



Universidad Nacional de Rosario (UNR)

Centro de Estudios Interdisciplinarios

Especialización en Política y Gestión de Infraestructura (2017 / 2018)

Trabajo final del posgrado:

"Evaluación de la conveniencia técnica – financiera del plan de acueductos provinciales en relación a otras alternativas. Santa Fe, Argentina"

Directora: Ing. Ana María Ingalinella

Co-Directora: Ing. Claudia Forestieri

Ing. Civil

Pablo Martín Bussi

MARZO 2020

Índice Temático.

Introducción / Objetivos.	3
Marco histórico.	4
Situación política-institucional.	8
Cálculo económico.	13
Estimación poblacional.	13
Consumo de agua.	14
Metodología de evaluación de alternativas.	15
Alternativas consideradas.	15
Estudio de flujo de fondos.	16
Acueducto de la Ribera.	17
Planificación actualizada.	17
Estimación de inversión y gastos.	18
Inversión inicial.	18
Gastos operativos.	20
Alternativa por provisión de agua subterránea.	22
Premisas iniciales.	22
Proceso de potabilización por ósmosis inversa.	22
Costos.	27
Construcción.	27
Costos operativos.	31
Etapas de la construcción de plantas.	33
Comparación de alternativas y escenarios.	34
Flujo de fondos y VAN de cada alternativa.	34
Aspectos no considerados.	38
Análisis FODA.	38
Recomendaciones.	39
Conclusiones.	42
Agradecimientos.	42
Bibliografía consultada.	43

Anexos.

Anexo I: Análisis del estudio de pre-factibilidad de acueductos provinciales.

Anexo II: Estimación poblacional.

Anexo III: Análisis financiero.

Anexo IV: Cálculo de variables de provisión de agua subterránea.

Introducción / Objetivos.

El objetivo de este trabajo es abordar un análisis crítico del Plan Provincial de Acueductos, el cual lleva ya casi 15 años desde su comienzo, tomando como año inicial el 2006 cuando se licitó la construcción del primero de ellos, el Acueducto Centro Oeste, en operación desde 2010.

No se busca cuestionar las premisas básicas de este plan: la accesibilidad y asequibilidad del servicio de agua potable en igual cantidad y calidad para los habitantes de todas las localidades de la Provincia de Santa Fe; sino evaluar si, en el largo plazo, para alcanzar dicho objetivo sería más conveniente plantear otras alternativas en algunos casos.

Dada la magnitud y complejidad del territorio provincial no se realizará un estudio en toda su extensión geográfica, y se elige el sistema del Acueducto de La Ribera. La alternativa que se propone es la provisión de agua potable con toma en el Río Paraná y tratamiento convencional para aquellas localidades cercanas a la costa (a lo largo de la franja oriental de la provincia), y la provisión mediante plantas de tratamiento de aguas subterráneas para aquellas localidades que se encuentran en la franja central y occidental.

Los motivos para elegir el mencionado acueducto pueden sintetizarse en:

- El sistema está pensado para abastecer a 34 localidades. Según el censo del año 2010 esto implica casi 210.000 habitantes y, de acuerdo a proyecciones de crecimiento, 269.300 y 367.000 habitantes para los años 2030 y 2060 respectivamente.
- El acueducto se ha estudiado a nivel de factibilidad: están definidas la planta de tratamiento, las trazas de las cañerías y las estaciones de bombeo. Además, actualmente se está avanzando con el proyecto ejecutivo.
- Para analizar los costos de operación se cuenta con los datos de la Planta potabilizadora Baigorria que abastece al Acueducto Gran Rosario.
- Se dispone de datos de calidades de agua subterránea en varias de las localidades, por la asistencia técnica que el gobierno provincial ha brindado comunas y municipios.

Se toma al 2030 como año base para la implementación del proyecto del Acueducto La Ribera. Se considera que desde el 2020 habrá tiempo de confeccionar y ejecutar el proyecto. En cuanto al horizonte de diseño, se toma el año 2060, 30 años después de su puesta en marcha.

Como se mencionó, se realiza el análisis de una alternativa de provisión de agua potable mediante el tratamiento de fuentes subterráneas. En ambas alternativas se tendrán en cuenta las mismas premisas de crecimiento poblacional, consumo (dotación) y calidad de agua a brindar.

En la evaluación de costos sólo se tendrá en cuenta la extracción de agua cruda, potabilización y almacenamiento en ambas alternativas y, en caso del sistema de acueductos, la distribución mayorista de agua tratada. En ninguna alternativa se considerará la distribución de agua interna en las localidades ni las mejoras que deban hacerse a las redes existentes.

Marco histórico.

Para entender el problema que llevó a idear el Plan Provincial de Acueductos se debe plantear la siguiente pregunta: ¿cuál es la problemática del abastecimiento de agua potable en el interior de la Provincia de Santa Fe?

El primero factor que se reconoce es la ausencia en cantidad y/o calidad de aguas superficiales interiores, esto de se deba a:

- Irregularidades del escurrimiento superficial, existen largos períodos sin lluvias en algunas zonas.
- Bajas pendientes del terreno, lo que trae dificultades en la captación y construcción de grandes represas.
- En cursos de agua interiores como son los ríos Salado y Carcarañá, hay disponibilidad en cuanto a cantidad de agua pero poseen un elevado contenido de sales disueltas. En la siguiente figura se presenta el mapa de las fuentes de aguas superficiales.

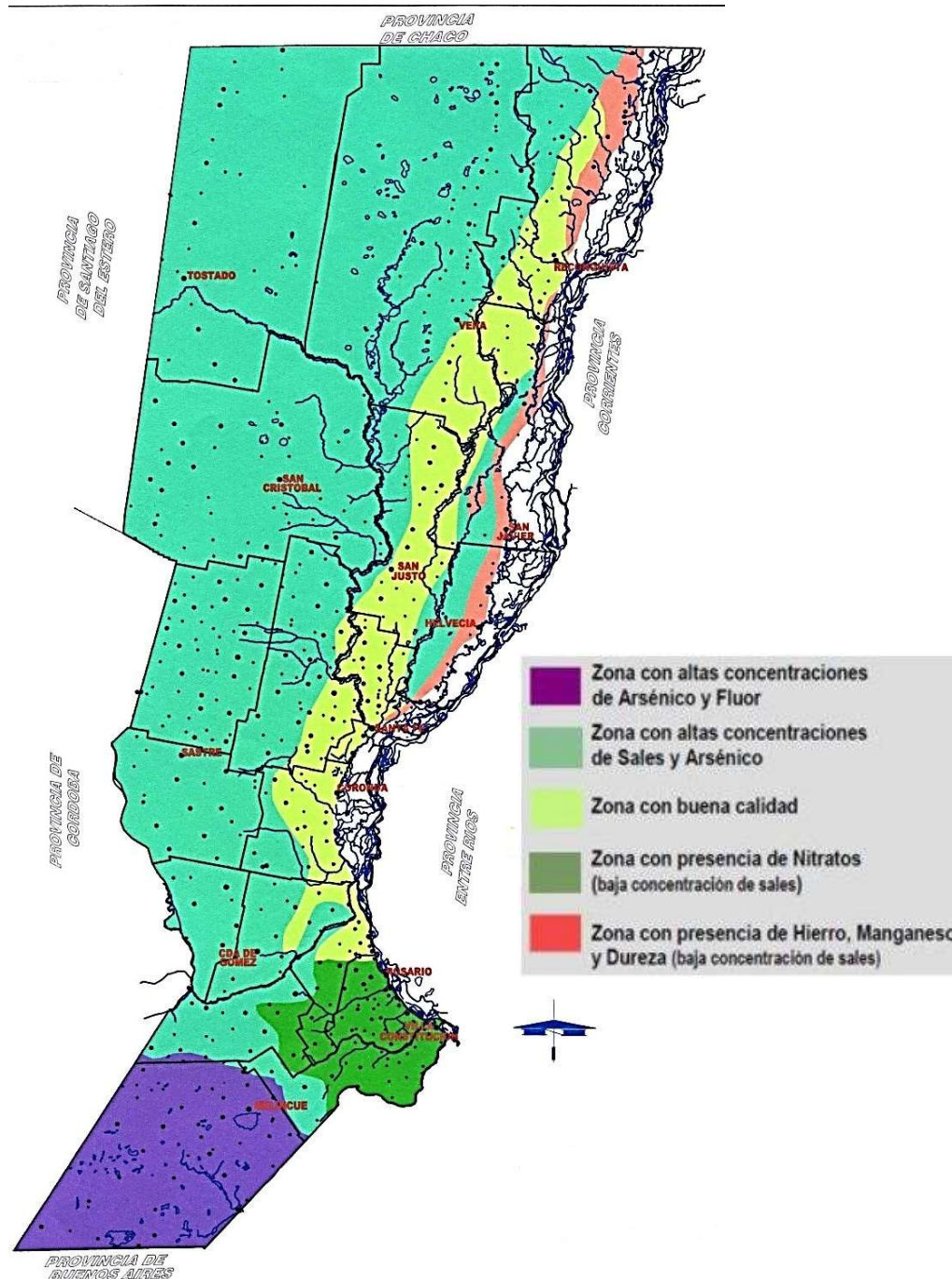
Figura 1 – Fuentes de agua superficiales de la Provincia de Santa Fe. Extraído del material de presentación “Acueductos Regionales” del Ing. Hugo Orsolini.



