



Plan Ordenamiento Territorial, Plan de Movilidad Urbana y Código de Planeamiento Urbano Rural de San Martín de los Andes, provincia del Neuquén

Anexo II

Infraestructura de Servicios: Agua Potable, Saneamiento Cloacal y Energía

1. Introducción

El desarrollo urbano de San Martín de los Andes se encuentra estrechamente condicionado por la disponibilidad y capacidad de sus sistemas de infraestructura básica, particularmente en lo referido al abastecimiento de agua potable, el saneamiento cloacal y el suministro de energía eléctrica. En ciudades turísticas de montaña como San Martín de los Andes, caracterizadas por una marcada estacionalidad de la demanda y por condiciones topográficas que limitan la expansión de las redes, la planificación de estas infraestructuras constituye un elemento central para garantizar la sustentabilidad del crecimiento urbano.

Los análisis desarrollados en las etapas previas permitieron identificar las principales características del sistema actual, las limitaciones estructurales existentes y los escenarios de demanda proyectados hacia el horizonte de planificación del año 2045. A partir de este diagnóstico, la presente etapa tiene por objeto definir una estrategia de implementación que permita orientar las inversiones futuras, establecer prioridades de intervención y garantizar que el desarrollo territorial propuesto resulte compatible con la capacidad operativa de los sistemas de servicios.

En este contexto la propuesta se estructura a partir de la identificación de intervenciones estructurales necesarias para consolidar y ampliar la infraestructura existente, complementadas con lineamientos de gestión y planificación que permitan acompañar de manera ordenada el crecimiento urbano proyectado.

1. Escenarios de crecimiento y presión sobre la infraestructura

1.1. Crecimiento demográfico y expansión urbana

La ciudad de San Martín de los Andes experimentó durante las últimas décadas un crecimiento sostenido de su población permanente, acompañado por un proceso de expansión urbana hacia sectores periféricos y áreas de urbanización reciente.

Este crecimiento se manifiesta tanto en el aumento de la población residente como en la consolidación de nuevos desarrollos urbanos y urbanizaciones privadas, muchos de los cuales se localizan en sectores con infraestructura limitada o con capacidad restringida para la provisión de servicios.

Las proyecciones demográficas realizadas en las etapas anteriores del estudio indican que la población permanente continuará incrementándose en las próximas décadas, generando una demanda creciente sobre los sistemas de agua potable, saneamiento y energía.

En este contexto uno de los principales desafíos de planificación consiste en anticipar cómo se distribuirá territorialmente esta población, identificando los sectores donde la expansión urbana ejercerá mayor presión sobre la infraestructura existente.

1.2. Dinámica turística

San Martín de los Andes es uno de los principales destinos turísticos de la región patagónica, con una actividad fuertemente asociada a la temporada invernal, vinculada al centro de esquí Chapelco, y a la temporada estival, relacionada con el turismo recreativo y de naturaleza.

Los datos disponibles indican que la ciudad recibe anualmente una cantidad significativa de visitantes, con picos de demanda concentrados en los períodos de mayor actividad turística.

En los últimos años se ha observado además una recuperación sostenida de la actividad turística luego del período de pandemia, registrándose un incremento en la cantidad de visitantes durante la temporada estival.

Asimismo, de acuerdo con información vinculada a los nuevos esquemas de concesión del centro de esquí Chapelco, se prevé la posibilidad de ampliaciones significativas de la capacidad operativa del complejo, lo que podría incrementar de manera sustancial la afluencia de visitantes en temporadas de alta ocupación.

Estos factores implican que el turismo continuará constituyendo uno de los principales motores de crecimiento de la ciudad, generando una presión adicional sobre los sistemas de infraestructura de servicios.

1.3. Escenarios de demanda de servicios

La combinación del crecimiento demográfico, la expansión urbana y el incremento de la actividad turística configura escenarios de demanda crecientes para los sistemas de infraestructura.

En términos generales se identifican tres tipos de presión sobre los servicios:

- aumento de la demanda base asociada a la población permanente
- incremento de la demanda estacional vinculada al turismo
- expansión territorial de la ciudad hacia sectores con infraestructura limitada o inexistente

Estos factores generan condiciones de operación cada vez más exigentes para los sistemas existentes, particularmente en los períodos de máxima demanda.

2. Condicionantes estructurales de los sistemas de infraestructura

2.1. Sistema de agua potable

El sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad se encuentra estructurado principalmente en torno a la planta potabilizadora Quilquihue, que constituye la fuente principal de producción del sistema.

Si bien el sistema ha sido objeto de ampliaciones y mejoras en los últimos años, su funcionamiento presenta limitaciones estructurales vinculadas a la capacidad de producción, transporte y almacenamiento, particularmente frente a escenarios de crecimiento sostenido de la demanda.

2.2. Sistema de saneamiento

El sistema de saneamiento de la ciudad se encuentra organizado en torno a tres plantas de tratamiento de efluentes cloacales que atienden distintas áreas del ejido urbano.

El crecimiento sostenido de la población y la expansión territorial han llevado a que las instalaciones existentes operen en condiciones de elevada exigencia, particularmente durante los períodos de mayor demanda.

En este contexto, las proyecciones realizadas indican que será necesario incrementar significativamente la capacidad de tratamiento de las plantas existentes, así como ampliar las redes de recolección en sectores actualmente no servidos.

2.3. Sistema energético

El sistema eléctrico de San Martín de los Andes presenta actualmente niveles de reserva reducidos en sus distintos niveles de operación. La Estación Transformadora Pío Protto, equipada con dos transformadores de 15 MVA cada uno, se encuentra próxima a su capacidad máxima de operación.

A nivel de redes de media y baja tensión, se registran sobrecargas estacionales y caídas de tensión en diversos sectores de la ciudad, particularmente en las áreas de Lolog, Kaleuche y en la zona oeste, donde el crecimiento urbano reciente ha incrementado la demanda eléctrica.

Las proyecciones de demanda elaboradas para el horizonte 2040 estiman valores comprendidos entre 41 y 55 MW, lo que representa un incremento de aproximadamente 57% a 112% respecto de la demanda registrada en 2024. Este crecimiento se encuentra asociado al aumento de la población permanente, la marcada estacionalidad turística y la posible electrificación parcial de los sistemas de calefacción, fenómeno que podría intensificar significativamente los picos de consumo durante los períodos invernales.

De no implementarse intervenciones estructurales en la infraestructura de transformación y distribución eléctrica, el sistema podría alcanzar niveles críticos de saturación antes del año 2030, comprometiendo la calidad y confiabilidad del servicio.

En paralelo, el sistema de gas natural, operado por la empresa Camuzzi Gas del Sur dentro del sistema cordillerano patagónico, ha presentado restricciones en la disponibilidad de nuevas conexiones durante el período 2022–2025 debido a limitaciones en la capacidad de transporte. Esta situación generó una demanda acumulada de conexiones domiciliarias en distintas urbanizaciones de la ciudad.

Si bien se prevé que las obras de ampliación del sistema cordillerano permitan habilitar nuevas factibilidades a partir de 2026, al momento no se dispone de información oficial respecto a la asignación de cupos de conexión por localidad. Esta incertidumbre podría impulsar, al menos parcialmente, la sustitución del gas por energía eléctrica en usos térmicos, incrementando la presión sobre el sistema eléctrico local.

En este contexto genera la necesidad de reforzar la infraestructura eléctrica, particularmente en los niveles de transformación y distribución, así como promover alternativas energéticas complementarias para calefacción, entre ellas soluciones

basadas en biomasa (como estufas a pellets) u otras tecnologías de menor impacto sobre la demanda eléctrica en períodos de máxima carga.

