

ETAPA 4 + 6

Informe N°4

FINAL

- **Escenarios Productivos Futuros – 2055**
- **ETAPA 4:** Evaluación de la necesidad de desalinización de agua para el abastecimiento de agua potable en localidades de la Región Sur y en poblaciones de la Zona Atlántica de la Provincia de Rio Negro y las alternativas técnicas existentes.
- **ETAPA 6:** Evaluación integral para la modernización del canal Pomona San Antonio



**CONSEJO FEDERAL
DE INVERSIONES**



**DEPARTAMENTO
PROVINCIAL
DE AGUAS**

1. Introducción general	6
2.1. Análisis de escenarios objetivo 2055	8
2.2. Resumen ejecutivo	8
2.3. Definición de las hectáreas agrícolas	10
2.4. Proyección de la oferta	21
2.5. Proyecciones de la demanda	27
2.5.1. Demanda poblacional al año 2055	27
2.5.2. Fundamentos para el análisis de escenarios potenciales para población	28
2.5.3. Consideraciones para el escenario potencial de demanda poblacional	30
2.5.4. Consumos poblacionales	34
2.5.5. Dotaciones y volúmenes anuales	35
2.5.6. Demanda industrial e hidrocarburífera al año 2055	36
2.5.7. Demanda agrícola al año 2055	37
2.6 Balances prospectivos	46
2.6.1 Escenario N°1	46
2.6.2 Escenario N°2	48
2.7 Conclusiones preliminares	51
2.8 Impacto económico nuevos proyectos agrícolas en Río Negro en el escenario 2055	52
2.8.1 Desarrollo territorial de los proyectos	53
2.8.2 Identificación de cultivos y modelos económicos considerados	55
2.8.3 Cálculo del costo de inversiones según sistema de riego	60
2.8.4 Metodología utilizada	61
2.8.5 Costo anual equivalente de la inversión según tecnología de riego	62
2.8.6 Costos operativos según tecnología de riego	63
2.8.7 Rentabilidad por ha estimada, según cultivo y tipo de sistema de riego	63

2.8.8	Rentabilidad por ha estimada, según cultivo y tipo de sistema de riego.....	67
2.8.9	Estimación de la rentabilidad agrícola: distribución por proyectos.....	68
2.8.10	Propuesta de indicadores insumo-producto para estimar preliminarmente el impacto integral sobre la actividad económica provincial	71
3	SECCION II: Abastecimiento Zona Atlántica (SAO y Sierra Grande)	76
3.1	Introducción.....	76
3.2	Problemática de situación actual de abastecimiento zona atlántica (Sierra Grande y SAO). 76	
3.2.1	Sierra Grande.....	76
3.2.2	San Antonio (SAO)	77
3.3	Informe descriptivo de la situación actual en SAO y Sierra Grande.....	79
3.3.1	San Antonio Oeste y circundantes	79
3.3.2	Acueductos Ventana y Los Berros - Sierra Grande-Playas Doradas-Punta Colorada	95
3.3.2.1	Aforos realizados por DPA: Tabla 14 caudales expresados en litros/segundos.	101
3.3.3	Análisis de inversiones para mejorar el funcionamiento del sistema de acueductos para el abastecimiento de Sierra Grande"	101
3.4	Conceptos básicos de desalinización	103
3.4.1	Tecnologías de desalinización.....	104
3.4.1.1	Tecnologías basadas en membranas	104
3.4.1.2	Tecnologías térmicas	104
3.4.2	Aspectos claves que condicionan la instalación y operación de plantas desaladoras 106	
3.4.3	Criterios para aumentar la eficiencia energética de las plantas desaladoras.....	107
3.4.4	Descripción de los conceptos básicos del proceso de desalinización mediante Ósmosis Inversa.....	109
3.4.4.1	Diseño de Obras de Toma y Conducciones	110
3.4.4.2	Pretratamiento de agua en el proceso de desalinización.....	112

3.4.4.3	Diseño y Planificación de las Instalaciones	115
3.4.4.4	Post Tratamiento	116
3.4.4.5	Operación y Mantenimiento de las Instalaciones	117
3.5	Análisis de alternativas para abastecimiento de agua de la región sur – zona atlántica	119
3.5.1	Descripción general.....	119
3.5.2	Alternativas estudiadas por el DPA.....	119
3.5.3	Observaciones sobre el estudio de alternativas desarrollado por el DPA	123
3.5.3.1	Comentarios Generales:	124
3.5.4	Análisis de Alternativas de Abastecimiento Zona Sur	125
3.5.4.1	Escenario 0: únicamente Poblacional	126
3.5.4.2	Escenario 1: Poblacional + 5 mil hectáreas	126
3.5.4.3	Escenario 2: Poblacional + 10 mil hectáreas.....	126
3.5.5	Análisis de las demandas de las alternativas	126
3.5.5.1	Esquema general: Conesa – San Antonio – Sierra Grande	126
3.5.6	Configuración de Alternativas de Abastecimiento	128
3.5.6.1	Escenario # 0 - Demanda Poblacional.....	129
3.5.6.2	Escenario # 1 - Demanda Poblacional + 5,000 Has.....	131
3.5.6.3	Escenario # 2 - Demanda Poblacional + 10,000 Has.....	133
3.5.7	Determinación de las dimensiones de los componentes del sistema.....	135
3.5.7.1	Embalses estacionales	135
3.5.7.2	Tubería	136
3.5.7.3	Reservorios operativos	137
3.5.7.4	Estaciones de bombeo.....	137
3.5.8	Inversiones requeridas para el sistema de transporte de agua.....	137
3.5.9	Costos de Energía de operación de las alternativas de acueducto	141

3.5.10	Comparación de alternativas de costos de plantas de desalinización	142
3.5.11	Una planta de desalinización vs dos plantas.....	146
	Análisis comparativo de las alternativas consideradas	147
3.5.11.1	Estimación del costo por metro cúbico de las alternativas analizadas	155
3.6	Conclusiones sobre el análisis de alternativas de abastecimiento	162
3.6.1	Observaciones particulares sobre las plantas desaladoras.....	164
4.1	ANEXO I - Informe de Alternativas - Dirección de Proyectos de Saneamiento (DPA) ...	166
4.2	ANEXO II - Visita del Experto.....	166
4.3	ANEXO III - Aforos	166
4.4	ANEXO IV - Costo de energía.....	166
4.4.1	Cuadro-Tarifario-EdERSA-ABRIL-2025	166
4.4.2	Factura EDERSA	166

1. Introducción general

El presente documento está conformado por dos secciones, la Sección I desarrolla los Escenarios Productivos Futuros al 2055 y la Sección II que desarrolla la Etapa 4 y Etapa 6 definidas en el Plan de Trabajo del Plan Maestro para el Sector Hídrico de la Provincia de Rio Negro.

La Sección I es la continuación del Informe N°2 donde se analiza los Escenarios Productivos definidos en forma conjunto con la Provincia para realizar un análisis prospectivo al 2055. Para estos escenarios se definen condiciones de la oferta y la demanda en el año objetivo y se realizan los balances hídricos correspondientes.

Para la definición de la oferta hídrica proyectada se adoptan los mismos criterios establecidos en los Balances Tendenciales realizados en el Informe N°2 que contempla la oferta hídrica actual afectada por los impactos del Cambio Climático y el aumento de los consumos aguas arriba de cada punto analizado. Para la definición de las demandas se realizaron proyecciones para estimar las demandas futuras para todos los usos (poblacional, agrícola, industrial, petrolero, etc.) según las proyecciones y los escenarios productivos y de desarrollo definidos por las instituciones provinciales participantes. Para la determinación de las demandas hídricas se realizó un taller interinstitucional en el que se definieron los proyectos más relevantes a tener en cuenta para el escenario de 2055. Posteriormente se realizan los balances hídricos para los ríos provinciales en función de las configuraciones de la oferta y las demandas que fueron definidas. Se realiza también un análisis económico que evalúa los impactos de los nuevos desarrollos agrícolas proyectados. Para finalizar se presenta un detalle de las medidas estructurales y no estructurales necesarias de aplicar para poder garantizar el abastecimiento del recurso hídrico a los distintos usos.

La Sección II desarrolla la Etapa 4 y Etapa 6 definidas en el Plan de Trabajo original del Plan Maestro. La Etapa 4 comprendía la “Evaluación de la necesidad de la desalinización de agua para el abastecimiento de agua potable en localidades de la Región Sur y en poblaciones de la Zona Atlántica de la Provincia de Rio Negro y las alternativas existentes. Por otro lado, en la Etapa 6 se solicitaba realizar una “Evaluación integral para la modernización del Canal Pomona – San Antonio”.

Después de los análisis desarrollados en el Informe N°1 de la presente consultoría se propone a las Autoridades Provinciales y al CFI realizar una revisión de los objetivos planteados en dichas Etapas y mediante un abordaje integral analizar el abastecimiento de las demandas futuras de

la Zona Sur de la Provincia de Río Negro.

Al plantearse una evaluación conjunta del abastecimiento de la Zona Sur, se considera la posibilidad de proponer un abastecimiento desde una fuente única (río Negro), se evalúan también la factibilidad de proponer plantas desaladoras para el abastecimiento independiente de algunas localidades.

Se incorpora en los anexos la visita del experto Gal Malachi, realizada en mayo de 2024, donde se llevó a cabo una visita técnica en la provincia de Río Negro con el objetivo de evaluar el estado actual de los sistemas de suministro de agua y la infraestructura hidráulica en la región.

SECCION I:

2.1. Análisis de escenarios objetivo 2055

Luego de ser presentado el informe N° 2, dónde se analiza el impacto del cambio climático en la oferta hídrica de las principales cuencas de la provincia y sobre la demanda agrícola en un escenario tendencial, es decir sin variar la superficie agrícola ni la célula de cultivos y solo calculando el incremento de la demanda por aumento de la evapotranspiración y el crecimiento vegetativo de la población, se plantea ahora realizar escenarios dónde se incremente la demanda por un incremento del área cultivada y regada en la provincia y por un crecimiento puntual determinado por la actividad hidrocarburífera y el desarrollo turístico.

Para conocer cuales los escenarios de demanda a considerar para cada uso y cada región de la provincia, se realizó un taller en la ciudad de Viedma, en la sede del DPA, el 7 de agosto de 2024, con distintos organismos del estado provincial. Dicho evento, estuvo coordinado por el DPA, para consensuar la consolidación de las hipótesis de las demandas para los distintos usos para un escenario potencial productivo a ser estudiado en el Plan Maestro, con un escenario planteado a treinta años (año 2055) y luego determinar la demanda potencial y un balance con la oferta hídrica proyectada. Participaron del taller responsables de: Ministerio de Desarrollo Económico y Producción, Aguas Rionegrinas S.A., Secretaría de Energía y Secretaría de Planificación junto al DPA, CFI y MEKOROT.

En el presente informe se transcribe la minuta del Taller realizado el 07 de agosto de 2024 en la sede del DPA en la ciudad de Viedma.

De acuerdo con estos resultados del taller se determinaron los escenarios objetivos y se estimó la oferta y demanda para ellos. En forma complementaria se desarrolló un análisis económico del impacto de los nuevos desarrollos agrícolas.

2.2. Resumen ejecutivo

Para esta nueva etapa se plantean las hipótesis considerando escenarios con mayores requerimientos productivos que aumentan de forma significativa las demandas de agua, en relación con el escenario tendencial evaluado en el informe N°2. Para estos nuevos escenarios analizados al año 2055, se tienen dos hipótesis. En una de ellas, se duplica el área regada en función de nuevas áreas de riego a desarrollar y por otro lado, explotar el desarrollo de las áreas concesionadas que en la actualidad no tienen uso. A su vez también se incluye dentro de las hipótesis, el crecimiento poblacional por el incremento de la actividad hidrocarburífera y por la influencia del turismo.

Frente a una disminución de la oferta por el impacto del cambio climático, se observa que, manteniendo los actuales niveles de eficiencia global de los sistemas, si bien se cubren los requerimientos anuales, se podrían generar problemas para garantizar la demanda de los requerimientos hídricos a cubrir en ciertas épocas del año para determinados años, sobre todo en cuencas menores como el río Colorado y el río Neuquén.

Como conclusión del análisis de los balances proyectados se demuestra que la provincia de Río Negro tiene un potencial de crecimiento importante, pero se ve limitado por el aumento que se pueda generar en la eficiencia global de los sistemas.

Una de las principales conclusiones obtenidas es que, se debe mejorar las eficiencias, tanto en los sistemas de riego actuales, como en los nuevos a desarrollar, ya que la agricultura es el principal consumo de agua. Como también a la vez, se debe acompañar con la mejora en los sistemas públicos de agua potable que permitan disminuir las pérdidas y concientizar el uso del agua potable para disminuir el derroche del recurso.

El informe demuestra que de no aumentar la eficiencia global de los sistemas de riego podrían ocurrir situaciones en las cuales las demandas agrícolas no puedan ser abastecidas, en algunas cuencas, tanto en una condición “tendencial” con la cantidad de hectáreas actuales, como en un análisis de escenarios productivos proyectados considerando un aumento de las hectáreas cultivadas.

El aumento de la eficiencia de los sistemas de riego requiere de un cambio profundo que deberá ser liderado por el Gobierno Provincial mediante la Autoridad de Agua provincial, el DPA. La decisión política para realizar este cambio es un condicionante fundamental en este proceso y ya que las acciones que deben implementarse se deberán hacer tanto en el ámbito público como en el ámbito privado (DPA, Consorcios de Riego y Sistemas de Riego Privados).

Mediante el análisis realizado se demuestra que, al reducir las demandas hídricas, fruto de aumentar la eficiencia global de los sistemas, no solo se puede aumentar la superficie cultivada, sino que también los sistemas agrícolas están menos expuestos a los impactos de la variabilidad hidrológica.

En la cuenca del río Negro los balances prospectivos en ambos escenarios dan un saldo positivo manteniendo los caudales ecológicos actuales y las demandas previstas, pero no son suficientes para desarrollar todo el potencial de la cuenca determinada en estudios como los de FAO y de la AIC donde demuestran un potencial de área regada mucho mayor al planteado para los escenarios a 2055.

En la cuenca de río Neuquén se observa en general un balance positivo, pero al ser un río con caudales muy variables, con crecidas importantes por lluvias y períodos de escasez hídrica, se darán años o momentos del ciclo hidrológico anual que pueden presentar fallas en la garantía de caudales para cubrir las necesidades poblacionales, de riego y caudal ecológico, por lo que se recomienda la implementación de obras de regulación que puedan atenuar crecidas y resguardar volúmenes para cubrir estos momentos puntuales.

En el caso puntual del río Colorado, se debe considerar una reducción en los consumos, enfocándose en mejorar las eficiencias globales, no solo en la provincia de Río Negro sino también en el resto de las provincias de la cuenca, ya que el balance en ambos escenarios al año 2055 da un saldo negativo, es decir que no se cubrirán todas las demandas. Con un ahorro del 10% de los usos consuntivos totales de la cuenca para cada escenario del año 2055, se puede equilibrar el balance. Esto es posible mediante mejoras estructurales como la impermeabilización de canales, la implementación de sistemas de entrega de agua a demanda, la tecnificación de los sistemas de riego intrafinca y con mejoras no estructurales como establecer un valor económico del agua que incentive el ahorro, mejorando la gestión a través de la profesionalización de los consorcios de riego, y el control por parte de la autoridad de aplicación. En caso de no lograrse el aumento de las eficiencias, que redundaría en una disminución de la demanda bruta, para lograr equilibrar el balance habría que reducir la superficie a regar, en esta cuenca, hasta lograr una disminución de 231 hm³ en el escenario N°1 o de 113 hm³ en el escenario N°2, lo que representa aproximadamente una reducción de 9.000 hectáreas regadas en el escenario N°1 y 6.200 hectáreas en el escenario N°2 de acuerdo con las eficiencias utilizadas para el cálculo en cada caso.

2.3. Definición de las hectáreas agrícolas

En la provincia de Río Negro los sistemas de riego agrícola se dividen en los sistemas los sistemas de riego, públicos y privados.

Los sistemas públicos son aquellos que tienen una estructura primaria o principal de riego y drenaje construido y operado por el estado (originalmente nacional y luego del traspaso a la provincia, por el estado provincial y en algunos casos transferidas a los usuarios) y que es gestionada su operación y mantenimiento por el mismo estado provincial, puede ser directamente por el DPA, concesionado a consorcios de riego o a ARSE. Estos sistemas generalmente distribuyen agua para riego a productores pequeños o de mediana escala y son fuertemente subsidiados por el estado provincial, su eficiencia global es baja y la inversión en

las obras de infraestructura existente o nueva es muy baja o nula.

Los sistemas privados son aquellos desarrollados por inversores privados, que generalmente se encuentran sobre los ríos, arroyos o canales principales del sistema público, desde donde captan o bombean agua para producciones bajo riego, bajo la autorización del estado provincial a través de una UAP (autorización de Uso de Agua Pública) otorgada por el DPA (aunque en la actualidad coexisten UAP que se han dejado de utilizar y hay otro tanto de explotaciones que deben regularizar si empadronamiento ante del DPA). Estas explotaciones autorizadas por una UAP solo pagan una regalía por el uso del agua pública, valor muy bajo en la actualidad, toda la inversión es privada, desde la construcción como la operación y mantenimiento. Generalmente son sistemas operados por un solo productor o por un pequeño grupo de productores que requieren una importante inversión inicial. Al ser la mayoría de ellos sistemas de riego de menores extensiones, presurizados, con bombeos que consumen energía, su eficiencia global es mayor que en los sistemas públicos. Las inversiones dependen principalmente de un contexto macroeconómico y el potencial de crecimiento de este sector es muy interesante, por la disponibilidad de agua, clima y suelos.

En la actualidad, sobre todo en la cuenca del río Negro, se observa un desarrollo interesante en Valle Medio y Valle Inferior, de emprendimientos privados, donde luego de quince años se han logrado mejorar los suelos y obtener rendimientos de cultivos extensivos bajo riego muy interesantes dejando una rentabilidad positiva, a pesar de las diversas condiciones macroeconómicas que han atravesado el país en dicho período. Las principales limitantes para que sigan creciendo son la falta de infraestructura básica como energía eléctrica para presurizar, rutas para sacar la producción, comunicación y conectividad a Internet y puentes sobre el río Negro. Estas necesidades son conocidas por la provincia y en función de su capacidad para resolver estas demandas complementarias se podrá incrementar el desarrollo agrícola de la región.

En estos casos las grandes inversiones iniciales y la carga impositiva, junto a la falta de políticas claras a largo plazo, son un problema para el desarrollo de estos proyectos privados. La necesidad de “civilizar” los suelos, es decir lavar sales, mejorar los niveles de materia orgánica, mejorar la estructura, lleva un período de varios ciclos agrícolas, donde los rendimientos y la rentabilidad son bajos y además los impuestos como el IVA de las inversiones iniciales se transforman en costos irre recuperables y sumados a retenciones e impuestos nacionales y provinciales impactan negativamente en las TIR de los proyectos.

Otra limitante es la falta de servicios agrícolas asociados a los proyectos. La falta de un ecosistema maduro de servicios agrícolas en la región dificulta que los proyectos se desarrollen con la velocidad óptima. Se espera que servicios estarán disponibles a medida que las áreas crezcan y la necesidad haga que comiencen a llegar contratistas, servicios de mantenimiento de equipos de riego, agronomías y proveedores, mano de obra especializada, etc.

El Informe realizado por la FAO (“FAO UTF ARG 2017 – Desarrollo Institucional para la inversión – Informe de diagnóstico de los principales valles y áreas con Potencial Agrícola de la provincia de Río Negro”) detectó un área potencial a ser regada en la provincia, en función de la aptitud de los suelos, de aproximadamente 1.000.000 de hectáreas. En tanto la consultoría realizada en el marco del Convenio SIPH-AIC “Planificación del aprovechamiento integral y gestión sustentable del recurso hídrico de la cuenca de los ríos Limay, Neuquén y Negro” del año 2018, con desarrollo del modelo WEAP 21 aplicado a la gestión del agua de la cuenca de los ríos Limay, Neuquén y Negro, determinó un área regable “potencial” en la provincia de Río Negro de 1.178.727 hectáreas (esto incluye la superficie actualmente regada, las posibles ampliaciones de los sistemas actuales y nuevas áreas de riego).

Si bien potencialmente son consideradas tierras aptas para incorporar al área regada, se consensua con los representantes de las Instituciones Provinciales presentes en el taller que no es el valor razonable para asumir en un escenario de desarrollo a 2055 por ser un escenario temporal a 30 años.

La superficie potencial es factible en un escenario atemporal, mucho más amplio, sobre todo por la disponibilidad del recurso hídrico en las cuencas de los ríos Negro y Colorado con los niveles actuales de eficiencia, las dificultades productivas en su puesta en marcha (largos plazos para mejorar suelos, desarrollo de servicios, disponibilidad de contratistas, etc.) y las grandes inversiones públicas necesarias para su desarrollo.

En función de estas alternativas y potencialidades se realizó un taller de trabajo para validar el escenario a analizar, para lo cual se consideró importante validar el mismo con los organismos provinciales que tienen injerencia en esta política de desarrollo provincial.

Se transcribe la minuta del Taller y las conclusiones validadas para determinar el escenario potencial a analizar en este trabajo.

En la Sede del Departamento Provincial de Aguas se realizó este encuentro con la modalidad de Taller para la consolidación de las hipótesis de las demandas para los distintos usos para el escenario productivo del Plan Maestro, con fecha 7 de agosto del 2024.

Participantes:

Modalidad Presencial:

CFI: Bernardita Wasliuk

Mekorot: Coordinador de la Consultoría Juan Pina, asesores técnicos (Marcos Aragón y Martina Scarafoni)

Ministerio de Desarrollo Económico y Producción: Secretario Lucio Reinoso y Lautaro Bertorello

Aguas Rionegrinas S.A.: Gerente de Obras y Proyectos Pablo Robles

DPA: Superintendente General Pedro Sánchez, Intendente General de Recursos Hídricos Silvina Guidi, Intendente General de Riego Gastón Guzzardi, Director General de Proyectos Gonzalo Asensio, Directora de Proyectos de Saneamiento Marilú Colonna, Director de Coordinación de Recursos Hídricos Daniel Petri, Director de Evaluación de Recursos Hídricos Fernando Bodoira, Director de Riego Lorenzo Mora, Jefe de Departamento de Aguas Subterráneas Gustavo Olivares, Director de Gestión de Proyectos Gabriel Sorá

Modalidad Virtual:

CFI: Eva Martinez

Ministerio de Desarrollo Económico y Producción: Director de Agricultura Pablo Kiwit

Secretaría de Energía: Néstor Pérez

Secretaría de Planificación: Claudia Oliveira Mattos

Aguas Rionegrinas SA: Gerente General Javier Iud

DPA: Director de Planificación Carlos Merg

Introducción:

Luego de una presentación institucional de la Ing. Silvina Guidi y de una presentación de los avances de la consultoría que está realizando Mekorot, realizada por el Ing. Juan Andrés Pina, se explicaron cuáles son los objetivos del presente taller. En primera instancia realizar una revisión de los escenarios productivos planteados para el año objetivo del Plan Maestro para el Sector Hídrico de la provincia de Río Negro que está desarrollando la consultora, con financiación del CFI (es decir al año 2055). Estos escenarios de crecimiento poblacional, industrial y sobre todo agrícola, determinarán el crecimiento estimado de la demanda y frente a las proyecciones de la oferta realizadas en el Informe N°2, que se encuentra en revisión por el CFI y la provincia, marcarán los posibles puntos de desequilibrio sobre los cuales se plantearán alternativas para minimizarlas o evitarlas.

Es importante la participación de los distintos organismos de la provincia en esta instancia, y en las posteriores, para poder realizar un diagnóstico certero y poder entregar una herramienta

para la aplicación de políticas en el sector hídrico que se anticipen a los conflictos que pueden generar una demanda en fuerte crecimiento ante una disminución de la disponibilidad de agua desde las diversas fuentes por efecto del Cambio Climático.

Componentes debatidos:

1) Demandas poblacionales:

- *Tener en cuenta el crecimiento de las localidades de: Las Grutas y Playas Doradas por crecimiento turístico. (ver con Marilú y Gonzalo tema de factibilidades de los proyectos). Existen pedidos de factibilidad para desarrollos urbanos en Las Grutas frenados por falta de la realización de las obras correspondientes a la segunda etapa del Plan Director; se está buscando financiación para su realización. En el caso de Playas Doradas los pedidos de factibilidad son mucho menores por ahora. En Sierra Grande se estima que el ANC es muy importante y parte de la problemática de escasez de agua, prácticamente no hay micro medición para estimar el ANC pero a la vista por el tipo de casas habitacionales, parques, etc. no parece que el consumo sea tan importante.*
- *Zona de alto valle (Allen, Cinco Saltos, F. Oro, Cipolletti), en el Plan Director del Alto Valle del río Negro, recientemente realizado, existe un cálculo que debería tenerse en cuenta que plantea que el crecimiento del área urbana sobre la rural con infraestructura de riego sería del orden de un 11%, al 2060 (Lorenzo Mora). Si bien en general son expansiones de baja densidad poblacional, marca el fuerte crecimiento urbano y sobre todo limita el desarrollo agrícola en las zonas semiurbanas que se destinaban tanto a fruticultura como a horticultura.*
- *Hay pedidos de factibilidad para nuevos desarrollos sobre todo en los últimos años en Cipolletti (por el efecto de Vaca Muerta y el derrame poblacional de Neuquén) pero no se están otorgando por la limitada capacidad de provisión de agua potable (ARSA). Fernández Oro es similar, incluso se menciona que es la localidad que porcentualmente creció más entre los censos 2010 y 2022.*
- *Se estima que el crecimiento urbano en este sector de la provincia (Alto Valle Oeste, desde Cinco Saltos hasta Allen) puede ser muy importante, las previsiones que se habían realizado no se cumplieron hasta ahora, si bien hubo un crecimiento importante, pero es muy probable que ocurra en el futuro cercano. Cipolletti ver estudios de crecimiento (Claudia Mattos – Planeamiento).*

- *Analizar crecimiento de la demanda en Sierra Grande / Playas Doras / Punta Colorada por el desarrollo de la exportación de petróleo y gas. No sería importante la parte poblacional, pero podría serlo en etapa de construcción.*
- *Bariloche y Dina Huapi, con crecimiento muy fuerte y posible derrame de crecimiento poblacional a Pilcaniyeu. Analizar la demanda, aunque la fuente no es limitante (Nahuel Huapi).*

2) *Demandas industriales - Mineras – HIDROCARBUROS,*

El proyecto “Hidrógeno Verde”, de acuerdo con declaraciones de la Secretaría de Estado de Energía, no tiene factibilidad inmediata y por lo tanto se descarta como una demanda de agua en los escenarios a analizar.

- *Crecimiento de la demanda por el puerto SAO/SAE.*
- *Sierra Grande por desarrollo de exportación de petróleo y gas.*

3) *Obras de Energía en desarrollo y planificadas (apuntan sobre todo al desarrollo de Valle Medio)*

- *Valle medio, se está previendo las obras de energía para un área potencial de unas 20.000 has.*
- *Obras en desarrollo para Negro Muerto y Colonia Josefa, obra de media tensión de capacidad para 45 Mva en Conesa y tramo de transporte en 132 Kv desde Pomona a Conesa de 100 Megavatios (Capacidad de potencia y transporte para presurizar 100.000 has), falta obras de distribución en media tensión para llegar a los potenciales productores.*
- *También está planificado llevar la energía hasta Guardia Mitre y de ahí cerrar el anillo hasta Viedma para desarrollo de la meseta y de los proyectos de bombeo sobre el canal principal de IDEVI en los tramos cercanos a la bocatoma (primeros km del canal principal).*
- *SE VA A PEDIR UN DETALLE DE LAS OBRAS REALIZADAS, LAS QUE ESTÁN EN CONSTRUCCIÓN Y LAS QUE ESTÁN EN BÚSQUEDA DE FINANCIACIÓN (km, ubicación, potencia, costo estimado)*

4) *Demandas agrícolas*

De acuerdo con el Informe realizado en el marco del Convenio SIPH-AIC “Planificación del

aprovechamiento integral y gestión sustentable del recurso hídrico de la cuenca de los ríos Limay, Neuquén y Negro” del año 2018, con desarrollo del modelo WEAP 21 aplicado a la gestión del agua de la cuenca se determinó un área regable “potencial” en la provincia de Río Negro de 1.178.727 hectáreas. Si bien potencialmente son consideradas tierras aptas para incorporar al área regada, se consensua entre los presentes que no es el valor a tomar para el escenario 2055 por las dificultades productivas en su puesta en marcha y grandes inversiones públicas necesarias para su desarrollo. De ellas se analizan caso por caso para definir cuáles incorporar al informe, definiendo también su magnitud. Lo acordado en el marco de este taller es lo siguiente:

- **Proyecto Público 1: ALTO VALLE Río Negro 1:** *En el Plan Director de Riego se determinó un área sin uso aparente dentro del sistema público de riego de 11.050 ha. Se estima que al 2055 se incorporará al área productiva solo un 70% de la misma por el avance urbano sobre la superficie empadronada bajo riego en el área circundante a las ciudades del alto valle desde Cinco Saltos a Gral. Roca.*
- **PROYECTO PRIVADO 2: ALTO VALLE Río Negro 2:** *es el área determinada por el Plan Director como área factible de desarrollar en la media barda, por bombeo, por la calidad de los suelos y por ser un área no utilizada para otras producciones en la actualidad, son correctas las 14.015 has posibles a incorporar en el 2055. Esto se potenciaría porque es la posibilidad de reemplazar las áreas que avanzaría el crecimiento urbano sobre el rural. También se potenciaría por el aumento importante de agua de reúso que traerá aparejado el crecimiento urbano de estas localidades.*
- **PROYECTO PÚBLICO 3: CAMPO GRANDE:** *Es correcto la estimación de 1.800 has, es la obra que se está realizando licitada en el Plan Castello y no hay perspectivas de más aumento por la limitación que genera el crecimiento urbano, no quedando tierras disponibles para su incorporación al sistema de riego. Existe la posibilidad de realizar otra toma aguas arriba y las infraestructuras conexas, para aumentar la disponibilidad, pero no lo ven factible dentro del escenario productivo.*
- **PROYECTO PRIVADO 4: VALLE AZUL:** *Tiene un empuje hacia el aumento del desarrollo agrícola ganadero importante en estos momentos y se estima que continuará creciendo, para lo cual se ha proyectado hacer una toma nueva; hoy se estiman 4.298 has regadas y el potencial a 2055 son 5.000 has adicionales.*
- **PROYECTO PRIVADO 5: MARGEN NORTE,** *existe un proyecto realizado y presentado a PROSAP para su financiación de una ampliación del sistema de riego en 7.784 has adicionales a las actuales regadas, se amplía la capacidad del canal y se refuerza*

con otro aporte desde un brazo del río denominado Salado. Está bien incorporarlo al área regada en 2055.

- **PROYECTO PRIVADO 6: Negro Muerto.** Como se mencionó se está realizando la obra de energía para los bombeos actuales en Negro Muerto, en una primera etapa se estiman unas 30.000 has potenciales a incorporar a las actuales (2055), porque serían explotaciones por bombeo directo del río. En una segunda etapa, posterior al 2055, que requiere la construcción de un canal (de aproximadamente 65 km) para llegar a los lotes que no son linderos al río, pero que tienen capacidad productiva y que son factibles de regar por bombeo, se sumarían unas 60/70.000 has (parte presurizado, y gravedad).
- **PROYECTO PÚBLICO 7: CANAL POMONA-SAO 1,** existen intereses por grandes desarrollos de plantaciones de olivos en zonas cercanas a las existentes en SAO, se solicita evaluar la factibilidad de un desarrollo de 5.000 has con goteo en esa área para el año 2055.
- **PROYECTO PRIVADO 8: CANAL POMONA-SAO 2,** existe otra solicitud de factibilidad de desarrollar un área de riego de 5.000 has para producción de megafardos de alfalfa, bajo sistema de riego por pivote en los primeros tramos del canal principal. Se concluye que no es factible realizarlo con fuente del canal Ing Suarez, por los problemas del mismo para abastecer la demanda poblacional de SAO – Las Grutas y por el impacto negativo en la producción actual de energía de la central Céspedes (tanto de este proyecto como del de los olivos). La provincia ya determinó que este desarrollo se realice sobre el canal principal previsto para Colonia Josefa.
- **PROYECTO PÚBLICO 9: ISLA CHOELE CHOEL,** se estima que el área sin uso aparente dentro del área de riego, que tiene infraestructura y está empadronada se desarrollará en 2055, incorporándose unas 7.000 has al sistema público actual. Requiere algunas obras y mejorar la eficiencia actual.
- **PROYECTO PUBLICO 10: COLONIA JOSEFA,** es un proyecto con gran potencial de superficie a incorporar, se prevé que una parte sería por bombeo y otra por gravedad (la mayor parte). En la actualidad solo se riegan algunos emprendimientos privados que bombean agua desde el río. Se estima que en el escenario 2055 se habrá desarrollado el proyecto en forma total, por ser uno de los proyectos que la provincia considera prioritarios a desarrollar junto a Negro Muerto. El total de la superficie a incorporar es de 59.515 has.

- **PROYECTO PÚBLICO 11: CONESA-GUARDIA MITRE.** *Inversión pública en infraestructura principal, sobre todo de energía, se prevé continuar la línea eléctrica desde Conesa a Guardia Mitre y con ello poder incorporar unas 15.000 has al año 2055 por bombeo privado desde el río Negro. Proyecto para financiar por Banco Mundial.*
- **PROYECTO PÚBLICO 12: IDEVI.** *Existe un proyecto de ampliación del IDEVI que consta de dos etapas, la primera de 3.000 has que está prácticamente terminada que mejora un tramo del canal principal y recambio de compuertas de la boca toma, esto permite incorporar una superficie sobre el primer secundario. La segunda etapa prevé una mejora del canal principal en todo su trayecto construido en tierra y con ello incorporar unas 10.000 has, que podrían estar en 2055. Serían sobre el canal principal, por bombeo sobre margen izquierda en los primeros tramos del canal (dependen de la obra prevista para provisión de energía eléctrica en este sector), otra área en la cola del canal principal y sectores hoy que se encuentran dentro del área empadronada y que no se están regando.*
- **PROYECTO PÚBLICO 13: CUENCA DEL RÍO COLORADO,** *No hay proyectos en desarrollo para esta cuenca en la Secretaría de Agricultura, pero se estima correcto la proyección de unas 8.000 has adicionales para el año 2055, que sería la superficie empadronada que en la actualidad no se está regando (Valles aguas arriba de Casa de Piedra, Santa Nicolasa y Salto Andersen). En esta cuenca la limitación es la disponibilidad de agua, que ya en un escenario tendencial, sin incremento del área regada, marca una situación de escasez para el futuro cercano. Hay que analizar temas como eficiencia, cupos, etc.*
- **VALCHETA,** *Se estima que se desarrollarán las superficies actuales empadronadas y que no se están regando, duplicándose prácticamente el área regada. Para ello es necesario una mejora en la eficiencia actual y obras de infraestructura en el sistema de captación y conducción.*
- **RÍO CHICO:** *No se prevé un crecimiento importante, solo una mejora en el sistema actual, son sistemas de minifundios y emprendimientos pequeños.*
- **EL BOLSÓN,** *El área bajo riego tiene un importante decrecimiento en función del desarrollo urbano, por lo tanto, aquí no se prevé un crecimiento de la demanda.*

Se analizaron caso por caso para definir cuáles incorporar al informe, como escenario 2055, definiendo también su magnitud. Lo acordado en el marco de este taller se resume en el cuadro

siguiente:

Tabla 1- Superficies a incorporar al año 2055 en escenarios futuros

CUENCA	SUBCUENCA	SUPERFICIE PARA INCORPORAR A ESCENARIOS FUTUROS (2055)		
		PROYECTO	Superficie para incorporar (has)	Fuente
Río Neuquén	Alto Valle	PROYECTO PUBLICO 1: superficies del Plan director sin uso aparente dentro del área de riego (65% del determinado por PD)	7.183	Plan director Alto Valle del Río Negro (AVRN)
		PROYECTO PRIVADO 2: Fuera del área de riego actual, potenciales (Barda) (Plan Director AVRN). Es la superficie potencial para regar fuera del área de riego detectada por el Plan Director, con suelos aptos y por bombeo	14.015	Plan director AVRN
		PROYECTO PUBLICO 3 - CAMPO GRANDE (en desarrollo): Obra en ejecución	1.800	Plan director AVRN
Río Negro	Alto Valle	PROYECTO PRIVADO 4: VALLE AZUL	5.000	Ministerio de Producción. Secretaría de agricultura
	Valle Medio	PROYECTO PRIVADO 5: MARGEN NORTE - infraestructura ppal. (financiación PROSAP 5)	7.784	Ministerio de Producción. Secretaría de agricultura
		PROYECTO PRIVADO 6: NEGRO MUERTO: Inversión pública en cruce del río con energía (vialidades) y Desarrollo privado de la infraestructura de riego	30.000	Ministerio de Producción. Secretaría de agricultura
		PROYECTO PUBLICO 7: Desarrollo de olivos con toma en canal Ing. Suarez: Sistema por goteo en SAO (inversión pública en el canal y privada en el desarrollo)	5.000	Ministerio de Producción. Secretaría de agricultura

CUENCA	SUBCUENCA	SUPERFICIE PARA INCORPORAR A ESCENARIOS FUTUROS (2055)		
		PROYECTO	Superficie para incorporar (has)	Fuente
		PROYECTO PRIVADO 8: Proyecto de desarrollo productivo de alfalfa para heno en primer tramo del canal Colonia Josefa. Sistema de riego por pívot con energía eléctrica. (AGRÓNICA)	5.000	Ministerio de Producción. Secretaría de agricultura
		PUBLICO 9: Valle Medio (Choele Choel). Desarrollo de hectáreas empadronadas y sin uso actual, no regadas y no contempladas en el proyecto.	7.000	PLAN MAESTRO DE RIEGO
		PROYECTO PUBLICO 10: COLONIA JOSEFA: Anteproyecto provisto por DPA e incluido en el WEAP 21 realizado por la AIC en 2018	59.515	Ministerio de Producción. Secretaría de agricultura -DPA
	Valle Inferior	PROYECTO PUBLICO 11: CONESA - GUARDIA MITRE. Inversión pública en infraestructura principal. Proyecto para financiar por Banco Mundial	15.000	Ministerio de Producción. Secretaría de agricultura
		PROYECTO PUBLICO 12: IDEVI. En dos etapas 3,000 ha en 2024/25 y 10,000 ha en 2055	13.000	Ministerio de Producción. Secretaría de agricultura
	Río Colorado	Aguas arriba Casa de Piedra	PROYECTO PUBLICO 13: Se tomaron la superficie a desarrollar en los valles de Catriel, la región, Río Colorado en el sistema de Salto Andersen y privados, tomando como potenciales las hectáreas empadronadas y no utilizadas en la actualidad. También incluye las has empadronadas y no regadas en Santa Nicolasa	8000
Aguas abajo Casa de Piedra				
Río Azul	El Bolsón	Se considera que no hay incremento por el avance urbano sobre el área productiva.	0	DPA

CUENCA	SUBCUENCA	SUPERFICIE PARA INCORPORAR A ESCENARIOS FUTUROS (2055)		
		PROYECTO	Superficie para incorporar (has)	Fuente
Río Chubut	Río Chico / Cia de Tierras Sud	No hay proyectos de ampliación del área regada actual	0	DPA
Región Sur	Valcheta	Ampliación del valle con infraestructura en el sistema de captación y conducción.	450	DPA
Sub Totales			178.747	

Fuente: Producción propia

2.4. Proyección de la oferta

La oferta hídrica para los escenarios objetivos se determina en base a la oferta actual de Agua Disponible calculada en el informe N°2, afectada por la disminución debido al impacto del cambio climático en el cambio de las temperaturas y las precipitaciones (en forma de lluvias y de acumulación nival en la alta cuenca) y los incrementos de los consumos en la cuenca, aguas arriba de la provincia de Río Negro.

Como concluye el informe presentado en este estudio se muestra una clara tendencia al calentamiento en la provincia de Río Negro, en la Cordillera de los Andes y la región Atlántica. El aumento de las temperaturas y los cambios en las cantidades y patrones de precipitación provocarán una mayor evaporación, aridez, derretimiento temprano de la nieve y menores valores de humedad del suelo en la provincia. Los resultados sobre la tendencia de la temperatura y la precipitación concuerdan con otros estudios realizados en la región como Pessacg et. al, 2020, Maenza et. al, 2017, Rivera et. al, 2020, 2021 que estudia el impacto del cambio climático en el recurso hídrico en el norte de la Patagonia utilizando la cuenca del Limay como estudio de caso. Determinan un aumento de la temperatura superior a 1,5 °C y una disminución de la precipitación que oscila entre 10 y 30% para el área de estudio para 2070-2100. Según su estudio, el clima más cálido y seco proyectado surge como una señal sólida basada en la concordancia del modelo y en los impulsores físicos consistentes de estos cambios. Indican también que tanto el aumento proyectado en la evapotranspiración como la disminución en las precipitaciones contribuyen a una fuerte disminución en la producción de agua de alrededor de un 20 a 40% en las cabeceras de las cuencas hidrográficas del norte de la Patagonia en el período 2070-2100 con respecto al período de la línea de base de 1970-1994.

El Índice de Sequía Futura (SPEI) muestra una clara tendencia de sequía más frecuente e intensa. Se espera que esas tendencias proyectadas conduzcan a un aumento de alrededor del 5% en la demanda de agua para riego agrícola en Río Negro.

Los resultados del modelo hidrológico presentados muestran que se espera que disminuyan los volúmenes de caudales que fluyen desde los Andes hacia las zonas bajas de la provincia. Esta tendencia conducirá a una reducción de alrededor del 12% en 2030, 21% en 2050 y 31% hasta 2070 en el total de agua superficial disponible en la provincia (drenaje a la región Atlántica de la provincia).

El conjunto de múltiples modelos climáticos también muestra una tendencia positiva en las precipitaciones en la región de las Tierras Bajas, debido principalmente al aumento de las tormentas convectivas en las estaciones relativamente cálidas. Sin embargo, un aumento de algunos porcentajes en las estaciones de transición y las precipitaciones de verano (precipitaciones monzónicas de verano) en la zona semiárida de la provincia será despreciable y apenas afectará los balances de recursos hídricos de la provincia. En todo caso, provocará inundaciones repentinas dañinas debido a la mayor intensidad de las precipitaciones.

La provincia de Río Negro se verá afectada por efectos del cambio climático similares a los de otras regiones que se encuentran en el lado negativo de la circulación de células de Hadley alrededor de las latitudes 30° en el norte y sur de Hampshire (Rivera et. al, 2020, 2021).

La disminución del agua disponible sumado al aumento de la evaporación provocará un aumento de las demandas de riego para la agricultura respecto a las condiciones actuales. La provincia no dispondrá de la misma cantidad de agua que en la actualidad para satisfacer la demanda. Los efectos combinados de una disminución en los volúmenes de agua natural, además del aumento en el consumo de agua, pueden llevar a una pérdida total de agua de alrededor del 21% del agua disponible en Río Negro para 2050 y del 31% para 2070. Incluso ante un escenario futuro con demandas de agua iguales a las actuales, será necesario implementar estrategias de mitigación para hacer frente a las condiciones de sequía futuras. De lo contrario, en las próximas décadas, el sector agrícola de la provincia necesitará volúmenes adicionales de agua para cubrir los aumentos de demandas debido a un aumento de la evaporación y una disminución del agua superficial disponible.

Los resultados del informe se pueden sintetizar en las tres siguientes tablas:

Tabla 2 Proyecciones de volúmenes de Agua Superficial Disponible anual y porcentaje de cambio referido al periodo 2000-2020 para el río Negro (hm³)

Río Negro		
Periodo	Valor ASD	Cambio
2020	26.270	
2030	23.162	-11,8%
2040	22.360	-14,9%
2050	20.648	-21,4%
2055	20.360	-22,5%
2070	18.300	-30,3%

Fuente: Producción propia

Tabla 3 - Proyecciones de volúmenes de Agua Superficial Disponible anual y porcentaje de cambio referido al periodo 2000-2020 para el río Colorado (hm³)

Río Colorado		
Periodo	Valor ASD	Cambio
2020-2020	4.186	
2030	3.707	-11,5%
2040	3.690	-11,9%
2050	3.387	-19,1%
2055	3.107	-25,8%
2070	2.747	-34,4%

Fuente: producción propia

Tabla 4 Proyecciones de volúmenes de Agua Superficial Disponible anual y porcentaje de cambio referido al periodo 2000-2020 para el río Negro + río Colorado (hm³)

Total Río Negro + Río Colorado		
Periodo	Valor AVG	Cambio
2000-2020	30.456	
2030	26.869	-12%
2040	25.300	-17%
2050	24.035	-21%

2055	23.537	-23%
2070	21.047	-31%

Fuente: Producción propia

En el informe N°2 en el marco de un análisis tendencial de la demanda se consideró que no cambia la superficie agrícola ni las eficiencias y solo el incremento de la demanda agrícola está influenciado por el aumento de la ETo por el incremento de las temperaturas y las variaciones de las precipitaciones y el aumento de la demanda poblacional e industrial por el crecimiento vegetativo de las localidades.

La oferta proyectada para el escenario tendencial es la misma que se considera en el presente informe con el análisis de los escenarios del potencial productivo. Dicha oferta fue determinada en el estudio presentado en el Informe N°2 y sus resultados se presentan en la Tabla N°4 - *Proyecciones de volúmenes de Agua Superficial Disponible anual y porcentaje de cambio referido al periodo 2000-2020 para el río Negro + río Colorado (hm³)*

Para el escenario potencial productivo al año 2055 se contemplan incrementos diferenciales de la demanda por el crecimiento de ciertas actividades que se plantean desde la provincia como desarrollos turísticos importantes (Las Grutas y Playas Doradas), desarrollos de polos industriales por la actividad minera e hidrocarburífera (localidades de la línea sur y de alto valle) y ampliaciones de áreas de riego en distintos valles de la provincia. Estos escenarios potenciales se desarrollan a nivel regional, por lo que también se consideran factibles desarrollos en sectores de las provincias aguas arriba en las cuencas más importantes. Debido a esto, se deberá tener en cuenta en el cálculo de la disponibilidad real del recurso hídrico, restándosela a los valores determinados en el Informe N°2 al momento de realizar el balance prospectivo. Esto se refleja en forma distinta en cada cuenca de acuerdo con el potencial de desarrollo de estas. Para el caso de este estudio se contempló lo siguiente:

Río Neuquén

La disponibilidad de agua superficial del río Neuquén, en el Informe N°2, se evalúa a la salida del dique compensador El Chañar, considerando las captaciones y usos de agua, aguas arriba del mismo que abastecen usos en la provincia de Neuquén. Estos usos o demandas se contemplan en el escenario actual ya que para calcular el agua disponible se obtiene restando al volumen que ingresa a los sistemas de embalses, las pérdidas y consumos que se producen en el mismo (que son evaporación, infiltración y usos poblacional, industrial y agrícola).

Para un escenario potencial productivo al año 2055, se vuelve a calcular el agua disponible,

tomando como base el valor de disponibilidad de agua para el escenario tendencial al año 2055 estimado en el Informe N°2, afectada por el efecto del cambio climático y el incremento potencial de la demanda de acuerdo al crecimiento de las localidades abastecidas desde el sistema y la posible ampliación de la demanda industrial y agrícola, esta última sobre todo por las magnitudes de la demanda en un planteo de desarrollo de nuevas áreas de riego factibles por las condiciones agroecológicas del sector.

En la actualidad el abastecimiento a las localidades de Neuquén y aledañas se realiza desde el embalse Mari Menuco, mediante una obra de toma ubicada en el extremo sudeste del embalse homónimo, que forma parte del complejo hidroeléctrico Cerros Colorados. Originalmente esta obra fue concebida como la cabecera del denominado “Sistema Mari Menuco - Confluencia”, el cual tenía previsto satisfacer las demandas de uso domiciliario de las localidades de Neuquén y aledañas, así como también proveer agua para riego a una nueva área agrícola a desarrollar de una superficie bruta de 35.000 ha.

El caudal máximo de diseño de la obra de toma, según proyecto, es de 40 m³/s. Desde la obra de toma, nacen dos ramales, uno de los cuales estaba previsto para alimentar la zona de riego a desarrollar. Del otro ramal surge un conducto de 38 km que conecta con la planta potabilizadora “Mari Menuco”. Este posee una capacidad máxima es de 6 m³/s, aunque se encuentra limitada a 3 m³/s por las dimensiones de la planta de tratamiento.

En septiembre de 2019, la provincia de Neuquén solicitó una adecuación del proyecto original, para ello y a pedido de la secretaria de Infraestructura y Política Hídrica de la Nación, el Banco Mundial, estableció un equipo interdisciplinario para la realización de un análisis y ajuste de la viabilidad del proyecto original a nivel de perfil del proyecto de riego del área Mari Menuco.

El proyecto de riego, plantea a partir de un análisis riguroso del proyecto original desarrollado en el año 2017, la implementación mediante la construcción de infraestructura hídrica de una nueva área de riego de 12.689 hectáreas en la zona de Mari Menuco (departamento Confluencia, provincia de Neuquén), la cual permitirá la producción de alimentos para abastecer el mercado nacional e internacional, contribuyendo a la diversificación productiva de la provincia, integrando nuevas cadenas agroalimentarias, generando impactos positivos en la producción y en las condiciones socioeconómica de la población con la creación de empleo y generación de mejores condiciones para el desarrollo de zonas rurales.

En este caso el desarrollo de un servicio de riego a pie de parcela, a través de la ejecución de infraestructura de riego colectiva, permiten regar un área de 9.202 ha con posibilidad de

expansión en una segunda etapa de 3.487 ha, incorporando un total de 12.689 ha a la matriz productiva de la provincia. Las nuevas parcelas serían dotadas con servicio de riego y servicios complementarios (electricidad y caminos), permitiendo a cada productor aplicar riegos eficientes y lograr producciones de altos rendimientos.

Las demandas de riego netas y brutas en el período punta, muestran en el proyecto valores pico del orden de 1,35 l/s/ha para la superficie neta a cultivar. Considerando que la superficie neta es cercana al 80% de la superficie bruta total y que se trabajó a nivel de perfil o anteproyecto, se ha considerado un QFC (Caudal Ficticio Continuo) de 1 l/s/ha, considerando la totalidad de la superficie de suelo apto dominado.

También en la actualidad con financiación de la CAF está previsto realizar la ampliación de la planta potabilizadora de 3 a 6 m³/s para cubrir los requerimientos poblacionales de los próximos años.