El segundo factor es la deficiente calidad de las aguas subterráneas presentes en casi todo el territorio provincial (ver figura 2):

- En la franja occidental del territorio se observa la presencia de altos contenidos de sales disueltas, y la presencia específica de arsénico, flúor, sulfatos y nitratos.
- En la franja oriental se observa la presencia de hierro y dureza.

Figura 2 – Mapa de calidad de agua subterránea de la Provincia de Santa Fe. Extraído del material de presentación “Acueductos Regionales” del Ing. Hugo Orsolini.



Lo expresado anteriormente derivó en una primera planificación de provisión de agua a gran escala. Los argumentos que se esbozaron se basaron en:

- *Efectos directos*: altos costos de potabilización de aguas subterráneas, sobre todo el alto porcentaje de localidades en la que debían instalarse plantas de ósmosis inversa.
- *Impactos directos*: en la salud, por enfermedades de origen hídrico.
- *Impactos indirectos*: mayores costos de atención médica, limitantes para el desarrollo socioeconómico en las regiones con problemas por el desaliento en la radicación de industrias y emigración de personas.

El estudio de pre-factibilidad de los acueductos¹ en 2001 fue el documento disparador. Se hace una revisión del mismo en el “Anexo 1: Análisis del estudio de pre-factibilidad de acueductos provinciales DIPOS-SPAR 2001”. El documento no contiene una comparación de alternativas, entre sistemas de acueductos y provisión con fuentes subterráneas, sólo se estudia la factibilidad de la primera.

Luego hubo otros estudios que ahondaron más en la evaluación técnico-económica² y otro sobre posibles impactos que tendrían en los niveles freáticos³. Todo ellos constituyen los pilares en los que se sustenta el plan que existe hoy.

En el primer plan del año 2001 se hablaba de tres sistemas que no abastecían a todas las localidades de la provincia: Acueducto Centro Norte, Centro Sur y Sur.

En el año 2007 se dividió en seis sistemas lo cuales conectaban 193 localidades de las 363 que hay en la Provincia: Acueducto Noreste, Romang-Vera, Norte, Centro⁴, Sur y Sureste.

En el año 2008 la planificación tuvo un cambio significativo, esto se debió al cambio de gestión del Poder Ejecutivo Provincial, una fuerza política distinta asumió el poder. Se revisó el paradigma y se decidió que la planificación de los sistemas de acueductos debía concebirse para la totalidad de las 363 poblaciones. De esta forma, en ese momento, quedaron definidos siete sistemas.

En la actualidad se han seguido reconfigurando los sistemas y los nombres, aumentando su número a doce. La planificación más reciente se muestra en la figura 3. Las premisas de tomar agua del Río Paraná y buscar la cobertura total de la Provincia siguen vigentes.

En ningún momento de la planificación se abordó de manera sistemática una propuesta técnica-económica de provisión de agua de fuente subterránea.

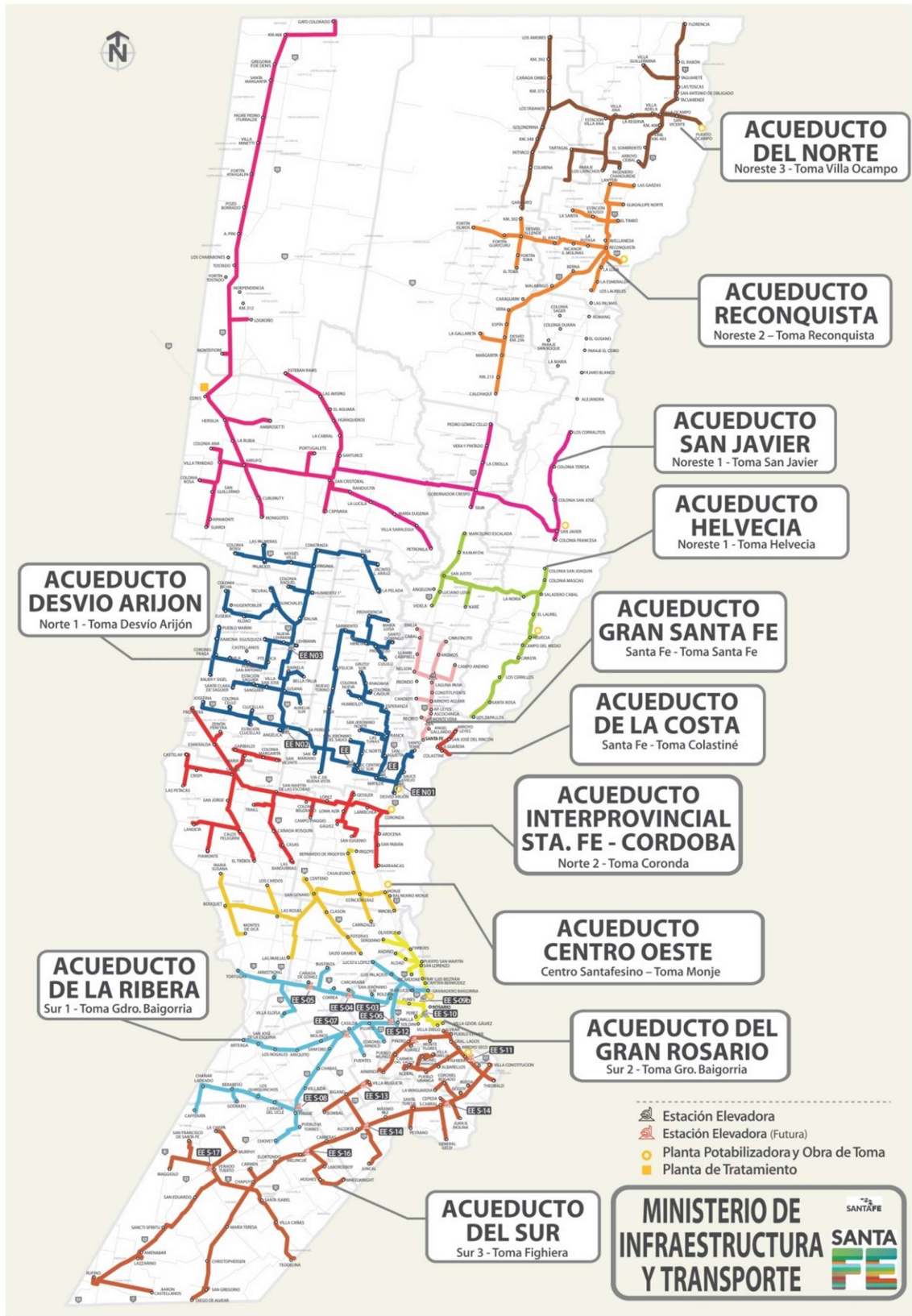
¹ “Sistema General de Acueductos Provincia de Santa Fe. Pre-factibilidad técnica – económica y ambiental”. Dir. Prov. Obras Hidráulicas – Servicios Provincial de Agua Rural (2001).

² “Sistema de abastecimiento de agua potable al Centro Norte de la Prov. Santa Fe. Evaluación económica-financiera del Acueducto Centro Sur”. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería, Dpto. Hidráulica (2001).

³ “Influencias de los acueductos proyectados en la provincia de Santa Fe sobre los niveles freáticos”. Convenio Dir. Prov. Obras Hidráulicas - Instituto Nacional del Agua (2002).

⁴ Actualmente conocido como Acueducto Centro Oeste.

Figura 3 – Sistema Provincial de Acueductos. Planificación año 2019. Dirección Provincial de Sistemas de Provisión de aguas / Secretaría de Aguas y Saneamiento / Ministerio de Infraestructura y Transporte.



Situación política-institucional.