3. Desarrollo de la infraestructura

La estrategia de desarrollo de infraestructura propuesta se apoya en los siguientes principios:

- asegurar la sostenibilidad de los servicios en el largo plazo
- acompañar el crecimiento urbano de manera ordenada
- optimizar el uso de la infraestructura existente
- minimizar impactos ambientales

En primer lugar, se plantea la necesidad de consolidar y ampliar la infraestructura de base actualmente en operación. Tanto el sistema de abastecimiento de agua potable como el sistema de tratamiento de efluentes cloacales presentan instalaciones que constituyen el núcleo del servicio urbano y que deberán ser ampliadas progresivamente para poder absorber el crecimiento de la demanda asociado al incremento de la población permanente, la expansión territorial de la ciudad y el aumento de la actividad turística.

En segundo lugar, se propone fortalecer la resiliencia del sistema mediante la diversificación de fuentes de abastecimiento, el incremento de la capacidad de regulación hidráulica y la incorporación de soluciones complementarias que permitan reducir la vulnerabilidad frente a eventos climáticos, fallas operativas o incrementos inesperados de la demanda.

Finalmente, la estrategia plantea la necesidad de articular de manera directa la planificación de la infraestructura con el modelo territorial propuesto. En este sentido, el crecimiento urbano deberá acompañarse de manera progresiva mediante la expansión de los sistemas de servicios, evitando la habilitación de nuevos desarrollos en sectores donde no exista capacidad suficiente de abastecimiento o tratamiento.

A partir del análisis realizado se identifican cinco ejes principales para el desarrollo de los sistemas de infraestructura:

1. Consolidación de las fuentes de abastecimiento de agua potable mediante ampliaciones de capacidad de producción.
2. **Reestructuración del sistema de tratamiento de efluentes**, incorporando ampliaciones de capacidad en las plantas existentes y evaluando alternativas de tratamiento regionalizado.
3. **Integración territorial de la infraestructura de servicios**, orientando la expansión urbana hacia sectores con capacidad de provisión de servicios.

4. **Fortalecimiento del sistema energético**, mediante refuerzos en la infraestructura eléctrica y la diversificación de fuentes de calefacción.
5. **Implementación de soluciones descentralizadas**, particularmente en nuevos desarrollos urbanos que se localicen fuera del alcance inmediato de los sistemas troncales.

3.1. Fortalecimiento y optimización de los sistemas de agua potable y saneamiento

El funcionamiento adecuado de los sistemas de agua potable y saneamiento no depende únicamente de la capacidad instalada de la infraestructura sino también de la gestión operativa, el mantenimiento y las capacidades institucionales.

En ciudades de escala intermedia como San Martín de los Andes, la capacidad efectiva de los sistemas puede verse limitada por factores como la disponibilidad de recursos para mantenimiento, la actualización tecnológica de las instalaciones y la información operativa disponible para la toma de decisiones.

La marcada estacionalidad turística, con picos de demanda en invierno y verano, genera además variaciones significativas en los caudales y cargas orgánicas, lo que incrementa la complejidad de la operación y la necesidad de sistemas resilientes.

3.2. Optimización y rehabilitación de las plantas existentes

Previo a considerar ampliaciones estructurales de gran escala, se propone implementar un programa integral de optimización y rehabilitación de las plantas de tratamiento de agua potable y efluentes cloacales existentes.

Este tipo de enfoque busca maximizar la eficiencia operativa, recuperar la capacidad de diseño y prolongar la vida útil de la infraestructura, minimizando la necesidad de inversiones de gran escala en el corto plazo.

Se propone además reforzar la gestión institucional y operativa de los sistemas de agua potable y saneamiento, considerando que la eficiencia de las instalaciones depende tanto de la infraestructura como de la operación cotidiana.

Entre las líneas de acción se destacan:

- Programas sistemáticos de mantenimiento preventivo para instalaciones, redes y estructuras de tratamiento, con prioridad en equipos críticos.
- Sistemas de monitoreo y registro de caudales y parámetros operativos, que permitan contar con información actualizada para la toma de decisiones y planificación de inversiones.

- Capacitación del personal y actualización de procedimientos operativos, fortaleciendo las competencias técnicas y la capacidad de respuesta ante variaciones estacionales o contingencias.
- Herramientas de gestión de activos, que faciliten priorizar intervenciones de mantenimiento y renovación de infraestructura, optimizando recursos y prolongando la vida útil de los equipos.

3.3. Intervenciones estructurales en el sistema de agua potable

La fuente de provisión de agua en la Municipalidad de San Martín de los Andes se basa en aguas superficiales, principalmente del Río Quilquihue, que se abastece desde el lago Lolog y sigue su curso hacia el Río Limay. La producción de agua de esta fuente superficial abastece aproximadamente al 90% de la población.

El sistema del arroyo Trabunco próximo al Barrio Covisal es una fuente complementaria que abastece un porcentaje en torno al 5%. Ambos sistemas están conectados y son operados por la Cooperativa de agua potable y otros servicios públicos de San Martín de los Andes (de aquí en adelante denominada Cooperativa).

La totalidad del sistema está compuesta por:

- 2 tomas de agua
- 1 planta de tratamiento con 14 filtros lentos y filtros rápidos a cartucho, 2 bombas y sistema de cloración
- 1 planta de tratamientos con filtros rápidos y sistema de cloración
- 1 perforación en Alihuen
- 10.000 m³ de almacenamiento distribuidos entre 60 tanques y reservas
- 300 km de red de distribución

La producción de agua promedia los 12.000 m³/día.

Por fuera de la Cooperativa se encuentran tomas privadas que están descentralizadas, como el caso del Complejo Turístico del Cerro Chapelco, en el cual se prevé una demanda futura que cuadruplicaría la actual.

En laderas del Cerro Chapelco se localizan dos comunidades mapuches que son abastecidas por una pequeña toma y planta potabilizadora, que se abastece de un arroyo de la montaña.

En la localidad se registran 12.400 conexiones. Prácticamente el 100% de los socios de la Cooperativa tiene micromedición e incluso el 40% de dichos medidores son digitales. Se estima un consumo promedio mensual de 28 m³/conexión y una pérdida de agua del 15%.

3.4. Escenarios futuros de producción y tratamiento de agua

La oferta de agua está fuertemente vinculada a las condiciones climáticas de corto plazo, donde la falta de nevadas durante el invierno puede generar problemas de abastecimiento al siguiente verano.

Para el año 2040, se estima una demanda media para el sistema completo de 22.121 m³/d y una demanda máxima diaria para los sistemas de producción de 43.135 m³/d. Esto requiere ampliar las capacidades existentes.

Según Censo 2022, la cantidad de hogares era de 14.178 y la población de San Martín de los Andes de 37.427 habitantes, lo que resulta en un promedio de 2,6 habitantes por hogar.

Para el año 2040, se estiman 33.009 hogares para 63.655 personas con un promedio de 1,9 personas por hogar.

Tabla 1. Cantidad de Hogares y Habitantes, escenario 2022 y futuro.

	Hogares	Habitantes	Habitantes x hogar
2022	14.178	37.427	2,6
2040	33.039	63.655	1,9

Fuente: elaboración propia con datos del INDEC

Este escenario contempla el loteo completo de los 3.700 hogares en Kaleuche, que podrían preverse de manera descentralizada. Por lo que se toma de base una cantidad de hogares total de 29.309 hogares que se conectarían al sistema centralizado de Quilquihue y Trabunco.

Si se estima que la proporción de conexionado sobre el total de hogares se mantiene constante (12.400 conexiones para 14.178 hogares en 2022), mantener esta proporción implicaría unas 13.233 nuevas conexiones, totalizando 25.633 conexiones.