De acuerdo a estos antecedentes consideramos que se debe tener en cuenta en el cálculo del agua disponible del río Neuquén en el escenario potencial productivo al año 2055, no solo la disminución de los volúmenes por el efecto del Cambio Climático (22.5%) sino también el incremento del consumo poblacional de las localidades de Neuquén y aledañas (aumento de 3 a 6 m³/s, lo que significa un volumen incremental de 94.6 hm³/año) y el desarrollo del área de riego Mari Menuco – Los Barreales en la provincia de Neuquén, con una superficie total de 12.689 ha y un consumo calculado de 251 hm³/año.

Río Negro:

Para el caso del río Negro se consideró la disminución de la oferta hídrica por el impacto del cambio climático (22.5% al 2055), el aumento de la demanda poblacional e industrial y el impacto del desarrollo de nuevas áreas de riego en la provincia de Neuquén. Para este análisis solo se consideró el proyecto Mari Menuco mencionado, ya que el resto del desarrollo potencial de áreas de riego en esta provincia (sobre todo sobre el río Limay) se consideró que se desarrollarían en un escenario temporal mayor al analizado.

En conclusión, se toma el valor de agua disponible calculado en el Informe N°2 para el escenario tendencial, restándole los incrementos anuales para la mayor demanda poblacional, industrial y agrícola.

Río Colorado:

En este caso solo se tomó el impacto del Cambio Climático sobre la oferta, ya que de acuerdo

con la distribución acordada de los cupos entre las provincias de la cuenca los principales usos previstos (son consumos para la producción agrícola) se ubican en la cuenca media y baja (provincias de Río Negro, La Pampa y Buenos Aires), por lo que no se prevé un incremento en los consumos aguas arriba de la provincia en estudio (provincias de Neuquén y Mendoza).

En este caso se mantiene la oferta hídrica al año 2055 calculada en el Informe N° 2, que significa una disminución de un 25.8% del escurrimiento del período 2000/2020.

2.5. Proyecciones de la demanda

2.5.1. Demanda poblacional al año 2055

La demanda poblacional para los escenarios productivos al año 2055, surge de los datos de base de la demanda actual calculada en el Informe N°2 para el año 2023, donde allí se obtuvo la demanda tendencial.

Para considerar el escenario económico – productivo, el cual se calcula en este informe, se plantea el crecimiento demográfico según estudios sobre el desarrollo territorial de la región vaca muerta. Se consideró un estudio de estructura territorial, financiados por CAF, Banco de Desarrollo de América Latina- en el marco del Programa de Fortalecimiento Institucional de la Subsecretaría de Planificación Territorial de la Inversión Pública, el cual se analiza en el presente apartado, donde se estudian los cambios en la población de la Región Vaca Muerta (RVM). Dicho estudio es el informe final – tomo II – “ESTUDIOS ESTRATÉGICOS PARA EL DESARROLLO TERRITORIAL DE LA REGIÓN VACA MUERTA” -SEGUNDA ETAPA – COMPONENTES 5 Y 6, consultor: ARTEMIO PEDRO ABBA / IGNACIO TOMASEVICH. octubre 2015.

En este estudio se menciona el fuerte impacto previsible en la Región, que constituye un fenómeno de difícil previsión en virtud de su multicausalidad en donde intervienen cuestiones donde se originan en la economía mundial, en particular del segmento hidrocarburífero, y otras de orden local con múltiples escenarios de índole económica, productiva y la distribución del recurso en la cuenca de la formación Vaca Muerta.

A partir de la evaluación de los futuros escenarios económico-productivos, se dispone de 4 probables Ondas de desarrollo de la actividad con una referencia de secuencia (sin definición temporal) y geográfica.

Las hipótesis en el mencionado estudio de la CAF, tienen que ver con los tiempos de traslado entre lugar de trabajo y residencia, las distancias a los centros según jerarquías urbanas, y donde se diferenció además la distancia a Neuquén como un factor de relevancia por ser la ciudad

primada de la Región Vaca Muerta (RVM). Allí se definieron 5 niveles de atracción Alto, Medio Alto, Medio, Medio Bajo y Bajo según el tiempo de viaje a los centros poblados cercanos a los lugares de explotación.

Se estableció una diferencia en la aplicación de los Rangos entre la Onda 1 y las Ondas 2, 3 y 4: en el primer caso dada la mayor concentración de los lugares de explotación y su mayor proximidad a los centros urbanos más importantes se consideró nula la participación de los centros más alejados del Rango Bajo y en el segundo caso se los incluyó por darse la situación opuesta (menor concentración de lugares de explotación y mayor distancia a los centros de mayor talla poblacional y jerarquía urbana).

Tabla 5 - Rangos según tiempo de traslados.

Tiempos de traslados hacia explotación petrolera	
RANGO	INTERVALO (hs)
Alto	menos de 0,45 hs
medio alto	entre 0,45 y 1,15 hs
Medio	entre 1,15 y 1,30 hs
medio bajo	entre 1,30 y 1,45 hs
Bajo	no aplica por lejanía

Fuente: Estudio de CAF

2.5.2. Fundamentos para el análisis de escenarios potenciales para población

Los fundamentos se basan en el estudio de CAF, mencionado anteriormente, teniendo en consideración el modelo de distribución según las ondas de crecimiento descrito en el estudio.

Las Ondas de crecimiento son en principio posibles tendencias productivas que combinan volúmenes posibles de equipos con posibles localizaciones. De las tendencias productivas con más posibilidades, se seleccionaron cuatro que no implican necesariamente términos de temporalidad y secuencia.

Por ese motivo, en el estudio de CAF, no se las denominó Etapas sino Ondas de crecimiento y que a los efectos del cálculo del impacto poblacional se fijaron hipótesis que justamente permitan efectuar estimaciones tempo-espaciales de los contingentes de población derivados de la actividad hidrocarburífera. Para la Onda 1, 200 mil, para la Onda 2, 150 mil, para la Onda 3, 100 mil y para la Onda 4, 50 mil. En relación con el territorio incluido en las Ondas de

Crecimiento de la RVM resultan por aplicación de los criterios de atracción antes desplegados las localidades involucradas en la distribución de población para cada una de ellas en función de las distancias al posible epicentro de los Pozos.

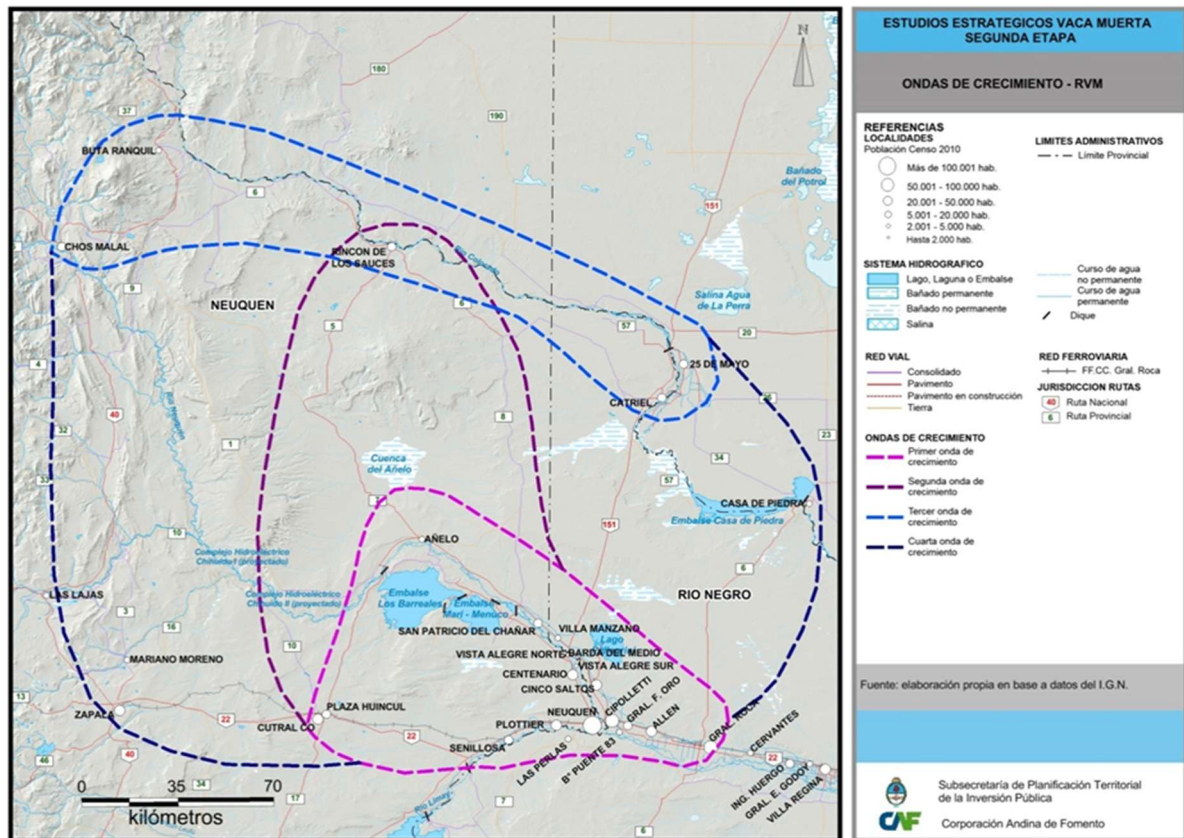


Ilustración 1 - Ondas de crecimiento. Fuente: elaboración en base a datos del IGN

Para el presente estudio, se analizan las localidades de Rio Negro que figuran en el cuadro siguiente, tomado del estudio de CAF, las mismas son, Cipolletti, Cinco Saltos y General Roca.

Localidad	2015		Fin Onda 1		Fin Ondas 2-3-4		Onda 1	Ondas 2-3-4
	V.A.	º	V.A.	º	V.A.	º	%	%
LAS PERLAS	4.500	D	14.660	D	33.917	C	225,8	131,4
SAN PATRICIO DEL CHAÑAR	9.500	D	21.669	C	55.650	C	128,1	156,8
CTE. CORDERO	3.400	D	7.223	D	19.086	D	112,4	164,2
CAMPO GRANDE	5.400	D	10.988	D	28.479	C	103,5	159,2
CINCO SALTOS	30.000	C	53.161	C	83.662	C	77,2	57,4
CENTENARIO	43.000	C	66.978	C	101.583	B	55,8	51,7
ALLEN	28.000	C	40.088	C	46.434	C	43,2	15,8
PLOTTIER	45.000	C	62.239	C	101.705	B	38,3	63,4
CIPOLLETTI	99.000	C	128.000	B	181.358	B	29,3	41,7
SENILLOSA	9.000	D	10.404	D	17.920	D	15,6	72,2
NEUQUEN	260.000	A	299.128	A	393.587	A	15,0	31,6
GENERAL ROCA	95.000	C	103.109	B	133.074	B	8,5	29,1
Crecimientos superiores a la media								
	Muy alto							
	Alto							
	Medio Alto							

Ilustración 2 población año 2015 e incrementos de población por Ondas de Crecimiento.

Fuente: Estudio de CAF

Según el estudio de CAF se considera un período temporal de un quinquenio cada una, a los fines de calcular el crecimiento tendencial de la población de las localidades al que debe sumarse el derivado de la nueva explotación hidrocarburífera.

2.5.3. Consideraciones para el escenario potencial de demanda poblacional

Para el análisis de este escenario, se considera el incremento de población en las localidades evaluadas debido a la influencia de la actividad petrolera. En el caso de Cipolletti, se analiza el estudio de CAF, anteriormente citado, que data del año 2015, donde se puede deducir que para el año 2025, la población se incrementaría de 99.000 habitantes, año 2015, a 157.014 habitantes. Actualmente según los datos del censo 2023 la población de Cipolletti es de 105.482 habitantes.

Como se especifica en el estudio, estas ondas de crecimiento no implican necesariamente

términos de temporalidad y secuencia, se podría predecir que las ondas de crecimiento se lleguen a producir, pero con un retardo, siendo que para el año 2055 se pueda dar el fenómeno de crecimiento por la explotación de la RVM.

Por último, para el año 2035, (fin de las ondas 2,3 y 4), para el estudio de CAF se prevé una población de 181.358 habitantes.

A continuación, se presenta el cálculo de la población según las ondas, de acuerdo a lo que plantea el estudio en la ilustración 2, más arriba.

Tabla 6 Cálculo de poblaciones según estudio de CAF

CIPOLLETI	QUINQUENIO	PROYECCION (hab)	INCREMENTO (hab)	INCREMENTO (%)
AÑO INICIAL	2015	99.000		0%
ONDA 1	2020	128.007	29007	29,30%
ONDA 2	2025	157.014	proyección estimada	
ONDA 3	2030	169.200	proyección estimada	
ONDA 4	2035	181.358	53379	41,70%

Fuente: Producción Propia

A su vez se analiza el plan director del sistema de agua potable de la ciudad de Cipolletti, Tomo II – Parte “B” de Junio 2015, donde se obtuvieron las poblaciones de Cipolletti y Fernandez Oro según la influencia de la actividad petrolera de acuerdo a la proyección poblacional para el periodo (2038 – 2045). Y el documento de la 2ª etapa plan director de desagües cloacales de general fernández oro.

Según el Plan Director, se considera conveniente continuar con una tasa geométrica del 1,15% ligeramente inferior a la considerada por PROA para alcanzar el año 2038 (1,23%) tanto sobre la población inducida por el efecto de Vaca Muerta como para la población permanente de ambas localidades. Del Plan director se extrae lo siguiente.

Proyección poblacional para el periodo (2038 – 2045)

N° de Orden	Año	Tasas Medias Anual Referidas a años claves	Población Total Futura Permanente e Inducida Petroleo				
			Asociada a la actividad Petrolera	Permanente proyectada Cipolletti	Población Total Adoptada Cipolletti	Proyectada Gral Fernández Oro	Población Total Conjunta
Censo	2.010		-	83.891	83.891	6.672	90.563
	2.018	1,61%	4.850	92.150	97.000	14.858	111.858
	2.019	1,61%	5.190	93.632	98.822	15.495	114.317
	2.020	1,61%	5.553	95.139	100.692	16.160	116.852
	2.021	1,61%	5.942	96.669	102.611	16.853	119.464
	2.022	1,61%	6.357	98.225	104.582	17.910	122.492
	2.023	1,61%	6.802	99.805	106.607	19.033	125.640
	2.024	1,61%	7.279	101.411	108.690	20.227	128.917
0	2.025	1,61%	7.788	103.042	110.830	21.495	132.325
1	2.026	1,61%	8.333	104.700	113.033	22.843	135.876
2	2.027	1,61%	8.917	106.384	115.301	24.276	139.577
3	2.028	1,61%	9.541	108.096	117.637	25.798	143.435
4	2.029	1,23%	10.999	109.430	120.429	27.416	147.845
5	2.030	1,23%	12.680	110.780	123.460	29.135	152.595
6	2.031	1,23%	14.618	112.147	126.765	30.962	157.727
7	2.032	1,23%	16.852	113.531	130.383	33.159	163.542
8	2.033	1,23%	19.427	114.932	134.359	35.512	169.871
9	2.034	1,23%	22.396	116.350	138.746	38.032	176.778
10	2.035	1,23%	25.819	117.786	143.605	40.731	184.336
11	2.036	1,23%	29.765	119.240	149.005	43.622	192.627
12	2.037	1,23%	34.314	120.711	155.025	46.717	201.742
13	2.038	1,23%	39.560	122.201	161.761	50.033	211.794
14	2.039	1,15%	40.015	123.606	163.621	53.583	217.204
15	2.040	1,15%	40.475	125.028	165.503	57.386	222.889
16	2.041	1,15%	40.941	126.466	167.406	61.458	228.864
17	2.042	1,15%	41.411	127.920	169.331	62.165	231.496
18	2.043	1,15%	41.888	129.391	171.279	62.880	234.158
19	2.044	1,15%	42.369	130.879	173.248	63.603	236.851
20	2.045	1,15%	42.857	132.384	175.241	64.334	239.575

Ilustración 3 - Plan Director del sistema de agua potable de la ciudad de Cipolletti, Tomo II – Parte “B” de Junio 2015

Comparando la población, por ejemplo, de Cipolletti evaluada en el Plan Director y la obtenida en el estudio de CAF, sobre el desarrollo de la RVM, se considera más conservador los valores del Plan director, ya que se observa un retardo en las hipótesis de las ondas de crecimiento según el estudio de CAF. Por ejemplo, para el año del censo 2023, se obtuvo un valor de población en la localidad de Cipolletti de 105.482 habitantes, y según la proyección del Plan Director, ilustrado más arriba, para el año 2023 es de 106.607 habitantes, mientras que en el estudio de CAF, si se interpolan los valores entre la onda 1 y 2 se obtiene una población de aproximadamente 150.000 habitantes. Por lo tanto, se toman las resaltadas en los cuadros siguientes obtenidos de los planes:

Tabla 7 - Población de Cipolletti obtenida del Plan Director

Año calendario	Población permanente Cipolletti	Población debida a la actividad petrolera	población total
2040	125.028	40.475	165.503
2055	148.421	48.049	196.469

Fuente: Producción propia

Tabla 8 - Población de Fernández Oro obtenida del Plan director.

Año calendario	Población permanente Fernández Oro (*1)	Población debida a la actividad petrolera (*2)
2040	14.803	57.386
2055	21.738	72.126

Fuente: Producción propia

(*1) se toman estos datos del plan director de Cipolletti de Tabla Nº 1. Población adoptada: Cipolletti incluida act. petrolera más Fdez. Oro

(*2) se toma del plan director del sistema de agua potable de la ciudad de Cipolletti, Tomo II – Parte “B” de Junio 2015, según la influencia de la actividad petrolera de acuerdo a la proyección poblacional para el periodo (2038 – 2045).

Otra localidad que en el estudio de CAF se marca con crecimiento alto (superior a la media), es la localidad de General Roca. Donde según el estudio la población influenciada por la actividad petrolera tiende a 133.034 habitantes para el año 2035. Según el plan de aguas realizado por el ENOHS, se prevé una población para el año 2050 de 120.000 habitantes, sin contemplar el incremento de población por la actividad petrolera. Por lo que en este escenario se toma la proyección del estudio con la influencia de la RVM, se considera una población de aproximadamente 140.000 habitantes para el año 2055.

Para las poblaciones turísticas se consideran las poblaciones estables más las flotantes, considerando así un máximo consumo. Como es el caso de Las Grutas, y Bariloche, las cuales son localidades afectadas por poblaciones estacionales, debido al turismo.

Las localidades descritas anteriormente, se detallan a modo de ejemplo para explicar la metodología de cálculo del incremento de población. En el análisis se estudiaron aquellas

localidades influenciadas por el radio de la actividad petrolera y turística. Estos estudios están detallados en las planillas de cálculo del presente informe. En el apartado de consumos poblacionales, se resumen en un cuadro los consumos poblacionales para el escenario tendencial y potencial (crecimiento poblacional influenciada por la actividad petrolera y turística).

2.5.4. Consumos poblacionales

En este apartado se resumen las proyecciones de los consumos poblacionales ($\text{hm}^3 / \text{año}$) en función del aumento de población por influencia de la actividad petrolera en las localidades de Alto Valle, como también la población flotante por actividad turística en localidades costeras y en Bariloche, estos casos son considerados en el escenario potencial. También se muestra, de forma de comparar, el escenario tendencial, siendo este calculado en el informe N° 2, el cual es calculado con el aumento de crecimiento natural de población.

Tabla 9 - Población actual, tendencial y potencial

CUENCAS	Población (Hab)		
	2023	2055 tendencial	2055 escenario potencial
Río Neuquén: Alto Valle	231.667	364.674	486.814
Río Negro: Alto Valle	121.771	177.473	246.047
Río Negro: Valle Medio	79.015	206.362	304.742
Río Negro: Valle inferior	71.644	130.999	130.999
Río Colorado	40.334	79.379	79.379
Limay	151.634	300.667	349.337
Azul	24.276	85.532	85.532
Chubut	597	1.400	1.400
Region Sur	13.820	22.031	30.687
Subterránea	20.936	33.262	33.262
TOTAL	755.694	1.401.780	1.748.200

Proyecciones (hab) al año 2055 según cuencas - Fuente: elaboración propia

Tabla 10 - Consumos poblacionales en $\text{Hm}^3/\text{año}$

CUENCAS	CONSUMO EN Hm ³ / AÑO		
	2023	2055 tendencial	2055 escenario potencial
Río Neuquén: Alto Valle	35	58	63
Río Negro: Alto Valle	12	29	22
Río Negro: Valle Medio	12	28	43
Río Negro: Valle inferior	11	20	20
Río Colorado	6	11	11
Limay	23	53	61
Azul	4	7	7
Chubut	0	0	0
Región Sur (meseta)	4	6	12
Subterránea	4	6	6
TOTAL	111	219	247

Consumos (Hm³/año) al año 2055 según cuencas - Fuente: elaboración propia

Como resultado para el escenario potencial productivo al año 2055 se contemplan incrementos diferenciales de la demanda poblacional, por el crecimiento de ciertas actividades que se plantean desde la provincia como desarrollos turísticos importantes (Las Grutas y Playas Doradas), desarrollos de polos industriales por la actividad minera e hidrocarburífera (localidades de la línea sur y de Alto Valle). Estos escenarios potenciales se desarrollan a nivel regional, considerando actividades económicas que potencian el crecimiento de población y por ende los consumos de agua potable.

De este análisis se obtiene que, considerando el incremento de población por estas actividades, el consumo en Hm³/año tiene un aumento de aproximadamente 30 Hm³, en comparación con el escenario tendencial.

2.5.5. Dotaciones y volúmenes anuales

Del estudio realizado por la Dirección de Proyecto de Saneamiento del DPA, sobre el Proyecto de Abastecimiento de Agua de SAO - SAE - LG - SV- SG – PD, para el análisis de todas las alternativas se consideró una dotación efectiva de 320 litros/habitantes. Día y un consumo puntual en Playas Doradas de 65 litros/segundo para un posible consumo industrial.

Para el conjunto San Antonio Oeste, Las Grutas, Sierra Grande y Playas Doradas se toma un

volumen de consumo de agua, considerando el momento de caudal máximo diario.

Tabla 11 - Volumen anual de agua y producción de Sierra Grande proyectada para el año 2055

Población Total Proyectada (2055)	Volumen Anual de Agua Transportado (Población TOTAL + producción SG)
[hab.]	m ³ /año
238.581	29.916.101

Informe proyecciones y dotaciones (SAO, Las Grutas, Sierra Grande, y Playas Doradas). Fuente:

DPA

Lo cual equivale a 1,3 m³/s en el momento como caudal máximo diario.

Mientras que, para el tramo de Sierra Grande, Playas Doradas y el consumo puntual los siguientes valores:

Tabla 12 - Población proyectada al 2055 Sierra Grande y Playas Doradas

Población Total Proyectada (2055)	Volumen Anual de Agua Transportado
[hab.]	m ³ /año
44.500	7.247.440

Informe proyecciones y dotaciones (SAO, Las Grutas, Sierra Grande, y Playas Doradas).

Fuente: DPA

Lo cual equivale a 0,3 m³/s en el momento como caudal máximo diario.

2.5.6. Demanda industrial e hidrocarburífera al año 2055

Para los consumos industriales en el escenario productivo, se toma en cuenta el incremento del consumo del escenario tendencial al productivo, alrededor de un (13%), ese porcentaje solo está ligado a aquellas localidades con crecimiento por la influencia de actividad petrolera, y minera. En el resto de las localidades que no cuentan con desarrollos industriales de gran envergadura, se mantiene el mismo consumo que en el tendencial.

Tabla 13 - Consumo de agua industrial e hidrocarburífera (hm³/año)

CUENCAS	Consumo en hm ³ / año		
	2023	2055 tendencial	2055 escenario potencial
Río Neuquén: Alto Valle	7	8	9
Río Negro: Alto Valle	22	22	24
Río Negro: Valle Medio	0	1	1
Río Negro: Valle inferior	0	1	1
Río Colorado	0	0	0
Limay	3	4	4
Azul	0	0	0
Chubut	0	0	0
Región Sur (meseta)	0	0	0
TOTAL	32	37	39

Fuente: elaboración propia

2.5.7. Demanda agrícola al año 2055

De acuerdo con el resultado del taller realizado con los organismos provinciales, y con la tabla de incrementos de área regada en la provincia de Río Negro al 2055 que se validó en dicho taller, se detalló los cambios por cuenca que se producirían y se transcriben en la siguiente tabla:

Tabla 14: Proyección del área regada en escenario 2055

CUENCA	SUBCUENCA	2022		2055		Incremento porcentual	
		Sistemas públicos	Riego privado	Sistemas públicos	Riego privado	Sistemas públicos	Riego privado
		(has)	(has)	(has)	(has)	(%)	(%)
Río	Alto Valle	39.862		48.845	14.015	23%	

Neuquén							
Río Negro	Alto Valle	4.298	54.900	4.298	102.684	0%	87%
	Valle Medio	20.475		91.990		349%	
	Valle Inferior	30.000		58.000		93%	
Río Colorado	Aguas arriba Casa de Piedra	3.300	650	5.354	836	62%	29%
	Aguas abajo Casa de Piedra	5.000	3.200	6.960	7.000	39%	119%
Río Azul	El Bolsón	350		250		-29%	
Río Chubut	Río Chico / Cia de						
	Tierras Sud	30	550	30	550	0%	0%
Región Sur	Valcheta	400		850		113%	
Sub Totales		103.715	59.300	216.577	125.085	76%	111%
Totales		163.015		341.662		110%	

Fuente: elaboración propia

Con estas superficies acordadas y validadas con la provincia, se plantearon dos escenarios:

- **Escenario N°1:** considerado de baja o media eficiencia global de riego, donde se mantienen valores actuales de eficiencias para la superficie que se mantendría en producción (es decir la misma eficiencia global del 2022 al 2055 en las áreas que se riegan en la actualidad) y se incrementa levemente la eficiencia en las nuevas áreas que se incorporan, entendiendo que éstas se realizarán con sistemas más eficientes, pero que la red de canales de conducción será similar a la actual.
- **Escenario N°2:** considera una mejora en la eficiencia de los sistemas actuales producto de obras de infraestructura, como por ejemplo la impermeabilización de canales en sectores críticos, reestructuración e impermeabilización de los canales comuneros e internos de las chacras, mejoras en la gestión de los sistemas públicos e implementación de sistemas de riego presurizados (goteo o aspersión) o de gravedad eficientes (mangas de riego o sistema de riego con altos caudales).

Existen una amplia gama de sistemas tecnificados para la aplicación del riego, donde la capacidad de inversión y adaptación juegan un papel fundamental. Desde sistemas de baja presión con métodos de aplicación superficial que optimizan la distribución interna y el manejo de los tiempos de riego, hasta sistemas más complejos que requieren una inversión considerable

y permiten, a través del manejo de la frecuencia (normalmente elevada) y los volúmenes de riego (normalmente más bajos), lograr una alta eficiencia en el uso del agua.

Es por esto que en el Escenario N°2 se busca evaluar y estimar el costo de inversión necesario para alcanzar una alta eficiencia en la aplicación del riego, planteando mejorar las eficiencias de aplicación del agua de riego, pasando de los sistemas actuales por gravedad (surcos y/o manto) con bajos caudales y altas tasas de infiltración y baja uniformidad de la lámina aplicada, a sistemas más eficientes que permitan un importante ahorro de agua, disminuir los problemas de salinización por elevación de la napa freática logrando potencialmente mayor uniformidad y calidad del producto obtenido.

Se considera un sistema de riego por goteo como referencia para algunos cultivos frutícolas (pera, manzana, frutos secos, vid) y hortícolas (cebolla, ajo), siendo este uno de los más difundidos para lograr altas producciones y alta calidad de los productos, con una considerable capacidad de adaptación a los cultivos de Río Negro. Es necesario aclarar que no todos los cultivos pueden ser regados con este sistema, siendo necesario un análisis específico para cada situación particular.

Los costos asociados a la implementación de un sistema de riego por goteo para cultivos hortícolas o frutícolas varían entre 3.000 y 3.500 dólares por hectárea para frutales hasta 5.000 dólares en horticultura, y estos costos pueden alcanzar unos 1.000 dólares más por hectárea si se incluye la construcción de reservorios. Estas cifras no incluyen la fuente de abastecimiento, como estaciones de bombeo desde la fuente para distribuir, cuyos costos pueden variar según su tamaño y distancia. Además, dichos costos pueden aumentar si se opta por implementar sistemas de defensa contra heladas, considerando el tamaño del terreno y la calidad de los materiales. Para los propósitos de este trabajo, se ha tomado como referencia un costo de 3.000 dólares por hectárea para fruticultura y de 5.000 dólares para horticultura. En el caso de abastecimiento a través de fuentes superficiales como canales o arroyos, se debe tener en cuenta que la regulación de los volúmenes de entrega se puede realizar en la red de distribución, lo que implica la construcción de reservorios, mejoras en la red de distribución y la adopción de sistemas de gestión modernos.

La alternativa más eficiente propone implementar un sistema de riego a baja presión basado en riego por mangas, que son tubos plásticos flexibles con orificios controlados por compuertas. Este método es conocido entre los agricultores por su bajo costo, facilidad de instalación y traslado, y la capacidad de alcanzar eficiencias de riego moderadas a altas. El sistema funciona

con el desnivel del terreno o pequeñas estaciones de bombeo. Aunque el sistema requiere más mano de obra comparado con el riego por goteo y tiene una vida útil limitada si no se protege adecuadamente. Su diseño sencillo permite la adaptación a diferentes caudales y pendientes del terreno. Es un sistema que por su bajo costo de inversión y de operación se adapta muy bien a cultivos extensivos o commodities bajo riego, e incluso al riego de forrajeras para producción de forraje o de carne. Un sistema de riego por mangas, donde se reducen las pérdidas de conducción internas, se controlan los caudales de riego, reduciendo los tiempos de respuesta del sistema, sumado a una gestión de las entregas orientada a la demanda de los cultivos, puede alcanzar eficiencias de aplicación en torno al 70%.

Este sistema de riego por mangas se adapta muy bien a productores pequeños y medianos cuyas dotaciones de riego no son muy altas y pueden regar eficientemente con caudales relativamente bajos. Incluso es relativamente baja la inversión (estimativamente 845 dólares por hectárea) para transformar los sistemas de aplicación actuales a este tipo de sistemas. En el caso de nuevas áreas hay que prever además la inversión inicial de la sistematización más la construcción de los canales (impermeabilizarlos) y los drenes, estimándose un valor total de 2.000 dólares por hectárea.

En caso de ser productores que reciben altos caudales instantáneos, ya sea porque tiene su propia estación de bombeo, porque reciben el agua por turnado, porque tienen grandes superficies con una concesión de riego alta, o manejan el agua de riego con grandes reservorios, logrando caudales instantáneos superiores a los 250 litros por segundo, se propone la implementación del sistema de riego por pivot central o sistema de riego por gravedad con altos caudales.

En el caso de los pivotes de riego las inversiones iniciales son muy elevadas ya que necesitan trabajos de desmonte, la construcción de canales en caso de que no estén en lugares próximos a la provisión del recurso, cañerías, tendido eléctrico o instalación de motores diésel para el bombeo. Todo esto tiene un valor variable entre 4.500 dólares por hectárea y 5.500 dólares, para el caso del estudio tomaremos 5.000 dólares por hectárea. Estos pivotes para lograr altas eficiencias de aplicación y cubrir los requerimientos de los cultivos deben poder aplicar láminas de 14 mm por día y su superficie no debería exceder las 70 hectáreas para evitar problemas de escurrimiento. La eficiencia a lograr es de 85/90% según los proveedores de estos equipos y algunas manifestaciones de productores de la región, pero como valor conservador se tomó un 80% de eficiencia observando también la necesidad de realizar riegos para cubrir eventos climáticos por encima de las necesidades hídricas de los cultivos, como altas temperaturas en

verano o vientos en el momento de la implantación.

En cuanto al sistema de riego con altos caudales (llamado comúnmente sistema australiano o neozelandés) se pueden lograr eficiencias similares a los pivotes de riego (75/80%) siempre y cuando estén bien diseñados en función a los caudales disponibles, la textura de los suelos y las pendientes de estos. En este caso las inversiones iniciales son menores, del orden de los 2.000/2.500 dólares por hectárea dependiendo del movimiento de suelo a realizar para la sistematización del lote a regar. Esta inversión incluye el desmonte, la sistematización del lote, la construcción de los canales y drenes y la estación de bombeo o reservorio en caso de ser necesaria. En suelos con texturas muy gruesas (arenosos) se deben trabajar con parcelas de menor tamaño o directamente es conveniente utilizar sistemas presurizados. En suelos de textura más finas (limosos, francos o arcillosos) este sistema se adapta muy bien y se logran buenas eficiencias, siempre que se ajusten los tamaños y pendientes de las parcelas (sobre todo el largo de riego) al tipo de suelos.

El concepto es un avance rápido de agua logrando aplicar láminas de 50/80 mm y homogénea a lo largo de la parcela, evitando excesos de riego en la cabecera o en el pie de la parcela. Lo fundamental es conocer la velocidad de avance para determinar con exactitud el momento del cierre de la compuerta y evitar excesos o déficit en el pie de la parcela. Para ello se puede automatizar el sistema programando la apertura de la compuerta y el cierre de esta, con sistemas de tiempo o los más avanzados con sensores.

Este sistema requiere una mano de obra intensiva porque los avances son compuerta por compuerta (se riega de a un tablón o parcela por vez), con tiempos cortos de apertura, lo que implica una persona abriendo y cerrando compuertas cada 1 o 2 horas, máximo 3 horas, por ello en Australia lo que se busca es la automatización, que si bien es una inversión inicial alta luego se amortiza rápidamente y sobre todo evita errores e ineficiencias (particularmente de noche).

Son sistemas de riego por gravedad sin gasto de energía (solo en casos que se necesite bombeo para extraer del reservorio o de la fuente). Son sistemas que se adaptan muy bien a producciones de commodities con riego total, si bien tienen una inversión importante inicial, luego la operación es de bajo costo, en cambio en los sistemas presurizados (pivotes) la energía utilizada para el riego y la amortización de los equipos es un componente muy importante en el margen neto de la producción al tener que aplicarse entre 800 y 1200 mm en la campaña de riego.

Los valores de eficiencias utilizados para estos dos escenarios son los siguientes:

Tabla 15 - Eficiencias globales planteadas en los escenarios a desarrollar

Escenarios		N° 1 baja/media eficiencia			N° 2 alta eficiencia		
Sistemas	Situación	Ef. Conducción	Ef. Aplicación	Ef. Global	Ef. Conducción	Ef. Aplicación	Ef. Global
Públicos	actuales	50%	52%	26%	60%	65%	39%
Privados	actuales	80%	74%	59%	80%	80%	64%
Públicos	nuevos	60%	66%	40%	65%	75%	49%
Privados	nuevos	80%	74%	59%	90%	80%	72%

Fuente: elaboración propia

En ambos escenarios se tomaron los cambios de la ETc calculadas en función de la nueva célula de cultivos para determinar la demanda (en la mayoría de los sistemas se planteó un incremento importante de pasturas para producción de forraje, carne o leche en rotación con cultivos extensivos bajo riego, como maíz, trigo y soja, previendo un incremento mucho menor en valores porcentuales de la fruticultura y la horticultura). A este valor de ETc calculado para cada cuenca y subcuenca se le aplicó el incremento estimado por el impacto del Cambio Climático sobre la temperatura y las precipitaciones para el año 2055 determinado en el Informe N°2. Los incrementos de la ETo de 2022 a 2055 determinados por los modelos utilizados y presentados en el informe antes mencionado son los expresados en la siguiente tabla:

Tabla 16 - Incremento de la ETo por efectos del cambio climático

CUENCA	SUBCUENCA	Incremento Eto (%)
		2055 vs 2022
Río Neuquén	Alto Valle	5,1%
Río Negro	Alto Valle	5,1%
	Valle Medio	4,5%
	Valle Inferior	4,1%
Río Colorado	Aguas arriba Casa de Piedra	4,5%
	Aguas abajo Casa de Piedra	4,1%
Río Azul	El Bolsón	6,6%
Río Chubut	Río Chico / Cia de Tierras Sud	6,6%
Región Sur	Valcheta	6,6%

Fuente: elaboración propia

Con estos valores las demandas calculadas para cada escenario serían las siguientes:

Escenario N° 1 baja/media eficiencia global:

Tabla 17 - Demandas netas y brutas en sistemas públicos, escenario N°1

2055		Superficie regada	Incremento superficie	Demanda Neta	Volumen Derivado
CUENCA	SUBCUENCA	(has)	(has)	(hm ³ /año)	(hm ³)
Río Neuquén	Alto Valle	48.845	8.983	526	1.895
Río Negro	Alto Valle	4.298	0	45	172
	Valle Medio	91.990	71.515	980	2.762
	Valle Inferior	58.000	28.000	613	1.966
Río Colorado	Aguas arriba Casa de Piedra	5.354	2.054	63	211
	Aguas abajo Casa de Piedra	6.960	1.960	71	245
Río Azul	El Bolsón	250	-100	2	10
Río Chubut	Río Chico / Cia de Tierras Sud	30	0	0	1
Región Sur	Valcheta	850	450	10	31
		216.577	112.862	2.310	7.295

Fuente: elaboración propia

Tabla 18 - Demandas netas y brutas en sistemas privados, escenario N°1

2055		Superficie regada	Demanda Neta	Volumen Derivado
CUENCA	SUBCUENCA	(has)	(hm ³ /año)	(hm ³)
Río Neuquén	Alto Valle	14.015	146	292
Río Negro	Alto Valle	102.684	1.085	1.808
	Valle Medio			
	Valle Inferior			
Río Colorado	Aguas arriba Casa de Piedra	836	10	20
	Aguas abajo Casa de Piedra	7.000	71	142
Río Chubut	Cía de Tierras Sud Argentino SA	550	6	13
		125.085	1.318	2.274

Fuente: elaboración propia

Tabla 19 - Incremento de la demanda neta y bruta total en el escenario N° 1

ESCENARIO PRODUCTIVO	2022 (actual)			2055 (escenario 1)		
	Dem. Neta (hm ³ /año)	Eficiencia	Dem. Bruta (hm ³ /año)	Dem. Neta (hm ³ /año)	Eficiencia	Dem. Bruta (hm ³ /año)
Público	983	26%	3.823	2.310	32%	7.295
Privado	609	59%	1.031	1.318	58%	2.274
Total	1.591	33%	4.853	3.628	38%	9.569

Fuente: elaboración propia

Escenario N° 2 alta eficiencia global:

Tabla 20 - Demandas netas y brutas en sistemas públicos, escenario N°2

2055		Superficie regada (has)	Incremento superficie (has)	Demanda Neta (hm ³ /año)	Volumen Derivado (hm ³)
CUENCA	SUBCUENCA	(has)	(has)	(hm ³ /año)	(hm ³)
Río Neuquén	Alto Valle	48.845	8.983	526	1.299
Río Negro	Alto Valle	4.298	0	45	115
	Valle Medio	91.990	71.515	980	2.122
	Valle Inferior	58.000	28.000	613	1.420
Río Colorado	Aguas arriba Casa de Piedra	5.354	2.054	63	150
	Aguas abajo Casa de Piedra	6.960	1.960	71	171
Río Azul	El Bolsón	250	-100	2	7
Río Chubut	Río Chico / Cia de Tierras Sud	30	0	0	1
Región Sur	Valcheta	850	450	10	23
		216.577	112.862	2.310	5.306

Fuente: elaboración propia

Tabla 21 - Demandas netas y brutas en sistemas privados, escenario N°2

2055		Superficie regada (has)	Demanda Neta (hm ³ /año)	Volumen Derivado (hm ³)
CUENCA	SUBCUENCA	(has)	(hm ³ /año)	(hm ³)
Río Neuquén	Alto Valle	14.015	146	203
Río Negro	Alto Valle	102.684	1.085	1.608
	Valle Medio			

	Valle Inferior			
Río Colorado	Aguas arriba Casa de Piedra	836	10	15
	Aguas abajo Casa de Piedra	7.000	71	104
Río Chubut	Cía de Tierras Sud Argentino SA	550	6	10
		125.085	1.318	1.939

Fuente: elaboración propia

Tabla 22 - Incremento de la demanda neta y bruta total en el escenario N° 2

ESCENARIO PRODUCTIVO	2055 (escenario 1)			2055 (Escenario 2)		
	Dem. Neta (hm ³ /año)	Eficiencia	Dem Bruta (hm ³ /año)	Dem. Neta (hm ³ /año)	Eficiencia	Dem. Bruta (hm ³ /año)
Público	2.310	32%	7.295	2.310	44%	5.306
Privado	1.318	58%	2.274	1.318	68%	1.939
Total	3.628	38%	9.569	3.628	50%	7.245

Fuente: elaboración propia

Se observa que el incremento de la superficie regada en la provincia (incluyendo los sistemas públicos y los privados) es del orden del 110%, pasa de las actuales 163.015 has regadas a 341.662 has regadas en el año 2055.

La demanda hídrica aumenta un 97% en el escenario N°1 (pasando de 4.853 hm³/año a 9.569 hm³/año) y en cambio en el escenario N°2, donde mejora la eficiencia global, el incremento de la demanda es del 49% (pasando de 4.853 hm³/año a 7.245 hm³/año) para la misma superficie.

Se aprecia entonces mediante la comparación de los escenarios planteados que el impacto de la tecnificación representa un ahorro de 2.324 hm³/año para abastecer el riego de la misma cantidad de hectáreas.

Tabla 23 - Resumen del incremento de la superficie regada y de la demanda bruta

Sistema	2022	2055	Incremento	Escenario N°1		Escenario N°2	
	Sup regada (ha)	Sup regada (ha)	Sup regada (ha)	Dem. Bruta (hm ³ /año)	Incremento (%)	Dem. Bruta (hm ³ /año)	Incremento (%)
Público	103.715	216.577	109%	7.295	91%	5.306	39%
Privado	59.300	125.085	111%	2.274	120%	1.939	88%
Total	163.015	341.662	110%	9.569	97%	7.245	49%

Fuente: elaboración propia

2.6 Balances prospectivos

En las principales cuencas se realizó un balance hídrico, tomando la oferta actual de agua disponible calculada en el Informe N°2, afectada por el impacto del Cambio Climático (aumento de temperaturas y disminución de las precipitaciones en forma de lluvias y de acumulación nieve en la alta cuenca) y por los incrementos de los consumos en la cuenca, aguas arriba de la provincia de Río Negro, como se explicó anteriormente.

El resultado de estos balances prospectivos al año 2055 para cada escenario es el siguiente:

2.6.1 Escenario N°1

Tabla 24 - Balance prospectivo río Neuquén en escenario N°1

BALANCE RÍO NEUQUÉN

			2000/2020	2055
1	Agua Disponible en El Chañar	hm ³ /año	6.816	5.282
2	Oferta total Agua Disponible	hm³/año	6.816	5.282
3	Demandas Alto Valle + poblacional + ind.	hm ³ /año	1.527	2.258
4	Demandas Neuquén (Chañar-confluencia)	hm ³ /año	51	397
5	Demanda Total (3+4)	hm³/año	1.578	2.655
6	Balance (2-5)	hm³/año	5.238	2.627

Fuente: elaboración propia

En este caso las demandas proyectadas se cubrirían en el año 2055, aunque es importante remarcar la gran variabilidad anual que tiene el escurrimiento en este caso y la falta de flexibilidad de regulación, por lo que habría períodos donde la garantía de cobertura de la demanda se comprometería si no se realizan nuevas obras de regulación que amplíen la capacidad de amortiguar la variabilidad de caudales de este río.

Tabla 25 - Balance prospectivo río Negro en escenario N°1

BALANCE RÍO NEGRO

			2000/2020	2055
1	Agua Disponible en Allen	hm ³ /año	22.370	16.260
2	Aporte retornos drenajes AVRN	hm ³ /año	595	1.170

3	Oferta total Agua Disponible (1+2)	hm³/año	22.965	17.430
----------	---	---------------------------	---------------	---------------

4	Demandas Valle Azul + poblacional + ind.	hm ³ /año	232	353
5	Demandas Valle Medio + pobl. + industrial	hm ³ /año	1.236	4.034
6	Demandas Valle Inferior + pobl. + ind.	hm ³ /año	1.471	2.471
7	Caudal ecológico en Primera Angostura	(250 m ³ /s)	7.884	7.884
8	Volumen para demanda Bs As	(50 m ³ /s)	1.577	1.577
9	Demanda Total (4+5+6+7+8)	hm³/año	12.400	16.639

10	Balance (3-9)	hm³/año	10.565	1.111
-----------	----------------------	---------------------------	---------------	--------------

Fuente: elaboración propia

Para el cálculo del agua disponible en Allen se le restó al valor obtenido en el Informe N°2 para el escenario tendencial al año 2055 el aumento de los consumos de la cuenca del río Neuquén. Los retornos se calcularon como un porcentaje del volumen derivado por los sistemas de riego de la cuenca del Neuquén más los de Alto Valle y Valle Medio del río Negro. Tanto el caudal ecológico como la demanda de las otras provincias condóminas se mantuvieron constantes.

La conclusión es que a pesar del incremento de la demanda y la disminución de la oferta el balance sigue dando positivo, con lo cual, en este escenario, se estarían cubriendo las demandas proyectadas para el año 2055. Pese a esto, hay que recordar que se trabaja con estimaciones para un período con promedios, donde existirán ciclos ricos y pobres, pudiendo generar en algún año en particular fallas en la garantía de cobertura de la demanda hídrica agrícola.

Un tema a tener en cuenta es la gran disminución del volumen sobrante en este escenario al 2055, que como se mencionó en el párrafo anterior si bien cubre las demandas proyectadas, prácticamente agota el superávit de la cuenca. Esto genera que los proyectos de expansión del área regada de la provincia de Río Negro y de la cuenca se vean limitados en el marco de las eficiencias globales y los caudales ecológicos considerados.

Si se comparan los escenarios considerados con el potencial agrícola definido en el estudio de la FAO quedarían cerca de 500.000 hectáreas factibles de entrar al sistema productivo agrícola, pero sin disponibilidad de agua.

Tabla 26 - Balance prospectivo río Colorado en escenario N°1

BALANCE RÍO COLORADO

			2000/2020	2055
1	Agua Disponible en el río Colorado (2+3)	hm ³ /año	3.556	2.797
2	Consumos aguas arriba	hm ³ /año	281	367
3	Agua Disponible en Casa de Piedra	hm³/año	3.275	2.430
4	Demanda Santa Nicolasa	hm ³ /año	67	142
5	Demanda Río Colorado + poblacional	hm ³ /año	197	256
6	Demanda provincia Buenos Aires	hm ³ /año	1.511	1.511
7	Pérdidas infiltración y evaporación cauce	8%/10%	284	280
8	Caudal mínimo al mar	(15 m ³ /s)	473	473
9	Demanda Total (4+5+6+7+8)	hm³/año	2.533	2.662
10	Balance (3-9)	hm³/año	742	-231

Fuente: elaboración propia

Se observa que el incremento de la demanda no es muy relevante pero la disminución significativa de la oferta hace que el balance sea negativo, es decir que no se alcanzarían a cubrir las demandas proyectadas al 2055 en estas condiciones de baja eficiencia global de riego, a pesar de mantener constantes las demandas de las otras provincias de la cuenca, esto principalmente por el impacto del cambio climático sobre la oferta, por una disminución importante de las precipitaciones níveas en la alta cuenca. En caso de no lograrse una mejora en la eficiencia también en las restantes jurisdicciones de la cuenca, el balance negativo se debería compensar dejando de regar 9.000 hectáreas para bajar la demanda y neutralizar el balance prospectivo.

2.6.2 Escenario N°2

Tabla 27 - Balance prospectivo río Neuquén en escenario N°2

BALANCE RÍO NEUQUÉN

			2000/2020	2055
1	Agua Disponible en El Chañar	hm ³ /año	6.816	5.282
2	Oferta total Agua Disponible	hm³/año	6.816	5.282
3	Demandas Alto Valle + poblacional + industria	hm ³ /año	1.527	1.573

4	Demandas Neuquén (Chañar-confluencia)	hm ³ /año	51	397
5	Demanda Total (3+4)	hm³/año	1.578	1.970

6	Balance (2-5)	hm³/año	5.238	3.313
---	----------------------	---------------------------	--------------	--------------

Fuente: elaboración propia

En este caso, como en el escenario N°1 las demandas son cubiertas, incluso con un poco mayor de holgura ya que a pesar del incremento del área regada con respecto a la actualidad, el hecho de mejorar las eficiencias marca que la demanda hídrica total disminuiría en 2055 con respecto a 2022 a pesar del incremento de más de 23.000 has regadas y el aumento de consumos en la provincia de Neuquén. Al mismo tiempo se remarca la gran variabilidad anual que tiene el escurrimiento en este río y la falta de flexibilidad de regulación, por lo que habría períodos donde la garantía de cobertura de la demanda se comprometería si no se realizan nuevas obras de regulación.

Tabla 28 - Balance prospectivo río Negro en escenario N°2

BALANCE RÍO NEGRO

			2000/2020	2055
1	Agua Disponible en Allen	hm ³ /año	22.370	16.945
2	Aporte retornos drenajes AVRN	hm ³ /año	595	789
3	Oferta total Agua Disponible (1+2)	hm³/año	22.965	17.734

4	Demandas Valle Azul + poblacional + ind.	hm ³ /año	232	281
5	Demandas Valle Medio + pobl. + industrial	hm ³ /año	1.236	3.237
6	Demandas Valle Inferior + pobl. + industria	hm ³ /año	1.471	1.894
7	Caudal ecológico en Primera Angostura	(250 m ³ /s)	7.884	7.884
8	Volumen para demanda Bs As	(50 m ³ /s)	1.577	1.577
9	Demanda Total (4+5+6+7+8)	hm³/año	12.400	14.873

10	Balance (3-9)	hm³/año	10.565	2.862
----	----------------------	---------------------------	---------------	--------------

Fuente: elaboración propia

Como en el escenario anterior, para el cálculo del agua disponible en Allen se le restó el aumento de los consumos de la cuenca del río Neuquén y los retornos se calcularon como un porcentaje del volumen derivado por los sistemas de riego de la cuenca del Neuquén más los de Alto Valle y Valle Medio del río Negro. También, el caudal ecológico como la demanda de las otras

provincias condóminas se mantuvieron constantes.

La conclusión es que en este caso también se estarían cubriendo las demandas proyectadas para el año 2055, con un poco más de margen positivo que en el escenario N°1 debido al aumento de la eficiencia global de los sistemas de riego. Sin embargo, en este caso se mantiene la limitación planteada en el escenario anterior para esta cuenca, en cuanto a la factibilidad del desarrollo del total de la superficie a regar determinada por el estudio de la FAO a pesar del aumento de la eficiencia planteada. Para ello se deberá plantear mejoras aún mayores en la eficiencia y analizar el manejo coordinado de volúmenes almacenados en los embalses y erogación de caudales de las presas en función de la demanda agrícola y la generación hidroeléctrica.

