³.

En esta infraestructura no se realiza balance oferta-demanda para la población de Cabida Máxima.

1.1.1.10. Plantas de tratamiento de agua potable

La empresa cuenta con dos plantas de tratamiento de agua potable para abatir la turbiedad del agua, llamadas Llancahue y Cuesta de Soto.

Según lo indicado por la empresa sanitaria en su Plan de Desarrollo, la PTAP Llancahue opera de manera permanente a máxima capacidad (300 l/s a la salida de la planta) con el fin de optimizar la producción, por lo que su balance oferta-demanda es nulo. En forma complementaria, la PTAP Cuesta de Soto trata el remanente de demanda que no es cubierto por Llancahue. De acuerdo con el Plan de Desarrollo, la capacidad de tratamiento de Cuesta de Soto resulta suficiente solo hasta el año 2032, a partir del cual se proyecta un déficit. Para abordar dicha brecha, la empresa sanitaria propone incrementar su capacidad en +65 l/s (2033), con lo cual la capacidad total de las PTAP en conjunto alcanzaría 885 l/s al año 15 (2037).

El siguiente cuadro presenta el detalle de caudal de diseño por PTAP, según lo proyectado en el Plan de Desarrollo por la empresa sanitaria.

Cuadro 3-11 Capacidad PTAP

Captación	PTAP	Caudal diseño (1) (l/s)	
		Año 0 (2022)	Año 15 (2037)
Llancahue	Llancahue	300	300
Cuesta de Soto	Cuesta de Soto	520	585
Total		820	885

(1) Caudal de diseño a la salida de la planta

Fuente: Actualización Planes de Desarrollo Aguas Décima. Localidad de Valdivia. 2025

Para el escenario de Cabida Máxima en el sector Valdivia centro y localidades aledañas (266.359 hab), se estima una demanda de 1.116 l/s. En consecuencia, considerando la capacidad proyectada para el horizonte de previsión del Plan de Desarrollo (885 l/s), se concluye que la infraestructura permitiría cubrir aproximadamente el 79% de la demanda del escenario. Por lo anterior, será necesario considerar obras adicionales orientadas a incrementar la capacidad de la PTAP, a fin de satisfacer la demanda asociada, las que deberán cubrir un **déficit de capacidad del orden de 231 l/s**.

Para el escenario de Cabida Máxima en el sector Valdivia urbano (289.041 hab), se estima una demanda de 1.211 l/s. En consecuencia, considerando la capacidad proyectada para el horizonte de previsión del Plan de Desarrollo (885 l/s), se concluye que la infraestructura permitiría cubrir aproximadamente el 73% de la demanda del escenario. Por lo anterior, será necesario considerar obras adicionales orientadas a incrementar la capacidad de la PTAP, a fin de satisfacer la demanda asociada, las que deberán cubrir un **déficit de capacidad del orden de 326 l/s**.

El cuadro siguiente presenta el balance de oferta-demanda de caudal de diseño de PTAP para el horizonte de previsión de la empresa sanitaria y para el escenario de Cabida Máxima.

Cuadro 3-12 Balance oferta-demanda PTAP

Escenario	Oferta (1)	Demanda (1)	Superávit / déficit
	Q diseño	Q _{max} D, distribución	
	l/s	l/s	l/s
Plan de Desarrollo (año 15)	885	705	+180
Cabida Máxima: Valdivia centro y localidades aledañas	885	1.116	-231
Cabida Máxima: Valdivia urbano	885	1.211	-326

(1) Caudales a la salida de la planta

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes recogidos

1.1.1.11. Conducciones de producción

La empresa sanitaria dispone de dos grupos de conducciones de producción asociados a los sistemas Cuesta de Soto y Llancahue, correspondientes a aducciones e impulsiones. Al año 0 (2022), la longitud total de estas conducciones alcanzaba 17.729 m. Considerando la población estimada por la empresa sanitaria para dicho año (150.602 hab), se obtiene una relación de 0,12 m/hab. Bajo un enfoque paramétrico, y

aplicando dicha relación, se estima que para abastecer la población proyectada en el Plan de Desarrollo al año 15 (2037) se requeriría una longitud total de red del orden de 19.632 m.

Utilizando la misma relación para el escenario de Cabida Máxima en el sector Valdivia centro y localidades aledañas (266.359 hab), la longitud requerida se estima en torno a 31.356 m. En consecuencia, la brecha de infraestructura asociada a este escenario corresponde a aproximadamente 11.724 m de conducciones adicionales. Por otra parte, para el escenario de Cabida Máxima en el sector Valdivia urbano (289.041 hab), la longitud requerida se estima en torno a 34.026 m. En consecuencia, la brecha de infraestructura asociada a este escenario corresponde a aproximadamente 14.394 m de conducciones adicionales. Esta estimación paramétrica incorpora requerimientos asociados a refuerzos, reposiciones y extensiones de conducciones.

Se señala que la longitud efectiva a adicionar dependerá de la localización espacial de las nuevas demandas y del patrón de desarrollo que adopten los territorios futuros. Adicionalmente, se señala que esta estimación corresponde a un cálculo paramétrico de orden de magnitud, basado en relaciones unitarias observadas en el sistema actual. Por su naturaleza, no sustituye el dimensionamiento y verificación hidráulica detallada que se deberá desarrollar en etapas posteriores de ingeniería.

En esta infraestructura no se realiza balance oferta-demanda para la población de Cabida Máxima.

1.1.1.12. Centro de Cloración

El sistema de producción cuenta con centros de cloración en ambas plantas de tratamiento. La empresa sanitaria prevé un aumento en la capacidad del Centro de Cloración Cuesta de Soto de +65 l/s (2032), con lo cual la capacidad agregada alcanzaría 885 l/s al año 15 (2037). El siguiente cuadro presenta el detalle de caudal de diseño por Centro de Cloración, según lo proyectado en el Plan de Desarrollo por la empresa sanitaria.

Cuadro 3-13 Capacidad Centros de Cloración

Captación	Centro Cloración	Caudal diseño (l/s)	
		Año 0 (2022)	Año 15 (2037)
Llancahue	Llancahue	300	300
Cuesta de Soto	Cuesta de Soto	520	585
Total		820	885

Fuente: Actualización Planes de Desarrollo Aguas Décima. Localidad de Valdivia. 2025

Para el escenario de Cabida Máxima en el sector Valdivia centro y localidades aledañas (266.359 hab), se estima una demanda de 1.116 l/s. En consecuencia, considerando la capacidad proyectada para el horizonte de previsión del Plan de Desarrollo (885 l/s), se concluye que la infraestructura permitiría cubrir aproximadamente el 79% de la demanda del escenario. Por lo anterior, será necesario considerar obras adicionales orientadas a incrementar la capacidad de cloración, a fin de satisfacer la demanda asociada, las que deberán cubrir un **déficit de capacidad del orden de 231 l/s**.

Para el escenario de Cabida Máxima en el sector Valdivia urbano (289.041 hab), se estima una demanda de 1.211 l/s. En consecuencia, considerando la capacidad proyectada para el horizonte de previsión del Plan de Desarrollo (885 l/s), se concluye que la infraestructura permitiría cubrir aproximadamente el 73% de la demanda del escenario. Por lo anterior, será necesario considerar obras adicionales orientadas a incrementar la capacidad de cloración, a fin de satisfacer la demanda asociada, las que deberán cubrir un **déficit de capacidad del orden de 326 l/s**.

El cuadro siguiente presenta el balance de oferta-demanda de caudal de diseño los Centros de Cloración para el horizonte de previsión de la empresa sanitaria y para el escenario de Cabida Máxima.

Cuadro 3-14 Balance oferta-demanda Centros de Cloración

Escenario	Oferta	Demanda	Superávit / déficit
	Q diseño	Qmax D, distribución	
	l/s	l/s	l/s
Plan de Desarrollo (año 15)	885	705	+180
Cabida Máxima: Valdivia centro y localidades aledañas	885	1.116	-231
Cabida Máxima: Valdivia urbano	885	1.211	-326

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes recogidos

1.1.1.13. Centro de fluoración

La empresa sanitaria prevé un aumento en la capacidad del Centro de Fluoración Cuesta de Soto de +65 l/s (2032), con lo cual la capacidad agregada alcanzaría 885 l/s al año 15 (2037). El siguiente cuadro presenta el detalle de caudal de diseño por Centro de Fluoración, según lo proyectado en el Plan de Desarrollo por la empresa sanitaria.

Cuadro 3-15 Capacidad Centros de Fluoración

Captación	Centro Fluoración	Caudal diseño (l/s)	
		Año 0 (2022)	Año 15 (2037)
Llancahue	Llancahue	300	300
Cuesta de Soto	Cuesta de Soto	520	585
Total		820	885

Fuente: Actualización Planes de Desarrollo Aguas Décima. Localidad de Valdivia. 2025

Para el escenario de Cabida Máxima en el sector Valdivia centro y localidades aledañas (266.359 hab), se estima una demanda de 1.116 l/s. En consecuencia, considerando la capacidad proyectada para el horizonte de previsión del Plan de Desarrollo (885 l/s), se concluye que la infraestructura permitiría cubrir aproximadamente el 79% de la demanda del escenario. Por lo anterior, será necesario considerar obras adicionales orientadas a incrementar la capacidad de fluoración, a fin de satisfacer la demanda asociada, las que deberán cubrir un **déficit de capacidad del orden de 231 l/s**.

Para el escenario de Cabida Máxima en el sector Valdivia urbano (289.041 hab), se estima una demanda de 1.211 l/s. En consecuencia, considerando la capacidad proyectada para el horizonte de previsión del Plan de Desarrollo (885 l/s), se concluye que la infraestructura permitiría cubrir aproximadamente el 73% de la demanda del escenario. Por lo anterior, será necesario considerar obras adicionales orientadas a incrementar la capacidad de fluoración, a fin de satisfacer la demanda asociada, las que deberán cubrir un **déficit de capacidad del orden de 326 l/s**.

El cuadro siguiente presenta el balance de oferta-demanda de caudal de diseño de los Centros de Fluoración para el horizonte de previsión de la empresa sanitaria y para el escenario de Cabida Máxima.

Cuadro 3-16 Balance oferta-demanda Centros de Fluoración

Escenario	Oferta	Demanda	Superávit / déficit
	Q diseño	Qmax D, distribución	
	l/s	l/s	l/s
Plan de Desarrollo (año 15)	885	705	+180
Cabida Máxima: Valdivia centro y localidades aledañas	885	1.116	-231
Cabida Máxima: Valdivia urbano	885	1.211	-326

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes recogidos

1.1.1.14. Macromedición

Al año 0 (2022), el sistema de producción contaba con nueve macromedidores.

1.1.1.15. Reductoras de presión

Al año 0 (2022), el sistema de producción no contaba con válvulas reductoras de presión.

1.1.1.16. Equipos generadores eléctricos de respaldo

Al año 0 (2022), el sistema de producción contaba con seis equipos generadores, cuatro de ellos ubicados en la planta Cuesta de Soto y dos en la planta Llancahue.

3.2.2. Proceso de distribución

La empresa cuenta con un único sistema de distribución, el cual se abastece desde tres recintos de estanques denominados Picarte, Inés de Suárez y Río Cruces.

1.1.1.17. Centros de re-cloración

No aplica a la empresa

1.1.1.18. Estanque de regulación.

En el recinto Picarte se ubica un estanque elevado, de hormigón, cuyo volumen es de 4.000 m³ y una altura de 30 m. En el recinto Inés de Suárez se ubican tres estanques semienterrados, dos de ellos con volúmenes de 4.000 m³ cada uno, y uno de 2.000 m³. Por último, en el recinto Río Cruces se encuentra un estanque semienterrado con volumen de 650 m³. Cabe señalar que el estanque Río Cruces (650 m³) es un estanque de cola que se abastece desde la red de distribución del Sector Isla Teja, por lo que la empresa sanitaria considera solo los recintos Picarte e Inés de Suárez como volumen disponible para regulación. Para efectos de este estudio se utilizará el mismo criterio.

Cuadro 3-17: Estanques de regulación existentes al año 0 (2022)

Nombre	Material	Volumen (m ³)	Altura de torre (m)	Cota de radier cuba (msnm) (1)	Cota de nivel de aguas máx. (msnm) (1)
Estanque Picarte	Hormigón	4.000	30	40,61	50,40
Estanque Inés de Suarez 1	Hormigón	2.000	-	46,36	51,76
Estanque Inés de Suarez 2	Hormigón	4.000	-	46,36	51,76
Estanque Inés de Suárez 3	Hormigón	4.000	-	46,36	51,76
Total		14.000			

(1) Cotas según lo reportado por la empresa sanitaria en su Plan de Desarrollo
Fuente: Actualización Planes de Desarrollo Aguas Décima. Localidad de Valdivia. 2025

La empresa sanitaria prevé un aumento en volumen de regulación de +500 m³ (2037) gracias a un nuevo estanque en el recinto Inés de Suárez, con lo cual la capacidad agregada alcanzaría 14.500 m³ al año 15 (2037). El siguiente cuadro presenta el detalle de volumen de regulación por recinto, según lo proyectado en el Plan de Desarrollo por la empresa sanitaria.

Cuadro 3-18 Capacidad Volumen de Regulación

Recinto	Volumen de regulación (m ³)	
	Año 0 (2022)	Año 15 (2037)
Picarte	4.000	4.000
Inés de Suarez	10.000	10.500
Total	14.000	14.500

Fuente: Actualización Planes de Desarrollo Aguas Décima. Localidad de Valdivia. 2025

Para el escenario de Cabida Máxima en el sector Valdivia centro y localidades aledañas (266.359 hab), se estima una demanda de 30.538 m³. Por otra parte, para el escenario de Cabida Máxima en el sector Valdivia urbano (289.041 hab), se estima una demanda de 33.139 m³.

El principal incremento respecto a la demanda proyectada por la empresa sanitaria en su Plan de Desarrollo (14.172 m³ al año 15) proviene del volumen de reserva. Esto se explica porque la población de considerada en ambos escenarios de Cabida Máxima supera los 200.000 hab, umbral a partir del cual la normativa chilena exige un volumen de reserva equivalente a 4 horas del caudal máximo diario de distribución, en lugar de 2 horas para poblaciones menores a 200.000 habitantes.

En el cuadro siguiente se detalla la demanda de volumen de regulación para el horizonte de previsión de la empresa sanitaria y para el escenario de Cabida Máxima.

Cuadro 3-19: Proyección de volumen de regulación. Cabida Máxima

Escenario	Población			Volumen de regulación (2)			
	Total	Cobertura	Abastecida	Consumo	Incendio	Reserva (1)	TOTAL
	Hab	%	Hab	m ³	m ³	m ³	m ³
Plan de Desarrollo (año 15)	166.769	100%	166.769	9.110	690	5.061	14.172
Cabida Máxima: Valdivia centro y localidades aledañas	266.359	100%	266.359	14.465	691	16.073	30.538
Cabida Máxima: Valdivia urbano	289.041	100%	289.041	15.697	691	17.441	33.139

(1) El volumen de reserva debe cubrir el caudal máximo diario de distribución por 2 h (población < 200.000 hab) o por 4 h (población ≥ 200.000 hab)

(2) Existe una diferencia (~0,6%) al estimar los volúmenes con los criterios de diseño del Plan de Desarrollo. Se utilizan los valores reportados por la empresa sanitaria

Fuente: Elaboración propia a partir de los criterios de diseño de la Actualización Planes de Desarrollo Aguas Décima. Localidad de Valdivia. 2025

En consecuencia, considerando la capacidad proyectada para el horizonte de previsión del Plan de Desarrollo (14.500 m³), para el sector Valdivia centro y localidades aledañas la infraestructura permitiría cubrir aproximadamente el 47% de la demanda del escenario de Cabida Máxima. Por lo anterior, será necesario considerar obras adicionales orientadas a incrementar la capacidad de volumen de estanque a fin de satisfacer la demanda de regulación asociada a dicho escenario, lo que deberá cubrir un **déficit de capacidad del orden de 16.038 m³**.

Por otra parte, para el sector Valdivia urbano la infraestructura permitiría cubrir aproximadamente el 44% de la demanda del escenario de Cabida Máxima. Por lo anterior, será necesario considerar obras adicionales orientadas a incrementar la capacidad de volumen de estanque a fin de satisfacer la demanda de regulación asociada a dicho escenario, lo que deberá cubrir un **déficit de capacidad del orden de 18.639 m³**.

El cuadro siguiente presenta el balance de oferta-demanda de volumen de regulación para el horizonte de previsión de la empresa sanitaria y para el escenario de Cabida Máxima.

Cuadro 3-20 Balance oferta-demanda Volumen de regulación

Escenario	Oferta	Demanda	Superávit / déficit
	Volumen disponible	Volumen requerido	
	m ³	m ³	
Plan de Desarrollo (año 15)	14.500	14.172	+328
Cabida Máxima: Valdivia centro y localidades aledañas	14.500	30.538	-16.038

Cabida Máxima: Valdivia urbano	14.500	33.139	-18.639
--------------------------------	--------	--------	---------

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes recogidos

1.1.1.19. Planta elevadora

El sistema de distribución cuenta con cinco plantas elevadoras en la etapa de distribución, cada una dedicada a un sector específico de la comuna. El cuadro siguiente presenta el detalle de las plantas elevadoras.

Cuadro 3-21 Plantas elevadoras de agua potable al año 0 (2022)

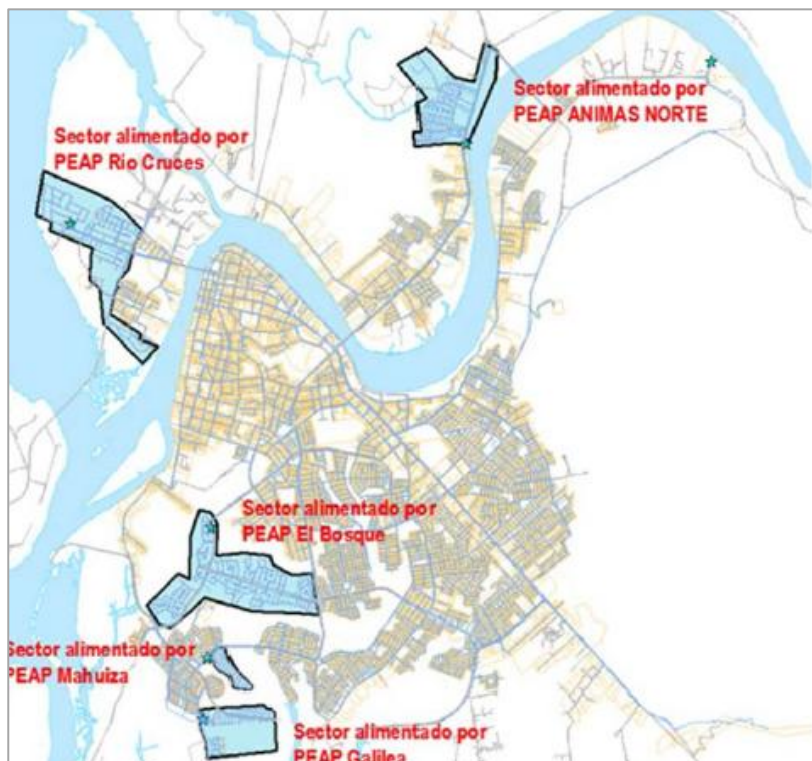
Nombre	Tipo (1)	Caudal Diseño (l/s)	Capac. Actual Producc. (l/s)	Altura Elevación (m)
Rio Cruces	A	66	33	63
Presurizadora Las Ánimas Norte	D	24	19	35
Planta Presurizadora Ap Mahuiza 2	D	9	4	20
Planta Presurizadora El Bosque Valdivia	D	40	35	33
Planta Presurizadora Galilea I y II	D	22	8	22

(1) Estanques de aspiración y sala de máquinas separados (A); Planta elevadora con sistemas hidroneumáticos (D).

Fuente: Actualización Planes de Desarrollo Aguas Décima. Localidad de Valdivia. 2025

La ilustración siguiente presenta la distribución de los sectores de presurización de cada planta elevadora.

Ilustración 3-1: Sectores presurizados por PEAP de distribución



Fuente: Actualización Planes de Desarrollo Aguas Décima. Localidad de Valdivia. 2025

En esta infraestructura no se realiza balance oferta-demanda para la población de Cabida Máxima.

1.1.1.20. Conducciones de distribución

Desde los estanques de regulación, el agua es distribuida a la localidad mediante una red de alimentadoras y matrices, cuya longitud total al año 0 (2022) alcanzaba 31,3 km, con diámetros entre 200 y 700 mm. Considerando la población estimada por la empresa sanitaria para dicho año (150.602 hab), se obtiene una relación unitaria de aproximadamente 0,21 m/hab. Bajo un enfoque paramétrico, y aplicando dicha relación, se estima que para abastecer la población proyectada en el Plan de Desarrollo al año 15 (2037) se requeriría una longitud total de conducciones de distribución de 34.685 m.

Utilizando la misma relación para el escenario de Cabida Máxima en el sector Valdivia centro y localidades aledañas (266.359 hab), la longitud requerida se estima en torno a 55.397 m. En consecuencia, la brecha de infraestructura asociada a este escenario corresponde a aproximadamente 20.713 m de conducciones adicionales. Por otra parte, para el escenario de Cabida Máxima en el sector Valdivia urbano (289.041 hab), la longitud requerida se estima en torno a 60.115 m. En consecuencia, la brecha de infraestructura asociada a este escenario corresponde a aproximadamente 25.430 m de conducciones adicionales. Esta estimación paramétrica incorpora requerimientos asociados a refuerzos, reposiciones y extensiones de conducciones.

Se señala que la longitud efectiva a adicionar dependerá de la localización espacial de las nuevas demandas y del patrón de desarrollo que adopten los territorios futuros. Adicionalmente, se señala que esta estimación corresponde a un cálculo paramétrico de orden de magnitud, basado en relaciones unitarias observadas en el sistema actual. Por su naturaleza, no sustituye el dimensionamiento y verificación hidráulica detallada que se deberá desarrollar en etapas posteriores de ingeniería.

En esta infraestructura no se realiza balance oferta-demanda para la población de Cabida Máxima.

1.1.1.21. Red de distribución

De acuerdo con el DFL MOP N°382/89 (Ley General de Servicios Sanitarios), el financiamiento de las obras asociadas a áreas de expansión urbana corresponde a los urbanizadores. Adicionalmente, la ley establece que:

- La instalación de tuberías de $D < 90$ mm será de cargo de los urbanizadores.
- La instalación de tuberías de $D \geq 90$ mm se considera a cargo de la empresa interesada
- La empresa que se haga cargo de prestar el servicio deberá reemplazar el 100% de las redes menores a 75 mm y verificar el cumplimiento de la normativa en el caso de los diámetros iguales a 75 mm, reemplazando aquellos que no cumplan con ella.

Para efectos de este estudio, y con el fin de definir criterios que permitan estimar la inversión en redes que deberá realizar la empresa interesada en el sistema, se adopta el siguiente marco:

- Para efectos de determinar la distribución de diámetros existentes se sumó la longitud de tuberías menor a 75 mm a la longitud calculada en el rango (75 mm, 110 mm)
- La longitud total de redes requeridas se realiza mediante una relación paramétrica (m/hab), calculada a partir de los antecedentes del Plan de Desarrollo al año 0 (2022)
- La distribución de la longitud en los distintos diámetros se realiza a modo referencial considerando la misma proporción de la red existente según el Plan de Desarrollo de la empresa sanitaria.
- Para la estimación de los diámetros de la red de distribución se consideró una velocidad máx. de 3 m/s.

Según el Plan de Desarrollo de la empresa sanitaria, al año 0 (2022) la red de distribución contaba con una longitud total de 417 km, con diámetros (D) entre 63 mm y 600 mm y materialidades predominantes PVC, asbesto cemento y HDPE. El siguiente cuadro presenta la longitud de redes al año 0, por rango de diámetro.

Cuadro 3-22 Distribución de longitud de red existente por rango de diámetro. Año 0 (2022)

	D < 75 mm	D [75, 110] mm	D [125, 250] mm	D [300, 450] mm	D >= 500 mm	Total
Longitud (m)	294	296.760	85.482	17.365	18	417.323
% del total	0,070%	75,281%	20,483%	4,161%	0,004%	100%

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes Actualización Planes de Desarrollo Aguas Décima. Localidad de Valdivia. 2025

A continuación, se detalla como sería la distribución de las redes con los criterios de diseño detallados anteriormente.

Cuadro 3-23 Distribución porcentual de longitud de red proyectada por rango de diámetro.

	D [75, 110] mm	D [125, 250] mm	D [300, 450] mm	D >= 500 mm	Total
% del total	75,351%	20,483%	4,161%	0,004%	100%

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes recogidos

La población abastecida de agua potable al año cero del Plan de Desarrollo es de 150.602 hab con un 100% de cobertura. Así también, la longitud de redes de agua potable al mismo año es de 417.323 m. Por lo tanto, se tiene una relación de paramétrica de redes de agua potable de 2,77 m/hab. Utilizando esta misma relación, se estima que para abastecer la población proyectada en el Plan de Desarrollo al año 15 (2037) se requeriría una longitud total de red del orden de 462.123 m.

Sector Valdivia centro y localidades aledañas

Utilizando la misma relación paramétrica para el escenario de Cabida Máxima en el sector Valdivia centro y localidades aledañas (266.359 hab), la longitud de red requerida se estima en torno a 738.090 m. En consecuencia, la brecha de infraestructura asociada a este escenario corresponde a aproximadamente 275.967 m de red adicionales. Utilizando los porcentajes mencionados anteriormente, se estima una distribución de longitud de red por rango de diámetro. El siguiente cuadro presenta el detalle.

Cuadro 3-24 Distribución de longitud de red. Cabida Máxima Sector Valdivia centro y localidades aledañas

	D [75, 110] mm	D [125, 250] mm	D [300, 450] mm	D >= 500 mm	Total
Longitud (m)	207.945	56.527	11.483	12	275.967
% del total	75,351%	20,483%	4,161%	0,004%	100%

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes recogidos

Considerando los criterios mencionados anteriormente, se plantea una red capaz de transportar el caudal máximo horario de distribución del escenario, verificando que en los tramos de mayor conducción (rango $D \geq 500$ mm) se cumpla una velocidad de diseño de 3 m/s. En este contexto, para el escenario de Cabida Máxima en el sector Valdivia centro y localidades aledañas (Q_{max} H distribución = 1.674 l/s), se estima un diámetro máximo requerido de 900 mm. El cuadro siguiente presenta una estimación de diámetros a partir de la distribución del caudal máximo de diseño.

Cuadro 3-25 Diámetros de redes de distribución. Cabida Máxima Sector Valdivia centro y localidades aledañas

Caudal de diseño (l/s)	Velocidad (m/s)	Área (m ²)	Diámetro requerido (mm)	Diámetro comercial (mm)
1.674 (1)	3	0,558	843	900
377	3	0,126	400	400
94	3	0,031	200	200
24	3	0,008	100	100

(1) Corresponde al caudal máximo horario de distribución (Q_{max} H) del escenario para Cabida Máxima

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes recogidos

Luego, considerando los diámetros definidos en la NCh 691 Of 99, y los criterios señalados precedentemente se diseña un diámetro mínimo de 100 mm y un diámetro máximo de 900 mm. El cuadro siguiente muestra una estimación de la distribución de diámetros para servir a la población incremental al considerar un crecimiento proyectado de población en el escenario de Cabida Máxima para el sector Valdivia centro y localidades aledañas.