La planta de Quilquihue se encuentra actualmente imposibilitada de ampliarse, porque el lugar cedido para dicha función es limitado y la ampliación del espacio está supeditada a los acuerdos que puedan lograrse con los propietarios de los terrenos.

Sin embargo, la tecnología que utiliza este tratamiento es de filtros lentos, siendo una tecnología que ocupa relativamente mucho espacio frente a los filtros rápidos u otras tecnologías. La Cooperativa ha probado con éxito la incorporación de filtros rápidos para mejorar la capacidad de respuesta, sin afectar las instalaciones actuales.

En función de la demanda futura estudiada, primero deberá realizar una evaluación hidrológica extensiva que contemple los distintos caudales según variabilidad estacional, dependencia del recurso nival y escenarios de cambio

climático futuros para evaluar si seguir tomando caudales superficiales del arroyo Quilquihue, es sustentable.

Para conocer cuál es la tecnología más apropiada para realizar una mejora tecnológica, debería estudiarse las características de calidad del agua proveniente del Río Quilquihue, y la eficiencia de remoción necesarias para cumplir con el servicio. La intensificación del proceso podría ser una de las opciones más viable, siempre y cuando no haya una restricción en el caudal proveniente del Río Quilquihue.

Si el Río Quilquihue puede abastecer esa demanda futura, será necesario para aumentar la capacidad cambiar de tecnología de tratamiento, reemplazando la batería de filtros lentos por algún sistema que permita aumentar la capacidad dentro del mismo espacio (upgrading), como pueden ser los filtros rápidos o las tecnologías de membrana.

La evaluación completa incluye los costos de construcción más los requerimientos para el correcto mantenimiento y operación como repuestos, insumos químicos, tareas de limpieza y consumo eléctrico, entre otros.

Otra opción para diversificar la matriz y evitar una total dependencia del sistema mayoritario es utilizar fuentes subterráneas de agua. Para esto deben conocerse los parámetros fisicoquímicos del agua, realizar ensayos de bombeo para evaluar volúmenes a extraer, verificar la capacidad de recuperación de los acuíferos y, además, dichas fuentes deben ubicarse estratégicamente frente a los nodos de mayor consumo para evitar mayores obras civiles en la red de distribución.

Se considera necesario también que los sistemas descentralizados que no son operados por la Cooperativa sean fiscalizados con el objetivo de proteger los recursos.

Hoja de ruta para agua superficial:

- Estudios sobre Río Quilquihue → Calidad
- Hidrológicos. Recopilar información y consultas con el ente provincial.
 - Evaluar alternativas de intensificación del proceso de tratamiento
 - Construcción de nuevas unidades o reemplazo
- Mantenimiento del nuevo sistema, que implicará cambios en los costos de operación

Hoja de ruta para agua subterránea

- Recopilación de información bibliográfica y mapas hidrogeológicos de la región.

- Estudios geoelectrónicos no invasivos
- Identificar zonas alejadas, áreas de expansión o con baja presión en la red.
- Realizar ensayos de bombeo para ver la capacidad del futuro pozo.
- Ejecutar la obra.
- Mantenimiento de los pozos con nuevos costos de operación.

3.5. Red de distribución

En particular la red de agua potable cubre gran parte de la demanda residencial.

La extensión de la red por fuera de mallas existentes debería evaluarse juntamente con otras opciones de provisión de agua, para evitar la construcción de largas tuberías de agua.

Los escenarios de descentralización de la provisión de agua, como en Kaleuche y Chapelco, son una opción viable para otros emprendimientos inmobiliarios, pero será necesario fiscalizar para controlar las perforaciones, evitar contaminación cruzada y cuidar el recurso hídrico.

Además, se debe evaluar de manera integral la red secundaria; esto implica identificar la infraestructura, evaluarla y realizar una gestión de los activos civiles y electromecánicos.

Una evaluación integral de la red implica evaluar correctamente cómo es el mapa de presiones, cuáles son los costos operativos asociados (incluyendo los eléctricos) y analizar distintos escenarios de mejora que permitan optimizar el sistema. Esto puede desarrollarse a través de modelos hidráulicos gratuitos con buena precisión.

Un modelo adecuado deberá contener la información de:

- Fuentes de aguas superficiales y subterráneas, con datos de caudales, presión de salida, niveles de agua en las fuentes.
- Tanques de agua con descripción sobre el almacenamiento existente en la red, con su volumen de regulación y sus cotas mínimas y máximas de funcionamiento
- Estaciones de bombeo intermedias, con los datos de curvas de las bombas y consumo eléctrico.
- Tuberías donde se indiquen diámetros internos y materiales
- Demandas nodales de la red surgidos a partir de los datos de micromedición

Este tipo de modelos, que se podrá ajustar con datos medidos en campo, permitirá generar escenarios futuros a partir de datos concretos.

3.6. Intervenciones estructurales en el sistema de tratamiento de aguas residuales

La cobertura de desagües cloacales cubre el 80% de la demanda actual, sirviendo principalmente al centro urbano y a los barrios que se encuentran contruidos mayoritariamente sobre el eje de la ruta.

Las plantas de tratamiento se encuentran al límite de su capacidad y son la principal restricción para la ampliación de las redes de cloaca y de la habilitación de los nuevos permisos de vuelco.

Las brechas actuales en el acceso más las demandas futuras presionan al sistema cloacal y ponen en riesgo la calidad de los recursos hídricos en la zona.

Informes anteriores han indicado que durante el período 2000-2009, más del 70% de las hectáreas loteadas se encontraban en zonas con baja cobertura cloacal, lo que evidencia un desfase entre el crecimiento de la ciudad y el desarrollo de la infraestructura de saneamiento.

Las cuencas en el presente estudio se han dividido principalmente según la planta de tratamiento a la que son conducidos los efluentes.

Se estimó que el 37,5% utiliza la Planta de Tratamiento N° 1 de Lago Lacar, mientras que el 43,3% de los efluentes llegan a Planta N° 3, también conocida como Vega Plana, y un 19,2% no accede a los servicios de alcantarillado sanitario. Mientras que la población turística que accede al Cerro Chapelco vierte sus efluentes a la Planta N° 2.

3.7. Cuerpos receptores

La Planta de Tratamiento N°1 vuelca el líquido tratado al Lago Lácar mediante un emisario, lo que permite alejarse de la costa, reduciendo el impacto ambiental que el efluente puede generar.

El Organismo de Control Municipal (OCM) realiza tareas de relevamiento y toma de muestras de calidad de agua para garantizar el buen estado del cuerpo de agua.

El arroyo Calbuco recibe los líquidos provenientes de la Planta N°3. Este arroyo urbano se caracteriza por ser el más importante, atravesando toda la ciudad con varios arroyos afluentes y conductos pluviales desembocando en él, que termina en el Lago Lácar.

El arroyo Calbuco no es monitoreado aguas arriba ni aguas abajo por el OCM, sólo se toman muestras en el efluente descargado por la planta.

Los parámetros medidos son: DBO, DQO, SST, Turbiedad, Caudal, Nitrógeno Total, Fósforo Total y Coliformes.

3.8. Plantas de Tratamiento

PTE N° 1 – Lago Lacar

Es una planta de tratamiento terciaria de efluentes cloacales conocida como “Lago Lacar”; trata los efluentes del casco urbano y barrios adyacentes.

El tratamiento utilizado por la planta consiste en dos juegos de rejillas (25 mm y 20 mm) para ingresar a la estación de bombeo. Del funcionamiento de las bombas, se estima que el caudal máximo al que trabaja la planta es de 220 m³/h, siendo esta una lectura indirecta del caudal.