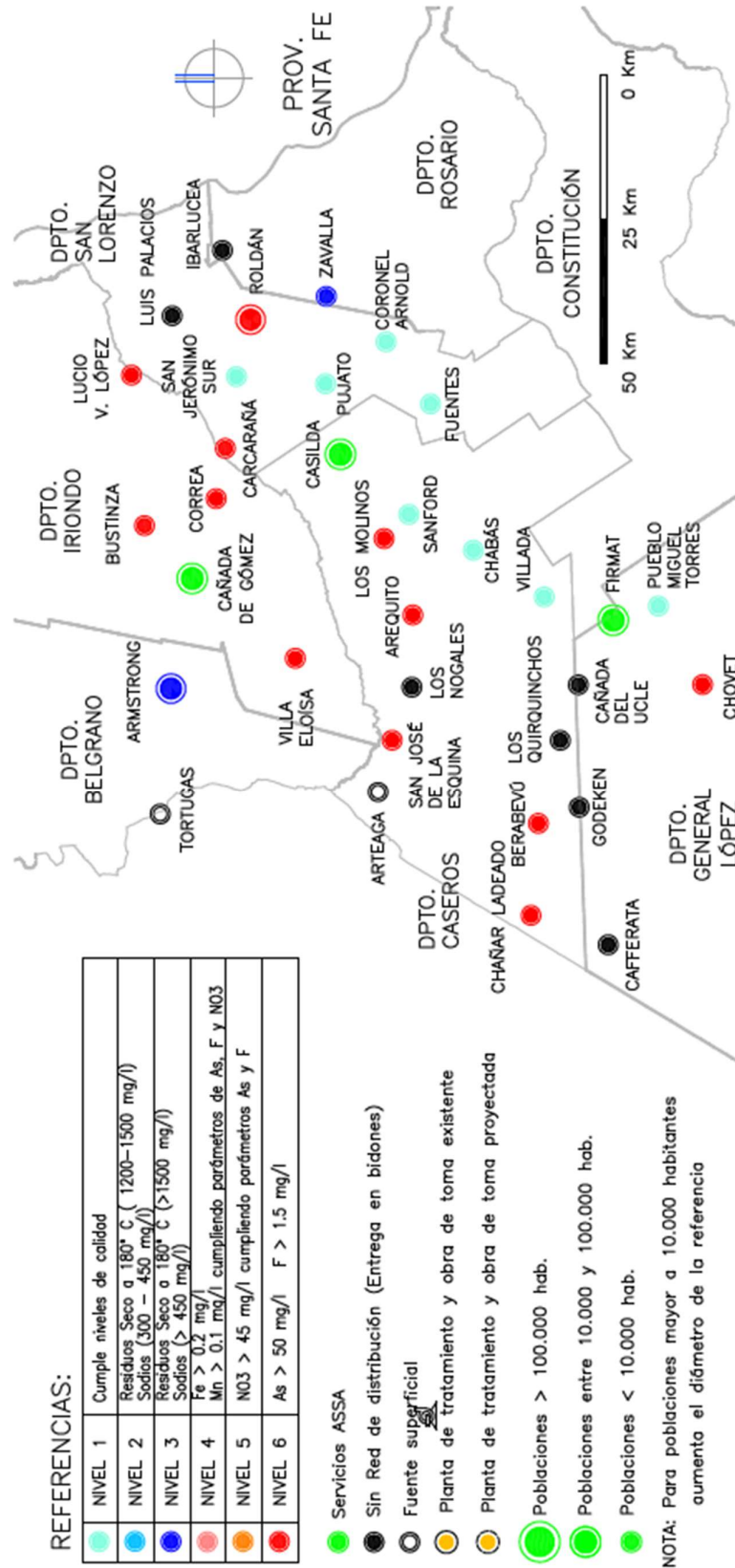
Habiendo hecho una recapitulación del marco histórico que derivó en el actual plan de acueductos regionales, amerita plantearse la pregunta, ¿cuál es la situación política-institucional de las distintas localidades en relación a su servicio de agua potable? Al entrar en este tema, se va a dejar de mirar todo el territorio provincial y se va enfocar en el área específica de este trabajo, las localidades del Acueducto La Ribera.

Tabla 1 - Situación política–institucional de los servicios de agua potable de las localidades del área del Acueducto La Ribera.

Localidad	Pobl. 2020	Prestador	Servicio (Aclaración: POI son las siglas para "planta de ósmosis inversa")	Clasif. ENRESS
Arequito	7.348	Cooperativa	Bidones POI y red de agua no tratada	Nivel 6
Armstrong	12.721	Cooperativa	Bidones POI y red de agua no tratada	Nivel 3
Arteaga	3.581	Cooperativa	Red de agua de fuente superficial	S/C
Beravebú	2.485	Comuna / Municipio	Bidones POI y red de agua no tratada	Nivel 6
Bustinza	1.663	Cooperativa	Bidones POI y red de agua no tratada	Nivel 6
Cafferata	1.670	Cooperativa	Red de agua tratada con POI	Nivel 1
Cañada de Gómez	32.366	Aguas Santafesinas S.A.	Red de agua tratada con POI	S/C
Cañada del Ucle	1.017	Comuna / Municipio	Bidones POI y sin red de agua	Nivel 1
Carcarañá	18.381	Cooperativa	Bidones POI y red de agua no tratada	Nivel 6
Casilda	38.415	Aguas Santafesinas S.A.	Red de agua tratada con POI	S/C
Chabas	7.718	Cooperativa	Red de agua tratada con POI	Nivel 1
Chañar Ladeado	6.061	Cooperativa	Bidones POI y red de agua no tratada	Nivel 6
Chovet	2.575	Cooperativa	Bidones POI y red de agua no tratada	Nivel 6
Coronel Arnold	1.046	Cooperativa	Bidones POI y red de agua no tratada	Nivel 1
Correa	6.533	Cooperativa	Bidones POI y red de agua no tratada	Nivel 6
Firmat	21.522	Aguas Santafesinas S.A.	Red de agua tratada con POI	S/C
Fuentes	4.508	Cooperativa	Bidones POI y red de agua no tratada	Nivel 1
Gödeken	1.874	Cooperativa	Bidones POI y sin red de agua	Nivel 1
Ibarlucea	7.021	Comuna / Municipio	Bidones POI y sin red de agua	Nivel 1
Los Molinos	2.064	Comuna / Municipio	Bidones POI y red de agua no tratada	Nivel 6
Los Nogales	173	Comuna / Municipio	Bidones POI y sin red de agua	Nivel 1
Los Quirquinchos	2.762	Comuna / Municipio	Bidones POI y sin red de agua	Nivel 1
Lucio V. López	814	Comuna / Municipio	Bidones POI y red de agua no tratada	Nivel 6
Luis Palacios	1.158	Comuna / Municipio	Bidones POI y sin red de agua	Nivel 1
Miguel Torres	462	Comuna / Municipio	Red de agua tratada con POI	Nivel 1
Pujato	4.138	Cooperativa	Bidones POI y red de agua no tratada	Nivel 1
Roldán	23.400	Cooperativa	Bidones POI y red de agua no tratada	Nivel 6
San Jerónimo Sud	3.110	Cooperativa	Bidones POI y red de agua no tratada	Nivel 1
S.J. de la Esquina	7.602	Cooperativa	Bidones POI y red de agua no tratada	Nivel 6
Sanford	2.005	Cooperativa	Bidones POI y red de agua no tratada	Nivel 1
Tortugas	2.719	Cooperativa	Red de agua de fuente superficial	S/C
Villa Eloísa	3.412	Cooperativa	Bidones POI y red de agua no tratada	Nivel 6
Villada	1.379	Comuna/Municipio	Red de agua tratada con POI	Nivel 1
Zavalla	5.798	Cooperativa	Bidones POI y red de agua no tratada	Nivel 3

TRABAJO FINAL DE POSGRADO

Figura 4 – Mapa de la situación político-institucional de los servicios de provisión de agua potable en las localidades del área del Acueducto La Ribera. Dirección Provincial de Sistemas de Provisión de aguas / Secretaría de Aguas y Saneamiento / Ministerio de Infraestructura y Transporte. Año 2019.



La tabla 1 y la figura 4 describen la situación de las 34 localidades. En la tabla se muestra la población estimada en cada localidad para el año 2020, lo cual también se describe con el tamaño de íconos de poblaciones en la figura 4.

Los prestadores de servicios se dividen en tres grupos: cooperativas, comunas / municipios, o Aguas Santafesinas S.A. (ASSA), empresa cuyo mayor accionista es el Estado Provincial (51% del capital social), luego los municipios que forman parte de la concesión (39%) y el resto corresponde a los empleados a través del Programa de Propiedad Participada (10%). En la figura 4 sólo se distingue aquellas localidades servidas por ASSA.

Si se analiza desde el número de localidades que tiene cada tipo de prestador, las cooperativas y las comunas / municipios tienen más del 90% de los servicios (ver gráfico 5.1). En cambio, si lo que se mira es la población abastecida, las cooperativas mantienen una proporción similar, pero las comunas / municipios ceden ampliamente ante ASSA que sirve a casi el 40% de la población de las 34 localidades (ver gráfico 5.2). Las tres localidades servidas por ASSA: Cañada de Gómez, Casilda y Firmat, son, junto con Roldán y Carcarañá, las de mayor población del grupo.

Gráfico 5.1 - Distribución de prestadores por localidades.