Cuadro 3-26 Longitud de redes de distribución. Cabida Máxima Sector Valdivia centro y localidades aledañas

Diámetro proyectado (mm)	Rango de diámetro	% de longitud total	Longitud (m)
900	D >= 500 mm	0,004%	12
400	D [300, 450] mm	4,161%	11.483
200	D [125, 250] mm	20,483%	56.527
100	D [75, 110] mm	75,351%	207.945
Total			275.967

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes recogidos

Sector Valdivia urbano

Utilizando la misma relación paramétrica para el escenario de Cabida Máxima en el sector Valdivia urbano (289.041 hab), la longitud de red requerida se estima en torno a 800.943 m. En consecuencia, la brecha de infraestructura asociada a este escenario corresponde a aproximadamente 338.820 m de red adicionales. Utilizando los porcentajes mencionados anteriormente, se estima una distribución de longitud de red por rango de diámetro. El siguiente cuadro presenta el detalle.

Cuadro 3-27 Distribución de longitud de red. Cabida Máxima Sector Valdivia urbano

	D [75, 110] mm	D [125, 250] mm	D [300, 450] mm	D >= 500 mm	Total
Longitud (m)	255.305	69.402	14.099	15	338.820
% del total	75,351%	20,483%	4,161%	0,004%	100%

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes recogidos

Considerando los criterios mencionados anteriormente, se plantea una red capaz de transportar el caudal máximo horario de distribución del escenario, verificando que en los tramos de mayor conducción (rango $D \geq 500$ mm) se cumpla una velocidad de diseño de 3 m/s. En este contexto, para el escenario de Cabida Máxima en el sector Valdivia urbano ($Q_{\max} H$ distribución = 1.817 l/s), se estima un diámetro máximo requerido de 900 mm. El cuadro siguiente presenta una estimación de diámetros a partir de la distribución del caudal máximo de diseño.

Cuadro 3-28 Diámetros de redes de distribución. Cabida Máxima Sector Valdivia urbano

Caudal de diseño (l/s)	Velocidad (m/s)	Área (m ²)	Diámetro requerido (mm)	Diámetro comercial (mm)
1.817 (1)	3	0,606	878	900
377	3	0,126	400	400
94	3	0,031	200	200
24	3	0,008	100	100

(1) Corresponde al caudal máximo horario de distribución ($Q_{\max} H$) del escenario para Cabida Máxima

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes recogidos

Luego, considerando los diámetros definidos en la NCh 691 Of 99, y los criterios señalados precedentemente se diseña un diámetro mínimo de 100 mm y un diámetro

máximo de 900 mm. El cuadro siguiente muestra una estimación de la distribución de diámetros para servir a la población incremental al considerar un crecimiento proyectado de población en el escenario de Cabida Máxima para el sector Valdivia urbano.

Cuadro 3-29 Longitud de redes de distribución. Cabida Máxima Sector Valdivia urbano

Diámetro proyectado (mm)	Rango de diámetro	% de longitud total	Longitud (m)
900	D >= 500 mm	0,004%	15
400	D [300, 450] mm	4,161%	14.099
200	D [125, 250] mm	20,483%	69.402
100	D [75, 110] mm	75,351%	255.305
Total			338.820

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes recogidos

Longitud y distribución efectiva de redes

Se señala que la longitud efectiva a adicionar dependerá de la localización espacial de las nuevas demandas y del patrón de desarrollo que adopten los territorios futuros. Adicionalmente, se señala que esta estimación corresponde a un cálculo paramétrico de orden de magnitud, basado en supuestos y relaciones unitarias observadas en el sistema actual. Por su naturaleza, no sustituye el dimensionamiento y verificación hidráulica detallada que se deberá desarrollar en etapas posteriores de ingeniería.

1.1.1.22. Macromedidores

Al año 0 (2022), el sistema contaba con ocho macromedidores.

1.1.1.23. Reductoras de presión

Al año 0 (2022), el sistema contaba con cuatro válvulas reductoras de presión.

1.1.1.24. Arranques

Al año 0 (2022), el sistema contaba con 44.260 arranques.

1.1.1.25. Grifos

Al año 0 (2022), el sistema contaba con 1.036 grifos contra incendio.

1.1.1.26. Válvulas

Al año 0 (2022), el sistema contaba con 1.951 válvulas.

1.1.1.27. Equipos Generadores Eléctricos de respaldo

Al año 0 (2022), el sistema de distribución contaba con cinco equipos generadores eléctricos de respaldo.

4. INFRAESTRUCTURA DE AGUAS SERVIDAS VALDIVIA URBANO

En el presente capítulo se estiman los requerimientos de infraestructura de alcantarillado de aguas servidas necesaria que permiten sanear los caudales asociados al crecimiento poblacional propuesto en este estudio de Actualización del Plan Regulador Comunal de Valdivia. La estimación se realiza en función del déficit o superávit que resulta al considerar como infraestructura base la proyectada por la empresa sanitaria al año 15 (2037) en su Plan de Desarrollo.

4.1. ESTIMACION DE CAUDALES DE AGUAS SERVIDAS

4.1.1. Criterios de diseño

En este capítulo se presentan los criterios de diseño y las demandas establecidas en el Plan de Desarrollo de la empresa sanitaria, los cuales se utilizan como base para la estimación de la demanda de infraestructura. Para estimar la demanda asociada a la población del escenario de Cabida Máxima, se adoptan los parámetros definidos por la empresa sanitaria al año 15, incluyendo dotación, cobertura, coeficiente de recuperación, criterios de caudales adicionales, y factores.

1.1.1.28. Cobertura

Se considera una cobertura del 96,6% en el servicio de alcantarillado de aguas servidas.

1.1.1.29. Dotación saneada de alcantarillado

La dotación utilizada corresponde a 206 l/s.

1.1.1.30. Coeficiente de recuperación

El coeficiente de recuperación adoptado es de 0,90

1.1.1.31. Caudal medio de aguas servidas

El caudal medio de aguas servidas (Q_{med}) se calcula según se indica en la fórmula siguiente.

$$Q_{med AS} = Q_{med AP (consumo)} * R (l/s)$$

R: Coeficiente de recuperacion

1.1.1.32. Caudal máximo instantáneo y máximo horario

Para una población $P < 1.000$ hab se utiliza el caudal máximo instantáneo, el cual se calculará considerando lo siguiente:

- ✓ Para $P \leq 100 \text{ hab}$, el gasto máximo instantáneo se determina según los valores experimentales de la Boston Society of Civil Engineers.
- ✓ Para $100 < P < 1000 \text{ hab}$, el gasto máximo instantáneo se calcula interpolando entre los valores límite de Harmon y Boston Society.

Para una población $P \geq 1.000 \text{ hab}$ se utiliza el caudal máximo horario, calculado según el siguiente criterio:

- ✓ Para $P \geq 1000 \text{ hab}$, el gasto máximo horario de recolección se calculará según la fórmula de Harmon, según lo indica la NCh 1.105 of 99.

$$Q_{med AS} = H * Q_{med} (l/s)$$

Donde el Coeficiente de Harmon (H) será:

$$H = 1 + \left(\frac{14}{4 + \sqrt{P}} \right)$$

P : Poblacion en miles de hab)

1.1.1.33. Caudal de infiltración y caudal de aguas lluvias en las redes de aguas servidas

La empresa sanitaria establece un 10% del caudal medio de aguas servidas (Q_{med}) por concepto de aguas lluvias y otro 10% del mismo caudal (Q_{med}) por concepto de caudal de infiltración. Se considera el mismo criterio.

1.1.1.34. Solidos Suspendidos Totales (SST)

Se considera un parámetro de 149,6 mg/lit de SST en el caudal medio de entrada a la planta.

1.1.1.35. Carga orgánica

Se considera un parámetro de 31,8 g DBO5/hab/día.

1.1.1.36. Lodos por deshidratar

Se considera un parámetro de 0,025 m³ de lodo / día.

4.1.2. Proyección de caudales de aguas servidas

A continuación, se presenta la proyección de caudales de aguas servidas para el escenario de **Cabida Máxima**, tanto para el **sector Valdivia centro y localidades aledañas** como para el **sector Valdivia urbano**. A modo de referencia, se incluye la estimación de caudales asociados a la población proyectada por la empresa sanitaria en su Plan de Desarrollo al año 15 (2037).

Cuadro 4-1: Proyección de caudales de aguas servidas. Cabida Máxima

Escenario	Población			Dotación saneada (l/hab/día)	Coef. Recuperación [R]	Caudales de aguas servidas			Caudales totales	
	Total (hab)	Cobertura (%)	Saneada (hab)			Qmed (l/s)	Coef. Harmon	Qmax H (l/s)	Qmed (l/s)	Qmax H (l/s)
Plan de Desarrollo (año 15)	171.320	96,6%	165.422	206	0,90	355	1,83	649	426	720
Cabida Máxima: Valdivia centro y localidades aledañas	266.359	96,6%	257.189	206	0,90	552	1,70	937	662	1.048
Cabida Máxima: Valdivia urbano	289.041	96,6%	279.090	206	0,90	599	1,68	1.004	718	1.123

Fuente: Elaboración propia a partir de los criterios de diseño de la Actualización Planes de Desarrollo Aguas Décima. Localidad de Valdivia. 2025

Cuadro 4-2: Proyección de demanda de tratamiento de SST, carga orgánica, y lodos. Cabida Máxima

Escenario	Población			SST (mg/l -día)	Carga orgánica (Kg DBO5 / día)	Lodos por deshidratar (m³ lodo / día)
	Total (hab)	Cobertura (%)	Saneada (hab)			
Plan de Desarrollo (año 15)	171.320	96,6%	165.422	5.503	5.260	10,6
Cabida Máxima: Valdivia centro y localidades aledañas	266.359	96,6%	257.189	8.556	8.179	16,4
Cabida Máxima: Valdivia urbano	289.041	96,6%	279.090	9.285	8.875	17,8

Fuente: Elaboración propia a partir de los criterios de diseño de la Actualización Planes de Desarrollo Aguas Décima. Localidad de Valdivia. 2025

4.2. BALANCE OFERTA-DEMANDA DE AGUAS SERVIDAS

El análisis se realiza sobre la infraestructura más relevante de cada proceso, es decir, aquella que define en mayor medida los costos. En particular, el balance oferta-demanda se efectúa tomando como referencia la infraestructura para la cual la empresa sanitaria ya desarrolla dicho balance en el Plan de Desarrollo.

4.2.1. Proceso de recolección

1.1.1.37. Plantas elevadoras de recolección

Según se detalla en el Plan de Desarrollo, la empresa opera actualmente un único sistema de recolección, conformado por una extensa red de colectores que, debido a la baja pendiente del área servida, se complementa con un número significativo de plantas elevadoras. Estas plantas permiten trasladar las aguas servidas entre distintos puntos de la localidad hasta llegar a la Estación Depuradora de Aguas Servidas (EDAS), ubicada en el sector sur de Valdivia. Al año 0 (2022) la red disponía de 35 plantas elevadoras, cada una compuesta por un pozo de aspiración y una sala de máquinas en recintos separados.

En esta infraestructura no se realiza balance oferta-demanda para la población de Cabida Máxima.

1.1.1.38. Red de recolección

De acuerdo con el DFL MOP N°382/89 (Ley General de Servicios Sanitarios), el financiamiento de las obras asociadas a áreas de expansión urbana corresponde a los urbanizadores. Adicionalmente, la ley establece que:

- La instalación de tuberías de $D < 180$ mm será de cargo de los urbanizadores.
- La instalación de tuberías de $D \geq 180$ mm se considera a cargo de la **empresa interesada**
- La empresa que se haga cargo de prestar el servicio deberá reemplazar el 100% de las redes menores a 180 mm y verificar el cumplimiento de la normativa en el caso de los diámetros iguales a 180 mm, reemplazando aquellos que no cumplan con ella.

Para efectos de este estudio, y con el fin de definir criterios que permitan estimar la inversión en redes que deberá realizar la empresa interesada en el sistema, se adopta el siguiente marco:

- Para efectos de determinar la distribución de diámetros existentes se sumó la longitud de tuberías menor a 180 mm a la longitud calculada en el rango (180 mm, 225 mm)
- La longitud total de redes requeridas se realiza mediante una relación paramétrica (m/hab), calculada a partir de los antecedentes del Plan de Desarrollo al año 0 (2022)

- La distribución de la longitud en los distintos diámetros se realiza a modo referencial considerando la misma proporción de la red existente según el Plan de Desarrollo de la empresa sanitaria.
- Para la estimación de los diámetros de la red de recolección se consideró una velocidad máx. de 3 m/s con una relación $H/D = 0,7$ y Manning de 0,013

Según el Plan de Desarrollo de la empresa sanitaria, al año 0 (2022) la red de recolección contaba con una longitud total de 352 km, con diámetros (D) entre 160 mm y 900 mm y materialidades predominantes PVC y cemento comprimido. El siguiente cuadro presenta la longitud de redes al año 0, por rango de diámetro.

Cuadro 4-3 Distribución de longitud de red existente por rango de diámetro. Año 0 (2022)

	D < 180 mm	D [180, 225] mm	D [250, 400] mm	D [450, 630] mm	D >= 700 mm	Total
Longitud (m)	34.463	242.960	71.119	3.226	377	352.145
% del total	9,79%	68,99%	20,20%	0,92%	0,11%	100%

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes Actualización Planes de Desarrollo Aguas Décima. Localidad de Valdivia. 2025

A continuación, se detalla como sería la distribución de las redes con los criterios de diseño detallados anteriormente.

Cuadro 4-4 Distribución porcentual de longitud de red proyectada por rango de diámetro.

	D [180, 225] mm	D [250, 400] mm	D [450, 630] mm	D >= 700 mm	Total
% del total	78,78%	20,20%	0,92%	0,11%	100%

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes recogidos

La población total de aguas servidas al año cero del Plan de Desarrollo es de 154.731 hab con un 95,7% de cobertura. Así también, la longitud de redes de alcantarillado de aguas servidas al mismo año es de 352.145 m. Por lo tanto, se tiene una relación paramétrica de redes de aguas servidas de 2,38 m/hab saneado. Utilizando esta misma relación, se estima que para sanear la población proyectada en el Plan de Desarrollo al año 15 (2037) se requeriría una longitud total de red del orden de 393.327 m.

Sector Valdivia centro y localidades aledañas

Utilizando la misma relación paramétrica para el escenario de Cabida Máxima en el sector Valdivia centro y localidades aledañas (266.359 hab), la longitud de red requerida se estima en torno a 611.523 m. En consecuencia, la brecha de infraestructura asociada a este escenario corresponde a aproximadamente 218.196 m de red adicionales. Utilizando los porcentajes mencionados anteriormente, se estima una distribución de longitud de red por rango de diámetro. El siguiente cuadro presenta el detalle.

Cuadro 4-5 Distribución de longitud de red. Cabida Máxima Sector Valdivia centro y localidades aledañas

	D [180, 225] mm	D [250, 400] mm	D [450, 630] mm	D >= 700 mm	Total
Longitud (m)	171.897	44.067	1.999	234	218.196
% del total	78,78%	20,20%	0,92%	0,11%	100%

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes recogidos

Considerando los criterios mencionados anteriormente, se plantea una red capaz de transportar el caudal máximo horario de aguas servidas totales del escenario, verificando que en los tramos de mayor conducción (rango $D \geq 700$ mm) se cumpla una velocidad máxima de diseño de 3 m/s. En este contexto, para el escenario de Cabida Máxima en el sector Valdivia centro y localidades aledañas ($Q_{maxH} AS = 1.048$ l/s), se estima un diámetro máximo requerido de 1.000 mm. El cuadro siguiente presenta una estimación de diámetros a partir de la distribución del caudal máximo de diseño.

Cuadro 4-6 Diámetros de redes de recolección. Cabida Máxima Sector Valdivia centro y localidades aledañas

Caudal diseño (l/s)	Diámetro comercial (mm)	Capacidad (l/s)	Velocidad con $H/D = 0,7$ (m/s)
1.048 (1)	1.000	1.099	1,87
524	800	606	1,61
262	600	282	1,33
79	400	96	1,02
16	200	19	0,83

(1) Corresponde al caudal máximo horario de AS (Q_{maxH}) del escenario para Cabida Máxima

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes recogidos

Luego, considerando los diámetros definidos en la NCh. 1105 Of. 2019, y los criterios señalados precedentemente se diseña un diámetro mínimo de 200 mm y un diámetro máximo de 1.000 mm. El cuadro siguiente muestra una estimación de la distribución de diámetros para servir a la población incremental al considerar un crecimiento proyectado de población en el escenario de Cabida Máxima para el sector Valdivia centro y localidades aledañas.

Cuadro 4-7 Longitud de redes de recolección. Cabida Máxima Sector Valdivia centro y localidades aledañas

Diámetro proyectado (mm)	Rango de diámetro	% de longitud total	Longitud (m)
1.000	D >= 700 mm	0,11%	234
800			
600	D [450, 630] mm	0,92%	1.999
400	D [250, 400] mm	20,20%	44.067
200	D [180, 225] mm	78,78%	171.897
Total			218.196

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes recogidos

Sector Valdivia urbano

Utilizando la misma relación paramétrica para el escenario de Cabida Máxima en el sector Valdivia centro y localidades aledañas (266.359 hab), la longitud de red requerida se estima en torno a 663.597 m. En consecuencia, la brecha de infraestructura asociada a este escenario corresponde a aproximadamente 270.270 m de red adicionales. Utilizando los porcentajes mencionados anteriormente, se estima una distribución de longitud de red por rango de diámetro. El siguiente cuadro presenta el detalle.

Cuadro 4-8 Distribución de longitud de red. Cabida Máxima Sector Valdivia urbano

	D [180, 225] mm	D [250, 400] mm	D [450, 630] mm	D >= 700 mm	Total
Longitud (m)	212.921	54.583	2.476	289	270.270
% del total	78,78%	20,20%	0,92%	0,11%	100%

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes recogidos

Considerando los criterios mencionados anteriormente, se plantea una red capaz de transportar el caudal máximo horario de aguas servidas totales del escenario, verificando que en los tramos de mayor conducción (rango $D \geq 700$ mm) se cumpla una velocidad máxima de diseño de 3 m/s. En este contexto, para el escenario de Cabida Máxima en el sector Valdivia urbano ($Q_{maxH} AS = 1.123$ l/s), se estima un diámetro máximo requerido de 1.200 mm. El cuadro siguiente presenta una estimación de diámetros a partir de la distribución del caudal máximo de diseño.

Cuadro 4-9 Diámetros de redes de recolección. Cabida Máxima Sector Valdivia urbano

Caudal diseño (l/s)	Diámetro comercial (mm)	Capacidad (l/s)	Velocidad con $H/D = 0,7$ (m/s)
1.123 (1)	1.200	1.788	1,87
562	800	606	1,61
281	600	282	1,33
84	400	96	1,02
17	200	19	0,83

- (1) Corresponde al caudal máximo horario de AS (Q_{maxH}) del escenario para Cabida Máxima
Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes recogidos

Luego, considerando los diámetros definidos en la NCh. 1105 Of. 2019, y los criterios señalados precedentemente se diseña un diámetro mínimo de 200 mm y un diámetro máximo de 1.200 mm. El cuadro siguiente muestra una estimación de la distribución de diámetros para servir a la población incremental al considerar un crecimiento proyectado de población en el escenario de Cabida Máxima para el sector Valdivia urbano.

Cuadro 4-10 Longitud de redes de recolección. Cabida Máxima Sector Valdivia urbano

Diámetro proyectado (mm)	Rango de diámetro	% de longitud total	Longitud (m)
1.200	D >= 700 mm	0,11%	289
800			
600	D [450, 630] mm	0,92%	2.476
400	D [250, 400] mm	20,20%	54.583
200	D [180, 225] mm	78,78%	212.921
Total			270.270

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes recogidos

Longitud y distribución efectiva de redes

La longitud efectiva por adicionar dependerá de la localización espacial de las nuevas demandas y del patrón de desarrollo que adopten los territorios futuros. Adicionalmente, se señala que esta estimación corresponde a un cálculo paramétrico de orden de magnitud, basado en supuestos y relaciones unitarias observadas en el sistema actual. Por su naturaleza, no sustituye el dimensionamiento y verificación hidráulica detallada que se deberá desarrollar en etapas posteriores de ingeniería.

1.1.1.39. Conducciones de recolección

Las conducciones de recolección tenían una longitud total al año 0 (2022) de 21 km con diámetros variables entre 110 y 900 mm, y de materialidad principalmente en PVC y HDPE. Considerando la población saneada estimada por la empresa sanitaria para dicho año (148.102 hab), se obtiene una relación unitaria de aproximadamente 0,14 m/hab. Bajo un enfoque paramétrico, y aplicando dicha relación, se estima que para abastecer la población saneada proyectada en el Plan de Desarrollo al año 15 (2037) se requeriría una longitud total de conducciones de distribución de 22.937 m.

Utilizando la misma relación para el escenario de Cabida Máxima en el sector Valdivia centro y localidades aledañas (266.359 hab, de los cuales 257.189 hab saneados), la longitud requerida se estima en torno a 35.661 m. En consecuencia, la brecha de infraestructura asociada a este escenario corresponde a aproximadamente 12.724 m de conducciones adicionales. Por otra parte, para el escenario de Cabida Máxima en el sector Valdivia urbano (289.041 hab, de los cuales 279.090 hab saneados), la longitud requerida se estima en torno a 38.698 m. En consecuencia, la brecha de infraestructura asociada a este escenario corresponde a aproximadamente 15.761 m de conducciones adicionales. Esta estimación paramétrica incorpora requerimientos asociados a refuerzos, reposiciones y extensiones de conducciones.

Se señala que la longitud efectiva a adicionar dependerá de la localización espacial de las nuevas demandas y del patrón de desarrollo que adopten los territorios futuros. Adicionalmente, se señala que esta estimación corresponde a un cálculo paramétrico de orden de magnitud, basado en relaciones unitarias observadas en el sistema actual. Por su naturaleza, no sustituye el dimensionamiento y verificación hidráulica detallada que se deberá desarrollar en etapas posteriores de ingeniería.

En esta infraestructura no se realiza balance oferta-demanda para la población de Cabida Máxima.

1.1.1.40. Uniones domiciliarias

Al año 0 (2022), la red contaba con 41.583 uniones domiciliarias, en diámetros variables entre 100 mm y 315 mm. Considerando la población saneada estimada por la empresa sanitaria para dicho año (148.102 hab), se obtiene una relación unitaria de aproximadamente 0,28 ud/hab saneado. Bajo un enfoque paramétrico, y aplicando dicha relación, se estima que para abastecer la población saneada proyectada en el Plan de Desarrollo al año 15 (2037) se requeriría un total de 46.446 uniones domiciliarias.

Para la evaluación de los escenarios de Cabida Máxima se considera una proporción de 0,25 ud/hab saneado (o 4 hab saneados por ud). Utilizando esta relación en el sector Valdivia centro y localidades aledañas (257.189 hab saneados), se estima un requerimiento de 64.297 uniones domiciliarias. En consecuencia, la brecha de infraestructura asociada a este escenario corresponde a aproximadamente 17.851 uniones domiciliarias adicionales. Por otra parte, para el escenario de Cabida Máxima en el sector Valdivia urbano (279.090 hab saneados), se estima un requerimiento en torno a 69.773 uniones domiciliarias. En consecuencia, la brecha de infraestructura asociada a este escenario corresponde a aproximadamente 23.327 uniones domiciliarias adicionales.

4.2.2. Proceso de tratamiento y disposición

La empresa sanitaria cuenta con un sistema de tratamiento secuencial denominado Estación Depuradora de Aguas Servidas (EDAS) Las Mulatas, más una conducción de disposición y un emisario subacuático para la disposición final de las aguas servidas tratadas al Río Valdivia.

1.1.1.41. Plantas tratamiento de aguas servidas

El sistema de tratamiento de las aguas servidas consiste en un pretratamiento preliminar (físico), un tratamiento primario y desinfección de las aguas servidas tratadas, así como la estabilización, el deshidratado y la disposición de los lodos generados en el proceso.

PTAS preliminar

La empresa sanitaria prevé un aumento en la capacidad de diseño de Planta de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS) preliminar de +160 l/s (2026), con lo cual la capacidad alcanzaría 740 l/s al año 15 (2037). El siguiente cuadro presenta el detalle de caudal de diseño de la PTAS preliminar, según lo proyectado en el Plan de Desarrollo por la empresa sanitaria.

Cuadro 4-11 Capacidad PTAS. Tratamiento preliminar

PTAS	Caudal diseño (l/s)	
	Año 0 (2022)	Año 15 (2037)
Las Mulatas (preliminar)	580	740
Total	580	740

Fuente: Actualización Planes de Desarrollo Aguas Décima. Localidad de Valdivia. 2025

Para el escenario de Cabida Máxima en el sector Valdivia centro y localidades aledañas (266.359 hab), se estima una demanda de 1.048 l/s. En consecuencia, considerando la capacidad proyectada para el horizonte de previsión del Plan de Desarrollo (740 l/s), se concluye que la infraestructura permitiría cubrir aproximadamente el 71% de la demanda del escenario. Por lo anterior, será necesario considerar obras adicionales orientadas a incrementar la capacidad de la PTAS preliminar, a fin de satisfacer la demanda asociada, las que deberán cubrir un **déficit de capacidad del orden de 308 l/s**.

Para el escenario de Cabida Máxima en el sector Valdivia urbano (289.041 hab), se estima una demanda de 1.123 l/s. En consecuencia, considerando la capacidad proyectada para el horizonte de previsión del Plan de Desarrollo (740 l/s), se concluye que la infraestructura permitiría cubrir aproximadamente el 66% de la demanda del escenario. Por lo anterior, será necesario considerar obras adicionales orientadas a incrementar la capacidad de la PTAS preliminar, a fin de satisfacer la demanda asociada, las que deberán cubrir un **déficit de capacidad del orden de 383 l/s**.

El cuadro siguiente presenta el balance de oferta-demanda de caudal de diseño de PTAS preliminar para el horizonte de previsión de la empresa sanitaria y para el escenario de Cabida Máxima.

Cuadro 4-12 Balance oferta-demanda PTAS. Tratamiento preliminar

Escenario	Oferta	Demanda	Superávit / déficit
	Q diseño	Qmax H, total AS	
	l/s	l/s	l/s
Plan de Desarrollo (año 15)	740	720	+20
Cabida Máxima: Valdivia centro y localidades aledañas	740	1.048	-308
Cabida Máxima: Valdivia urbano	740	1.123	-383

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes recogidos

PTAS primario

La empresa sanitaria prevé un aumento en la capacidad de diseño de Planta de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS) primario de +1.320 mg/l-día (2026), con lo cual la capacidad alcanzaría 6.107 mg/l-día al año 15 (2037). El siguiente cuadro presenta el detalle de capacidad de diseño de la PTAS primario, según lo proyectado en el Plan de Desarrollo por la empresa sanitaria.

Cuadro 4-13 Capacidad PTAS. Tratamiento primario

PTAS	Capacidad diseño (mg/l-día)	
	Año 0 (2022)	Año 15 (2037)
Las Mulatas (primario)	4.787	6.107
Total	4.787	6.107

Fuente: Actualización Planes de Desarrollo Aguas Décima. Localidad de Valdivia. 2025

Para el escenario de Cabida Máxima en el sector Valdivia centro y localidades aledañas (266.359 hab), se estima una demanda de 8.556 mg/l-día. En consecuencia, considerando la capacidad proyectada para el horizonte de previsión del Plan de Desarrollo (6.107 mg/l-día), se concluye que la infraestructura permitiría cubrir aproximadamente el 71% de la demanda del escenario. Por lo anterior, será necesario considerar obras adicionales orientadas a incrementar la capacidad de la PTAS primario, a fin de satisfacer la demanda asociada, las que deberán cubrir un **déficit de capacidad del orden de 2.449 mg/l-día**.