El proceso continúa con el desarenado y se dirige a un tratamiento biológico de lodos activados, caracterizado por un reactor anóxico seguido de reactor aeróbico, cuyo aire es suministrado por soplantes centrífugos. La presencia del reactor anóxico junto a la recirculación de lodos permite remover nutrientes.

El agua efluente de este sistema pasa por un filtro terciario de arena con falso fondo y es desinfectada mediante ultravioleta.

Según el análisis realizado, la planta debería cubrir la siguiente demanda estimada para el 2040:

Tabla 2. Caudales para el escenario 2040, Planta N° 1.

Cloaca	Caudal de vuelco : 200 l/hab.día			
	Población	QC (m ³ /día)	QD (m ³ /día)	QE (m ³ /día)
Planta 1. Pob permanente	21.917	4.383	5.698	8.548
Planta 1. Pob flotante	11.297	2.259	2.937	4.406
Población total	33.214	6.642	8.635	12.954

Cabe aclarar que la planta de tratamiento manifiesta inconvenientes durante los días de lluvia, debido al gran caudal que llega por la red de cloacas, forzando muchas veces a utilizar los by-pass que son informados al OCM. Será necesario, en este sentido, evaluar también estrategias que ayuden a desacoplar el efecto de los pluviales sobre la red de cloacas.

El sistema pluvial no es de gran extensión, debido a que la ciudad cuenta con arroyos naturales y pendientes que favorecen el escurrimiento hacia el lago Lácar.

Sin embargo, esta situación no quiere decir que no sea importante analizar estrategias respecto al agua de lluvia para mitigar su impacto en la red de cloacas.

Algunas acciones pueden estar relacionada con llevar infraestructura a zonas bajas y anegables, desacoplar en viviendas y edificios el agua que se dirige hacia las cloacas y mejorar la capacidad absorbente de la ciudad a través de infraestructuras verdes que permitan retener el agua y disminuir los caudales punta de escorrentía.

PTE N° 2 – Chapelco

La planta de Chapelco deberá aumentar su capacidad en función de las nuevas obras que se planean en el circuito turístico, como parte de dicha inversión.

PTE N° 3 – Vega Plana

Esta planta tiene un tratamiento muy similar a la Planta N°1, pero con una capacidad máxima operativa de 180 m³/h.

Esta planta a diferencia de la anterior recibirá gran parte de los caudales de nuevos loteos y será altamente demandada. Actualmente, incluso se están limitando los permisos de factibilidad de vuelco debido a las restricciones operativas de la planta.

Tabla 3. Caudales para el escenario 2040, Planta N° 3.

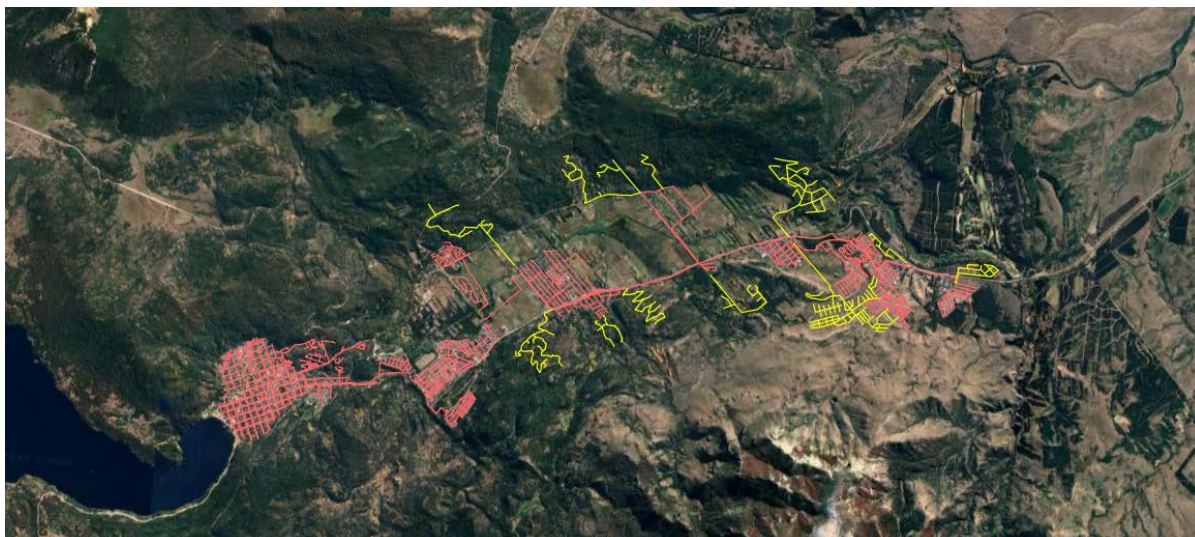
Cloaca	Caudal de vuelco : 200 l/hab.día			
	Población	QC (m3/día)	QD (m3/día)	QE (m3/día)
Planta 3. Pob permanente	28.492	5.698	7.408	11.112
Planta 3. Pob flotante	6.083	1.217	1.582	2.372
Población total	34.575	6.915	8.990	13.484

3.9. Red secundaria

San Martín de los Andes aún requiere hacer obras de expansión de redes cloacales secundarias para satisfacer la demanda residencial. Sin embargo, como fue mencionado previamente, la capacidad de absorber más caudales por parte de la planta genera una fuerte restricción.

Para alcanzar el nivel de cobertura que se tiene en agua potable, se debería completar la red de cloaca en las zonas indicadas en la siguiente imagen, siendo en color rojo claro la red existente y en amarillo la red a construir.

Figura 1. Red cloacal actual y extensión prevista



Se estima que la cantidad de red que se requiere construir es de 43,5 km.

El sistema cloacal presenta actualmente un nivel de cobertura inferior al del sistema de agua potable. Mientras que este último alcanza prácticamente la totalidad de las conexiones domiciliarias, la red cloacal registra una cobertura estimada cercana al 80%.

En función de esta proporción, se estima que el sistema cuenta actualmente con aproximadamente 9.920 conexiones cloacales, considerando un total de 12.400 conexiones de agua potable. De acuerdo con el escenario de crecimiento urbano proyectado en el apartado anterior, que estima un total de 25.633 conexiones para el horizonte del plan, será necesario incorporar aproximadamente 15.713 nuevas conexiones cloacales a fin de acompañar la expansión urbana.

3.10. Escenarios futuros de demanda y tratamiento de líquidos cloacales

Las plantas de tratamiento N° 1 y N° 3, que abastecen a la ciudad, no tienen desarrollado una ingeniería de proyecto que al menos permita establecer costos precisos de las obras de ampliación.

Para obtener mejoras en las plantas a corto plazo debe aumentarse el monitoreo de parámetros y variables dentro de la planta, auditar detalladamente cada uno de los procesos, detectando cuellos de botella, y buscar mejoras parciales o acciones de retrofit que permitan con menor inversión generar progresos.

Mientras se desarrollan estas mejoras, los datos que surjan del monitoreo permitirán estimar con mayor certeza las obras necesarias de ampliación.

Una de las opciones es transferir los costos de tratamiento a los desarrolladores privados, tanto su construcción como operación.

Esta puede ser la situación de Kaleuche y de otros emprendimientos, aunque será necesario reforzar la inspección y el control de los efluentes volcados. Este rol de fiscalización podría ser absorbido por la Cooperativa, por el Organismo de control municipal (OCM) o por ambos de manera conjunta, entendiendo que el costo de la fiscalización debería ser asumido por el desarrollador.