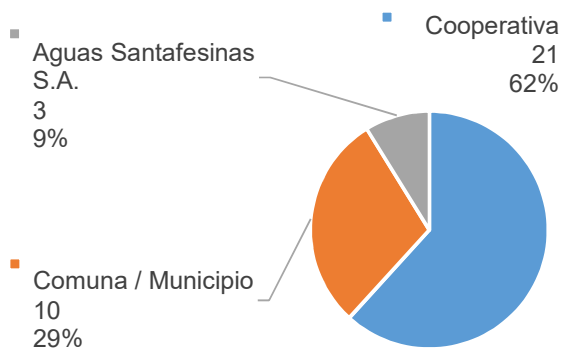
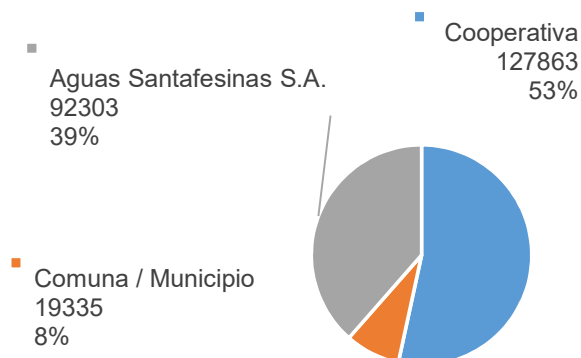


Gráfico 5.2 - Distribución de prestadores por población.



La distribución de prestadores da cuenta de las asimetrías existentes en torno a la situación institucional de los servicios en las localidades. En términos de encarar cualquier política pública, los acuerdos siempre serán más difíciles de alcanzar con los actores locales, en relación a coordinar con una empresa de escala provincial.

Continuando, respecto del tipo de servicio de agua potable con el que cuenta cada localidad se ha hecho la división en cuatro grupos:

- *Red de agua de fuente superficial*: la localidad cuenta con un servicio de agua potable distribuido por red que procede de un río o un lago (no el Río Paraná).
- *Red de agua tratada con POI*: la localidad cuenta con un servicio de agua potable distribuido por red que procede de un acuífero subterráneo. Para hacerla potable se cuenta con una planta de ósmosis inversa (POI).

- *Bidones POI y red de agua no tratada*: la localidad cuenta con un servicio de agua no potable distribuida por red que procede de un acuífero subterráneo. La POI genera al menos 5 litros por habitante por día⁵, la cual se distribuye directamente con el llenado de bidones.
- *Bidones POI sin red de agua*: la localidad no cuenta con ningún servicio de agua distribuida por red. Aquí también la POI sólo cubre dotaciones mínimas mediante la entrega de bidones.

El 64% de las localidades tiene un servicio de agua potable provisto con bidones, más allá de contar con red de distribución o no (ver gráfico 6.1). En términos de población, esto quiere decir que el 54% de la población no cuenta con un servicio de agua potable provisto por red (ver gráfico 6.2); de la población remanente, la mayoría tiene un servicio de agua potable por red con agua de fuente subterránea tratada con POI. Se hace mención a las dos localidades que tienen una fuente de agua superficial: Tortugas y Arteaga, si bien en principio pareciera que están en mejores condiciones que el resto de las poblaciones, la fuente proviene del territorio de la Provincia de Córdoba; provincia que tiene serios problemas de escasez de agua, por lo cual el riesgo de que a futuro el suministro sea cortado para usar el recurso para su propia población es alto.

Gráfico 6.1 - Distribución de servicios por localidades.

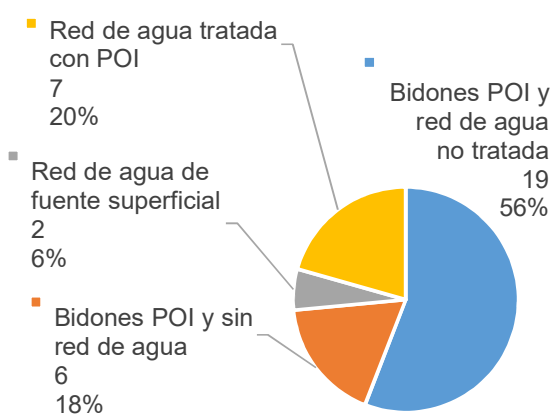
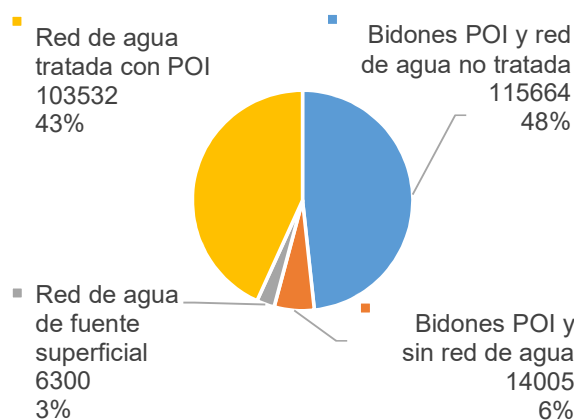


Gráfico 6.2 - Distribución de servicios por población.



El último punto a abordar es en torno a la calidad del agua suministrada, en la figura 4 se muestran 6 niveles de calidades de agua⁶ que emplea el Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ENRESS). Se trata de un método para la evaluación de la calidad de agua para que aquellos servicios fuera del ámbito de ASSA. Cada clasificación implica:

⁵ Establecido en el Anexo A de la Ley de “Prestación y regulación de los servicios sanitarios” N°11.220 de la Provincia de Santa Fe.

⁶ Estos niveles clasificatorios de la calidad de agua están definidos en la Resolución N° 0465/2016 del Ente Regulador de Servicios Sanitarios, que a su vez se basan en la Ley N°11.220.

- *Nivel 1*: es para aquellos servicios que entregan agua cuya calidad físico-química cumple con la normativa (Ley N° 11.220).
- *Nivel 2 a nivel 6*: es para aquellos servicios que entregan agua que no cumplen con la normativa. La distinción en cinco niveles se debe a que medida que se aumenta, se considera que la calidad suministrada es menor, los parámetros que los diferencian están detallados en la figura 4.
- *S / C*: se refiere a “sin clasificar”, se trata de aquellos servicios brindados por ASSA que no son regulados por el ENRESS.

Analizando cómo se distribuyen las calidades de agua en las 34 localidades, en 5 de ellas (el 15%) no se realiza el control según la Ley N° 11.220, esto se debe a que el servicio es brindado por ASSA, como en Casilda, o posee una fuente de agua superficial, como en Torugas (ver gráfico 7.1); en términos de población estos casos representan el 41% (ver gráfico 7.2).

De las localidades remanentes, sólo el 44% cumple con las normas de calidad (nivel 1), pero esto representa sólo el 17% de la población total del grupo. El 35% de la localidades, o el 34% de la población (es decir un tercio del total), se encuentra en nivel 6, el peor de todos, lo cual dispara señales de alarma.

Gráfico 7.1 - Clasificación ENRESS por localidades.

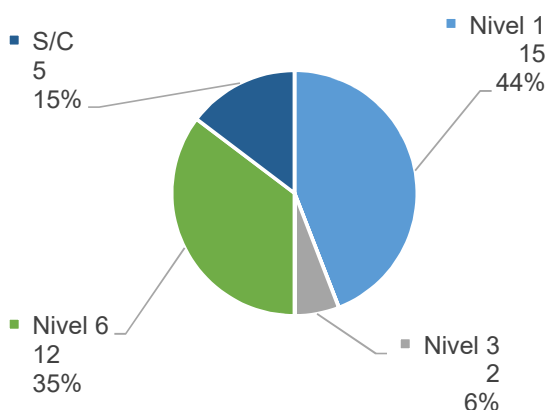
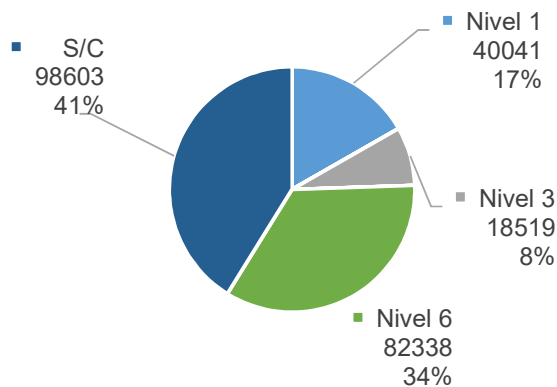


Gráfico 7.2 - Clasificación ENRESS por población.



En relación a los niveles de calidad, pueden hacerse comentarios adicionales que surgen al correlacionar la misma con el tipo de servicio:

- ❖ De las 15 localidades de nivel 1, calidad aceptable, 4 tienen servicio de red de agua tratada con POI, 5 tienen red de agua no tratada y distribución con bidones, y 6 no tiene red y sólo distribuyen agua con bidones.
- ❖ De las 2 localidades de nivel 3, ambas no tiene red y distribuyen agua en bidones.
- ❖ De las 12 localidades de nivel 6, es decir con la peor calidad, en todos los casos se trata de servicios con red de agua no tratada y distribución con bidones.

Cálculo económico.

Se pretende hacer el análisis de costos de ambas alternativas lo más simple posible, sin que ello implique perder exactitud en la comparación.