Para el escenario de Cabida Máxima en el sector Valdivia urbano (289.041 hab), se estima una demanda de 9.285 mg/l-día. En consecuencia, considerando la capacidad proyectada para el horizonte de previsión del Plan de Desarrollo (6.107 mg/l-día), se concluye que la infraestructura permitiría cubrir aproximadamente el 66% de la demanda del escenario. Por lo anterior, será necesario considerar obras adicionales orientadas a incrementar la capacidad de la PTAS preliminar, a fin de satisfacer la demanda asociada, las que deberán cubrir un **déficit de capacidad del orden de 3.178 mg/l-día**.

El cuadro siguiente presenta el balance de oferta-demanda de capacidad de diseño de PTAS primario para el horizonte de previsión de la empresa sanitaria y para el escenario de Cabida Máxima.

Cuadro 4-14 Balance oferta-demanda PTAS. Tratamiento primario

Escenario	Oferta	Demanda	Superávit / déficit
	Capacidad diseño	Demanda SST	
	mg/l-día	mg/l-día	mg/l-día
Plan de Desarrollo (año 15)	6.107	5.503	+604
Cabida Máxima: Valdivia centro y localidades aledañas	6.107	8.556	-2.449
Cabida Máxima: Valdivia urbano	6.107	9.285	-3.178

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes recogidos

Desinfección efluente

La empresa sanitaria prevé un aumento en la capacidad de diseño del tratamiento de desinfección del efluente de +40 l/s (2034), con lo cual la capacidad alcanzaría 440 l/s al año 15 (2037). El siguiente cuadro presenta el detalle de caudal de diseño de la desinfección del efluente, según lo proyectado en el Plan de Desarrollo por la empresa sanitaria.

Cuadro 4-15 Capacidad PTAS. Desinfección efluente

PTAS	Capacidad diseño (l/s)	
	Año 0 (2022)	Año 15 (2037)
Las Mulatas (desinfección)	400	440
Total	400	440

Fuente: Actualización Planes de Desarrollo Aguas Décima. Localidad de Valdivia. 2025

Para el escenario de Cabida Máxima en el sector Valdivia centro y localidades aledañas (266.359 hab), se estima una demanda de 662 l/s. En consecuencia, considerando la capacidad proyectada para el horizonte de previsión del Plan de Desarrollo (440 l/s), se concluye que la infraestructura permitiría cubrir aproximadamente el 66% de la demanda del escenario. Por lo anterior, será necesario considerar obras adicionales orientadas a incrementar la capacidad de desinfección del efluente, a fin de satisfacer la demanda asociada, las que deberán cubrir un **déficit de capacidad del orden de 222 l/s**.

Para el escenario de Cabida Máxima en el sector Valdivia urbano (289.041 hab), se estima una demanda de 718 l/s. En consecuencia, considerando la capacidad proyectada para el horizonte de previsión del Plan de Desarrollo (440 l/s), se concluye que la infraestructura permitiría cubrir aproximadamente el 61% de la demanda del escenario. Por lo anterior, será necesario considerar obras adicionales orientadas a incrementar la capacidad de desinfección del efluente, a fin de satisfacer la demanda asociada, las que deberán cubrir un **déficit de capacidad del orden de 278 l/s**.

El cuadro siguiente presenta el balance de oferta-demanda de capacidad de diseño de desinfección del efluente para el horizonte de previsión de la empresa sanitaria y para el escenario de Cabida Máxima.

Cuadro 4-16 Balance oferta-demanda PTAS. Desinfección efluente

Escenario	Oferta	Demanda	Superávit / déficit
	Q diseño	Qmed, total AS	
	l/s	l/s	l/s
Plan de Desarrollo (año 15)	440	426	+14
Cabida Máxima: Valdivia centro y localidades aledañas	440	662	-222
Cabida Máxima: Valdivia urbano	440	718	-278

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes recogidos

1.1.1.42. Plantas elevadoras de disposición

El sistema no cuenta con plantas elevadoras de disposición.

1.1.1.43. Conducciones de disposición (emisarios)

El sistema cuenta con dos conducciones secuenciales de disposición, una terrestre y una submarina.

Conducción terrestre de disposición

Las aguas servidas tratadas son conducidas hasta el emisario subacuático que descarga al río Valdivia por medio del denominado Emisario Las Mulatas. Al año 0 (2022) este emisario terrestre tenía un diámetro de 900 mm, una longitud de 2.544 m, y una capacidad de porteo de 900 l/s.

Cuadro 4-17 Conducciones de disposición. Conducción terrestre

Nombre	Tipo	Diámetro (mm)	Longitud total (m)	Capacidad de porteo, Q _{max} (l/s)
Emisario PTAS Valdivia (terrestre)	Aducción	900	2.544	900

Fuente: Actualización Planes de Desarrollo Aguas Décima. Localidad de Valdivia. 2025

La empresa sanitaria no prevé un aumento en la capacidad de diseño de la conducción terrestre de disposición, con lo cual la capacidad se mantendría en 900 l/s hasta el año 15 (2037). El siguiente cuadro presenta el detalle de caudal de diseño de esta conducción, según lo proyectado en el Plan de Desarrollo por la empresa sanitaria.

Cuadro 4-18 Capacidad disposición. Conducción terrestre

Conducción	Capacidad diseño (l/s)	
	Año 0 (2022)	Año 15 (2037)
Emisario PTAS Valdivia (terrestre)	900	900
Total	900	900

Fuente: Actualización Planes de Desarrollo Aguas Décima. Localidad de Valdivia. 2025

Para el escenario de Cabida Máxima en el sector Valdivia centro y localidades aledañas (266.359 hab), se estima una demanda de 1.048 l/s. En consecuencia, considerando la capacidad proyectada para el horizonte de previsión del Plan de Desarrollo (900 l/s), se concluye que la infraestructura permitiría cubrir aproximadamente el 86% de la demanda del escenario. Por lo anterior, será necesario considerar obras adicionales orientadas a incrementar la capacidad de la conducción terrestre de disposición, a fin de satisfacer la demanda asociada, las que deberán cubrir un **déficit de capacidad del orden de 148 l/s**.

Para el escenario de Cabida Máxima en el sector Valdivia urbano (289.041 hab), se estima una demanda de 1.123 l/s. En consecuencia, considerando la capacidad proyectada para el horizonte de previsión del Plan de Desarrollo (900 l/s), se concluye que la infraestructura permitiría cubrir aproximadamente el 80% de la demanda del escenario. Por lo anterior, será necesario considerar obras adicionales orientadas a incrementar la capacidad de la conducción terrestre de disposición, a fin de satisfacer la demanda asociada, las que deberán cubrir un **déficit de capacidad del orden de 223 l/s**.

El cuadro siguiente presenta el balance de oferta-demanda de capacidad de la conducción terrestre de disposición para el horizonte de previsión de la empresa sanitaria y para el escenario de Cabida Máxima.

Cuadro 4-19 Balance oferta-demanda disposición. Conducción terrestre

Escenario	Oferta	Demanda	Superávit / déficit
	Q diseño	Qmax H, total AS	
	l/s	l/s	l/s
Plan de Desarrollo (año 15)	900	720	+180
Cabida Máxima: Valdivia centro y localidades aledañas	900	1.048	-148
Cabida Máxima: Valdivia urbano	900	1.123	-223

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes recogidos

Conducción submarina de disposición

El agua servida tratada es dispuesta en el río Valdivia por medio de un emisario subacuático. Al año 0 (2022) este emisario tenía un diámetro de 900 mm, una longitud de 193 m, y una capacidad de porteo de 900 l/s.

Cuadro 4-20 Conducciones de disposición. Conducción submarina

Nombre	Diámetro (mm)	Longitud total (m)	Capacidad de porteo, Qmax (l/s)
Emisario PTAS Valdivia (submarina)	900	193	900

Fuente: Actualización Planes de Desarrollo Aguas Décima. Localidad de Valdivia. 2025

La empresa sanitaria no prevé un aumento en la capacidad de diseño de la conducción submarina de disposición, con lo cual la capacidad se mantendría en 900 l/s hasta el año 15 (2037). El siguiente cuadro presenta el detalle de caudal de diseño de esta conducción, según lo proyectado en el Plan de Desarrollo por la empresa sanitaria.

Cuadro 4-21 Capacidad disposición. Conducción submarina

Conducción	Capacidad diseño (l/s)	
	Año 0 (2022)	Año 15 (2037)
Emisario PTAS Valdivia (submarina)	900	900
Total	900	900

Fuente: Actualización Planes de Desarrollo Aguas Décima. Localidad de Valdivia. 2025

Para el escenario de Cabida Máxima en el sector Valdivia centro y localidades aledañas (266.359 hab), se estima una demanda de 1.048 l/s. En consecuencia, considerando la capacidad proyectada para el horizonte de previsión del Plan de Desarrollo (900 l/s), se concluye que la infraestructura permitiría cubrir aproximadamente el 86% de la demanda del escenario. Por lo anterior, será necesario considerar obras adicionales orientadas a incrementar la capacidad de la conducción submarina de disposición, a fin de satisfacer la demanda asociada, las que deberán cubrir un **déficit de capacidad del orden de 148 l/s**.

Para el escenario de Cabida Máxima en el sector Valdivia urbano (289.041 hab), se estima una demanda de 1.123 l/s. En consecuencia, considerando la capacidad proyectada para el horizonte de previsión del Plan de Desarrollo (900 l/s), se concluye

que la infraestructura permitiría cubrir aproximadamente el 80% de la demanda del escenario. Por lo anterior, será necesario considerar obras adicionales orientadas a incrementar la capacidad de la conducción submarina de disposición, a fin de satisfacer la demanda asociada, las que deberán cubrir un **déficit de capacidad del orden de 223 l/s**.

El cuadro siguiente presenta el balance de oferta-demanda de capacidad de la conducción terrestre de disposición para el horizonte de previsión de la empresa sanitaria y para el escenario de Cabida Máxima.

Cuadro 4-22 Balance oferta-demanda disposición. Conducción submarina

Escenario	Oferta	Demanda	Superávit / déficit
	Q diseño	Qmax H, total AS	
	l/s	l/s	l/s
Plan de Desarrollo (año 15)	900	720	+180
Cabida Máxima: Valdivia centro y localidades aledañas	900	1.048	-148
Cabida Máxima: Valdivia urbano	900	1.123	-223

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes recogidos

5. INFRAESTRUCTURA DE AGUAS LLUVIAS

En este capítulo se resumen los criterios de diseño y consideraciones que se tendrán en cuenta para formular la factibilidad de aguas lluvias para la comuna de Valdivia.

El primer Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias de Valdivia data de 2002, conforme a la condición definida en la Ley N° 19.525 de 1997, que determinó un plazo máximo de cinco años para la aprobación de "los planes maestros que definirán las redes primarias de evacuación y drenaje de aguas lluvias en las ciudades y centros poblados de más de 50.000 habitantes". Acorde a dicho cuerpo legal, los Planes corresponden a un instrumento de planificación del drenaje para el área urbana actual y para sus zonas de expansión en un horizonte de 30 años, definiendo la red primaria de evacuación – con obras a cargo del MOP – y la red secundaria – a cargo del MINVU –. La actualización del Plan se realizó a través de un estudio encargado por la Dirección de Obras Hidráulicas del MOP a AC Ingenieros Consultores en 2012-2013 denominado, Consultoría PM-36 Actualización y Ampliación Cobertura Plan Maestro de Aguas Lluvias, Valdivia, XIV Región de Los Ríos. El Plan identificó y caracterizó la infraestructura existente, efectuó un diagnóstico de la situación actual y futura y generó una propuesta de soluciones y recomendaciones. En específico, consideró cuatro sistemas de modelación estructurados en torno a los cauces naturales:

- ✓ **Sector Norte**, comprendido por Las Ánimas, Santa Rosa y Cabo Blanco, vinculado a los ríos Calle Calle, Cau Cau y estero Santa Rosa;
- ✓ **Isla Teja**, rodeado por los ríos Valdivia, Cau Cau y Cruces;
- ✓ **Barrios Bajos**, conectado al río Valdivia y a los humedales del sector sur de la ciudad;
- ✓ **Sector Suroriente**, integrando el polígono conformado entre los ríos Calle Calle por el norte y Angachilla por el sur y por los esteros Collico y Leña Seca por el oriente.

5.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El "área de estudio" del Plan Maestro vigente, comprende el área urbana definida en el Plan Regulador en proceso de aprobación, en el año 2013, con excepción de los terrenos ubicados al oriente del río Cruces y Río Valdivia a partir de la confluencia con el Río Cruces.

El "área de la cuenca aportante", para efectos de este estudio incluye todas las cuencas aportantes de escorrentía que afectan, directa o indirectamente, el área de estudio (zonas urbanas y su proyección) o sus soluciones, para las cuales se evaluaron los parámetros hidrometeorológicos, hidráulicos, hidrológicos, geomorfológicos, de suelos y otros señalados en las secciones correspondientes.

El clima predominante en la comuna corresponde al clima de costa occidental con influencia mediterránea, propio de la depresión intermedia y la Cordillera de la Costa. La precipitación media anual supera los 2.000 mm, siendo los meses más lluviosos mayo, junio y julio, con una precipitación de entre 283 y 326 mm mensuales.

La temperatura diaria promedio entrega un valor de 12,9 °C al año, con máximas en los meses de diciembre, enero y febrero, la que fluctúa entre los 17,1 y 18,2 °C promedio, en tanto que la temperatura diaria promedio mínima corresponde a 7,8 °C en agosto.

El subsistema estuario, que es navegable en casi toda su extensión, presenta grandes sectores de vegas post-glaciales, las que sufren anegamientos en forma periódica o están permanentemente sumergidas. El terremoto de 1960, que significó el hundimiento de grandes superficies de terreno del estuario, cambió las condiciones topográficas, incorporando nuevos terrenos al área afectada por los efectos de mareas y haciendo más importantes los efectos de ésta sobre otras áreas.

El efecto de las mareas se transmite río arriba, en el caso del río Calle - Calle, casi 15 Km hasta la localidad de Pishuenco. Los ríos que aportan al subsistema son el Cruces, Ñaque, Nahuilán, Futa y Calle - Calle. Además, frente a la ciudad de Valdivia se unen los ríos Calle - Calle y Cau-Cau, dando origen al río Valdivia.

5.2. INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

La infraestructura, está formada por las redes existentes que son colectores de aguas lluvia, unitarios, canales urbanos y cauces naturales urbanos, que incorporan los denominados "Humedales" existentes en el sector norte, la Isla Teja y en el sector sur de la ciudad.

Adicionalmente, forman parte de la red de drenaje superficial las principales calles y avenidas de la ciudad, ya sea actuando como superficies recolectoras que concentran las aguas hacia los sumideros de aguas lluvias, o directamente como verdaderos "cauces artificiales" que conducen las aguas lluvias hasta sectores de menor cota. A diferencia del Plan Maestro de 2002, en que gran parte de la red era de antigua data, unos 40 a 50 años, la cual producto del terremoto de mayo de 1960 tuvo que ser en gran parte reconstruida en conjunto con el sistema vial, con el catastro de la Actualización del Plan Maestro de Aguas Lluvias de Valdivia, 2014, se observó que se ha materializado una gran cantidad de nuevos colectores de aguas lluvias asociados a sanear sectores emblemáticos con problemas de inundación como lo eran los Barrios Bajos, o asociados a mejoramientos viales como el caso de Av. Pedro Montt, Picarte, Pedro Aguirre Cerda, Sedeño, Bombero Hernández, entre otros.

En cuanto a su estado de mantención, debe señalarse que en general la red de evacuación de aguas lluvias se encuentran en buenas condiciones, salvo algunos casos en que se proponen mejoramientos y refuerzos a las redes existentes. En cuanto a la red de colectores existente, la de colectores de aguas lluvias tiene una extensión total de casi 53 km, con diámetros variables entre 110 y 1.500 mm. Por su parte, la red de colectores unitarios tiene una extensión total algo superior a los 5.160 m, con diámetros de colectores que varían entre 175 y 1.000 mm. Ubicados principalmente en el sector de Barrios Bajos.

La red unitaria cuenta con aliviaderos de tormenta que permiten descargar parte de los caudales excedentes a los ríos Calle - Calle, Valdivia y Cruces, sin embargo, no se dispone de una descripción pública oficial por parte de la empresa con número exacto,

ubicación o detalles técnicos de estos aliviaderos, más allá de referencias en estudios territoriales y operacional histórico.

En el estudio Plan Maestro Borde Fluvial Valdivia 2022, elaborado por la Dirección de Planeamiento del Ministerio de Obras Públicas, se indica que existían nueve aliviaderos de tormenta en la red de aguas servidas unitaria que, en circunstancias eventuales y excepcionales, pueden descargar agua servida mezclada con aguas pluviales, en forma directa al cauce. Adicionalmente, indica que existen puntos de la ciudad en los que las cámaras de aguas lluvias reciben aguas servidas cercanas, presumiblemente por falta de conexión particular al sistema de recolección de aguas servidas que provee la empresa sanitaria, por lo que éstas debieran llegar al río. Entre los puntos cercanos al borde fluvial este catastro identifica: Av. Ecuador próximo al sector de Punta de Rieles; Blanco Encalada, en Collico; Villa Camino de Luna, Pasaje 1, en Collico; y Bombero Classing con Los Conales, en Las Ánimas.

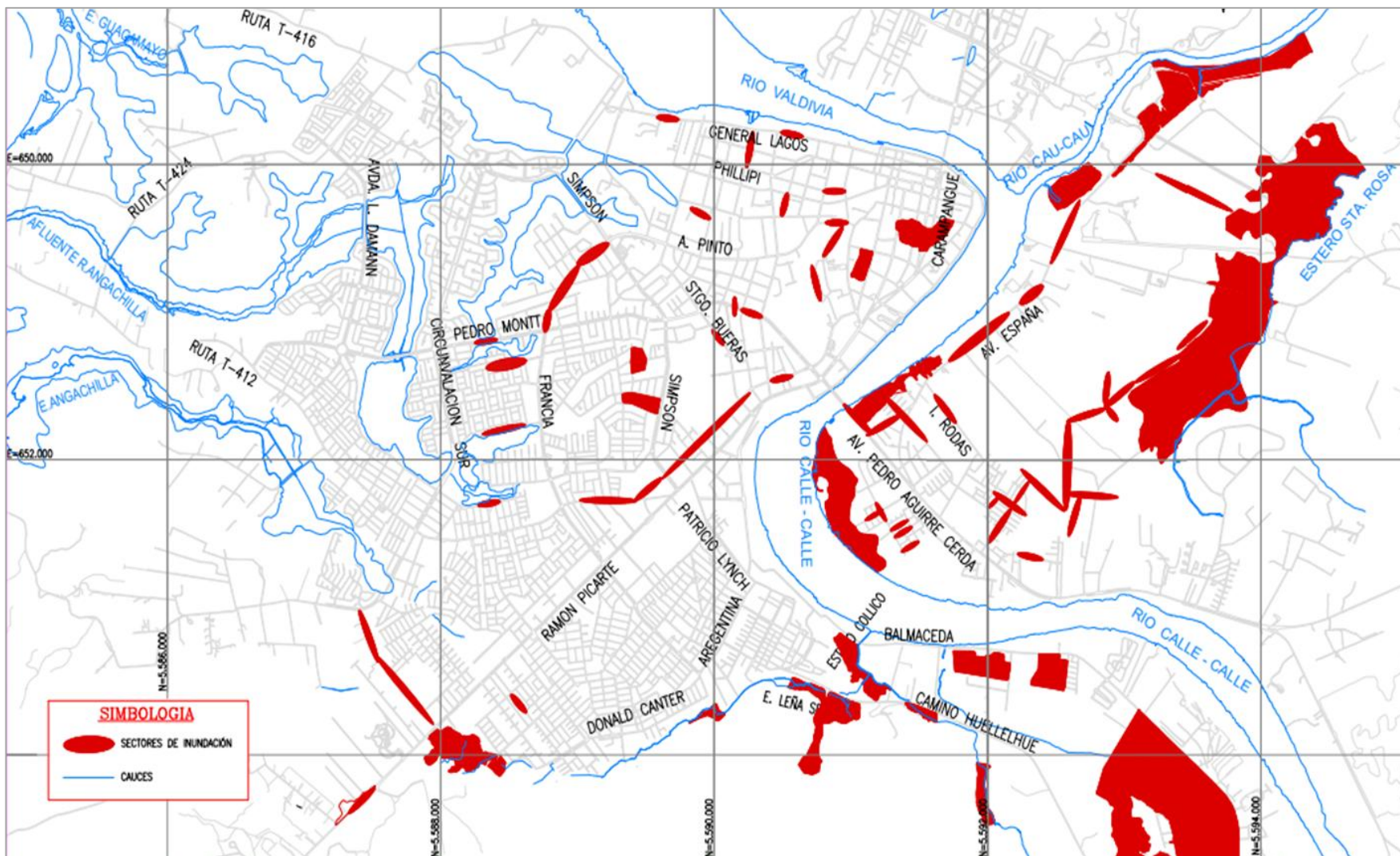
Respecto de los canales urbanos, en la ciudad de Valdivia, se ha abovedado el estero Catrico en los Barrios Bajos, y se han materializado mejoras en algunos cauces como el estero Leña Seca, sin embargo, aún existen pequeños canales, cuya única finalidad es la evacuación de las aguas lluvias, para los cuales se proyectan mejoras y refuerzos, sobre todo en el sector Norte y Collico.

5.3. DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE AGUAS LLUVIA

El estudio de Actualización Plan Maestro de Aguas Lluvias identifica los sectores del área de estudio con problemas de inundación. Para ello consideró antecedentes tanto de fuentes documentales como información obtenida directamente en terreno durante el desarrollo del estudio, lo que se efectuó mediante encuestas a representantes de las juntas de vecinos y a personas directamente afectadas por inundaciones en los diferentes sectores que presentan este tipo de problemas, así como a partir de visitas a terreno en días de lluvia.

En la figura siguiente, se presenta un esquema de las áreas con problemas de inundación, en la comuna de Valdivia, al año 2014.

Ilustración 5-1 Territorio operativo vigente. Plan de desarrollo empresa sanitaria



Fuente: Actualización y Ampliación Cobertura Plan Maestro De Aguas Lluvia Valdivia, XIV Región De Los Ríos. 2014

El sistema de drenaje está constituido por la red de drenaje natural, conformada por el río Valdivia, esteros, hualves, lagunas, quebradas y cauces ocasionales, y una red artificial compuesta por colectores de aguas lluvias, colectores unitarios, canales y calles. Algunos de los elementos de drenaje, como el río Valdivia y el estero Santa Rosa, no son parte de los elementos modelados, sino que constituyen una condición de borde del sistema de drenaje que descarga a dicho cauce principal.

De acuerdo a lo señalado en el estudio de Actualización Plan Maestro de Aguas Lluvias de Valdivia, el comportamiento del río Valdivia ha sido estudiado en el Plan Maestro 2002, mientras que para el estero Santa Rosa se realizaron mediciones en terreno que permitieron relacionar su comportamiento con el efecto de las mareas y el río Valdivia.

Las principales conclusiones para cada uno de los cuatro sectores considerado se resumen a continuación:

5.3.1. Sector Suroriente

De acuerdo a los resultados obtenidos en el Plan Maestro 2002, la duración que maximizaba los caudales en esta zona era la de 30 min, sin embargo, para el sistema analizado en el estudio de actualización la lluvia que maximiza los caudales de esta zona es la de 6 hrs.

En términos de infraestructura de red primaria, en esta área se han desarrollado pocos proyectos para el área que abarca, algunas de las modificaciones que se han catastrados son la intervención de los cauces que descargan al río Angachilla, el mejoramiento de la Avda. Pedro Montt y el colector García Reyes ubicado en la zona más cívica ubicada al norte del sector de barrios bajos. A pesar de lo anterior, no existen mayores problemas de aguas lluvias, en el sector. Entre los problemas existentes, se pueden mencionar el apozamiento que se produce en calle Picarte Circunvalación, el que se debe a la mala condición en que se encuentra la descarga de aguas lluvias del sistema de sumideros que existe, además corresponde a una zanja cuyo trazado ingresa a una propiedad privada. También se puede mencionar la gran cantidad de aguas lluvias que llega al hualve Afluente al río Angachilla, entre calles San Luis y Nva. San Luis a la altura de Rubén Darío, donde también existe un problema sanitario, al encontrarse en este sector un aliviadero de tormentas de la red de aguas servidas de la empresa sanitaria.

Entre las calles modeladas hay algunas que presentan alturas de escurrimiento mayores a 15 cm., para T=5, entre las que se pueden mencionar Diego de Almagro, San Valentín, San Esteban entre otras. En este sector se han modelado 21 zonas de embalse, donde las aguas lluvias se depositan y generan zonas de inundación, todos estos sectores corresponden a sitios baldíos, parques, canchas o sectores no habitacionales, en que estos apozamientos no generan mayor inconveniente para la ciudadanía. Tres de las 21 zonas de embalses no presentan acumulación de aguas para los periodos de retorno utilizados en el diagnóstico.

5.3.2. Sector Barrios Bajos

De acuerdo a los resultados obtenidos en el Plan Maestro 2002, la duración que maximizaba los caudales en esta zona era la de 20 min, sin embargo, para el sistema analizado en el estudio de actualización, la lluvia que maximiza los caudales de esta zona es la de 18 hrs.

De acuerdo al Plan Maestro 2002, esta era una de las zonas con mayores problemas de evacuación de aguas lluvias en Valdivia, sin embargo con la construcción de los Colectores Clemente Escobar, Phillipi y Catrico, se han solucionado bastantes problemas, quedando sólo algunos sectores aislados con problemas debido a la existencia de puntos bajos o a la no pavimentación de las Calles.

5.3.3. Sector Isla Teja

De acuerdo a los resultados obtenidos en el Plan Maestro 2002, la duración que maximizaba los caudales en esta zona era la de 15 min, sin embargo, para el sistema analizado en la presente actualización la lluvia que maximiza los caudales de esta zona es la de 6 hrs.

En términos de infraestructura de red primaria, en esta área se han desarrollado pocos proyectos pues la mayoría son colectores secundarios asociados a desarrollos inmobiliarios. La red existente no presenta mayores problemas de drenaje, no existiendo problemas de aguas lluvias debido a la falta de colectores, además con las nuevas urbanizaciones que se han realizado, se han mejorado colectores y sus descargas. De acuerdo a la modelación realizada existe sólo un par de calles que superan los 15 cm. de altura de agua, pero para un periodo de retorno de $T=10$ años donde el caudal generado es el mayor de los evaluados y para el cual la infraestructura existente no fue diseñada. Otra condición de drenaje que favorece a la Isla es que los colectores no deben recorrer grandes distancias para realizar su descarga de aguas lluvias, existiendo receptores a todo su alrededor y 2 hualves en su interior.

5.3.4. Sector Norte

De acuerdo a los resultados obtenidos en el Plan Maestro 2002, la duración que maximizaba los caudales en esta zona era la de 15 min, sin embargo, para el sistema analizado en la presente actualización la lluvia que maximiza los caudales de esta zona es la de 18 hrs.