Hoja de ruta para el sistema sanitario

- Iniciar auditorias en plantas de tratamiento, detectando cuellos de botellas.
- Evaluar el costo de los cuellos de botellas y priorizar inversiones.
- Retrofit en las unidades más críticas para el desempeño de la planta y mejoras en el espacio existente en la Planta 1, que tendrá un crecimiento moderado para el 2045.
- Estrategias para la Planta N° 3, luego de realizar el retrofit:
 - Ampliación. Iniciar ingeniería para proyecto ejecutivo.
 - Construir una cuarta planta (PTN°4), en función de la ocupación del suelo y evaluando la posibilidad de desacoplar parte de las redes existentes, para buscar sistemas más compactos.
 - Descentralizar la planta en asentamientos inmobiliarios o urbanos alejados de la red. Transferir el tratamiento y realizar los controles de vuelco.
- Ampliar la red de alcantarillado sanitario

3.11. Tratamiento de barros

Respecto al tratamiento de barros, la planta produce unos 8 m³ diarios de lodo digerido y deshidratado, obteniendo un porcentaje de sólidos entre el 13% y 18%. Los mismos son dispuestos en una zona de secado para su estabilización final, dicho lugar es prestado por el municipio.

Al cabo de un tiempo se busca reducir los sólidos volátiles en un 38%, alcanzando una calidad de biosólido clase B según la resolución 410/2018 del Ministerio de Ambiente de Nación.

Si bien el tratamiento de barros no genera una urgencia para la Cooperativa, la valorización de residuos es una buena práctica para las empresas; bien ejecutado, puede reducir los costos de disposición y generar impactos positivos, por ejemplo, en la recuperación de paisajes degradados.

3.12. Gestión del drenaje pluvial y su interacción con los sistemas de saneamiento

La planificación de la infraestructura de servicios en ciudades en expansión requiere adoptar una visión integrada del ciclo urbano del agua, considerando de manera conjunta los sistemas de abastecimiento de agua potable, saneamiento cloacal y drenaje pluvial. Estos sistemas se encuentran estrechamente vinculados entre sí y su funcionamiento conjunto condiciona la sostenibilidad de los servicios y la protección de los recursos ambientales.

En el caso de San Martín de los Andes, el crecimiento urbano, la expansión de nuevas urbanizaciones y el aumento de superficies impermeables modifican progresivamente los patrones naturales de escorrentía, incrementando los volúmenes de escurrimiento superficial durante eventos de precipitación. Estas condiciones pueden generar mayores presiones sobre las redes de drenaje urbano y, en algunos casos, favorecer el ingreso de aguas pluviales al sistema cloacal a través de infiltraciones o conexiones inadecuadas.

La incorporación de aguas de lluvia al sistema sanitario provoca incrementos en los caudales que llegan a los colectores y a las plantas de tratamiento, generando condiciones de operación más exigentes para la infraestructura existente y reduciendo la eficiencia de los procesos de depuración. En consecuencia, la adecuada gestión del drenaje pluvial constituye un elemento relevante para el funcionamiento del sistema de saneamiento.

Además; la escorrentía urbana puede transportar sedimentos, hidrocarburos y otros contaminantes presentes en superficies impermeables, los cuales eventualmente pueden alcanzar los cuerpos receptores si no existen mecanismos adecuados de control. En este sentido, la protección de la calidad ambiental del lago Lácar y de los cursos de agua asociados constituye un objetivo prioritario para la ciudad, dado su valor ambiental, turístico y paisajístico.

En este marco resulta recomendable que la planificación futura de la infraestructura urbana incorpore criterios de gestión integrada del drenaje pluvial, promoviendo soluciones orientadas a reducir los caudales pico generados por eventos de lluvia y a favorecer la regulación natural del escurrimiento superficial. Entre las estrategias posibles se incluyen la implementación de sistemas de drenaje urbano sostenible, tales como reservorios de retención, zanjas de infiltración, superficies permeables y otras soluciones que permitan mejorar la gestión del escurrimiento en origen.

La incorporación progresiva de este tipo de enfoques contribuiría a reducir las presiones hidráulicas sobre los sistemas de saneamiento existentes y a fortalecer la resiliencia de la infraestructura urbana frente a escenarios de crecimiento urbano y variabilidad climática.

3.13. Alternativas de gestión sanitaria

En aquellos sectores donde la expansión urbana se adelante a la ejecución de las obras, se propone la implementación de soluciones descentralizadas de tratamiento de efluentes. Estas alternativas tienen como objetivo asegurar la continuidad de los servicios de saneamiento, reducir riesgos para la salud pública y minimizar impactos sobre los recursos naturales mientras se consolida la infraestructura principal del sistema.

Estas soluciones deberán cumplir estrictamente con las normativas vigentes en materia de tratamiento y disposición final y requerirán el fortalecimiento de los mecanismos de control y fiscalización por parte de las autoridades competentes.

3.14. Estrategia de desarrollo de la infraestructura energética

El crecimiento urbano y turístico de San Martín de los Andes se encuentra acompañado por un incremento sostenido de la demanda energética, particularmente durante los meses de invierno cuando se generan picos significativos de consumo.

Con el objetivo de garantizar un suministro eléctrico confiable, resiliente y sostenible hacia el horizonte 2040, se contemplan las siguientes líneas de intervención:

- Incorporación de una nueva Estación Transformadora en el sector noroeste de la ciudad, con el fin de ampliar la capacidad de transformación y mejorar la confiabilidad del sistema.
- Repotenciación de la Estación Transformadora Pío Protto, incrementando su capacidad operativa para acompañar el crecimiento de la demanda.
- Mallado y refuerzo de las redes de media tensión, mejorando la flexibilidad operativa y reduciendo riesgos de sobrecarga en sectores críticos.
- Modernización y adecuación de las redes de baja tensión, orientada a mejorar la calidad del servicio y reducir caídas de tensión en áreas con mayor crecimiento urbano.
- Integración progresiva de generación distribuida, principalmente a partir de sistemas fotovoltaicos y micro-parques eólicos, con el objetivo de diversificar la matriz energética local.
- Incorporación de sistemas de almacenamiento en baterías (BESS) que permitan gestionar picos de demanda, mejorar la estabilidad del sistema y facilitar la integración de energías renovables.

Figura 2. Esquema conceptual del desarrollo de infraestructura energética propuesto



Fuente: elaboración propia

4. Priorización de intervenciones y horizonte de implementación

Las intervenciones propuestas deberán implementarse de manera progresiva a lo largo del horizonte de planificación, priorizando aquellas obras que resulten críticas para garantizar la continuidad y seguridad de los servicios.

En el corto plazo, las acciones deberán concentrarse en la ampliación de las instalaciones existentes y en la ejecución de refuerzos puntuales de las redes que permitan resolver las restricciones operativas actuales.

En el mediano plazo, será necesario avanzar con la expansión de los sistemas de tratamiento y la construcción de nuevas infraestructuras de transporte y distribución.

Finalmente, en el largo plazo el objetivo será consolidar el sistema mediante la incorporación de nuevas fuentes de abastecimiento, el desarrollo de soluciones energéticas complementarias y la extensión de los servicios hacia los sectores de expansión urbana.

4.1. Definiciones estratégicas de las intervenciones estructurales

4.2. Modelo sanitario de la ciudad

Históricamente el sistema cloacal de San Martín de los Andes se desarrolló bajo un modelo centralizado en el cual las redes colectoras conducen los efluentes hacia plantas de tratamiento que operan sobre subcuencas definidas del área urbana.

Sin embargo, el crecimiento territorial de la ciudad, la aparición de nuevos desarrollos urbanos alejados del sistema troncal y las restricciones topográficas y ambientales propias del entorno cordillerano plantean la necesidad de revisar este modelo de manera estratégica.