Tabla 29 - Balance prospectivo río Colorado en escenario N°2

BALANCE RÍO COLORADO

			2000/2020	2055
1	Agua Disponible en el río Colorado (2+3)	hm ³ /año	3.556	2.731
2	Consumos aguas arriba	hm ³ /año	281	301
3	Agua Disponible en Casa de Piedra	hm³/año	3.275	2.430
4	Demanda Santa Nicolasa	hm ³ /año	67	104
5	Demanda Río Colorado + poblacional	hm ³ /año	197	182
6	Demanda provincia Buenos Aires	hm ³ /año	1.511	1.511
7	Pérdidas infiltración y evaporación cauce	8%/10%	284	273
8	Caudal mínimo al mar	(15 m ³ /s)	473	473
9	Demanda Total (4+5+6+7+8)	hm³/año	2.533	2.543
10	Balance (3-9)	hm³/año	742	-113

Fuente: elaboración propia

En este caso se observa que a pesar de mejorar las eficiencias globales aún el balance sigue dando negativo, por lo cual no se cubrirían las demandas proyectadas. La alternativa sería que también las otras jurisdicciones mejoren su eficiencia global, bajando la demanda hídrica, siempre ajustándose a los cupos acordados en la cuenca. En caso de no lograrse una mejora en la eficiencia también en las restantes jurisdicciones de la cuenca, el balance negativo se debería compensar dejando de regar 6.200 hectáreas para bajar la demanda y neutralizar el balance prospectivo.

2.7 Conclusiones preliminares

Como conclusión preliminar del análisis de los balances proyectados se demuestra que la provincia de Río Negro tiene un potencial de crecimiento importante, pero está limitado por el aumento que se pueda lograr en la eficiencia global de los sistemas.

Se demostró que de no aumentar la eficiencia global de los sistemas de riego podrían ocurrir situaciones en las cuales las demandas agrícolas no puedan ser abastecidas tanto en una condición “tendencial” con la cantidad de hectáreas actuales como en un análisis de escenarios productivos proyectados considerando un aumento de las hectáreas cultivadas.

El aumento de la eficiencia de los sistemas de riego requiere de un cambio profundo que deberá ser liderado por el Gobierno Provincial mediante la Autoridad de Agua provincial, el DPA. La decisión política para realizar este cambio es un condicionante fundamental en este proceso ya que las acciones que deben implementarse se deberán hacer tanto en el ámbito público como en el ámbito privado (DPA, Consorcios de Riego y Sistemas de Riego Privados).

Mediante el análisis realizado se demuestra que, al reducir las demandas hídricas, fruto de aumentar la eficiencia global de los sistemas, no solo se puede aumentar la superficie cultivada, sino que también los sistemas agrícolas están menos expuestos a los impactos de la variabilidad hidrológica.

En el caso puntual del río Colorado, se debe considerar una reducción en los consumos, enfocándose en mejorar las eficiencias globales, no solo en la provincia de Río Negro sino también en el resto de las provincias de la cuenca, ya que el balance en ambos escenarios al año 2055 da un saldo negativo, es decir que no se cubrirán todas las demandas. Con un ahorro del 10% de los usos consuntivos totales de la cuenca para cada escenario del año 2055, se puede equilibrar el balance. Esto es posible mediante mejoras estructurales como la impermeabilización de canales, la implementación de sistemas de entrega de agua a demanda, la tecnificación de los sistemas de riego intrafinca y con mejoras no estructurales como establecer un valor económico del agua que incentive el ahorro, mejorando la gestión a través de la profesionalización de los consorcios de riego, y el control por parte de la autoridad de aplicación.

Como se mencionó anteriormente, en caso de no lograrse el aumento de las eficiencias, que redundaría en una disminución de la demanda bruta, para lograr equilibrar el balance habría que reducir la superficie a regar hasta lograr una disminución de 231 hm³ en el escenario N°1 o de 113 hm³ en el escenario N°2, lo que representa aproximadamente una reducción de 9.000

hectáreas regadas en el escenario N°1 y 6.200 hectáreas en el escenario N°2 de acuerdo con las eficiencias utilizadas para el cálculo en cada caso.

Por otro lado, es relevante señalar que el actual acuerdo interprovincial de la cuenca del río Colorado, “Programa Único de habilitación de áreas de riego y distribución de caudales en la cuenca del río Colorado” fue realizado en 1976, con condiciones de oferta hídrica diferentes a las actuales, con menor conocimiento y datos de la cuenca y bajo la premisa de su adecuación al grado de conocimiento que se logre y al comportamiento observado. Además, este programa establecía ciertas condiciones para cumplir y garantizar la demanda hídrica total acordada, entre ellas que la cuenca tuviera una capacidad de regulación (volumen total de los embalses) de 10.000 hm³.

Ante el escenario planteado, ya sea el N°1 o el N°2, la cuenca deberá revisar y adecuar el Programa, de acuerdo al grado de conocimiento adquirido y del comportamiento observado desde 1976 hasta la fecha, considerando factores como el impacto del cambio climático sobre la oferta hídrica, las pérdidas por infiltración y evaporación, la falta de obras de regulación en la cuenca (actualmente existe un solo embalse con una capacidad de regulación de 3.500 hm³, es decir, un 35% de lo planteado en el programa original para garantizar los requerimientos hídricos comprometidos por las cinco provincias), el desarrollo logrado en las áreas de riego y la potencialidad real de todos los usos previstos en las cinco provincias.

2.8 Impacto económico nuevos proyectos agrícolas en Río Negro en el escenario 2055

El objetivo de este informe preliminar es obtener indicadores económicos de impacto para los proyectos de inversión agrícola en superficies actualmente no irrigadas y para la ampliación de actuales sistemas de riego en las que aún hay áreas no regadas a pesar de estar empadronadas y existir el recurso hídrico, en línea con el escenario 1 de la propuesta de trabajo y análisis consensuada con el DPA.

Estos indicadores servirán como referencia de la capacidad financiera de las zonas intervenidas para eventualmente reembolsar inversiones públicas en infraestructura hídrica, energética y vial.

Sintéticamente, el proceso metodológico seguido en este informe es el siguiente:

- Identificación de los cultivos involucrados en cada zona y armado de la célula de cultivo; agregación en categorías según conveniencia, las cuales fueron validadas por la provincia (DPA y Secretaría de Agricultura del Ministerio de Desarrollo Económico y Producción)

- Cálculo de rentabilidad agrícola por tipo de cultivo a partir de la definición de estructuras de costos agrícolas según información oficial de organismos públicos y/o privados de referencia (SAGyP, INTA, etc.) y de referentes calificados. En este proceso de identificación, cuantificación y valoración de componentes de la estructura se prestó particular atención a:
 - Costos operativos por campaña
 - Sistema de riego (pivot central, altos caudales, mangas y goteo), realizando estimaciones de:
 - Costos de inversión: se incluyen los costos del equipamiento necesario y de la preparación del terreno.
 - Costos operativos (energía, mano de obra, etc.) propios del sistema de riego que se utilizará en el proyecto.
 - Rendimiento por ha y precios al productor.

- A partir de la localización de los proyectos y sus particularidades en términos de la composición de sus células de cultivo, se procede al cálculo de la rentabilidad agregada por proyecto y por zona como indicador económico de impacto. En la medida en que la información lo permita se asociarán estos resultados con el impacto económico agregado provincial utilizando técnicas de cálculo de multiplicadores insumo-producto a partir de información provincial de valor bruto de producción, valor agregado, empleo, etc.¹

2.8.1 Desarrollo territorial de los proyectos

La nueva superficie irrigada a incorporar alcanza a 178.000 ha, que se distribuyen en 14 propuestas de inversión:

¹ Para ello se extrapolarán estimaciones sobre valor bruto de producción y valor agregado de la UNdelSur.

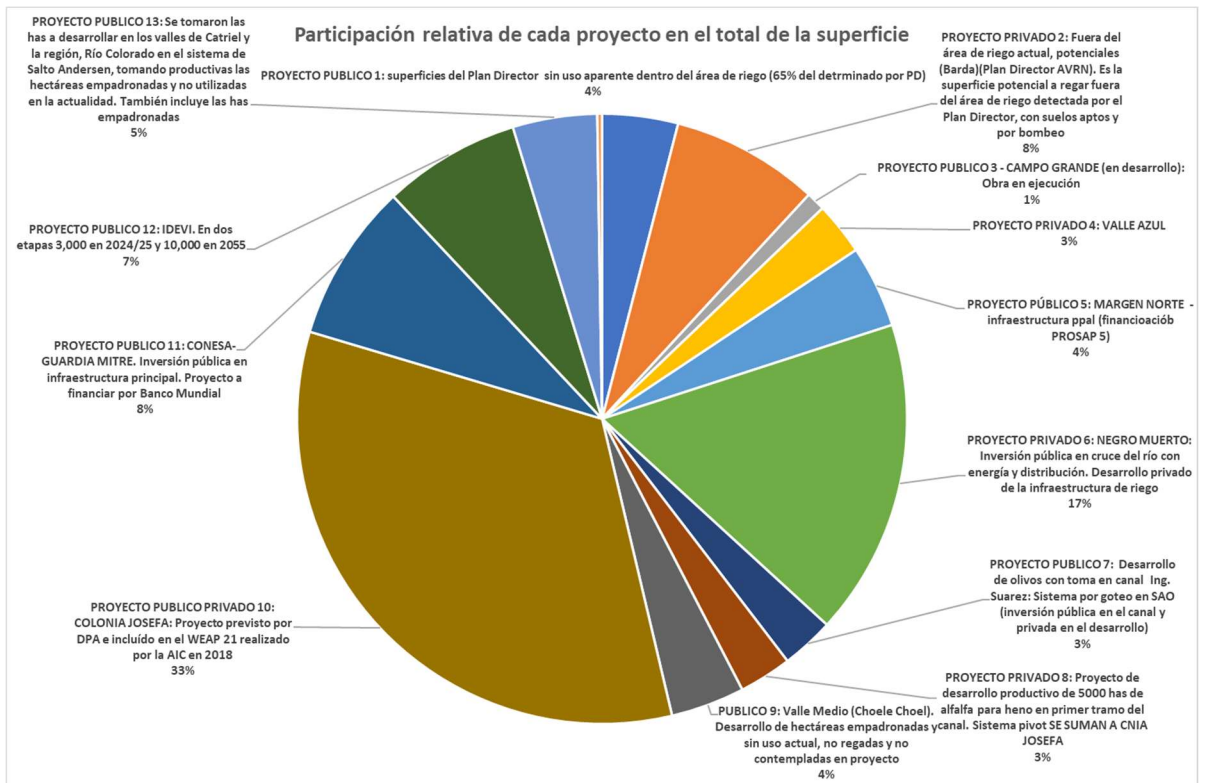


Ilustración 4 - Participación relativa de cada proyecto en el total de la superficie - Fuente: Producción propia

El destino de la superficie según categorías de cultivos es el siguiente:

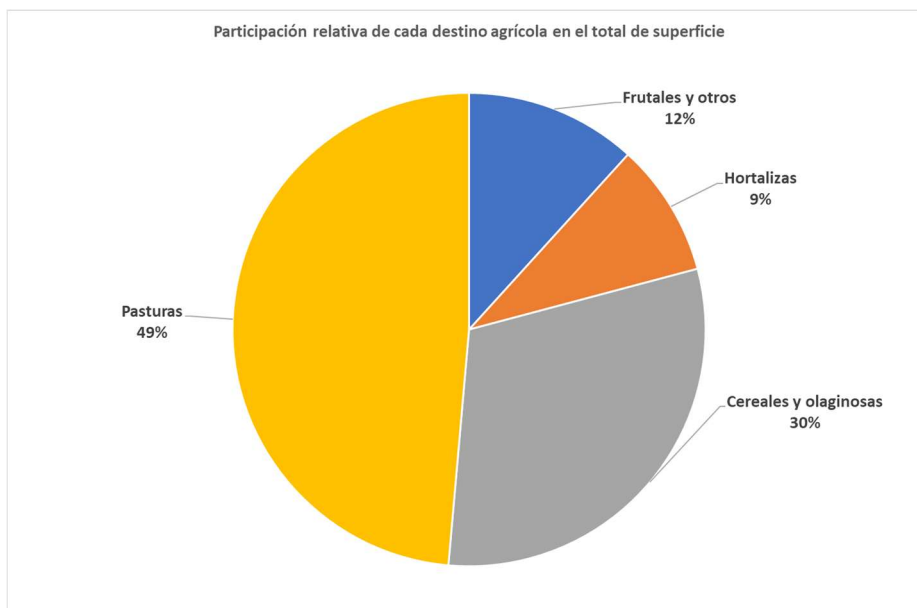


Ilustración 5 Participación relativa de cada destino agrícola en el total de superficie - Fuente: Producción Propia

Y dentro de cada proyecto, la composición por cultivos puede observarse en el siguiente gráfico:

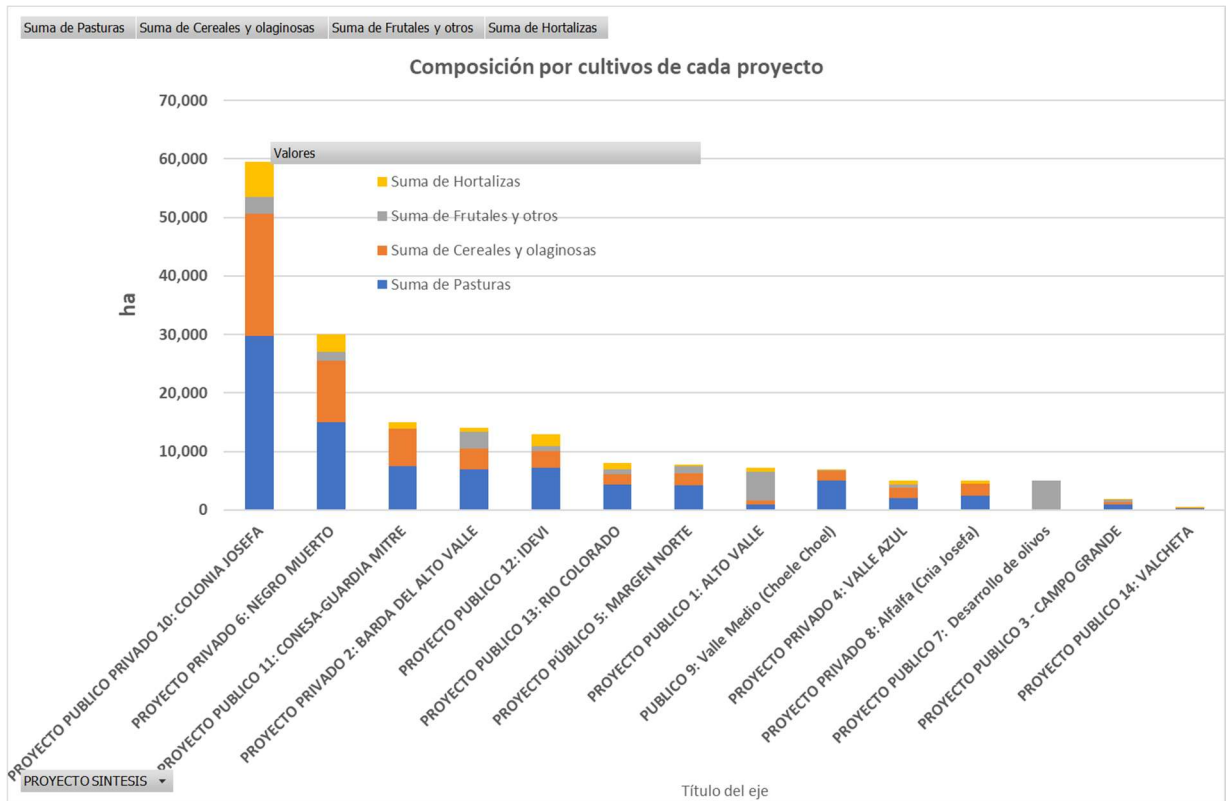


Ilustración 6 Composición por cultivos de cada proyecto - Fuente: Producción propia

2.8.2 Identificación de cultivos y modelos económicos considerados

A partir de la propuesta consensuada, los principales destinos agrícolas identificados y su superficie de desarrollo son los siguientes:

Tabla 7 Cultivos - Superficie

Cultivos	Superficie (has)
Pasturas para carne	79325.0
Maíz	33524.8
Hortalizas	16306.3
Futales	15336.2
Trigo	15326.3
Alfalfa forraje	7556.3
Otros	4571.8
Soja	3237.9
Girasol	2487.9
Vid	1002.8
Forestales	71.8
Total	178747.0

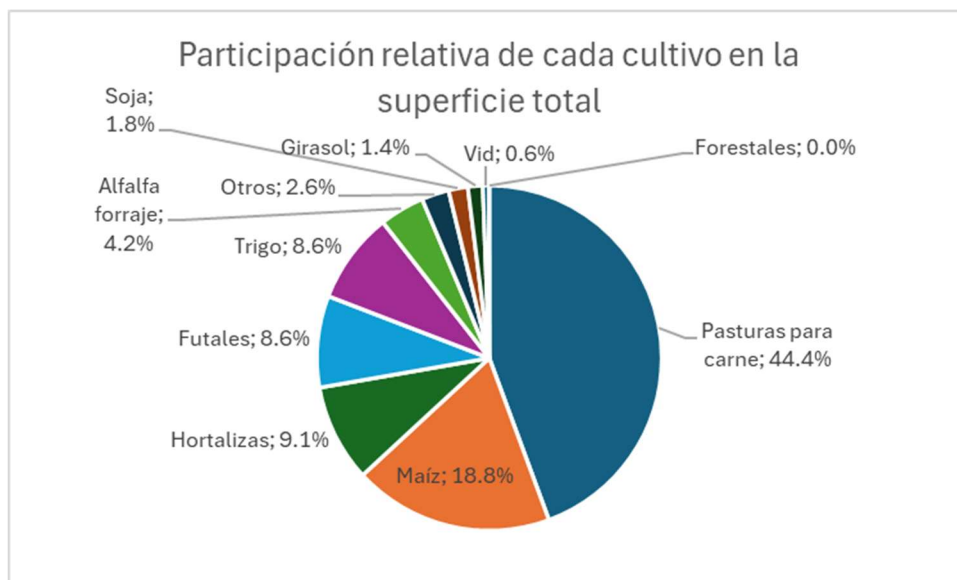


Ilustración 7 Participación relativa de cada cultivo en el total - Fuente: Producción propia

A partir de esta categorización se ajustaron modelos microeconómicos de gestión agrícola con el objeto de estimar la rentabilidad económica.

En cuanto a sus características generales (componentes del costo, particularidades, rendimientos, fuentes de información):

- Pasturas para invernada: se trabajó con un modelo utilizado en un proyecto piloto de CORFO² que contempla los siguientes componentes del costo operativo: labores, pulverización, henificación, amortización pastura, manejo de pastoreo, sanidad, ración

² La información fue obtenida a través de entrevistas personales y visitas a campo.

- maíz, agroquímicos, fertilizantes, compra de terneros, comercialización (gastos de compra y gastos de venta).
- Maíz: se utilizó un modelo de la SAGYP³ modificado conforme a las características locales. Dentro de los componentes del costo incluye semilla, labores, insumos fitosanitarios, fertilizantes, comercialización y cosecha. El costo operativo propio del sistema de riego (pivot central en esta publicación) fue excluido, ya que luego este costo operativo es contemplado en el análisis de rentabilidad conforme al sistema involucrado (altos caudales, mangas). Se contempló un rendimiento de 12 t/ha.
 - Hortalizas: se utilizaron modelos para cultivo de cebollas según FUNDAPA⁴ que contemplan diversas alternativas (variedades tempranas o tardías, conducción en platabanda o surco, cosecha manual o mecánica) cuya participación en el modelo de costos fue ponderada conforme a la evaluación de la célula de cultivo. Entre los componentes se encuentran semillas, labores, insumos fitosanitarios, fertilizantes, gastos de comercialización y cosecha. El promedio ponderado de rendimiento arroja 42 t/ha.
 - Frutales: se utilizó un modelo a partir de la publicación de INTA Alto Valle⁵ que estima los costos de producción para manzana y pera. Entre los componentes del costo se incluyen labores, cosecha, gastos generales, agroquímicos. El rendimiento considerado fue de 40 t/ha y 45 t/ha para manzana y pera respectivamente. La rentabilidad se estimó como un promedio ponderado entre ambos modelos.
 - Trigo: se utilizó un modelo de la SAGYP⁶ modificado conforme a las características locales. Dentro de los componentes del costo incluye semilla, labores, insumos fitosanitarios, fertilizantes, comercialización y cosecha. El costo operativo propio del sistema de riego (pivot central en esta publicación) fue excluido, ya que luego este costo operativo es contemplado en el análisis de rentabilidad conforme al sistema involucrado (altos caudales, mangas). Se contempló un rendimiento de 6,8 t/ha.

³ “Resultados Agrícolas. Ingresos, gastos, márgenes. Resumen campaña agrícola 2024-2025, 2do. Trimestre, abril/junio 2024”, Secretaría de agricultura Ganadería y Pesca, Ministerio de Economía. [https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/analisis_economico/margenes/_archivos//000001_Informes%20de%20Márgenes%20y%20Resultados/240600_Margenes%20Resultados%20\(Junio%202024\).pdf](https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/analisis_economico/margenes/_archivos//000001_Informes%20de%20Márgenes%20y%20Resultados/240600_Margenes%20Resultados%20(Junio%202024).pdf)

⁴ “Informe Resultado económico del cultivo de cebolla en el Valle Bonaerense del río Colorado. Siembra 2023”, Programa de Certificación en Origen de Cebolla Fresca para Exportación, FUNDACIÓN BARRERA ZOOFITOSANITARIA PATAGONIA (FUNBAPA), agosto 2024.

⁵ “Costos de producción de peras y manzanas. Temporada 2023-2024”, Villarreal et Al., INTA Alto Valle, #96, INTA DIGITAL, REPOSITORIO INSTITUCIONAL, BIBLIOTECA DIGITAL. AÑO 2024. <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/19090>

⁶ SAGYP, op.cit.

- Alfalfa para forraje: se utilizó un modelo publicado por INTA 25 de mayo⁷ que contempla los siguientes componentes del costo operativo: labores, pulverización, henificación, agroquímicos, fertilizantes. El costo operativo propio del sistema de riego (pivot central en esta publicación) fue excluido, ya que luego este costo operativo es contemplado en el análisis de rentabilidad conforme al sistema involucrado (altos caudales, mangas). Prevé un rendimiento de 15 t/ha.
- Soja: se utilizó un modelo de la SAGYP⁸ modificado conforme a las características locales. Dentro de los componentes del costo incluye semilla, labores, insumos fitosanitarios, fertilizantes, comercialización y cosecha. El costo operativo propio del sistema de riego (pivot central en esta publicación) fue excluido, ya que luego este costo operativo es contemplado en el análisis de rentabilidad conforme al sistema involucrado (altos caudales, mangas). Se contempló un rendimiento de 4,1 t/ha.
- Girasol: se utilizó un modelo de la SAGYP⁹ modificado conforme a las características locales. Dentro de los componentes del costo incluye semilla, labores, insumos fitosanitarios, fertilizantes, comercialización y cosecha. El costo operativo propio del sistema de riego (pivot central en esta publicación) fue excluido, ya que luego este costo operativo es contemplado en el análisis de rentabilidad conforme al sistema involucrado (altos caudales, mangas). Se contempló un rendimiento de 4,5 t/ha.
- Vid: a completar según modelos adaptados del informe de Mendoza; por ahora se ha asimilado a frutales
- Otros: son fundamentalmente olivos que se han asimilado a frutales

En los casos en los que la fuente consultada no brinda información de costos de capital (fundiario y de explotación) éstos se estimaron como una proporción de los costos operativos de campaña, guardando la proporcionalidad de los casos en los que si se contó con la información detallada. Las fuentes consultadas también proveyeron los precios vigentes al productor. Para poner en perspectiva estos valores de referencia, que fueron los considerados para estimar la rentabilidad agrícola, se consultó la información publicada por la Bolsa de Cereales de Buenos Aires¹⁰ para los precios para maíz, girasol, soja y trigo (precio en tranquera, zona SO de Buenos Aires, zona sur de La Pampa) para el período 2019-2023.

⁷ “**Márgenes brutos de las principales producciones bajo riego en La Pampa**”, Boletín Económico, N°12, Centro Regional La Pampa-San Luis, EEA Anguil “Ing. Agr. Guillermo Covas”, Agencia Extensión Rural 25 de mayo, INTA, octubre 2024. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/13718>

⁸ SAGYP, op.cit.

⁹ SAGYP, op.cit.

¹⁰ <https://www.bolsadecereales.com/margenes-agricolas>

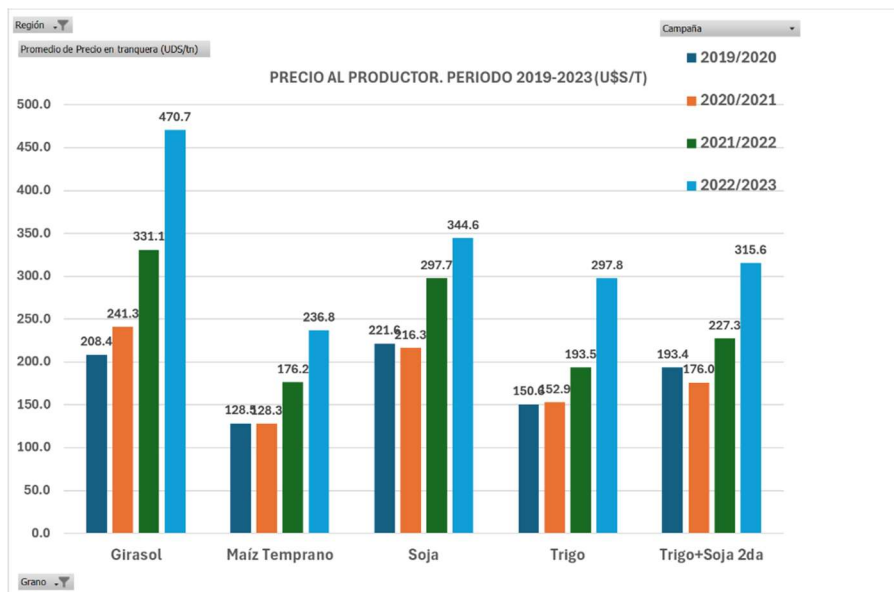


Ilustración 8 - Precio al productor- periodo 2019 – 2023 - Fuente: Bolsa de Cereales de Buenos Aires.

El gráfico anterior da cuenta de la tendencia creciente para los precios de commodities en el período 2019-2023.

Tabla 8 comparativa de precios históricos y valores utilizados en estimaciones

Grano	Valor utilizado en estimaciones	PROM 21/23-22/23		PROM 19/20-22/23	
		U\$S/t	%	U\$S/t	%
Girasol	360.0	400.9	-10%	312.9	15%
Maíz Temprano	179.8	206.5	-13%	167.5	7%
Soja	296.4	321.2	-8%	270.1	10%
Trigo	218.9	245.7	-11%	198.7	10%

Como se puede observar en la tabla anterior, los precios utilizados para las estimaciones de este informe están entre 10% por debajo del promedio 2021/2023 y 10% por encima del promedio 2019/2023.

Por su parte, para el cálculo de rentabilidad de la internada se ha tomado un valor de U\$S2,5 por kg de novillo. Para tener en cuenta la dinámica de estos precios en años recientes, se presenta a continuación la serie del I.N.M.A.G.¹¹ (que es un índice que considera la evolución del

¹¹ El Índice Novillo Mercado Agroganadero (INMAG) se calcula sobre la base del peso y del precio por kg de todos los novillos en pie vendidos en un determinado día; se toman los lotes que cumplen condiciones específicas y se calcula como un ratio de valor en \$ dividido por el peso total. Con fines comparativos, en este informe se ha expresado en términos de dólar oficial.

precio promedio por kg en \$) que se ha expresado en dólares oficiales¹²:

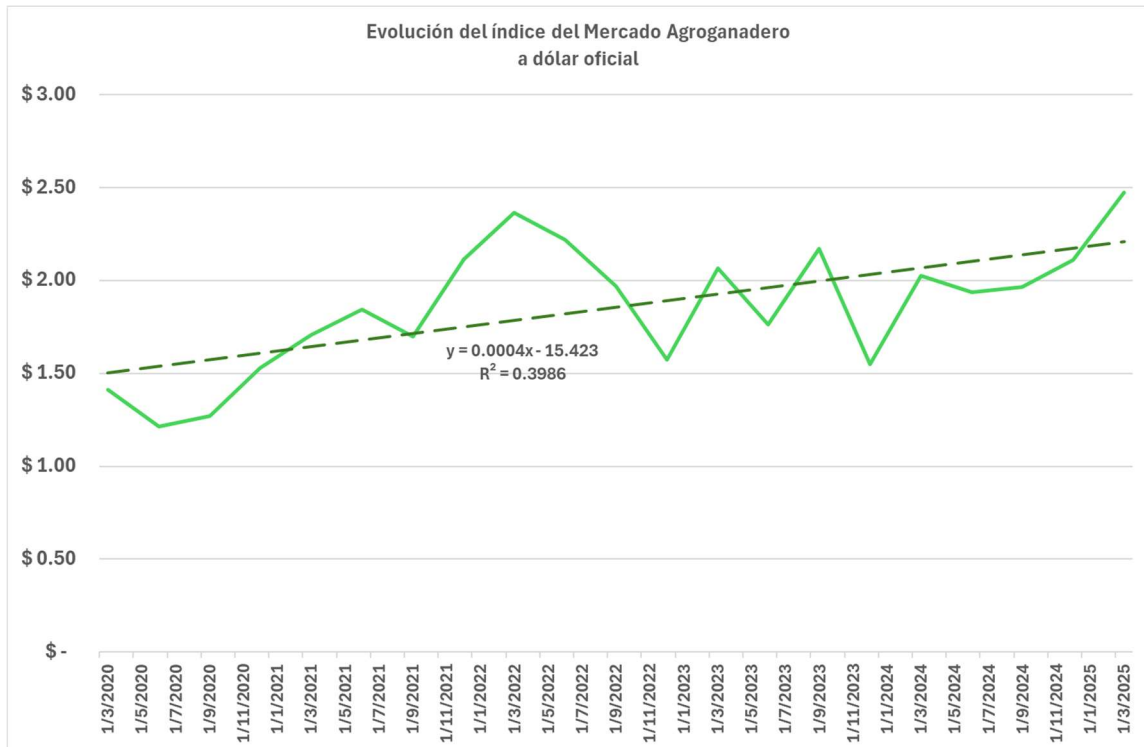


Ilustración 9 Evolución del Índice del Mercado Agroganadero a dolar oficial - Elaboración propia a partir de datos publicados por Mercado Agroganadero S.A.

El índice describe una tendencia creciente en promedio; punta a punta, pasa de un promedio de U\$S1,36/kg a U\$S2,0/kg (+147%) entre 2020 y 2024.

La unidad de análisis es la hectárea ya que permite obtener un indicador de rentabilidad comparable para distintos tamaños de explotación (modelo económico).

Es importante enfatizar que las rentabilidades así calculadas son estimaciones en base a promedios, y deben entenderse como un ejercicio del “deber ser” de la gestión agrícola (que puede no necesariamente reflejarse en comportamientos concretos). A partir de modificaciones de los parámetros de base pueden considerarse nuevos escenarios de trabajo que cuantifican y valoran el impacto de tales ejercicios.

2.8.3 Cálculo del costo de inversiones según sistema de riego

El objetivo de esta sección es estimar los costos de inversión y los respectivos costos operativos para los diferentes sistemas de riego contemplados en la propuesta de trabajo convenida.

Las tecnologías de riego contempladas en este análisis son:

¹² Téngase presente que el índice refleja una evolución promedio del valor de diferentes especies y precios: novillos mestizos, overos, crusa cebú, crusa europea y conserva.

- Riego por goteo: a aplicar en modelos agrícolas de frutales y hortalizas
- Riego por pivot central: para modelos de cereales y pasturas (donde se provea energía eléctrica)
- Riego por mangas: para modelos de cereales y pasturas (en productores medianos o pequeños)
- Riego por gravedad por altos caudales: para modelos de cereales y pasturas (donde no haya energía eléctrica) y se disponga de caudales instantáneos superiores a 250 litros por segundo

El objetivo es integrar los costos de riego (equivalentes periódicos de inversión y costos de operación) a los costos totales de producción agrícola reseñados en las secciones anteriores (labores, fertilizantes, agroquímicos, costo de capital, cosecha, comercialización) y así contar con un solo valor de margen neto anual por ha para cada cultivo y tipo de sistema de riego considerado.

2.8.4 Metodología utilizada

- Costos de inversión

En el caso de los costos de inversión se trabajará con una estimación del CAE (costo anual equivalente). Este indicador transforma los costos de inversión (normalmente asignados en una campaña o año) en un valor económico equivalente anual a lo largo de la vida útil de esa tecnología.

Por ello para cada caso es necesario contar con:

- Costo de inversión por ha
- Vida útil de la tecnología
- Valor de rezago (el valor económico/de mercado de ese equipamiento al finalizar el horizonte temporal considerado)
- Tasa de descuento temporal: que corresponde al costo financiero de los fondos que se aplican a esta inversión y por lo tanto reflejan el costo de oportunidad de esos recursos (normalmente una tasa anual de rentabilidad razonable para el capital propio y/o el costo que eventualmente puede requerir la financiación de los equipos).

- Costo de preparación del terreno: contempla gastos por única vez relacionados con desmonte, instalación de tendido eléctrico, construcción de canales, etc. que cada tipología puede requerir¹³.

En los casos que se trabajan en este informe, dichos valores son:

Tabla 9 Costo de inversión por hectárea – Fuente: Producción propia

Tecnología	Inversión (USD/ha)	Vida útil (años)	Tasa de descuento (% anual)	Valor de rezago (% del valor inicial)	Preparación (USD/ha)
Pivot central	USD 4.400	20	7%	20%	USD 1.100
Goteo frutales	USD 3.000	20	7%	20%	USD 1.000
Goteo hortalizas	USD 5000	20	7%	20%	USD 600
Mangas	USD 1.350	10	7%	20%	USD 600
Grav. por gdes caudales	USD 2.000	20	7%	20%	USD 600

2.8.5 Costo anual equivalente de la inversión según tecnología de riego

La fórmula aplicada es:

$$\text{Costo Anual Equivalente} = \frac{\text{Valor actual de la inversión} * \text{tasa de descuento}}{1 - (1 + \text{tasa de descuento})^{-n}}$$

El resultado es un pago periódico equivalente a la inversión realizada (equipamiento de la tecnología de riego y preparación del terreno). La tabla siguiente exhibe los CAE's para los casos considerados:

Tabla 10 - Tecnología vs. CAE

Tecnología	CAE (USD/ha/año)
Pivot central	USD 470,9
Goteo frutales	USD 338,5
Goteo hortalizas	USD 489,6

¹³ Metodológicamente estos costos de implementación se han trabajado con un valor de recupero del 100% al finalizar el período contemplado, como una forma de “activar” el valor de dicha inversión.

Mangas	USD 214,7
Grav. por gdes caudales	USD 221,0

2.8.6 Costos operativos según tecnología de riego

Por su parte, se estimó para cada cultivo el costo operativo anual del sistema o tecnología de riego considerada. Este costo operativo (expresado en USD/ha/período) contempla los siguientes componentes, según corresponda:

- Energía: electricidad/combustible
- Mano de obra: jornales por campaña
- Mantenimiento del sistema de riego
- Canon de riego

Tabla 11 - Tecnología de sistema de cultivo (USD/ha/año) – Fuente propia

Tecnología.	Alfalfa	Maíz	Trigo	Soja	Girasol	Frutales	Hortícolas
Pivot central	299	228	134,6	209,3	233,8		
Goteo						231,5	231,5
Mangas	149,5	114	67,3	104,7	116,9		
Gravedad por altos caudales	209,3	159,6	94,2	146,5	163,7		

2.8.7 Rentabilidad por ha estimada, según cultivo y tipo de sistema de riego

A las estimaciones obtenidas para el margen neto sin contemplar costos de sistema de riego (ver tabla en páginas siguientes) se le restaron los costos operativos y equivalentes de inversión según el sistema de riego contemplado en la propuesta del escenario 1, cuyas características se transcriben a continuación¹⁴:

¹⁴ Recordar que en el caso de los proyectos que utilizan pivot central los rendimientos por ha se han incrementado en 10% debido a que el sistema permite mayor eficiencia y mejor manejo del cultivo.

Tabla 12 Proyectos productivos por cuencas - fuente propia

CUENCA	SUBCUENCA	PROYECTO	Escenario 1
<i>Río Neuquén</i>	ALTO VALLE	PROYECTO PUBLICO 1: superficies del Plan Director sin uso aparente dentro del área de riego (65% del determinado por PD)	Superficie regada actual se mantiene con el mismo sistema y eficiencia, la superficie nueva a incorporar al área regada (7,183 ha) se realiza con sistema de goteo en fruticultura y horticultura, mangas en cereales y pasturas y canales internos nuevos impermeabilizados
		PROYECTO PRIVADO 2: Fuera del área de riego actual, potenciales (Barda)(Plan Director AVRN). Es la superficie potencial a regar fuera del área de riego detectada por el Plan Director, con suelos aptos y por bombeo	Superficie regada actual se mantiene con el mismo sistema y eficiencia, la superficie nueva a incorporar al área regada (14,015 ha) se realiza con sistema de goteo en fruticultura y horticultura, pivot de riego en cereales, pasturas y forestales y canales internos nuevos impermeabilizados
		PROYECTO PUBLICO 3 - CAMPO GRANDE (en desarrollo): Obra en ejecución	Superficie regada actual se mantiene con el mismo sistema y eficiencia, la superficie nueva a incorporar al área regada (1,800 ha) se realiza con sistema de goteo en fruticultura y horticultura, mangas en cereales y pasturas y canales internos nuevos impermeabilizados
<i>Río Negro</i>	ALTO VALLE	PROYECTO PRIVADO 4: VALLE AZUL	Superficie regada actual se mantiene con el mismo sistema y eficiencia, la superficie nueva a incorporar al área regada (5,000 ha) se realiza con sistema de goteo en fruticultura y horticultura, mangas en cereales y pasturas y canales internos nuevos impermeabilizados
	VALLE MEDIO	PROYECTO PÚBLICO 5: MARGEN NORTE - infraestructura ppal (financiación PROSAP 5)	Superficie regada actual se mantiene con el mismo sistema y eficiencia, la superficie nueva a incorporar al área regada (7,784 ha) se realiza con sistema de goteo en fruticultura y horticultura, mangas en cereales y

			pasturas y canales internos nuevos impermeabilizados
		PROYECTO PRIVADO 6: NEGRO MUERTO: Inversión pública en cruce del río con energía y distribución. Desarrollo privado de la infraestructura de riego	El área regada actual es muy pequeña y no se modifica, la ampliación se realiza en un 50% con sistema de pivot y otro 50% con sistema de riego con altos caudales, Los canales son de tierra y el sistema de bombeo es eléctrico.
		PROYECTO PUBLICO 7: Desarrollo de olivos con toma en canal Ing. Suarez: Sistema por goteo en SAO (inversión pública en el canal y privada en el desarrollo)	100% del área regada se realiza por goteo
		PROYECTO PRIVADO 8: Proyecto de desarrollo productivo de 5000 has de alfalfa para heno en primer tramo del canal. Sistema pivot SE SUMAN A CNIA JOSEFA	
		PUBLICO 9: Valle Medio (Choele Choel). Desarrollo de hectáreas empadronadas y sin uso actual, no regadas y no contempladas en proyecto	Superficie regada actual se mantiene con el mismo sistema y eficiencia, la superficie nueva a incorporar al área regada (7,000 ha) se realiza con sistema de goteo en fruticultura y horticultura, mangas en cereales y pasturas y canales internos nuevos impermeabilizados
		PROYECTO PUBLICO PRIVADO 10: COLONIA JOSEFA: Proyecto previsto por DPA e incluido en el WEAP 21 realizado por la AIC en 2018	El área regada actual es muy pequeña y no se modifica, la ampliación se realiza en un 50% con sistema de pivot y otro 50% con sistema de riego con altos caudales, Los canales son de tierra y el sistema de bombeo es eléctrico.
	VALLE INFERIOR	PROYECTO PUBLICO 11: CONESA-GUARDIA MITRE. Inversión pública en infraestructura principal. Proyecto a financiar por Banco Mundial	El área regada actual es muy pequeña y no se modifica, la ampliación se realiza con sistema de pivot. Los canales son de tierra y el sistema de bombeo es eléctrico.

		PROYECTO PUBLICO 12: IDEVI. En dos etapas 3,000 en 2024/25 y 10,000 en 2055	Superficie regada actual se mantiene con el mismo sistema y eficiencia, la superficie nueva a incorporar al área regada (13,000 ha) se realiza con sistema de goteo en fruticultura y horticultura, mangas en cereales y pasturas y canales internos nuevos impermeabilizados
Río Colorado	Aguas arriba Casa de Piedra	PROYECTO PUBLICO 13: Se tomaron las has a desarrollar en los valles de Catriel y la región, Río Colorado en el sistema de Salto Andersen, tomando productivas las hectáreas empadronadas y no utilizadas en la actualidad. También incluye las has empadronadas y no regadas en Santa Nicolasa	Superficie regada actual se mantiene con el mismo sistema y eficiencia, la superficie nueva a incorporar al área regada (8,000 ha) se realiza con sistema de goteo en fruticultura y horticultura, mangas en cereales y pasturas y canales internos nuevos impermeabilizados. Se contemplan que 2,000 ha de esta ampliación se realizarán con sistema de riego por gravedad con altos caudales
	Aguas abajo Casa de Piedra		Superficie regada actual se mantiene con el mismo sistema y eficiencia, la superficie nueva a incorporar al área regada (450 ha) se realiza por gravedad, surcos y manto
Región Sur	Valcheta	PROYECTO PUBLICO 14: Recrecimiento embalse de captación y mejora en el sistema de conducción y distribución	Superficie regada actual se mantiene con el mismo sistema y eficiencia, la superficie nueva a incorporar al área regada (7,183 ha) se realiza con sistema de goteo en fruticultura y horticultura, mangas en cereales y pasturas y canales internos nuevos impermeabilizados

2.8.8 Rentabilidad por ha estimada, según cultivo y tipo de sistema de riego

	Alfalfa forraje (USD/ha/año)	Alfalfa Invernada (USD/ha/año)	Maíz (USD/ha/año)	Trigo (USD/ha/año)	Soja (USD/ha/año)	Girasol (USD/ha/año)	Frutales (USD/ha/año)	Hortícolas (USD/ha/año)	Forestales (USD/ha/año)
Margen neto sin riego	USD 1,061.9	USD 952.3	USD 887.3	USD 585.5	USD 489.5	USD 750.0	USD 3,250.0	USD 8,758.5	
PIVOT CENTRAL: para este sistema los márgenes netos sin riego se han incrementado reflejando mayor eficiencia y mejor manejo de los cultivos									
CAE riego	USD 470.9	USD 470.9	USD 470.9	USD 470.9	USD 470.9	USD 470.9			
Costos operativos riego	USD 299.0	USD 299.0	USD 228.0	USD 134.6	USD 209.3	USD 233.8			
Margen neto con riego	USD 551.7	USD 361.3	USD 369.3	USD 107.5	-USD 82.7	USD 186.8			
ALTOS CAUDALES									
CAE riego	USD 221.0	USD 221.0	USD 221.0	USD 221.0	USD 221.0	USD 221.0			
Costos operativos riego	USD 209.3	USD 200.0	USD 159.6	USD 94.2	USD 146.5	USD 163.7			
Margen neto con riego	USD 631.6	USD 531.3	USD 506.7	USD 270.3	USD 121.9	USD 365.4			
MANGAS									
CAE riego	USD 214.7	USD 214.7	USD 214.7	USD 214.7	USD 214.7	USD 214.7			
Costos operativos riego	USD 149.5	USD 200.0	USD 114.0	USD 67.3	USD 104.7	USD 116.9			
Margen neto con riego	USD 697.7	USD 537.6	USD 558.6	USD 303.5	USD 170.1	USD 418.4			
GOTEO									
CAE riego							USD 338.5	USD 489.6	
Costos operativos riego							USD 231.5	USD 231.5	
Margen neto con riego							USD 2,680.0	USD 8,037.4	

A partir de estos indicadores individuales de rentabilidad se cuantificó el agregado de valor de cada proyecto dándole valor a la superficie involucrada según tipo de desarrollo agrícola (pastura para invernada, forraje, cereales, oleaginosas, frutales, hortalizas, etc.).

La primera fila de la tabla anterior posee el rótulo “Margen neto sin riego” haciendo referencia a que dichos valores exponen el cálculo del margen económico sin todavía restar los costos del sistema de riego correspondiente (pivot central, grandes caudales, mangas o goteo) el cual se desagrega más abajo en “CAE riego” y “Costos operativos riego”, y finalmente es neteado del valor de la primera fila de cada cultivo.

2.8.9 Estimación de la rentabilidad agrícola: distribución por proyectos

Como se observa en el gráfico siguiente, la superficie contemplada en cada proyecto es un primer determinante de las magnitudes relativas del excedente bruto de explotación o margen neto total.

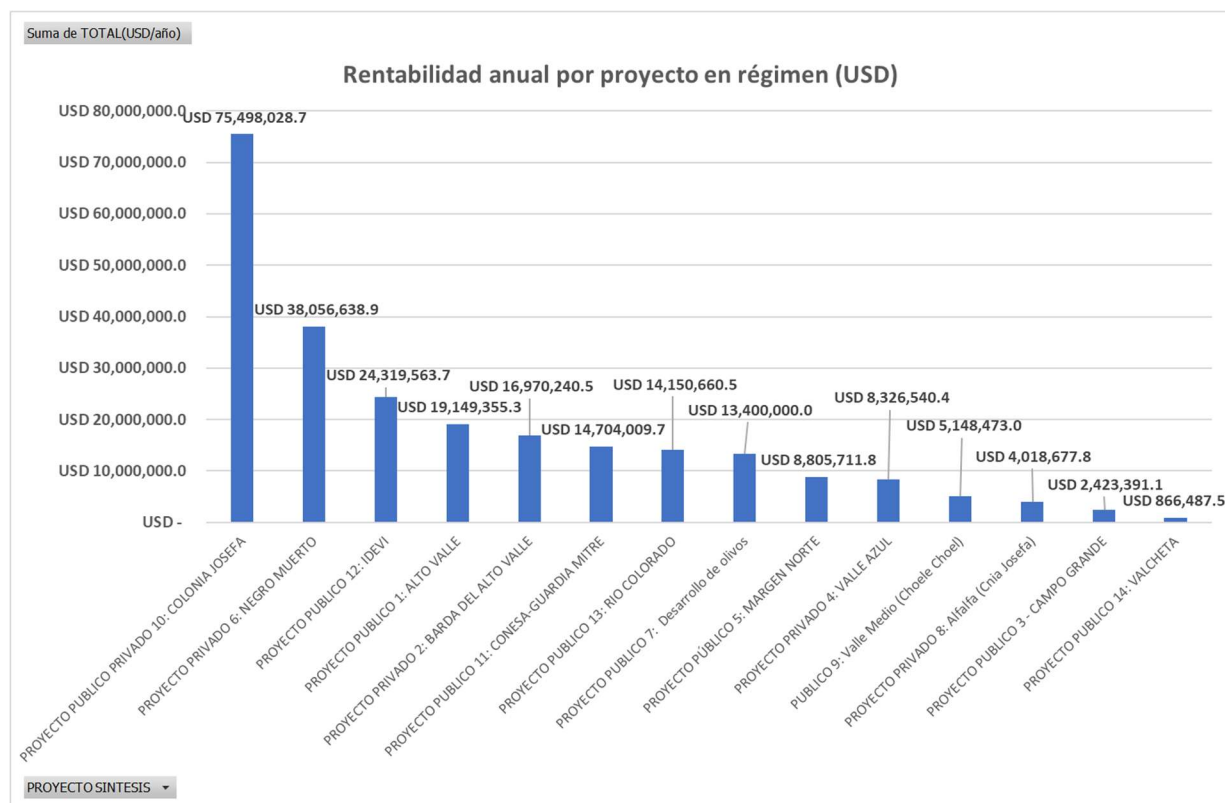


Ilustración 10 - Rentabilidad anual por proyecto en Usd - Fuente propia

Mientras que la rentabilidad por ha promedio anual no sigue el mismo patrón de comportamiento ya que depende de la célula de cultivo individual y las rentabilidades propias de cada tipo de cultivo:

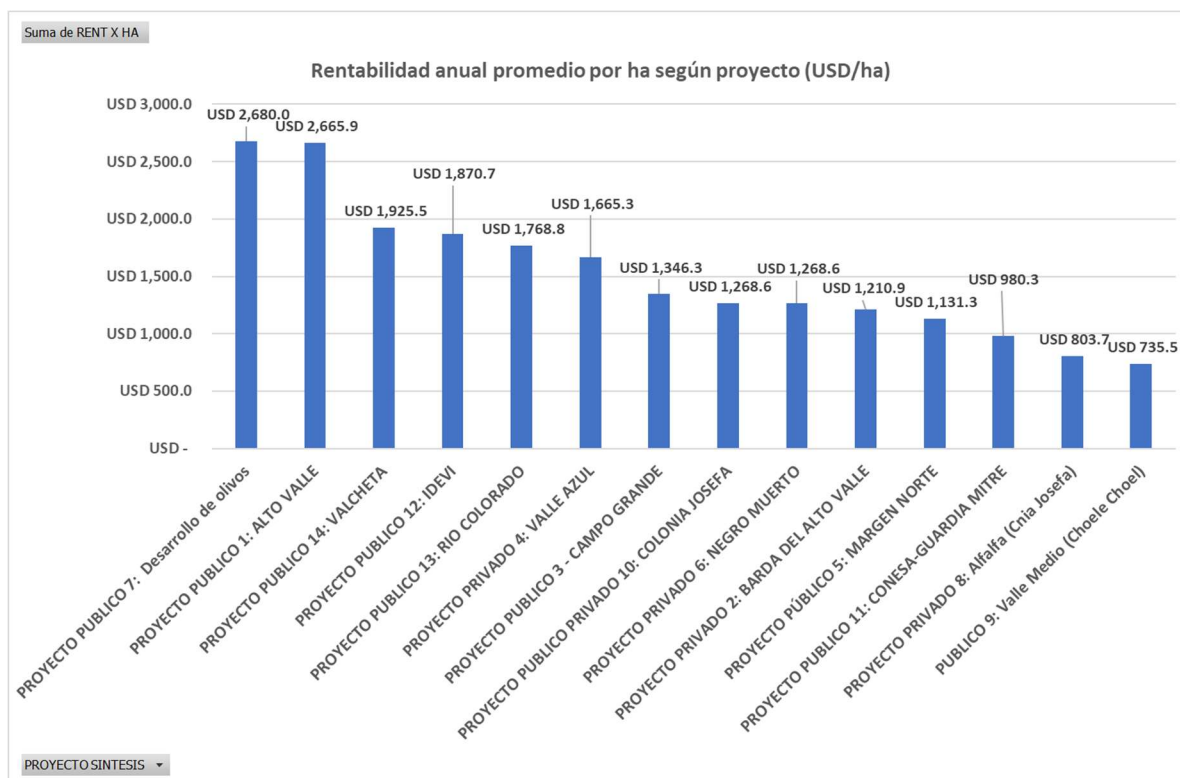


Ilustración 11 - Rentabilidad anual promedio por Ha - Fuente Propia

La reciente baja de aranceles a la importación y su impacto en la rentabilidad agrícola para inversiones en pivot

La reducción de los costos de importación de equipos de riego con baja de aranceles del 14% al 2% y la eliminación del impuesto PAÍS permitió una interesante disminución en el precio final de la tecnología importada, facilitando su acceso a los productores. Esto implica que el costo de importación de los equipos de riego por pivot se redujo aproximadamente un 12% en términos de aranceles (pasando del 14% al 2%), sumado a la desaparición del impuesto PAÍS, que podía agregar otro 7,5% al precio para importadores; así, los equipos pueden ser entre 15% y 20% más baratos respecto del precio de 2024, dependiendo del componente fiscal total aplicado antes del cambio.