Como primer paso y tal como fue mencionado se restringirá la extensión del estudio. El mismo sólo abarca las localidades que están pensadas para ser servidas por el Acueducto de la Ribera. Tampoco se ahondará en cuestiones inherentes a la distribución interna del agua en las ciudades.

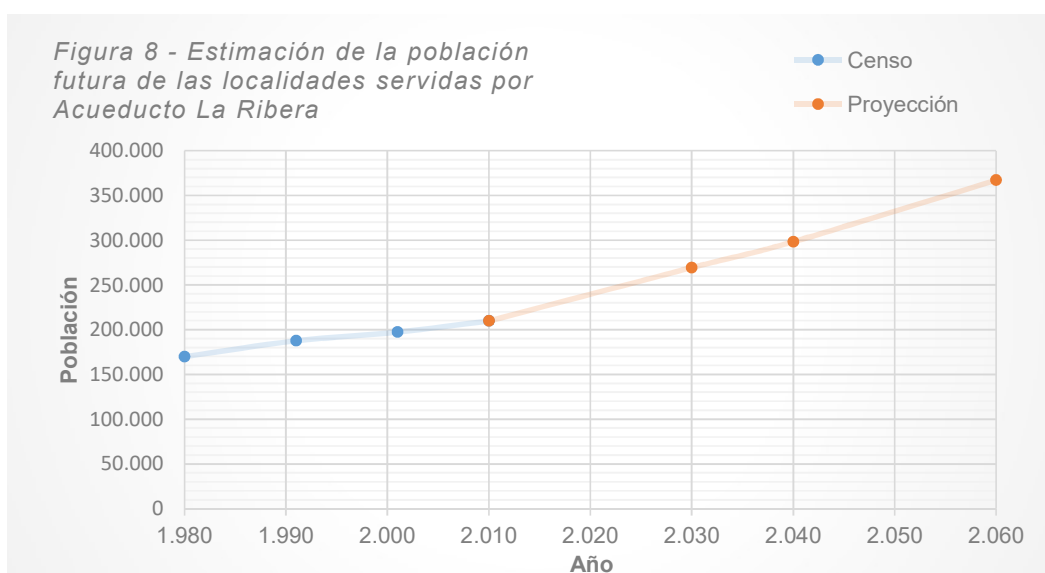
No se evaluarán los beneficios de ambas alternativas por considerarse que buscan exactamente el mismo objetivo, será mejor aquella que tenga el costo más bajo y resulte más sostenible en relación a aspecto de gestión tales como: posibilidades del prestador de cubrir costos de mantenimiento, posibilidad del prestador de contar con asistencia técnica especializada, fortaleza institucional del prestador, etc.

Estimación poblacional.

Se tomaron los estudios de proyecciones de población realizados por la Secretaría de Aguas y Saneamiento del Ministerio de Infraestructura y Transporte.

En líneas generales, en este estudio se emplearon los datos del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas realizados en los años 1980, 1991, 2001 y 2010 para las 34 localidades a servir por el Acueducto la Ribera. Para cada período inter-censal se calculó la tasa de crecimiento empleando el método de las tasas decrecientes. Empleando la tasa media de crecimiento se hicieron las proyecciones para los años 2030, 2040 y 2060.

Las proyecciones dan 269.300 habitantes para el año 2030, 298.200 habitantes para el año 2040 y de 367.000 habitantes para el año 2060.



Para ver en más detalle la formulación teórica que sustenta estas proyecciones así como las planillas de datos, ver “Anexo 2: Estimación poblacional”.

Consumo de agua.

El dato de consumo anual de agua potable de uso residencial e industrial constituye una de las hipótesis fundamentales para estimar las inversiones necesarias.

Estudios de evaluaciones económicas de acueductos⁷ consideran una dotación de cálculo de 200 litros/hab./día. Este valor hace referencia a un consumo medio diario por habitante en un período anual.

¿Es esta dotación razonable? Lo será en la medida que se cobre por el agua de acuerdo al consumo y se mantengan las pérdidas físicas globales, es decir tanto del sistema de distribución como las internas a cada domicilio, dentro un rango razonable de no más del 20%. La siguiente tabla ilustra la importancia de brindar un servicio con medición y también demuestra que el valor de dotación adoptado es coherente con lo observado en los casos donde se aplica micromedición.

Tabla 2 –Valores de dotaciones de localidades para el año 2012. Extraído de la presentación “Sistemas y procesos. Calidad del producto y del servicio. Medición y monitoreo.” de Alberto D. Muñoz.

Localidad	Dotación (Lts/Hab.Día)	Prestador	Tarifas
Rosario	523	ASSA	Por m ² edificado
Santa Fe	405	ASSA	Por m ² edificado
San Lorenzo	389	ASSA	Por m ² edificado
Esperanza	273	ASSA	Por m ² edificado
Capitán Bermúdez	229	ASSA	Por medidor
Las Parejas	200	Cooperativa	Por medidor
Coronda	173	Cooperativa	Por medidor
Sunchales	147	Cooperativa	Por medidor
Totoras	144	Cooperativa	Por medidor

El valor adoptado de dotación de cálculo debe incrementarse multiplicando con diferentes coeficientes pico. Se toman los valores adoptados para los estudios del Acueducto La Ribera:

- *Coficiente por variación diaria (C_{vd}):* pondera las variaciones diarias e intradiaras de consumos, se toma 1,40 para poblaciones menores a 5.000 habitantes, 1,30 para poblaciones entre 5.000 y 40.000 habitantes, y 1,20 para poblaciones mayores a 40.000 habitantes.
- *Coficiente industrial (C_i):* se toma 1,10 para poblaciones mayores a 10.000 habitantes.
- *Coficiente por pérdidas en redes internas (C_p):* se asume un valor 1,06 que representa alrededor del 5% del caudal abastecido perdido en las redes.

⁷ Informe de evaluación económica del Acueducto Río Coronda desarrollado por la UTN Santa Fe en 2013.

Metodología de evaluación de alternativas.

Cada proyecto tiene una solución técnica distinta que debe ser estudiada, pero es necesario definir la misma metodología de evaluación financiera para hacer las comparaciones.

Alternativas consideradas.

El diseño de un proyecto requiere la definición de una solución técnica, una escala, una localización y un período de iniciación. Algunos de estos temas han sido mencionados para cada alternativa, pero es necesario repasarlas y ordenarlas para su mejor entendimiento.

Tabla 3.1 – Resumen de las características de cada una de las alternativas para la provisión de agua para las localidades a abastecer en el proyecto del Acueducto de la Ribera.

Características de cada proyecto	Alternativa: proyecto considerado.	
	Provisión regional de agua potabilizada	Provisión local de agua tratada.
Solución técnica	Red de acueductos regionales. Tratamiento de aguas superficiales del Río Paraná.	Provisión individual en cada localidad mediante el tratamiento de aguas subterráneas.
Escala	Inter departamental: abarca varias localidades y distintos departamentos.	
Localización	Región sur de la Provincia de Santa Fe.	
Inicio de construcción.	Año 2025.	Año 2022.
Inicio de operación	Año 2030.	Año 2025.

Se ha diferenciado los períodos de inicio de construcción y operación de cada alternativa debido a las estimaciones que se consideran que demandarán la realización de los proyectos técnicos y la construcción en cada caso.

Las redes de acueductos regionales implican un mayor esfuerzo en términos de proyecto y construcción, esto se debe a que, además de la planta de potabilización, se necesita diseñar las instalaciones de los ramales de acueductos y las estaciones de bombeo. Esto último no sería necesario en el caso de instalar diversas plantas potabilizadoras locales.

Se considera que la confección del proyecto global demandará alrededor de 5 años para la red de acueductos y 2 años para las plantas de tratamiento de agua subterráneas.

En cuanto a la construcción, se considera que los acueductos se construirán en 3 etapas, la primera demandará 5 años y las siguientes en 4 años cada una; mientras que las plantas de tratamiento de aguas subterráneas se harán en 2 etapas que tomará 3 años cada una.

Tabla 3.2 – Etapas estimadas de cada alternativa.

Lapso (Años)	Alternativa: proyecto considerado.	
	Red de acueductos regionales.	Plantas de tratamiento de aguas subterráneas.
2020 / 2021	Proyecto general.	Proyecto etapa 1.
2022 / 2024		Construcción 1° etapa
2025 / 2026	Construcción etapa 1.	Operación etapa 1. Proyecto etapa 2.
2027 / 2029		Operación etapa 1. Construcción etapa 2.
2030 / 2031	Operación etapa 1.	Operación global.
2032 / 2034	Operación etapa 1. Construcción etapa 2.	Operación global.
2035 / 2036	Operación etapas 1-2.	Operación global.
2037 / 2039	Operación etapas 1-2. Construcción etapa 3.	Operación global.
2040 / 2060	Operación global.	Operación global.

Estudio de flujo de fondos.

Para hacer un análisis financiero y ver qué alternativa es mejor, se recurre a un estudio de los flujos de fondos en el lapso considerado, desde el año 2020 al año 2060.