Dentro de esta zona el sector más afectado por las aguas lluvias es el que involucra a la Población Norte Grande 2, ubicada entre las calles Pedro Aguirre Cerda, Sedeño e Isabel Rodas, presentando desbordes y fuertes flujos en las calles para periodo de retorno 2, además que en su interior se encuentra 4 de los 12 nodos de acumulación.

En general el Sector Norte, presenta sectores bajos con cotas de entre 0 y 4m, siendo las menores las que se encuentran cercanas a los cauces receptores, rio Calle Calle y estero Santa Rosa, por lo que muchos de los colectores y canales que descargan a estos cauces, se ven influenciados por los efectos de las mareas, lo que limita la evacuación de las aguas lluvias. Además producto de esta influencia, los terrenos se

encuentran permanentemente saturados por lo que su capacidad de infiltración se ha considerado nula.

5.4. EROSIÓN Y DEFORESTACIÓN

Respecto del problema de erosión y deforestación, se estima que no deben esperarse grandes cambios de las condiciones de los regímenes de caudales y tasas de erosión por actividades forestales asociadas al problema de aguas lluvias en la ciudad de Valdivia. Aun cuando el desarrollo forestal es una realidad para la zona, Valdivia está rodeada por grandes ríos (Calle-Calle, Cruces, Valdivia) cuyos regímenes a la altura de la ciudad son los de un estuario. Las condiciones del estuario regulan fuertemente los aportes en términos de caudales líquidos y sólidos de las pequeñas cuencas urbanas y peri-urbanas. Los niveles de las aguas en el estuario, que afectan la descarga de las aguas lluvias de la ciudad, están influenciados por los aportes de los grandes ríos y la influencia de la marea, cuyo efecto se siente hasta aguas arriba incluso que la ciudad.

En estas pequeñas cuencas urbanas y peri-urbanas, los efectos de las lluvias vendrán por la creciente urbanización y consiguiente impermeabilización de la superficie de los terrenos, más que por grandes cambios de uso de suelo asociados a actividades forestales. En el área de estudio asociada a la Actualización del Plan Maestro, no existen sectores de altas pendientes que se vayan a modificar producto de la materialización de loteos, caminos u obras de aguas lluvias, en donde la deforestación juega un rol importante en la magnitud de la escorrentía superficial.

5.5. CARACTERIZACIÓN DE LOS EVENTOS DE INUNDACIÓN EN VALDIVIA

Parte importante de la ciudad se desarrolla sobre las terrazas fluviales y a una altura promedio de 9 m sobre el nivel del río, las que desde la fundación de la ciudad en 1552 no habrían sido alcanzadas por inundaciones (Rojas, 2000). En cambio, los también extensos sectores ubicados a cotas inferiores a 2 m, sobre el nivel del río (Barrios Bajos de la ciudad), con pendientes inferiores a 5% y correspondientes a la llanura aluvial, un nivel freático somero y una alta humedad del suelo, experimentan anegamientos invernales por acumulación de aguas lluvias y por la incapacidad temporal de los sistemas colectores de evacuarlas en periodos de caudales punta del río y precipitaciones intensas y prolongadas sobre la ciudad¹.

En la región de Los Ríos y específicamente en la ciudad de Valdivia, se produce año a año eventos de lluvias que generan problemas de inundaciones y anegamiento en viviendas y calles, caída de árboles y corte de servicios básicos, dejando un importante número de damnificados. Otro problema que se suma a las lluvias intensas son los problemas causados por los vientos, que durante algunas de las tormentas han alcanzado velocidades relevantes, de acuerdo con las informaciones recopiladas en la prensa local. A continuación, se resumen los eventos informados en la prensa de los últimos tres años.

¹ Génesis y manifestación de las inundaciones en el sur de Chile. El caso de la comuna de Valdivia durante el siglo XX. Prof. Carlos Rojas Hoppe. Instituto de Geociencias – Universidad Austral de Chile.

Ilustración 5-2 inundaciones de calles centro de Valdivia



Fuente: Diario de Valdivia, 19 de julio de 2023



Fuente: Diario de Valdivia, 19 de julio de 2023

Cuadro 5-1 Eventos de precipitaciones líquidas relevantes en la ciudad de Valdivia (2021- 2023)

Fecha del evento	Medio informativo	Comentario	Daño		
			Calle	Sector	Dañificados
17 de septiembre de 2023				Los albergados se concentran en las comunas de Valdivia y Lago Ranco	Un total de 115 damnificados y 50 personas albergadas
27 de marzo de 2023	Bio Bio Chile.	La alcaldesa de Valdivia, región de Los Ríos, advierte que durante el invierno de este 2023, se volverán a repetir las inundaciones que aquejan a la zona Norte Grande de la ciudad, y a que no se hicieron obras en los alcantarillados			
23 de mayo de 2023	Diario Mafil.	Las intensas lluvias y granizos caídos durante esta jornada de lunes en Valdivia han comenzado a dejar ver sus primeras consecuencias.	Partes de avenida Francia, avenida Simpson y en la esquina de avenida Pedro Montt con Bueras, entre otros.	Como usualmente sucede, se han registrado calles anegadas en algunos sectores de Barrios Bajos, el sector Regional.	
19 de julio de 2023		"Intensas precipitaciones se dejaron caer a lo largo y ancho de la Región de Los Ríos durante la noche del martes y madrugada de este miércoles. Por último, en lo que se refiere a rutas interrumpidas, a primera hora de la mañana se reportó una remoción en masa camino a Coñaripe. "No hay viviendas afectadas" De acuerdo a la información proporcionada por la Dirección Meteorológica de Chile (DMC) se pronostica precipitaciones de intensidad normal a moderada en sectores del litoral y precordillera de la región entre la mañana del jueves 20 y la mañana del viernes 21 de julio.	Las esquinas de calles Errázuriz con avenida Simpson en la capital regional, queda completamente inundada. Asimismo, conductores reportaron que sectores adyacentes a las calles Martínez de Rosas con Pedro Montoya, salida sur de la ciudad, también se encontraban anegados por las aguas lluvias.	Otro punto afectado involucró al sector de Torobajo, Curiranco, Meluin y adyacentes, donde se produjeron cortes de suministro eléctrico.	
7 de julio de 2022	Diario de Valdivia	A principios de mayo, Oremi lanzó a nivel nacional el Plan Invierno 2022. En esa oportunidad se dieron a conocer los 229 puntos críticos que existen en la Región de Los Ríos y se informó que las comunas que registran mayor cantidad de estas zonas vulnerables son Panguipuil, con 49, además de Valdivia y Corral, con 29 cada una.		Algunos de los sectores considerados por Oremi como vulnerables, son: Beneficencia, Don Bosco, Isla Teja, Miraflores, Collico, Estación, San Martín, San Luis, Parque Krahmer, Convi, Holzappel, avenida Francia, O'Higgins y avenida Alemania. En tanto, algunos otros puntos mencionados por la ciudadanía a través de redes sociales durante los últimos eventos meteorológicos (28 de junio de 2022), son los siguientes: loteo Petersen frente al campamento Las Mulatas, pasaje Rojas, calle Bertoloto y calle Chuquicamata, en la población Norte Grande, entre otros.	
1 de julio de 2022	Diario Uach.	Ciento cincuenta y un milímetros de lluvia cayeron el martes en Valdivia en 24 horas. Esta semana, la ONEMI de la Región de Los Ríos declaró dos veces alerta temprana preventiva por lluvias y vientos de normales a moderados (lunes 27 y miércoles 29 de junio).	Calles inundadas y caída de árboles figuran entre las consecuencias del temporal		
29 de junio de 2022		Frente de mal tiempo dejó inundaciones en Valdivia, entre otras comunas. En el puerto de Corral y en el río Valdivia se suspendió la navegación para todo tipo de embarcaciones. Caídas de árboles, calles anegadas y voladura de techumbres fueron las principales consecuencias dejadas por el ingreso de un sistema frontal a la región de Los Ríos y que estuvo marcado por fuertes vientos e intensas precipitaciones. Pese a la fuerza del fenómeno natural, la región respondió de buena manera. No se registraron personas damnificadas, aisladas, ni fallecidas a causa del temporal. En cuanto a conectividad, se vio afectada principalmente por vía marítima y lacustre.	Inundación de calles Beneficencia y en Toribio Medina, pero también en calle Arica y en la población Norte Grande, difíciles de contrarrestar porque esas calles se deben rediseñar para que las salidas de agua cambien de rumbo.	En este frente de mal tiempo se produjeron anegamientos en sectores ubicados cerca de canales que aumentan su caudal con la lluvia". En la Norte Grande también ocurre que un canal cercano que se desborda a causa de la basura y escombros, que depositan los vecinos.	
28 de junio de 2022	Diario de Valdivia	La presente jornada ya había sido anunciada como una extremadamente lluviosa, a las 13.00 horas, la estación del Centro de Humedales Río Cruces (Cetum), ya había registrado 122,4 mm de agua caída.			
24 de junio de 2021		El sistema frontal que este jueves afecta a la zona sur del país, ha dejado serias consecuencias, sobre todo en la región de Los Ríos.		Durante esta jornada, al menos siete familias del sector Pilolcura, en la zona costera de Valdivia, se encuentran aisladas tras el desborde de un estero.	
9 de julio de 2020	Noticiero TVN.	Precipitan más de 60 mm	Se anegan calles San Luis, Errázuriz, Barrios Bajos y Collico.		

Fuente: información de prensa 2021 – 2023. Elaboración propia

Los meses más lluviosos en la ciudad de Valdivia se concentran en el periodo entre mayo y agosto. En la ciudad y comuna de Valdivia se pueden reconocer varios tipos de inundaciones. Los efectos de aluviones y crecidas fluviales se hacen sentir con mucha frecuencia durante el invierno en la zona andina y pre andina, provocando el aislamiento de poblados o comunidades rurales por cortes de camino y destrucción de puentes como ocurrió en los inviernos de 1999, 2000 y 2004. La mayor parte de los casos responde a eventos extremos del tipo inundación relámpago, desencadenados por cuencas relativamente pequeñas. También deben mencionarse inundaciones en poblados lacustres generadas por aumento del nivel del espejo de agua de algunos lagos a consecuencia de precipitaciones invernales importantes, como ocurrió en torno al lago Panguipulli (1961, 1976, 1978, 1982 y 2000). Menos frecuente, pero más intensas, suele ser las inundaciones asociadas a represamientos artificiales o naturales de los ríos que descargan a lagos; es el caso de las inundaciones de los poblados de Coñaripe y Riñihue y de la ciudad de Panguipulli con ocasión de los trabajos de desagüe del obstruido río San Pedro por el terremoto de mayo de 1960. Otra categoría de inundaciones se genera por intensas y prolongadas precipitaciones en áreas extensas, produciéndose desbordes de grandes ríos que afectan a ciudades y pueblos a lo largo del curso del río Calle-Calle, particularmente a la comuna y ciudad de Valdivia.

Del total de 70 eventos estudiados de inundaciones habidos en la comuna entre 1899 y 2006 cuatro de ellos (6%) pueden clasificarse como de gran magnitud. Estos son los de julio de 1899, julio de 1922, mayo de 1949 y julio de 1960. Inundaciones medianas (14%) fueron las de julio (9-10) de 1928, agosto (7-8) de 1932, junio (24-27) de 1949, mayo-junio (29/5 – 4/6) de 1961, Junio (23-26) de 1963, agosto (9 y 14-17) de 1965, Julio (19-21) de 1978; julio (19-20) de 1982, y junio (3-5) de 2000. En tanto, las 56 restantes pueden considerarse como pequeñas inundaciones (80%).

Cuadro 5-2 Génesis de las inundaciones en la comuna de Valdivia (1899-2006)

Tipología de inundación	Origen	Ejemplo
Por condiciones climáticas	Inundaciones generadas por aumento de caudal a consecuencia de intensas y/o prolongadas precipitaciones (generalmente invernales u otoñales) en la cuenca del río Calle - Calle/Valdivia.	3-5 de junio de 2000. Intensas y prolongadas lluvias en la cuenca, con valores record para Valdivia en los últimos 46 años (máx. 155,2 (mm/24 hrs) generaron aumentos de caudal que desbordaron el río.
Por impacto de Tsunamis	Inundaciones causadas por los efectos de tsunamis en la bahía de Corral, que remontan el estuario y repercuten en las riberas del río Valdivia y sus tributarios.	22 de mayo de 1960. Sismo Mw=9,5 que generó un Tsunami en la Bahía de Corral. Complejo efecto de tapón y masa de agua remontante.
Por represamientos de desagües lacustres	Inundaciones asociadas a represamientos, por movimientos de remoción de masas de origen sísmico o artificial, de los ríos que desaguan a una cuenca lacustre. Incluye la inundación de las riberas lacustres por alzamiento de la cota de las aguas, y las inundaciones generadas por la ulterior avenida al liberarse las aguas represadas.	25-29 de julio de 1960. Desagüe de aguas acumuladas en el lago Riñihue (3.000 millones de m ³) por obstrucción de su desagüe a consecuencia del sismo de 22.05.60. Inundaciones a lo largo de todo el curso medio e inferior del río Calle-Calle/valdivia.

Fuente: Génesis y manifestación de las inundaciones en el sur de Chile. El caso de la comuna de Valdivia durante el siglo XX. Prof. Carlos Rojas Hoppe. Instituto de Geociencias – Universidad Austral de Chile

5.6. PROGRAMA INVIERNO SENAPRED

El Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres (SENAPRED) ejecuta anualmente el "Programa Invierno" a nivel nacional, regional y comunal, mediante el cual se identifican y actualizan puntos críticos de cada comuna con el objetivo de prevenir y reducir los riesgos asociados a lluvias, nevadas y otros eventos meteorológicos propios del período otoño-invierno. Un punto crítico corresponde a un sector del territorio identificado por la recurrencia de eventos meteorológicos – principalmente precipitaciones– que han generado impactos en viviendas, caminos, servicios básicos u otros elementos relevantes.

El Programa Invierno 2025 identificó 429 puntos críticos en la Región de Los Ríos, de los cuales 49 corresponden a la comuna de Valdivia. De estos 49 puntos, 21 fueron clasificados como de "alto riesgo". En el cuadro siguiente se presenta el detalle, por sector, de puntos críticos de alto riesgo asociados a desborde de cauces, anegamiento de caminos, flujos detríticos y colapso de colectores de aguas lluvias, en la comuna de Valdivia.

Cuadro 5-3 Puntos críticos de alto riesgo asociados a aguas lluvias. Comuna de Valdivia

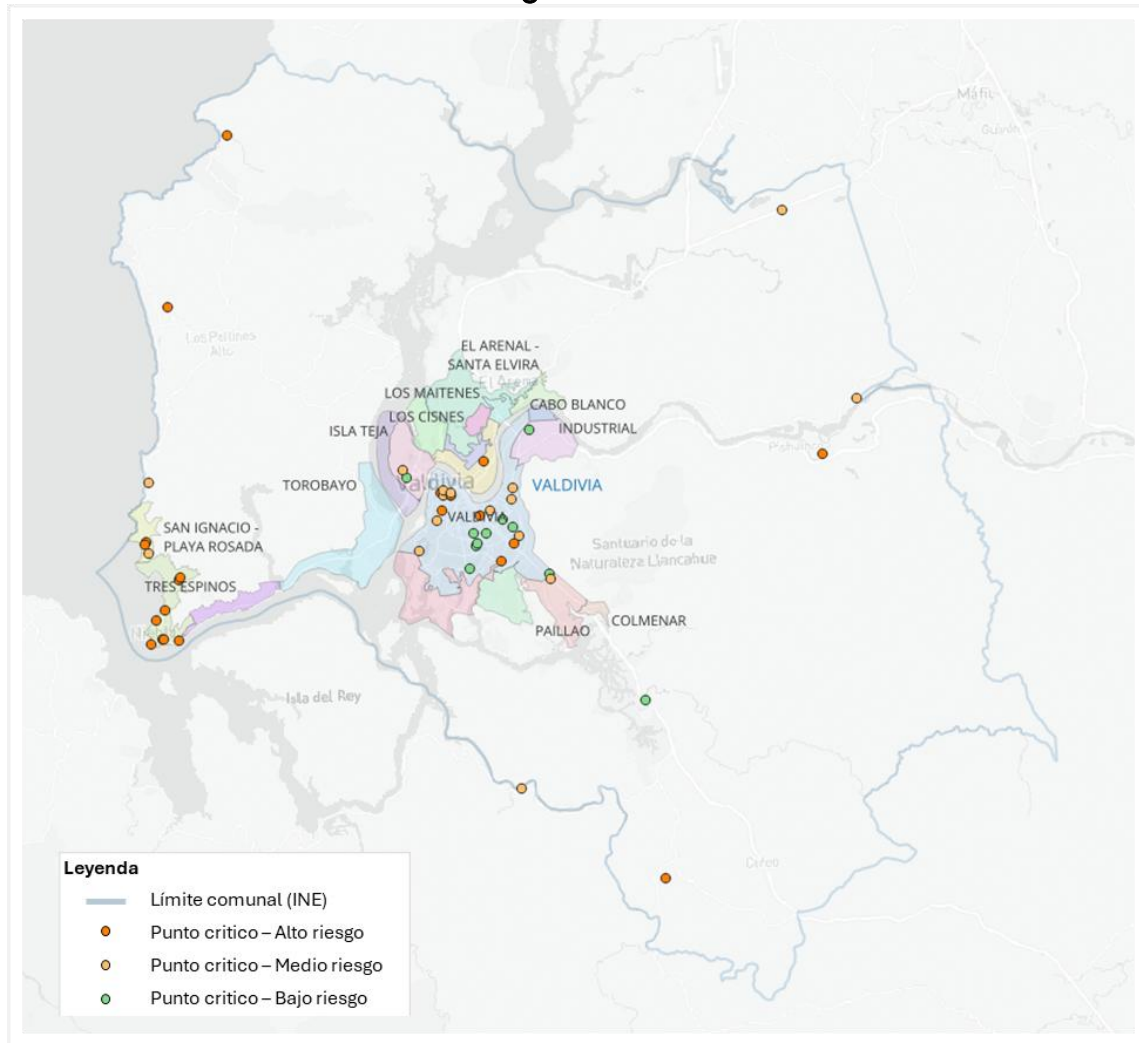
Riesgo	Sector	Causa	Acciones
Alto	Av. Circunvalación	Inundación por desborde de cauce	Limpieza de acequias, canales de regadío, esteros
Alto	Beneficencia	Colapso colectores de aguas lluvia/alcantarillados	Mantención de sistemas de alcantarillado
Alto	Curiñanco	Inundación por desborde de cauce	Limpieza de acequias, canales de regadío, esteros
Alto	Errázuriz	Anegamiento de caminos/pasos a desnivel	Mantención de sistemas de alcantarillado
Alto	Gaspar De Ahumada	Colapso colectores de aguas lluvia/alcantarillados	Limpieza - mejoramiento de sistemas de evacuación de aguas lluvias; Mantención de sistemas de alcantarillado
Alto	Isla Huape	Inundación por desborde de cauce	No Aplica
Alto	Norte Grande	Colapso colectores de aguas lluvia/alcantarillados	Mantención de sistemas de alcantarillado; Limpieza de acequias, canales de regadío, esteros
Alto	Pilolcura	Flujos de barro/detritos (Aluvión)	Reforzamiento de taludes
Alto	Av. Circunvalación	Inundación por desborde de cauce	Limpieza de acequias, canales de regadío, esteros
Alto	Beneficencia	Colapso colectores de aguas lluvia/alcantarillados	Mantención de sistemas de alcantarillado
Alto	Curiñanco	Inundación por desborde de cauce	Limpieza de acequias, canales de regadío, esteros
Alto	Errázuriz	Anegamiento de caminos/pasos a desnivel	Mantención de sistemas de alcantarillado
Alto	Gaspar De Ahumada	Colapso colectores de aguas lluvia/alcantarillados	Limpieza - mejoramiento de sistemas de evacuación de aguas lluvias; Mantención de sistemas de alcantarillado
Alto	Isla Huape	Inundación por desborde de cauce	No Aplica

Riesgo	Sector	Causa	Acciones
Alto	Norte Grande	Colapso colectores de aguas lluvia/alcantarillados	Mantenimiento de sistemas de alcantarillado; Limpieza de acequias, canales de regadío, esteros
Alto	Pilolcura	Flujos de barro/detritos (Aluvi3n)	Reforzamiento de taludes

Fuente: Servicio Nacional de Prevenci3n y Respuesta ante Desastres (SENAPRED), 2025

La ilustraci3n siguiente muestra la ubicaci3n de los puntos cr3ticos en la comuna de Valdivia. Estos puntos se distribuyen mayoritariamente en la zona urbana y el sector costero de la comuna.

Ilustraci3n 5-3 Puntos cr3ticos Programa Invierno 2025. Comuna de Valdivia



Fuente: Elaboraci3n propia a partir de antecedentes recogidos de INE y SENAPRED 2025

5.7. BASES DE DISEÑO

A continuación, se entregan los criterios que se consideraron en el estudio de Actualización Plan Maestro de Valdivia, 2014. A partir de ellos los urbanizadores deberán realizar sus propias estimaciones, ajuste de series hidrológicas, modelos y proponer las bases de diseño las cuales deberán contar con la aprobación de las instituciones encargadas de aprobar los proyectos dependiendo si estos corresponden a redes primarias o secundarias de aguas lluvias.

1.1.1.44. Pluviometría

La precipitación en la zona centro - sur de Chile está relacionada con los sistemas frontales provenientes del Océano Pacífico, los que a su vez son regulados por la dinámica anual del Anticiclón del Pacífico y la variabilidad interanual asociada a El Niño Oscilación del Sur (ENSO) (Aceituno 1988)².

Los registros de precipitación de Valdivia se encuentran entre los más antiguos de Chile y América del Sur, y han sido útiles para identificar uno de los episodios de mayor actividad ENSO entre los años 1877 - 1878, fenómeno que tuvo como consecuencia grandes sequías, enfermedades e inundaciones en distintas regiones del mundo (Aceituno et al. 2008). Si bien, aun es escasa la información acerca de los efectos del AAO (Oscilación Antártica) en el clima de Chile, estudios recientes sugieren a este forzante como el principal modulador de las precipitaciones en la zona sur y austral de Chile (Aravena y Luckman 2009).

Con la información pluviométrica observada en el estudio de actualización Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias de Valdivia, 2014 presenta la estadística de precipitaciones máximas en 24 horas para todas las estaciones consideradas en el Plan Maestro del año 2002, para el periodo 1958 - 2010.

La actualización del Plan Maestro de aguas lluvias propone la estación Llancahue como representativa del área de estudio, dada su cercanía a la ciudad de Valdivia y la extensión de la serie observada de precipitaciones diarias, de casi 30 años, por lo que resulta apropiada para generar las curvas IDF (Intensidad, duración y frecuencia). Por otra parte, dada su condición de estación pluviográfica, posee antecedentes continuos de lluvias cada dos horas desde 1977, lo que proporciona información importante para el cálculo de los coeficientes de duración representativos del régimen de tormentas de la zona. Por otra parte, los coeficientes de frecuencia fueron obtenidos del análisis de frecuencia de la serie ampliada de precipitaciones máximas diarias de la misma estación.

Cabe destacar que en el año 2014 aún no se reflejaba en forma relevante, los eventos de disminución de la pluviometría que se aprecian actualmente en todo el país, por lo que para determinar las bases de diseño de las soluciones de aguas lluvias que requieran los urbanizadores con motivo del estudio de actualización Plan Regulador de

² Cambios en la precipitación de la ciudad de Valdivia (Chile) durante los últimos 150 años. Álvaro González-Reyes, Ariel A Muñoz. Bosque (Valdivia) vol.34 no.2 Valdivia 2013.

Valdivia, actualmente en desarrollo, deberán realizar los estudios hidrológicos actualizando la serie de diseño considerando la variabilidad climática.

Cuadro 5-4 Precipitaciones Máximas en 24 horas para Diferentes Períodos de Retorno [mm]

Estación	Período de retorno					
	2	5	10	25	50	100
Llancahue	69,9	90,6	103,7	119,9	131,6	143,1

Fuente: Actualización y Ampliación Cobertura Plan Maestro De Aguas Lluvia Valdivia, XIV Región De Los Ríos. 2014

1.1.1.45. Fluviometría

El estudio de Actualización Plan Maestro, 2014, utilizó la información fluviométrica generada en el Plan Maestro del año 2002.

1.1.1.46. Estudio de mareas

El estudio de Actualización Plan Maestro, 2014, utilizó la información de mareas generada en el Plan Maestro del año 2002.

1.1.1.47. Curvas Intensidad - Duración - Frecuencia

A continuación, se extractan a partir del estudio Actualización Plan Maestro, 2014, los valores de las curvas de intensidad, duración, frecuencia para diferentes duraciones de tormentas.

Cuadro 5-5 Intensidades por duración y frecuencia [mm/hr] - Estación Llancahue

Duración (hr)	Periodo de retorno					
	2	5	10	25	50	100
0,167	37,32	48,37	55,39	64,01	70,27	76,43
0,333	26,06	33,78	38,69	44,70	49,08	53,38
0,500	20,66	26,78	30,67	35,44	38,91	42,32
0,667	17,40	22,56	25,83	29,85	32,77	35,64
0,833	15,20	19,69	22,55	26,06	28,61	31,12
1,000	13,53	17,53	20,08	23,20	25,47	27,70
1,167	13,52	17,52	20,06	23,18	25,45	27,68
1,333	12,69	16,45	18,84	21,77	23,90	26,00
1,500	12,00	15,56	17,82	20,59	22,60	24,59
1,667	11,42	14,80	16,95	19,59	21,50	23,39
1,833	10,92	14,15	16,21	18,73	20,56	22,36
2	9,49	12,30	14,09	16,28	17,87	19,44
4	7,42	9,61	11,01	12,72	13,96	15,19
6	6,38	8,27	9,47	10,94	12,01	13,06
8	5,77	7,48	8,57	9,90	10,87	11,82
10	5,23	6,78	7,77	8,98	9,86	10,72
12	4,70	6,09	6,98	8,06	8,85	9,63
14	4,40	5,70	6,53	7,54	8,28	9,01
16	4,12	5,34	6,11	7,06	7,75	8,43
18	3,89	5,04	5,77	6,67	7,32	7,97
20	3,63	4,71	5,39	6,23	6,84	7,44
22	3,43	4,44	5,09	5,88	6,45	7,02
24	3,20	4,15	4,75	5,49	6,03	6,56
48	2,33	3,03	3,46	4,00	4,40	4,78
72	1,82	2,36	2,71	3,13	3,43	3,73
96	1,58	2,05	2,35	2,72	2,98	3,24
120	1,43	1,85	2,12	2,45	2,69	2,93

Fuente: Actualización y Ampliación Cobertura Plan Maestro De Aguas Lluvia Valdivia, XIV Región De Los Ríos. 2014

1.1.1.48. Suelos

Los suelos fueron clasificados en cuanto a su capacidad de retención, infiltración y potencial de generación de escorrentía. En las áreas no urbanizadas, la capacidad de retención depende básicamente de la cobertura vegetal del área, y del tipo de vegetación existente, mientras que la capacidad de infiltración depende principalmente de la composición del suelo, además de otros aspectos tales como la pendiente y la presencia de napa freática a poca profundidad.