A esta reducción de impuestos se suma la mejora de las condiciones de financiamiento, en articulación con el Banco de la Nación Argentina¹⁵.

Aquí se realiza el análisis preliminar del impacto de estas medidas sobre la rentabilidad agrícola informada en secciones anteriores.

Al considerar un escenario en el que el costo de los equipos se reduce 20%¹⁶ como consecuencia de la baja de aranceles y el cambio condiciones de financiamiento, el costo anual equivalente de la inversión se reduce desde USD 470,90 por ha a USD392,10, lo que, sumado a los costos operativos de este sistema de riego, arroja los siguientes resultados:

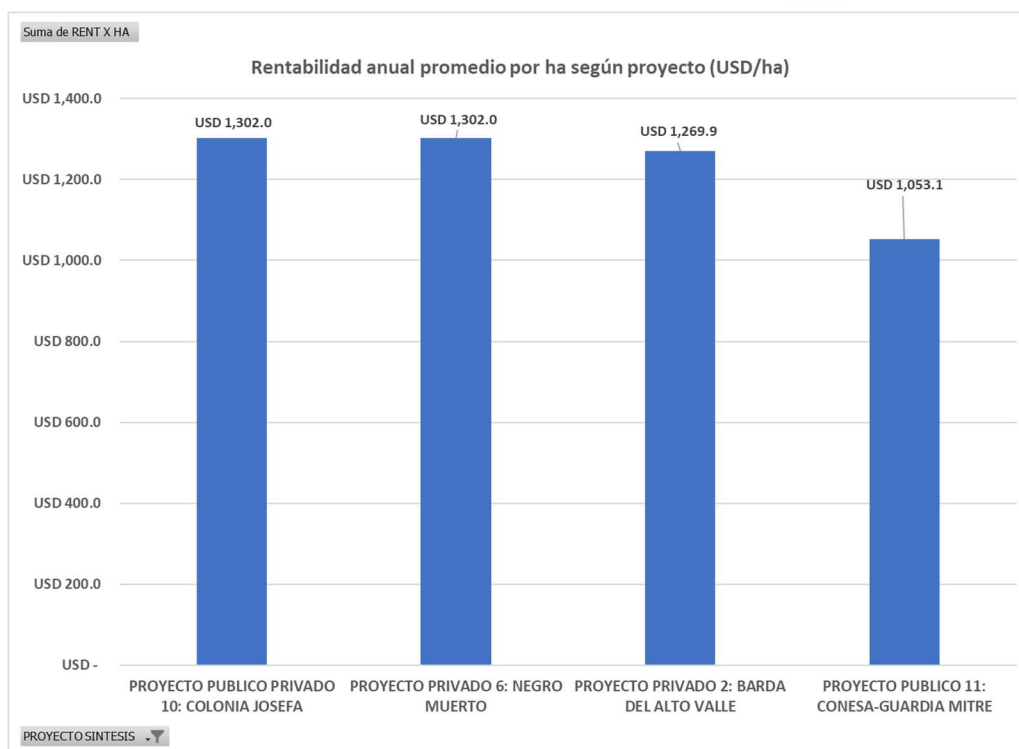
	Alfalfa forraje (USD/ha/año)	Alfalfa Invernada (USD/ha/año)	Maíz (USD/ha/año)	Trigo (USD/ha/año)	Soja (USD/ha/año)	Girasol (USD/ha/año)
PIVOT CENTRAL: para este sistema los márgenes netos sin riego se han incrementado reflejando mayor eficiencia y mejor manejo de los cultivos						
CAE riego	USD 392.1	USD 392.1	USD 392.1	USD 392.1	USD 392.1	USD 392.1
Costos operativos riego	USD 299.0	USD 299.0	USD 228.0	USD 134.6	USD 209.3	USD 233.8
Margen neto nuevo escenario	USD 630.4	USD 440.1	USD 448.1	USD 186.3	-USD 3.9	USD 265.5
Margen neto escenario anterior	USD 551.7	USD 361.3	USD 369.3	USD 107.5	-USD 82.7	USD 186.8
Diferencia (%)	14%	22%	21%	73%		42%

Como se puede observar, ese ahorro de USD 80 impacta diferencialmente según el cultivo.

Finalmente, al contemplar la rentabilidad por ha promedio de los proyectos que aplican tecnología de pivot, el resultado es el siguiente:

¹⁵ Se extendieron los plazos crediticios hasta 10 años en pesos y 5 años en dólares, con períodos de gracia de hasta 18 meses y financiamiento del 100% de la inversión, incluyendo el IVA. Estas condiciones, aplicadas a las principales líneas del BNA, ofrecen un marco de mayor previsibilidad para quienes apuestan a incorporar nuevas hectáreas irrigadas con rendimientos estables en el largo plazo.

¹⁶ Esto es, el costo de inversión por ha pasa de USD 4.400 a USD 3.520.



El incremento oscila entre 2,6% y 7,4%.

2.8.10 Propuesta de indicadores insumo-producto para estimar preliminarmente el impacto integral sobre la actividad económica provincial

El análisis insumo-producto (matriz insumo-producto) permite identificar y medir la interdependencia de los diversos sectores que componen una economía. De esta manera, en cada matriz se recogen todos los flujos intersectoriales de bienes y servicios que se dan en un determinado período de tiempo. Es así que los coeficientes insumo-producto y los multiplicadores a los que dan lugar son herramientas muy útiles para estimar el impacto integral de programas, políticas y/o proyectos, ya que permiten calcular cómo el desarrollo de una determinada actividad económica puede influir en las actividades o sectores con los que está económicamente vinculada (hacia atrás, como demandante o cliente de ellas, o hacia adelante, como proveedora).

La provincia de Río Negro no cuenta con una matriz insumo-producto estimada.

No obstante, otras provincias sí cuentan con esta herramienta (Neuquén, Mendoza, Córdoba), así como otros países (Chile) con lo cual, haciendo las reservas y supuestos necesarios, la idea es complementar este análisis de impacto económico extrapolando lo que las cadenas agroindustriales de esas provincias sugieren en cuanto a interacciones sectoriales.

Este ejercicio permite contar con una estimación preliminar del efecto sobre valor bruto de

producción, valor agregado y eventualmente sobre el empleo de otras actividades afectadas por los proyectos analizado, y así tener un panorama del impacto económico integral (directo e indirecto).

Las actividades agrícolas suelen ser categorizadas como dependientes de la demanda interindustrial y generalmente exhiben fuertes encadenamientos o vinculaciones productivas hacia adelante en la cadena de valor.

Tienen una significancia menor en términos de los efectos de su crecimiento sobre otros sectores productivos, pero sus altos encadenamientos hacia adelante los vuelven claves para el crecimiento de otros sectores a los que proveen, pudiendo en su caso colaborar con dicho crecimiento y/o disminuir la dependencia de importaciones extrarregionales.

Se denominan sectores de empuje o estratégicos por su significativa participación en la demanda intermedia por el lado de la oferta intersectorial: son proveedores de muchos otros sectores; y su oferta de productos puede representar un cuello de botella para el conjunto de la economía si ésta resultara escasa cuando la producción tiene como destino los eslabones industriales locales.

Al consultar las matrices insumo-producto asimilables al caso rionegrino, el panorama es el siguiente:

- 1) Mendoza (que es una matriz regional):
 - Multiplicadores de producción:
 - 1,33 para la actividad “Cultivo de cereales y forrajeras, excepto oleaginosas / Cultivo de hortalizas y legumbres / Servicios de apoyo agrícola / Silvicultura / Construcciones agropecuarias”
 - 1,24 para “Cultivos de frutas. Servicios de apoyo agrícola”
 - Multiplicadores de empleo:
 - 1,18 para la actividad “Cultivo de cereales y forrajeras, excepto oleaginosas / Cultivo de hortalizas y legumbres / Servicios de apoyo agrícola / Silvicultura / Construcciones agropecuarias”
 - 1,09 para “Cultivos de frutas. Servicios de apoyo agrícola”
- 2) Neuquén (que también es regional)¹⁷:
 - Multiplicadores de producción:
 - 1,13 para “Cultivo de frutas y nueces”
 - 1,26 para “Otros productos agrícolas y forestales”
 - Multiplicadores de empleo:
 - 1,12 para toda la actividad de Agricultura, Ganadería, Caza, Silvicultura y Pesca

¹⁷ http://www.estadisticaneuquen.gob.ar/#/matriz_insumo_producto

3) Córdoba (que también es regional)¹⁸:

- Multiplicadores de producción:
 - o 1,23 para “Cultivos de cereales, oleaginosas y pastos forrajeros”
 - o 1,22 para “Cultivo de hortalizas, legumbres, flores y plantas ornamentales”
 - o 1,08 para “Cultivo de frutas”
- Multiplicadores de empleo:
 - o 1,97 para “Cultivos de cereales, oleaginosas y pastos forrajeros”
 - o 1,31 para “Cultivo de hortalizas, legumbres, flores y plantas ornamentales”
 - o 1,02 para “Cultivo de frutas”

4) Argentina 1997

- Multiplicadores de producción:
 - o 1,63 para “Cultivo de cereales, oleaginosas y forrajeras”;
 - o 1,41 para “Cultivo de hortalizas, legumbres, flores y plantas ornamentales”;
 - o 1,55 para “Cultivo de frutas y nueces”
- Multiplicadores de empleo:
 - o 1,86 para “Cultivo de cereales, oleaginosas y forrajeras”;
 - o 1,151 para “Cultivo de hortalizas, legumbres, flores y plantas ornamentales”;
 - o 1,10 para “Cultivo de frutas y nueces”

5) Chile 2013:

Multiplicadores de producción:

- o 1,65 para “Cultivos anuales (cereales y otros) y forrajeras”,
- o 1,68 para “Cultivo de hortalizas y productos de viveros”,
- o 1,797 para “Cultivo de uva”,
- o 1,58 para “Cultivo de otras frutas”

Se observa que los multiplicadores regionales exhiben valores significativamente inferiores a los de las matrices nacionales (Argentina y Chile); entre otras cosas, esto obedece al efecto del comercio interprovincial: lo que son importaciones y exportaciones regionales para Mendoza, Neuquén y Córdoba, son transacciones internas a nivel país y entonces forman parte del proceso multiplicador del consumo intermedio local.

¹⁸ <https://datosestadistica.cba.gov.ar/dataset/modelo-insumo-producto>

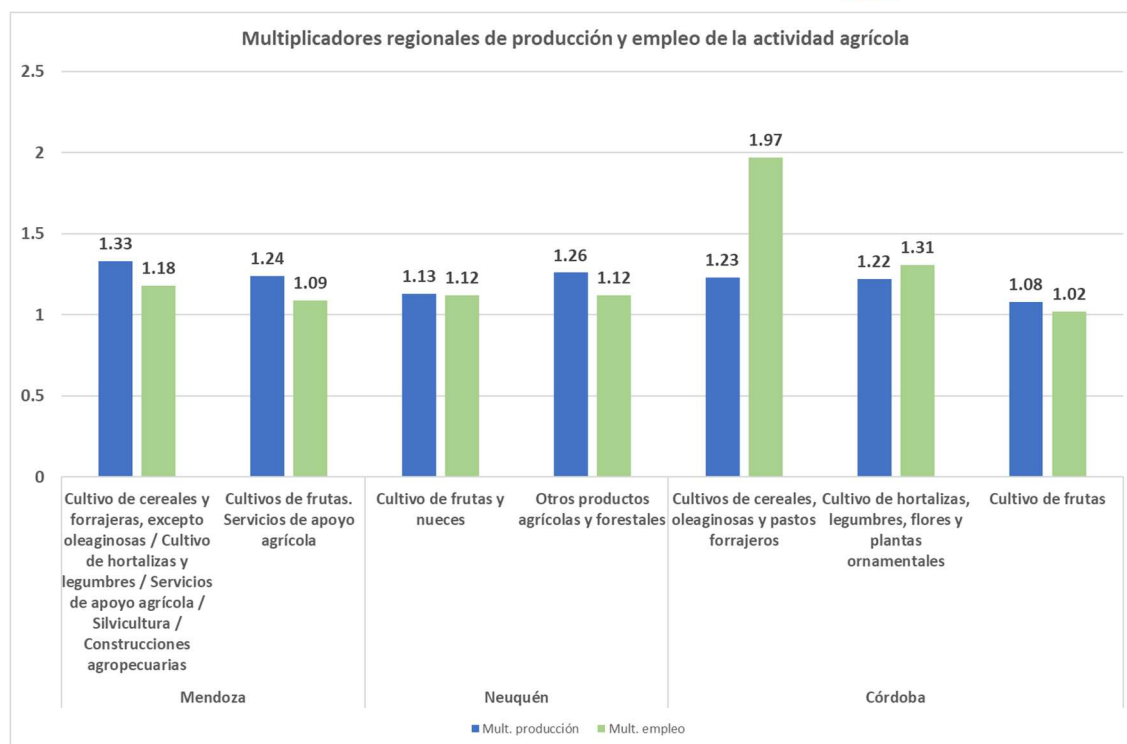


Ilustración 12 - Multiplicadores regionales de producción y empleo de la agricultura - Fuente Propia

Al calcular el promedio simple de los multiplicadores de matrices regionales (Córdoba, Neuquén y Mendoza) mostrados en el gráfico, se obtienen los siguientes valores¹⁹:

- Multiplicador de producción y valor agregado: 1,21
- Multiplicador de empleo: 1,14

Si bien las matrices productivas de esas economías no son las mismas que la rionegrina, suponiendo similares estructuras de tecnología agrícola aplicada, iguales proporciones para los destinos de la producción (eslabones industriales locales y demanda final -mercado interno + exportaciones) e integración de mercados proveedores (participación del consumo intermedio local) pueden utilizarse estos indicadores como una primera aproximación del impacto integral que los proyectos tendrán en la economía provincial.

El valor de producción anual de los proyectos alcanza a USD 1.010 millones anuales aproximadamente; a partir de la información estimada por la UNSur²⁰ la participación del valor agregado en el valor bruto

¹⁹ Se excluyó de los promedios el caso del multiplicador de empleo para la actividad “Cultivo de hortalizas, legumbres, flores y plantas ornamentales” de la matriz de Córdoba por considerarse fuera de escala en relación a los otros casos considerados. Los promedios utilizados exhiben una importante homogeneidad (su coeficiente de variación se encuentra entre 7% y 9%).

²⁰ Se accedió a información publicada en virtud de un convenio entre la Universidad Nacional del Sur, a través del Departamento de Economía, y la Corporación de Fomento del Río Colorado (CORFO - Río Colorado) para

de producción es de 70,4% para la totalidad de los productos agrícolas²¹, teniendo las siguientes situaciones específicas:

- 68,9% en el caso de los cultivos hortícolas (67,1% en el caso de la cebolla);
- 70,9% en el caso de los cereales;
- 69,4% en el caso de la alfalfa

Si se consideran estas participaciones para estimar la creación de valor de los proyectos, el cálculo arroja aproximadamente USD710 millones de valor agregado.

Suponiendo que este flujo de producción es el valor por el cual se incrementa la demanda final²², la aplicación del multiplicador arroja alrededor de USD 200 millones de valor bruto de producción adicionales como efecto derrame sobre el resto de la economía local.

En términos de empleo, aunque no se cuenta con el cálculo de la cantidad de puestos equivalentes de trabajo u horas/hombre equivalentes de cada proyecto, el multiplicador predice que por cada 7,2 empleos equivalentes generados se crea un puesto de trabajo equivalente en el resto de la economía.

diversas campañas agrícolas. En el caso de la campaña 2021/22 como para campañas anteriores, en esa edición del informe se realizan estimaciones para Pedro Luro, Villarino y Patagones.

²¹ Se tomó el promedio de la serie 2012-2021 de las participaciones.

²² Como hipótesis de trabajo se está suponiendo que este valor de producción es absorbido por la demanda final, esto es, consumo de los hogares + consumo público + exportaciones al resto del país + exportaciones al resto del mundo. En caso en que parte de esta producción previamente sufriera algún agregado de valor en eslabones industriales de la cadena, el VBP con el cual correspondería hacer el ejercicio debería ser mayor, incluyendo ese agregado de valor.

3 SECCION II: Abastecimiento Zona Atlántica (SAO y Sierra Grande)

3.1 Introducción

En la segunda sección se desarrollan los objetivos planteados en las etapas 4 y 6 de los TDR del plan de trabajos original, donde en la etapa 4 se realiza una evaluación de la factibilidad de la desalinización de agua para el abastecimiento de agua potable en localidades de la Región Sur (Sierra Grande, Playas Doradas y Punta Colorada) y en poblaciones de la Zona Atlántica de la Pcia. de Río Negro (San Antonio Oeste, San Antonio Este y Las Grutas) y otras alternativas técnicas existentes. En la etapa 6 se realiza una evaluación del balance (oferta/demanda) en el canal Ingeniero Suárez (canal Pomona - San Antonio), y se proponen medidas estructurales y no estructurales que puedan mejorar su eficiencia de conducción.

Esta etapa tiene como objetivo evaluar tecnologías de desalinización de agua de mar y de aguas subterráneas con contenidos de sales por fuera de los estándares para su utilización con tecnologías apropiadas para la producción de agua potable en localidades de la región sur y en las poblaciones de la zona Atlántica. De ser factibles se plantea el diseño de plantas adaptadas a las necesidades de cada población con evaluación de costos de instalación, mantenimiento y operación.

Esta etapa contiene también el análisis del estado actual del canal Ing. Suarez (Canal Pomona – San Antonio Oeste), donde, a 50 años de su puesta en funcionamiento, se realiza una evaluación del balance actual y a un escenario al año 2055 de la oferta y demanda, un análisis del estado de las obras y su operación y mantenimiento actual y se analizan las mejores opciones para garantizar un servicio de calidad para los próximos treinta años.

3.2 Problemática de situación actual de abastecimiento zona atlántica (Sierra Grande y SAO).

3.2.1 Sierra Grande

El sistema de abastecimiento de agua potable a Sierra grande ha pasado por momentos críticos. Hasta el presente existen dos acueductos que son los únicos que proveen agua a Sierra Grande.

Cuando los acueductos fueron construidos a comienzos de la década del '70 la población de Sierra Grande contaba con cerca de 15000 habitantes y una próspera actividad minera, la cual demandaba la mayor parte de la dotación. Luego de esta actividad el consumo se vio reducido a la mitad ya que la producción minera no generaba demanda y la población fue reduciéndose hasta llegar a solo 5000 habitantes, en la actualidad según el censo 2022 cuenta con aproximadamente 10.000 habitantes. Los acueductos sufrieron estos embates de la economía regional ya que el mantenimiento durante los últimos 15 años ha sido deficiente.

Al momento la actividad minera está detenida, una vez que la mina dejó de producir, el consumo de agua de la población aumentó. En la actualidad se estima que la dotación diaria de agua por habitante en Sierra Grande es de 480 a 500 litros. Esta cifra es muy elevada, aunque como no existen determinaciones certeras del caudal entrante y no se observan excesos de usos, por lo que se podría inferir que gran parte de este volumen son pérdidas del sistema.

Según las estimaciones del DPA de julio de 2022, cada acueducto tiene un caudal de aproximadamente 50 l/s.

Los acueductos se encuentran con serios problemas de mantenimiento que reducen su capacidad de transporte y la garantía de provisión. Siendo estos la columna vertebral del aprovisionamiento será necesario realizar importantes trabajos para volver a poner en condiciones óptimas las conducciones.

A principios del año 2009 el sistema de provisión de agua a la localidad de Sierra Grande, Complejo minero y Playas Doradas se encontraba en una situación crítica, con continuas interrupciones del servicio y grandes pérdidas ubicadas en distintos puntos sobre la traza de los acueductos Los Berros y La Ventana, esto se debía principalmente a la falta de mantenimiento y al importante abandono de los mismos.

El acueducto de Ventana recoge agua de manantiales a 118 Km de distancia de Sierra Grande. Está compuesto por caños de asbesto cemento de diámetros entre 250 y 450 mm entre clases 3 y 7. El caudal actual estimado transportado es de 50 l/seg y el teórico es de 70 l/seg.

El acueducto Los Berros trae agua a Sierra grande desde manantiales a 150 km de Sierra Grande y está construido con los mismos materiales. El caudal aportado actualmente ronda los 50 l/seg y el teórico 70 l/seg.

En la actualidad varios tramos se han reemplazado por caños de PVC de mayor clase, especialmente en el acueducto Los Berros clase V y VII. La calidad del agua obtenida tiene un PH neutro y los análisis realizados en 1997 muestran que el agua es químicamente apta para el consumo humano (DPA, 2/12/97; Análisis químicos y biológicos de muestras de agua del acueducto Los Berros y La Ventana, Informe JICA p. 259-261)

Los acueductos descargan en una cisterna de 30.000 m³ que se utiliza para picos de consumo. Existen dos cisternas menores de 1.000 m³ que alimentan a Sierra Grande. El rebalse de la cisterna es recogido en un lago artificial de 204.000 m³ (actualmente en desuso por filtraciones en el terraplén de cierre. El sobrante de este reservorio se derivaría a una laguna fosforada.

3.2.2 San Antonio (SAO)

El Canal Ing. Suárez (Pomona-S.A.O.) abastece desde el año 1972 de agua para consumo humano a las localidades de San Antonio Oeste, Las Grutas y Puerto de San Antonio Este, además de suministrar agua para consumo de ganado a lo largo de su recorrido de 194 Km y para riego, a través de dos captaciones en su tramo final.

La captación se produce sobre el Canal Matriz Sur, que a su vez capta las aguas del río Negro a través de la Boca Toma del canal Gran Matriz en el Valle Medio y que abastece a la usina hidroeléctrica “Ing. Céspedes”. El canal Ing. Suarez finaliza su recorrido en una cámara de carga que distribuye el agua a dos reservorios de ARSA de 45.000 m³ cada uno (90.000 m³ totales), de capacidad, ubicados a 12,5 Km. de San Antonio Oeste, desde donde se conduce el caudal necesario a la localidad por medio de dos acueductos y al reservorio que posee la empresa ALPAT de 72.000 m³, ubicado junto a los de ARSA.

El canal se divide en tres tramos principales: el primero que se desarrolla desde la captación del canal Matriz Sur (Progresiva 00) hasta la progresiva Km 70, el segundo tramo que llega hasta el Km 150, y el tercero que se extiende hasta la cámara de carga situada en la progresiva Km 194, donde finaliza su recorrido. Dentro de este último tramo se emplazan el lago regulador, canal de alimentación, canal de vinculación, canal IV 2º, canal al puerto y canal V.

El tramo I está construido en tierra, con material del lugar y es dónde se producen las mayores pérdidas por infiltración (esto se observa claramente en los aforos realizados en junio y diciembre de 2024 por el DPA en varios puntos a lo largo del canal). Los tramos II y III fueron construidos e impermeabilizados con hormigón, pero la falta de mantenimiento, sobre todo de juntas, provocó muchas roturas que fueron solucionándose con colocación de geomembrana PEAD sobre el hormigón en tramos parciales.

Actualmente el estado del canal se encuentra muy deteriorado, por falta de un mantenimiento adecuado, realizándose solo trabajos de urgencia para mantener el servicio.

El canal deriva entre 2 y 2.7 m³/s en la toma y llegan al lago regulador unos 0.7 m³/s, siendo la diferencia pérdidas por infiltración en su gran mayoría, más las entregas para aguadas y evaporación. El caudal máximo derivado es limitado por el estado del canal, ya que con caudales mayores hay problemas de desbordes y roturas del canal. Estos valores se corroboran con algunos datos de aforos realizados por el DPA (muy esporádicos) que reflejan caudales similares a los declarados. No existe registro de los caudales y volúmenes derivados para riego ni para las aguadas.

Es muy difícil brindar un servicio de abastecimiento de agua de calidad dependiendo de una sola fuente de agua y de un solo conducto, sin un reservorio con la capacidad de abastecer el servicio

durante un período relativamente prolongado que permita la realización de obras de mantenimiento y mejoramiento programado.

Con las obras de mejoramiento programado, que difícilmente se cumplan en este período de concesión de mantenimiento, se podrá mejorar sensiblemente el servicio, pero sin llegar a ser una solución definitiva de los problemas actuales y menos aún la posible cubrir las demandas crecientes de los próximos años.

No hay un control real ni medido sobre las derivaciones del canal, tanto sea para aguadas como para riego, observándose un uso indiscriminado de agua en los meses de mayor demanda y con intenciones de seguir aumentando la superficie a regar a pesar de haber superado los permisos otorgados. Hay un evidente conflicto por el uso de agua, sobre todo entre los usos para riego y la demanda poblacional que se incrementa mucho en los meses de verano por la creciente demanda poblacional de la localidad de Las Grutas, que al ser un balneario con gran desarrollo tiene una afluencia poblacional, turística, que crece mucho durante los meses de enero y febrero.

3.3 Informe descriptivo de la situación actual en SAO y Sierra Grande

3.3.1 San Antonio Oeste y circundantes

3.3.1.1 Breve reseña histórica

Desde principios de 1.900 se comenzó a estudiar alternativas para solucionar el tema de abastecimiento de agua para la localidad de San Antonio Oeste y su zona de influencia, hasta ahí abastecida desde Valcheta por vagones de ferrocarril que trasladan el recurso con muchos inconvenientes para cubrir las demandas, tanto por tema de calidad como de cantidad de recurso hídrico necesario.

Siempre en los análisis hubo dos propuestas, la conducción por tubería para abastecimiento poblacional o por canal abierto pensando en incorporar un área de riego en su trayecto y solucionar el tema de aguadas para animales que era otro problema crítico para el desarrollo regional. También con este tipo de obras se habría un panorama interesante para el desarrollo minero.

3.3.1.2 Proyectos por tuberías:

En 1911 se estudió la posibilidad de conducir agua desde el Arroyo Valcheta por un acueducto, en este mismo proyecto se abastecería agua a la localidad de Valcheta y se preveía utilizar una parte restante para desarrollar una pequeña área de riego. Este proyecto fue dejado de lado por el desarrollo posterior de un sistema de riego realizado por La Dirección General de Irrigación, en los años cuarenta,

cuya red de riego cubre unas 1.700 has, comprometiendo el módulo del arroyo Valcheta, estimado en ese momento en 2 m³/s.

También la Dirección de Obras Sanitarias de la Nación elaboró en 1926 el primer proyecto para la construcción de un acueducto con captación sobre el río Negro, unos 12 km aguas arriba de la localidad de General Conesa, impulsando por bombeo agua cruda que se potabilizaría en San Antonio, luego de un recorrido de 84 km prácticamente en forma recta. El caudal previsto era de 25 l/s.

En 1940 se modifica este proyecto llevándolo a un caudal de 42 l/s y con su planta de tratamiento en el inicio. Más adelante se analizaron algunas variantes a este último proyecto sin llegar a conseguir realizar la obra.

En 1961 la provincia encomienda otro proyecto ante la urgencia de solucionar el abastecimiento de agua y se analiza ya un abastecimiento de 250 l/s, por acueducto desde proximidades de Gral. Conesa. Este proyecto incluía la tubería a una planta de tratamiento, la planta en sí, el bombeo, tres depósitos de 10.000 m³ cada uno, tubería de alimentación a San Antonio y posibilidad de ampliar por bombeo su capacidad a 463 l/s. Esta obra fue licitada en el agosto de 1963 pero no se llegó a concretar su contratación, el monto total ascendía a unos 200.000 dólares estadounidenses.

3.3.1.3 Proyectos por canal:

Sobre las conclusiones favorables de los estudios del Ing. Cipolletti, en cuanto a la viabilidad de derivar agua por un canal desde el río Negro a San Antonio, en 1914 se concluye el primer proyecto de conducción de agua por canal a San Antonio, realizado por el Ing. Augusto Fernández Díaz. Preveía una toma libre ubicada unos 10 km aguas arriba de la isla de Choele Choel, con capacidad para 100 m³/s, un desarrollo de 138 km, con cuatro canales secundarios para riego de unas 100.000 has en Valle Medio y llegando al final con unos 45 m³/s para dotar de riego a 66.000 has en Conesa y un caudal de 24 m³/s para el canal a San Antonio. Este canal de 114 km de longitud proyectaba un área de riego de 70.000 has a partir de la progresiva Km 85.

En la década del cuarenta Agua y Energía Eléctrica de la Nación realiza nuevos estudios para el proyecto definitivo de las obras destinadas a servir al riego a la isla de Choele Choel, el valle Medio y abastecer de agua a San Antonio conservando los lineamientos básicos del proyecto precedentemente citado. Se proyecta la toma libre de capacidad para 100 m³/s aguas arriba de la isla de Choele Choel, donde nace el canal Matriz Sur que en su progresivo km 7 da origen en un partididor a la alimentación a sistema de riego de la isla, cruzando un brazo del río. El canal Matriz Sur continua por 32 km más donde se ubicaría una central hidroeléctrica y en su restitución daría lugar a la provisión para riego de unas 55.000 has de Valle Medio. Sobre la cámara de carga de la central se ubicaría la toma del canal a San Antonio. El proyecto original preveía un canal con capacidad de 25 m³/s, pero luego se limita su

caudal inicial a 7 m³/s, previendo que por las grandes pérdidas que tendría, llegarían 1 m³/s a San Antonio. Este proyecto concluido en 1950 preveía un desarrollo de 227 km de extensión sin impermeabilizar y un caudal para San Antonio de 100 l/s, utilizándose los restantes 900 l/s para irrigación de unas 1.000 has aledañas a la población. El hecho de no ser revestido generó muchas reservas en cuanto a su viabilidad.

Finalmente, en el año 1967, ya con las obras de toma sobre el río, el canal matriz Sur y la central hidroeléctrica Céspedes construidas, las autoridades provinciales procedieron a reexaminar los proyectos para dar una solución al problema de abastecimiento de agua a San Antonio, analizando los proyectos del acueducto por tubería Conesa-San Antonio proyectado en 1962 y el canal aductor a San Antonio proyectado en 1950.

La revisión del proyecto del canal logró acortar la longitud y así producir ahorros importantes que permitirían su impermeabilización dando mucha más seguridad al abastecimiento. La conclusión que se llega es que el acueducto tiene una inversión inicial menor al canal, pero costos operativos mayores, por el bombeo, y con un mucho menor volumen de abastecimiento.

A partir de ahí se encarga un nuevo proyecto del canal, con revestimiento, y capacidad de 7 m³/s.

3.3.1.4 Proyecto original:

Los lineamientos de este proyecto fueron, limitada inversión inicial, bajo costo anual de operación y mantenimiento, máxima seguridad en el servicio y suficiente amplitud de conducción para no coartar las futuras posibilidades de crecimiento económico social de la zona vinculada a la disponibilidad de agua.

En función de ello se optó entre las alternativas de impermeabilización existentes a esa fecha por el revestimiento con hormigón simple por su mayor estanqueidad, su mayor vida útil y las menores interrupciones al servicio derivadas por reparaciones de la obra.

Un replanteo del proyecto de la obra llevó la extensión original de 227 km a 185 km y se incluyó el uso de una depresión natural de unos 6 km de largo como embalse regulador.

También se analizó una variante de abastecer al canal desde el plano de valle Medio por bombeo y conexión al canal en el inicio del tramo III. Esta alternativa evitaba unos 60 km de canal en un sector complicado (faldeo sobre la cuchilla de Castre), aprovechamiento de los 7 m³/s que no se derivarían por el canal Matriz Sur para aumentar la generación hidroeléctrica y evitar una obra de toma para el canal a San Antonio. En cambio, requería el costoso bombeo para la elevación del caudal para abastecer el canal.

Las conclusiones fueron que el costo del bombeo para esos caudales era muy costoso y lo que se generaba con el caudal excedente del canal Matriz Sur compensaba solo la mitad de la energía

necesaria. Además, el ahorro en la obra de un canal unificado para el Valle Medio y la aducción para el bombeo costaba un monto similar a construir los tramos I y II del canal a San Antonio, por lo que no había ahorro de obra.

El proyecto original previó la toma sobre la cámara de carga de la central Céspedes, una pendiente uniforme de 0.11 m/km en casi toda su extensión, revestimiento con hormigón simple de 0.08 m de espesor con juntas de contracción longitudinales en la unión de la solera con los taludes y transversales cada 4 m.

El caudal por derivar llegaba a 8.5 m³/s para abastecer las demandas, incluyendo las aguadas para ganado y el riego de unas 13.500 has. Para ello preveía la traza del canal revestido y un lago regulador mucho mayor al actual. El proyecto era de una capacidad de 65 hm³ (1.300 has) con posibilidad de ampliarla a 90 hm³ con un recrecimiento del cierre. El terraplén de cierre, a realizarse en tierra con núcleo impermeable, era de 2.000 metros de extensión con terraplenes longitudinales de unos 6.650 metros. El Lago actual es de unas 33 has y con una capacidad estimada en 0.7 hm³.

Los usos previstos en este ambicioso proyecto eran consumo poblacional e industrial en San Antonio, aguadas para abrevadero de ganado en unas 500.000 has (con una receptividad de 600 ovinos más 200 vacunos por legua (una legua es equivalente a 2.500 has), riego para 13.500 has, distribuidas unas 10.000 en las proximidades de San Antonio y las 3.500 has restantes distribuidas junto a las aguadas a razón de unas 30 has por productor para producción de forraje. Las pérdidas previstas por infiltración y evaporación del lago regulador eran del orden de 1 m³/s, quedando disponible para usos consuntivos 7.5 m³/s.

3.3.1.5 Estado actual del canal Pomona San Antonio:

El Canal Pomona-S.A.O. abastece desde el año 1972 de agua para consumo humano a las localidades de San Antonio Oeste, Las Grutas y Puerto de San Antonio Este, además de suministrar agua para consumo de ganado a lo largo de su recorrido de 194 Km y para riego, a través de dos captaciones en su tramo final.

La captación se produce sobre el Canal Matriz Sur (que a su vez capta las aguas del río Negro a través de la Boca Toma del canal Gran Matriz en Valle Medio) que abastece a la usina hidroeléctrica “Ing. Céspedes” y finaliza su recorrido en una cámara de carga que distribuye el agua a dos reservorios de ARSA de 45.000 m³ de capacidad (90.000 m³ totales), cada uno, ubicados a 12,5 Km. de San Antonio Oeste, desde donde se conduce el caudal necesario a la localidad por medio de dos acueductos y al reservorio que posee la empresa ALPAT de 72.000 m³.

El canal se divide en tres tramos principales: el primero que se desarrolla desde la captación del canal Matriz Sur (Progresiva 00) hasta la progresiva Km 70, el segundo tramo que llega hasta el Km 150, y el tercero que se extiende hasta la cámara de carga situada en la progresiva Km 194, donde finaliza su recorrido. Dentro de este último tramo se emplazan el lago regulador, canal de alimentación, canal de vinculación, canal IV 2º, canal al puerto y canal V.

3.3.1.6 Tramos del canal:

- TRAMO I: Este tramo es el de mayor sección del canal y fue construido en excavación (sin revestir) hasta la progresiva km 60.5, a partir de allí el cajero se halla revestido con hormigón simple.

Los primeros 15 km tienen su recorrido sobre terreno llano de la terraza que limita el Valle Medio, desde ahí a la progresiva km 25 recorre un suave faldeo para acceder a otra terraza ubicada unos 5 metros por encima de la anterior, la que atraviesa hasta la progresiva Km 33. Luego sigue unos 7 km faldeando la barda de la altiplanicie. Hasta aquí el trazado se desenvuelve sobre terrenos de suave relieve, luego comienza a presentar las dificultades propias de un desarrollo en faldeo, las que se van haciendo mayores a medida que se avanza hacia la denominada cuchilla de Castre.

En la progresiva km 46 cruza la ruta nacional N° 250 con una alcantarilla de cuatro luces de 1 metro. En el km 47.2 hay un descargador a un amplio cañadón lateral, a través del cual se puede evacuar el caudal del canal en caso de emergencias para reparaciones o eventos climáticos.

Desde la progresiva km 45 a la 58.3 se atraviesa la cuchilla de Castre, alternándose sectores en excavación con otros en terraplén, habiendo numerosas obras de desagües aluvionales con cruces por debajo del canal.

A partir de la progresiva km 58.3 el terreno es un suave relieve sin necesidad de obras de desagües, con el solo inconveniente de excavación profunda hasta la progresiva km 60.5 donde comienza el revestimiento.

En la progresiva km 62 es el punto donde en el momento de la construcción del canal, una vez concluidos los tramos II, III y obras aguas abajo, era abastecido por bombeo desde un brazo del río Negro, hasta que se construyó el tamo I.

Sobre este tramo hay unas 38 aguadas para abrevadero de ganado. Cada una, ubicada a cada lado del canal, constan de una tubería de 0.10 m de diámetro con exclusas que conducen el agua a una cámara

de inspección, ubicada en el préstamo del canal y de allí una tubería a una cámara de captación dentro de cada establecimiento. Desde allí el propietario la extrae con molinos o bombas para evitar usos abusivos, aunque no hay controles en la actualidad de cuánto volumen utiliza cada aguada.

En este tramo están los campamentos que se encuentran ubicados en las progresivas km 00 (bocatoma) y 46 (cruce de ruta 250). Estos campamentos constan de dos viviendas, galpón con taller y área para el depósito de materiales. En estos campamentos reside en forma permanente personal de la Contratista, un parquero (campamentero) y ayudantes en disponibilidad para la atención de emergencias, con los elementos técnicos necesarios.

Por problemas de filtraciones importantes y/o roturas se ha ido impermeabilizando con membrana PEAD algunos tramos, de manera de darle mayor seguridad al canal y evitar interrupciones en el servicio.

Posee un importante sector de 1.600m de longitud, entre progresivas 53.750 y 55.350, donde el cajero se encuentra impermeabilizado con membrana PEAD de 1 mm, se destacan también otros sectores, entre progresivas 48.500 y 49.150 (650m), entre progresivas 21.800 y 22.350 (550m) y entre progresivas 42.600 y 43.050 (450m), además de algunos otros sectores puntuales. Totalizan 4.400m de tramos impermeabilizados con membrana PEAD en todo el tramo I.

- TRAMO II: Al comenzar este tramo hay un nuevo descargador, a través del cual puede evacuarse el caudal del canal a una profunda cañada excavada en la mesta (desagüe aluvional) que termina descargando en el río.

En la progresiva km 70 el canal vuelve a cruzar la ruta nacional N° 250 con una alcantarilla similar al cruce anterior.

Los siguientes 10 km son de un faldeo accidentado con varios cuces de cañadones aluvionales y desde allí hasta la progresiva km 123 del tramo atraviesa un relieve plano con algunos tramos cortos de excavaciones importantes. Luego hay un sector donde va por importantes excavaciones.

En particular en la progresiva km 130 atraviesa el gasoducto Pico Truncado a Buenos Aires y en la progresiva km 150, antes del cruce de la ruta 251 atraviesa el gasoducto del Sur.

Desde la progresiva km 131 a la 140 cambia la pendiente del canal, hasta aquí tenía una pendiente uniforme de 0.11 m/km y en este sector es de 0.25 m/km, cambiando su sección para mantener su

rasante, que vuelve a su sección original al retomar la pendiente de 0.11 m/km.

En la progresiva km 117 hay un descargador que conduce por un canal de tierra los excedentes a una depresión natural sobre margen izquierda del canal y que se usa en situaciones puntuales para reparaciones del canal.

En la progresiva km 150 el canal atraviesa la ruta nacional N° 251 con una alcantarilla similar a la de los cruces anteriores.

Este tramo tiene 51 aguadas de las mismas características que las descritas en el tramo anterior.

En este tramo hay tres campamentos similares a los descritos en el primer tramo, ubicados en las progresivas km 70 (cruce de ruta), 118 y 150.

Este tramo tiene una longitud de 80 Km, es de sección trapezoidal y se encuentra revestido en hormigón, presentando el problema de la falta de material en las juntas longitudinales y transversales entre las losas de los taludes y la solera, por falta de mantenimiento. En varios sectores se encuentra impermeabilizado con membrana, colocada sobre el hormigón, que sumados alcanzan los 8.250 metros lineales. Se destacan los sectores comprendidos entre las progresivas 109.650-113.450 (3.800m), 101.650-102.400 (750m), 84.200-84.650 (450m) y 91.150-91.550 (400m).

- TRAMO III: Con un recorrido de 44 Km, a partir de la progresiva km 150, resulta el tramo más complejo, en lo referente a su operación y mantenimiento, posee tramos del canal en excavación, revestidos con hormigón y tramos o sectores puntuales revestidos e impermeabilizados con membrana PEAD sobre el revestimiento original de hormigón que ha presentado fallas o ha colapsado por filtraciones. La cantidad de sectores revestidos con geomembrana alcanzan unos 24.350 metros lineales. Se destacan los sectores comprendidos entre las progresivas 159.430-164.380 (4.950 metros lineales) y 158.750-159.450 (700m), los restantes sectores impermeabilizados con membrana son lugares puntuales que no superan los 400 metros lineales.

Este tramo tiene varios componentes, entre los que se destacan los siguientes (ubicados luego de un primer tramo del canal de sección y pendiente similar al tramo anterior):

- **Canal de alimentación.** Este es un tramo del canal de 2.750m de sección mixta por la diferente pendiente, la mayor parte se encuentra revestido con membrana que cubre total o parcialmente el cajero (unos 2.500m), y es el que desemboca en el lago regulador.

- **Lago regulador.** En la progresiva Km. 168 se ubica el Lago Regulador que abarca una superficie de 33 hectáreas y posee una capacidad de reserva de agua de aproximadamente 700.000m³; no se sabe exactamente cuánto es la pérdida de capacidad por acumulación de sedimentos en el fondo, éste básicamente permite realizar el mantenimiento y las reparaciones del canal aguas arriba, necesarias para asegurar la continuidad del servicio. Los taludes perimetrales de dicho lago se encuentran protegidos de los efectos erosivos del oleaje, generado por los fuertes vientos imperantes en la zona, mediante elementos de hormigón (bolsas rellenas con suelo cemento).

- **Canal de vinculación.** Es un canal construido en excavación, sin revestir, a la salida del lago regulador, con muy escasa pendiente y una longitud de 4.200m. Actualmente es el tramo del canal que mayor deterioro presenta, por el paso del tiempo, el clima y la imposibilidad de su mejoramiento por la imposibilidad de cortar el suministro de agua. Este canal nunca pudo ser reparado o reacondicionado debido a que el canal al puerto se alimenta directamente del él, y el suministro de agua al puerto de San Antonio Este debe ser permanente y constante ya que no dispone de un reservorio que permita almacenar el agua.

- **Canal IV 2º.** Es un tramo del canal de importante sección revestido en hormigón, con una longitud de 5.050m que se halla impermeabilizado con membrana PEAD de 1mm (cubriendo total o parcialmente el cajero) en determinados lugares puntuales.

- **Canal al Puerto de S.A.E.** Este canalito nace en la obra de arte de compuertas y descargador emplazada en la progresiva km 173,6. Construido en hormigón armado, con una extensión de 4.300m, es el tramo del canal de menor sección transversal y el único tramo que se desprende hacia el este de la traza general, finaliza en una cámara de carga de hormigón con descargador, a partir de aquí el agua se encauza por gravedad a través de un acueducto de 45 km de extensión que finaliza en el Puerto de San Antonio Este.

- **Canal V.** Último tramo del canal con una longitud de 15.300 m que finaliza en la cámara de carga desde donde se eroga el agua a los dos reservorios de ARSA (poseen una capacidad de 90.000 m³ en total sin revestimiento) y al de ALPAT (72.000 m³ impermeabilizado con membrana PEAD). El cajero de sección trapezoidal se halla revestido con hormigón simple. El inconveniente principal que presenta son las filtraciones de agua por la falta de material en las juntas transversales y longitudinales del cajero. Es el tramo con mayor cantidad de sectores impermeabilizados con membrana PEAD de 1mm, los que sumados alcanzan aproximadamente el 80% de su longitud, unos 12.300 m.

En el final de este tramo (km 195) se encuentra otro campamento que consta de una casa para personal.

También en este último tramo se encuentran los actuales aprovechamientos para agricultura, específicamente dos explotaciones de cultivos de olivos que suman unas 200 hectáreas (señor Irigoyen sobre la margen izquierda del canal V en la progresiva 12.000 y señor Mañana en la progresiva 15.000), con compuertas de derivación y en el último de los casos con un pequeño reservorio. El control de estos consumos son un inconveniente en el manejo del canal ya que en pleno verano consumen aproximadamente el 50% del caudal transportado afectando la provisión para las localidades de San Antonio y Las Grutas. El volumen de lo derivado, por lo observado en la visita, no tiene ningún sistema de medición ni con control del operador, sino que los productores toman la dotación de agua necesaria con algún consentimiento o permiso pero que muchas veces no es ajustado a la situación crítica del abastecimiento poblacional, generando problemas para mantener el nivel de los reservorios. En el segundo caso, Sr. Mañana, la toma abastece un reservorio y de este se conduce al sector de cultivos de olivos, ubicado en una cota inferior, por tubería para generar la presión necesaria para presurizar el sistema de riego por goteo de unas 110 has de olivos. Estos aprovechamientos están debidamente autorizados por el DPA a través de permisos de uso de agua pública (UAP) aunque no se ajustan al volumen autorizado. Recientemente han comenzado a facturarles un canon por uso.

Este tramo tiene 29 aguadas de las mismas características que las descritas en los tramos anteriores.

Una vez que el agua está en los reservorios de ARSA es responsabilidad de la empresa prestadora del servicio de agua potable su traslado, potabilización y distribución.

3.3.1.7 Operación, Mantenimiento y mejoramiento del canal:

La operación y mantenimiento del canal es tercerizada por el DPA a través de un contrato de concesión que se renueva por licitación.

Los trabajos que se desarrollan dentro del sistema, a través de la empresa contratista, se circunscriben a la operación, mantenimiento y mejoramiento del canal que provee de agua a las localidades de San Antonio Oeste y Las Grutas, Puerto de San Antonio Este, la empresa ALPAT, a una serie de aguadas a lo largo de la traza y a dos captaciones en el canal V para riego.

La empresa contratista debe afectar los medios técnicos, equipos, movilidades, herramientas, mano de obra y logística, necesaria para garantizar el normal abastecimiento de agua cruda para consumo

humano, uso industrial, ganadero y para riego; operando y manteniendo las obras básicas y complementarias del sistema de captación (bocatoma), conducción, y almacenaje primario en los reservorios y lago regulador del canal Ing. Juan Carlos Suárez, en la Provincia de Río Negro, mediante la ejecución de tareas indispensables indicadas como “Tareas de rutina”; haciéndose extensiva a todas las tareas a desarrollar en el contrato, cuando ello implique la incorporación a obra de materiales constructivos específicos para la ejecución de cualquier tipo de trabajo, ya sea de mantenimiento o mejoramiento.

La operación y mantenimiento del canal consiste en una serie de tareas que se desarrollan en forma permanente a lo largo de la traza de este.

A- Tareas de Rutina de operación y mantenimiento.

B- Tareas eventuales.

C- Obras a ejecutar para mejoramiento del sistema.

A continuación, se realiza una breve transcripción de los trabajos permanentes que se prevén en el contrato de concesión a llevarse a cabo a lo largo y ancho de la traza del canal para garantizar la provisión de agua cruda y mantener un régimen de funcionamiento estable y acorde a las necesidades de agua que se plantean, como así también un listado de las obras que se necesitan ejecutar para un mejoramiento integral del servicio en el presente período de concesión del servicio.

A- TAREAS DE RUTINA

A-1- Tareas manuales

- Extracción de malezas: Desmalezado de taludes, de banquinas, extracción de malezas, desmalezado y quema de “cardo” entre alambrados en la zona del canal.

- Extracción de lama (vegetación acuática)

- Limpieza de Aguadas: Se deben mantener en buen funcionamiento las aguadas distribuidas a lo largo de todo el canal. Existen 38 aguadas en el tramo I, 51 en el tramo II y 29 en el tramo III del canal.

- Mantenimiento de compartos: Comprende el arenado de guías y hojas de compuertas, estructura de la obra y aplicación de pintura.

- Mantenimiento de Alambrados y Tranqueras: Mantenimiento de alambrados y tranqueras

con reposición de postes, alambres y varillas.

- Blanqueado de obras de arte y pintado de progresivas
- Mantenimiento Canal al Puerto: Extracción de embanques en forma manual, quema de malezas, corte y extracción de vegetación acuática, desarenado y limpieza de cámara de carga del acueducto al puerto.
- Reparación membrana existente: En aquellos sectores del canal impermeabilizados con membrana PEAD, donde la superficie de la misma se encuentre dañada, o haya desprendimiento de los flejes.
- Desembanque sobre membrana: En aquellos sectores del canal impermeabilizados con membrana, se efectúa desembanque de solera, hasta cota de fondo, en forma manual con pala de mano, en ciertas ocasiones se incorpora un equipo mecánico con bomba de succión para extracción de embanque sobre la membrana.
- Mantenimiento de campamentos: Se realizan trabajos de mantenimiento y conservación en general en los seis campamentos (en las viviendas y en todo el predio) ubicados en progresivas Km 00, Km 46, Km 70, Km 118, Km 150 y Km 195.