En el Anexo III “Análisis financiero” se presenta una breve descripción de como se abordó esta parte y bajo qué supuestos. Una de las variables más importantes es la tasa de descuento, que establece el valor temporal del dinero. La misma se adopta en un 7% anual en dólares.

Se deja constancia de que esta no es la única metodología que existe para la evaluación de proyectos y que además tiene la desventaja de no ponderar costos y beneficios difíciles de monetarizar como son los costos ambientales o los beneficios a la Comunidad. La ventaja de su uso radica en su relativa sencillez respecto de otras metodologías, como la matriz multicriterio, de amplia difusión.

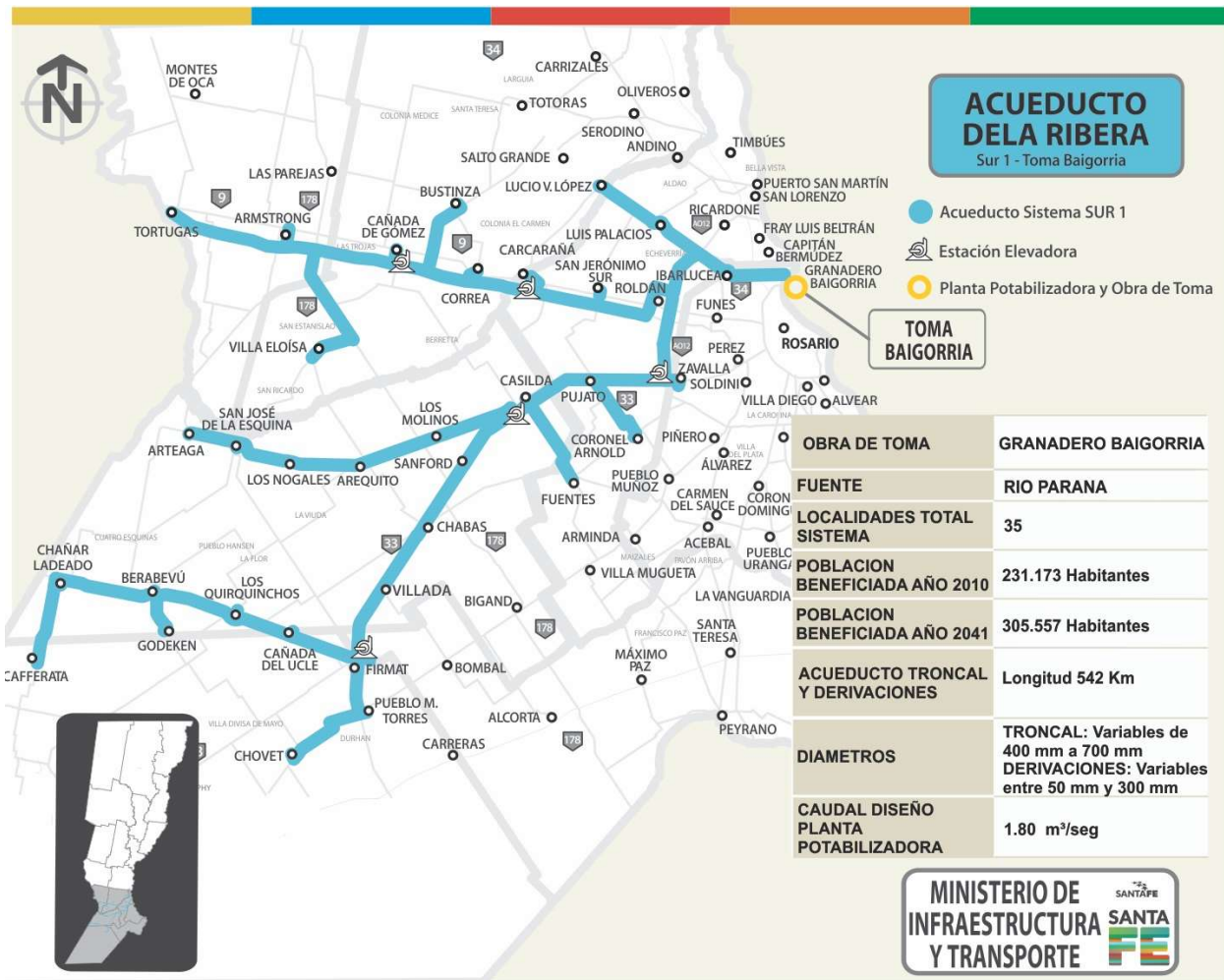
Es por este motivo que para tratar de incluir aquellos aspectos no considerados en el estudio de flujo de fondos, se complementará con un análisis cualitativo de Fortalezas – Oportunidades – Debilidades – Amenazas (FODA) de ambas alternativas (ver más adelante).

Acueducto de la Ribera.

Planificación actualizada.

Actualmente la planificación de este acueducto está en revisión. Esto se debe principalmente a la ejecución de las primeras etapas de las obras del Acueducto Gran Rosario.

Figura 9 – Acueducto de la Ribera. Estado de situación de su planificación a Agosto 2019. Dirección Provincial de Sistemas de Provisión de aguas / Secretaría de Aguas y Saneamiento / Ministerio de Infraestructura y Transporte.



Se formulan algunas aclaraciones sobre la figura anterior:

- Figuran 34 localidades, pero no se han corregido los datos poblacionales. Población año 2010: 209.671 habitantes. Población año 2040: 269.312 habitantes.
- El nuevo horizonte de diseño es el año 2060, con una proyección de 366.986 habitantes.

Estimación de inversión y gastos.

Para poder hacer un flujo de fondos es necesario conocer todas las erogaciones de capital y gastos que ocurrirán durante el período de diseño (2020 / 2060). Esto resulta muy difícil de hacer simplemente por desconocer cómo se comportaran ciertas variables que hacen a la determinación de estos valores, por ejemplo qué valor tendrá la energía (KWh) en cada período.

Para sortear estos problemas se hacen hipótesis y supuestos que pueden menoscabar la exactitud de los resultados obtenidos. Otra alternativa es el empleo de diferentes escenarios, por ejemplo para analizar la sensibilidad de los precios a distintos valores del KWh. A riesgo de cometer desviaciones importantes en los resultados obtenidos pero con el propósito de simplificar el análisis, se ha optado por hacer lo primero en los casos donde fue necesario.

Inversión inicial.

La Secretaría de Aguas y Saneamiento ha estudiado los costos del Acueducto La Ribera. Se han evaluado diversas alternativas basadas en distintas combinaciones de materiales para las cañerías, pero no se modifican las trazas ni las estaciones de bombeo ya definidas. Fueron evaluados seis alternativas de combinaciones de materiales de cañerías y del análisis se concluyó que lo más económico es emplear una combinación de cañerías de plástico reforzados con fibra de vidrio (PRFV) para diámetros iguales o superiores a 300 mm (troncales), y cañerías de polietileno de alta densidad (PEAD) para diámetros menores a 300 mm (derivaciones).

Se seleccionan aquellos valores asociados a la inversión inicial, por ejemplo los costos diferidos de la energía para los bombeos se incluyen dentro de los gastos operativos; otros como la vinculación con los sistemas existentes y las reparaciones de las redes internas de las localidades se descontaron, por ser costos iguales a ambas alternativas. Los datos son de Octubre 2019, para pasar a dólares se tomó una cotización de \$60.

Tabla 4.1 – Inversión Acueducto La Ribera. Datos de la Secretaría de Agua y Saneamiento.

Rubros		Costos		
		(millones AR\$)	(millones U\$S)	Inc.
Conducciones	Cañerías y movimiento de suelos	5254,4	87,6	61,1%
	Válvulas, codos, cruces, etc.	525,4	8,8	6,1%
Energía	Tendido eléctrico	450,0	7,5	5,2%
Obras civiles y electromecánicas	Obra de toma	159,0	2,7	1,8%
	Planta de tratamiento y EB1	1360,0	24,7	15,8%
	Estaciones de bombeo (EB2 a EB6)	468,0	7,8	5,4%
	Cisternas de localidades	520,0	4,1	2,9%
Telegestión		440,0	2,3	1,6%
TOTALES		9176,8	143,3	100%

La inversión total se estima en 154,6 millones de dólares. Esta inversión se divide en etapas, las cuales no están definidas y fueron estimadas previamente. Otro problema es como segmentar las inversiones, esto se resuelve asumiendo una proporcionalidad entre los desembolsos y la población abastecida en cada etapa (tomando los valores del año 2060), aunque se sabe que ello conlleva una subestimación del gasto inicial asociado a las cañerías. Las obras de toma y la planta de tratamiento se consideran en su totalidad en la primera etapa.

Tabla 4.2 – División por etapas de la inversión Acueducto La Ribera.