Los coeficientes de escorrentía en los sectores fuera del área de expansión urbana, del estudio Actualización Plan Maestro de Aguas Lluvias de Valdivia, 2014, se estimaron en base a la información de suelos relevante, mientras que dentro del área urbana los coeficientes de escorrentía de cada uno de los sectores definidos se determinaron midiendo las superficies destinadas a los diferentes usos en áreas representativas, de modo de tener una composición porcentual de la cobertura urbana. Con dichos porcentajes, además de los respectivos coeficientes de escorrentía asignados a cada uno de los tipos de cobertura, se obtuvo finalmente un coeficiente de escorrentía representativo para cada sector o subsector de estudio, igual al promedio ponderado de los coeficientes asignados.

Las tasas de impermeabilización de los suelos se definirán según los usos definidos en el Plan Regulador vigente, al momento de requerir elaborar los respectivos proyectos. Es decir, para cada uso de suelo se definirá una tasa de impermeabilización.

1.1.1.49. Coeficientes de escorrentía

Los coeficientes de escorrentía de cada subcuenca, se calcularon considerando el promedio ponderado por las áreas de los coeficientes de subsectores ubicados dentro de cada subcuenca. A su vez, los diferentes coeficientes de escorrentía presentes corresponden a distintas combinaciones de los tipos de zonas homogéneas, pendientes y ubicación del nivel freático, a cada uno de los cuales se le asignó un coeficiente de escorrentía.

Cuadro 5-6 Usos de Suelo y Coeficiente de Escorrentía

N° sector	Sector homogéneo	Rango C.E.
	Áreas Verdes	
1	Plantaciones, bosques y matorrales	0,16 - 0,36
2	Praderas y agricultura	0,12 - 0,34
3	Zonas de Humedales	0 - 0
4	Zonas de Hualves y Vegas	0 - 0
5	Parques y Jardines	0,12 - 0,26
	Industrial	
6	Zona Industrial Baja Densidad	0,24 - 0,36
7	Zona Industrial Media Densidad	0,25 - 0,38
8	Zona industrial Alta Densidad	0,25 - 0,40
9	Zona Aeródromo Las Marías	0,17 - 0,37
10	Equipamiento General	0,22 - 0,37
11	Zona Infraestructura Sanitaria	0,24 - 0,36
	Urbano	
12	Edificación en Altura	0,25 - 0,44
13	Residencial Densa	0,41 - 0,57
14	Residencial Semidensa	0,35 - 0,53
15	Residencial Baja Densidad	0,37 - 0,53
16	En proceso de construcción	0,25 - 0,39
17	Áreas de Práctica de Deporte y Recreación	0,12 - 0,26
18	Terminales Ferroviarios y de Buses	0,15 - 0,37
19	Universidades y Colegios	0,29 - 0,43
20	Cementerios	0,12 - 0,26
21	Sitios Eriazos	0,24 - 0,39
	Otros	
22	Zona de Riesgo por remoción de masas	0,33 - 0,48
23	Zonas de Riesgo por Protección	0,33 - 0,48

Fuente: Actualización y Ampliación Cobertura Plan Maestro De Aguas Lluvia Valdivia, XIV Región De Los Ríos. 2014

1.1.1.50. Tasa de impermeabilización

La Actualización del Plan Maestro relacionó los coeficientes de Escorrentía mediante una relación del tipo:

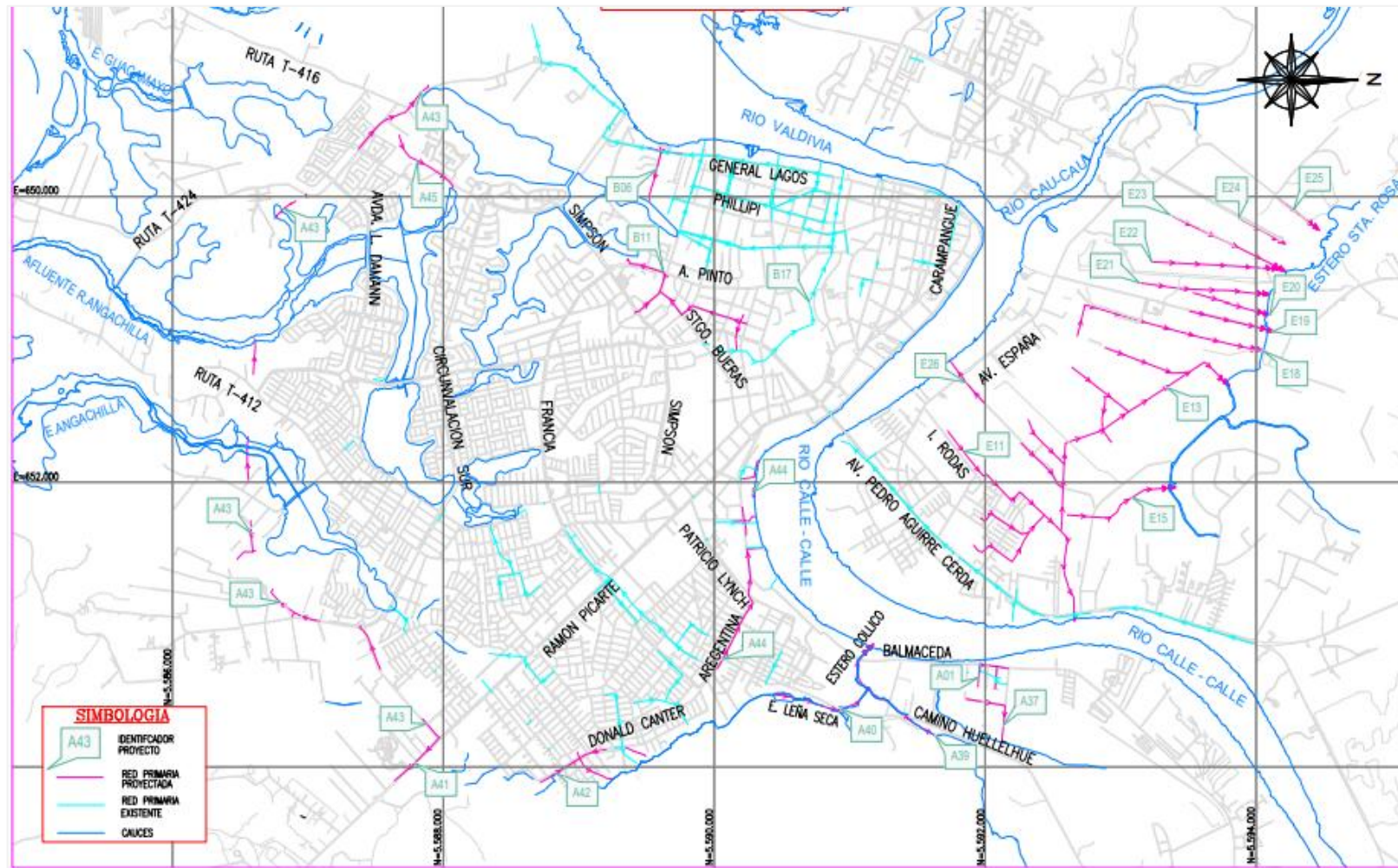
$$TI = A * CE$$

Donde:

- TI: Tasa de Impermeabilización.
- A: Coeficiente de Calibración.
- CE: Coeficiente de Escorrentía.

El coeficiente A, Se estimó a partir de la calibración, lo que determinó que la relación entre el coeficiente de escorrentía y la tasa de impermeabilización es directa y el valor de A es igual a 1,0, por lo tanto el valor del coeficiente de escorrentía por sector es equivalente a los de la Tasa de Impermeabilización.

Ilustración 5-4 Infraestructura existente Plan Maestro Aguas Lluvias



Fuente: Consultoría PM-36 Actualización y Ampliación Cobertura Plan Maestro de Aguas Lluvias, Valdivia, XIV Región de Los Ríos. Ministerio de Obras Públicas 2014

6. FACTIBILIDAD SANITARIA SECTOR DE EXPANSION URBANA

TOROBAYO

El sector Torobayo se localiza en la comuna de Valdivia, Región de Los Ríos, en la ribera norte del río Valdivia, aproximadamente a 6–8 km al poniente del centro urbano de la ciudad. Corresponde a un área de transición periurbana–rural, con un marcado carácter residencial de baja densidad, asociado históricamente a parcelaciones, viviendas unifamiliares y desarrollos inmobiliarios recientes orientados a uso habitacional permanente y de segunda vivienda. Desde el punto de vista geográfico, Torobayo presenta una condición singular, al encontrarse flanqueado por dos sistemas fluviales de alta relevancia regional como son el río Valdivia y el río Cruces. Esta configuración genera una alta interacción entre el territorio y el sistema hídrico, con presencia de zonas inundables, niveles freáticos elevados y suelos de origen aluvial en los sectores más bajos, lo que condiciona tanto el uso del suelo como el diseño de infraestructuras sanitarias, entre otras.

La topografía del sector es **suave a moderadamente ondulada**, con cotas que descienden progresivamente hacia las riberas fluviales. En los sectores bajos predominan **terrenos planos o de baja pendiente**, formados por depósitos aluviales recientes, mientras que hacia el interior se observan lomajes suaves asociados a antiguos depósitos fluvio–glaciares.

Los suelos presentan, en general:

- capacidad portante media a baja en sectores cercanos a los ríos,
- alta susceptibilidad a saturación, y
- restricciones para soluciones sanitarias basadas en infiltración, como fosas sépticas tradicionales.

Torobayo ha experimentado en las últimas décadas un proceso sostenido de urbanización, impulsado por su cercanía a Valdivia, su paisaje fluvial y su calidad ambiental. El uso predominante es residencial, con:

- parcelaciones de agrado,
- conjuntos habitacionales de densidad media–baja,
- equipamientos menores y servicios asociados.

Este crecimiento ha generado una demanda creciente por infraestructura sanitaria formal, superando la capacidad de soluciones individuales y reforzando la necesidad de sistemas colectivos de recolección y tratamiento de aguas servidas. Actualmente cuenta con un sistema de agua potable privado que abastece a la población tanto residente como flotante.

En el año base (2023) se estimó una población total del sector equivalente a 1.980 habitantes. Para el escenario de Cabida Máxima se proyectó una población de 11.955 habitantes.

6.1. MARCO LEGAL

El presente informe se realiza conforme al artículo 2.1.10 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) que establece la necesidad de incluir el estudio de factibilidad sanitaria como parte de los documentos que conforman la actualización del Plan Regulador Comunal de Valdivia.

De acuerdo con lo que establecen las Bases Técnicas "Se ha definido un polígono de 22.457 hectáreas con el objetivo de integrar áreas que han sido objeto de notorios procesos de urbanización en el actual territorio rural, que ameritan su estudio y que definirán su potencial inclusión o no, en el Plan Regulador Comunal actualizado. No obstante, el consultor deberá proponer una metodología que permita definir si los núcleos o sectores urbanos identificados deberán ser integrados oportunamente al PRC, o bien, ser normados de manera coordinada por el Plan Regulador Intercomunal de Borde Costero que actualmente está en desarrollo en la SEREMI MINVU de Los Ríos, sin perjuicio de que el municipio opte por otras formas de trabajo".

El objetivo específico de este estudio es "**determinar los requerimientos en infraestructura relativos a la ampliación de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado de Aguas Servidas Públicos, suponiendo el escenario de crecimiento propuesto por el Plan Regulador objeto de este estudio**".

A continuación, se presenta la Factibilidad Sanitaria del sector de expansión urbana denominados sector Torobayo; en relación con la infraestructura requerida para dotar de servicios sanitarios al crecimiento de población propuesto.

En los siguientes capítulos se estiman las capacidades máximas que son posibles de sostener, considerando que los sectores de expansión transitan a un área urbana abastecida a partir de una concesión sanitaria.

A continuación, se presenta el estudio de Factibilidad Sanitaria en el cual se determina las demandas e infraestructura para dotar de servicios a la población incremental de las zonas de expansión urbana. En este caso se consideran un sistema independiente, denominado **Sector Torobayo**. Para la estimación de las demandas esperadas se utilizarán las bases de diseño indicadas en los Planes de Desarrollo de las empresas Aguas Decimas, aunque ambos sectores no se encuentran incluidos en el TO actual de la empresa.

Considerando que el sector Torobayo cuenta con un sistema administración privada de producción y distribución de agua potable, la situación base, en los casos necesarios, se estimará considerando los criterios establecidos en el Manual de Proyectos de Agua Potable Rural (DOH, 2023). En los análisis se presenta tanto el escenario año 2023, como **situación sin proyecto** (situación actual) y el escenario cabido máxima como **situación con proyecto**.

Para la situación **sin proyecto** se define el año 2023 como año inicial de modelación. La población al año 2023 se obtuvo de la estimación de la situación base detallada en capítulos anteriores de este instrumento.

Finalmente, para el escenario de **Cabida Máxima** se considera un crecimiento poblacional específico para el sector. A continuación, se presenta una tabla con la estimación de población al año base (**2023**) y en escenario de **Cabida Máxima**, agrupadas por localidad y sector.

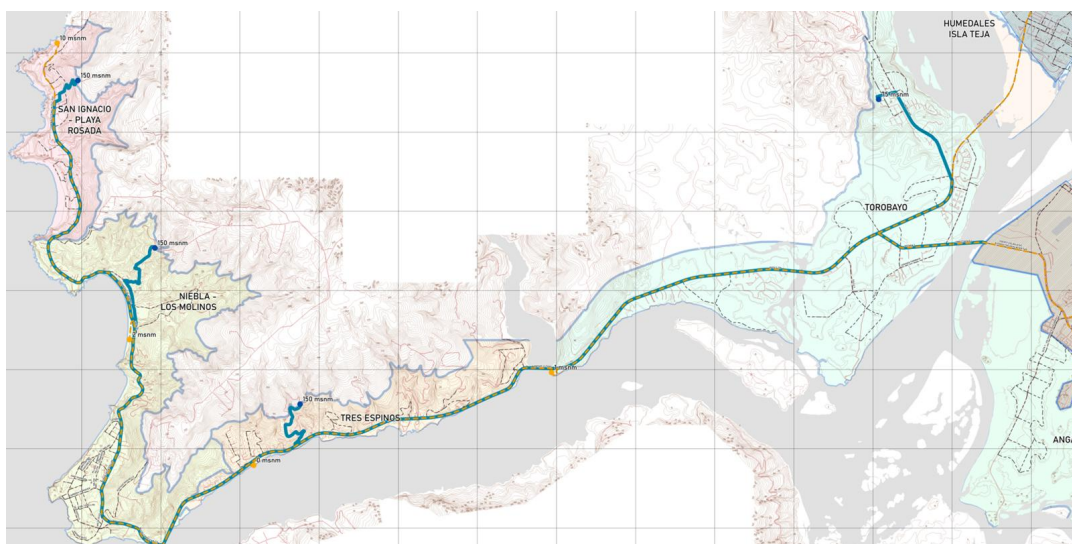
Cuadro 6-1 Estimación de población Sector de expansión urbana. Torobayo

Sector	Población 2023 (hab)	Población Cabida Máxima (hab)
Torobayo	1.980	11.955

Fuente: Elaboración propia a partir de los antecedentes del Estudio Actualización Plan Regulador

La ilustración siguiente muestra la ubicación relativa de los sectores de expansión considerados respecto de Valdivia Centro.

Ilustración 6-1: Ubicación sector de expansión urbana Torobayo respecto de Valdivia centro.



Fuente: Elaboración propia a partir de los antecedentes del Estudio Actualización Plan Regulador

6.2. ESCENARIOS DE ESTUDIO

En este estudio se definen dos escenarios de análisis en el horizonte de modelación, referidos a la situación sin y con proyecto:

- Situación **sin proyecto**, año 2023: representa las condiciones actuales del servicio de agua potable de Torobayo. Este escenario se utiliza a modo referencial para estimar las demandas de agua potable y por tanto los derechos de agua que se estimó cuenta el prestador del servicio.
- Situación **con proyecto, cabida máxima**: evalúa la infraestructura e inversión requeridas para abastecer a la población de cabida máxima, mediante un sistema sanitario concesionado, con estándares de acuerdo con la normativa vigente y sometidos a la fiscalización, en lo pertinente, de la Superintendencia de Servicios Sanitarios.

El escenario base permiten describir la situación inicial al calcular las demandas considerando los criterios de diseño del Manual de la DOH (2023). Por otra parte, el escenario de cabida máxima al calcular las demandas utilizando las bases de diseño de los Planes de Desarrollo, permite determinar tanto los requerimientos de infraestructura y las inversiones asociadas a un sistema urbano concesionado, bajo condiciones de máxima demanda. La estimación de infraestructura para dotar de servicios sanitarios a la población de Cabida Máxima prestados por una concesión sanitaria permite definir el costo de urbanizar los sectores, que actualmente funcionan como sistemas sanitarios básicos.

Para estimar las inversiones necesarias para abastecer a la población proyectada con **estándares equivalentes a los aplicados en áreas urbanas con sistemas sanitarios concesionados**, se utilizan las bases de cálculo definidas en el Estudio de Actualización del Plan de Desarrollo de la comuna de Valdivia (Aguas Décima, 2023).

La empresa sanitaria desarrolla dichas estimaciones considerando un horizonte de 15 años (2022–2037). Para el presente análisis, se adoptan como referencia los criterios de diseño del último año de modelación (2037), los cuales se aplican a las localidades de interés en la situación con proyecto.

Se asume que los parámetros establecidos para 2037 en el Plan de Desarrollo se mantienen constantes hasta alcanzar la población de cabida máxima, representando así el escenario de servicio con estándares equivalentes a la normativa sanitaria vigente.

6.3. CRITERIOS DE DISEÑO

6.3.1. Sistema de agua potable

En la tabla siguiente se presentan los parámetros de diseño utilizados para estimar la demanda para la cabida máxima, en las etapas de producción y distribución de agua potable extractados a partir de los planes de desarrollo de la empresa Aguas Décimas.

Cuadro 6-2 Bases de cálculo servicio de agua potable. Situación con proyecto.

Situación	Cobertura (%)	Dotación consumo (l/hab/día)	Pérdidas producción (%)	Pérdidas totales (%)	Dotación producción (l/hab/día)	FDMC	FHMC	Volumen de incendio y reserva (m ³)
Cabida máxima	100%	224	3,9%	23,9%	295	1,28	1,5	Norma chilena

Fuente: Estudio Actualización Plan de Desarrollo. Aguas Decima 2025

Para satisfacer la demanda de **agua potable** a partir de un servicio concesionado, se requiere reemplazar las tuberías de diámetro inferior a 100 mm, exceptuando aquellas instaladas en pasajes sin salida, donde se permite un diámetro mínimo de 75 mm.

Para la estimación del diámetro máximo requerido en las redes y matriz de distribución, se considera una velocidad máxima de diseño de 3 m/s.

En cuanto a las presiones de servicio, se aplican los valores establecidos en la Norma Chilena NCh 691 Of.98, que definen una presión dinámica mínima de 15 mca (para el caudal máximo horario) y una presión estática máxima de 70 mca, de modo de evitar la necesidad de instalaciones adicionales tales como estaciones presurizadoras o válvulas reductoras de presión. Dada la geomorfología del sector Torobayo, con elevación de hasta 75 msnm,

se requiere la instalación de válvulas reductoras de presión. Asimismo, se propone consolidar los sectores hidráulicos, estableciendo cuarteles que faciliten la adecuada mantención de los sistemas.

De acuerdo con los antecedentes del Plan de Desarrollo de Valdivia (2025), la relación de redes de agua potable por habitante en la comuna es de 2,77 (m/hab). La longitud total de redes de distribución requerida en el escenario de cabida máxima, en los sectores de expansión urbana, se determina manteniendo la relación, entre kilómetros de red y número de habitantes existente en el año cero del Plan de Desarrollo de la empresa sanitaria Aguas Décimas.

De acuerdo con la normativa vigente, se requiere la instalación de grifos de incendio. Para determinar el volumen de incendio, se adopta la Norma NCh 691 Of 98, considerando una duración del incendio de dos horas y grifos de 16 l/s. La cantidad de grifos requerida se detalla a continuación.

Cuadro 6-3 Volumen de incendio mínimo

Rango de población (miles de hab)	Nº de grifos en uso simultaneo	Volumen de incendio mínimo (m³)
Hasta 6	1	115
> 6 a 25	2	230
> 25 a 60	3	346
> 60 a 150	5	576
> 150	6	691

Fuente: NCh 691 Of 98

En el cuadro siguiente se presentan los parámetros utilizados para estimar la demanda en las **etapas de producción agua potable para los SSR**, según lo señalado en el Manual de Proyectos de Agua Potable Rural (DOH, 2023). Dichos parámetros permiten estimar los requerimientos de infraestructura para el **escenario sin proyecto**. Los parámetros anteriores serán utilizados para estimar los derechos de agua con los que se estima cuentan el sistema de producción y distribución, privado, del sector Torobayo.

Cuadro 6-4 Bases de cálculo servicio de agua potable sectores de expansión urbana. Situación sin proyecto.

Índice habitacional (hab/viv)	Dotación consumo (l/hab/día)	Pérdidas producción (%) (1)	Pérdidas totales (%)	Dotación producción (l/hab/día)	FDM C	FHM C	Vol. Incendio (m³)				Vol. Reserva (m³)
							SSR ubicados en zonas urbanas	Menos de 600 arranques	Entre 600 – 1500 arranques	Sobre 1500 arranques	
4,0	150	5%	25%	200	1,5	1,5	NCh 691	0	115	230	0

(1) Se asumen pérdidas de producción equivalentes al 5%

Fuente: Manual de Proyectos de Aguas Potable Rural (DOH, 2023)

6.3.2. Alcantarillado de aguas servidas

En el caso del sistema de **alcantarillado de aguas servidas**, el sector de expansión urbana Torobayo, en la actualidad, no cuenta con infraestructura de recolección, tratamiento y disposición final, por lo que será necesario dotar el sistema en forma integral.

En la tabla siguiente se presentan los parámetros de diseño utilizados para estimar la demanda de saneamiento de aguas servidas en las etapas de recolección y disposición final definidos en el Plan de Desarrollo de la empresa Aguas Décimas. Estos parámetros se utilizan para estimar los requerimientos de los sectores de expansión urbana, en la **situación con proyecto**.

Cuadro 6-5 Bases de cálculo servicio de aguas servidas sectores de expansión urbana. Situación con proyecto.

Situación	Cobertura	Dotación saneada (l/hab/día)	Coefficiente recuperación	Qinfiltr. (m ³) (1)	Qaa.ll. (m ³) (1)	Carga orgánica unitaria (g/hab/día)
Cabida Máxima	96,6%	206	0,90	10% Qmed	10% Qmed	31,8

(1) Se asumen caudales adicionales de infiltración y aguas lluvias equivalentes al 10% del Qmed, siguiendo los criterios de la empresa sanitaria

Fuente: Estudio Actualización Plan de Desarrollo. Aguas Decima 2025.

Para estimar la longitud de las redes de recolección, en la situación con proyecto, se adoptó una relación de 2,38 metros de red por habitante, valor estimado a partir del promedio de redes existentes, al año cero, del Plan de Desarrollo de la empresa sanitaria Aguas Décima.

En cuanto a los diámetros de las redes de aguas servidas (**escenario con proyecto**), se establece un mínimo de 200 mm. Para la estimación de caudales, se considera una infiltración equivalente al 10% del caudal medio (Qmed), siguiendo los criterios de diseño de la empresa sanitaria. Asimismo, el caudal de aguas lluvias que ingresa al sistema se asume equivalente al caudal de infiltración, conforme a lo indicado en el Plan de Desarrollo de Aguas Décima en su Territorio Operacional.

El sector de Torobayo requiere sistemas de elevación mecánica para la evacuación de las aguas servidas, atendida que el punto de menor cota se encuentra a aproximadamente 1 msnm, y, adicionalmente por su condición geomorfológica confinada entre los ríos Valdivia y Cruces. En este contexto, se establece, como criterio de diseño, que el caudal a elevar en las Plantas Elevadoras de Aguas Servidas (PEAS) asociadas a las redes de recolección corresponde a un máximo del 30% del caudal máximo horario (Qmáx,h). En tanto, para la PEAS asociada al emisario de descarga, se considera la elevación del 100% del caudal medio (Qmed).

En relación con la localización de las Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS), se considera la disponibilidad de un terreno del orden de 2.500 m², ubicado a una distancia mínima de 500 m respecto de la vivienda más cercana, con el objeto de mitigar potenciales impactos por olores, ruidos y operación.

Así también, atendida la población proyectada de ambos sectores y su condición geográfica, caracterizada por la cercanía al mar y a cuerpos fluviales, se prevé la influencia de niveles freáticos elevados en las zonas topográficamente más bajas, las cuales resultan técnicamente aptas para ubicar las PTAS. En este contexto, la solución adoptada corresponde a un tratamiento secundario mediante lodos activados en modalidad de aireación extendida, complementado con etapa de desinfección y disposición final del efluente mediante emisario submarino, en concordancia con la normativa ambiental vigente y las prácticas habituales en sistemas sanitarios costeros.

6.4. PROYECCIÓN DE DEMANDA DE AGUA POTABLE

Con los criterios señalados anteriormente se proyecta la demanda de agua para consumo humano en el límite urbano propuesto en la modificación del Plan Regulador comuna de Valdivia. Se considera la situación sin proyecto – es decir el sector mantiene su condición de abastecimiento como un sistema sanitario de agua potable privado – y la situación con proyecto, en el cual el sector cambia su condición de prestación de servicios sanitarios a un sistema concesionado. La situación sin proyecto solo se presenta a modo referencial para tener un orden de magnitud respecto de la comparación de los servicios.

A continuación, se presenta la proyección de demanda de agua potable, asociada a la población del escenario de Cabida Máxima, y su comparación con la demanda correspondiente a la población estimada en el año 2023. Los cuadros siguientes presentan la estimación de caudales y de volumen de regulación, respectivamente, de acuerdo con los criterios anteriormente señalados.

Cuadro 6-6 Proyección de demanda de agua potable. Sector Torobayo

Escenario	Población			Dotación consumo (l/hab/día)	Pérdidas totales (%)	Caudales de consumo			Caudales de producción		
	Total (hab)	Cobertura (%)	Abastecida (hab)			Qmed (l/s)	Qmax D (l/s)	Qmax H (l/s)	Qmed (l/s)	Qmax D (l/s)	Qmax H (l/s)
Sector Torobayo Sin proyecto (2023)	1.980	100%	1.980	150	25,0%	3	5	8	5	7	10
Sector Torobayo Con proyecto (cabida máxima)	11.955	100%	11.955	224	23,9%	31	40	60	41	52	78

Fuente: Elaboración propia sobre la base de los antecedentes técnicos recogidos

Cuadro 6-7 Proyección de demanda volumen de regulación. Sector Torobayo

Escenario	Población			Volumen de regulación			
	Total (hab)	Cobertura (%)	Abastecida (hab)	Consumo (m³)	Incendio (m³)	Seguridad (m³)	Total (m³)
Sector Torobayo Sin proyecto (2023)	1.980	100%	1.980	85	-	-	85
Sector Torobayo Con proyecto (cabida máxima)	11.955	100%	11.955	649	230	361	1.010

Fuente: Elaboración propia sobre la base de los antecedentes técnicos recogidos

6.5. PROYECCIÓN DE CAUDALES DE AGUAS SERVIDAS

Actualmente la localidad no cuenta con un sistema de recolección, tratamiento y disposición final de las aguas servidas, por lo que será necesario implementar la totalidad de la infraestructura requerida.

El cuadro siguiente muestra la demanda esperada en el sistema de alcantarillado de aguas servidas para la situación con proyecto, de acuerdo con los criterios anteriormente señalados.