A-2- Tareas con equipos

- Desembanque: Se efectúa el desembanque de solera, hasta cota de fondo, con equipo y/o manualmente con la prioridad necesaria para el buen escurrimiento del canal en aquellos sectores del canal revestidos con hormigón o tramos de suelo.
- Corte de vegetación acuática (lama): Para realizar esta tarea es necesario contar con 2 tractores y cadenas para corte, de peso y tamaño adecuado. Dichas cadenas no se utilizan en los tramos revestidos con membrana.
- Extracción de malezas de los taludes: Se extraen mecánicamente mediante métodos adecuados, las malezas que se encuentran en el talud del canal, en el sector comprendido entre el pelo de agua y la banquina.
- Limpieza de descargadores y/o alcantarillas
- Mantenimiento de Banquinas, caminos de servicio y contrafuegos: Se realizan trabajando con motoniveladoras.
- Limpieza vegetación acuática en Lago Regulador y reservorios de ARSA: Cuando por causas naturales (viento) se acumula vegetación acuática a orillas del lago regulador y de los reservorios de

ARSA, se extrae la misma con retroexcavadora y/o personal de cuadrilla.

- Limpieza de la reja del compartido de descarga del Lago, accediendo con el equipo necesario, por lo menos una vez al año.

- Reconstitución de taludes erosionados (especialmente en épocas de corte): Se reparan, en los tramos del canal de suelo (sin impermeabilizar), aquellos lugares donde los taludes se encuentren desmoronados o erosionados, utilizando para ello una retroexcavadora.

- Colectora de aguas de lluvia: Mediante la utilización del equipo adecuado, se mantiene y limpia la zanja, por detrás del cordón de la banquina, que colecta las aguas de lluvia, fundamentalmente donde el canal se encuentra en zona de excavación.

Equipos para realizar las tareas

Se afecta para los trabajos un equipo mínimo compuesto por: dos retroexcavadoras, dos tractores, una motoniveladora, un tractor con implementos, un camión volcador, un camión con carretón, soldadoras de membrana, grupos electrógenos, motoguadañas manuales y equipos de bombeo.

B- TAREAS EVENTUALES

- Impermeabilización con membrana PEAD en superficies del cajero menores a 90 m²: Esta tarea comprende la impermeabilización o revestimiento con membrana PEAD de un espesor mínimo de 1mm, en aquellos sectores del canal indicados por la inspección, donde se detecten pérdidas o roturas del cajero.

- Relleno compactado de banquetas con material de aporte: En aquellas zonas donde se observan banquetas fuertemente erosionadas, se rellena, humecta y compacta con material de aporte sobre las banquetas.

- Relleno con material de sustento por detrás de las losas de hormigón: Por detrás de los paños de hormigón donde se observan erosiones y/o falta de material de sustento se coloca material calcáreo convenientemente compactado.

- Corrimiento de material extraído de excavaciones “Caballones” y ensanchamiento de banquetas: En caso de ser necesario, la Inspección ordena el corrimiento sobre la traza del canal del material de excavación “caballones”, a fin de poder ensanchar la banquina y dejar espacio suficiente para que se pueda transitar libremente con equipos de gran envergadura.

- Rotura, extracción de losas y relleno: En los lugares donde se encuentran desprendimiento de losas o roturas y falta de material de relleno sobre los taludes, se extraen las mismas, rellena y

perfila los taludes con aporte de ripio calcáreo e impermeabiliza con membrana, en caso de ser necesario.

- Construcción de losas de hormigón: Se ejecutan losas de hormigón revistiendo los taludes del canal, únicamente en aquellos lugares donde previamente se hayan extraído las losas rotas. Se hormigonan los paños incluyendo la construcción de juntas de dilatación.

- Corte y extracción de vegetación acuática en lago regulador y reservorios de A.R.S.A.: Esta tarea consiste en el corte de lama en el interior del Lago regulador mediante la incorporación de un bote cortalama o equipo similar. El mismo procedimiento se aplica en los dos reservorios de Aguas Rionegrinas del Km 194. En el caso que se proceda al vaciado de uno de los reservorios para efectuar su limpieza, se aprovechará para cortar la vegetación depositada en el fondo y extraer el barro mediante sucesivas pasadas de dos tractores con cadena y retroexcavadora.

- Reconstrucción de juntas de dilatación: Se reconstruirán y sellarán las juntas entre losas de fondo (solera) y entre losas de taludes (juntas longitudinales y transversales); utilizando para ello un material sellador elástico capaz de absorber las contracciones y dilataciones.

C- OBRAS PROPUESTAS POR EL DPA A EJECUTAR PARA MEJORAMIENTO DEL SISTEMA

C.1- Construcción Canal Auxiliar de Contorno: Se encuentra prevista la ejecución de una canal auxiliar de contorno de 5950m revestido con membrana, que se extenderá desde la progresiva 1950 (aproximadamente) del canal de alimentación hasta empalmar con la progresiva 00 del canal IV 2º, utilizando para ello parte de la traza del ex canal de contorno y parte del zanjón existente donde en antiguamente se alojaba un acueducto que luego fue extraído del lugar.

C.2- Construcción Obras de Arte para compuertas en canal auxiliar de contorno: Comprende los trabajos necesarios para la construcción de una obra de hormigón armado con compuertas de derivación al canal auxiliar de contorno, a ejecutarse sobre el canal de alimentación, y una obra de arte (comparto) al finalizar dicho canal auxiliar, en un punto de vinculación entre este y el inicio del canal VI 2º, coincidente con el punto donde finaliza el canal de vinculación.

C.3- Reparación e impermeabilización del Canal de Vinculación: El Canal de vinculación ubicado en el Tramo III con una longitud de 4,2 km a la salida del Lago Regulador, se halla impermeabilizado con polietileno de 200 micrones con cobertura de suelo seleccionado. Se deberá realizar una reparación integral del tramo, excavando sobre el polietileno y retirando el mismo, luego se extraerá el material saturado por debajo de dicho polietileno y se reemplazará por suelo seleccionado; finalmente se colocará membrana PEAD de 1mm de espesor para impermeabilizar y estabilizar los taludes evitando infiltraciones y erosiones.

C.4- Desembanque en zona de aducción del Lago regulador: Se ha producido un sucesivo entarquinamiento y embanques en aproximadamente 10 has. del Lago, ubicados en la zona de aducción, existiendo un importante avance de la vegetación acuática; este hecho genera una reducción en la capacidad de almacenamiento de volumen de agua. Mediante la excavación y retiro del embanque se podrá recuperar para la reserva un volumen de agua considerable.

C.5- Protección contra erosión de taludes en zona de aducción al Lago: Se deben realizar trabajos de protección con bolsas de rafia rellenas con hormigón simple dispuestas en forma escalonada y con declive hacia el interior de lago, en la zona de embanque, hasta alcanzar la altura de coronamiento de la banquina. Estos trabajos se realizarán a continuación de la obra de protección de taludes que ya fue ejecutada, y utilizando la misma metodología constructiva.

C.6- Recrecimiento último tramo canal V y cámara de carga para reservorios de ARSA y ALPAT: Está previsto realizar un recrecimiento de ambas banquinas del Canal V desde la progresiva. 10.300 a la 15.300 (últimos 5.000m), y un recambio de la membrana existente, con el fin de incrementar la capacidad de conducción de dicho canal en el último tramo. Se deberá recrecer también la cámara de carga donde finaliza y reemplazar la cañería de vinculación con los reservorios de ARSA.

3.3.1.8 Volúmenes mensuales exigidos según contrato:

La Contratista a cargo de la obra en servicio, según el contrato de concesión, tiene la total responsabilidad, debiendo extremar los esfuerzos, de garantizar un Volumen Mensual Mínimo (VMM) que responde a la siguiente planilla:

Tabla 13 - VOLUMENES MENSUALES A GARANTIZAR (m³/mes) y CAUDALES EQUIVALENTES EN lts./seg. PROMEDIO MENSUAL - Fuente propia

Período	LAGO REGULADOR (m ³ /mes)	CANAL V (m ³ /mes)	CANAL AL PUERTO (m ³ /mes)	RESERVORIO ALPAT (m ³ /mes)	RESERVORIOS A.R.S.A. (m ³ /mes)
Marzo-Diciembre	1.870.000,00	1.250.000,00	80.000,00	420.000,00	550.000,00
Enero-Febrero	2.200.000,00	1.560.000,00	80.000,00	420.000,00	750.000,00

Período	LAGO REGULADOR (lts./seg.)	CANAL V (lts./seg.)	CANAL AL PUERTO (lts./seg.)	RESERVORIO ALPAT (lts./seg.)	RESERVORIOS A.R.S.A. (lts./seg.)
Marzo- Diciembre	721,45	482,25	30,86	162,04	212,19
Enero-Febrero	848,77	601,85	30,86	162,04	289,35

Dicho volumen es considerado mínimo indispensable para las actuales demandas de agua de las poblaciones, el puerto, uso industrial y ganadero, y que es posible de obtener en las condiciones de funcionamiento y mantenimiento del canal.

La operación del sistema no puede interrumpirse bajo ningún concepto, ya que la provisión de agua a todos los habitantes de las localidades de San Antonio Oeste y Las Grutas, al Puerto de San Antonio Este, a la empresa ALPAT y a las aguadas para hacienda de los ganaderos depende directamente del correcto y permanente mantenimiento y funcionamiento del canal.

3.3.1.9 Costo actual de operación y mantenimiento:

Como se mencionó anteriormente la operación y mantenimiento del canal es tercerizada por el DPA a través de un contrato de concesión que se renueva por licitación cada tres años.

Los trabajos que se desarrollan dentro del sistema, a través de la empresa contratista, se circunscriben a la operación, mantenimiento y mejoramiento del canal que provee de agua a las localidades de San Antonio Oeste y Las Grutas, Puerto de San Antonio Este, la empresa ALPAT, a una serie de aguadas a lo largo de la traza y a dos captaciones en el canal V para riego.

En la actualidad el contrato de concesión está adjudicado a la empresa COTRAVAME Ltda, empresa del ámbito provincial con vasta experiencia en este tipo de trabajos, incluso varios años ganó la licitación de mantenimiento del canal Ing. Suárez y también de los acueductos Venta y Los Berros que abastecen de agua a la localidad de Sierra Grande.

El costo actual del contrato de operación y mantenimiento del canal Ing. Suárez es de \$1.556.506.780 por año. Este valor no incluye obras de mejoras en el canal, las cuales ante la propuesta del concesionario al DPA y analizada por la parte técnica y financiera, son autorizadas y realizadas por el concesionario, pero asumidas por el DPA con un costo adicional al contrato, por lo que el costo anual

generalmente es sensiblemente mayor al contrato original.

El volumen de agua cruda entregado a las distintas demandas, poblacional, industrial, riego agrícola y aguadas para ganadería, si bien no está medido, se puede estimar en 600 litros por segundos como promedio anual (18.921.600 m³/año), lo que daría un costo de operación y mantenimiento de \$82/m³ entregado (a la fecha de hoy, 28/04/2025 con un valor del dólar oficial de \$1.190 equivale a U\$D 0.069/m³).

En la actualidad lo único que se cobra por cuenta del DPA, en la actualidad, es la regalía a dos explotaciones de olivos que utilizan el agua para riego en una superficie total de 200 hectáreas. Ni las regalías por abastecer de agua para potabilizar en San Antonio Oeste, Las Grutas y Puerto, ni el agua industrial, ni los abastecimientos para aguada se cobran. El valor facturado como regalías al riego agrícola por año es a razón de \$ 45.241 por hectárea, valor que se establece como Canon de Riego para los sistemas operados por ARSE.

Estimando la dotación asignada para riego agrícola de un litro por segundo y por hectárea (1 l/s/ha) y estimando que el riego se utiliza nueve meses al año, se puede calcular la disponibilidad de agua para los sistemas de riego en 23.328 m³/ha/año, lo que daría un total de 4.665.600 m³/año. En la práctica el volumen utilizado es un poco menor porque hay meses de menor demanda (agosto, septiembre, marzo y abril), pero a los efectos de esta estimación se utiliza la dotación real.

El ingreso por facturación por regalías por riego en las 200 ha es de \$45.241/ha/año, es decir de \$9.048.200/año. Con estos valores están pagando un valor de \$1.94/m³ (a la fecha de hoy, 28/04/2025 con un valor del dólar oficial de \$1.190 equivale a U\$D 0.0016/m³), cuando el costo de operación y mantenimiento es de \$82/m³, con lo cual están asumiendo una ínfima parte del metro cúbico de agua utilizado (entre el 2 y el 3% en caso de utilizar menos agua de riego por meses de menor demanda o mejora en los sistemas de aplicación). Esto se debe a que es una proporción muy pequeña de riego agrícola sobre un sistema complejo de operar y mantener y que se desarrolló como actividad secundaria ya que la principal función del sistema fue la provisión de agua para potabilizar en la región de San Antonio Oeste. En este marco, es lógico proponer que se limite el crecimiento de los proyectos agrícolas que se están desarrollando hasta tanto no se resuelva el abastecimiento a la zona mediante un sistema con mayor garantía y seguridad de servicio.

En las alternativas contempladas para los escenarios futuros se debe plantear que el cobro a los usuarios del agua debe cubrir los costos de operación y mantenimiento de los sistemas de abastecimiento. En caso de que la tarifa no cubra los costos y la diferencia sea cubierta por aportes del gobierno debería quedar claramente identificado el porcentaje de aporte de los usuarios y el

aporte gubernamental.

Independientemente de las tarifas que se establezcan es fundamental que la escala de los proyectos agrícolas sea la adecuada para asegurar la rentabilidad necesaria que los haga sustentables. Al mismo tiempo es sumamente importante desarrollar alternativas complementarias de abastecimiento para los usos industriales y agrícolas para reducir la demanda del sistema actual y del que se proyecte en el futuro, el reúso de los efluentes cloacales tratados de las localidades cercanas es una fuente altamente viable para ser utilizada.

3.3.1.10 Aforos realizados en el canal para estimar pérdidas:

Después de la visita al canal se realizaron una serie de aforos a lo largo del canal principal y en el canal de vinculación hasta los reservorios para estimar las pérdidas por tramos. Se realizaron dos aforos en los meses de junio y diciembre de 2024. Los resultados se transcriben en el Anexo III, donde se observan que en ambos casos las pérdidas hasta el canal de alimentación al reservorio son del orden del 50% del caudal derivado en toma y que las principales pérdidas (el 80% del total perdido por infiltración se produce en este tramo) se dan en el tramo I, es decir desde la progresiva Km 0, bocatoma, hasta la progresiva km 70, cruce de la ruta 251. Justamente este tramo es la parte no impermeabilizada del canal.

3.3.2 Acueductos Ventana y Los Berros - Sierra Grande-Playas Doradas-Punta Colorada

Las localidades de Sierra Grande y Playas Doradas se abastecen desde las vertientes ubicadas en el faldeo de la meseta de Somuncurá y que dan origen a los arroyos La Ventana y Los Berros, mediante dos acueductos de asbesto cemento de diámetros variables entre 250mm y 450mm y de 118,52 km y 93,73 km de longitud respectivamente que transportan el agua captada en los manantiales que daban origen a cada arroyo.

El sistema de abastecimiento de agua potable a Sierra Grande ha pasado por momentos críticos. Cuando los acueductos fueron construidos a comienzos de la década del '70 la población de Sierra Grande contaba con cerca de 15.000 habitantes y una próspera actividad minera, la cual demandaba la mayor parte de la dotación. Luego que esta actividad dejara de explotarse el consumo se vio reducido a la mitad, ya que la producción minera no generaba demanda y la población fue reduciéndose hasta llegar a solo 5.000 habitantes, en la actualidad según el censo 2022 cuenta con aproximadamente 10.000 habitantes. Los acueductos sufrieron estos embates de la economía regional ya que el mantenimiento durante los último15/20 años ha sido deficiente.

Al momento la actividad minera está detenida, una vez que la mina dejó de producir, el consumo de agua de la población aumentó. En la actualidad se estima que la dotación diaria de agua por habitante en Sierra Grande es de 480 a 500 litros. Esta cifra es muy elevada, aunque como no existen determinaciones certeras del caudal entrante.

Según las estimaciones del DPA de julio de 2022, cada acueducto tiene un caudal de aproximadamente 50 l/s, caudal que es bastante estable a lo largo del año. Los acueductos se encuentran con serios problemas de mantenimiento que reducen su capacidad de transporte y sobre todo que causan interrupciones en la conducción del agua.

Debido a la antigüedad que poseen ambos acueductos (unos 50 años, que era la vida útil estimada en el momento de su construcción) y a la falta de un mantenimiento adecuado, se requiere de continuas reparaciones y obras de mejoramiento puntuales, de forma tal de garantizar el funcionamiento mínimo del sistema.

La localización de los arroyos se puede observar en la siguiente figura:

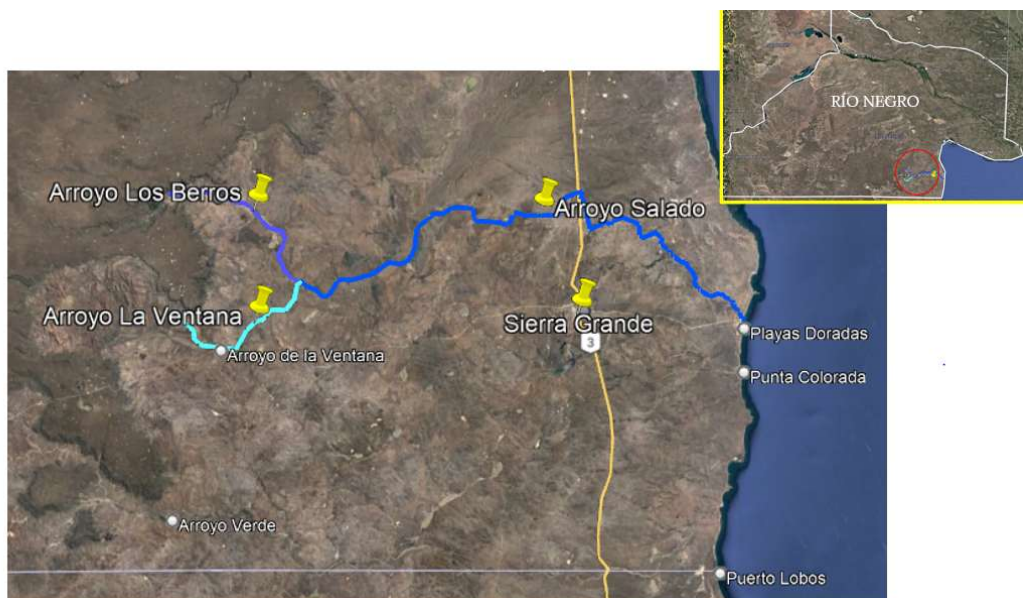


Ilustración 13: ubicación de los arroyos Ventana y Los Berros Fuente: propia

En los siguientes croquis se observa la ubicación de los manantiales, los acueductos y las instalaciones en la localidad de Sierra Grande (incluyendo las instalaciones de la ex mina HIPASAM).

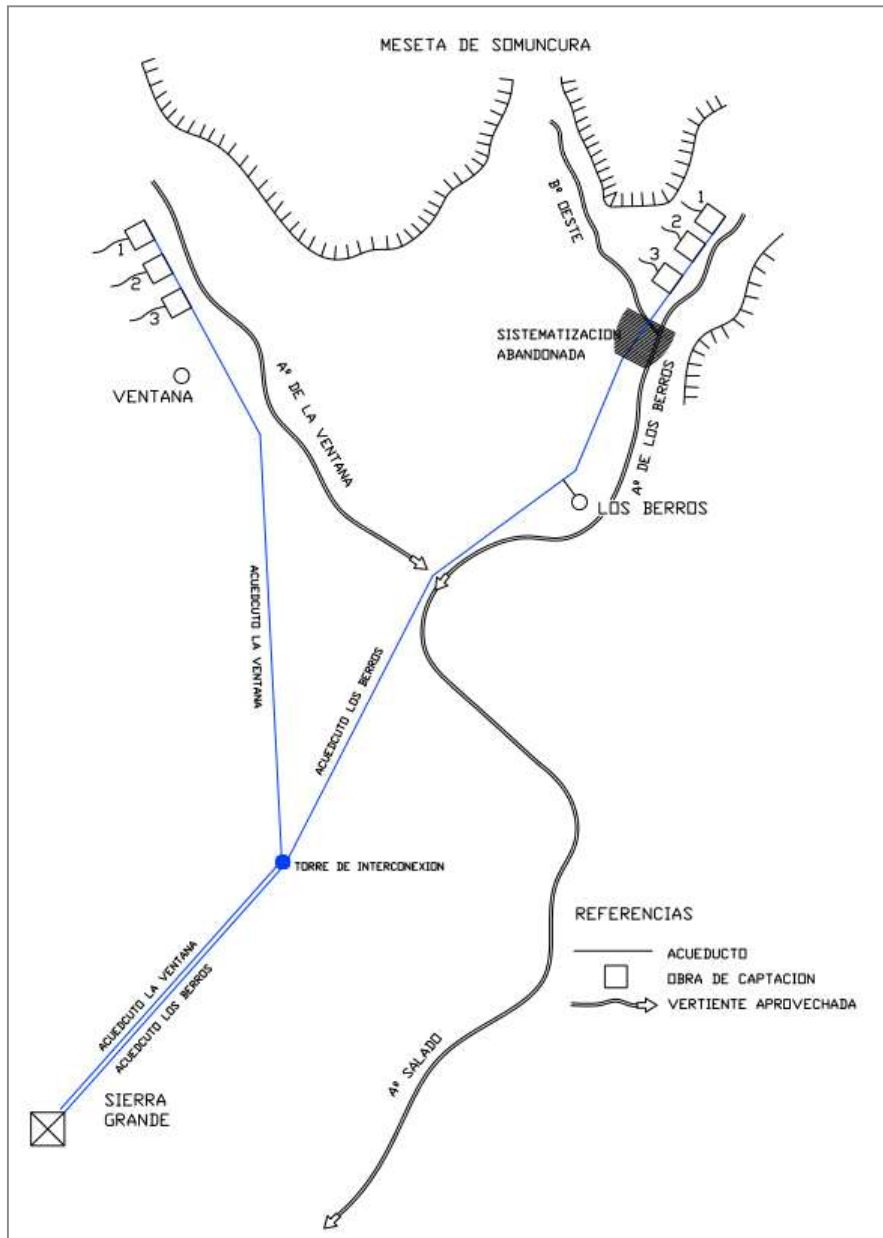


Ilustración: Ubicación de los manantiales, acueductos y torre de interconexión.

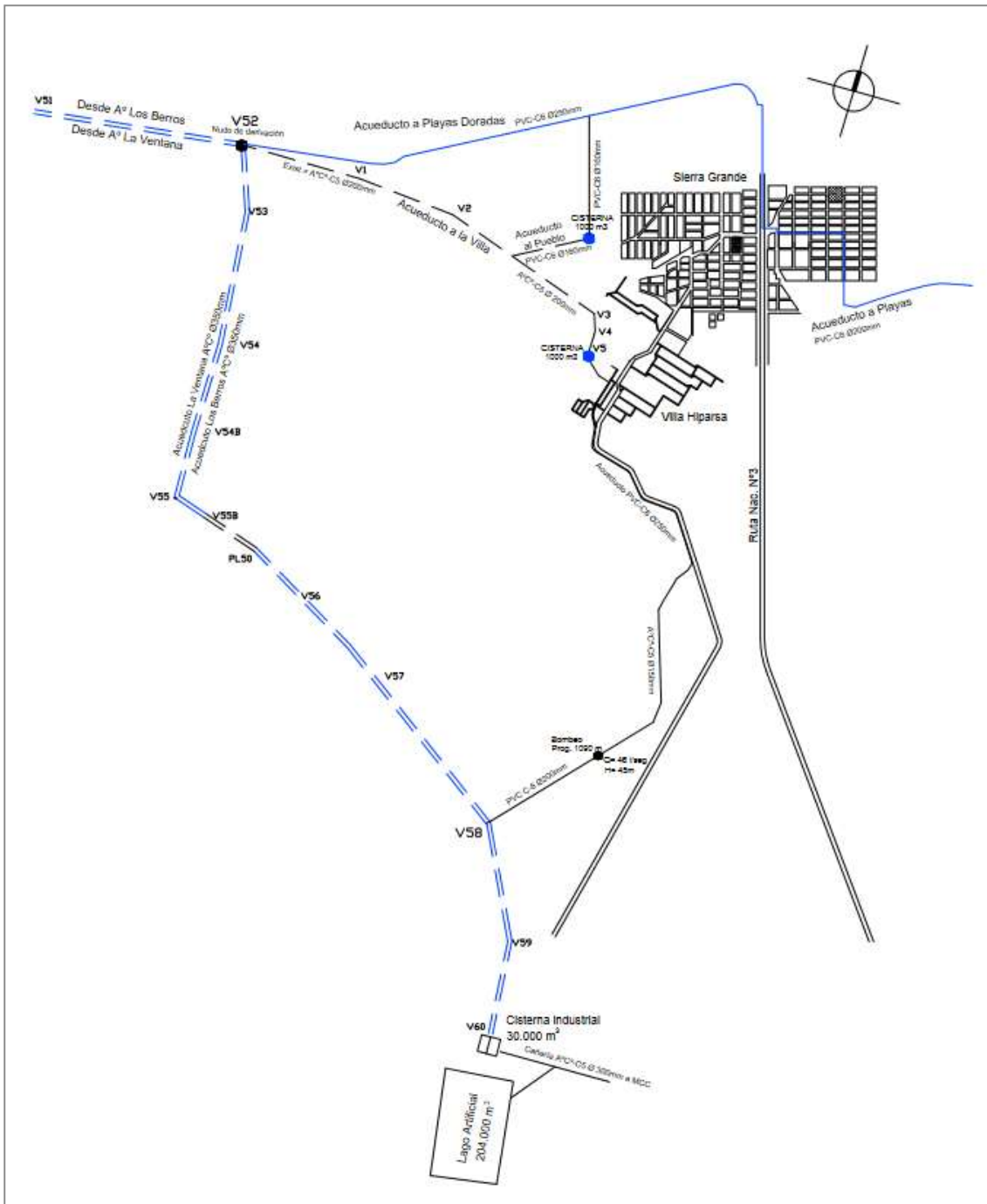


Ilustración 14: Ubicación del Vértice V52, acueducto a Playas doradas, acueducto a Sierra Grande, cisternas, acueducto a ex mina HIPASAM, cisterna industrial, lago artificial y acueducto de retorno a Sierra Grande

El acueducto de Ventana recoge agua de manantiales a 118 km de distancia de Sierra Grande. Está compuesto por caños de asbesto cemento de diámetros entre 250 y 450 mm entre clases 3 y 7. El caudal actual estimado transportado es de 50 l/seg y el caudal máximo de diseño es de 70 l/seg.

El acueducto Los Berros abastece de agua a Sierra Grande desde manantiales ubicados a 150 km de distancia y está construido con los mismos materiales que el acueducto Ventana. El caudal aportado actualmente es similar al del Ventana, ronda los 50 l/seg y el caudal máximo de diseño también es de 70 l/seg.

Ambos acueductos presentan las mismas características de funcionamiento. El agua escurre por gravedad y no poseen ninguna estructura de control de flujo ni sistemas de bombeo. Existen en toda su extensión columnas de ventilación, cámaras limitadoras de presión estáticas y dinámicas. Estas torres permiten el ingreso de aire a la conducción previniendo que se produzcan presiones menores que la atmosférica. Dentro de estas cámaras, la cota de la línea piezométrica debe pasar por el nivel de agua dentro de las torres, separando de esta manera el acueducto en tramos hidráulicamente independientes.

Estos acueductos presentan un problema muy serio que atañe a los aros de goma que ofician de sello en las tuberías originales de asbesto cemento. Se observa que estos aros de goma se están degradando, lo que lleva a una pérdida de agua que luego socava debajo del caño y luego por el propio peso se rompe un tramo del acueducto. La solución empleada es reemplazar los caños rotos y generalmente algunos aguas arriba y otros aguas abajo, que se rompen al sacar el caño roto, con caños de PVC, siendo una obra complicada por las distancias y el tipo de terreno, ocasionando cortes del suministro importantes en algunos casos. Se actúa sobre los problemas, no se realizan trabajos preventivos de mantenimiento como detección de pérdidas, reparaciones de uniones de caños, reparaciones de válvulas ni mediciones parciales que puedan detectar pérdidas.

Otro problema importante, y que cada vez es más frecuente, son los eventos climáticos como precipitaciones intensas en corto tiempo en la meseta, generando reactivación de cauces secos con gran arrastre de sólidos. Los sólidos generalmente son materiales del lugar, barro y rocas, que al arrastrar tanto volumen descalzan las tuberías en los cruces aluvionales y luego rompen la tubería. Se han realizado distintas obras de protección con gaviones que no han dado un resultado favorable. También en algunos sectores se realizaron cambios de traza y en algún caso puntual se ha cambiado la tipología del cruce del cauce aluvional realizándolo en forma aérea por encima del cauce aluvional, siendo estas últimas alternativas las que han tenido mayor éxito en eventos posteriores. El tipo de terreno por su pendiente, el suelo con complicaciones de su composición rocosa, el deterioro de los caminos de servicio ante estos eventos, los caudales que se generan en los cauces aluvionales que imposibilitan su cruce, son algunos de los inconvenientes que se producen al tener que reparar una rotura ante este tipo de eventos y provoca extensos cortes de suministro de agua a las localidades, siendo un problema grave sobre todo en épocas estivales. Estos eventos se han repetido con mayor

frecuencia en los últimos años producto del efecto del cambio climático.

En la actualidad varios tramos se han reemplazado por caños de PVC de mayor clase, especialmente el primer tramo del acueducto Ventana destruido en el año 2014 por una gran lluvia y creciente aluvional del arroyo. En el acueducto Los Berros se han cambiado principalmente caños de clase V y VII. Además, estos acueductos abastecen a conexiones autorizadas para uso humano y aguadas y a dos parajes, puesto que al captar los manantiales los arroyos que antes proveían este recurso a los establecimientos rurales se secaron y se perdió su única fuente de agua. Desde el arroyo Los Berros hay 12 conexiones que en teoría entregan 0.5 l/s, aunque no se mide, y se abastece al paraje Los Berros con un consumo estimado en 17 l/s. En el caso del acueducto Ventana también hay 12 conexiones para uso humano y aguada de las mismas características que en el otro acueducto y se abastece al paraje Ventana con un consumo estimado de 8 l/s. Es decir que en total se estaría entregando en el recorrido unos 37 l/s.

La calidad del agua obtenida tiene un PH neutro y los análisis realizados por el DPA muestran que el agua es químicamente apta para el consumo humano.

Los acueductos que vienen en forma paralela desde la torre de interconexión, al llegar al Vértice V52 (nudo de derivación de los acueductos al sistema de reservas), tienen la posibilidad de derivar por un acueducto a la Villa Balnearia Playas Doradas y de ahí a Punta Colorada. Este acueducto atraviesa por dentro de la localidad de Sierra Grande y luego va lindero a la ruta de acceso a Playas Doradas (un tramo a la ruta nueva y otro a la antigua), siendo complejo el mantenimiento del sector dentro de la localidad de Sierra Grande si fuera necesario realizarlo. También de este acueducto hay una derivación a las dos cisternas menores de 1.000 m³ que alimentan a Sierra Grande, que al mismo tiempo pueden alimentarse desde un acueducto que nace en el V52. Por último, también desde el V52, donde llegan los dos acueductos y tienen un caudalímetro cada uno para una medición diaria que realiza el DPA y la posibilidad de unir el caudal de ambos, nacen dos acueductos de unos 7.000 metros que alimentaban la ex mina HIPASAM. Estos acueductos descargan los excedentes no utilizados en Sierra Grande en una cisterna de 30.000 m³ ubicada en la ex mina HIPASAM que se utiliza para picos de consumo o eventos de interrupciones de los acueductos, bombeando dicho caudal a una de las cisternas menores. El rebalse de la cisterna era recogido en un lago artificial de 204.000 m³ ubicado en cercanías de la cisterna, para ser reutilizado por bombeo cuando era necesario. Este lago en la actualidad no se puede utilizar porque por falta de mantenimiento del cierre de la misma ha perdido estanqueidad.

Una vez que el agua está en las cisternas se le realiza la cloración para su distribución, siendo esto el

único tratamiento que recibe el agua antes de su entrega. Se realiza medición en algunos sectores y el cobro del servicio es prácticamente nulo.

Hasta el presente los dos acueductos son la única fuente que proveen agua a Sierra Grande y Playas Doradas. Los acueductos se encuentran con serios problemas de mantenimiento que reducen su capacidad de transporte y comprometen el normal abastecimiento de agua.

3.3.2.1 Aforos realizados por DPA:

Tabla 14 caudales expresados en litros/segundos

	ARROYOS 1951	ACUEDUCTO JULIO/2017	ACUEDUCTO ABRIL 2022
LOS BERROS	108	52	65
VENTANA	73	45	55
TOTALES DISPONIBLES	181	97	110

3.3.3 Análisis de inversiones para mejorar el funcionamiento del sistema de acueductos para el abastecimiento de Sierra Grande"

En función del documento "*Diagnóstico del sistema de aprovisionamiento de agua a Sierra Grande*" elaborado por Dr. Ing. Daniel Pérez y Ing. Darío. R. Minkoff en el año 2005 se realiza el siguiente análisis.

1. Principales Problemáticas Identificadas

- Falla Crítica de Juntas
- Estado de Obras de Arte (válvulas, drenes, medición, etc.)
- Infraestructura de Caminos
- Balance Oferta-Demanda

2. Principales recomendaciones

Urgentes (prioridad crítica)

- Solución Inmediata del Problema de Juntas
 - Opción A - Sellado Externo
 - Opción B - Reemplazo con PVC
- Reparación/Reemplazo de Válvulas de Aire

- Reparación de Válvulas de Limpieza

Importantes (corto plazo)

- Rehabilitación de Drenos de Captación
- Protección contra Erosión: Cruces de Arroyos (7 en total) y Bajos en Caminos (27 en total)
- Obras en Tomas de Captación
- Mantenimiento de Caminos de Servicio

Estratégicas (mediano-largo plazo)

- Incremento de Oferta de Agua
 - Opción A: Manantial Lliempe (La Ventana) (Caudal estimado: 18 l/s)
 - Opción B: Manantiales Berros Oeste (Caudal estimado: 32 l/s)
 - Pozos Existentes
 - Aguas Servidas Tratadas
- Concientización y Control de Consumo (objetivo: 250 l/hab/día)
 - Campaña de divulgación permanente
 - Multas por derroche (piletas, lavado de autos, riego de calles)
 - Tarifa escalonada proporcional al consumo
 - Medidores en todas las conexiones (actualmente 25 sin medición)
 - Medidores en Playas Doradas
- Automatización y Monitoreo

3. Costo Total de Intervenciones Recomendadas (a 2005)

Escenario Mínimo Indispensable (Reparación con Bear Hug)

Este escenario incluye solo las obras **críticas y necesarias** para mantener el sistema funcionando:

\$15,41 millones

Escenario Completo Recomendado (con Automatización)

Incluye el escenario mínimo + sistema de monitoreo: \$15,47 millones

Escenarios con Ampliación de Oferta

- Opción A: Mínimo + Manantial Lliempe (La Ventana): \$15,9 millones (caudal total La Ventana: 67.95 l/s)
- Opción B: Mínimo + Berros Oeste: \$18,8 millones (caudal total Los Berros: 99.7 l/s)
- Opción C: Máxima (ambas ampliaciones): \$19,1 millones (caudal total sistema: ~150 l/s)
- Alternativa de Reemplazo Total con PVC: \$37,9 millones

4. Resumen Ejecutivo de Costos (a 2005)

Escenario	Inversión Total	Caudal Resultante
1. Mínimo Indispensable	\$15.4 millones	100 l/s (50+50)
2. Mínimo + Monitoreo	\$15.5 millones	100 l/s
3. + Lliempe	\$15.9 millones	118 l/s
4. + Berros Oeste	\$18.8 millones	132 l/s
5. Ampliación Máxima	\$19.2 millones	150 l/s
6. Alternativa PVC	\$37.9 millones	100 l/s

5. Actualización de los valores de inversión

Si a la alternativa 6 se le suman los costos de ampliación de la oferta para alcanzar los 150 l/s se obtiene \$41,6 M

Considerando un valor de referencia de cambio de 3 \$/USD se obtiene:

- valor en dólares al 2005 es: USD 13,8M

El valor actualizado en pesos se hace considerando el valor acumulado de la inflación anual desde fin de 2005 a septiembre 2025, por lo tanto:

- valor actualizado a 2025: \$46.520 M

Considerando un valor de referencia de cambio de 1300 \$/USD se obtiene:

- valor actualizado a 2025: USD 35,8 M

Este costo será evaluado con respecto a los análisis de otras alternativas de abastecimiento.

Estos costos son aproximados y en base a una actualización sobre las referencias de cambios en las tasas inflacionarias y las variaciones en el tipo de cambio, por lo tanto son solo a nivel referencial y deberá realizarse un estudio de actualización de los requerimientos y los costos actuales en función del estado de situación actual del sistema de acueductos.

3.4 Conceptos básicos de desalinización

La desalinización es un proceso de separación que convierte agua salada (como agua de mar o salobre) en agua de baja salinidad (potable o para uso industrial) y una corriente de alta salinidad (salmuera), siendo su objetivo principal producir agua apta para consumo humano, industrial o agrícola.

La desalinización es una solución clave para cerrar la brecha entre oferta y demanda de agua, especialmente en regiones áridas o densamente pobladas.

3.4.1 Tecnologías de desalinización

Las tecnologías disponibles para la desalinización del agua de mar se dividen principalmente en dos categorías: procesos basados en membranas y procesos térmicos, aunque también existen tecnologías emergentes que combinan enfoques innovadores.

3.4.1.1 Tecnologías basadas en membranas

Estas usan membranas semipermeables para separar la sal del agua, generalmente mediante presión o electricidad.

Ósmosis inversa (OI): El agua salina pasa a presión a través de membranas semipermeables bajo alta presión (50-70 bares), dejando atrás las sales y otros sólidos disueltos.

Ventajas:

- Alta eficiencia energética (2-4 kWh/m³ con recuperación de energía).
- Escalable y ampliamente utilizada (representa ~70% de la capacidad mundial).
- Costos operativos moderados.

Desventajas:

- Requiere pretratamiento del agua para evitar ensuciamiento de membranas.
- Genera salmuera concentrada como residuo.

Electrodiálisis (ED) y Electrodiálisis inversa (EDR): Usa corriente eléctrica y membranas de intercambio iónico para separar iones de sal del agua. En EDR, se invierte la polaridad periódicamente para reducir incrustaciones.

Nanofiltración (NF): Similar a la OI, pero con membranas menos selectivas que eliminan sales divalentes y materia orgánica, requiriendo menos presión.

3.4.1.2 Tecnologías térmicas

Estas evaporan el agua y condensan el vapor para separar el agua dulce de las sales, aprovechando energía térmica.

Destilación por etapas múltiples (MSF, Multi-Stage Flash): El agua de mar se calienta y pasa por cámaras de presión decreciente, donde se evapora rápidamente (en "flashes") y luego se condensa.

Ventajas:

- Robusta y adecuada para agua de mar con alta salinidad o contaminantes.
- Puede integrarse con plantas de energía térmica (cogeneración).

Desventajas:

- Alto consumo energético (10-16 kWh/m³).
- Costos operativos elevados sin energía barata.

Destilación por efectos múltiples (MED, Multi-Effect Distillation): El agua se evapora en varias etapas a temperaturas y presiones decrecientes, reutilizando el calor del vapor en cada etapa.

Compresión de vapor (MVC, Mechanical Vapor Compression): El vapor generado se comprime mecánicamente para aumentar su temperatura y reutilizarlo en la evaporación del agua de mar.

✓ **Tecnologías emergentes e innovadoras**

- Desalinización por capacitancia (CDI, Capacitive Deionization)
- Ósmosis directa (FO, Forward Osmosis)
- Desalinización solar pasiva
- Congelación

✓ **Comparación entre tecnologías**

Tabla 15 - Comparación entre tecnologías

Tecnología	Consumo Energético (kW/m ³)	Escala	Costo Inicial	Aplicación Principal
Ósmosis Inversa	2-4	Grande	Medio	Uso global masivo
MSF	10-16	Grande	Alto	Regiones con cogeneración
MED	7-12	Mediana	Medio – Alto	Energía Renovable
MVC	7-12	Pequeña	Medio	Instalaciones Remotas
CDI	1-3 (baja salinidad)	Pequeña	Bajo – Medio	Investigación
Ósmosis Directa	< 2 (teórico)	Experimental	Bajo - Medio	Desarrollo

Fuente: Propia

✓ **Comentarios sobre las tendencias actuales de las tecnologías de desalinización**

En la actualidad la ósmosis inversa es la tecnología más extendida sobre todo por su bajo consumo de energía (eficiencia) y su versatilidad.

Las tecnologías térmicas son menos utilizadas por su baja eficiencia y su alto costo inicial, pero se utilizan en regiones con acceso a energía barata o calor residual.

Los sistemas que buscan combinar tecnológicas desarrollando soluciones híbridas (OI-MED) junto con el uso de energías renovables son una alternativa viable si se piensa en el concepto de sustentabilidad pudiendo, en ese marco, acceder a financiamientos especiales.

Las tecnologías emergentes como CDI y FO podrían revolucionar el sector si superan las barreras de escalabilidad con costos de inversión inicial y operación que sean competitivos frente a las otras tecnologías.

3.4.2 Aspectos claves que condicionan la instalación y operación de plantas desaladoras

Las plantas desalinizadoras son una solución para abastecer las demandas de agua en lugares con baja disponibilidad, pero presentan algunos aspectos claves que deben ser tenidos en cuenta cuando se analiza la viabilidad de un proyecto. Estas consideraciones pueden depender de factores geográficos, económicos, técnicos y ambientales.

Las principales limitaciones son:

Costo elevado: La construcción y operación de plantas desaladoras requiere una inversión inicial significativa en infraestructura, tecnología y mantenimiento. Además, el consumo energético es alto, lo que incrementa los costos operativos, con lo cual todas las acciones que tiendan a aumentar la eficiencia de la producción deben ser prioritarias en la operación de estas instalaciones.

Impacto ambiental:

- Salmuera: El proceso de desalinización genera grandes cantidades de salmuera que puede afectar los ecosistemas en los que se dispone.
- Emisiones de carbono: Si la energía proviene de combustibles fósiles se puede considerar que las emisiones de carbono son elevadas.
- Alteración de hábitats: Se deben evaluar detalladamente los impactos ambientales en los sitios de construcción.

Ubicación geográfica: Las plantas desaladoras necesitan estar cerca del mar para acceder al agua salada, lo que limita su instalación a regiones costeras y en las cercanías de las zonas de consumo, de no ser posible se deben construir redes de distribución que suman costos a los proyectos de abastecimiento.

Consumo energético: Las tecnologías de desalinización, especialmente por ósmosis inversa o destilación térmica, requiere grandes cantidades de energía. En regiones con escasez de recursos energéticos o altos costos eléctricos, esto puede ser una limitación importante.

Regulaciones y permisos: La instalación de las plantas está sujeta a evaluaciones y autorizaciones gubernamentales sobre temas ambientales o de zonificación que pueden condicionar o demorar el desarrollo del proyecto.

Operación y mantenimiento: La operación y el mantenimiento de estas instalaciones requiere personal capacitado y un detallado monitoreo de los procesos para asegurar el buen funcionamiento.

Producción continua: La producción de agua de las plantas desaladoras debe mantenerse constante la mayor parte del tiempo, pudiendo cambiar el volumen producido en rangos del orden del 10%. Si la planta presenta grandes cambios en el volumen producido a lo largo del tiempo las instalaciones que no están en producción requieren un mantenimiento constante que insume grandes costos en áreas improductivas de las plantas.

Temperatura del agua: La temperatura del agua incide directamente en los requerimientos de energía para lograr la desalinización y por lo tanto la relación con los costos es directa. El proceso de desalinización funciona adecuadamente con temperaturas en el orden de los 15 °C. Por debajo de estos valores los costos comienzan a elevarse llegando a la condición donde si la temperatura del agua es de 6 °C los costos pueden llegar a duplicarse. Independientemente de estos valores referenciales, la temperatura es un condicionante crítico debiendo establecerse para las distintas épocas del año las temperaturas en la zona donde se ubica la obra de toma (T° Máxima, T° Media y T° Mínima). Se debe establecer también la variación de los distintos componentes químicos del agua para las distintas temperaturas durante el año.

3.4.3 Criterios para aumentar la eficiencia energética de las plantas desaladoras

Los procesos para la desalinización del agua demandan una gran cantidad de energía, por ello es importante identificar las acciones que permiten aumentar la eficiencia de los procesos de producción. La elección de la estrategia a implementar para aumentar la eficiencia de producción depende de múltiples factores, entre ellos, el tipo de tecnología instalada, el diseño de las instalaciones y el presupuesto disponible. Las soluciones con mejores resultados surgen de la combinación de acciones y tecnologías como ser implementar energías renovables, recuperación de energía y optimización operativa.

Se detalla a continuación algunas estrategias para aumentar la eficiencia energética:

Optimización de tecnologías de desalinización

- Ósmosis inversa (OI) de alta eficiencia:
 - Usar membranas de ósmosis inversa más avanzadas que requieran menor presión para filtrar el agua. Las membranas modernas, como las de grafeno o nanomateriales, permiten mayor permeabilidad y menor consumo energético.

- Implementar bombas de alta eficiencia y sistemas de recuperación de energía (como intercambiadores de presión o dispositivos de recuperación tipo Pelton), que reciclan la energía del flujo de salmuera para reducir hasta un 60% el consumo energético.
- Destilación multi-etapa (MED) o destilación por compresión de vapor (MVC):
 - Estas técnicas térmicas pueden optimizarse reutilizando el calor residual en múltiples etapas, disminuyendo la necesidad de energía externa.

Integración de energías renovables

- Energía solar: Combinar plantas desaladoras con paneles fotovoltaicos o sistemas de concentración solar (CSP) para alimentar las bombas y procesos térmicos.
- Energía eólica: Las turbinas eólicas pueden suministrar electricidad directamente a las plantas.
- Energía de olas o mareas: aprovechar el movimiento del océano puede ser una fuente complementaria en ubicaciones específicas.

Recuperación y reutilización de energía

- Dispositivos de recuperación de energía (ERD): tecnologías como el intercambiador de presión o turbinas Pelton recuperan la energía del flujo de salmuera a alta presión, reutilizándola para presurizar el agua entrante. Esto puede reducir el consumo energético de 4-6 kWh/m³ a menos de 2 kWh/m³ en plantas de ósmosis inversa.
- Sistemas híbridos: combinar OI con procesos térmicos para aprovechar el calor residual y maximizar la eficiencia global.

Diseño y operación optimizados

- Pretratamiento eficiente: mejorar el pretratamiento del agua de mar (filtración, eliminación de sólidos) reduce la cantidad de material que es retenido por las membranas, lo que disminuye la energía necesaria para mantener la presión y el flujo. Técnicas como ultrafiltración o floculación avanzada son efectivas.
- Control inteligente: Usar sistemas de monitoreo en tiempo real con inteligencia artificial para ajustar la presión, flujo y consumo energético según las condiciones del agua y la demanda, evitando desperdicios.
- Escalado modular: Diseñar plantas modulares que operen solo las unidades necesarias según la demanda, en lugar de mantener toda la capacidad activa constantemente.

Reducción de pérdidas

- Aislamiento térmico: mejorar el aislamiento de tuberías y equipos para evitar pérdidas de calor.

- Mantenimiento predictivo: Aplicar sensores para detectar y reparar fugas o fallos en bombas y membranas antes de que aumenten el consumo energético.

3.4.4 Descripción de los conceptos básicos del proceso de desalinización mediante Ósmosis Inversa

El concepto básico del proceso de ósmosis inversa consiste en hacer pasar el agua salina a través de una membrana semipermeable aplicando presión. Este proceso permite que pase el agua pero las sales queden retenidas.

La presión requerida debe superar la presión osmótica (25-30 bares para agua de mar, dependiendo de la salinidad). Las membranas están fabricadas de polímeros y actúan como una barrera selectiva. El transporte del agua se basa en la difusión de la solución, no en el tamaño de las partículas.

El producto resultante de este proceso es un volumen de agua con salinidad cercana a cero y que representa entre el 40-70% del volumen del agua de alimentación.

Las principales etapas del proceso son el *pretratamiento* donde se eliminan partículas, materia orgánica y bacterias, *tratamiento principal* mediante ósmosis inversa con membranas y el *postratamiento* que es la remineralización para el agua potable.

Si bien los beneficios de la desalinización son muchos, también lo son los desafíos que implica su uso para que sea técnica y económicamente viable. Los desafíos más relevantes para los proyectos de plantas desalinizadoras son la eficiencia energética ya que el consumo de energía es uno de los mayores costos, el diseño del pretratamiento que tiene suma importancia para proteger las membranas y la caracterización detallada del agua que abastece la planta.

Garantizar el buen funcionamiento de las membranas es fundamental para la productividad de las instalaciones, uno de los mayores problemas que afectan las membranas son las incrustaciones que es la acumulación de sales, partículas, materia orgánica o bacterias en la membrana, reduciendo su eficiencia. Existen distintos tipos de incrustaciones:

- Incrustaciones químicas: Sales poco solubles (ej. carbonato de calcio, sulfato de calcio).
- Incrustaciones de partículas: Limo, arcilla.
- Bioincrustaciones: Bacterias y polisacáridos.
- Incrustaciones orgánicas: Proteínas, aceites.

Estas incrustaciones provocan la disminución del flujo de agua, la reducción de la calidad del producto y el aumento del consumo energético y costos.

Para disminuir el riesgo de incrustaciones se recomienda el pretratamiento efectivo (filtración,

coagulación, flotación), el uso de antiincrustantes o ajuste de pH y operar la planta a bajo flujo y alta velocidad de alimentación.

3.4.4.1 Diseño de Obras de Toma y Conducciones

Uno de los componentes principales de las instalaciones de desalinización son las obras de toma y las conducciones.

Debido a la importancia de esos componentes es que su diseño es un aspecto clave para lograr un funcionamiento óptimo de las aducciones y las tuberías desde el cabezal de succión hasta la estación de bombeo, considerando factores técnicos, económicos y ambientales.

El diseño de aducciones y tuberías en plantas desalinizadoras requiere un enfoque integral que equilibre eficiencia hidráulica, costos, impacto ambiental y condiciones del sitio, utilizando para garantizar un rendimiento óptimo herramientas como prototipos y CFD (Dinámica de Fluidos Computacional) para simulaciones precisas de dos fases, agua y aire optimizan configuraciones complejas.