Etapa	Período	Localidades a abastecer	Inversión (millones US\$)	
			Obra de toma y planta	Resto de las obras
1	2025 / 2030	Todas las localidades hasta Cañada de Gómez en el ramal oeste, y hasta Casilda en el ramal suroeste.	25,3	82,3
2	2032 / 2035	Se completa el ramal oeste (hasta Tortugas) y se avanza con el ramal suroeste hasta Firmat.	0,0	18,6
3	2042 / 2045	Se terminal el ramal suroeste hasta Cafferatta y la bifurcación hacia Arteaga.	0,0	28,3

La inversión queda dividida entonces en 82,3 millones de dólares para la primera etapa (5 años), 18,6 millones de dólares para la segunda (3 años) y 28,3 millones de dólares para la tercera (3 años). En cada período (año) de cada etapa se subdivide la inversión en partes iguales. A continuación se incluyen imágenes de obras que implican acueducto para dar una idea de las dimensiones de las mismas.

Imagen 10.1 – Obras de planta de tratamiento de agua tratada convencional en Granadero Baigorria. Acueducto Gran Rosario, etapa 1.



Imágenes 10.2 y 10.3 – Instalación de cañerías de agua tratada. Acueducto Desvío Arijón, etapa 2.



Imágenes 11.1 y 11.2 - Obra de toma en Monje, vista general y bombas. Acueducto Centro Oeste.



Gastos operativos.

Los gastos asociados a la operación del sistema Acueducto La Ribera durante su vida útil pueden dividirse en dos grandes grupos: gastos de potabilización y gastos de bombeo.

Respecto de los gastos de potabilización, este acueducto se proveerá con agua potable mediante la ampliación de la Planta de “Alta Tasa” de Granadero Baigorria. Se toman los datos de costos de cierre del ejercicio 2018 como base para estimar los gastos futuros. Los mismos son totales pero se correlacionan con el total de agua potable entregada a la red: 29.751.394 m³. Además están en pesos, para pasarlos a dólares se toma un valor de cotización en \$24 por dólar para ese año, este tuvo una importante variación debido a la gran devaluación de la moneda que ocurrió, superior a la inflación, el valor asignado corresponde al de Mayo 2018.

Debido a la automatización de las plantas más modernas, ciertos costos como el personal son marginalmente decrecientes, es decir a mayor caudal entregado a la red crecen en menor proporción. Sin embargo, en este trabajo se ha optado por hacer una aproximación lineal de todos los costos, incluido el de personal, es decir relacionarlos directamente con la cantidad de agua entregada a la red. De esta forma se simplifica la aproximación a riesgo de que en la realidad los valores no resulten tan elevados.

Tabla 5.1 – Costos de producción y transporte de agua hasta la salida de la planta, ejercicio 2018. Elaboración propia en base a la fuente de ASSA. Agua entregada a la red: 29.751.394 m³.

Rubros de gastos		Costos		Costos por m ³	
		AR\$	US\$	AR\$ / m ³	US\$ / m ³
Gastos directos	Personal	15.713.092	654.712	0,53	0,022
	Energía	25.306.169	1.054.424	0,85	0,035
	Insumos químicos	18.369.897	765.412	0,62	0,026
	Otros	6.853.919	285.580	0,23	0,010
Gastos indirectos	Operación	1.535.834	63.933	0,05	0,002
TOTALES		67.778.911	2.824.121	2,28	0,095

En relación a los gastos de bombeo, esto está correlacionado con la cantidad, potencia, horas de trabajo de las bombas y el costo de la energía. El Acueducto tiene 6 estaciones de bombeo, cada una con una capacidad de bombeo por proyecto distinta (calculada para el año 2060). No todas las estaciones de bombeo serán construidas al comienzo, también se dividen por etapas; esto se tiene en cuenta para obtener los costos anuales totales por bombeo dependiendo la etapa del período considerado; recién en la etapa 3 las 6 estaciones estarían operativas.

Tabla 5.2 – Costos de transporte regional agua (bombeo). Elaboración propia en base a los datos de la Secretaría de Agua y Saneamiento.

Estaciones de bombeo			Caudal diseño (m ³ /h)	Func. (hs/año)	Costo horario (US\$/h)	Costo anual (período 2060)		
						Etapa 1 (mill. US\$)	Etapa 2 (mill. US\$)	Etapa 3 (mill. US\$)
N°	Ubicación	Etapas						
EB1	Planta	1	4419,7	8766	41.3	0,438	0,438	0,438
EB2	Roldán	1	4063,2	8766	28.5	0,303	0,303	0,303
EB3	Carcaraña	1	3173,4	8766	28.8	0,305	0,305	0,305
EB4	Cañada de Gómez	2	785,5	8766	5.8		0,062	0,062
EB5	Casilda	2	1268,9	8766	12.5		0,132	0,132
EB6	Firmat	3	660,4	8766	3.6			0,039
TOTALES					120.6	1,046	1,240	1,279

Estos costos son para el final del lapso considerado, año 2060. Para los años anteriores, con menor población y menor caudal demandado, se hace una ponderación lineal.

Alternativa por provisión de agua subterránea.

Premisas iniciales.

En primera instancia, para estudiar la alternativa de provisión de agua subterránea y poder comparar con la del sistema de acueducto, se plantean las hipótesis básicas:

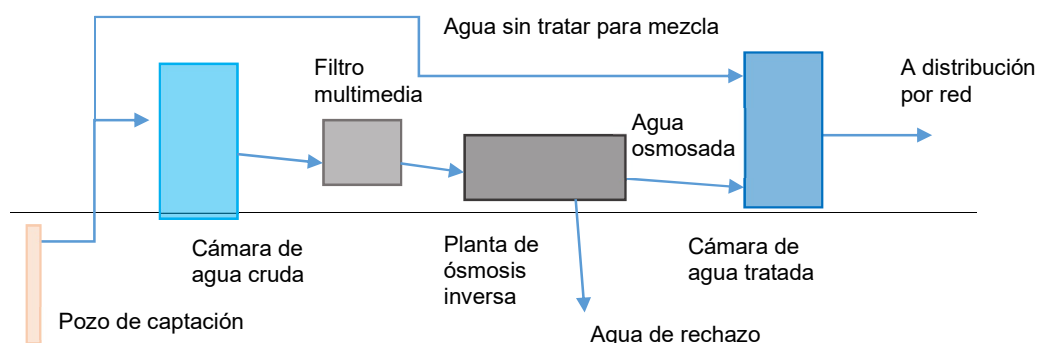
- Si bien varias localidades ya cuentan con sistemas propios, se va a asumir que la inversión debe hacerse desde cero en todas ellas. De esta manera, se simplifica el problema de tener que articular lo nuevo a lo existente en cada caso. Además, en términos teóricos, la alternativa se plantea desde el mismo punto de inicio que es la de construcción de la red de acueductos.
- Si bien existe una gran variedad de tipos de tratamientos de aguas subterráneas, se va a asumir que todos los casos pueden resolverse con la instalación de plantas de ósmosis inversas; es decir, en todos los casos se emplea la misma tecnología que se adaptará al tipo de agua cruda a tratar y la cantidad a proveer.

Proceso de potabilización por ósmosis inversa.

En la siguiente figura se ha esquematizado el proceso de potabilización de aguas subterráneas por ósmosis inversa. En términos generales el mismo consiste en:

1. Extracción de agua de/los pozo/s de captación, con un caudal de producción determinado.
2. Almacenamiento de agua cruda (agua sin tratar).
3. Pre-tratamiento del agua a través de filtros multimedia.
4. Proceso de ósmosis inversa, se hace pasar el agua por las membranas selectivas.
5. Para cumplir con los parámetros de calidad, se mezcla el agua osmosada (casi sin sales) con agua cruda. Las proporciones dependerán de la concentración de sales del agua osmosada, el agua cruda, y el deseado para el agua tratada.
6. Almacenamiento de agua de mezcla (agua tratada).
7. Distribución del agua tratada o potable a la localidad.

Figura 12 – Esquema de planta de tratamiento de agua subterránea por ósmosis inversa.



En el “Anexo 4: Provisión de agua subterránea” se explica detalladamente el desarrollo y fundamento de las fórmulas empleadas para obtener los caudales de producción en cada localidad.