Se propone avanzar hacia un modelo sanitario mixto en el cual:

- las áreas urbanas consolidadas continúan siendo servidas por sistemas centralizados de tratamiento, mediante la ampliación de las plantas existentes,
- mientras que en nuevos desarrollos de baja densidad o en sectores alejados del sistema troncal se puedan implementar sistemas descentralizados de tratamiento, siempre bajo condiciones estrictas de diseño, operación y control ambiental.

Esta decisión permite evitar la expansión desordenada de redes de gran extensión, reducir costos de infraestructura y mantener niveles adecuados de protección ambiental.

4.3. Consolidar el sistema Quilquihue como eje del abastecimiento de agua potable

El sistema de agua potable de la ciudad se encuentra estructurado en torno a la captación y potabilización del río Quilquihue que constituye actualmente la principal fuente de abastecimiento del área urbana.

No obstante, la dependencia casi exclusiva de una única fuente de abastecimiento constituye un factor de vulnerabilidad frente a eventos hidrológicos, contingencias operativas, escenarios de variabilidad climática o de riesgo frente a erupciones volcánicas.

Por este motivo se propone complementar el sistema mediante el análisis y eventual incorporación de fuentes alternativas de abastecimiento, que permitan mejorar la resiliencia del sistema frente a situaciones de emergencia o incrementos imprevistos de la demanda.

4.4. Alinear el crecimiento urbano con la capacidad de los servicios

Una de las principales conclusiones del diagnóstico realizado es que la expansión urbana registrada en las últimas décadas ha superado en algunos casos la capacidad de las infraestructuras existentes, generando situaciones de estrés operativo en los sistemas de agua potable, saneamiento y energía.

En este contexto, se define la necesidad de condicionar la habilitación de nuevos desarrollos urbanos a la disponibilidad efectiva de infraestructura de servicios.

Esto implica que:

- los nuevos desarrollos deberán demostrar factibilidad técnica de abastecimiento y saneamiento,
- los proyectos de gran escala deberán incorporar infraestructura propia o contribuir al financiamiento de obras estructurales,
- y la expansión urbana deberá priorizar sectores donde la infraestructura existente pueda ser ampliada de manera eficiente.

4.5. Preparar el sistema energético para un escenario de electrificación creciente

Frente a un escenario de incremento de demanda eléctrica, particularmente en la temporada invernal, se contempla necesidad de anticipar y planificar el refuerzo estructural del sistema eléctrico mediante:

- la incorporación de nuevas infraestructuras de transformación,
- el refuerzo de redes de media tensión,
- y la promoción de soluciones complementarias basadas en generación distribuida y almacenamiento energético.

Esta decisión permitirá garantizar la seguridad energética de la ciudad frente al crecimiento proyectado de la demanda.

4.6. Preservar el equilibrio ambiental del sistema Lacar–Pocahullo

El Lago Lacar y los cursos de agua asociados constituyen el principal sistema ambiental de la ciudad y representan uno de los activos naturales más valiosos para el desarrollo turístico de San Martín de los Andes.

En este contexto la planificación de la infraestructura sanitaria debe garantizar que el crecimiento urbano no comprometa la calidad ambiental de estos ecosistemas, es por esto que las intervenciones propuestas priorizan la protección del sistema Lacar–Pocahullo mediante el fortalecimiento del sistema de

saneamiento cloacal, asegurando que todos los efluentes urbanos sean tratados adecuadamente antes de su descarga final.

Esto implica:

- ampliar las plantas de tratamiento existentes
- expandir las redes cloacales hacia sectores actualmente no servidos
- controlar rigurosamente los sistemas descentralizados
- y reducir las infiltraciones y conexiones irregulares que puedan generar descargas no controladas

4.7. Intervenciones estructurales del sistema de agua y saneamiento

A partir del diagnóstico realizado y de los escenarios de demanda proyectados, se identifican una serie de intervenciones concretas orientadas a mejorar la confiabilidad, capacidad y resiliencia del sistema de agua potable de San Martín de los Andes.

- Ampliación de la capacidad de producción de agua potable y de tratamiento de efluentes cloacales

Las proyecciones de demanda elaboradas para el horizonte del plan indican que la infraestructura actual de abastecimiento de agua potable y saneamiento cloacal se aproxima progresivamente a su límite operativo, especialmente durante los períodos de máxima demanda asociados a la temporada turística.

En el caso del sistema de agua potable, se propone una estrategia orientada a fortalecer la capacidad de producción y diversificar las fuentes de abastecimiento. En este sentido, las principales intervenciones previstas incluyen:

- la ampliación/reconversión de la capacidad de tratamiento de la planta potabilizadora Quilquihue, con el objetivo de incrementar la producción de agua potable y mejorar la eficiencia de los procesos de tratamiento;
- el desarrollo de un programa de perforaciones de agua subterránea, destinado a diversificar la matriz de abastecimiento y reforzar sectores del sistema que presentan mayores vulnerabilidades hidráulicas.

En el caso del sistema cloacal la estrategia de expansión presenta características diferentes. Considerando las limitaciones técnicas para ampliar significativamente la capacidad de las plantas de tratamiento existentes, el crecimiento proyectado del sistema se abordará mediante un esquema mixto, que combine:

- retrofit y ampliaciones moderadas de las plantas actuales,

- la construcción de una nueva planta de tratamiento de efluentes,
- la implementación de sistemas de tratamiento descentralizados en sectores específicos del territorio.

En este marco, se estima que entre un 15% y un 20% de la expansión futura del sistema podría ser absorbida mediante la ampliación de las plantas existentes, mientras que la nueva Planta de Tratamiento N°4 concentrará la mayor parte del incremento de capacidad requerido. Complementariamente, una proporción significativa de la demanda futura será atendida mediante sistemas de tratamiento independientes en el sector Quilquihue, adaptados a las características territoriales y al patrón de urbanización de esa zona.

De manera complementaria a las obras de infraestructura, la gestión del sistema puede fortalecerse mediante la incorporación de herramientas de monitoreo y control que permitan optimizar su operación y mejorar la eficiencia del servicio.

Entre las mejoras operativas propuestas se incluyen:

- implementación progresiva de sistemas de telemetría y control operativo;
- ampliación del sistema de medición de caudales y consumos;
- desarrollo de herramientas de gestión para el monitoreo de pérdidas y consumos.

A partir de este diagnóstico y de la estrategia planteada, se identifican las principales obras estructurales necesarias para acompañar el crecimiento urbano proyectado.

Tabla 4. Principales intervenciones estructurales propuestas.

Nº	Obra estructural	Justificación técnica	Impacto esperado	Horizonte
1	Ampliación de la Planta Potabilizadora Quilquihue	La demanda proyectada al horizonte del plan requiere incrementar la capacidad de producción	Garantiza el abastecimiento futuro de la ciudad	Corto–Medio
2	Programa de perforaciones estratégicas de agua subterránea	Diversificar la matriz de abastecimiento y reforzar sectores críticos	Mejora la seguridad hídrica y refuerza el suministro en zonas altas o alejadas	Mediano
3	Ampliación de la Planta de Tratamiento Cloacal Nº 1 (Lago Lácar)	El crecimiento urbano proyectado implica un incremento de los caudales máximos a tratar.	Permite sostener la operación del sistema cloacal en el sector central	Mediano
4	Ampliación de la Planta de Tratamiento Cloacal Nº 3 (Vega Plana)	Es la instalación con mayor déficit de capacidad respecto a los escenarios futuros	Reduce el riesgo de saturación del sistema sanitario	Mediano
5	Construcción de una nueva planta de tratamiento cloacal adicional (Nº4)	Incorporar nueva capacidad estructural para acompañar la expansión urbana	Descongestiona las plantas existentes y permite nuevas urbanizaciones	Largo
6	Extensión de la red cloacal	Incorporar nuevas áreas urbanas al sistema formal de saneamiento	Reducción del porcentaje de población sin servicio	Corto–Medio
7	Infraestructura sanitaria asociada al sector Quilquihue	La estrategia de tratamiento descentralizado prevista para el sector Quilquihue requiere la incorporación de infraestructura sanitaria complementaria para la conducción y disposición final del efluente tratado hacia el cuerpo receptor.	Permite atender desarrollos periféricos sin sobrecargar el sistema central	Mediano

5. Plan de inversiones

Las estimaciones de inversión se realizaron a partir de costos unitarios de referencia obtenidos de proyectos similares desarrollados en la región patagónica, así como de antecedentes de obras ejecutadas recientemente en sistemas de infraestructura de características comparables.