Los tres elementos claves de esta instalación son:

- El Cabezal de Succión de Admisión es el punto inicial donde se captura el agua del mar, su diseño y ubicación son críticos para el rendimiento de la planta.
- La Tubería de Admisión que conecta el cabezal de succión con la estación de bombeo, su diseño afecta el costo y la eficiencia hidráulica.
- La Estación de Bombeo, ubicada generalmente en la orilla, succiona y traslada el agua hacia la planta desalinizadora.

Los factores claves en el diseño de estos elementos son:

- Ubicación:
 - La elección del sitio para el cabezal y la ruta de la tubería debe considerar batimetría (profundidad del fondo marino), mareas, calidad del agua (TSS, DBO, etc.), olas y condiciones extremas (temperaturas, congelamiento, condiciones de tormentas).
 - Una mala ubicación puede aumentar costos y afectar la vida marina o la calidad del agua captada.
 - Infraestructura Existente: Aprovechar tuberías o estructuras previas (ej. embarcaderos) puede reducir costos significativamente.
- Costo:
 - El diseño de la aducción puede representar hasta el 25% del costo total de una planta desalinizadora.

- Factores como el tipo de fondo marino (rocoso o arenoso) y la excavación influyen en el presupuesto.
- Impacto Ambiental: Se prioriza minimizar el daño a la vida marina, evitando biocidas y controlando la velocidad de entrada ($\leq 0.15-0.2$ m/s).

Criterios básicos para el diseño del Cabezal de Succión:

- Tamaño y Forma: debe ser proporcional a la capacidad de la planta, evitando estructuras masivas que resistan mal las olas y corrientes.
- Ubicación Vertical: No debe estar demasiado cerca del fondo (para evitar arena) ni de la superficie (para evitar pesca o embarcaciones).
- Se debe disponer de una malla en el ingreso de aproximadamente de 5-10 cm para evitar bioincrustación seguida de pantallas posteriores más finas (aprox. 5 mm).
- Debe tener características de autolimpieza para reducir los costos de mantenimiento.
- La velocidad en el cabezal debe ser $\leq 0.15-0.2$ m/s para proteger la fauna.

Criterios básicos para el diseño de la Tubería:

- Materiales:
 - HDPE (polietileno de alta densidad) es común por su facilidad de instalación, pero requiere cuidado en diámetros grandes para evitar deformaciones.
 - Hormigón segmentado para tuberías largas construido con tuneladoras.
- Traza (ubicación): debe ser óptima para minimizar costos y riesgos (ej. evitar zonas de pesca).
- Montaje: En HDPE, se hunde en forma de "S", evitando pandeo; en hormigón, se excava bajo el fondo marino.
- Velocidad En la tubería: $\leq 1-1.5$ m/s para evitar pérdidas de presión excesivas.

Para el diseño de la Estación de Bombeo se debe tener en cuenta la ubicación, las perdidas de carga en función de la cual se determina la capacidad y nivel de las bombas y el impacto de las variaciones de nivel repentinas por aspectos operativos. Los tipos de estaciones bombeo mas comunes son:

- Pozo húmedo rectangular (flujo uniforme, común).
- Pozo húmedo circular (limitado a pocas bombas).
- Pozo húmedo longitudinal (difícil por flujo desigual).

Conceptos principales para la caracterización de la zona de ubicación de la obra de toma:

- Monitoreo mensual, para ver la variación a lo largo del año (2 muestreos)
- Monitorear más de una ubicación probable
- Profundidad mínima: 5 metros

- Para las probables ubicaciones de la toma analizar: batimetría (profundidad del fondo marino), ciclos de mareas, calidad del agua, efectos estacionales (proliferación de algas), condiciones extremas (temperaturas, congelamiento, condiciones extremas) y probables afectaciones por contaminación (vertidos de efluentes desde la costa o de embarcaciones)

Principales parámetros para caracterizar el agua de aducción:

- Parámetros biológicos:
 - Plancton
 - Algas
 - Bacterias.
- Parámetros físicos:
 - Turbidez
 - Temperatura
 - Sólidos Suspendidos Totales (SST)
 - Sólidos Totales Disueltos (STD)
 - Conductividad eléctrica.
- Parámetros químicos:
 - pH
 - Oxígeno disuelto (OD)
 - Demanda química de oxígeno (DQO)
 - Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)
 - Alcalinidad
 - Dureza
 - Concentración de iones principales: Cationes (calcio, magnesio, sodio, potasio), Aniones (cloruros, sulfatos, bicarbonatos, carbonatos)
 - Nutrientes: Nitrógeno y Fósforo
 - Metales pesados: plomo (Pb), mercurio (Hg), cadmio (Cd), arsénico (As)
 - Compuestos orgánicos: pesticidas, hidrocarburos, fenoles y otros contaminantes orgánicos

3.4.4.2 Pretratamiento de agua en el proceso de desalinización

En las plantas de ósmosis inversa (RO), el pretratamiento tiene como objetivo principal preparar el agua de mar para que sea adecuada antes de entrar en las membranas.

Con este proceso se busca eliminar sólidos suspendidos, materia orgánica e inorgánica, y otros contaminantes para garantizar un funcionamiento constante de la planta de RO, prolongar la vida útil de las membranas, reducir el consumo de energía y la necesidad de limpieza química, minimizando el tiempo de inactividad.

Para el diseño adecuado del proceso de pretratamiento es condición fundamental conocer detalladamente la calidad de agua de la alimentación, los principales características a determinar son:

- Parámetros biológicos: plancton, algas, bacterias.
- Parámetros físicos: arena, limo, turbidez, sólidos suspendidos totales (TSS).
- Parámetros químicos: materia orgánica (COD, TOC), aceite y grasa.

Es muy importante también conocer condiciones ambientales de la zona donde se ubica la instalación como tormentas, corrientes, efectos estacionales (como proliferación de algas), y posibles contaminantes industriales o de aguas residuales.

Los parámetros que se deben conocer para caracterizar el agua de alimentación son, como mínimo los siguientes:

- Sólidos Totales Disueltos
- Temperatura
- Sólidos Suspendidos Totales
- Cloruros
- Carbono Orgánico Total
- BOD

Para realizar la caracterización del agua se recomienda también tener en cuenta la profundidad mínima (5 metros) y la variación de mareas, monitorear más de una ubicación probable de la toma de agua, caracterizar la variación a lo largo del año considerando variaciones mensuales y/o estacionales, se puede comenzar monitoreando 2 veces por mes e idealmente durante varios años y por ultimo realizar pruebas piloto en laboratorio para optimizar el diseño del pretratamiento

Existen distinta tecnologías para realizar el Pretratamiento, las mas relevantes son:

- Coagulación y Floculación:
 - Coagulación: desestabiliza partículas mediante productos químicos (como cloruro férrico) para neutralizar el potencial zeta.
 - Floculación: aglomera partículas pequeñas en flóculos más grandes con polímeros, facilitando su eliminación.

- Clarificación: Para partículas pesadas (como arena), se usan clarificadores (ej. clarificadores de láminas) que aprovechan la sedimentación por gravedad.
- Flotación por Aire Disuelto (DAF): Ideal para partículas ligeras (como algas, aceite y grasa), usa burbujas de aire para llevarlas a la superficie y eliminarlas mediante un skimmer.
- Filtros Multimedia: Capas de antracita, arena y grava que actúan como barrera física y biológica (biofiltros). Requieren maduración para que crezca una capa biológica que mejora la filtración. Eficientes para condiciones estándar, pero limitados ante picos de TSS altos.
- Ultrafiltración (UF): usa membranas con poros de ~110 nm para eliminar partículas coloidales, virus y TSS. Como principales ventajas se destaca la mayor calidad constante del agua filtrada y que es adaptable a variaciones en la calidad del agua. Las principales desventajas son el mayor consumo de químicos, menor recuperación y necesidad de neutralizar residuos.
- Filtros de Cartucho: Última barrera (20 micrones) antes de las membranas de OI para protegerlas de cualquier TSS residual.

Para la elección de tipo de Pretratamiento se tiene en cuenta factores como los costos de capital (CAPEX) y operativos (OPEX), y condiciones pico (ej. proliferación de algas) pero fundamentalmente se define en función de los niveles de TSS y su naturaleza (pesados o ligeros):

- TSS bajo (<10 mg/L): filtros multimedia o UF pueden ser suficientes.
- TSS medio (10-50 mg/L): requiere coagulación/floculación adicional.
- TSS alto (>50 mg/L): combinación de clarificadores o DAF con filtros multimedia/UF.

Como recomendaciones operativas se destacan

- Cloración: No se recomienda continua en el pretratamiento, especialmente con filtros multimedia (daña la biología) o cerca de membranas OI por que las degrada. Solo se usa como tratamiento de choque con la planta detenida.
- Retrolavado: Esencial para regenerar filtros multimedia y UF, ajustado según la carga de TSS y tipo de suciedad (orgánica o inorgánica).

El pretratamiento en desalinización busca optimizar la calidad del agua de mar para proteger las membranas de ósmosis inversa, utilizando una combinación de tecnologías adaptadas a las condiciones locales y basadas una caracterización detallada del agua de alimentación. La elección entre métodos convencionales (como filtros multimedia) y avanzados (como UF) depende de factores técnicos, económicos y ambientales específicos de cada proyecto. Un pretratamiento bien diseñado es clave para el éxito de una planta de OI, afectando directamente la eficiencia energética, los costos operativos y la durabilidad del sistema.

3.4.4.3 Diseño y Planificación de las Instalaciones

El Diseño y la Planificación de las instalaciones de una planta desaladora debe garantizar la cantidad y calidad del agua requerida en todo el rango operativo, optimizando gastos de capital (CAPEX) y operativos (OPEX), con alta disponibilidad y flexibilidad.

El diseño de una planta desalinizadora requiere una perspectiva integral, ya que cada área (toma de agua, pretratamiento, osmosis inversa, postratamiento) afecta a las demás.

La optimización en el diseño depende de la experiencia y el análisis comparativo entre herramientas de diferentes proveedores y requiere cientos de proyecciones en software de membranas para encontrar la configuración ideal, considerando flujo, recuperación, energía y calidad del agua.

De la información básica necesaria para diseñar y planificar el funcionamiento de la planta se destaca la determinación de la capacidad de la planta y la definición sobre la flexibilidad operativa que se le requiere a la planta. La calidad del agua y sus variaciones estacionales son también datos fundamentales debiendo considerarse para el diseño la peor condición de salinidad y temperatura para garantizar la calidad del agua producida. Por último se debe conocer la calidad establecida para el agua producida que será condiciones de los usos a los que estará destinada y de los estándares locales que deberá cumplir.

En función de las características del agua de alimentación y de la calidad establecida para el agua producida se definirá la cantidad de pasos en la que el agua pase por las membranas (una o dos) y la cantidad de etapas dentro de cada paso determinado previamente.

Dentro de los factores que afectan el diseño se destacan:

- Temperatura del agua de alimentación: A mayor temperatura, mayor conductividad del agua producida debido a una mayor difusión de sales a través de la membrana.
- Presión osmótica: Depende de la salinidad (e.g., 35,000 ppm = ~30 bar). Cada 1,000 ppm adicional aumenta la presión osmótica en 0.77 bar.
- Flujo (Flux): Tasa de permeado por área de membrana (lmh). Para agua de mar, típicamente entre 10-18 lmh, optimizado según calidad y consumo energético.
- Recuperación: Porcentaje de agua convertida en permeado. En agua de mar, suele ser 40-50%, mientras que en agua salobre puede llegar a 85-95%. Limitada por presión máxima (75 bar) y riesgos de incrustaciones.

Con respecto a las distintas configuraciones de las plantas podemos diferenciar las plantas montadas en serie de las que tienen una configuración para funcionamiento en paralelo.

Las plantas que funcionan en serie tiene la unidad de bombeo, el grupo de membranas y el sistema de recuperación de energía en una sola unidad. Este esquema es apropiado para plantas mediana de

hasta 150.000 m³/día

Las plantas que tienen un esquema de funcionamiento en paralelo cuentan con un gran centro de bombeo que alimenta un esquema de múltiples bancos de membranas, estos esquemas tienen un menor consumo energético, tienen alta flexibilidad y es adecuado para plantas muy grandes con producciones mayores a 200.000 m³/día.

Otro aspecto importante a considerar es la adopción de un esquema N-1ó N+1 con respecto a la cantidad de equipos de filtrado y la flexibilidad de operación, la diferencia es la siguiente:

- N-1: Esta diseñada para operar con todos los trenes de filtrado al mismo tiempo y tener capacidad de funcionar con uno menos durante mantenimiento. Más eficiente en operación.
- N+1: Incluye una unidad en espera que entra en funcionamiento cuando se hace algún mantenimiento, este esquema aumenta costos operativos por flasheo constante.

Estos conceptos reflejan la complejidad y la necesidad de un enfoque personalizado para cada planta desalinizadora, adaptándose a las condiciones locales, los requisitos del operador y las limitaciones técnicas.

3.4.4.4 Post Tratamiento

El postratamiento es la etapa posterior al sistema de ósmosis inversa en la desalinización, donde se añaden minerales al agua desalinizada para estabilizarla y hacerla apta para el consumo humano.

Su objetivo principal es mejorar la calidad del agua, reduciendo su naturaleza corrosiva y ajustándola a estándares de agua potable mediante la adición de minerales como calcio y carbonato, y corrigiendo el pH.

El agua desalinizada tiene bajo contenido de minerales (calcio, magnesio), un pH bajo (generalmente 6.5-8.5) y es químicamente inestable, lo que la hace agresiva hacia materiales como cemento y metal utilizados en sistemas de distribución.

El postratamiento estabiliza el agua para evitar corrosión y la hace saludable al añadir minerales esenciales.

Uno de los procesos claves en el postratamiento es la Remineralización donde se aumenta la dureza (concentración de calcio y magnesio) y la alcalinidad (carbonato y bicarbonato) del agua. Para ello se puede utilizar alguno de los siguientes métodos:

- Método de cal (hidróxido de calcio): Utiliza cal y dióxido de carbono (CO₂). La cal aporta calcio y eleva el pH; el CO₂ ajusta la alcalinidad. Este método presenta la ventaja de tener un costo operativo moderado, ampliamente usado y como desventaja se destaca que los lodos que requieren tratamiento.

- Método de piedra caliza (carbonato de calcio): disuelve piedra caliza con ácido (ej. sulfúrico) y/o CO₂ para aportar calcio y alcalinidad, ajustando el pH con una base adicional si es necesario, el agua pasa por reactores de piedra caliza, con tiempo de contacto de 10-30 minutos. Como ventaja se destaca el menor costo operativo, menos CO₂ requerido y como desventaja el alto costo de capital por reactores grandes y necesidad de piedra caliza de alta pureza.

La selección del método depende de la disponibilidad de materias primas (cal o piedra caliza de grado alimenticio), costos y diseño del proyecto.

Otro procedimiento clave en el postratamiento es la desinfección que elimina y previene el crecimiento biológico (bacterias, virus) en el sistema de distribución, comúnmente mediante hipoclorito de sodio (0.5-1.5 mg/L de cloro residual tras 30 minutos de contacto). Se pueden utilizar alternativas como luz ultravioleta (UV) o productos químicos como ozono, aunque son menos comunes.

El postratamiento en la desalinización transforma el agua desalinizada, corrosiva y pobre en minerales, en agua potable estable y segura, utilizando procesos como la remineralización y la desinfección, con tecnologías como la cal o la piedra caliza adaptadas a las necesidades específicas de cada planta.

3.4.4.5 Operación y Mantenimiento de las Instalaciones

La operación y mantenimiento de una planta desalinizadora se basa en un enfoque proactivo, eficiente y seguro, con énfasis en la resiliencia, la mejora continua y la sostenibilidad económica y ambiental, apoyándose en tecnología avanzada y un equipo humano altamente capacitado.

Los conceptos mas importantes en que se debe planificar la operación de las plantas son:

- Seguridad, Salud y Medio Ambiente: La prioridad es garantizar un entorno seguro para empleados y visitantes, proteger su salud y minimizar el impacto ambiental.
- Resiliencia: Prepararse para cualquier eventualidad que pueda afectar las operaciones, como contaminación marina, fallos de equipos o problemas externos. Esto implica anticiparse a los problemas y tener planes de contingencia.
- Control de Costos y Rentabilidad: Identificar factores de costo a corto y largo plazo, optimizando procesos para garantizar la rentabilidad sostenida. Se busca un equilibrio entre costos inmediatos y beneficios futuros.
- Mejora Continua: Establecer objetivos claros, definir indicadores clave de rendimiento, medir resultados y ajustar planes para mejorar constantemente la calidad y eficiencia.

Las regulaciones ambientales son un marco que condiciona la operación de las instalaciones, se debe

garantizar una adherencia total a regulaciones ambientales, monitoreo del impacto en el lecho marino (descarga de salmuera) y cooperación con reguladores, del mismo modo la eliminación adecuada de residuos sólidos y manejo responsable de materiales peligrosos debe tener una política claramente establecida.

El enfoque sobre el que se planifica el mantenimiento es clave para el funcionamiento de la planta. Este enfoque puede ser proactivo o reactivo.

El enfoque proactivo está basado en anticipar y prevenir problemas en lugar de solo reaccionar a ellos, esto aplica a ingeniería, mantenimiento, compras y cadena de suministro. En este enfoque se pueden establecer de forma preventiva rutinas programadas (diarias, semanales, mensuales, etc.) basadas en directrices de fabricantes y experiencia interna (Ejemplo: limpieza de tuberías marinas cada 3-4 meses.). De la misma forma y aplicando criterios de mantenimiento predictivo se pueden utilizar análisis de tendencias para prever fallos futuros y tomar medidas correctivas antes de que ocurran.

En el enfoque reactivo se mantiene capacidad para responder rápidamente a averías imprevistas, con personal de guardia y definición de niveles de urgencia, ya que ante reparaciones no programadas ante fallos inesperados se requiere una respuesta rápida y eficiente.

Como recomendaciones complementarias con respecto a la operación y mantenimiento de las plantas se puede destacar:

- Planificación Óptima: Ajustar la producción para minimizar los costos, aprovechando por ejemplo precios de energía más bajos (ej. producir más de noche).
- Gestión de Membranas: Monitoreo y limpieza programada para mantener la eficiencia de las membranas de ósmosis inversa, con reemplazos mínimos
- Energía: Medición de kilovatios por m³ de agua producida y ajuste de producción según precios energéticos variables.
- Químicos: Reducción del consumo químico mediante optimización del proceso.
- Certificaciones: Cumplimiento de normas ISO 9001 (calidad), ISO 14001 (medio ambiente).
- Procedimientos: Establecer manuales detallados, capacitación anual y certificación de operadores para garantizar agua de alta calidad.
- Ciberseguridad: Protección de sistemas mediante aislamiento de internet y monitoreo de anomalías en datos, además de planes de recuperación ante desastres.
- Uso de inteligencia artificial y aprendizaje automático para analizar datos y pasar de gestión reactiva a proactiva, con el objetivo de lograr plantas autónomas en el futuro.

La operación y mantenimiento de una planta desalinizadora se basa en un enfoque proactivo, eficiente y seguro, con énfasis en la resiliencia, la mejora continua y la sostenibilidad económica y ambiental,

apoyándose en tecnología avanzada y un equipo humano altamente capacitado.

3.5 Análisis de alternativas para abastecimiento de agua de la región sur – zona atlántica

3.5.1 Descripción general

En este informe se analizan distintas alternativas para el suministro de agua para riego en poblaciones de la Zona Atlántica de la provincia de Río Negro. Se evalúa, en particular, la necesidad de desalinizar agua de mar para abastecer de agua potable a localidades de la Región Sur, como Sierra Grande, Playas Doradas y Punta Colorada, así como a las poblaciones de la Zona Atlántica: San Antonio Oeste, San Antonio Este y Las Grutas. Como se mencionó anteriormente, la Etapa 4 comprende la “Evaluación de la necesidad de la desalinización de agua para el abastecimiento de agua potable en localidades de la Región Sur y en poblaciones de la Zona Atlántica de la Provincia de Río Negro”. Como también se contemplan distintas combinaciones de soluciones considerando solamente acueductos, o acueductos con plantas desaladoras. Para este estudio se tienen en cuenta como referencia las alternativas técnicas existentes estudiadas por la Dirección de Proyectos de saneamiento del DPA, que sirven como antecedente para este análisis de donde se toman datos de base. Estas alternativas son descritas en el siguiente apartado como punto de partida del análisis.

El estudio aborda tres alternativas de suministro de agua cruda para abastecimiento poblacional y agua para riego, focalizadas en la región que comprende San Antonio, Playas Doradas, Sierra Grande y Punta Colorada.

Se contemplan diferentes escenarios: uno orientado únicamente a cubrir la demanda poblacional de agua potable, y otros dos que incluyen, además, la demanda para riego agrícola en superficies de 5.000 y 10.000 hectáreas, previstas para un emprendimiento productivo.

3.5.2 Alternativas estudiadas por el DPA

El estudio de la Dirección de Proyectos de saneamiento del DPA sobre el planteo de alternativas “PROYECTO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA (SAO - SAE - LG - SV- SG – PD)” el cual se incorpora como anexo I (archivo adjunto), tiene por finalidad comparar distintas alternativas de anteproyectos para transportar 1.000 L/s de agua cruda a nuevos reservorios en la localidad de San Antonio Oeste, con la finalidad de independizar el agua para consumo humano del canal Pomona – SAO. Y a su vez de contar con 300 L/s de agua potable en Playas Doradas para consumo humano, tanto de la población de las localidades de Playas Doradas y Sierra Grande, como para la población estimada para la instalación de la planta de GNL y otros fines productivos (como el caso de la minería en caso de reactivarse).

Como enfoques principales el DPA plantea 3 trazas para el primer tramo:

- Ir paralelo al canal existente tomando el agua desde la altura Pomona, con la ventaja de tener ya vías de acceso y conociendo la nivelación del terreno.
- Impulsar mediante bombeo desde el río Negro, en un punto medio entre Pomona y Conesa y posteriormente seguir la traza del canal Pomona, con una trayectoria más corta, pero con el gasto energético del bombeo.
- Impulsar desde Conesa e ir paralelo a la ruta, con ventaja de cercanía de la ciudad, menor trayectoria, pero con mayor energía de bombeo.

A su vez dentro de estas posibles trazas se considera:

- Realizar canales revestidos en PEAD o tuberías
- Romper presión en San Antonio o continuar con bombeos en línea
- Distintas combinaciones de diámetros y de alturas de bombeos

Finalmente, también analizan el costo de transportar agua desde el río Negro hasta Playas Doradas e instalar una planta tradicional, o tomar agua desde el mar con una planta desalinizadora.

En este estudio también se calcularon los costos de inversión de las obras e instalaciones proyectadas para las dos etapas de obra establecidas, para cada alternativa, y con ello el Valor Neto Actualizado (VNA). Como también los costos asociados a la operación y mantenimiento (O&M) del sistema que consideran mano de obra, mantenimiento y movilidad y costos de energía.

Tabla 16 Cuadro resumen de las 12 alternativas planteadas por DPA

ALTERNATIVA	DESCRIPCIÓN	PRECIO TOTAL (\$)
Alternativa 1 (A-1a+B+Ca+D+G)	Impulsión Conesa - Reservorios ARSA-SAO (PRFV 1400 Q=1.3 m3/seg)+Nuevos Reservorios ARSA-SAO (Q=1,3 m3/h)+Impulsión SAO-PD PRFV800 (Q=0.3 m3/seg)+Nuevos Reservorios Playas Doradas (Q=0.3 m3/seg)+Planta Potabilizadora Convencional SD-PD (Q=0.3 m3/seg)	439,583,675,105.25
Alternativa 2 (A-1b+B+Ca+D+G)	Impulsión Conesa - Reservorios ARSA-SAO (PRFV 1100 Q=1.3 m3/seg)+Nuevos Reservorios ARSA-SAO (Q=1,3 m3/h)+Impulsión SAO-PD PRFV800 (Q=0.3 m3/seg)+Nuevos Reservorios Playas Doradas (Q=0.3 m3/seg)+Planta Potabilizadora Convencional SD-PD (Q=0.3 m3/seg)	373,044,248,952.07
Alternativa 3 (A-	Impulsión a Acueducto paralelo Canal Pomona - Reservorios ARSA-SAO (PRFV 1200 + PRFV 1600 Q=1.3	526,652,373,042.28

2a+B+Ca+D+G)	m3/seg)+Nuevos Reservorios ARSA-SAO (Q=1,3 m3/h)+Impulsión SAO-PD PRFV800 (Q=0.3 m3/seg)+Nuevos Reservorios Playas Doradas (Q=0.3 m3/seg)+Planta Potabilizadora Convencional SD-PD (Q=0.3 m3/seg)	
Alternativa 4 (A-2b+B+Ca+D+G)	Impulsión a Nuevo Canal paralelo Canal Pomona - Reservorios ARSA-SAO (PRFV 1200 + CANAL Q=1.3 m3/seg)+Nuevos Reservorios ARSA-SAO (Q=1,3 m3/h)+Impulsión SAO-PD PRFV800 (Q=0.3 m3/seg)+Nuevos Reservorios Playas Doradas (Q=0.3 m3/seg)+Planta Potabilizadora Convencional SD-PD (Q=0.3 m3/seg)	300,910,098,576.78
Alternativa 5 (A-3a+B+Ca+D+G)	Acueducto a gravedad paralelo Canal Pomona - Reservorios ARSA-SAO (Q=1.3 m3/seg)+Nuevos Reservorios ARSA-SAO (Q=1,3 m3/h)+Impulsión SAO-PD PRFV800 (Q=0.3 m3/seg)+Nuevos Reservorios Playas Doradas (Q=0.3 m3/seg)+Planta Potabilizadora Convencional SD-PD (Q=0.3 m3/seg)	853,815,840,312.08
Alternativa 6 (A-3b+B+Ca+D+G)	Canal paralelo Canal Pomona - Reservorios ARSA-SAO (Q=1.3 m3/seg)+Nuevos Reservorios ARSA-SAO (Q=1,3 m3/h)+Impulsión SAO-PD PRFV800 (Q=0.3 m3/seg)+Nuevos Reservorios Playas Doradas (Q=0.3 m3/seg)+Planta Potabilizadora Convencional SD-PD (Q=0.3 m3/seg)	344,238,469,397.86
Alternativa 7 (A-1a+B+Cb+D+G)	Impulsión Conesa - Reservorios ARSA-SAO (PRFV 1400 Q=1.3 m3/seg)+Nuevos Reservorios ARSA-SAO (Q=1,3 m3/h)+Impulsión SAO-PD PRFV600 (Q=0.3 m3/seg)+Nuevos Reservorios Playas Doradas (Q=0.3 m3/seg)+Planta Potabilizadora Convencional SD-PD (Q=0.3 m3/seg)+Planta Potabilizadora Convencional SD-PD (Q=0.3 m3/seg)	393,845,741,395.92
Alternativa 8 (A-1b+B+Cb+D+G)	Impulsión Conesa - Reservorios ARSA-SAO (PRFV 1100 Q=1.3 m3/seg)+Nuevos Reservorios ARSA-SAO (Q=1,3 m3/h)+Impulsión SAO-PD PRFV600 (Q=0.3 m3/seg)+Nuevos Reservorios Playas Doradas (Q=0.3 m3/seg)+Planta Potabilizadora Convencional SD-PD (Q=0.3 m3/seg)+Planta Potabilizadora Convencional SD-PD (Q=0.3 m3/seg)	327,306,315,242.74
Alternativa 9 (E+D+B+G)	Impulsión Conesa - Reservorios ARSA-SAO + Acueducto a presión sin bombeo SAO-PD (Q=1.3 m3/seg-0.3m3/seg)+Nuevos Reservorios Playas Doradas (Q=0.3 m3/seg)+Nuevos Reservorios ARSA-SAO (Q=1,3 m3/h)+Planta Potabilizadora Convencional SD-PD (Q=0.3 m3/seg)	371,601,290,343.89
Alternativa 10 (H+K+F)	Impulsión Conesa - Reservorios ARSA-SAO (PRFV 1000/8000 Q=1.0 m3/seg)+Nuevos Reservorios ARSA-SAO (Q=1,0 m3/h)+Planta de tratamiento de Agua de Mar por Ósmosis Inversa SG-PD (Q=0.3 m3/seg)	222,325,631,288.18
Alternativa 11 (I+K+F)	Impulsión a Nuevo Canal paralelo Canal Pomona - Reservorios ARSA-SAO (PRFV 1000 + CANAL Q=1.0	173,384,663,349.85

	m3/seg)+Nuevos Reservorios ARSA-SAO (Q=1,0 m3/h)+Planta de tratamiento de Agua de Mar por Ósmosis Inversa SG-PD (Q=0.3 m3/seg)	
Alternativa 12 (J+K+F)	Canal paralelo Canal Pomona - Reservorios ARSA-SAO (1.0 m3/seg)+Nuevos Reservorios ARSA-SAO (Q=1,0 m3/h)+Planta de tratamiento de Agua de Mar por Ósmosis Inversa SG-PD (Q=0.3 m3/seg)	232,884,706,986.70

Fuente DPA

Dentro del este estudio realizado por el DPA, se presentan las conclusiones a las alternativas de solución, donde como primer punto se concluye que no se considera adecuado para el primer tramo de conducción, incluir las alternativas que en traza serian prácticamente iguales al canal Pomona-SAO existente, principalmente porque seguiría dependiendo del funcionamiento y condiciones del canal matriz Valle Medio. Por otro lado, también se destaca en este estudio, que habrá que comparar esas alternativas con las obras necesarias para reparar, remodelar y readecuar a los nuevos requerimientos dicho canal.

De acuerdo a las alternativas planteadas para la conducción de agua hasta SAO y desde allí a Punta Colorada, en orden ascendente (siendo las de menor VNA las más convenientes, sin considerar Desalación de agua de mar) se tiene:

	DESCRIPCIÓN	INVERSIONES (VNA 12%)	COSTO TOTAL DE O&M (VNA 12%)	COSTO TOTAL DEL CONSUMO DE ENERGIA (VNA 12%)	TOTAL VNA DE COSTOS (IVA Incluido)
Alternativa 4 (A-2b+B+Ca+D+C)	Impulsión a Nuevo Canal paralelo Canal Pomona - Reservorios ARSA-SAO (PRFV1200 + CANAL Q=1.3 m3/seg)+Nuevos Reservorios ARSA-SAO (Q=1.3 m3/h)+Impulsión SAO-PD PRFV800 (Q=0.3 m3/seg)+Nuevos Reservorios Playas Doradas (Q=0.3 m3/seg)+Planta Potabilizadora Convencional SD-PD (Q=0.3 m3/seg)	\$ 304,280,968,857.06	\$ 8,633,536,072.01	\$ 7,025,268,355.38	\$ 319,939,773,284.45
Alternativa 8 (A-1b+B+Cb+D+C)	Impulsión Conesa - Reservorios ARSA-SAO (PRFV1100 Q=1.3 m3/seg)+Nuevos Reservorios ARSA-SAO (Q=1.3 m3/h)+Impulsión SAO-PD PRFV600 (Q=0.3 m3/seg)+Nuevos Reservorios Playas Doradas (Q=0.3 m3/seg)+Planta Potabilizadora Convencional SD-PD (Q=0.3 m3/seg)	\$ 336,971,812,081.28	\$ 12,090,070,561.13	\$ 14,876,967,116.62	\$ 363,938,849,759.03
Alternativa 9 (E+D+B+C)	Impulsión (Ø1100) Conesa - Reservorios ARSA-SAO + Acueducto a presión sin bombeo (Ø800) SAO-PD (Q=1.3 m3/seg-0.3 m3/seg)+Nuevos Reservorios Playas Doradas (Q=0.3 m3/seg)+Nuevos Reservorios ARSA-SAO (Q=1.3 m3/h)+Planta Potabilizadora Convencional SD-PD (Q=0.3 m3/seg)	\$ 380,471,475,032.30	\$ 12,661,845,736.19	\$ 12,269,845,057.59	\$ 405,403,165,826.08

Ilustración 15 Total VNA de costos - Fuente: DPA

Dentro de estas alternativas estudiadas por DPA, se encuentran las Alternativas de captación y conducción hasta SAO y planta desaladora en Punta Colorada.

Las alternativas 10, 11 y 12, plantean la conducción de agua dulce hasta la zona de SAO, de igual modo al resto de las alternativas, pero considerando el caudal correspondiente solo a la demanda de ese nodo, puesto que como se menciona, aquí se analiza para la zona de Punta Colorada, Playas Doradas y Sierra Grande extraer agua de mar y desalinizarla por osmosis inversa y demás tratamientos para su aptitud para el consumo humano.

A continuación se describen los presupuestos de inversión inicial (según traza a sa) planteados por DPA.

Del análisis de todas las alternativas planteadas para la conducción de agua hasta SAO y de una planta

desaladora por osmosis inversa en Punta Colorada, en el estudio se describen las que económicamente resultan más convenientes en orden ascendente (siendo las de menor VNA de Costos las más convenientes), se tiene:

	DESCRIPCIÓN	INVERSIONES (VNA 12%)	COSTO TOTAL DE O&M (VNA 12%)	COSTO TOTAL DEL CONSUMO DE ENERGÍA (VNA 12%)	TOTAL VNA DE COSTOS (IVA Incluido)
Alternativa 11 (I+K+F)	Impulsión a Nuevo Canal paralelo Canal Pomona - Reservorios ARCA-SAO (PRFV1000 + CANAL Q=1.0 m ³ /seg)+Nuevos Reservorios ARCA-SAO (Q=1.0 m ³ /h)+Planta de tratamiento de Agua de Mar por Ósmosis Inversa SG-PD (Q=0.3 m ³ /seg)	\$ 192,339,648,640.37	\$ 43,298,928,821.94	\$ 27,234,937,182.04	\$ 262,873,514,644.36
Alternativa 4 (A-2b+B+Ca+D+C)	Impulsión a Nuevo Canal paralelo Canal Pomona - Reservorios ARCA-SAO (PRFV1200 + CANAL Q=1.3 m ³ /seg)+Nuevos Reservorios ARCA-SAO (Q=1.3 m ³ /h)+Impulsión SAO-PD PRFV800 (Q=0.3 m ³ /seg)+Nuevos Reservorios Playas Doradas (Q=0.3 m ³ /seg)+Planta Potabilizadora Convencional SD-PD (Q=0.3 m ³ /seg)	\$ 304,280,968,857.06	\$ 8,633,536,072.01	\$ 7,025,268,355.38	\$ 319,939,773,284.45
Alternativa 10 (H+K+F)	Impulsión Conesa - Reservorios ARCA-SAO (PRFV1000/800 Q=1.0 m ³ /seg)+Nuevos Reservorios ARCA-SAO (Q=1.0 m ³ /h)+Planta de tratamiento de Agua de Mar por Ósmosis Inversa SG-PD (Q=0.3 m ³ /seg)	\$ 242,666,567,966.42	\$ 47,160,617,411.42	\$ 31,599,788,900.09	\$ 321,426,974,277.92
Alternativa 8 (A-1b+B+Cb+D+C)	Impulsión Conesa - Reservorios ARCA-SAO (PRFV1100 Q=1.3 m ³ /seg)+Nuevos Reservorios ARCA-SAO (Q=1.3 m ³ /h)+Impulsión SAO-PD PRFV600 (Q=0.3 m ³ /seg)+Nuevos Reservorios Playas Doradas (Q=0.3 m ³ /seg)+Planta Potabilizadora Convencional SD-PD (Q=0.3 m ³ /seg)	\$ 336,971,821,081.28	\$ 12,090,070,561.13	\$ 14,876,967,116.62	\$ 363,938,849,759.03
Alternativa 9 (E+D+B+C)	Impulsión (Ø1100) Conesa - Reservorios ARCA-SAO + Acueducto a presión sin bombeo (Ø800) SAO-PD (Q=1.3 m ³ /seg-0.3m ³ /seg)+Nuevos Reservorios Playas Doradas (Q=0.3 m ³ /seg)+Nuevos Reservorios ARCA-SAO (Q=1.3 m ³ /h)+Planta Potabilizadora Convencional SD-PD (Q=0.3 m ³ /seg)	\$ 390,471,475,032.30	\$ 12,661,845,736.19	\$ 12,269,845,057.59	\$ 405,403,165,826.08

Ilustración 16 Total VNA de costos - Fuente: DPA

Por último en este estudio se hace la observación de la preponderancia de los costos de inversiones por sobre los costos de O&M y costos de energía.

Los VNA de Costos de inversiones son entre el 93% al 95% del VNA total para las alternativas con transporte de agua hasta PD/PC y del 73% al 75% en las que allí se plantea Desalación de agua de mar, siendo para estos casos más elevados los costos de O&M y energía.

3.5.3 Observaciones sobre el estudio de alternativas desarrollado por el DPA

De acuerdo al estudio citado anteriormente sobre el planteo de alternativas “PROYECTO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA (SAO - SAE - LG - SV- SG – PD)” por parte del DPA, se realizan los siguientes comentarios sobre la Planificación de Infraestructura de Agua. Las instalaciones de agua están influenciadas por el caudal horario requerido para ser transferido en cada hora del día. Una vez conocido el caudal de suministro necesario, deben examinarse alternativas para el diámetro de las conducciones de agua y el tamaño de las estaciones de bombeo y los reservorios, cada una de las cuales tiene un costo y, por otro lado, afecta los costos energéticos. La intención es encontrar la alternativa más eficiente en cuanto al precio por metro cúbico (costo fijo versus costo variable).

En ciertas partes del mundo, existen diferentes tarifas eléctricas durante las estaciones del año y a lo largo del día. Después de examinar las tarifas eléctricas y el tamaño de la conexión (alta tensión o muy alta tensión), pueden diseñarse sistemas cuyo consumo eléctrico sea más eficiente en términos de

uso de las tarifas más bajas.

Al examinar alternativas, es necesario considerar etapas intermedias en el desarrollo de los sistemas de suministro. Es posible examinar hidráulicamente situaciones en las que una línea fluye por gravedad y, en el futuro, con un aumento en la cantidad, se pueda bombear el agua para aumentar el caudal en la misma infraestructura de tuberías. El costo, por supuesto, es solo la energía adicional requerida, pero el costo de la instalación de la infraestructura se reduce significativamente, especialmente en instalaciones largas y costosas.

Es necesario examinar situaciones de suministro donde el sistema no opera a plena capacidad y comprender los puntos de operación hidráulica y cómo se comporta el sistema hidráulico. Como también si las conducciones fluyen a sección completa, o se requiere regulación.

También es necesario examinar la recuperación de energía (turbinas hidroeléctricas) en lugares donde hay un exceso constante de presión. Esto reducirá los costos operativos y, por supuesto, contribuirá al medio ambiente, reduciendo las emisiones de carbono, etc.

Desde el punto de vista operativo, la estructura del sistema debe ser examinada. Existe una ventaja inherente en operar estaciones de bombeo contra reservorios en lugar de contra una red cerrada. Se pueden reducir los golpes de ariete, la operación es más simple (estación contra nivel de reservorio), el punto de operación es fijo en las estaciones de bombeo, y se pueden prescindir de convertidores de frecuencia o sistemas de recirculación.

La suposición básica para la planificación del suministro de agua urbana e industrial es que se requiere suministrar continuamente y con calidad de agua potable. En la planificación del sistema de suministro de agua, es necesario tener en cuenta el momento de la parada de planta de las instalaciones y la duración de la parada requerida para la reparación de fallas o el mantenimiento planificado.

3.5.3.1 Comentarios Generales:

- Definir un tiempo de falla realista (al menos 12 horas; en líneas largas hasta 24 horas).
- Examinar la posibilidad de recuperación de energía donde sea posible (turbina).
- Mostrar la posibilidad futura de bombeo en líneas por gravedad.
- No definir tramos entre instalaciones de más de 25-30 km.
- Evitar sistemas en serie sin tanques/controladores intermedios.
- Establecer las instalaciones de manera que haya redundancia: tanques/reservorios en paralelo, unidades de reserva en las instalaciones.

- Considerar una vida útil realista de las instalaciones: conducciones 40-60 años, tanques/reservorios 40 años, etc.
- Mostrar modos de operación de verano e invierno y operación parcial (no solo caudal máximo).
- A efectos de planificación y para mantener la redundancia: planificar para un funcionamiento de no más de 22 horas al día, 25 días al mes.
- Encontrar una solución para el mantenimiento del reservorio de agua.
- Aprovechar la presión existente en la línea aguas arriba del reservorio de Agua Cruda en todas las alternativas.
- En la evaluación económica de las alternativas se ha considerado el valor de la energía neto sin costos extras como cargos de potencia, cargos fijos de servicio, tasas o impuestos. El valor del precio real podría ser considerablemente superior al considerado.

3.5.4 Análisis de Alternativas de Abastecimiento Zona Sur

En este apartado se presentan las distintas alternativas de abastecimiento de agua, según los tres escenarios, únicamente poblacional, poblacional + 5k hectáreas para agricultura, y poblacional + 10k hectáreas.

Se realiza un resumen en el cuadro siguiente con las alternativas analizadas:

Tabla 17 Demandas a cubrir m³/año de los escenarios planteados - Fuente: Propia

Escenario	Demandas			Alternativas de Infraestructura	Abastecimiento SAO		Abastecimiento Sierra Grande		Comentarios
	Demanda total	Demanda SAO	Demanda Sierra G.						
Poblacional	34,999,776	27,568,512	7,431,264	Acueducto	Acueducto desde Conesa	34,999,776	Acueducto desde SAO	7,431,264	Acueducto Conesa - SAO con la Demanda Total para abastecer SAO y desde ahí continua acueducto a Sierra Grande
				Planta desaladora + Acueducto	Planta desaladora en SAO	34,999,776	Acueducto desde SAO	7,431,264	Planta desaladora en SAO con capacidad para la Demanda Total, se abastece SAO y desde ahí acueducto a Sierra Grande
				Planta desaladora	Planta desaladora en SAO	27,568,512	Planta desaladora en Sierra	7,431,264	Planta desaladora en SAO para la Demanda de SAO y Planta desaladora en Sierra para la demanda de Sierra Grande
Poblacional + 5k hectareas	80,160,027	72,728,763	7,431,264	Acueducto	Acueducto desde Conesa	80,160,027	Acueducto desde SAO	7,431,264	Acueducto Conesa - SAO con la Demanda Total para abastecer SAO y desde ahí continua acueducto a Sierra Grande
Poblacional + 10k hectareas	125,320,278	117,889,014	7,431,264	Acueducto	Acueducto desde Conesa	125,320,278	Acueducto desde SAO	7,431,264	Acueducto Conesa - SAO con la Demanda Total para abastecer SAO y desde ahí continua acueducto a Sierra Grande

Las alternativas comparan las demandas a cubrir en m³/año, considerando las siguientes combinaciones:

3.5.4.1 Escenario 0: únicamente Poblacional

Se debe cubrir una demanda total de 34.999.776 m³/año, de los cuales 27.568.512 corresponden a la demanda de SAO y 7.431.264 a Sierra Grande.

- Alternativa 1: Acueducto desde Conesa
 - Sistema directo desde Conesa a SAO y luego a Sierra Grande.
- Alternativa 2: Planta desaladora combinada con Acueducto
 - La planta en SAO cubre la demanda total de SAO y Sierra Grande, para abastecer SAO y luego transportar por acueducto a Sierra Grande.
- Alternativa 3: Plantas desaladoras independientes
 - Planta en SAO para la demanda de SAO + Planta en Sierra Grande para la demanda local.

3.5.4.2 Escenario 1: Poblacional + 5 mil hectáreas

Se debe cubrir una demanda total de 80.160.027 m³/año, de los cuales 72.728.763 corresponden a la demanda de SAO, donde se encuentran las 5 mil hectáreas productivas para riego agrícola y 7.431.264 al consumo poblacional en Sierra Grande.

- Alternativa 4: Acueducto desde Conesa
 - Sistema directo desde Conesa a SAO y luego acueducto a Sierra Grande.

3.5.4.3 Escenario 2: Poblacional + 10 mil hectáreas

Se debe cubrir una demanda total de 125.320.278 m³/año, de los cuales 117.889.014 corresponden a la demanda de SAO, donde se encuentran las 10 mil hectáreas productivas para riego agrícola y 7.431.264 al consumo poblacional en Sierra Grande.

- Alternativa 5: Acueducto desde Conesa
 - Sistema directo desde Conesa a SAO y luego acueducto a Sierra Grande.

3.5.5 Análisis de las demandas de las alternativas

3.5.5.1 Esquema general: Conesa – San Antonio – Sierra Grande

En la figura siguiente se presenta un esquema simplificado del sistema de abastecimiento proyectado para la provincia de Río Negro, abarcando las localidades de San Antonio, Playas Doradas, Sierra Grande y Punta Colorada. El esquema ilustra las distancias entre las principales localidades, las cotas altimétricas y las demandas asociadas tanto poblacionales como agrícolas.

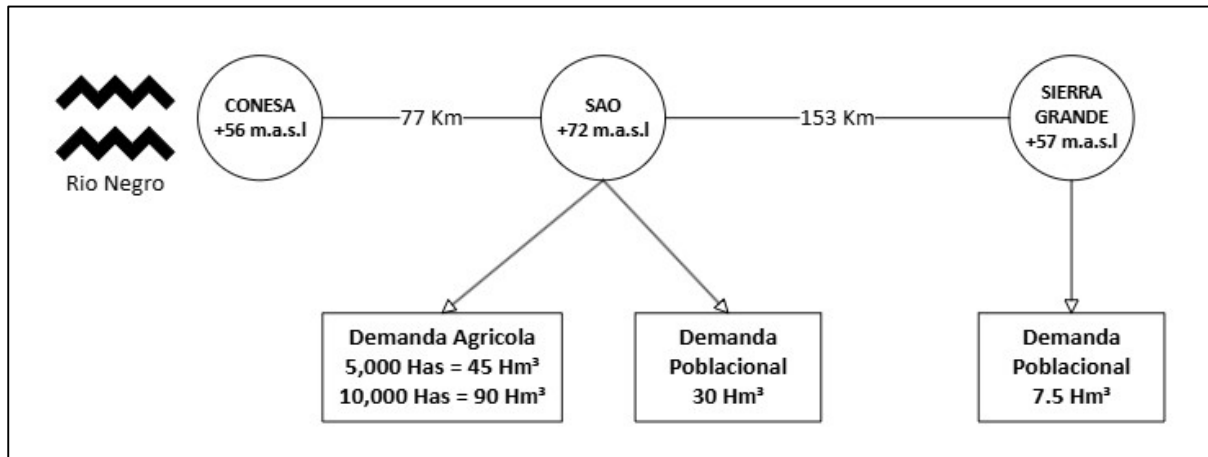


Ilustración 17 Esquema simplificado de abastecimiento de agua para la provincia - Fuente: Propia

En este apartado, se detallan las demandas para consumo poblacional más las aguadas para abastecer las hectáreas para riego agrícola (producción de olivos) para el año 2055.

En el siguiente cuadro se muestran los valores de las demandas estimadas, obtenida de estudios del DPA y planes directores de la provincia. Se muestran los consumos de SAO-Las Grutas y Sierra Grande en verano y fuera de la época turística.

Según las demandas evaluadas, se toman los meses de máxima demanda entre diciembre y marzo (meses de transición), siendo el máximo pico de consumo en los meses de enero y febrero. Y luego el mínimo en 8 meses.