Cuadro 6-8 Proyección de caudales de aguas servidas. Sector Torobayo

Escenario	Población			Dotación saneada (l/hab/día)	Coef. Recuperación [R]	Caudales de aguas servidas			Caudales totales	
	Total (hab)	Cobertura (%)	Saneada (hab)			Qmed (l/s)	Coef. Harmon	Qmax H (l/s)	Qmed (l/s)	Qmax H (l/s)
Sector Torobayo Con proyecto (Cabida Máxima)	11.955	97%	11.543	206	0,90	25	2,89	72	30	77

Fuente: Elaboración propia sobre la base de los antecedentes técnicos recogidos

Para la situación **con proyecto** se estima un caudal máximo horario total de 77 l/s. Este caudal incluye caudal de infiltración y caudal de aguas lluvias en las redes de aguas servidas. La empresa sanitaria establece un 10% del caudal medio de aguas servidas (Qmed) por concepto de aguas lluvias que ingresan a la red de recolección de aguas servidas y un 10% del mismo caudal (Qmed) por concepto de caudal de infiltración.

Con los criterios señalados anteriormente se estima tanto la demanda de agua para consumo humano, para la situación sin y con proyecto, como los requerimientos de recolección, tratamiento y disposición final de las aguas servidas para la situación con proyecto, para cada uno de los sectores en análisis.

6.6. BALANCE OFERTA-DEMANDA DE AGUA POTABLE

El análisis se realiza sobre la infraestructura más relevante de cada proceso, es decir, aquella que define en mayor medida los costos. Se considera que se implementará la totalidad de la infraestructura toda vez que los sistemas sanitarios concesionados cumplen una normativa distinta a los sistemas sanitarios básicos. Las inversiones requeridas para dar cumplimiento a ellos son de costo y cargo de la empresa que preste el servicio. Para efectos de estimar los derechos de agua que actualmente deberían contar ambos sectores se estima la demanda de agua potable de la situación sin proyecto.

6.6.1. Proceso de producción

1.1.1.51. Derechos de agua

Para la situación **sin proyecto** la demanda máxima diaria de producción es de 7 l/s. Para la situación **con proyecto** se requiere contar con derechos de agua para abastecer un caudal máximo diario de producción de 52 l/s. El cuadro siguiente presenta el balance de oferta-demanda de los derechos de agua para el horizonte de previsión de la empresa sanitaria y para el escenario de Cabida Máxima.

Cuadro 6-9 Balance oferta-demanda derechos de agua. Sector Torobayo

Escenario	Oferta	Demanda	Superávit / déficit
	Derechos de agua	Qmax D, producción	
	l/s	l/s	
Cabida Máxima	7	52	-45

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes recogidos

Se puede señalar que para satisfacer la demanda del escenario de Cabida Máxima (11.965 hab) se requiere contar **con derechos de agua adicionales** por un total de 45 l/s.

1.1.1.52. Captaciones superficiales

Se consideran captaciones del tipo gravitacional desde el Río Cruces de tal forma de minimizar la influencia del mar en la bocatoma. El cuadro siguiente presenta el balance de oferta-demanda de caudal de diseño de captaciones para el escenario de Cabida Máxima existiendo un déficit de **45 l/s**.

Cuadro 6-10 Balance oferta-demanda captaciones superficiales. Sector Torobayo

Escenario	Oferta	Demanda	Superávit / déficit
	Q diseño	Qmax D, producción	
	l/s	l/s	
Cabida Máxima	7	52	-45

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes recogidos

En el sistema de producción se deberá considerar también pretratamiento para la captación superficial en base a filtros en presión, desinfección con gas cloro, conducciones y macromedidores.

6.6.2. Proceso de distribución**1.1.1.53. Estanque de regulación**

En la situación **sin proyecto** el sector requiere un volumen de regulación de 85 m³ para cubrir la demanda al año 2023. En el caso que esta localidad cambie su condición de prestación de servicios sanitarios a un sistema concesionado (**con proyecto**) se requiere un volumen de regulación de 1.010 m³. Por lo anterior se deja en desuso el estanque existente y se propone la construcción de un estanque semienterrado de hormigón armado de 1000 m³ a fin de satisfacer la demanda de regulación asociada a la Cabida Máxima a una cota de aguas máximas aproximada de 95 msnm.

1.1.1.54. Red de distribución

De acuerdo con el DFL MOP N°382/89 (Ley General de Servicios Sanitarios), el financiamiento de las obras asociadas a áreas de expansión urbana corresponde a los urbanizadores.

Según el Plan de Desarrollo de la empresa sanitaria, al año 0 (2022) la red de distribución contaba con una longitud total de 417 km, con diámetros (D) entre 63 mm y 600 mm.

La longitud total de redes requeridas se realiza mediante una relación paramétrica (m/hab), calculada a partir de los antecedentes del Plan de Desarrollo al año 0 (2022).

La población abastecida de agua potable al año cero del Plan de Desarrollo es de 150.602 hab con un 100% de cobertura. Así también, la longitud de redes de agua potable de diámetro 90 mm o superior, al mismo año es de 417.323 m. Por lo tanto, se tiene una relación de requerimiento de redes de agua potable de 2,77 m/hab, al año 2022.

Bajo un enfoque paramétrico, y aplicando dicha relación, se estima que para abastecer la población proyectada para el escenario de Cabida Máxima (11.955 hab), la longitud requerida se estima en 33.115 m.

Para la estimación de los diámetros de la red de distribución se consideró una velocidad máx. de 3 m/s.

Cuadro 6-11 Estimación de las redes de distribución requerida. Sector Torobayo

Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)	Area (m ²)	Diámetro, D (mm)
78	2,48	0,031	200
39	2,21	0,018	150
23	2,98	0,008	100

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes recogidos

Considerando los diámetros definidos en la NCh 691 Of 99, y los criterios señalados precedentemente se diseña un diámetro mínimo de 100 mm y un diámetro máximo de 200 mm. La distribución de la longitud en los distintos diámetros se realiza a modo referencial. Los diseños se realizan a nivel preliminar, por tanto por su naturaleza, no sustituye el dimensionamiento y verificación hidráulica detallada que se deberá desarrollar en etapas posteriores de ingeniería.

El cuadro siguiente muestra la distribución de diámetros para servir la población total considerando que se debe implementar el servicio en forma integral.

Cuadro 6-12 Estimación de longitud de redes de distribución requeridas. Sector Torobayo

Diámetro proyectado (mm)	Porcentaje (%)	Total a instalar (m)
200	20%	6.623
150	25%	8.279
100	55%	18.213
Total	100%	33.115

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes recogidos

Considerando las nuevas demandas que se producirán como consecuencia de la proyección de población propuesta en la Actualización del Plan Regulador Comuna de Valdivia, se deberá implementar la red en concordancia con las solicitudes de factibilidad sanitaria, sin embargo, esto dependerá de la ubicación espacial de las nuevas demandas,

así como el desarrollo de los territorios futuros. La distribución temporal de esta inversión dependerá del desarrollo específico de cada sector.

6.7. BALANCE OFERTA-DEMANDA DE AGUAS SERVIDAS

El análisis se realiza sobre la infraestructura más relevante de cada proceso, es decir, aquella que define en mayor medida los costos.

6.7.1. Proceso de recolección

1.1.1.55. Redes de recolección de aguas servidas

De acuerdo con el DFL MOP N°382/89 (Ley General de Servicios Sanitarios), el financiamiento de las obras asociadas a áreas de expansión urbana corresponde a los urbanizadores.

La longitud total de redes requeridas se realiza mediante una relación paramétrica (m/hab), calculada a partir de los antecedentes del Plan de Desarrollo al año 0 (2022). Según el Plan de Desarrollo de la empresa sanitaria, al año 0 (2022) la red de recolección contaba con una longitud total de 352 km, con diámetros (D) entre 160 mm y 900 mm. La población servida por el sistema de alcantarillado de aguas servidas al año cero del Plan de Desarrollo era de 154.731 hab con un 95,70% de cobertura. Así también, la longitud de redes de recolección, al mismo año es de 352.145 m. Por lo tanto, se tiene una relación de requerimiento de redes de agua potable de 2,38 m/hab, al año 2022.

Bajo un enfoque paramétrico, y aplicando dicha relación, se estima que para abastecer la población proyectada para el escenario de Cabida Máxima (11.955 hab), la longitud requerida se estima en 28.553 m. Para la estimación de los diámetros de la red de distribución se consideró una velocidad máx. de 3 m/s y los criterios de diseño de la NCh1105 Of. 2019.

Cuadro 6-13 Estimación de las redes de recolección requerida. Sector Torobayo

Pendiente, i (x mil)	Di (mm)	Coef. Rugosidad Manning, n (-)	Capacidad con H/D=0,70 (l/s)	Q diseño (l/s)	Vel. con H/D = 0,7 (m/s)
3	400	0,013	95,5	77,0	1,02
3	300	0,013	44,3	27,7	0,84
5	250	0,013	35,2	16,6	0,96
5	200	0,013	19,4	10,0	0,83

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes recogidos

Considerando los diámetros y pendientes mínimas establecido en la normativa vigente, y los criterios señalados precedentemente se diseña un diámetro mínimo de 200 mm y un diámetro máximo de 400 mm. La distribución de la longitud en los distintos diámetros se realiza a modo referencial. Los diseños se realizan a nivel preliminar por tanto por su naturaleza, no sustituye el dimensionamiento y verificación hidráulica detallada que se deberá desarrollar en etapas posteriores de ingeniería.

El cuadro siguiente muestra la distribución de diámetros para servir la población total del sector Torobayo, considerando que se debe implementar el servicio en forma integral.

Cuadro 6-14 Estimación de longitud de redes de recolección requeridas. Sector Torobayo

Diámetro proyectado (mm)	Porcentaje (%)	Total a instalar (m)
400	10%	2.855
300	15%	4.283
250	25%	7.138
200	50%	14.277
Total	100%	28.553

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes recogidos

La implementación de la red de recolección y la distribución temporal de esta inversión dependerá de la ubicación espacial de las demandas, así como el desarrollo de los territorios futuros.

1.1.1.56. Plantas elevadoras de aguas servidas

El sector de Torobayo requieren sistemas de elevación mecánica para la evacuación de las aguas servidas, atendida su cota topográfica en relación con el nivel del mar y, su condición geomorfológica confinada entre los ríos Valdivia y Cruces. En este contexto, se establece que el caudal a elevar en las Plantas Elevadoras de Aguas Servidas (PEAS) asociadas a las redes de recolección corresponde, como criterio de diseño, a un máximo del 30% del caudal máximo horario ($Q_{m\acute{a}x,h}$). Es así como el caudal de diseño se estima en 23 l/s. La altura de elevación dependerá de ubicación de la PEAS y de la ubicación del colector al cual descarga.

6.7.2. Disposición final de aguas servidas

1.1.1.57. Planta de tratamiento de aguas servidas

En relación con la localización de las Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS), se considera la disponibilidad de un terreno del orden de 2.500 m², ubicado a una distancia mínima de 500 m respecto de la vivienda más cercana, con el objeto de mitigar potenciales impactos por olores, ruidos y operación.

Atendida su condición geográfica, caracterizada por la cercanía al mar y a cuerpos fluviales, se prevé la influencia de niveles freáticos elevados en las zonas topográficamente más bajas, las cuales resultan técnicamente aptas para ubicar las PTAS. En este contexto, la solución adoptada corresponde a un tratamiento secundario mediante lodos activados en modalidad de aireación extendida, complementado con etapa de desinfección y disposición final del efluente mediante emisario submarino, en concordancia con la normativa ambiental vigente y las prácticas habituales en sistemas sanitarios costeros.

1.1.1.58. PEAS disposición Final

Para la PEAS asociada al emisario de descarga, se considera la elevación del 100% del caudal medio (Q_{med}). Es así como el caudal de diseño se estima en 30 l/s. La altura de elevación dependerá de la ubicación de la PEAS respecto de la cota de descarga al emisario terrestre.

1.1.1.59. Conducciones de disposición (emisarios)

Se propone que las aguas servidas tratadas sean descargadas al río Valdivia por un emisario subacuático provisto de una cámara de carga que permita la disposición final en el cauce. Desde la PTAS a la cámara de carga se propone un emisario terrestre en HDPE en los diámetros y longitudes indicadas. La capacidad máxima del emisario terrestre se ha calculado utilizando la fórmula de Manning para escurrimiento abierto, considerando h/D igual a 0,7; una pendiente media de 0,3% y un coeficiente de rugosidad igual a 0,013.

Cuadro 6-15 Capacidad disposición. Emisario terrestre

Descripción	Pendiente, i (x mil)	Di (mm)	Coef. Rugosidad Manning, n (-)	Capacidad con H/D=0,7 (l/s)	Q diseño (l/s)	Vel. con H/D = 0,7 (m/s)
Emisario PTAS Torobayo (terrestre)	3	300	0,013	44,2	30	0,84

Fuente: Elaboración propia a partir de los antecedentes recabados en el presente estudio

La capacidad máxima del emisario subacuático se ha calculado utilizando la fórmula de ductos en presión con una velocidad máxima de 3 m/s.

Cuadro 6-16 Capacidad disposición emisario subacuático. Sector Torobayo

Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)	Area (m ²)	Diámetro, D (mm)
30	1,70	0,018	150

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes recogidos

Cuadro 6-17 Conducciones de disposición cabida máxima. Sector Torobayo

Nombre	Tipo	Material	Diámetro (mm)	Longitud total (m)
Emisario PTAS Torobayo (terrestre)	Gravitacional	HDPE	300	1000
Emisario subacuático	En presión	HDPE	150	1000

Fuente: Elaboración propia a partir de los antecedentes recabados en el presente estudio

7. FACTIBILIDAD SANITARIA SECTOR DE EXPANSION URBANA COSTERO

El sector Costero incluye las localidades de Niebla - Los Molinos, Playa Rosada - San Ignacio y Tres Espinos. A excepción de Tres Espinos la totalidad de los sectores se encuentran insertos en el área urbana de la comuna de Valdivia, Región de Los Ríos.

La Localidad de Niebla - Los Molinos situada una parte entorno a la desembocadura del río Valdivia al mar y otra parte por el borde costero. Por su geomorfología se desarrolla entre suaves cerros, entre las cotas 12 msnm y 160 msnm, rodeada por cerros de hasta 250 m.

La geomorfología Playa Rosada - San Ignacio, corresponde a una planicie flanqueada por cerros de alturas de 250 m. Se conecta con Niebla-Los Molinos por el Sur y Curiñanco por el Norte a través de la ruta T-352. El sector más consolidado se ubica entre las cotas 9 msnm y 133 msnm. El sector se ubica a una distancia aproximada de 23,8 km de la capital regional.

La Localidad de Tres Espinos es un caserío rural de la comuna de Valdivia, Región de Los Ríos, que se encuentra confinada por el norte por cerros de alturas de hasta 350 m y se desarrolla entre las cotas 9 msnm y 126 msnm. Se encuentra situada en la ribera noreste del río Valdivia.

Los tres sectores se insertan en la cuenca hidrográfica del río Valdivia. Ella nace más allá de la línea de frontera con Argentina, constituyendo, por lo tanto, una hoya calificada como trasandina. Se caracteriza fundamentalmente por contener, en su curso alto, una cadena de grandes lagos dispuestos en serie. La extensión total de la cuenca es de 10.275 km². Dos grandes ríos concurren a formar el río Valdivia en la ciudad del mismo nombre, a 15 km. del mar: el Callecalle, que es el más importante y proviene del oriente, y el Cruces que se desarrolla enteramente en territorio nacional y proviene del norte, constituyendo una subcuenca preandina.

7.1.MARCO LEGAL

El presente informe se realiza conforme al artículo 2.1.10 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) que establece la necesidad de incluir el estudio de factibilidad sanitaria como parte de los documentos que conforman la actualización del Plan Regulador Comunal de Valdivia.

De acuerdo a lo que establecen las Bases Técnicas "Se ha definido un polígono de 22.457 hectáreas con el objetivo de integrar áreas que han sido objeto de notorios procesos de urbanización en el actual territorio rural, que ameritan su estudio y que definirán su potencial inclusión o no, en el Plan Regulador Comunal actualizado. No obstante, el consultor deberá proponer una metodología que permita definir si los núcleos o sectores urbanos identificados deberán ser integrados oportunamente al PRC, o bien, ser normados de manera coordinada por el Plan Regulador Intercomunal de Borde Costero que actualmente está en desarrollo en la SEREMI MINVU de Los Ríos, sin perjuicio de que el municipio opte por otras formas de trabajo".

El objetivo específico de este estudio es "**determinar los requerimientos en infraestructura relativos a la ampliación de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado de Aguas Servidas Públicos, suponiendo el escenario de crecimiento propuesto por el Plan Regulador objeto de este estudio**".

A continuación, se presenta la Factibilidad Sanitaria del sector de expansión urbana denominados **sector Costero** que incluye las localidades de Niebla - Los Molinos, Playa Rosada - San Ignacio y Tres Espinos; en relación con la infraestructura requerida para dotar de servicios sanitarios al crecimiento de población propuesto.

En los siguientes capítulos se estiman las capacidades máximas que son posibles de sostener, considerando que este sector de expansión urbana transita a un área urbana abastecida a partir de una concesión sanitaria.

A continuación, se presenta el estudio de Factibilidad Sanitaria en el cual se determina las demandas e infraestructura para dotar de servicios a la población incremental de las zonas de expansión urbana. Para la estimación de las demandas esperadas se utilizarán las bases de diseño indicadas en los Planes de Desarrollo de las empresas Aguas Decimas, aunque este sector no se encuentra incluido en el TO actual de la empresa.

Considerando que la totalidad de los sectores incluidos en Sector Costero de expansión urbana cuenta con un sistema sanitario rural (SSR), la situación base, en los casos necesarios, se estimará considerando los criterios establecidos en el Manual de Proyectos de Agua Potable Rural (DOH, 2023). En los análisis se presenta tanto el escenario año 2023, como **situación sin proyecto** (situación actual) y el escenario cabido máxima como **situación con proyecto**.

Para la situación **sin proyecto** se define el año 2023 como año inicial de modelación. La población al año 2023 se obtuvo de la estimación de la situación base detallada en capítulos anteriores de este instrumento.

Finalmente, para el escenario de **Cabida Máxima** se considera un crecimiento poblacional específico para el sector. A continuación, se presenta una tabla con la estimación de población al año base (2023) y en escenario de **Cabida Máxima**, agrupadas por localidad y sector.

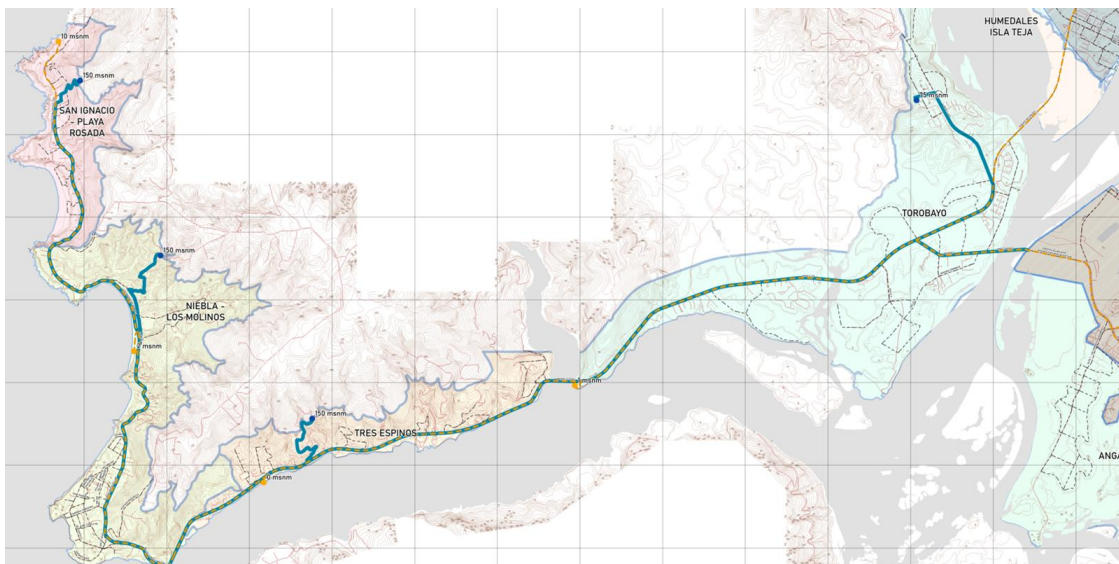
Cuadro 7-1 Estimación de población por localidad y sector de interés. Sectores Costero de expansión urbana

Sector	Localidad	Población 2023 (hab)	Población Cabida Máxima (hab)
Sector Costero	Niebla - Los Molinos	3.456	7.724
	Tres Espinos	1.304	1.603
	San Ignacio - Playa Rosada	641	1.400
Total		5.401	10.727

Fuente: Elaboración propia a partir de los antecedentes del Estudio Actualización Plan Regulador

La ilustración siguiente muestra la ubicación relativa de los sectores de expansión considerados respecto de Valdivia Centro. En este informe se presenta la factibilidad sanitaria del sector Costero que incluye las localidades de Niebla - Los Molinos, Playa Rosada - San Ignacio y Tres Espinos.

Ilustración 7-1: Ubicación sector de expansión urbana Costero respecto de Valdivia centro.



Fuente: Elaboración propia a partir de los antecedentes del Estudio Actualización Plan Regulador

7.2. ESCENARIOS DE ESTUDIO

En este estudio se definen dos escenarios de análisis en el horizonte de modelación, referidos a la situación sin y con proyecto:

- Situación **sin proyecto**, año 2023: representa las condiciones actuales del servicio de agua potable de las localidades de Niebla - Los Molinos, Playa Rosada - San Ignacio y Tres Espinos. Este escenario se utiliza a modo referencial para estimar las

demandas de agua potable y por tanto los derechos de agua que se estima cuenta el prestador del servicio.

- Situación con **proyecto**, **cabida máxima**: evalúa la infraestructura e inversión requeridas para abastecer a la población de cabida máxima, mediante un sistema sanitario concesionado, con estándares de acuerdo con la normativa vigente y sometidos a la fiscalización, en lo pertinente, de la Superintendencia de Servicios Sanitarios.

El escenario base permiten describir la situación inicial al calcular las demandas considerando los criterios de diseño del Manual de la DOH (2023). Por otra parte, el escenario de Cabida Máxima al calcular las demandas utilizando las bases de diseño de los Planes de Desarrollo, permite determinar los requerimientos de infraestructura y las inversiones asociadas a un sistema urbano concesionado, bajo condiciones de máxima, demanda. La estimación de infraestructura para dotar de servicios sanitarios a la población de Cabida Máxima prestados por una concesión sanitaria permite definir el costo de urbanizar los sectores, que actualmente funcionan como sistemas sanitarios rurales (SSR).

Para estimar las inversiones necesarias para abastecer a la población proyectada con **estándares equivalentes a los aplicados en áreas urbanas con sistemas sanitarios concesionados**, se utilizan las bases de cálculo definidas en el Estudio de Actualización del Plan de Desarrollo de la comuna de Valdivia (Aguas Décima, 2023).

La empresa sanitaria desarrolla dichas estimaciones considerando un horizonte de 15 años (2022–2037). Para el presente análisis, se adoptan como referencia los criterios de diseño del último año de modelación (2037), los cuales se aplican a las localidades de interés en la situación con proyecto.

Se asume que los parámetros establecidos para 2037 en el Plan de Desarrollo se mantienen constantes hasta alcanzar la población de cabida máxima, representando así el escenario de servicio con estándares equivalentes a la normativa sanitaria vigente.

7.3. CRITERIOS DE DISEÑO

7.3.1. Sistema de agua potable

En la tabla siguiente se presentan los parámetros de diseño utilizados para estimar la demanda para la cabida máxima, en las etapas de producción y distribución de agua potable extractados a partir de los planes de desarrollo de la empresa Aguas Décimas.

Cuadro 7-2 Bases de cálculo servicio de agua potable. Situación con proyecto.

Situación	Cobertura (%)	Dotación consumo (l/hab/día)	Pérdidas producción (%)	Pérdidas totales (%)	Dotación producción (l/hab/día)	FDMC	FHMC	Volumen de incendio y reserva (m³)
Cabida Máxima	100%	224	3,9%	23,9%	295	1,28	1,5	Norma chilena

Fuente: Estudio Actualización Plan de Desarrollo. Aguas Decima 2025

Para satisfacer la demanda de **agua potable** a partir de un servicio concesionado, se requiere reemplazar las tuberías de diámetro inferior a 100 mm, exceptuando aquellas instaladas en pasajes sin salida, donde se permite un diámetro mínimo de 75 mm.

Para la estimación del diámetro máximo requerido en las redes y matriz de distribución, se considera una velocidad máxima de diseño de 3 m/s.

En cuanto a las presiones de servicio, se aplican los valores establecidos en la Norma Chilena NCh 691 Of.98, que definen una presión dinámica mínima de 15 mca (para el caudal máximo horario) y una presión estática máxima de 70 mca, de modo de evitar la necesidad de instalaciones adicionales tales como estaciones presurizadoras o válvulas reductoras de presión. Dada la geomorfología de las localidades del sector Costero, con elevación de hasta 150 msnm, se requiere la instalación de válvulas reductoras de presión. Asimismo, se propone consolidar los sectores hidráulicos, estableciendo cuarteles que faciliten la adecuada mantención de los sistemas.

De acuerdo con los antecedentes del Plan de Desarrollo de Valdivia (2025), la relación de redes de agua potable por habitante en la comuna es de 2,77 (m/hab). La longitud total de redes de distribución requerida en el escenario de cabida máxima, en los sectores de expansión urbana, se determina manteniendo la relación, entre kilómetros de red y número de habitantes existente en el año cero de los Plan de Desarrollo de la empresa sanitaria Aguas Décimas.

De acuerdo con la normativa vigente, se requiere la instalación de grifos de incendio. Para determinar el volumen de incendio, se adopta la Norma NCh 691 Of 98, considerando una duración del incendio de dos horas y grifos de 16 l/s. La cantidad de grifos requerida se detalla a continuación.

Cuadro 7-3 Volumen de incendio mínimo

Rango de población (miles de hab)	Nº de grifos en uso simultaneo	Volumen de incendio mínimo (m³)
Hasta 6	1	115
> 6 a 25	2	230
> 25 a 60	3	346
> 60 a 150	5	576
> 150	6	691

Fuente: NCh 691 Of 98

En el cuadro siguiente se presentan los parámetros utilizados para estimar la demanda en las **etapas de producción agua potable para los SSR**, según lo señalado en el Manual de Proyectos de Agua Potable Rural (DOH, 2023). Dichos parámetros permiten estimar los requerimientos de infraestructura para el **escenario sin proyecto**. Los parámetros anteriores serán utilizados para estimar los derechos de agua con los que se estima cuentan los SSR del sector Costero.

Cuadro 7-4 Bases de cálculo servicio de agua potable sectores de expansión urbana. Sector Costero. Situación sin proyecto.

Índice habitacional (hab/viv)	Dotación consumo (l/hab/día)	Pérdidas producción (%) (1)	Pérdidas totales (%)	Dotación producción (l/hab/día)	FDM C	FHM C	Vol. Incendio (m³)				Volumen de reserva (m³)
							SSR ubicados en zonas urbanas	Menos de 600 arranques	Entre 600 – 1500 arranques	Sobre 1500 arranques	
4,0	150	5%	25%	200	1,5	1,5	NCh 691	0	115	230	0

(1) Se asumen pérdidas de producción equivalentes al 5%
Fuente: Manual de Proyectos de Aguas Potable Rural (DOH, 2023)

7.3.2. Alcantarillado de aguas servidas

En el caso del sistema de **alcantarillado de aguas servidas**, los sectores de expansión urbana, en la actualidad, no cuentan con infraestructura de recolección, tratamiento ni disposición final, por lo que será necesario dotar el sistema en forma integral.