Las cifras obtenidas deben interpretarse como órdenes de magnitud orientativos, destinados a facilitar la planificación de inversiones y la identificación de posibles fuentes de financiamiento.

Las inversiones requeridas se distribuyen entre los distintos sistemas de infraestructura de la siguiente manera:

- agua potable: ampliación de producción
- saneamiento: ampliación de la capacidad de tratamiento, descentralización del tratamiento y expansión de redes
- energía eléctrica: refuerzos en estaciones transformadoras y redes de distribución

En conjunto, estas intervenciones representan un esfuerzo de inversión significativo para la ciudad, que deberá ser abordado mediante la articulación de recursos municipales, provinciales, nacionales e internacionales, así como la colaboración privada.

5.1. Priorización de intervenciones

Con el objeto de definir el orden de implementación de las obras estructurales identificadas en el plan, se elaboró una matriz de priorización que considera distintos criterios técnicos vinculados al funcionamiento del sistema de infraestructura de servicios.

1. **Urgencia operativa.** Nivel de criticidad actual del sistema y riesgo de saturación o colapso.
2. **Impacto en la población.** Cantidad de habitantes permanentes o población turística beneficiada.
3. **Impacto ambiental.** Contribución de la intervención a la reducción de riesgos ambientales, particularmente en relación con los sistemas de saneamiento.
4. **Habilitación del crecimiento urbano.** Capacidad de la obra para permitir la expansión ordenada de la ciudad.
5. **Costo relativo de implementación.** Magnitud de la inversión requerida en relación con los beneficios generados

La aplicación de estos criterios permite identificar un conjunto de intervenciones prioritarias de corto plazo, orientadas a evitar situaciones de saturación del sistema.

Para facilitar su implementación, las obras pueden organizarse en tres horizontes de ejecución.

Tabla 5. Priorización de intervenciones

Horizonte	Obras principales	Objetivo
Corto plazo (0–5 años)	- Ampliación de la PTAR N.º 3 - Extensión de la red cloacal	Resolver los principales cuellos de botella actuales del sistema
Mediano plazo (5–10 años)	- Ampliación de la Planta Potabilizadora Quilquihue - Ampliación de la PTAR N.º 1 - Nuevas perforaciones de agua subterránea - Construcción de colector cloacal para la zona de Quilquihue - Fortalecimiento del sistema eléctrico	Acompañar el crecimiento urbano proyectado
Largo plazo (10–20 años)	- Construcción de la nueva planta de tratamiento cloacal N°4 - Integración progresiva de generación distribuida y de sistemas de almacenamiento en baterías (BESS)	Consolidar el sistema para el horizonte de planificación

5.2. Estimación preliminar de inversiones (orden de magnitud)

A partir de la identificación de las intervenciones estructurales necesarias para garantizar la sostenibilidad de los servicios de agua potable y saneamiento, se realizó una estimación preliminar de los órdenes de magnitud de inversión asociados. Estas estimaciones se basan en costos unitarios de referencia utilizados en proyectos recientes de infraestructura sanitaria y tienen carácter orientativo, siendo su objetivo principal dimensionar el esfuerzo inversor requerido para la implementación del plan.

5.3. Metodología de estimación preliminar de inversiones

Con el objeto de dimensionar el esfuerzo inversor requerido para la implementación del plan de infraestructura de servicios, se realizó una estimación preliminar de los costos asociados a las principales intervenciones identificadas. Dado que el presente estudio se encuentra en una instancia de planificación estratégica y no de diseño ejecutivo, las estimaciones realizadas corresponden a órdenes de magnitud, elaborados a partir de costos unitarios de referencia utilizados en proyectos recientes de infraestructura sanitaria y energética desarrollados en la región patagónica.

Las estimaciones se construyeron mediante la combinación de tres fuentes principales de información:

- Costos unitarios de obras similares ejecutadas recientemente en proyectos de agua potable y saneamiento
- Valores de referencia utilizados por organismos nacionales y provinciales, tales como programas del ENOHSA, presupuestos de referencia y documentación técnica de proyectos financiados por organismos multilaterales
- Parámetros de dimensionamiento típicos de infraestructura sanitaria, que permiten estimar costos a partir de capacidades de tratamiento, volúmenes de almacenamiento o extensiones de redes

A partir de estos antecedentes se adoptaron costos unitarios de referencia, que se detallan a continuación.

5.4. Costos unitarios adoptados (valores de referencia)

Plantas de tratamiento de agua potable

Para ampliaciones o construcción de plantas potabilizadoras con tecnologías convencionales (coagulación, filtración rápida, desinfección) se adoptó un costo de referencia del orden de:

600 – 900 USD por m³/día de capacidad instalada

Este rango surge de proyectos recientes de ampliación de plantas en ciudades intermedias de la región.

Plantas de tratamiento de efluentes cloacales

Para sistemas de tratamiento biológico convencionales (lagunas aireadas, barros activados simplificados o tecnologías equivalentes), se adoptó un costo del orden de:

800 – 1.200 USD por m³/día de capacidad de tratamiento

El rango depende principalmente de:

- topografía
- condiciones del suelo
- complejidad del proceso
- obras complementarias (colectores, emisarios, etc.)

Redes cloacales

Para redes de alcantarillado sanitario se adoptaron los siguientes valores de referencia:

- 70.000 – 150.000 USD/km para redes secundarias
- 150.000 – 250.000 USD/km para colectores troncales

Sistemas de monitoreo y control

Para la implementación de sistemas de sectorización hidráulica, macromedición, telemetría y control operativo se adoptó un rango del orden de:

- 1 a 2 millones de USD para implementación a escala urbana

A partir de estos valores unitarios, se estimaron los costos preliminares de cada una de las intervenciones estructurales identificadas en el plan, considerando:

- incrementos de capacidad requeridos
- extensiones aproximadas de redes
- volúmenes de almacenamiento necesarios
- características generales del sistema existente

Dado el carácter preliminar de estas estimaciones, se considera razonable un nivel de incertidumbre del orden del $\pm 30\%$, el cual deberá ser reducido en etapas posteriores mediante estudios de prefactibilidad y proyectos ejecutivos.

Tabla 6. Inversiones requeridas

Nº	Proyecto	Sistema	Orden de inversión (USD)
1	Ampliación Planta Potabilizadora Quilquihue	Agua potable	9-14 millones
2	Nueva fuente complementaria de agua	Agua potable	2-4 millones
3	Optimización y ampliación PTAR N°1	Saneamiento	2-5 millones
4	Optimización y ampliación PTAR N°3	Saneamiento	2-5 millones
5	Construcción de una nueva planta de tratamiento cloacal	Saneamiento	7-11 millones
6	Extensión de la red cloacal	Saneamiento	3-6,5 millones
7	Colector cloacal zona Quilquihue	Saneamiento	1,5-3 millones
8	Fortalecimiento del sistema eléctrico (no contempla intervenciones para generación distribuida ni sistema BESS)	Energía	12-18 millones

5.5. Estrategia de financiamiento

Dado el volumen de inversiones requerido, se necesita una implementación escalonada en tres etapas, priorizando aquellas intervenciones que permiten evitar situaciones de saturación o colapso operativo en el corto plazo.