Tabla 18 Demandas evaluadas por mes de SAO - Las Grutas y Sierra Grande - Fuente: Propia

Cultivo/Mes	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Demanda (m ³ /año)
Aguadas (l/s)	25	30	35	45	50	50	45	35	30	25	25	25	
Aguadas (m ³ /mes)	64.800	77.760	90.720	116.640	129.600	129.600	116.640	90.720	77.760	64.800	64.800	64.800	1.088.640
Poblacional SAO y alrededores (l/s)	727	727	727	727	1.000	1.200	1.200	1.000	727	727	727	727	
Poblacional SAO (m ³ /mes)	1.884.384	1.884.384	1.884.384	1.884.384	2.592.000	3.110.400	3.110.400	2.592.000	1.884.384	1.884.384	1.884.384	1.884.384	26.479.872
Poblacional Sierra Grande (l/s)	200	230	250	270	332	332	332	250	200	157	157	157	
Poblacional Sierra Grande(m ³ /mes)	518.400	596.160	648.000	699.840	860.544	860.544	860.544	648.000	518.400	406.944	406.944	406.944	7.431.264
aguadas + poblacional (m ³ /mes)	2.467.584	2.558.304	2.623.104	2.700.864	3.582.144	4.100.544	4.087.584	3.330.720	2.480.544	2.356.128	2.356.128	2.356.128	34.999.776
aguadas + poblacional (hm ³ /mes)	2,47	2,56	2,62	2,70	3,58	4,10	4,09	3,33	2,48	2,36	2,36	2,36	35,00
demanda mes sin aguadas	927	957	977	997	1.332	1.532	1.532	1.250	927	884	884	884	

Tabla 19 - DEMANDA PARA 5.000 ha DE OLIVOS + AGUADAS + POBLACIONAL en escenario 2055 -

Fuente: Propia

Cultivo/Mes	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Año (mm)	Año (m3/ha)
Olivos (kc)	0,65	0,65	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,00	0,00	0,00		
Olivos (mm/mes)	39,7	56,9	87,0	111,5	136,9	140,2	110,2	87,0	54,8	0,0	0,0	0,0	824,3	8243
Aumento Eto a 2055 por CC	4,1%	4,1%	4,1%	4,1%	4,1%	4,1%	4,1%	4,1%	4,1%	4,1%	4,1%	4,1%		
Eficiencia riego por goteo	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	Año (hm3/año)	Año (m3/ha)
Volumen bruto al año 2055 (m3/mes)	2.174.896	3.119.713	4.767.616	6.109.574	7.502.158	7.680.498	6.035.170	4.767.616	3.003.011	0	0	0	45,16	9032
Aguadas (l/s)	25	30	35	45	50	50	45	35	30	25	25	25		
Aguadas (m3/mes)	64.800	77.760	90.720	116.640	129.600	129.600	116.640	90.720	77.760	64.800	64.800	64.800	1,09	
Poblacional SAO (l/s)	727	727	727	727	1.000	1.200	1.200	1.000	727	727	727	727		
Poblacional SAO (m3/mes)	1.884.384	1.884.384	1.884.384	1.884.384	2.592.000	3.110.400	3.110.400	2.592.000	1.884.384	1.884.384	1.884.384	1.884.384	26.479.872	
Poblacional Sierra Grande (l/s)	200	230	250	270	332	332	332	250	200	157	157	157		
Poblacional Sierra Grande(m3/mes)	518.400	596.160	648.000	699.840	860.544	860.544	860.544	648.000	518.400	406.944	406.944	406.944	7.431.264	
Poblacional (m3/mes)	2.402.784	2.480.544	2.532.384	2.584.224	3.452.544	3.970.944	3.970.944	3.240.000	2.402.784	2.291.328	2.291.328	2.291.328	33,91	
5.000 has Olivos (m3/mes) + aguadas + poblacional	4.642.480	5.678.017	7.390.720	8.810.438	11.084.302	11.781.042	10.122.754	8.098.336	5.483.555	2.356.128	2.356.128	2.356.128	80,16	
5.000 has Olivos (hm3/mes) + aguadas + poblacional	4,64	5,68	7,39	8,81	11,08	11,78	10,12	8,10	5,48	2,36	2,36	2,36	80,16	

Tabla 20- DEMANDA PARA 10.000 ha DE OLIVOS + AGUADAS + POBLACIONAL en escenario 2055 -

Fuente: Propia

Cultivo/Mes	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Año (mm)	Año (m3/ha)
Olivos (kc)	0,65	0,65	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,00	0,00	0,00		
Olivos (mm/mes)	39,7	56,9	87,0	111,5	136,9	140,2	110,2	87,0	54,8	0,0	0,0	0,0	824,3	8243
Aumento Eto a 2055 por CC	4,1%	4,1%	4,1%	4,1%	4,1%	4,1%	4,1%	4,1%	4,1%	4,1%	4,1%	4,1%		
Eficiencia riego por goteo	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	Año (hm3/año)	Año (m3/ha)
Volumen bruto (m3/mes)	4.349.791	6.239.425	9.535.231	12.219.148	15.004.317	15.360.996	12.070.340	9.535.231	6.006.022	0	0	0	90,32	9032
Aguadas (l/s)	25	30	35	45	50	50	45	35	30	25	25	25		
Aguadas (m3/mes)	64.800	77.760	90.720	116.640	129.600	129.600	116.640	90.720	77.760	64.800	64.800	64.800	1,09	
Poblacional SAO (l/s)	727	727	727	727	1.000	1.200	1.200	1.000	727	727	727	727		
Poblacional SAO (m3/mes)	1.884.384	1.884.384	1.884.384	1.884.384	2.592.000	3.110.400	3.110.400	2.592.000	1.884.384	1.884.384	1.884.384	1.884.384	26.479.872	
Poblacional Sierra Grande (l/s)	200	230	250	270	332	332	332	250	200	157	157	157		
Poblacional Sierra Grande(m3/mes)	518.400	596.160	648.000	699.840	860.544	860.544	860.544	648.000	518.400	406.944	406.944	406.944	7.431.264	
Poblacional (m3/mes)	2.402.784	2.480.544	2.532.384	2.584.224	3.452.544	3.970.944	3.970.944	3.240.000	2.402.784	2.291.328	2.291.328	2.291.328	33,91	
10.000 has Olivos (m3/mes) + aguadas + poblacional	6.817.375	8.797.729	12.158.335	14.920.012	18.586.461	19.461.540	16.157.924	12.865.951	8.486.566	2.356.128	2.356.128	2.356.128	125,32	
10.000 has Olivos (hm3/mes) + aguadas + poblacional	6,82	8,80	12,16	14,92	18,59	19,46	16,16	12,87	8,49	2,36	2,36	2,36	125,32	

3.5.6 Configuración de Alternativas de Abastecimiento

Aquí se compara las dimensiones requeridas de las instalaciones y también estima el volumen de

inversión necesario para las tres alternativas de suministro de agua potable y agua para riego en la provincia de Río Negro, en la zona de San Antonio, Playas Doradas, Sierra Grande y Punta Colorada. Teniendo en cuenta un escenario para abastecer la demanda poblacional, y luego otros dos escenarios contemplando esta demanda de agua potable más una demanda para riego, para 5 mil y 10 mil hectáreas.

A continuación se presentan los cuadros para cada escenario, llamados, Escenario 0 demanda poblacional y Escenario 1 y 2 contempla el abastecimiento con agua potable a San Antonio y Sierra Grande, y agua para riego a la zona de San Antonio. El primer escenario contempla 5.000 hectáreas de olivos, mientras que el segundo contempla 10.000 hectáreas de olivos.

3.5.6.1 Escenario # 0 - Demanda Poblacional.

Aquí se muestra la distribución mensual de caudales (en l/s) y volúmenes (en Hm³), donde los valores mensuales estimados para El Escenario 0, contempla exclusivamente la demanda poblacional para San Antonio Oeste (SAO) y Sierra Grande.

Resumen de resultados:

- **Demanda anual de SAO:** 29.76 Hm³
- **Demanda anual de Sierra Grande:** 7.43 Hm³
- **Demanda combinada (total):** 37.19 Hm³/año
- **Demanda total (poblacional):** 38.28 Hm³/año

Este análisis permite observar la estacionalidad en el consumo, con picos en los meses de verano (diciembre a febrero), lo cual es clave para dimensionar adecuadamente las instalaciones.

Componentes:

Tramo toma río Negro – Reservorios A.R.S.A. San Antonio Oeste

- **Estación de bombeo:** Caudal de 1.90 m³/segundo y 145 m.c.a.
- **Primer tramo:** Cañería de PRFV 1.100 mm y 35 km de longitud.
- **Reservorio operativo:** Capacidad: 40.000 m³, Tiempo de reserva: 6 horas.
- **Estación de bombeo:** Caudal de 1.90 m³/segundo y 135 m.c.a.
- **Segundo tramo:** cañería de PRFV 1.100 mm y 42 km de longitud.

- **Reservorio operativo:** Capacidad: 40.000 m³, Tiempo de reserva: 6 horas.

Tramo San Antonio Oeste – Playas Doradas

- **Estación de bombeo:** Caudal de 0.4 m³/segundo y 145 m.c.a.
- **Primer tramo:** Cañería de PRFV 600 mm y 50 km de longitud.
- **Reservorio operativo:** Capacidad: 8.600 m³, Tiempo de reserva: 6 horas.
- **Estación de bombeo:** Caudal de 0.4 m³/segundo y 145 m.c.a.
- **Segundo tramo:** Cañería de PRFV 600 mm y 50 km de longitud.
- **Reservorio operativo:** Capacidad: 8.600 m³, Tiempo de reserva: 6 horas.
- **Estación de bombeo:** Caudal de 0.4 m³/segundo y 130 m.c.a.
- **Tercer tramo:** Cañería de PRFV 600 mm y 50 km de longitud.
- **Reservorio operativo:** Capacidad: 8.600 m³, Tiempo de reserva: 6 horas.

A continuación se muestra un esquema del sistema de distribución de agua, mostrando tuberías, estaciones de bombeo y tanques de almacenamiento entre las localidades de Gral. Conesa, SAO y Sierra Grande. Este esquema es de acuerdo a la altura de bombeo a salvar, y distancias entre las localidades. Se tendrá un caudal para los distintos tramos el cual determinará los diámetros de la tubería y volumen de almacenamiento.

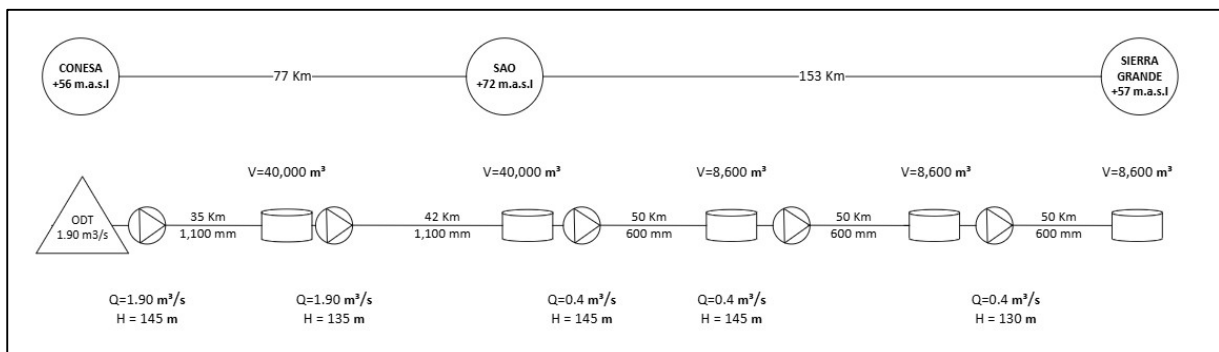


Ilustración 18 Sistema de distribución de agua – Escenario 0

A continuación se presenta el perfil longitudinal para el escenario 0, que muestra cómo responde hidráulicamente, destacando la importancia de cada estación de bombeo y depósito para mantener la continuidad de la operación.

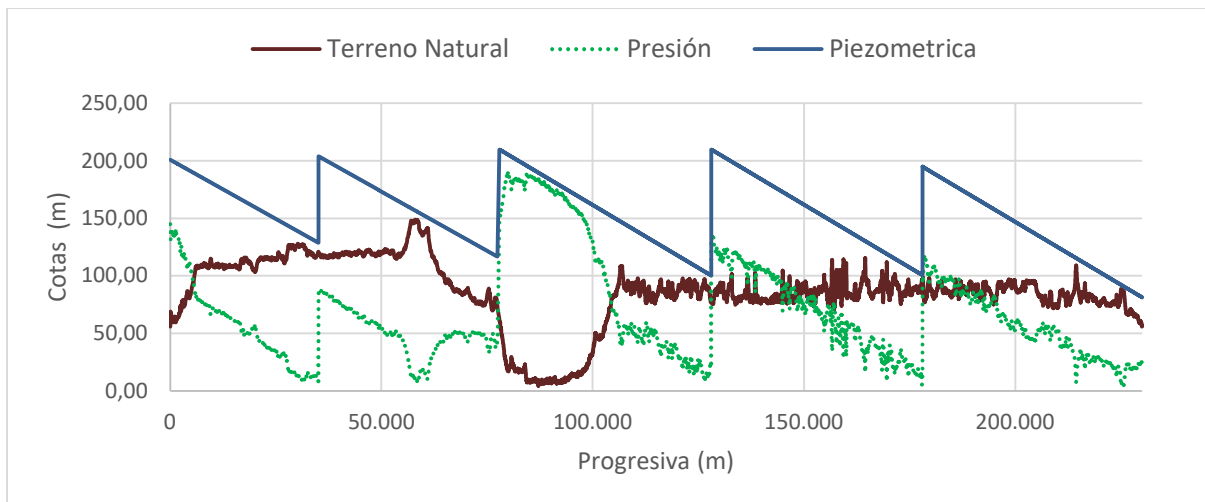


Ilustración 19 perfil longitudinal Escenario 0- Fuente: producción propia

3.5.6.2 Escenario # 1 - Demanda Poblacional + 5,000 Has.

Aquí se expone la distribución mensual de la demanda, incorporando tanto la demanda poblacional como la agrícola para 5.000 hectáreas de cultivo de olivos. Se consideran las siguientes variables clave:

- **Coefficiente de cultivo (Kc)** y lámina de riego mensual (mm/mes).
- **Aumento de evapotranspiración (ETo) estimada a 2055 (+4.1%)** por cambio climático.
- **Eficiencia de riego por goteo: 95%.**

Resumen de resultados:

- **Demanda agrícola total anual (2055):** 45.16 Hm³.
- **Demanda anual de SAO:** 29.76 Hm³.
- **Demanda anual de Sierra Grande:** 7.43 Hm³.
- **Demanda total (poblacional + aguadas + 5.000 ha):** 83.44 Hm³/año.

Este escenario muestra un incremento significativo de la demanda total respecto a la Alternativa 0, especialmente en los meses de máxima necesidad hídrica (diciembre-marzo), donde la demanda mensual supera los 10 Hm³.

Componentes:

Tramo toma río Negro – Reservorios A.R.S.A. San Antonio Oeste

- **Estación de bombeo:** Caudal de 3.71 m³/segundo y 180 m.c.a.
- **Primer tramo:** Cañería de PRFV 1.300 mm y 35 km de longitud.
- **Reservorio operativo:** Capacidad: 80.000 m³, Tiempo de reserva: 6 horas.
- **Estación de bombeo:** Caudal de 3.71 m³/segundo y 160 m.c.a.
- **Segundo tramo:** cañería de PRFV 1.300 mm y 42 km de longitud.
- **Embalse estacional:** Capacidad: 15, 000,000 m³.

Tramo San Antonio Oeste – Playas Doradas

- **Estación de bombeo:** Caudal de 0.4 m³/segundo y 145 m.c.a.
- **Primer tramo:** Cañería de PRFV 600 mm y 50 km de longitud.
- **Reservorio operativo:** Capacidad: 8.600 m³, Tiempo de reserva: 6 horas.
- **Estación de bombeo:** Caudal de 0.4 m³/segundo y 145 m.c.a.
- **Segundo tramo:** Cañería de PRFV 600 mm y 50 km de longitud.
- **Reservorio operativo:** Capacidad: 8.600 m³, Tiempo de reserva: 6 horas.
- **Estación de bombeo:** Caudal de 0.4 m³/segundo y 130 m.c.a.
- **Tercer tramo:** Cañería de PRFV 600 mm y 50 km de longitud.
- **Reservorio operativo:** Capacidad: 8.600 m³, Tiempo de reserva: 6 horas.

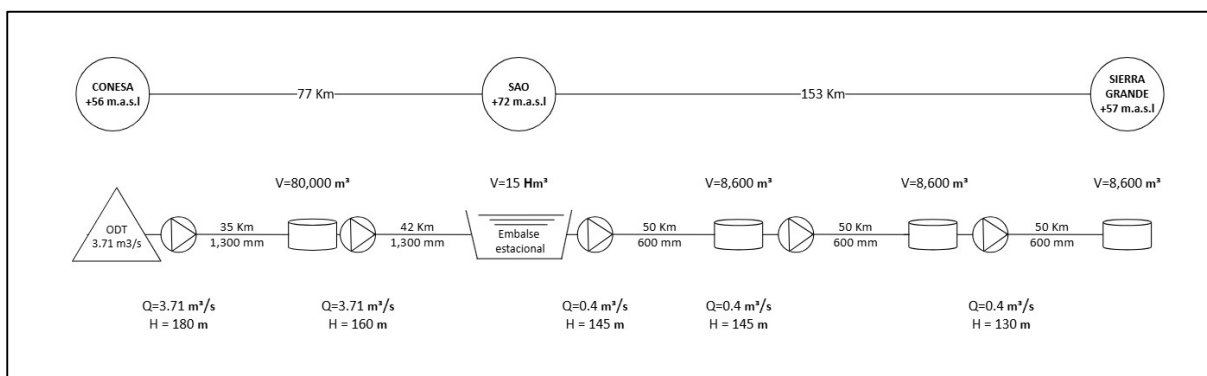


Ilustración 20 Sistema de distribución de agua – Escenario 1

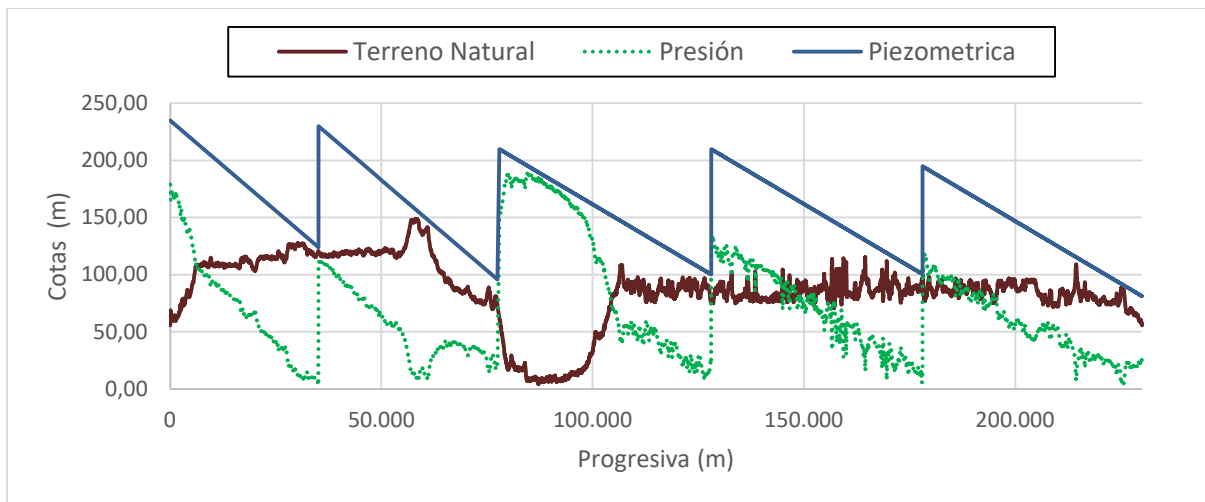


Ilustración 21 perfil longitudinal Escenario 1 - Fuente: producción propia

3.5.6.3 Escenario # 2 - Demanda Poblacional + 10,000 Has.

Aquí detalla el requerimiento mensual y anual de agua considerando un escenario de abastecimiento combinado: demanda poblacional y demanda agrícola para 10,000 hectáreas de olivos en la zona de San Antonio (SAO), Sierra Grande y Playas Doradas. Incluye la estimación del uso de agua para las aguadas (ganadería). **Cultivo/Mes (Olivos kc y mm/mes):** Muestra el coeficiente de cultivo (kc) y la lámina mensual (mm) para los olivos. Estos valores representan la evapotranspiración específica de los cultivos según el mes. Se consideran las siguientes variables clave:

- **Aumento ETo al 2055 (4.1%):** Factor de corrección para cambio climático, proyectando un aumento en la demanda hídrica a 2055.
- **Eficiencia de riego por goteo (95%):** Se considera un sistema de riego eficiente, ajustando la cantidad bruta de agua necesaria.

Resumen de resultados:

- **Demanda agrícola total anual (2055):** 90.32Hm³.
- **Demanda anual de SAO:** 29.76 Hm³.
- **Demanda anual de Sierra Grande:** 7.43 Hm³.
- **Demanda total (poblacional + aguadas + 10.000 ha):** 128.60Hm³/año.

Componentes:

Tramo toma río Negro – Reservorios A.R.S.A. San Antonio Oeste

- **Estación de bombeo:** Caudal de 5.55 m³/segundo y 155 m.c.a.
- **Primer tramo:** Cañería de PRFV 1.600 mm y 35 km de longitud.
- **Reservorio operativo:** Capacidad: 120.000 m³, Tiempo de reserva: 6 horas.
- **Estación de bombeo:** Caudal de 5.55 m³/segundo y 140 m.c.a.
- **Segundo tramo:** cañería de PRFV 1.600 mm y 42 km de longitud.
- **Embalse estacional:** Capacidad: 30, 000,000 m³.

Tramo San Antonio Oeste – Playas Doradas

- **Estación de bombeo:** Caudal de 0.4 m³/segundo y 145 m.c.a.
- **Primer tramo:** Cañería de PRFV 600 mm y 50 km de longitud.
- **Reservorio operativo:** Capacidad: 8.600 m³, Tiempo de reserva: 6 horas.
- **Estación de bombeo:** Caudal de 0.4 m³/segundo y 145 m.c.a.
- **Segundo tramo:** Cañería de PRFV 600 mm y 50 km de longitud.
- **Reservorio operativo:** Capacidad: 8.600 m³, Tiempo de reserva: 6 horas.
- **Estación de bombeo:** Caudal de 0.4 m³/segundo y 130 m.c.a.
- **Tercer tramo:** Cañería de PRFV 600 mm y 50 km de longitud.
- **Reservorio operativo:** Capacidad: 8.600 m³, Tiempo de reserva: 6 horas.

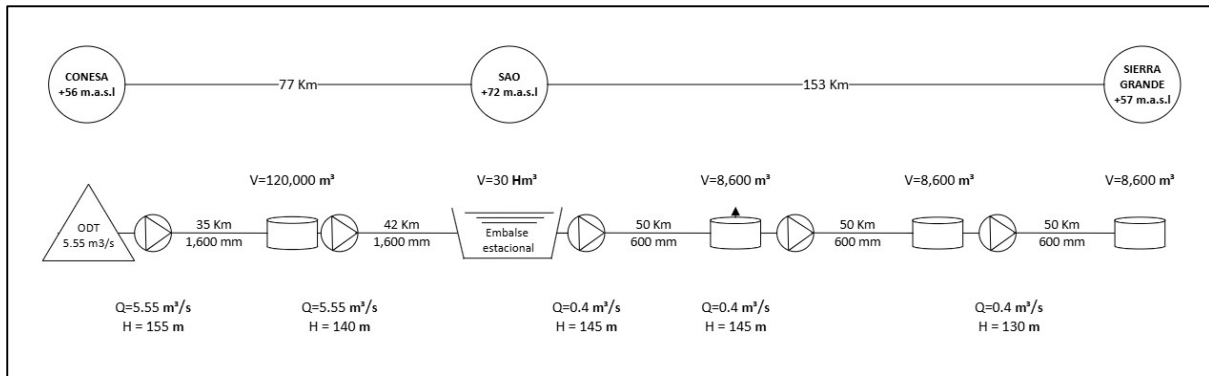


Ilustración 22 Sistema de distribución de agua – Escenario 2

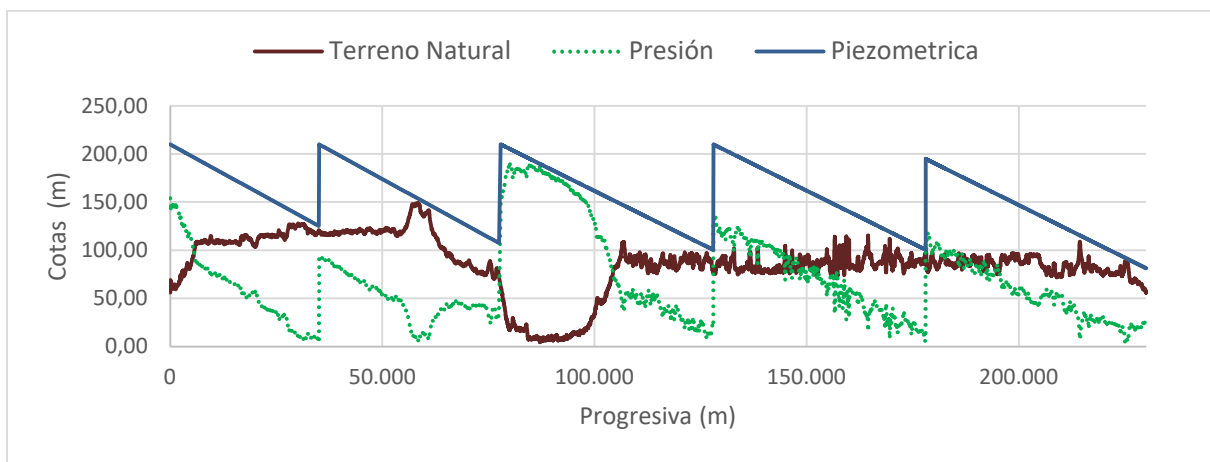


Ilustración 23 perfil longitudinal Escenario 2- Fuente: producción propia

Comentarios generales:

- La demanda poblacional y de aguadas es constante en las tres alternativas (~38 Hm³/año).
- La demanda agrícola es la variable que cambia y que define la magnitud de inversión e infraestructura necesaria.
- La eficiencia de riego (95%) y el impacto del cambio climático (4.1% de aumento en ETo a 2055) son considerados para hacer las proyecciones más realistas y conservadoras.
- La Alternativa #2 implica desafíos mayores en términos de sostenibilidad hídrica y planificación a largo plazo.

3.5.7 Determinación de las dimensiones de los componentes del sistema

3.5.7.1 Embalses estacionales

El volumen del embalse estacional se calcula según los siguientes criterios:

A. Salida del embalse

- Evaporación
 - Demanda agrícola
- B. Entrada al embalse
- Acueducto = (Demanda agrícola + Evaporación)
- C. Fin del período = Inicio del período
- D. Volumen anual requerido del acueducto dividido en 12 meses
- E. Altura de las defensas del embalse: 10 metros

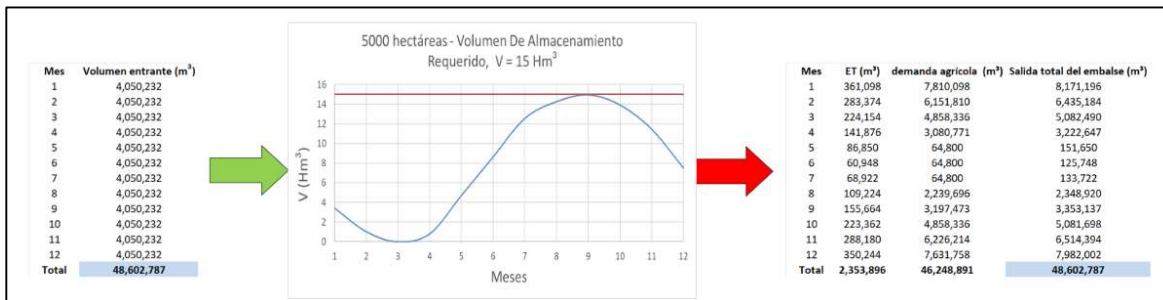


Ilustración 24 Volumen entrante y saliente del Embalse - 5000 Has. Fuente: Producción propia

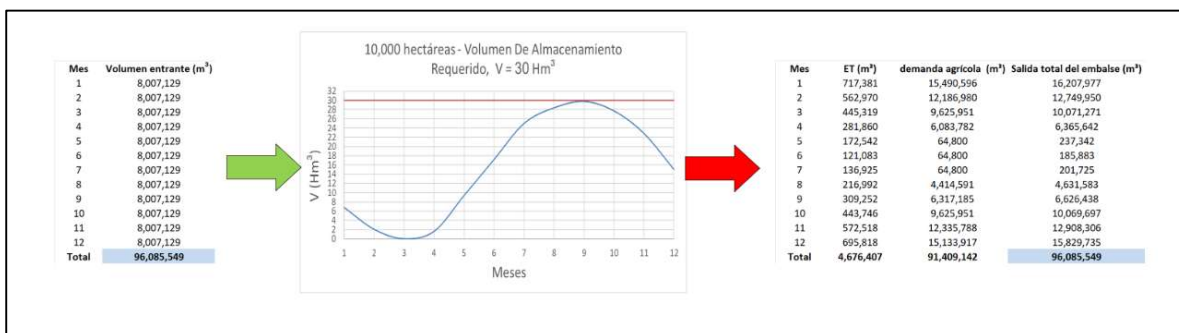


Ilustración 25 Volumen entrante y saliente del Embalse - 10000 Has. Fuente: Producción propia

3.5.7.2 Tubería

Los diámetros de las tuberías se definieron de acuerdo con la velocidad máxima de 3 m/s.

Tabla 21 - Datos de la Tubería para los escenarios 1 y 2.

Escenarios	5,000 ha	10,000 ha
Caudal horario máximo (m³/hr)	13,369	19,963

Diámetro (mm)	1,300	1,600
Velocidad (m/s)	2.80	2.76

Fuente: Producción propia

3.5.7.3 Reservorios operativos

El volumen de los reservorios operativos se calcula en base a 6 horas del caudal que ingresa a la región.

3.5.7.4 Estaciones de bombeo

Las estaciones de bombeo fueron definidas según la potencia requerida para cada tramo:

1. Estática – debido a la topografía.
2. Dinámica – pérdidas calculadas según Hazen-Williams (Q, D, L, C).

3.5.8 Inversiones requeridas para el sistema de transporte de agua

Aquí se presenta el análisis de las inversiones requeridas para el sistema de transporte de agua correspondiente al Escenario 0 (solo demanda poblacional). A continuación se detallan las secciones de cada tramo del sistema (obra de toma y estaciones de bombeo PS1 a PS5), con sus respectivas cañerías y reservorios operativos. Como también Longitud y dimensiones de la cañería, el caudal (Q en m³/s) y el costo por metro de cañería. Se desglosa el costo de la cañería, el costo del reservorio operativo y el costo de la estación de bombeo (PS), todo en millones de USD y Otros datos técnicos, como la capacidad de los reservorios (m³), altura manométrica (m.c.a.), y la potencia requerida para las bombas (HP).

Tabla 22 Análisis de Inversiones para Escenario 0 - Fuente propia

ESCENARIO 0 - Poblacional												
Sección	Longitud (m)	Q (m ³ /s)	D (mm)	Costo (\$/m)	Costo Cañería (USD)	Res. (m ³)	Costo (\$/m ³)	Costo del reservorio (USD)	m.c.a (m)	P (HP)	Costo de la PS (USD)	Costo Total (USD)
SECCIÓN 1												
OBRA DE TOMA + PS 1									145	4,588	14.91	74.26
CAÑERÍA SECCIÓN 1	35,061	6,834	1,100	1,677	58.79							
RESERVORIO OPERATIVO (6 HS)						41,005	13.86	0.57				
SECCIÓN 2												

PS 2									135	4,270	13.87	
CAÑERÍA SECCIÓN 2	42,360	6,834	1,100	1,677	71.02							85.47
RESERVORIO OPERATIVO (6 HS)						41,005	3.32	0.57				
SECCIÓN 3												
PS 3									145	963	3.13	
CAÑERÍA SECCIÓN 3	50,104	1,434	600	580	29.08							32.59
RESERVORIO OPERATIVO (6 HS)						8,605	43.80	0.38				
SECCIÓN 4												
PS 4									146	969	3.15	
CAÑERÍA SECCIÓN 4	49,994	1,434	600	580	29.02							32.54
RESERVORIO OPERATIVO (6 HS)						8,605	43.80	0.38				
SECCIÓN 5												
PS 5									131	870	2.83	
CAÑERÍA SECCIÓN 5	51,976	1,434	600	580	30.17							33.37
RESERVORIO OPERATIVO (6 HS)						8,605	43.80	0.38				
TOTAL					218.08			2.27			37.88	258.23

Resumen total:

- El total invertido en cañerías: 218.08 millones USD.
- El total en reservorios: 2.27 millones USD.
- El total en estaciones de bombeo: 37.88 millones USD.
- **Inversión total del sistema: 258.23 millones USD.**

A continuación el siguiente cuadro muestra la inversión requerida para el Escenario 1 - 5,000 Has, detallando los costos de infraestructura necesaria para el sistema de transporte de agua.

Tabla 23 Análisis de Inversiones para Escenario 1 - Fuente propia

ESCENARIO 1 - 5,000 Has												
SECCIÓN	Longitud (m)	Q (m ³ /s)	D (mm)	Costo (\$/m)	Costo de la Cañería (USD)	Res. (m ³)	Costo (\$/m ³)	Costo del reservorio (USD)	m.c.a (m)	P (HP)	Costo de la PS (USD)	Costo Total (USD)
SECCIÓN 1												
OBRA DE TOMA + PS 1									179	11,079	35.99	113.0
CAÑERÍA SECCIÓN 1	35,061	13,369	1,300	2,177	76.35							
RESERVORIO OPERATIVO (6 HS)						80,212	8.28	0.66				

SECCIÓN 2												
PS 2									161	9,963	32.37	174.4
CAÑERÍA SECCIÓN 2	42,360	13,369	1,300	2,177	92.24							
EMBALSE ESTACIONAL						15,000,000	3.32	49.76				
SECCIÓN 3												
PS 3									145	963	3.13	32.6
CAÑERÍA SECCIÓN 3	50,104	1,434	600	580	29.08							
RESERVORIO OPERATIVO (6 HS)						8,605	43.80	0.38				
SECCIÓN 4												
PS 4									146	969	3.15	32.5
CAÑERÍA SECCIÓN 4	49,994	1,434	600	580	29.02							
RESERVORIO OPERATIVO (6 HS)						8,605	43.80	0.38				
SECCIÓN 5												
PS 5									131	870	2.83	33.4
CAÑERÍA SECCIÓN 5	51,976	1,434	600	580	30.17							
RESERVORIO OPERATIVO (6 HS)						8,605	43.8	0.38				
TOTAL					256.85			51.56			77.46	385.9

Resumen total:

- La inversión en cañerías es de **256.85 millones USD**.
- La inversión en reservorios es de **51.56 millones USD**.
- La inversión en estaciones de bombeo es de **77.46 millones USD**.

El total general de inversión asciende a 385.87 millones USD.

El siguiente y ultimo escenario, Escenario 2, plantea una infraestructura mucho más importante para cubrir la mayor demanda (10,000 hectáreas), lo que se refleja directamente en los costos. El cuadro muestra un desglose por secciones, considerando todos los elementos claves: cañerías, estaciones de bombeo (PS), embalses y reservorios operativos.

Tabla 24 Análisis de Inversiones para Escenario 2- Fuente propia

ESCENARIO 2 - 10,000 Has												
SECCIÓN	Longitud (m)	Q (m ³ /s)	D (mm)	Costo (m/\$)	Costo de la tubería (USD)	Res. (m ³)	Costo (\$/m ³)	Costo del reservorio (USD)	m.c.a (m)	P (HP)	Costo dr la PS (USD)	Costo Total (USD)
SECCIÓN 1												
OBRA DE TOMA + PS 1									154	14,233	46.24	148.09
CAÑERÍA SECCIÓN 1	35,061	19,963	1,600	2,905	101.84							
RESERVORIO OPERATIVO (6 HS)						119,781	0.00	0.00				
SECCIÓN 2												
PS 2									141	13,029	42.33	264.24
CAÑERÍA SECCIÓN 2	42,360	19,963	1,600	2,905	123.05							
EMBALSE ESTACIONAL						29,800,000	3.32	98.86				
SECCIÓN 3												
PS 3									145	963	3.13	32.59
CAÑERÍA SECCIÓN 3	50,104	1,434	600	580	29.08							
RESERVORIO OPERATIVO (6 HS)						8,605	43.80	0.38				
SECCIÓN 4												
PS 4									146	969	3.15	32.54
CAÑERÍA SECCIÓN 4	49,994	1,434	600	580	29.02							
RESERVORIO OPERATIVO (6 HS)						8,605	43.80	0.38				
SECCIÓN 5												
PS 5									131	870	2.83	33.37
CAÑERÍA SECCIÓN 5	51,976	1,434	600	580	30.17							
RESERVORIO OPERATIVO (6 HS)						8,605	43.80	0.38				
TOTAL					313.16			99.99			97.67	510.82

Resumen Total:

- **Inversión en cañerías:** La inversión total para la tubería es de aproximadamente **313.16 millones USD**, siendo las secciones 1 y 2 las más costosas (101.84 y 123.05 millones USD respectivamente), dado que manejan caudales mayores y diámetros más grandes.
- **Reservorios y embalses:** Aquí se nota un salto en costos comparado con las alternativas anteriores, especialmente en la sección 2, que incluye un embalse estacional de casi **99 millones USD**.
- **Estaciones de bombeo:** La potencia y cantidad requerida es mayor, con un total de **97.67 millones USD**, mostrando que la energía para movilizar el agua a través de este sistema es significativa (destacan las bombas en las primeras dos secciones).
- **Costo total:** La inversión global para esta alternativa asciende a **510.82 millones USD**, marcando la opción más cara entre las alternativas analizadas. Esto es esperable dado que la capacidad proyectada es la mayor.

3.5.9 Costos de Energía de operación de las alternativas de acueducto

Para cada alternativa y en base al caudal que se necesita bombear y el desnivel que se necesita sortear se calcula la Potencia (KW) requerida para la operación del acueducto.

Suponiendo un funcionamiento de 20 horas por día, 30 días al mes y 12 meses por año se calcula la Energía (KWh) que se requiere a lo largo de un año para cada componente del acueducto.

Tabla 25 cálculo de las potencias y energía requerida para cada alternativa – Fuente: Producción propia

Escenario	Alternativa	Potencia (KW)	Energía (KWh - año)
Poblacional	Acueducto desde Conesa	Acueducto Conesa – SAO	46.941.643
		Acueducto SAO – Sierra	14.843.188
		Total	61.784.830
Poblacional + 5k hectáreas	Acueducto desde Conesa	Acueducto Conesa – SAO	111.502.335
		Acueducto SAO – Sierra	14.843.188
		Total	126.345.523
Poblacional + 10k hectáreas	Acueducto desde Conesa	Acueducto Conesa – SAO	144.467.486
		Acueducto SAO – Sierra	14.843.188
		Total	159.310.674

Para calcular el costo anual de la energía se adopta un valor de 155 \$/KW equivalente a 0,13 USD/KW (Adoptando una referencia de cambio de \$1.190/USD).

Este valor surge de la evaluación de referencias obtenidas de costos de facturación de servicios de provisión de energía (Se adjunta como anexo IV una factura modelo de EDERSA), dividiendo el valor del total de energía consumida (Energía Punta, Energía Valle y Energía Resto) por el valor total facturado. De esta forma el valor adoptado tiene en cuenta no solo el valor neto de la energía (\$/KW), si no también todos los otros costos que forman parte de la facturación del servicio (cargos de uso de red, compra de potencia, recargos, tasas e impuestos).

Como referencia internacional es adecuado adoptar valores del orden de 0,1 USD/KW, valor que es cercano a lo calculado mediante la referencia de la facturación del servicio.

Tabla 26 cálculo del costo anual de la energía para cada alternativa - Fuente propia

Escenario	Alternativa	Costo Energía Anual (M USD)	
Poblacional	Acueducto desde Conesa	Acueducto Conesa - SAO	6,11
		Acueducto SAO - Sierra	1,93
		Total	8,05
Poblacional + 5k hectáreas	Acueducto desde Conesa	Acueducto Conesa - SAO	14,52
		Acueducto SAO - Sierra	1,93
		Total	16,46
Poblacional + 10k hectáreas	Acueducto desde Conesa	Acueducto Conesa - SAO	18,82
		Acueducto SAO - Sierra	1,93
		Total	20,75

Estos valores de costo energético anual para cada alternativa serán tenidos en cuenta para la determinación de los costos de operación de los acueductos.

3.5.10 Comparación de alternativas de costos de plantas de desalinización

En este apartado se realiza una comparación de alternativas de costos de plantas de desalinización,

según experiencias y referencias internacionales. La tabla siguiente proviene de estudios de referencia que consultoras y organismos internacionales han ido publicando como línea base de coste para plantas de ósmosis inversa. Como se publica anualmente en la International Desalination Association (IDA) en sus informes “Desalination Yearbook”.

En líneas generales se detalla el CAPEX por escala, que se deriva de promediar costos de decenas de plantas construidas en el Mediterráneo, Golfo Pérsico y Australia entre 2010–2020.

El OPEX incluye energía eléctrica, productos químicos y mantenimiento, también promediados en las mismas regiones. Y el costo total, se calcula como la sumatoria de la anualización del CAPEX (a una tasa de descuento “estándar” de 7 % a 20 años) más el OPEX.

En esta tabla se muestra cómo el costo total por m³ disminuye a medida que la capacidad de la planta aumenta. Esto muestra un efecto claro de economías de escala, donde al aumentar la capacidad, se reduce el costo por unidad de agua desalinizada.

Tabla 27 Referencias internacionales para costos de plantas desaladoras - Fuente: IDA (International Desalination Association) – Desalination Yearbook

Capacidad, Mm ³ /año	Capex, \$	Opex, \$ por año	Opex, \$/m ³	Costo Total, \$/m ³
10	43,067,312	5,916,467	0.59	1.06
20	78,270,175	10,964,476	0.55	0.97
30	110,504,652	15,687,518	0.52	0.92
40	140,811,455	20,277,510	0.51	0.89
50	167,139,579	24,794,600	0.50	0.86
60	197,415,961	29,265,577	0.49	0.84
70	224,197,143	33,704,732	0.48	0.83
80	250,165,118	38,120,595	0.48	0.81
90	272,701,567	41,915,666	0.47	0.79
100	293,191,416	46,055,719	0.46	0.78
120	336,295,127	54,209,025	0.45	0.76

Para continuar con el análisis de los costos para las plantas desaladoras para este estudio, se considera para este caso particular una planta de 33.9 Hm³/año, sumando los consumos de SAO (26,5 Hm³/año) y Sierra Grande (7,4 Hm³/año). Por lo cual para ese valor total se ubica entre las capacidades de 30 y 40 Mm³/año de la tabla internacional, donde los costos totales para capacidades cercanas son:

- 30 Mm³/año: **0.92 USD/m³**
- 40 Mm³/año: **0.89 USD/m³**

El valor calculado en la siguiente tabla es de 0.906 USD/m³, lo cual está en línea con las referencias internacionales.

Tabla 28 Rango para la planta desaladora del estudio – Fuente: Producción propia

Capacidad, Mm ³ /año	Capex, U\$D	Opex, U\$D por año	Opex, U\$D/m ³	Costo Total, U\$D/m ³
10	43,067,312	5,916,467	0.59	1.06
20	78,270,175	10,964,476	0.55	0.97
30	110,504,652	15,687,518	0.52	0.92
40	140,811,455	20,277,510	0.51	0.89
50	167,139,579	24,794,600	0.5	0.86

A continuación se muestran los gráficos que son el resultado de ajustar funciones matemáticas a los datos de la tabla de referencias internacionales para poder estimar costos a cualquier capacidad dentro del rango (10–50 Mm³/año).

Estos gráficos sirven para hacer estimaciones rápidas, con cualquiera de estas ecuaciones se puede predecir CAPEX, OPEX o costo total para un tamaño de planta intermedio. Se pueden comparar proyecciones propias contra “lo que dice la industria” y detectar desviaciones. Siempre y cuando se tenga en cuenta el rango de validez (estos ajustes son fiables entre ~10 y 50 Mm³/año. Fuera de ese rango puede resultar plantas muy pequeñas o muy grandes).

En resumen, estos ajustes dan herramientas para proyectar y optimizar costes de desalación según escala.

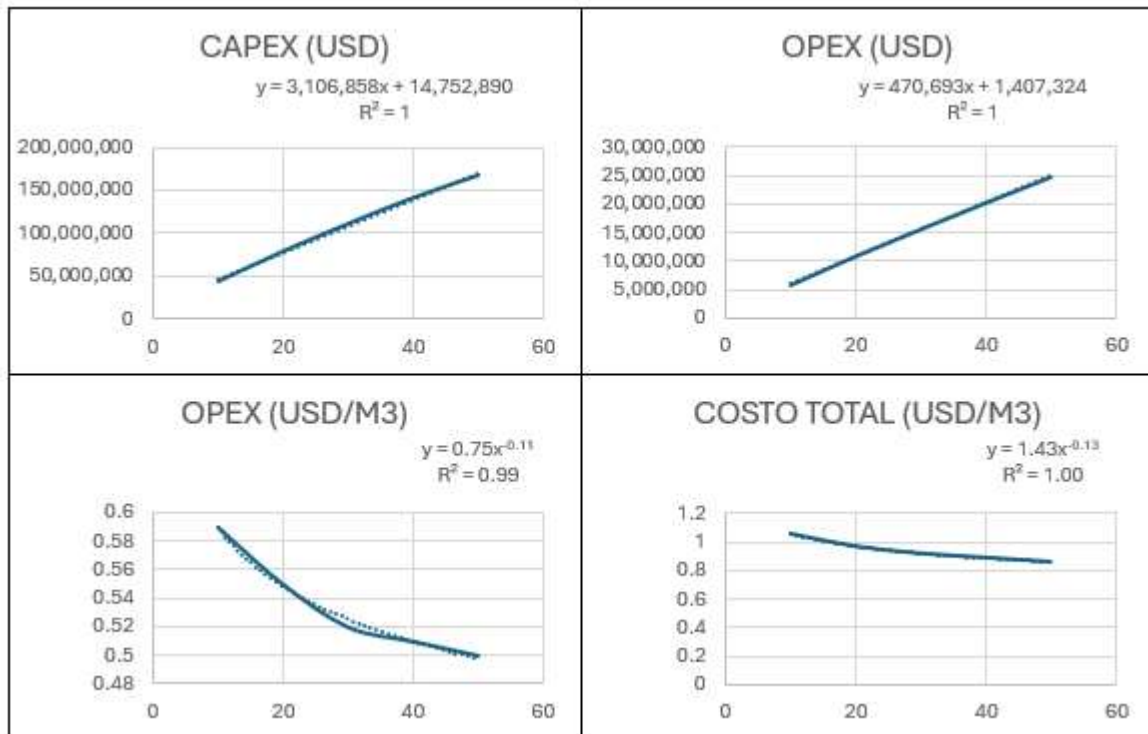


Ilustración 26 Gráficos de resultados de costos de referencias internacionales - Fuente: IDA (International Desalination Association) – Desalination Yearbook

Se describe la interpretación de cada uno de ellos:

- CAPEX (USD) vs. Capacidad:
 - El intercepto (~\$14.8 M) representa el costo “fijo” de partida, independiente de escala (obra civil mínima, estudios, licencias).
 - La pendiente ($\approx \$3.1 \text{ M/Mm}^3$) es el costo marginal de instalar un Mm^3 adicional de capacidad.
 - Ajuste: $R^2=1$ indica un ajuste prácticamente perfecto, es decir, los datos originales caen casi exactamente sobre la recta.
- OPEX (USD/año) vs. Capacidad
 - Un costo fijo operativo inicial de $\sim \$1.4 \text{ M/año}$ (costos de mantenimiento mínimo, personal básico).
 - Cada $\text{Mm}^3/\text{año}$ adicional “consume” unos $\$471 \text{ k/año}$ en energía, químicos y repuestos.
 - Ajuste: $R^2=1$, confirmando linealidad casi exacta en el rango considerado.

- OPEX (USD/m³) vs. Capacidad
 - El coste unitario de operación disminuye con la escala, según un exponente de -0.11
 - A 10 Mm³/año cuesta ~ 0.59 USD/m³; a 60 Mm³/año baja a ~ 0.49 USD/m³.
 - El exponente -0.11 encaja con las economías de escala típicas en OPEX (mejor negociación de insumos, optimización energética).

- Costo Total (USD/m³) vs. Capacidad
 - El costo unitario completo (CAPEX anualizado + OPEX) también cae con la escala, con un exponente -0.13 .
 - Empieza en ~ 1.06 USD/m³ para 10 Mm³/año y llega a ~ 0.83 USD/m³ en 60 Mm³/año.
 - Ese exponente es coherente con los valores de la literatura (entre -0.1 y -0.2) y confirma fuertes economías de escala.

3.5.11 Una planta de desalinización vs dos plantas

En este apartado se realiza una Comparación entre una planta y dos plantas, donde se llega al resultado que con una planta, el costo total es 0.906 USD/m³, similar al rango internacional, como se analizó anteriormente. Y con dos plantas, el costo sube a 2.037 USD/m³, ya sea porque hay duplicación de infraestructuras (mayor Capex). Y por otro lado el Opex/m³ se eleva (a 1.140 USD/m³), lo que indica menor eficiencia operativa al dividir la producción.

Tabla 29 - Comparación entre una planta y dos plantas desaladoras - Fuente: Producción propia

DESCRIPCIÓN	ANNUAL (Hm3)	CAPEX (USD)	OPEX(USD)	OPEX (USD/M3)	COSTO TOTAL (USD/M3)
Poblacional SAO (Hm ³ /mes)	26,5	97.022.096	13.871.21 5	0,532	0,936
Poblacional Sierra Grande(Hm ³ /mes)	7,4	37.840.773	4.905.168	0,608	1,102

TOTAL	33,9	120.109.97	17.369.05	0,518	0,906
		9	9		
Una Planta		120.109.97	17.369.05	0,518	0,906
		9	9		
Dos Plantas		134.862.87	18.776.38	1,140	2,037
		0	3		

Análisis comparativo de las alternativas consideradas

Para evaluar las alternativas consideradas se tiene en cuenta la inversión inicial requerida para cada una de ellas así como también los costos de operación, los mismos han sido detallados precedentemente.

Se debe tener en cuenta también la distribución proporcional de los volúmenes que requiere cada punto de demanda a abastecer, en cada uno de los escenarios considerados. Esto es importante porque para el caso de las alternativas de acueductos los costos de llevar el agua desde Conesa a SAO deben ser repartidos proporcionalmente entre los costos que se asignan a abastecer la demanda en SAO y los costos de abastecer la demanda en Sierra Grande.

En función de los escenarios planteados se interpreta también que los costos derivados de las diferentes demandas para cada escenario estarán acorde al incremento de la demanda considerada, por lo tanto los costos de las infraestructuras de distribución para escenarios de demandas mayores serán también mayores así como también los requerimientos de energía y costos operativos.

El desarrollo de áreas de riego implica un aumento de la demanda comparada con el escenario poblacional del 57% para el escenario de 5.000 hectáreas y del 73% para el escenario de 10.000 hectáreas.

Tabla 30 Distribución proporcional de las demandas en cada escenario para cada sitio de demanda.

Escenario	Demandas (hm ³ /año)		
	Total	SAO	Sierra Grande
Poblacional	33,9	26,5	7,4
		78%	22%
Poblacional + 5k hectáreas	80,2	72,7	7,4
		91%	9%
Poblacional + 10k hectáreas	125,3	117,9	7,4
		94%	6%

Fuente: Propia.

A continuación se presenta un resumen de los costos de todos los componentes para cada alternativa analizada, según se presentó precedentemente.

Para cada alternativa de acueducto se presentan los costos de inversión para el tramo Conesa – SAO y para el tramo SAO – Sierra Grande, se detallan los costos de cañerías, reservorios y estaciones de bombeo.

Para las alternativas que contemplan la instalación de una planta desaladora se indican los costos correspondientes en función de su capacidad de producción anual.

Tabla 31 Detalle de costos de inversión para cada alternativa por componente

Escenario	Alternativa		Costos Inversión				
			Costo Cañería (M USD)	Costo Reservorios (M USD)	Costo Estación de Bombeo (M USD)	Costo Planta Desaladora (M USD)	Costo Inversión (M USD)
Poblacional	A1 Acueducto desde Conesa	Acueducto Conesa - SAO	129,81	1,14	28,78		159,72
		Acueducto SAO - Sierra	88,27	1,13	9,10		98,50
		Total A1	218,08	2,27	37,88		258,23
	A2 Planta desaladora + Acueducto	Planta desaladora en SAO				120,1	120,1
		Acueducto SAO - Sierra	88,27	1,13	9,10		98,50
		Total A2	88,27	1,13	9,10	120,10	218,60
	A3 Planta desaladoras	Planta desaladora en SAO				97,02	97,02
		Planta desaladora en Sierra				37,84	37,84
		Total A3				134,86	134,86
Poblacional + 5k hectáreas	A4 Acueducto desde Conesa	Acueducto Conesa - SAO	168,58	50,43	68,36		287,37
		Acueducto SAO - Sierra	88,27	1,13	9,10		98,50
		Total A4	256,85	51,56	77,46		385,87

Poblacional + 10k hectáreas	A5 Acueducto desde Conesa	Acueducto Conesa - SAO	224,89	99,84	88,57		413,31
		Acueducto SAO - Sierra	88,27	1,13	9,10		98,50
		Total A5	313,16	100,97	97,67		511,81

Fuente: Propia.