En la tabla siguiente se presentan los parámetros de diseño utilizados para estimar la demanda de saneamiento de aguas servidas en las etapas de recolección y disposición final definidos en los Planes de Desarrollo de la empresa Aguas Décimas. Estos parámetros se utilizan para estimar los requerimientos de los sectores de expansión urbana, en la **situación con proyecto**.

Cuadro 7-5 Bases de cálculo servicio de aguas servidas. Situación con proyecto.

Situación	Cobertura (%)	Dotación saneada (l/hab/día)	Coef. Recuperación, R (-)	Qinfiltr. (m ³) (1)	Qaa.ll. (m ³) (1)	Carga orgánica unitaria (g/hab/día)
Cabida Máxima	96,6%	206	0,90	10% Qmed	10% Qmed	31,8

(1) Se asumen caudales adicionales de infiltración y aguas lluvias siguiendo los criterios de la empresa sanitaria

Fuente: Estudio Actualización Plan de Desarrollo. Aguas Decima 2025.

Para estimar la longitud de las redes de recolección, en la situación con proyecto, se adoptó una relación de 2,38 metros de red por habitante, valor estimado a partir del promedio de redes existentes, al año cero, de los Plan de Desarrollo de la empresa sanitaria Aguas Décima.

En cuanto a los diámetros de las redes de aguas servidas (**escenario con proyecto**), se establece un mínimo de 200 mm. Para la estimación de caudales, se considera una infiltración equivalente al 10% del caudal medio (Qmed), siguiendo los criterios de diseño de la empresa sanitaria. Asimismo, el caudal de aguas lluvias que ingresa al sistema se asume equivalente al caudal de infiltración, conforme a lo indicado en el Plan de Desarrollo de Aguas Décima en su Territorio Operacional.

Las localidades incluidas en el sector Costero requieren sistemas de elevación mecánica para la evacuación de las aguas servidas, atendida que el punto de menor cota se encuentra a aproximadamente 1 msnm, y, adicionalmente su condición geomorfológica confinada entre los ríos Valdivia y Cruces. En este contexto, se establece, como criterio de diseño, que el caudal a elevar en las Plantas Elevadoras de Aguas Servidas (PEAS) asociadas a las redes de recolección corresponde a un máximo del 30% del caudal máximo horario (Qmáx,h). En tanto, para la PEAS asociada al emisario de descarga, se considera la elevación del 100% del caudal medio (Qmed).

En relación con la localización de las Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS), se considera la disponibilidad de un terreno del orden de 2.500 m², ubicado a una distancia mínima de 500 m respecto de la vivienda más cercana, con el objeto de mitigar potenciales impactos por olores, ruidos y operación.

Así también, atendida la población proyectada de ambos sectores y su condición geográfica, caracterizada por la cercanía al mar y a cuerpos fluviales, se prevé la influencia

de niveles freáticos elevados en las zonas topográficamente más bajas, las cuales resultan técnicamente aptas para ubicar las PTAS. En este contexto, la solución adoptada corresponde a un tratamiento secundario mediante lodos activados en modalidad de aireación extendida, complementado con etapa de desinfección y disposición final del efluente mediante emisario submarino, en concordancia con la normativa ambiental vigente y las prácticas habituales en sistemas sanitarios costeros.

7.4. PROYECCIÓN DE DEMANDA DE AGUA POTABLE

Con los criterios señalados anteriormente se proyecta la demanda de agua para consumo humano en el límite urbano propuesto en la modificación del Plan Regulador Comuna de Valdivia. Se considera la situación sin proyecto – es decir el sector mantiene su condición de abastecimiento como un sistema sanitario rural (SSR) – y la situación con proyecto, en el cual el sector cambia su condición de prestación de servicios sanitarios a un sistema concesionado. La situación sin proyecto solo se presenta a modo referencial para tener un orden de magnitud respecto de la comparación de los servicios.

A continuación, se presenta la proyección de demanda de agua potable, asociada a la población del escenario de Cabida Máxima, y su comparación con la demanda correspondiente a la población estimada en el año 2023. Los cuadros siguientes presentan la estimación de caudales y de volumen de regulación, respectivamente, de acuerdo con los criterios anteriormente señalados.

Se estima que las tres localidades se abastecen y sanean desde un sistema compartido sin embargo en etapas posteriores de ingeniería de detalles se puede plantear sistemas separados si es técnica y económicamente factible.

Cuadro 7-6 Proyección de demanda de agua potable. Sector Costero

Escenario	Población			Dotación consumo (l/hab/día)	Pérdidas totales (%)	Caudales de consumo			Caudales de producción		
	Total (hab)	Cobertura (%)	Abastecida (hab)			Qmed (l/s)	Qmax D (l/s)	Qmax H (l/s)	Qmed (l/s)	Qmax D (l/s)	Qmax H (l/s)
Sector costero Sin proyecto (2023)	5.401	100%	5.401	150	25,0%	9	14	21	13	19	28
Sector costero Con proyecto (cabida máxima)	10.727	100%	10.727	224	23,9%	28	36	53	37	47	70

Fuente: Elaboración propia sobre la base de los antecedentes técnicos recogidos

Cuadro 7-7 Proyección de demanda volumen de regulación. Sector Costero

Escenario	Población			Volumen de regulación			
	Total (hab)	Cobertura (%)	Abastecida (hab)	Consumo (m³)	Incendio (m³)	Seguridad (m³)	Total (m³)
Sector costero	5.401	100%	5.401	231	115	-	346
Sin proyecto (2023)	10.727	100%	10.727	583	230	324	906

Fuente: Elaboración propia sobre la base de los antecedentes técnicos recogidos

7.5. PROYECCIÓN DE CAUDALES DE AGUAS SERVIDAS

Actualmente las localidades no cuentan con un sistema de recolección, tratamiento y disposición final de las aguas servidas, por lo que será necesario implementar la totalidad de la infraestructura requerida.

El cuadro siguiente muestra la demanda esperada en el sistema de alcantarillado de aguas servidas para la situación con proyecto, de acuerdo con los criterios anteriormente señalados.

Cuadro 7-8 Proyección de caudales de aguas servidas. Sector Costero

Escenario	Población			Dotación saneada (l/hab/día)	Coef. Recuperación [R]	Caudales de aguas servidas			Caudales totales	
	Total (hab)	Cobertura (%)	Saneada (hab)			Qmed (l/s)	Coef. Harmon	Qmax H (l/s)	Qmed (l/s)	Qmax H (l/s)
Sector costero Con proyecto (cabida máxima)	10.727	97%	10.358	206	0,90	22	2,94	65	27	70

Fuente: Elaboración propia sobre la base de los antecedentes técnicos recogidos

Para la situación **con proyecto** se estima un caudal máximo horario total de 70 l/s. Este caudal incluye caudal de infiltración y caudal de aguas lluvias en las redes de aguas servidas. La empresa sanitaria establece un 10% del caudal medio de aguas servidas (Qmed) por concepto de aguas lluvias que ingresan a la red de recolección de aguas servidas y un 10% del mismo caudal (Qmed) por concepto de caudal de infiltración.

Con los criterios señalados anteriormente se estima tanto la demanda de agua para consumo humano, para la situación sin y con proyecto, como los requerimientos de recolección, tratamiento y disposición final de las aguas servidas para la situación con proyecto, para el sector en análisis.

En el año base (2023) se estimó una población total del sector equivalente a 5.401 habitantes. Para el escenario de Cabida Máxima se proyectó una población de 10.727 habitantes.

7.6. BALANCE OFERTA-DEMANDA DE AGUA POTABLE

El análisis se realiza sobre la infraestructura más relevante de cada proceso, es decir, aquella que define en mayor medida los costos. Se considera que se implementará la totalidad de la infraestructura toda vez que los sistemas sanitarios concesionados cumplen una normativa distinta a los sistemas sanitarios rurales (SSR). Las inversiones requeridas para dar cumplimiento a ellos son de costo y cargo de la empresa que preste el servicio. Para efectos de estimar los derechos de agua que actualmente deberían contar ambos sectores se estima la demanda de agua potable de la situación sin proyecto.

7.6.1. Proceso de producción

1.1.1.60. Derechos de agua

Para la situación **sin proyecto** la demanda máxima diaria de producción es de 19 l/s. Para la situación **con proyecto** se requiere contar con derechos de agua para abastecer un caudal máximo diario de producción de 47 l/s.

El cuadro siguiente presenta el balance de oferta–demanda de los derechos de agua para el horizonte de previsión de la empresa sanitaria y para el escenario de Cabida Máxima.

Cuadro 7-9 Balance oferta–demanda derechos de agua. Sector Torobayo

Escenario	Oferta	Demanda	Superávit / déficit
	Derechos de agua	Q _{max D, producción}	
	l/s	l/s	
Cabida Máxima	19	47	-28

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes recogidos

Se puede señalar que para satisfacer la demanda del escenario de Cabida Máxima (10.727 hab) se requiere contar **con derechos de agua adicionales** por un total de 28 l/s.

1.1.1.61. Captaciones superficiales

Se consideran captaciones del tipo gravitacional desde el Valdivia de tal forma de minimizar la influencia del mar en la bocatoma.

El cuadro siguiente presenta el balance de oferta–demanda de caudal de diseño de captaciones para el escenario de Cabida Máxima existiendo un déficit de 28 l/s.

Cuadro 7-10 Balance oferta–demanda captaciones superficiales. Sector Costero

Escenario	Oferta	Demanda	Superávit / déficit
	Q diseño	Q _{max D, producción}	
	l/s	l/s	
Cabida Máxima	19	47	-28

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes recogidos

En el sistema de producción se deberá considerar también pretratamiento para la captación superficial en base a filtros en presión, desinfección con gas cloro, conducciones y macromedidores.

7.6.2. Proceso de distribución

1.1.1.62. Estanque de regulación

En la situación **sin proyecto** el sector requiere un volumen de regulación de aproximadamente 350 m³ para cubrir la demanda al año 2023. En el caso que esta localidad cambie su condición de prestación de servicios sanitarios a un sistema concesionado (**con proyecto**) se requiere un volumen de regulación de 900 m³. Por lo anterior se propone la construcción de un estanque semienterrado de hormigón armado de 1000 m³ a fin de satisfacer la demanda de regulación asociada a la Cabida Máxima a una cota de aguas máximas aproximada de 170 msnm.

1.1.1.63. Red de distribución

De acuerdo con el DFL MOP N°382/89 (Ley General de Servicios Sanitarios), el financiamiento de las obras asociadas a áreas de expansión urbana corresponde a los urbanizadores.

Según el Plan de Desarrollo de la empresa sanitaria, al año 0 (2022) la red de distribución contaba con una longitud total de 417 km, con diámetros (D) entre 63 mm y 600 mm.

La longitud total de redes requeridas se realiza mediante una relación paramétrica (m/hab), calculada a partir de los antecedentes del Plan de Desarrollo al año 0 (2022).

La población abastecida de agua potable al año cero del Plan de Desarrollo es de 150.602 hab con un 100% de cobertura. Así también, la longitud de redes de agua potable de diámetro 90 mm o superior, al mismo año es de 417.323 m. Por lo tanto, se tiene una relación de requerimiento de redes de agua potable de 2,77 m/hab, al año 2022.

Bajo un enfoque paramétrico, y aplicando dicha relación, se estima que para abastecer la población proyectada para el escenario de Cabida Máxima (10.727 hab), la longitud requerida se estima en 29.714 m.

Para la estimación de los diámetros de la red de distribución se consideró una velocidad máx. de 3 m/s.

Cuadro 7-11 Estimación de las redes de distribución requerida. Sector Costero

Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)	Area (m ²)	Diámetro, D (mm)
70	2,23	0,031	200
35	1,98	0,018	150
21	2,67	0,008	100

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes recogidos

Considerando los diámetros definidos en la NCh 691 Of 99, y los criterios señalados precedentemente se diseña un diámetro mínimo de 100 mm y un diámetro máximo de 200 mm, La distribución de la longitud en los distintos diámetros se realiza a modo referencial. Los diseños se realizan a nivel preliminar por tanto por su naturaleza, no sustituye el dimensionamiento y verificación hidráulica detallada que se deberá desarrollar en etapas posteriores de ingeniería.

El cuadro siguiente muestra la distribución de diámetros para servir la población total considerando que se debe implementar el servicio en forma integral.

Cuadro 7-12 Estimación de longitud de redes de distribución requeridas. Sector Costero

Diámetro proyectado (mm)	Porcentaje (%)	Total a instalar (m)
200	5%	1.386
150	20%	5.543
100	75%	20.786
Total	100%	27.714

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes recogidos

Considerando las nuevas demandas que se producirán como consecuencia de la proyección de población propuesta en la modificación del Plan Regulador, se deberá implementar la red en concordancia con las solicitudes de factibilidad sanitaria, sin embargo, esto dependerá de la ubicación espacial de las nuevas demandas, así como el desarrollo de los territorios futuros. La distribución temporal de esta inversión dependerá del desarrollo específico de cada sector.

7.7. BALANCE OFERTA-DEMANDA DE AGUAS SERVIDAS

El análisis se realiza sobre la infraestructura más relevante de cada proceso, es decir, aquella que define en mayor medida los costos.

7.7.1. Proceso de recolección

1.1.1.64. Redes de recolección de aguas servidas

De acuerdo con el DFL MOP N°382/89 (Ley General de Servicios Sanitarios), el financiamiento de las obras asociadas a áreas de expansión urbana corresponde a los urbanizadores.

La longitud total de redes requeridas se realiza mediante una relación paramétrica (m/hab), calculada a partir de los antecedentes del Plan de Desarrollo al año 0 (2022). Según el Plan de Desarrollo de la empresa sanitaria, al año 0 (2022) la red de recolección contaba con una longitud total de 352 km, con diámetros (D) entre 160 mm y 900 mm. La población servida por el sistema de alcantarillado de aguas servidas, al año cero del Plan de Desarrollo era de 154.731 hab con un 95,70% de cobertura. Así también, la longitud de redes de recolección, al mismo año es de 352.145 m. Por lo tanto, se tiene una relación de requerimiento de redes de agua potable de 2,38 m/hab, al año 2022.

Bajo un enfoque paramétrico, y aplicando dicha relación, se estima que para abastecer la población proyectada para el escenario de Cabida Máxima (10.727 hab), la longitud requerida se estima en 25.530 m. Para la estimación de los diámetros de la red de distribución se consideró una velocidad máx. de 3 m/s y los criterios de diseño de la NCh1105 Of. 2019.

Cuadro 7-13 Estimación de las redes de recolección requerida. Sector Costero

Pendiente, i (x mil)	Di (mm)	Coef de Manning, n (-)	Capacidad con H/D=0,7 (l/s)	Q diseño (l/s)	Vel. con H/D = 0,7 (m/s)
3	400	0,013	95,5	70	1,02
3	350	0,013	66,9	60	0,93
3	300	0,013	44,3	44	0,84
5	250	0,013	35,2	35	0,96
5	200	0,013	19,4	18	0,83

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes recogidos

Considerando los diámetros y pendientes mínimas establecido en la normativa vigente, y los criterios señalados precedentemente se diseña un diámetro mínimo de 200 mm y un diámetro máximo de 400 mm, La distribución de la longitud en los distintos diámetros se realiza a modo referencial. Los diseños se realizan a nivel preliminar por tanto por su naturaleza, no sustituye el dimensionamiento y verificación hidráulica detallada que se deberá desarrollar en etapas posteriores de ingeniería.

El cuadro siguiente muestra la distribución de diámetros para servir la población total del sector Costero, considerando que se debe implementar el servicio en forma integral.

Cuadro 7-14 Estimación de longitud de redes de recolección requeridas. Sector Costero

Diámetro (mm)	Diámetro proyectado (mm)	Porcentaje (%)	Total a instalar (m)
350 mm o mas	400	1%	255
250 a 400 mm	300	20%	5.106
200 a 225 mm	200	79%	20.169
Total		100%	25.530

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes recogidos

La implementación de la red de recolección y la distribución temporal de esta inversión dependerá de la ubicación espacial de las demandas, así como el desarrollo de los territorios futuros.

1.1.1.65. Plantas elevadoras de aguas servidas

El sector Costero requiere sistemas de elevación mecánica para la evacuación de las aguas servidas, atendida su cota topográfica en relación con el nivel del mar y, la condición geomorfológica de las localidades. En este contexto, se establece que el caudal a elevar en las Plantas Elevadoras de Aguas Servidas (PEAS) asociadas a las redes de recolección corresponde, como criterio de diseño, a un máximo del 30% del caudal máximo horario ($Q_{\text{máx,h}}$). Es así como el caudal de diseño se estima en 21 l/s. La altura de elevación dependerá de ubicación de la PEAS y de la ubicación del colector al cual descarga.

7.7.2. Disposición final de aguas servidas

1.1.1.66. Planta de tratamiento de aguas servidas

En relación con la localización de las Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS), se considera la disponibilidad de un terreno del orden de 2.500 m², ubicado a una distancia mínima de 500 m respecto de la vivienda más cercana, con el objeto de mitigar potenciales impactos por olores, ruidos y operación.

Atendida su condición geográfica, caracterizada por la cercanía al mar y a cuerpos fluviales, se prevé la influencia de niveles freáticos elevados en las zonas topográficamente más bajas, las cuales resultan técnicamente aptas para ubicar las PTAS. En este contexto, la solución adoptada corresponde a un tratamiento secundario mediante lodos activados en modalidad de aireación extendida, complementado con etapa de desinfección y disposición final del efluente mediante emisario submarino, en concordancia con la normativa ambiental vigente y las prácticas habituales en sistemas sanitarios costeros.

1.1.1.67. PEAS disposición Final

Para la PEAS asociada al emisario de descarga, se considera la elevación del 100% del caudal medio (Qmed). Es así como el caudal de diseño se estima en 27 l/s. La altura de elevación dependerá de la ubicación de la PEAS respecto de la cota de descarga al emisario terrestre.

1.1.1.68. Conducciones de disposición (emisarios)

Se propone que las aguas servidas tratadas sean descargadas al mar por un emisario subacuática provisto de una cámara de carga que permita la disposición final. Desde la PTAS a la cámara de carga se propone un emisario terrestre en HDPE en los diámetros y longitudes indicadas.

La capacidad máxima del emisario terrestre se ha calculado utilizando la fórmula de Manning para escurrimiento abierto, considerando h/D igual a 0,7; una pendiente media de 0,3% y un coeficiente de rugosidad igual a 0,013.

Cuadro 7-15 Capacidad disposición. Emisario terrestre

Descripción	Pendiente, i (x mil)	Di (mm)	Coef. De Manning, n (-)	Capacidad con H/D=0,7 (l/s)	Q diseño (l/s)	Vel. con H/D = 0,7 (m/s)
Emisario PTAS sector costero (terrestre)	5	250	0,013	35,2	27	0,96

Fuente: Elaboración propia a partir de los antecedentes recabados en el presente estudio

La capacidad máxima del emisario subacuático se ha calculado utilizando la fórmula de ductos en presión con una velocidad máxima de 3 m/s.

Cuadro 7-16 Capacidad disposición emisario subacuático. Sector Costero

Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)	Area (m ²)	Diámetro, D (mm)
27	1,53	0,018	150

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes recogidos

Cuadro 7-17 Conducciones de disposición cabida máxima. Sector Costero

Nombre	Tipo	Material	Diámetro (mm)	Longitud total (m)
Emisario PTAS Sector Costero (terrestre)	Gravitacional	HDPE	250	1.000
Emisario subacuático Sector Costero	En presión	HDPE	150	1.000

Fuente: Elaboración propia a partir de los antecedentes recabados en el presente estudio

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las principales recomendaciones que surgen del presente estudio son las siguientes:

El análisis desarrollado para el escenario de **Cabida Máxima** permite evaluar la factibilidad técnica de extender la cobertura de los servicios de **agua potable y saneamiento** de aguas servidas en la ciudad de Valdivia y sus áreas de expansión urbana, en coherencia con la actualización del **Plan Regulador Comunal**. El estudio considera la posible incorporación de nuevos sectores al **Territorio Operacional (TO)** de la concesionaria Aguas Décima S.A., así como un escenario integrado denominado **Valdivia urbano**, con una población proyectada de hasta **289.041 habitantes**.

Desde el punto de vista **regulatorio**, la incorporación de nuevas áreas al TO dependerá de la voluntad del concesionario que actualmente sirve el territorio; en caso contrario, corresponderá a la **SISS** licitar dichos sectores a otros prestadores.

Desde la perspectiva **técnica**, el estudio demuestra que los **derechos de agua existentes son suficientes**, permitiendo abastecer poblaciones superiores a todos los escenarios analizado, por lo que no se prevén restricciones por disponibilidad legal del recurso.

No obstante, se constata que en general la **infraestructura proyectada en el Plan de Desarrollo vigente resulta insuficiente** para atender las demandas asociadas a la Cabida Máxima. En el sistema de **agua potable**, se identifican déficits relevantes en **captaciones, plantas elevadoras de producción, plantas de tratamiento, procesos de cloración y fluoración**, con coberturas que fluctúan entre **66% y 79%** de la demanda proyectada. Asimismo, el crecimiento poblacional por sobre los **200.000 habitantes** activa exigencias normativas más estrictas en materia de **volúmenes de reserva**, lo que obliga a aumentar de manera significativa la capacidad de los **estanques de regulación**.

En cuanto a las **redes de distribución de agua potable**, el crecimiento urbano proyectado implica la necesidad de incorporar entre **275 km y 339 km** adicionales de tuberías, predominando diámetros menores asociados a expansión residencial. Estas estimaciones son de carácter paramétrico y deberán ser validadas en etapas posteriores mediante **modelación hidráulica detallada**.

Respecto al sistema de **aguas servidas**, el escenario de Cabida Máxima requiere una ampliación sustantiva de las **redes de recolección**, con longitudes adicionales del orden de **218 km a 270 km**, mayoritariamente en diámetros secundarios. En el ámbito del **tratamiento y disposición**, se identifican déficits en todas las etapas del proceso –tratamiento preliminar, primario, desinfección del efluente y conducciones de descarga terrestres y submarinas– con niveles de cobertura entre **61% y 86%**, lo que obliga a considerar ampliaciones relevantes de la **PTAS y de las obras de disposición final**.

En síntesis, el escenario de **Cabida Máxima es técnicamente viable, pero no puede ser soportado por la infraestructura existente como proyectada**. Su materialización requiere **inversiones significativas**, ampliaciones de capacidad en la mayoría de los componentes del sistema sanitario y el desarrollo de **ingenierías de detalle** que permitan ajustar el diseño a la localización efectiva de la demanda y a los patrones finales de crecimiento urbano.

Este escenario debe entenderse, por tanto, como un **instrumento de planificación estratégica**, orientado a anticipar requerimientos de largo plazo, y no como un diseño definitivo de obras.

Finalmente, y en coherencia con la línea de acción 2.5.2. *“gestionar la elaboración y actualización de planes reguladores comunales que promuevan áreas urbanas con dotación efectiva de servicios básicos”*, es posible señalar que las estimaciones, proyecciones y definiciones contenidas en el presente estudio de factibilidad –que forma parte integrante del Plan Regulador Comunal– se han desarrollado considerando prioritariamente áreas urbanas que cuentan, o que presentan una factibilidad razonable y técnicamente sustentable de contar, con dotación efectiva de infraestructura sanitaria. De este modo, las densidades, parámetros de constructibilidad y secuencias de crecimiento urbano se sustentan en la capacidad real y proyectable del sistema sanitario y en el resguardo de los sistemas fluviales, asegurando la compatibilidad del desarrollo urbano con la sostenibilidad de los servicios básicos. Para ello, en la etapa de Diagnóstico se realizó un análisis preliminar de aptitud territorial y sanitaria, desestimándose aquellas áreas que, no resultaba recomendable incorporar a los escenarios de crecimiento.

8.1. SERVICIOS SANITARIOS RURALES (SSR)

Al año 2025, en la comuna de Valdivia, se distinguen 17 comités de agua potable rural (o SSR), de los cuales 16 del tipo concentrado y uno del tipo semi-concentrado. El número de arranques u hogares con que cuenta este servicio es de 5.452 arranques y 16.901 hab.

8.2. CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático puede afectar a la región en varias formas, entre ellas la disponibilidad hídrica (cantidad de precipitaciones y su estacionalidad), el aumento de olas de calor –con más días de temperaturas extremas– y una mayor frecuencia de eventos climáticos extremos, tanto por máximos como por mínimos de temperatura.

De acuerdo con los estudios revisados, los índices de extremos climáticos muestran comportamientos diferenciados a lo largo del siglo XX: durante los primeros 50 años predominan valores mayormente positivos, mientras que en la segunda mitad se observan valores mayormente negativos, lo que sugiere un aumento de la aridez en la región. En particular, para la estación de Valdivia se identifican dos patrones relevantes: (i) un decrecimiento significativo de las precipitaciones a lo largo del año, con mayor incidencia en otoño (mayor prevalencia de condiciones estivales), y (ii) un incremento en la frecuencia de sequías extremas. Estos antecedentes respaldan la necesidad de **focalizar estudios futuros hacia la evaluación de la respuesta de los ecosistemas boscosos de la zona frente a estas variaciones climáticas**, de modo de contar con información específica que permita una evaluación más completa de los efectos potenciales del cambio climático actual y proyectado en la región.

Según un estudio de la Universidad Austral de Chile en conjunto con una red de investigación de Estados Unidos, se proyecta que la temperatura máxima promedio en Valdivia podría aumentar desde 32°C (1960) a 39°C (2080). En paralelo, la precipitación anual disminuiría desde un valor histórico de 2.450 mm a aproximadamente 1.600 mm hacia

2080, junto con una reducción en la cantidad de días con precipitación. En síntesis, se prevé una disminución tanto del volumen de agua caída como de la frecuencia de días lluviosos.

8.3. TERRITORIO OPERACIONAL PROPUESTO Y CABIDA MÁXIMA POR SECTOR

La localidad de Valdivia se organiza como un sistema urbano de servicios sanitarios actualmente abastecido por la empresa concesionaria Aguas Decima S.A., que cuenta con las concesiones de producción y distribución de agua potable y recolección y disposición de aguas servidas. Con respecto al Territorio Operacional futuro este podrá ser coincidente con el límite urbano propuesto por la Actualización Plan Regulador Comuna de Valdivia siempre que la empresa se encuentre interesada en atender las nuevas áreas de crecimiento propuestas. De lo contrario, la SISS deberá concesionar dichos sectores a otros prestadores.

Las localidades de interés del presente estudio se analizaron con el propósito de proponer cuáles de ellas podrían incorporarse en el futuro al Territorio Operacional (TO) de la empresa sanitaria. Para cada una de las localidades de interés se consideraron criterios asociados a su ubicación geográfica y a la factibilidad técnica y económica de la infraestructura requerida para conectarlas tanto al sistema existente de agua potable (AP) como a la PTAS existente. Entre los factores evaluados se incluyeron: la necesidad de cruzar ríos o esteros, la presencia de puntos altos en los trazados (que podrían requerir obras especiales para su resolución) y, en general, la complejidad y costos asociados a las soluciones de conexión.