La magnitud de las inversiones necesarias para el horizonte de planificación hace indispensable articular diversas fuentes de financiamiento, entre las que se destacan:

- programas de financiamiento de infraestructura a nivel nacional
- financiamiento provincial
- organismos multilaterales de crédito
- aportes de desarrolladores privados en nuevos proyectos urbanos
- mecanismos locales de recuperación de inversiones vinculados a la expansión de redes

En este contexto, el programa de inversiones propuesto constituye una hoja de ruta para orientar las decisiones de infraestructura en el largo plazo, permitiendo compatibilizar el crecimiento urbano y turístico de San Martín de los Andes con la capacidad de los sistemas de servicios y con la preservación de los recursos ambientales que sustentan el desarrollo de la ciudad.

La implementación progresiva de las intervenciones requerirá la combinación de distintas modalidades de financiamiento, de acuerdo con el tipo de obra y su escala territorial. En términos generales, puede identificarse el siguiente esquema de financiamiento orientativo:

Tabla 7. Alternativas orientativas de financiación

Tipo de intervención	Obras asociadas	Observaciones
Ampliación de plantas de tratamiento cloacal	Ampliación PTAR N°1 y PTAR N°3	Las obras sanitarias estructurales suelen canalizarse a través de programas provinciales
Construcción de nueva planta cloacal	Construcción de PTAR N°4	La construcción de nuevas plantas de tratamiento suele canalizarse a través de programas provinciales con financiamiento externo
Infraestructura sanitaria en áreas turísticas	Ampliación sistema cloacal Chapelco	En áreas concesionadas o desarrollos turísticos suele requerirse financiamiento privado
Ampliación planta potabilizadora	Expansión de capacidad de la planta Quilquihue	Las obras de producción de agua suelen financiarse mediante programas provinciales
Expansión de redes cloacales	Extensión de redes y colectores	En muchos casos se combinan con contribuciones de frentistas
Expansión redes de agua potable	Ampliación redes en nuevos barrios	En urbanizaciones nuevas suele exigirse financiamiento privado
Expansión de colectores cloacales	Conexión de sistemas independientes	Las obras de colectores suelen financiarse mediante programas municipales/provinciales
Fortalecimiento del sistema eléctrico	Nueva estación transformadora y refuerzos de red	Las ampliaciones estructurales suelen ejecutarse mediante planes de inversión del sistema eléctrico

6. Conclusiones

El estudio identifica los principales desafíos que enfrentará la infraestructura de servicios de San Martín de los Andes en los próximos años. El crecimiento de la población permanente, sumado a la actividad turística estacional genera presión sobre los sistemas de agua potable, saneamiento y energía llevándolos a operar cerca de su capacidad máxima.

El diagnóstico realizado muestra que las principales limitaciones se concentran en la capacidad de producción, así como en la capacidad de tratamiento de efluentes cloacales de las plantas existentes. Estas limitaciones podrían traducirse en situaciones de saturación operativa en el corto y mediano plazo afectando tanto la calidad de los servicios como la protección de los recursos naturales del entorno.

Con el objetivo de fortalecer la resiliencia del sistema urbano y acompañar el crecimiento proyectado de la ciudad, el plan propone un conjunto de intervenciones orientadas a:

- ampliar la capacidad de las plantas de tratamiento de efluentes cloacales
- incrementar la capacidad de producción de la planta potabilizadora Quilquihue
- reforzar y expandir progresivamente los sistemas de distribución hacia áreas actualmente no servidas
- planificar y reforzar la infraestructura energética para responder al incremento estacional de la demanda.

La implementación de estas intervenciones requerirá una estrategia de financiamiento que combine distintas fuentes, incluyendo recursos provinciales, programas nacionales de infraestructura, financiamiento de organismos multilaterales y aportes privados asociados al desarrollo de nuevas urbanizaciones y proyectos turísticos. Asimismo, será necesario fortalecer los instrumentos de planificación urbana y los mecanismos de coordinación institucional entre el municipio, los organismos provinciales responsables de la infraestructura y los prestadores de los servicios.

Hasta tanto se concreten las inversiones estructurales previstas y se consolide la expansión de los sistemas, podrán evaluarse soluciones transitorias o descentralizadas, particularmente en el tratamiento de efluentes. Estas alternativas deberán implementarse bajo estrictos mecanismos de regulación, control y monitoreo, a fin de garantizar su correcto funcionamiento y evitar impactos sobre los recursos naturales.

El plan propuesto debe entenderse como una herramienta dinámica, susceptible de actualización en función de la evolución del crecimiento urbano, el desarrollo inmobiliario y la disponibilidad de financiamiento. En este sentido, el fortalecimiento de los sistemas de agua potable, saneamiento y energía no solo responde a las necesidades de crecimiento urbano y desarrollo económico de la ciudad, sino que constituye también una condición fundamental para preservar los recursos naturales que sustentan uno de los principales activos ambientales, turísticos y paisajísticos de San Martín de los Andes.

Tabla de contenidos

1.	Introducción	1
1.	Escenarios de crecimiento y presión sobre la infraestructura	2
1.1.	Crecimiento demográfico y expansión urbana	2
1.2.	Dinámica turística.....	2
1.3.	Escenarios de demanda de servicios.....	3
2.	Condicionantes estructurales de los sistemas de infraestructura.....	3
2.1.	Sistema de agua potable	3
2.2.	Sistema de saneamiento.....	3
2.3.	Sistema energético	4
3.	Desarrollo de la infraestructura	5
3.1.	Fortalecimiento y optimización de los sistemas de agua potable y saneamiento	6
3.2.	Optimización y rehabilitación de las plantas existentes	6
3.3.	Intervenciones estructurales en el sistema de agua potable.....	7
3.4.	Escenarios futuros de producción y tratamiento de agua	8
3.5.	Red de distribución	10
3.6.	Intervenciones estructurales en el sistema de tratamiento de aguas residuales	11
3.7.	Cuerpos receptores.....	11
3.8.	Plantas de Tratamiento	12
3.9.	Red secundaria	13
3.10.	Escenarios futuros de demanda y tratamiento de líquidos cloacales.....	14
3.11.	Tratamiento de barros.....	15
3.12.	Gestión del drenaje pluvial y su interacción con los sistemas de saneamiento	16
3.13.	Alternativas de gestión sanitaria	17
3.14.	Estrategia de desarrollo de la infraestructura energética.....	17
4.	Priorización de intervenciones y horizonte de implementación.....	18
4.1.	Definiciones estratégicas de las intervenciones estructurales	19
4.2.	Modelo sanitario de la ciudad.....	19
4.3.	Consolidar el sistema Quilquihue como eje del abastecimiento de agua potable.....	19

4.4.	Alinear el crecimiento urbano con la capacidad de los servicios	20
4.5.	Preparar el sistema energético para un escenario de electrificación creciente	20
4.6.	Preservar el equilibrio ambiental del sistema Lacar–Pocahullo	20
4.7.	Intervenciones estructurales del sistema de agua y saneamiento	21
5.	Plan de inversiones.....	23
5.1.	Priorización de intervenciones	24
5.2.	Estimación preliminar de inversiones (orden de magnitud).....	25
5.3.	Metodología de estimación preliminar de inversiones.....	25
5.4.	Costos unitarios adoptados (valores de referencia)	25
5.5.	Estrategia de financiamiento.....	27
6.	Conclusiones.....	28

Índice de figuras

Figura 1.	Red cloacal actual y extensión prevista	14
Figura 2.	Esquema conceptual del desarrollo de infraestructura energética propuesto	18