Para las alternativas donde se considera el desarrollo de proyectos agrícolas los costos de inversión crecen sustancialmente debido a los mayores volúmenes de agua que se deben conducir pero sobre todo debido al impacto de los reservorios estacionales que deben construirse para optimizar el funcionamiento de los acueductos de manera de lograr la mayor cantidad de horas operativas a lo largo del año.

Del mismo modo, en los escenarios que contemplan desarrollos de áreas de riego, las infraestructuras necesarias para la distribución del agua de riego deben ser consideradas, existiendo la posibilidad de que estas infraestructuras sean desarrolladas en forma gradual en función del crecimiento de desarrollo agrícola.

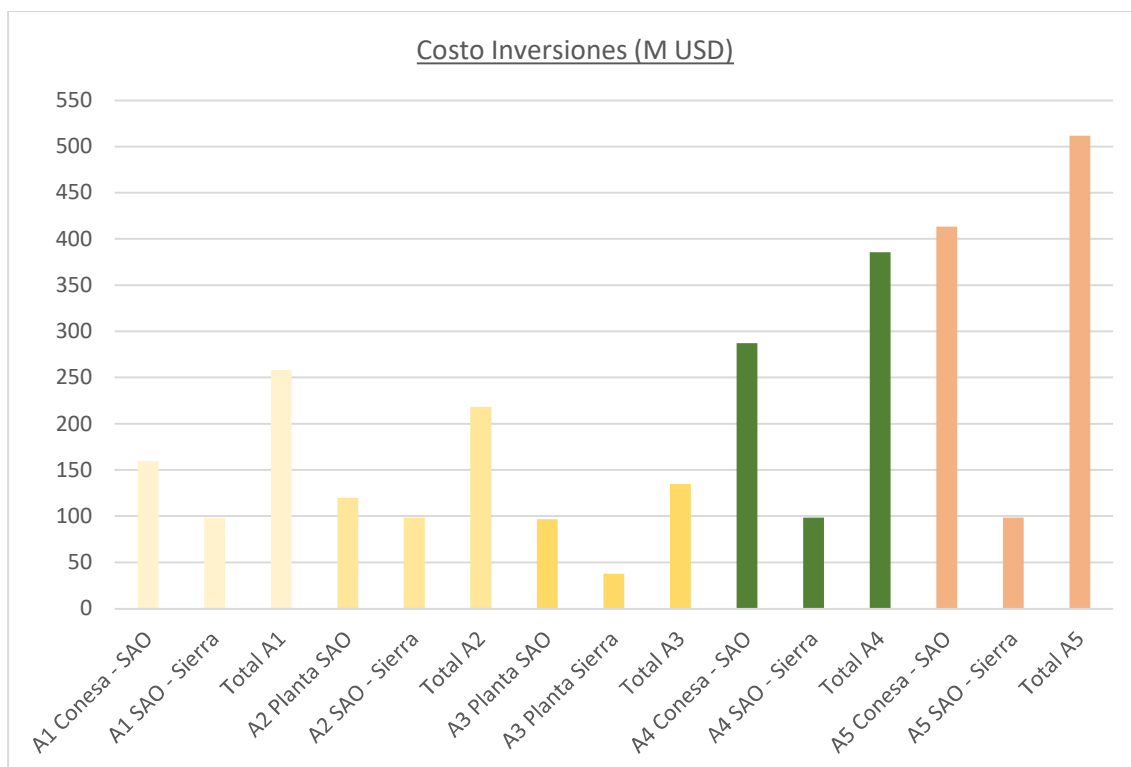


Ilustración 27 - Costos de inversión por alternativa y por componente - Fuente: Propia

Para las alternativas consideradas en el escenario de abastecimiento poblacional, la Alternativa 1 tiene los mayores costos de inversión (258,23 M USD), esta alternativa contempla solamente acueductos

desde Conesa hasta SAO y desde SAO hasta Sierra Grande.

La Alternativa 2 resulta la segunda opción con respecto a los costos de inversión (218,60 M USD) contemplando una planta desaladora en SAO que produzca el 100% de la demanda y un acueducto desde SAO a Sierra Grande.

La Alternativa 3 resulta en los menores costos de inversión (134,86 M USD), siendo estructurada mediante la instalación de dos plantas desaladoras, una ubicada en SAO y otra ubicada en Sierra Grande, abasteciendo cada una las demandas de forma independiente.

En forma complementaria se debe considerar en el análisis de esta alternativa la posibilidad de refuncionalizar el sistema de acueductos que actualmente abastecen a Sierra Grande según la referencias del estudio realizado en 2005 y actualizando el valor de las inversiones a 2025 se necesitaría como mínimo 35,8 M USD (punto 3.3.3 del informe). Este valor debe ser estudiado en detalle ya que se debe realizar un relevamiento detallado del estado del sistema y validar al hipótesis de inversión consideradas en el estudio de referencia. Se debe también realizar una actualización de los costos de las inversiones.

Al considerar las opciones de plantas desaladoras se debe recordar los requerimientos técnicos que deben ser conocer con detalle para poder desarrollar estos proyectos, los mismos fueron detallados precedentemente y sobre ellos no se dispone de información actualmente en la provincia, los principales a destacar son: conocimiento detallado de la calidad del agua a lo largo del año y en distintas ubicaciones y profundidades (algas, materia orgánica, sales, temperatura), impacto de las mareas, riesgos de contaminación, etc.

El conocimiento detallado de ambiente en que operaría la planta es fundamental porque la operación en aguas frías podría triplicar los costos de energía y el pretratamiento del agua. Del mismo modo es clave poder conocer el conocimiento de la posible ubicación de la obra de toma y aducción ya que podría representar hasta el 40% de la inversión de la planta.

Se debe tener en cuenta que el funcionamiento de la plantas debe tener la menor variación posible durante el año ya que si se requiere disminuir la producción induciendo un funcionamiento parcial de la planta se requerirán tareas de mantenimiento particulares, por lo tanto se deberá agregar un costo extra a los cotos de producción de agua.

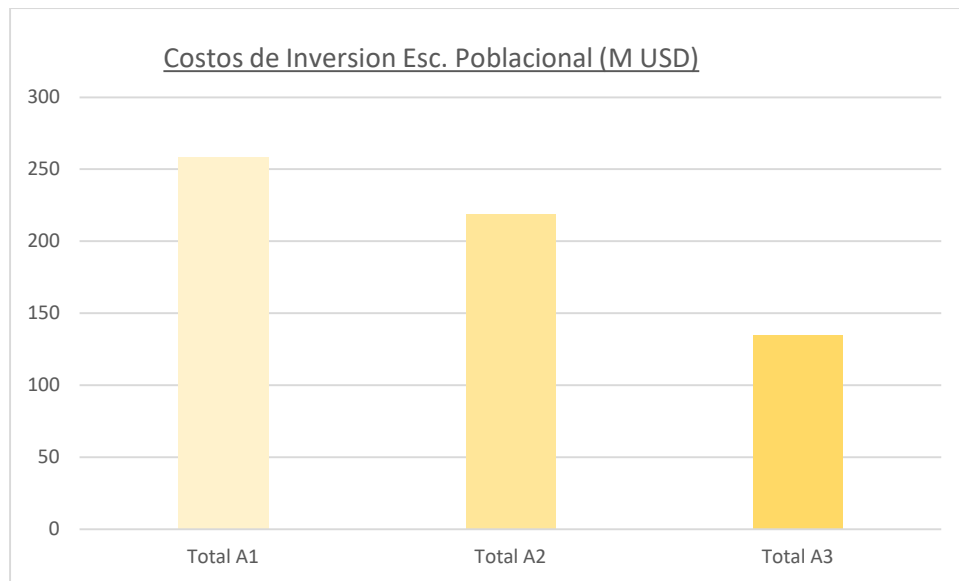


Ilustración 28 – Costos de inversión alternativas abastecimiento poblacional - Fuente: Propia

Al analizar la distribución proporcional de cada componente para el escenario poblacional se puede apreciar que para la Alternativa 1, el 62% de la inversión corresponde al acueducto del tramo Conesa – SAO y el 38% corresponde al tramo SAO – Sierra Grande.

Para la Alternativa 2, los costos son equilibrados entre las dos componentes ya que la inversión en la planta desaladora ubicada en SAO representa el 55% de los costos y el acueducto hasta Sierra Grande representan el 45%.

Para la Alternativa 3, el 72% del costo de inversión corresponde a la planta desaladora que abastecería la demanda de agua en SAO y el 28% corresponde a la planta desaladora ubicada en Sierra Grande.

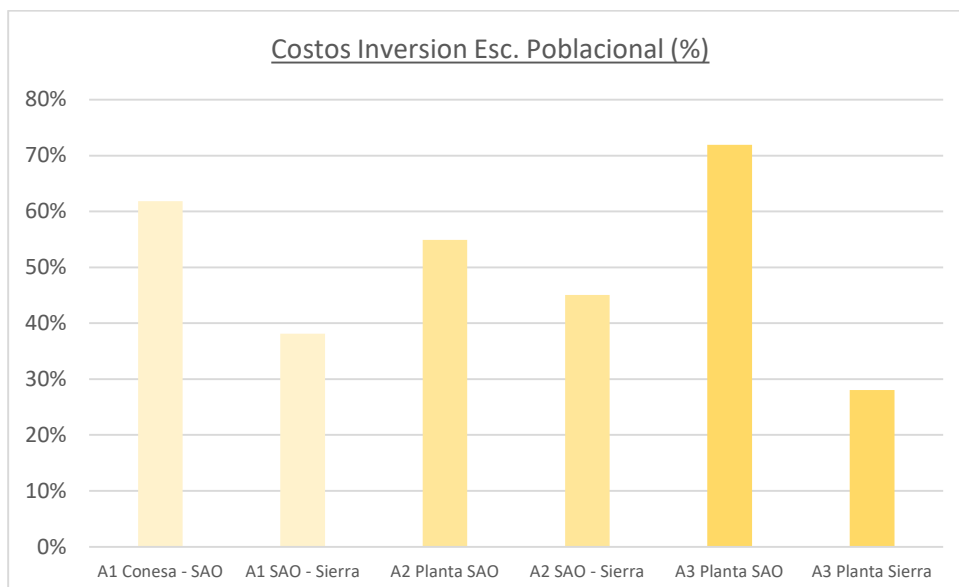


Ilustración 29 – Costos de inversión alternativas abastecimiento poblacional por componente -

Fuente: Propia

Si se analizan las alternativas que contemplan escenarios agrícolas hay que considerar que no solamente los acueductos serán mayores respondiendo a los mayores volúmenes que hay que conducir durante el año si no también está la influencia de los reservorios estacionales. En estas alternativas se debe considerar que la infraestructura necesaria para realizar la distribución del agua a las zonas de riego puede tener costos relevantes.

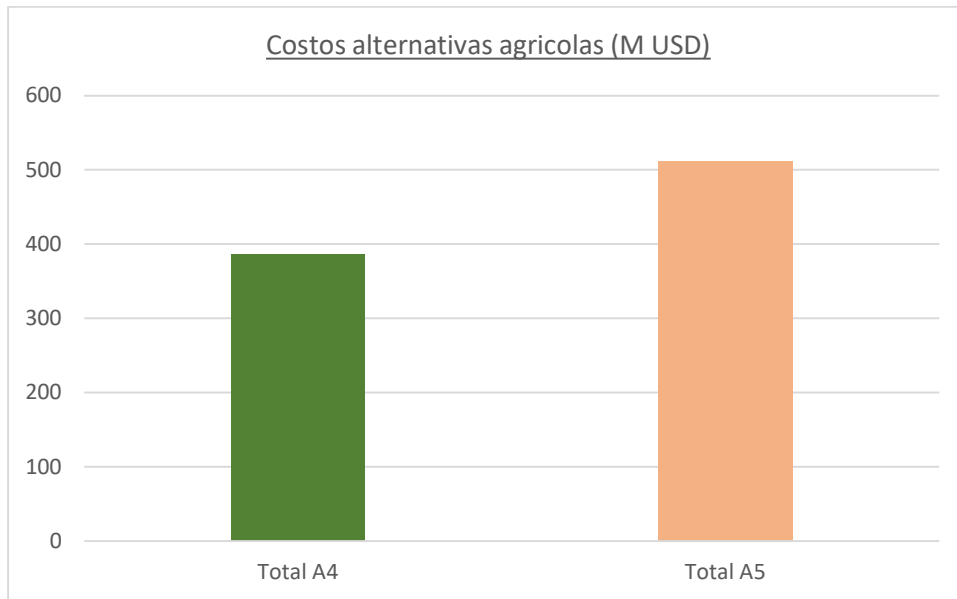


Ilustración 30 – Costos de inversión alternativas agrícolas - Fuente: Propia

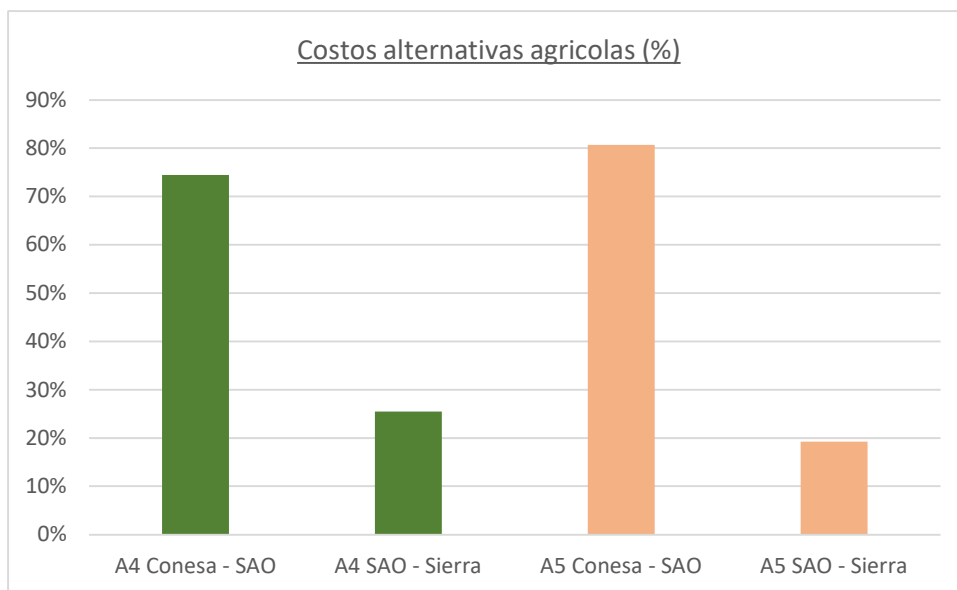


Ilustración 31– Distribución porcentual costos de inversión alternativas agrícolas – Fuente: Propia

Si se compara todas las alternativas que contemplan acueductos, se puede apreciar que para todos

los escenarios el mayor costo está representado por la cañería seguido por los costos de las estaciones de bombeo y los reservorios. Los reservorios y las estaciones de bombeo representan cerca del 20% cada uno en los escenarios agrícolas, esto es importante de destacar ya que se puede evaluar en detalle en función del desarrollo que se planifique para los escenarios agrícolas como sería una eventual secuencia de inversiones a lo largo del tiempo de desarrollo del área de riego.

Tabla 32– Costos alternativas acueductos y distribución proporcional

Escenario	Alternativa		Costo Cañería (M USD)	Costo Reservorios (M USD)	Costo Estación de Bombeo (M USD)	Costo Inversión (M USD)
Poblacional	Acueducto desde Conesa	Costo	218,08	2,27	37,88	258,23
		%	84%	1%	15%	100%
Poblacional + 5k hectáreas	Acueducto desde Conesa	Costo	256,85	51,56	77,46	385,87
		%	67%	13%	20%	100%
Poblacional + 10k hectáreas	Acueducto desde Conesa	Costo	313,16	100,97	97,67	511,81
		%	61%	20%	19%	100%

Fuente: Propia

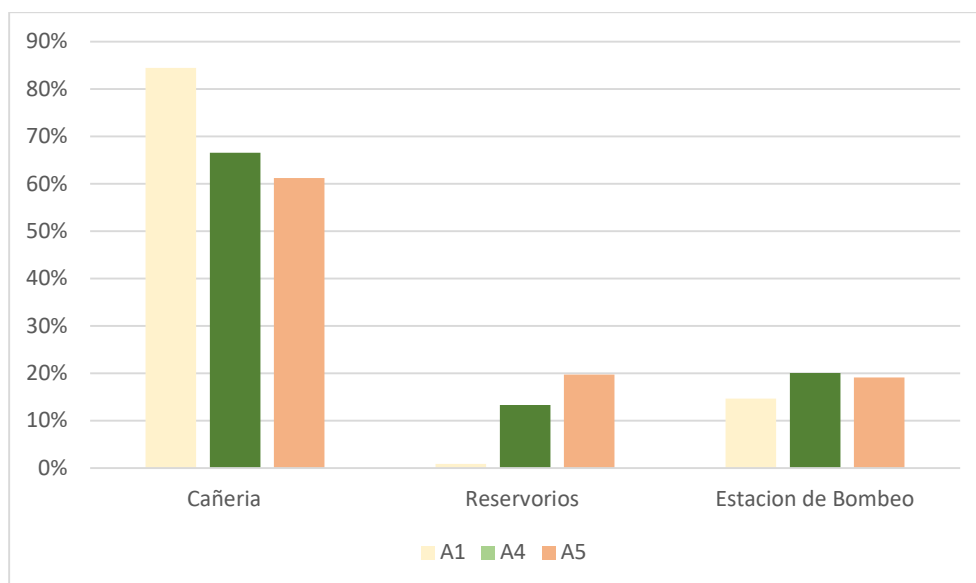


Ilustración 32 – Distribución porcentual costos alternativas agrícolas por componente – Fuente: Propia

Para calcular los costos de operación de cada alternativa se consideran los gastos en energía y también los de operación y mantenimiento.

Para las alternativas de acueducto se consideran los gastos de energía para cada componente de cada alternativa según se explicó precedentemente y se adopta un valor de mantenimiento anual que representa el 2% del costo inversión.

Para las alternativas que contemplan plantas desaladoras se adopta el valor correspondiente en función de su capacidad de producción anual según se indicó anteriormente

Costo de Operación Anual presentado en millones de dólares, se calcula sumando los costos de cada uno de los componentes según corresponda para cada alternativa.

Tabla 33 – Detalle Costos Operativos para cada alternativa

Escenario	Alternativa		Costos Operación Anual (M USD)				
			Energía	Operación Acueducto	Operación Planta	Operación por componente	Operación Anual
Poblacional	Acueducto desde Conesa	Acueducto Conesa - SAO	6,11	3,19		9,30	13,2
		Acueducto SAO - Sierra	1,93	1,97		3,90	
		Total	8,04	5,16			
	Planta desaladora + Acueducto	Planta desaladora en SAO			17,40	17,40	21,3
		Acueducto SAO - Sierra	1,93	1,97		3,90	
		Total					
	Planta desaladoras	Planta desaladora en SAO			13,90	13,90	18,8
		Planta desaladora en Sierra			4,90	4,90	
		Total					
Poblacional + 5k hectáreas	Acueducto desde Conesa	Acueducto Conesa - SAO	14,52	5,75		20,27	24,2
		Acueducto SAO - Sierra	1,93	1,97		3,90	
		Total	16,45	7,72			
Poblacional + 10k hectáreas	Acueducto desde Conesa	Acueducto Conesa - SAO	18,82	8,27		27,09	31,0
		Acueducto SAO - Sierra	1,93	1,97		3,90	
		Total	20,75	10,24			

Fuente: Propia

Para los escenarios de abastecimiento poblacional los costos totales de operación para cada alternativa indican que la Alternativa 1 es la más económica, siendo un 38% menor que la Alternativa 2 y 30% menor que la Alternativa 3.

Si analizamos el costo de operación para cada componente también se aprecia que analizando de forma aislada cada uno de ellos, la Alternativa 1 presenta menores costos totales de operación.

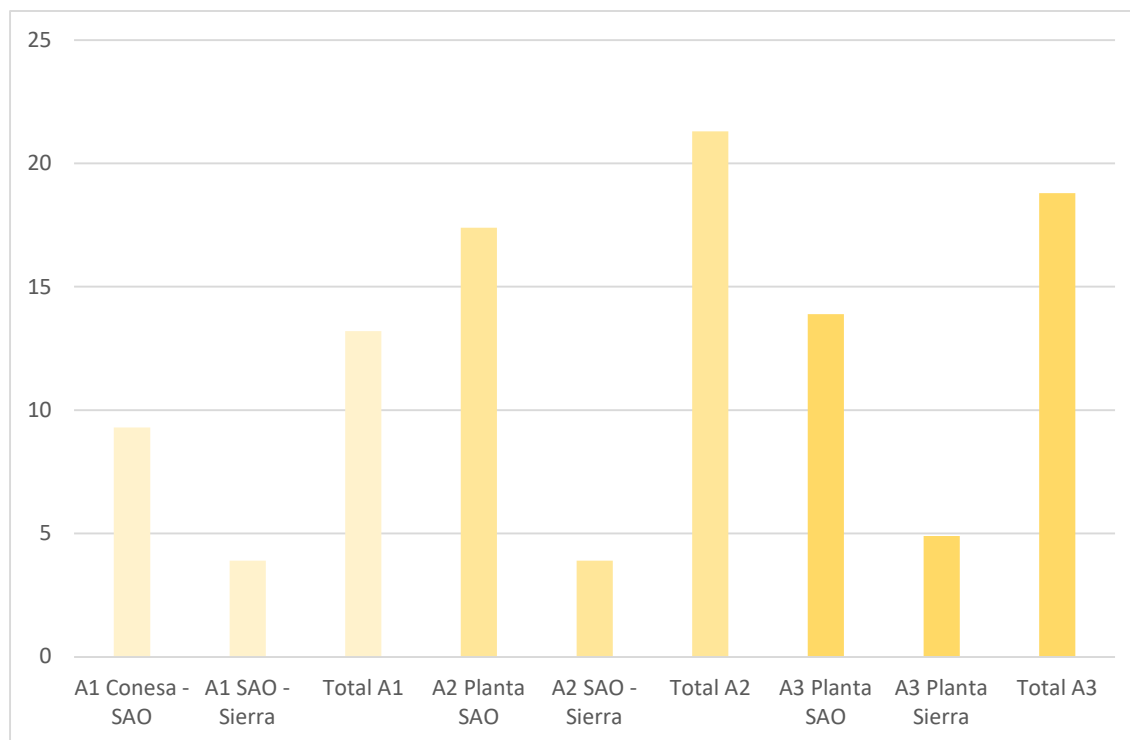


Ilustración 33 – Costos total de operación para cada alternativa y cada componente (M USD/año) –

Fuente: propia.

3.5.11.1 Estimación del costo por metro cúbico de las alternativas analizadas

Para poder realizar una evaluación de los costos de abastecimiento para cada alternativa se calcula el costo por metro cubico abastecido ya sea mediante acueductos o mediante plantas desaladoras según corresponda.

Costos de inversión

En el caso de los costos de inversión se trabajó con una estimación del CAE (Costo Anual Equivalente). Este indicador transforma los costos de inversión (normalmente asignados a un período relativamente corto de ejecución de obras -1 a 2 años-) en un valor económico equivalente anual a lo largo de la vida útil de esa infraestructura o del horizonte temporal bajo análisis, según sea el caso.

Por ello para cada caso es necesario contar con:

- Costo de inversión
- Vida útil de la infraestructura

- Valor de rezago (el valor económico/de mercado de ese equipamiento al finalizar el horizonte temporal considerado).
- Tasa de descuento temporal: que corresponde al costo financiero de los fondos que se aplican a esta inversión y por lo tanto reflejan el costo de oportunidad de esos recursos (normalmente una tasa anual de rentabilidad razonable para el capital y/o el costo que eventualmente puede requerir la financiación).

Cuando el análisis involucra la comparación entre alternativas de inversión es importante contar con el mayor detalle posible para cada uno de los ítems anteriores; por ejemplo, período de diseño y construcción, necesidades de reinversión para mantener la escala de prestaciones, detalles específicos de las alternativas de financiamiento -en caso en que difieran entre alternativas-, entre otros.

Dado que al momento de la realización de este informe no se cuenta con información detallada sobre las prestaciones, características y presupuestos efectivos de las alternativas consideradas, las estimaciones que se realizan en este informe deben entenderse como preliminares, esto es, un primer intento de análisis comparativo.

En los casos que se trabajan en este informe, dichos componentes son:

- Costo de inversión: el correspondiente a cada alternativa considerada. Los ítems de inversión contemplados son:
 - o Infraestructura de conducción (cañería)
 - o Reservorios
 - o Estación de bombeo
 - o Planta desaladora
- Vida útil: se consideró un periodo de 25 años, que es el período de vida útil correspondiente a las alternativas de plantas desaladoras, sin valor de rezago. Para los acueductos se consideró un valor de rezago del 50% del valor de inversión en el año 25.
- Tasa de descuento: 5% anual en USD.

La fórmula aplicada es:

$$CAE = \frac{\text{Valor actual de la inversión} * \text{tasa de descuento}}{1 - (1 + \text{tasa de descuento})^{-n}}$$

El resultado es un pago periódico equivalente a la inversión realizada.

Costos de operación

Para la estimación de los costos anuales de operación se consideraron los siguientes ítems:

- Energía: costo de la energía necesaria para la operación

- Operación acueducto: costo energía + costo mantenimiento (2% anual de la inversión)
- Operación planta desaladora: según las referencias internacionales en función de la capacidad de producción.

Tabla 34– Costos por volumen para cada alternativa (M USD)

	Período: 25		Valor Rezago acueducto: 50%			
	Tasa anual: 5%		CAE Inversión (USD)	CAE/m ³ (USD)	COp/m ³ (USD)	Total/m ³ (USD)
	Costo Inversión (M USD)	Costo Operación (M USD)				
A1 Conesa - SAO	159,72	9,30	9,66	0,28	0,27	0,56
A1 SAO - Sierra	98,50	3,90	5,96	1,09	0,80	1,89
A2 Planta SAO	120,1	17,40	8,52	0,25	0,51	0,76
A2 SAO - Sierra	98,50	3,90	5,96	1,05	1,04	2,09
A3 Planta SAO	97,02	13,90	6,88	0,20	0,41	0,61
A3 Planta Sierra	37,84	4,90	2,68	0,56	1,07	1,63
A4 Conesa - SAO	287,37	20,27	17,38	0,22	0,25	0,47
A4 SAO - Sierra	98,50	3,90	5,96	1,02	0,78	1,80
A5 Conesa - SAO	413,31	27,09	25,00	0,20	0,22	0,42
A5 SAO - Sierra	98,50	3,90	5,96	1,00	0,74	1,74

Fuente: Propia

La primera columna presenta los costos de inversión total para cada componente de cada alternativa en millones de dólares. La segunda columna presenta los costos de operación totales para cada componente de cada alternativa en millones de dólares.

La tercer columna representa el CAE de los costos de inversión anualizando la inversión para cada componente de cada alternativa a lo largo de la vida útil del proyecto.

Las dos siguientes columnas prorratan el CAE de inversión y los costos de operación en función del volumen de abastecimiento de cada componente.

En la última columna se presenta el costo total por metro cubico abastecido para cada componente

de cada alternativa.

El gráfico siguiente presenta los valores correspondientes al Costo Total por metro cubico abastecido por cada componente de cada alternativa.

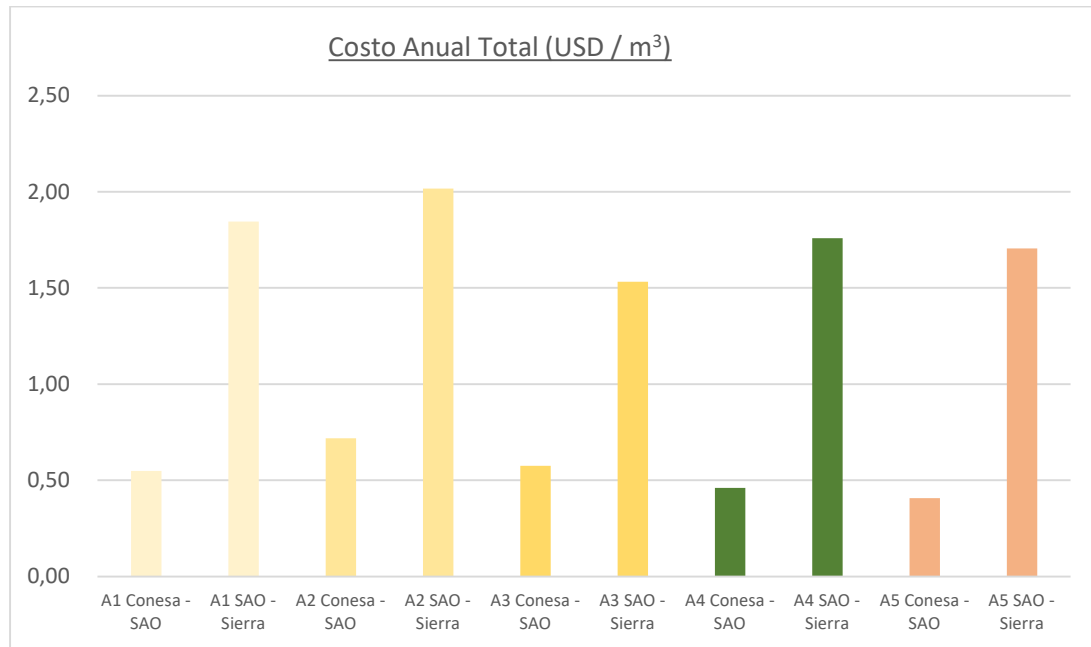


Ilustración 34 – Costos total por m3 para cada alternativa y cada componente - Fuente: Propia

Si analizamos los Costos Totales de Abastecimiento para las alternativas del escenario poblacional y del componente que cubre la demanda de agua en SAO se aprecia que la Alternativa 1 y la Alternativa 3 tienen costos similares 0,55 USD/m³ y 0,58 USD/m³ respectivamente. Estos costos son sustancialmente menores que el de la Alternativa 2 ya que la diferencia es -24% y -20% respectivamente.

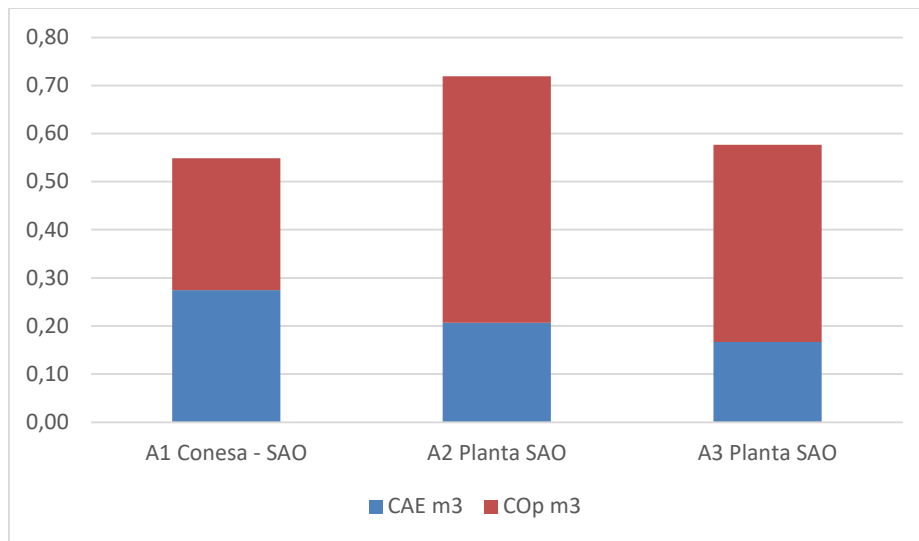


Ilustración 35 – Costos total por m3 para la alternativa poblacional del tramo Conesa – SAO (USD/m3) - Fuente: Propia

Para el componente de abastecimiento de SAO del escenario poblacional se aprecia que para la Alternativa 1 el valor del Costo Total por m³ está formado en partes iguales por los costos de inversión y los costos de operación. Para las Alternativas 2 y 3 prácticamente el 70% del valor corresponde a los costos de operación de los sistemas.

Los costos operativos son clave para evaluar la sostenibilidad a largo plazo de las alternativas. Una alternativa con bajos costos de inversión pero altos costos operativos podrían no ser viable en el tiempo.

Las alternativas con costos operativos más bajos y una distribución equilibrada entre inversión y operación son preferibles para garantizar viabilidad económica.

Las alternativas que contemplan plantas desaladoras tienen un alto impacto de los costos de operación. Estos costos podrían llegar a triplicarse en condiciones de bajas temperaturas del agua de mar. Del mismo modo, en condiciones donde la planta no opera a su máxima capacidad y debe dejar de operar una parte de la instalación se deben considerar costos de mantenimiento que se deberían sumar a los costos del metro cubico producido.

En situaciones donde no se tiene experiencia en la operación de plantas desaladoras ni antecedentes de la calidad del agua ni el comportamiento de las mareas se debe planificar un monitoreo permanente para caracterizar el agua que podría ingresar a la planta. Lo anterior es fundamental por que define las condiciones del pretratamiento que tiene influencia directa en la productividad de la planta con impacto sobre los costos del agua producida y los costos de operación y mantenimiento.

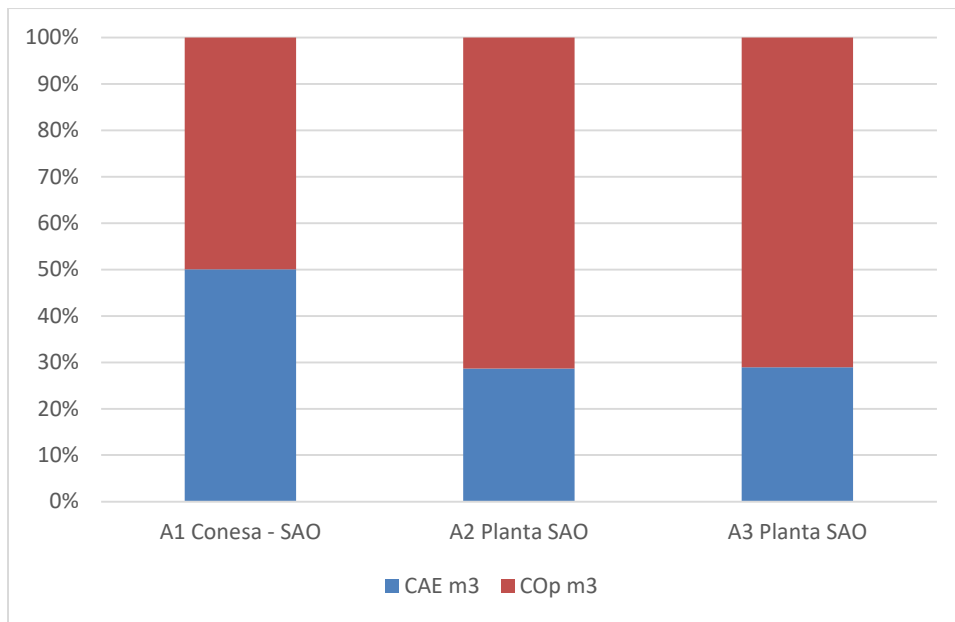


Ilustración 36– Costos total por m3 para la alternativa poblacional del tramo Conesa – SAO (%) -

Fuente: Propia

Para el componente de abastecimiento de Sierra Grande en el escenario de abastecimiento poblacional se aprecia que la alternativa de mayor costo es la Alternativa 2 seguida por la Alternativa 1, siendo la Alternativa 3 la de menor Costo Total por m³ ya que es -17% con respecto a la Alternativa 1 y -24% con respecto a la Alternativa 2.

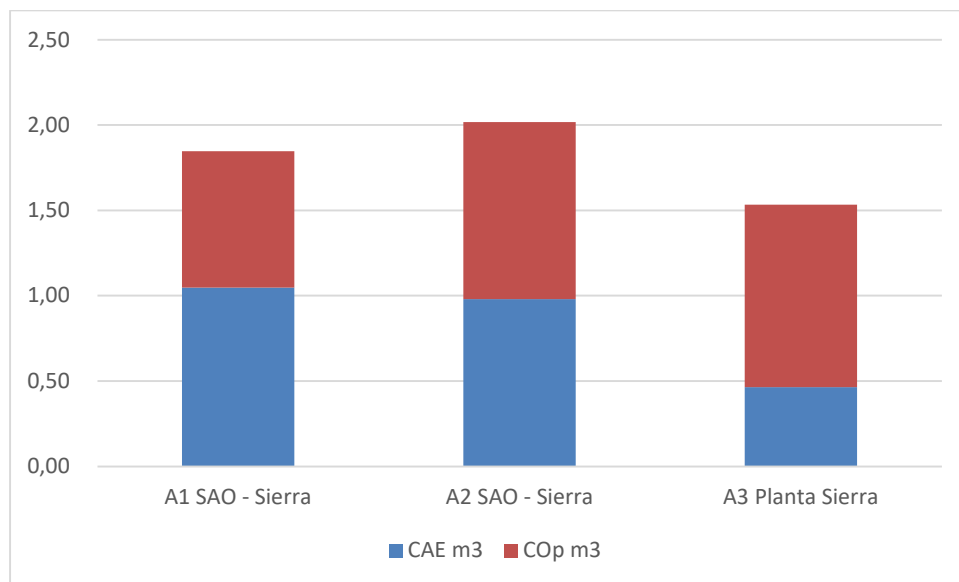


Ilustración 37– Costos total por m3 para la alternativa poblacional del tramo SAO - Sierra (USD/m3) -

Fuente: Propia

Si analizamos la composición porcentual de los costos totales para este componente de las alternativas 1, 2 y 3, vemos que para la Alternativa 1 y Alternativa 2 los costos se reparten en forma

equilibrada entre inversión y operación pero para la Alternativa 3, el 70% del Costo Total de abastecimiento por metro cubico corresponde a la operación. Como se explicó precedentemente para en el análisis del componente de abastecimiento de SAO para el caso de las plantas desaladoras los costos de operación impactan de manera relevante en los costos totales del metro cubico producido.

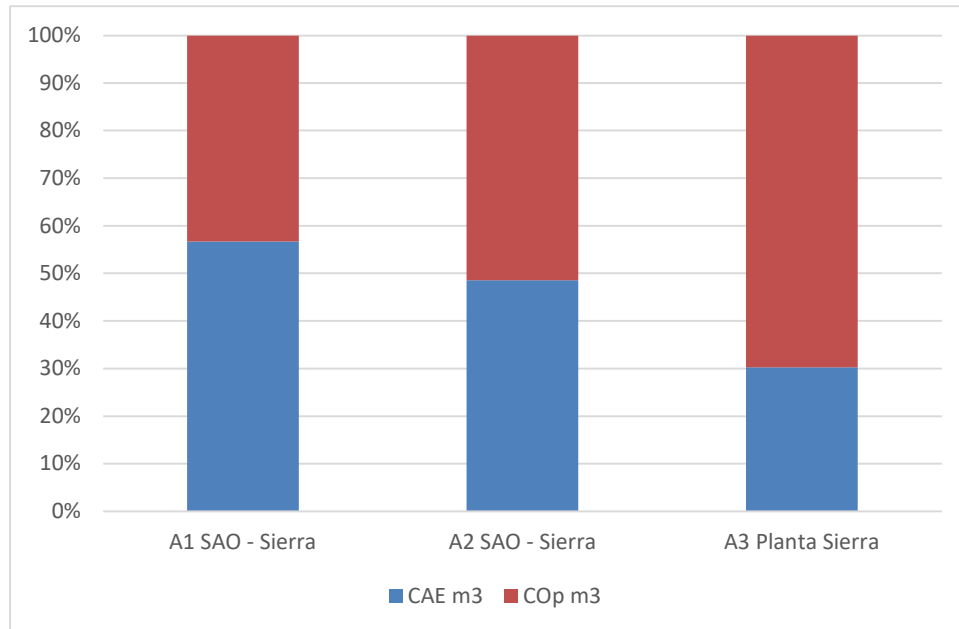


Ilustración 38– Costos total por m3 para la alternativa poblacional del tramo SAO - Sierra (%) -

Fuente: Propia

Costo del agua para riego en San Antonio Oeste

Dentro de las alternativas contempladas para dotar de agua potable a los distritos de San Antonio Oeste y Sierra Grande, en este informe se incluyen dos que evalúan la posibilidad de instalar un acueducto de mayor capacidad de transporte que, sumando a la demanda poblacional, permita entregar adicionalmente 46,2 hm³ para el riego agrícola de 5.000 ha o 92,4 hm³ para regar 10.000 ha en San Antonio Oeste.

Los costos operativos y de mantenimiento de prestación de los acueductos analizados abasteciendo el riego para agricultura (olivos) alcanzan a USD 0,25/m³ y USD 0,22/m³ respectivamente (para 5.000 y 10.000 has respectivamente).

Teniendo en cuenta que, en promedio, los requerimientos de agua para riego se calculan en 9.032 m³ por ha/año, el costo anual por ha oscila entre USD 2.258 y USD 1987.

Por otro lado, el costo operativo para un sistema de goteo en Valle Medio, tomando el agua por bombeo de los sistemas de riego, como se mencionó en este mismo informe, tiene un valor de USD 231.50/ha/año, costo similar al estimado en Mendoza tomando como fuente agua superficial donde se plantea un consumo de energía para bombeo de 0.18 kWh/m³ (datos del Instituto de Desarrollo

Rural de la provincia de Mendoza), con lo cual para 9.032 m³ (valor estimado para este estudio para el cultivo de olivos) da una demanda de 1.626 KWh/ha/año y a un costo estimado actual para la provincia de Río Negro de \$ 155/KWH (contemplando todos los cargos), y a un dólar de \$ 1.190, da un costo anual por ha de USD 212.

Estos valores muestran que equivale al 10% del costo que correspondería incurrir en el caso del agua provista a través del acueducto Conesa-SAO.

Para poner en perspectiva estos valores, a continuación se presentan los costos de producción agrícolas considerados en otras secciones de estos informes:

COSTOS ANUALES POR HA PARA DIFERENTES CULTIVOS, SEGUN SISTEMA DE RIEGO (USD/HA/AÑO)									
	Alfalfa forraje (USD/ha/año)	Alfalfa Invernada (USD/ha/año)	Maiz (USD/ha/año)	Trigo (USD/ha/año)	Soja (USD/ha/año)	Girasol (USD/ha/año)	Frutales (USD/ha/año)	Hortícolas (USD/ha/año)	Olivo (USD/ha/año)
Costo s/riego	USD 1,534.9	USD 2,867.5	USD 1,270.3	USD 903.0	USD 711.0	USD 870.0	USD 12,475.0	USD 5,339.5	USD 3,224.9
PIVOT CENTRAL: para este sistema los márgenes netos sin riego se han incrementado reflejando mayor eficiencia y mejor manejo de los cultivos									
CAE riego	USD 470.9	USD 470.9	USD 470.9	USD 470.9	USD 470.9	USD 470.9			
Costos operativos riego	USD 299.0	USD 299.0	USD 228.0	USD 134.6	USD 209.3	USD 233.8			
Costo con riego	USD 2,304.8	USD 3,637.4	USD 1,969.2	USD 1,508.5	USD 1,391.2	USD 1,574.7			
ALTOS CAUDALES									
CAE riego	USD 221.0	USD 221.0	USD 221.0	USD 221.0	USD 221.0	USD 221.0			
Costos operativos riego	USD 209.3	USD 200.0	USD 159.6	USD 94.2	USD 146.5	USD 163.7			
Costo con riego	USD 1,865.2	USD 3,288.5	USD 1,650.9	USD 1,218.2	USD 1,078.5	USD 1,254.6			
MANGAS									
CAE riego	USD 214.7	USD 214.7	USD 214.7	USD 214.7	USD 214.7	USD 214.7			
Costos operativos riego	USD 149.5	USD 200.0	USD 114.0	USD 67.3	USD 104.7	USD 116.9			
Costo con riego	USD 1,899.1	USD 3,282.2	USD 1,599.0	USD 1,185.0	USD 1,030.3	USD 1,201.6			
GOTEO									
CAE riego							USD 338.5	USD 489.6	USD 338.5
Costos operativos riego							USD 231.5	USD 231.5	USD 231.5
Costo con riego							USD 13,045.0	USD 6,060.6	USD 3,894.9

Ilustración 39 - Costos anuales de sistemas de riego - Fuente: Propia

Como se puede observar, el costo adicional del riego con agua de acueductos representa un aumento muy importante de los costos agrícolas promedio (primera fila de la tabla anterior), dejando sin rentabilidad a la mayoría de los cultivos posibles a realizar si tienen que asumir los costos operativos y de mantenimiento (aún sin incluir la inversión inicial de las obras).

En resumen:

- Costo del agua puesta a disposición de un proyecto productivo que se abastece directamente mediante bombeo en la ribera del Río Negro: 231.50 USD/ha
- Costo del agua puesta a disposición de un proyecto en SAO que se abastezca mediante acueductos: 1.987 – 2.258 USD/ha (promedio: 2.122.50 USD/ha)
- La diferencia en el costo de abastecer una hectárea de riego en SAO mediante acueductos y en la ribera del Río Negro es del orden del 90%.

3.6 Conclusiones sobre el análisis de alternativas de abastecimiento

- La evaluación de las alternativas de abastecimiento debe contemplar los costos de inversión y los costos de operación de cada uno de los componentes de infraestructura necesarios para el abastecimiento.

- Se debe realizar una distribución proporcional de los costos en función de la relación entre los volúmenes de demanda de cada uno de los puntos abastecidos.
- Los costos de las infraestructuras de distribución secundaria para escenarios de demandas mayores serán también mayores así como también los requerimientos de energía y costos operativos.
- La alternativa de realizar un abastecimiento diferenciado a SAO utilizando el canal existente para el uso agrícola y un acueducto para el abastecimiento poblacional presenta algunos condicionamientos. El canal actual solo puede cortarse durante muy pocos días al año y no más de 7 días corridos para realizar reparaciones o mantenimiento preventivo, las pérdidas de agua son muy elevadas, los costos de operación son significativos en la actualidad que están cubriendo el abastecimiento poblacional y serán mayores si solo deben ser cubiertos por los usuarios agrícolas.
- El estudio de alternativas del DPA no considera ninguna alternativa que sea la reparación del canal, solo plantea como alternativa al acueducto la construcción de un nuevo canal, cuyo valor estima en aproximadamente U\$D 160.000.000 lo que es un valor muy similar al acueducto planteado (además de dejar como conclusión la inviabilidad de reparar el canal manteniendo el servicio). Además, dicho informe en las conclusiones considera que no es adecuado incluir alternativas que mantengan el canal como conducción porque entre otras cosas seguiría dependiendo del canal matriz del Valle Medio, lo que suma un punto de riesgo mayor que el bombeo directo del río.

Sobre los costos de inversión

- Para el escenario de abastecimiento poblacional la Alternativa 3 es la que tiene costos menores de inversión siendo 35% menor que la Alternativa 2 (Planta Desaladora en SAO) y 42% menor que la Alternativa 1 del acueducto desde Conesa.
- Para el caso de las alternativas que contemplan plantas desaladoras la incertidumbre en base a la falta de información sobre aspectos de incidencia directa en los costos es muy relevante. Los costos de la obra de toma, aducción y proceso de pretratamiento dependen entre otras cosas de la calidad y temperatura del agua, la influencia de las mareas, la ubicación probable de la planta, etc.
- Si bien en una primera evaluación las alternativas que contemplan la incorporación de plantas desaladoras tienen costos de inversión menores, el nivel de incertidumbre con respecto a aspectos críticos en el diseño de la plantas es alto. Por lo tanto se recomienda profundizar en

el conocimiento de los aspectos que condicionan el diseño y la operación de las plantas desaladoras para ajustar los presupuesto de inversiones.

- Para las alternativas donde se considera el desarrollo de proyectos agrícolas los costos de inversión crecen sustancialmente debido a los mayores volúmenes de agua que se deben conducir pero sobre todo debido al impacto de los reservorios estacionales que deben construirse para optimizar el funcionamiento de los acueductos de manera de lograr la mayor cantidad de horas operativas a lo largo del año.
- En los escenarios agrícolas las infraestructuras necesarias para la distribución del agua de riego deben ser consideradas, existiendo la posibilidad de que estas infraestructuras sean desarrolladas en forma gradual en función del crecimiento de desarrollo agrícola.

Sobre los costos de operación

- Para los escenarios de abastecimiento poblacional los costos totales de operación para cada alternativa indican que la Alternativa 1 es la más económica, siendo un 30% menor que la Alternativa 1 y 38% menor que la Alternativa 2.
- Si analizamos el costo de operación para cada componente se aprecia que analizando de forma aislada cada uno de ellos, la Alternativa 1 presenta menores costos totales de operación.
- Según la referencias los costos de operación de las plantas desaladoras son elevados por eso la importancia de ajustar el diseño lo máximo posible buscando minimizar costos y aumentar la eficiencia en el proceso de desalinización.
- Los costos por metro cubico producido para los escenarios de abastecimiento población indican que la alternativa más económica es la A1 para el componente de abastecimiento de SAO y la Alternativa A3 para el componente de abastecimiento de Sierra Grande.
- Para los escenarios de desarrollo agrícola no hay diferencias sustanciales en los costos totales de abastecimiento por metro cúbico.
- Los costos operativos son clave para evaluar la sostenibilidad a largo plazo de las alternativas. Una alternativa con bajos costos de inversión pero altos costos operativos podrían no ser viable en el tiempo.
- Las alternativas con costos operativos más bajos y una distribución equilibrada entre inversión y operación son preferibles para garantizar viabilidad económica.

3.6.1 Observaciones particulares sobre las plantas desaladoras

- Las alternativas que contemplan plantas desaladoras tienen un alto impacto de los costos de operación.
- Los costos de operación de las plantas desaladoras podrían llegar a triplicarse en condiciones de bajas temperaturas del agua de mar.
- En condiciones donde la planta no opera a su máxima capacidad y debe dejar de operar una parte de la instalación se deben considerar costos de mantenimiento que se deberían sumar a los costos del metro cubico producido.
- En situaciones donde no se tiene experiencia en la operación de plantas desaladoras ni antecedentes de la calidad del agua ni el comportamiento de las mareas se debe planificar un monitoreo permanente para caracterizar el agua que podría ingresar a la planta.
- El conocimiento de los aspectos críticos que condicionan la operación de las plantas desaladoras es fundamental porque define el diseño de las instalaciones de bombeo y aducción, el diseño de la planta, las condiciones del pretratamiento que tiene influencia directa en la productividad de la planta con impacto sobre los costos del agua producida y los costos de operación y mantenimiento.

ANEXOS

4.1 ANEXO I - Informe de Alternativas - Dirección de Proyectos de Saneamiento (DPA)

4.2 ANEXO II - Visita del Experto

4.3 ANEXO III - Aforos

4.4 ANEXO IV - Costo de energía

4.4.1 Cuadro-Tarifario-EdERSA-ABRIL-2025

4.4.2 Factura EDERSA