Como resultado, se definieron tres territorios operacionales donde se realizaron los estudios de factibilidad de los servicios sanitarios: (i) Valdivia centro y localidades aledañas, (ii) Expansión urbana Torobayo y (iii) Expansión urbana Sector Costero. Adicionalmente, y a modo referencial, se consideró un cuarto territorio denominado (iv) Valdivia urbano, el cual integra la totalidad de los sectores de interés.

Cuadro 8-1 Proyección de población Cabida Máxima

Sectores	Población proyectada (hab)
Valdivia centro y localidades aledañas	266.359
Expansión urbana: Torobayo	11.955
Expansión urbana: Costero	10.727
Valdivia urbano	289.041

Fuente: Elaboración propia a partir de estimaciones realizadas para el presente estudio

8.4. INFRAESTRUCTURA DE AGUA POTABLE VALDIVIA URBANO

8.4.1. Producción

Derechos de agua: Del punto de vista de los derechos de agua es posible señalar que se podrá abastecer una población total máxima de 458.000 hab. Dado lo anterior, para el escenario de Cabida Máxima no se prevé un requerimiento adicional de derechos de agua, tanto para el sector Valdivia centro y localidades aledañas como para el sector Valdivia urbano.

Captaciones: En el escenario de Cabida Máxima, la demanda de producción estimada alcanza 1.162 l/s para Valdivia centro y localidades aledañas y 1.261 l/s para Valdivia urbano. Al compararlas con la capacidad proyectada en el Plan de Desarrollo al horizonte de previsión (950 l/s), se concluye que la infraestructura proyectada no permitiría cubrir la demanda en los escenarios de Cabida Máxima. En consecuencia, será necesario ejecutar obras de incremento de capacidad de captación para cubrir déficits del orden de 212 l/s (Valdivia centro y aledañas) y 311 l/s (Valdivia urbano).

Plantas elevadoras de producción: En el escenario de Cabida Máxima, la demanda estimada para la PEAP alcanza 822 l/s en Valdivia centro y localidades aledañas y 921 l/s en Valdivia urbano. Al compararlas con la capacidad proyectada en el Plan de Desarrollo al horizonte de previsión (610 l/s), se concluye que la infraestructura proyectada no permitiría cubrir la demanda en los escenarios de Cabida Máxima. En consecuencia, será necesario ejecutar obras de incremento de capacidad de elevación para cubrir déficits del orden de 212 l/s (Valdivia centro y aledañas) y 310 l/s (Valdivia urbano), los que podrán abordarse mediante el aumento de capacidad de la PEAP Cuesta de Soto y/o mediante el incremento de la capacidad de captación en Llancahue hasta el límite de los derechos disponibles en dicha fuente.

Plantas de tratamiento de agua potable: En el escenario de Cabida Máxima, la demanda estimada de tratamiento en PTAP alcanza 1.116 l/s para Valdivia centro y localidades aledañas y 1.211 l/s para Valdivia urbano. Al compararlas con la capacidad proyectada en el Plan de Desarrollo al horizonte de previsión (885 l/s), se concluye que la infraestructura proyectada no permitiría cubrir la demanda en los escenarios de Cabida Máxima. En consecuencia, será necesario ejecutar obras de incremento de capacidad de tratamiento en PTAP para cubrir déficits del orden de 231 l/s (Valdivia centro y aledañas) y 326 l/s (Valdivia urbano).

Conducciones de producción: En el escenario de Cabida Máxima, el crecimiento poblacional proyectado exige incrementar la cobertura y la capacidad de las conducciones de producción existentes. Para ello, el estudio propone criterios para estimar las longitudes de la red incremental, utilizando relaciones paramétricas derivadas del Plan de Desarrollo de la empresa sanitaria.

En particular, en el escenario de Cabida Maxima para **Valdivia centro y localidades aledañas**, se estima un requerimiento adicional de conducciones del orden de **12 km** para cubrir la demanda asociada a la población incremental. Por otra parte, en el escenario de Cabida Maxima para **Valdivia urbano**, se estima un requerimiento adicional de

conducciones del orden de **14 km** para cubrir la demanda asociada a la población incremental.

Se señala que la longitud efectiva a adicionar dependerá de la localización espacial de las nuevas demandas y del patrón de desarrollo que adopten los territorios futuros. Adicionalmente, se señala que esta estimación corresponde a un cálculo paramétrico de orden de magnitud, basado en relaciones unitarias observadas en el sistema actual. Por su naturaleza, no sustituye el dimensionamiento y verificación hidráulica detallada que se deberá desarrollar en etapas posteriores de ingeniería.

Centro de Cloración: En el escenario de Cabida Máxima, la demanda estimada de cloración alcanza 1.116 l/s para Valdivia centro y localidades aledañas y 1.211 l/s para Valdivia urbano. Al compararlas con la capacidad proyectada en el Plan de Desarrollo al horizonte de previsión (885 l/s), se concluye que la infraestructura proyectada no permitiría cubrir la demanda en los escenarios de Cabida Máxima. En consecuencia, será necesario ejecutar obras de incremento de capacidad de cloración para cubrir déficits del orden de 231 l/s (Valdivia centro y aledañas) y 326 l/s (Valdivia urbano).

Centro de fluoración: En el escenario de Cabida Máxima, la demanda estimada de fluoración alcanza 1.116 l/s para Valdivia centro y localidades aledañas y 1.211 l/s para Valdivia urbano. Al compararlas con la capacidad proyectada en el Plan de Desarrollo al horizonte de previsión (885 l/s), se concluye que la infraestructura proyectada no permitiría cubrir la demanda en los escenarios de Cabida Máxima. En consecuencia, será necesario ejecutar obras de incremento de capacidad de fluoración para cubrir déficits del orden de 231 l/s (Valdivia centro y aledañas) y 326 l/s (Valdivia urbano).

8.4.2. Distribución

Estanques de regulación: En el escenario de Cabida Máxima, el requerimiento de volumen de regulación se estima en 30.538 m³ para Valdivia centro y localidades aledañas y en 33.139 m³ para Valdivia urbano. Al compararlos con el volumen proyectado en el Plan de Desarrollo al horizonte de previsión (14.500 m³), se concluye que la infraestructura proyectada no permitiría cubrir los requerimientos de regulación en los escenarios de Cabida Máxima. En consecuencia, será necesario ejecutar obras de incremento de capacidad de estanques de regulación para cubrir déficits del orden de 16.038 m³ (Valdivia centro y aledañas) y 18.639 m³ (Valdivia urbano).

El aumento considerable respecto de la demanda proyectada en el Plan de Desarrollo de la empresa sanitaria se explica principalmente por el volumen de reserva, dado que ambos escenarios de Cabida Máxima superan los 200.000 habitantes, umbral a partir del cual la normativa chilena exige una reserva equivalente a 4 horas del caudal máximo diario de distribución (en lugar de 2 horas para poblaciones menores a 200.000 habitantes).

Conducciones de distribución: En el escenario de Cabida Máxima, el crecimiento poblacional proyectado exige incrementar la cobertura y la capacidad de las conducciones de distribución existentes. Para ello, el estudio propone criterios para estimar las longitudes de la red incremental, utilizando relaciones paramétricas derivadas del Plan de Desarrollo de la empresa sanitaria.

En particular, en el escenario de Cabida Maxima para **Valdivia centro y localidades aledañas**, se estima un requerimiento adicional de conducciones del orden de **21 km** para cubrir la demanda asociada a la población incremental. Por otra parte, en el escenario de Cabida Maxima para **Valdivia urbano**, se estima un requerimiento adicional de conducciones del orden de **25 km** para cubrir la demanda asociada a la población incremental.

Se señala que la longitud efectiva a adicionar dependerá de la localización espacial de las nuevas demandas y del patrón de desarrollo que adopten los territorios futuros. Adicionalmente, se señala que esta estimación corresponde a un cálculo paramétrico de orden de magnitud, basado en relaciones unitarias observadas en el sistema actual. Por su naturaleza, no sustituye el dimensionamiento y verificación hidráulica detallada que se deberá desarrollar en etapas posteriores de ingeniería.

Redes de distribución: En el escenario de Cabida Máxima, el crecimiento poblacional proyectado exige incrementar la cobertura y la capacidad de las redes existentes. Para ello, el estudio propone criterios para estimar las longitudes y diámetros de la red incremental, combinando exigencias normativas con relaciones paramétricas derivadas del Plan de Desarrollo de la empresa sanitaria.

En particular, en el escenario de Cabida Maxima para **Valdivia centro y localidades aledañas**, se estima un requerimiento adicional de redes del orden de **276 km** para cubrir la demanda asociada a la población incremental, según la distribución de diámetros que se presenta a continuación.

Cuadro 8-2 Longitud de redes de distribución. Cabida Máxima Sector Valdivia centro y localidades aledañas

Diámetro proyectado (mm)	Rango de diámetro	% de longitud total	Longitud (m)
900	D >= 500 mm	0,004%	12
400	D [300, 450] mm	4,161%	11.483
200	D [125, 250] mm	20,483%	56.527
100	D [75, 110] mm	75,351%	207.945
Total			275.967

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes recogidos

Por otra parte, en el escenario de Cabida Maxima para **Valdivia urbano**, se estima un requerimiento adicional de redes del orden de **339 km** para cubrir la demanda asociada a la población incremental, según la distribución de diámetros que se presenta a continuación.

Cuadro 8-3 Longitud de redes de distribución. Cabida Máxima Sector Valdivia urbano

Diámetro proyectado (mm)	Rango de diámetro	% de longitud total	Longitud (m)
900	D >= 500 mm	0,004%	15
400	D [300, 450] mm	4,161%	14.099
200	D [125, 250] mm	20,483%	69.402
100	D [75, 110] mm	75,351%	255.305
Total			338.820

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes recogidos

Finalmente, se señala que la longitud y diámetros efectivos dependerá de la localización espacial de las nuevas demandas y del patrón de desarrollo que adopten los territorios futuros. Adicionalmente, estas estimaciones no sustituyen el dimensionamiento y verificación hidráulica detallada que se deberá desarrollar en etapas posteriores de ingeniería.

8.5. INFRAESTRUCTURA DE AGUAS SERVIDAS

8.5.1. Recolección

Red de recolección: En el escenario de Cabida Máxima, el crecimiento poblacional proyectado exige incrementar la cobertura y la capacidad de las redes existentes. Para ello, el estudio propone criterios para estimar las longitudes y diámetros de la red incremental, combinando exigencias normativas con relaciones paramétricas derivadas del Plan de Desarrollo de la empresa sanitaria.

En particular, en el escenario de Cabida Maxima para **Valdivia centro y localidades aledañas**, se estima un requerimiento adicional de redes del orden de **218 km** para cubrir la demanda asociada a la población incremental, según la distribución de diámetros que se presenta a continuación.

Cuadro 8-4 Longitud de redes de recolección. Cabida Máxima Sector Valdivia centro y localidades aledañas

Diámetro proyectado (mm)	Rango de diámetro	% de longitud total	Longitud (m)
1.000	D >= 700 mm	0,11%	234
800			
600	D [450, 630] mm	0,92%	1.999
400	D [250, 400] mm	20,20%	44.067
200	D [180, 225] mm	78,78%	171.897
Total			218.196

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes recogidos

Por otra parte, en el escenario de Cabida Maxima para **Valdivia urbano**, se estima un requerimiento adicional de redes del orden de **270 km** para cubrir la demanda asociada a la población incremental, según la distribución de diámetros que se presenta a continuación.

Cuadro 8-5 Longitud de redes de recolección. Cabida Máxima Sector Valdivia urbano

Diámetro proyectado (mm)	Rango de diámetro	% de longitud total	Longitud (m)
1.200	D >= 700 mm	0,11%	289
800			
600	D [450, 630] mm	0,92%	2.476
400	D [250, 400] mm	20,20%	54.583
200	D [180, 225] mm	78,78%	212.921
Total			270.270

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes recogidos

Finalmente, se señala que la longitud y diámetros efectivos dependerá de la localización espacial de las nuevas demandas y del patrón de desarrollo que adopten los territorios futuros. Adicionalmente, estas estimaciones no sustituyen el dimensionamiento y verificación hidráulica detallada que se deberá desarrollar en etapas posteriores de ingeniería.

Conducciones de recolección: En el escenario de Cabida Máxima, el crecimiento poblacional proyectado exige incrementar la cobertura y la capacidad de las conducciones de recolección existentes. Para ello, el estudio propone criterios para estimar las longitudes de la red incremental, utilizando relaciones paramétricas derivadas del Plan de Desarrollo de la empresa sanitaria.

En particular, en el escenario de Cabida Maxima para **Valdivia centro y localidades aledañas**, se estima un requerimiento adicional de conducciones del orden de **13 km** para cubrir la demanda asociada a la población incremental. Por otra parte, en el escenario de Cabida Maxima para **Valdivia urbano**, se estima un requerimiento adicional de conducciones del orden de **16 km** para cubrir la demanda asociada a la población incremental.

Se señala que la longitud efectiva a adicionar dependerá de la localización espacial de las nuevas demandas y del patrón de desarrollo que adopten los territorios futuros. Adicionalmente, se señala que esta estimación corresponde a un cálculo paramétrico de orden de magnitud, basado en relaciones unitarias observadas en el sistema actual. Por su naturaleza, no sustituye el dimensionamiento y verificación hidráulica detallada que se deberá desarrollar en etapas posteriores de ingeniería.

8.5.2. Tratamiento y disposición

Tratamiento preliminar: En el escenario de Cabida Máxima, la demanda estimada para la PTAS preliminar alcanza 1.048 l/s para Valdivia centro y localidades aledañas y 1.123 l/s para Valdivia urbano. Al compararlas con la capacidad proyectada en el Plan de Desarrollo al horizonte de previsión (740 l/s), se concluye que la infraestructura proyectada no permitiría cubrir la demanda en los escenarios de Cabida Máxima. En consecuencia, será necesario ejecutar obras de incremento de capacidad de la PTAS preliminar para cubrir déficits del orden de 308 l/s (Valdivia centro y aledañas) y 383 l/s (Valdivia urbano).

Tratamiento primario: En el escenario de Cabida Máxima, la demanda estimada para la PTAS primaria alcanza 8.556 mg/l-día para Valdivia centro y localidades aledañas y 9.285 mg/l-día para Valdivia urbano. Al compararlas con la capacidad proyectada en el Plan de Desarrollo al horizonte de previsión (6.107 mg/l-día), se concluye que la infraestructura proyectada no permitiría cubrir la demanda en los escenarios de Cabida Máxima. En consecuencia, será necesario ejecutar obras de incremento de capacidad de la PTAS primaria para cubrir déficits del orden de 2.449 mg/l-día (Valdivia centro y aledañas) y 3.178 mg/l-día (Valdivia urbano).

Desinfección efluente: En el escenario de Cabida Máxima, la demanda estimada de desinfección del efluente alcanza 662 l/s para Valdivia centro y localidades aledañas y 718 l/s para Valdivia urbano. Al compararlas con la capacidad proyectada en el Plan de Desarrollo al horizonte de previsión (440 l/s), se concluye que la infraestructura proyectada

no permitiría cubrir la demanda en los escenarios de Cabida Máxima. En consecuencia, será necesario ejecutar obras de incremento de capacidad de desinfección del efluente para cubrir déficits del orden de 222 l/s (Valdivia centro y aledañas) y 278 l/s (Valdivia urbano).

Conducción terrestre de disposición: En el escenario de Cabida Máxima, la demanda estimada para la conducción terrestre de disposición alcanza 1.048 l/s para Valdivia centro y localidades aledañas y 1.123 l/s para Valdivia urbano. Al compararlas con la capacidad proyectada en el Plan de Desarrollo al horizonte de previsión (900 l/s), se concluye que la infraestructura proyectada no permitiría cubrir la demanda en los escenarios de Cabida Máxima. En consecuencia, será necesario ejecutar obras de incremento de capacidad de la conducción terrestre de disposición para cubrir déficits del orden de 148 l/s (Valdivia centro y aledañas) y 223 l/s (Valdivia urbano).

Conducción submarina de disposición: En el escenario de Cabida Máxima, la demanda estimada para la conducción submarina de disposición alcanza 1.048 l/s para Valdivia centro y localidades aledañas y 1.123 l/s para Valdivia urbano. Al compararlas con la capacidad proyectada en el Plan de Desarrollo al horizonte de previsión (900 l/s), se concluye que la infraestructura proyectada no permitiría cubrir la demanda en los escenarios de Cabida Máxima. En consecuencia, será necesario ejecutar obras de incremento de capacidad de la conducción submarina de disposición para cubrir déficits del orden de 148 l/s (Valdivia centro y aledañas) y 223 l/s (Valdivia urbano).

8.6. INFRAESTRUCTURA DE AGUAS LLUVIAS

Parte importante de la ciudad se desarrolla sobre las terrazas fluviales y a una altura promedio de 9 m sobre el nivel del río, las que desde la fundación de la ciudad en 1552 no habrían sido alcanzadas por inundaciones (Rojas, 2000). En cambio, los también extensos sectores ubicados a cotas inferiores a 2 m, sobre el nivel del río (Barrios Bajos de la ciudad), con pendientes inferiores a 5% y correspondientes a la llanura aluvial, un nivel freático somero y una alta humedad del suelo, experimentan anegamientos invernales por acumulación de aguas lluvias y por la incapacidad temporal de los sistemas colectores de evacuarlas en periodos de caudales punta del río y precipitaciones intensas y prolongadas sobre la ciudad. La infraestructura, está formada por las redes existentes que son colectores de aguas lluvia, unitarias, canales urbanos y cauces naturales urbanos, que incorporan los denominados "Humadales" existentes en el sector norte, la Isla Teja y en el sector sur de la ciudad.

Los meses más lluviosos en la ciudad de Valdivia se concentran en el periodo entre mayo y agosto. En la ciudad y comuna de Valdivia se pueden reconocer varios tipos de inundaciones. Los efectos de aluviones y crecidas fluviales se hacen sentir con mucha frecuencia durante el invierno en la zona andina y pre andina, provocando el aislamiento de poblados o comunidades rurales por cortes de camino y destrucción de puentes como ocurrió en los inviernos de 1999, 2000 y 2004. La mayor parte de los casos responde a eventos extremos del tipo inundación relámpago, desencadenados por cuencas relativamente pequeñas. También deben mencionarse inundaciones en poblados lacustres generadas por aumento del nivel del espejo de agua de algunos lagos a consecuencia de precipitaciones invernales importantes, como ocurrió en torno al lago Panguipulli (1961, 1976, 1978, 1982 y 2000).

Menos frecuente, pero más intensas, suele ser las inundaciones asociadas a represamientos artificiales o naturales de los ríos que descargan a lagos; es el caso de las inundaciones de los poblados de Coñaripe y Riñihue y de la ciudad de Panguipulli con ocasión de los trabajos de desagüe del obstruido río San Pedro por el terremoto de mayo de 1960. Otra categoría de inundaciones se genera por intensas y prolongadas precipitaciones en áreas extensas, produciéndose desbordes de grandes ríos que afectan a ciudades y pueblos a lo largo del curso del río Calle-Calle, particularmente a la comuna y ciudad de Valdivia.

Adicionalmente, forman parte de la red de drenaje superficial las principales calles y avenidas de la ciudad, ya sea actuando como superficies recolectoras que concentran las aguas hacia los sumideros de aguas lluvias, o directamente como verdaderos "cauces artificiales" que conducen las aguas lluvias hasta sectores de menor cota. A diferencia del Plan Maestro de 2002, en que gran parte de la red era de antigua data, unos 40 a 50 años, la cual producto del terremoto de mayo de 1960 tuvo que ser en gran parte reconstruida en conjunto con el sistema vial, con el catastro de la Actualización del Plan Maestro de Aguas Lluvias de Valdivia, se observó que se ha materializado una gran cantidad de nuevos colectores de aguas lluvias asociados a sanear sectores emblemáticos con problemas de inundación como lo eran los Barrios Bajos, o asociados a mejoramientos viales como el caso de Av. Pedro Montt, Picarte, Pedro Aguirre Cerda, Sedeño, Bombero Hernández, entre otros.

En cuanto a su estado de mantención, debe señalarse que en general la red de evacuación de aguas lluvias se encuentra en buenas condiciones, salvo algunos casos en que se proponen mejoramientos y refuerzos a las redes existentes. En cuanto a la red de colectores existente, la de colectores de aguas lluvias tiene una extensión total de casi 53 km, con diámetros variables entre 110 y 1.500 mm. Por su parte, la red de colectores unitarios tiene una extensión total algo superior a los 5.160 m, con diámetros de colectores que varían entre 175 y 1.000 mm. Ubicados principalmente en el sector de Barrios Bajos.

El estudio *Plan Maestro Borde Fluvial Valdivia 2022*, elaborado por la DIRPLAN del MOP, consigna la existencia de nueve aliviaderos de tormenta asociados a la red de recolección unitaria de aguas servidas, los cuales, bajo condiciones eventuales y excepcionales de sobrecarga hidráulica, pueden descargar caudales hacia los cauces fluviales receptores. En este contexto, el escenario de crecimiento urbano considerado en el presente instrumento –vinculado a la cabida máxima y zonas de expansión, y al consiguiente incremento de superficies impermeables y escorrentías– hace necesario que la empresa sanitaria evalúe, en etapas posteriores de ingeniería, la eventual adecuación del sistema de alivio, tanto en su capacidad como en su cobertura territorial. Dicho análisis deberá garantizar la coherencia entre planificación territorial, capacidad sanitaria disponible, gestión preventiva de riesgos y resguardo de los cuerpos de agua, de modo que el desarrollo urbano proyectado se implemente en condiciones compatibles con la sostenibilidad ambiental y operacional del sistema, así como la reglamentación vigente respecto de los aliviaderos de tormenta.

Respecto de los canales urbanos, en la ciudad de Valdivia, se ha abovedado el estero Catrico en los Barrios Bajos, y se han materializado mejoras en algunos cauces como el estero Leña Seca, sin embargo, aún existen pequeños canales, cuya única finalidad es la evacuación de las aguas lluvias, para los cuales se proyectan mejoras y refuerzos, sobre todo en el sector Norte y Collico.

El sistema de drenaje está constituido también por la red de drenaje natural, conformada por el río Valdivia, esteros, hualves, lagunas, quebradas y cauces ocasionales.

Finalmente, se señala que no es posible garantizar que la red de aguas lluvias responda adecuadamente a eventos **por sobre la capacidad de diseño**, por lo que siempre existirán sectores con problemas asociados a las aguas lluvias.

8.7. SECTORES DE EXPANSIÓN URBANA

Respecto de los sectores de expansión urbana se considera su incorporación como parte de la Actualización del Plan Regulador Comunal de Valdivia o bien, ser normados de manera coordinada por el Plan Regulador Intercomunal de Borde Costero que actualmente está en desarrollo en la SEREMI MINVU de Los Ríos.

8.7.1. Sector de expansión urbano Torobayo

En el ámbito de la infraestructura es necesario realizar nuevas inversiones para implementar la infraestructura requerida cumpliendo con la normativa vigente para un sistema sanitario concesionado y con ello garantizar que cumpla con los estándares de un sistema urbano concesionado, que permita alcanzar las presiones y dotaciones adecuadas. Adicionalmente, se requiere instalar la totalidad de los sistemas de recolección, tratamiento y disposición final de las aguas servidas en el sector.

Producción

Para el escenario de Cabida Máxima el sector requiere un abastecimiento de agua potable con un caudal máximo diario de producción de 45 l/s por sobre la situación sin proyecto.

Distribución

En la situación con proyecto el sector requiere un volumen de regulación de 1.010 m³.

La red de distribución se propuso en diámetros variables de 100 mm a 200 mm en PVC, en una longitud de 33.115 m. Se considera implementar el sistema con válvulas de corta, grifos, válvulas reductoras de presión, desinfección, tratamiento en base a filtros en presión, arranques, micromedidores y grupos electrógenos.

Recolección

En el caso del sistema de alcantarillado de aguas servidas será necesario la instalación integral del sistema de recolección, tratamiento y disposición final.

En la situación con proyecto se requiere una capacidad para gestionar un caudal medio de 30 l/s y un caudal máximo horario de 71 l/s. Para la situación con proyecto se estima una carga orgánica de 380 Kg DBO⁵/día (considerando 31,8 gr DBO₅ hab /día, año cero Plan de Desarrollo).

Tratamiento y disposición

Considerando la población de Cabida Máxima a sanear (11.955 hab) se propone una planta tratamiento secundario mediante lodos activados en modalidad de aireación extendida, complementado con etapa de desinfección y disposición final del efluente mediante emisario submarino, en concordancia con la normativa ambiental vigente y las prácticas habituales en sistemas sanitarios costeros.

Se requiere disponer de un terreno de 2.500 m² para materializar la PTAS. Este se debe ubicar a una distancia mínima de 500 m de la vivienda más cercana.

Finalmente, para le escenario de Cabida Máxima el caudal de diseño de la planta elevadora de cabecera del emisario de terrestre, se asume la elevación del 100% del caudal medio, equivalente a 30 l/s, D= 300 mm y una longitud de 1000 m en HDPE. También se ha considerado una cámara de carga de cabecera al emisario subacuático que descarga al río Valdivia, un caudal de 30 l/s, D= 150 mm, en HDPE y una longitud de 1000 m.

8.7.2. Sector de expansión urbano Costero

En el ámbito de la infraestructura es necesario realizar nuevas inversiones para implementar la infraestructura requerida cumpliendo con la normativa vigente para un sistema sanitario concesionado y con ello garantizar que cumpla con los estándares de un sistema urbano concesionado, que permita alcanzar las presiones y dotaciones adecuadas. Adicionalmente, se requiere instalar la totalidad de los sistemas de recolección, tratamiento y disposición final de las aguas servidas en el sector.

Producción

Para el escenario de Cabida Máxima el sector requiere un abastecimiento de agua potable con un caudal máximo diario de producción de 42 l/s por sobre la situación sin proyecto.

Distribución

En la situación con proyecto el sector requiere un volumen de regulación de 1000 m³.

La red de distribución se propuso en diámetros variables de 100 mm a 200 mm en PVC, en una longitud de 27.714m. Se considera implementar el sistema con válvulas de corta, grifos, válvulas reductoras de presión, desinfección, tratamiento en base a filtros en presión, arranques, micromedidores y grupos electrógenos.

Recolección

En el caso del sistema de alcantarillado de aguas servidas será necesario la instalación integral del sistema de recolección, tratamiento y disposición final.

En la situación con proyecto se requiere una capacidad para gestionar un caudal medio de 27 l/s y un caudal máximo horario de 70 l/s. Para la situación con proyecto se estima una carga orgánica de 341 Kg DBO⁵/día (considerando 31,8 gr DBO₅ hab /día, año cero Plan de Desarrollo).

Tratamiento y disposición

Considerando la población de Cabida Máxima a sanear (10.727 hab) se propone una planta tratamiento secundario mediante lodos activados en modalidad de aireación extendida, complementado con etapa de desinfección y disposición final del efluente mediante emisario submarino, en concordancia con la normativa ambiental vigente y las prácticas habituales en sistemas sanitarios costeros.

Se requiere disponer de un terreno de 2.500 m² para materializar la PTAS. Este se debe ubicar a una distancia mínima de 500 m de la vivienda más cercana.

Finalmente, para le escenario de Cabida Máxima el caudal de diseño de la planta elevadora de cabecera del emisario de terrestre, se asume la elevación del 100% del caudal medio, equivalente a 27 l/s, D= 250 mm y una longitud de 1000 m en HDPE. También se ha considerado una cámara de carga de cabecera al emisario subacuático que descarga al mar, un caudal de 27 l/s, D= 150 mm, en HDPE y una longitud de 1000 m.