Más allá de los cálculos que se desarrollan en detalle en ese anexo, hay ciertas hipótesis y criterios que se explican a continuación:

- Se considera que siempre se extraerá aguas de estratos de suelo mayormente arenosos, dado que las arenas son más permeables y permiten un mayor caudal de extracción. Se asumirá que de cada perforación se extraerá 50 m³/h.
- La profundidad a la cual se encuentran los primeros estratos de arena dependerá de las condiciones del subsuelo de cada localidad. A grandes rasgos se sabe que del meridiano definido por Casilda y Carcarañá hacia el este, se pueden encontrar estratos de arenas a 50 m de profundidad, todas las localidades que se encuentren en esta área se las ubicará en la zona 1. Por otra parte, hacia el oeste hay que llegar a 80/100 m de profundidad, se asume entonces que para todas aquellas localidades al oeste del meridiano se tendrá que perforar 100 m, y se llamará a esta zona 2.
- La salinidad de agua constituye la principal variable de control en la potabilización de aguas subterráneas. Por practicidad, se suele medir la conductividad eléctrica del agua (*vs/cm*), que resulta directamente proporcional al contenido de sales disueltas.
- A los fines de este estudio se asume un valor medio de conductividad de 2000 *vs/cm* para la zona 1, y 6000 *vs/cm* para la zona 2.
- El agua a proveer debe tener un valor que ronda los 300 *vs/cm* en todos los casos.
- El contenido de arsénico (As), por sus conocidos efectos sobre la salud, produce una enfermedad conocida como Hidro Arsenicismo Crónico Regional Endémico (HACRE), y será otra variable a controlar.
- A los fines de este estudio se asume un valor medio de contenido de As de 70 µg/l para la zona 1, y 155 µg/l para la zona 2.
- Las normativas internacionales, así como las nacionales más recientes como la última modificación del Código Alimentario, establecen 10 µg/l como límite superior de contenido de As para agua potable.
- El proceso de ósmosis genera agua osmosada (con baja sales) y agua de rechazo (con gran concentración de sales). Actualmente, la proporción de agua de rechazo se ubica en torno al 25% del agua empleada gracias a nuevos desarrollos en la tecnología de membranas; hasta no hace muchos años rondaba el 50%. Para tener en cuenta ambos escenarios “extremos”, se estudia un escenario de “alta eficiencia”, con un rechazo del 25%, y otro de “baja eficiencia”, con un rechazo del 50%, para determinar cómo afectan el caudal de producción.
- Se considera que el proceso de ósmosis tiene una eficiencia del 98% para remover de las sales disueltas en el agua.

Imagen 13 – Planimetría de localidades de estudio, con la división simplificada por zonas respecto de las calidades y profundidades de agua subterránea apta para extracción y potabilización.

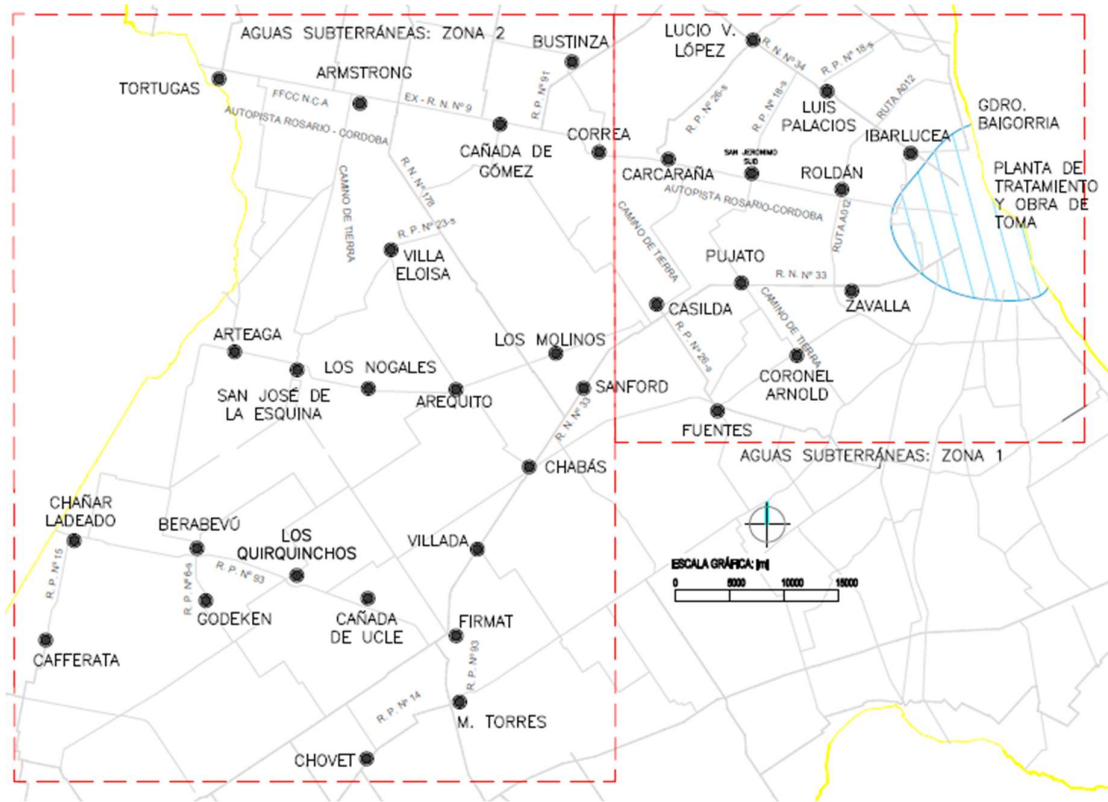


Tabla 6.1 – Resumen de las principales hipótesis para los cálculos de caudales de las plantas de ósmosis inversa en las localidades, que varían según la zona y el escenario considerado.

Zona	Profundidad perforaciones	Conductividad agua cruda	Arsénico agua cruda	Mezcla		Arsénico agua de mezcla
				Sin tratar	Tratada	
1	50 m	2000 us/cm	70 ug/l	13%	87%	10 ug/l
2	100 m	6000 us/cm	155 ug/l	3%	97%	8 ug/l

Escenario	Hipótesis	Agua de rechazo
1	Alta eficiencia: baja cantidad de agua de rechazo.	25%
2	Baja eficiencia: elevada cantidad de agua de rechazo.	50%

Como se aprecia en la tabla anterior, las hipótesis planteadas en cada zona: conductividad y contenido de arsénico de agua cruda, permiten establecer proporciones de mezcla para lograr los 300 us/cm en el agua tratada, respetando el límite de los 10 µg/l de contenido de arsénico.

Con estas hipótesis asumidas, y conociendo las poblaciones de diseño en cada localidad para el año 2060, se proceden a realizar los cálculos de las variables del servicio, de acuerdo a las fórmulas desarrolladas en el Anexo 4.

TRABAJO FINAL DE POSGRADO

Tabla 6.2 – Determinación de variables para la potabilización de agua de fuente subterránea mediante ósmosis inversa para las 34 localidades del área de servicio del Acueducto La Ribera.

Localidades por distrito		Población de diseño P_d^{2060} (hab.)	Variables de producción Q_{md} (m ³ /h) V_{at} (m ³)		Variables de extracción de agua					
					Escenario 1: alta eficiencia			Escenario 2: baja eficiencia		
Distrito	Zona				Q_{pp}^{E1} (m ³ /h)	N_p^{E1}	V_{ac}^{E1} (m ³)	Q_{pp}^{E2} (m ³ /h)	N_p^{E2}	V_{ac}^{E2} (m ³)
Lucio V. López	1	1.183	14,6	60	17,0	2	70	25,5	2	105
Luis Palacios	1	1.596	19,7	80	22,9	2	95	34,3	2	140
Roldán	1	58.500	682,1	2730	791,2	16	3165	1186,9	24	4750
San Jerónimo Sud	1	4.287	53,0	215	61,5	2	250	92,2	2	370
Carcarañá	1	25.339	320,1	1285	371,3	8	1490	556,9	12	2230
Pujato	1	5.704	65,5	265	76,0	2	305	114,0	3	460
Coronel Arnold	1	1.442	17,8	75	20,7	2	85	31,0	2	125
Fuentes	1	9.712	111,5	450	129,4	3	520	194,1	4	780
Ibarlucea	1	28.400	358,7	1435	416,1	9	1665	624,2	13	2500
Zavalla	1	8.086	92,9	375	107,7	3	435	161,6	4	650
Correa	2	8.532	98,0	395	126,7	3	510	190,1	4	765
Bustinza	2	2.171	26,8	110	34,7	2	140	52,1	2	210
Cañada de Gómez	2	42.271	492,9	1975	637,5	13	2550	956,2	20	3825
Villa Eloísa	2	4.456	55,1	225	71,3	2	290	106,9	3	430
Armstrong	2	16.936	213,9	860	276,7	6	1110	415,0	9	1665
Tortugas	2	3.548	43,9	180	56,7	2	230	85,1	2	345
Casilda	1	49.689	579,4	2320	672,1	14	2690	1008,1	21	4035
Los Molinos	2	2.721	33,6	135	43,5	2	175	65,3	2	265
Los Nogales	2	227	2,8	15	3,6	2	15	5,4	2	25
Los Quirquinchos	2	3.641	45,0	185	58,2	2	235	87,4	2	350
S.J. de la Esquina	2	10.023	126,6	510	163,7	4	655	245,6	5	985
Sanford	2	2.643	32,7	135	42,3	2	170	63,4	2	255
Gödeken	2	2.470	30,5	125	39,5	2	160	59,3	2	240
Chañar Ladeado	2	7.992	91,8	370	118,7	3	475	178,0	4	715
Chabas	2	10.176	128,5	515	166,2	4	665	249,4	5	1000
Beravebú	2	3.277	40,5	165	52,4	2	210	78,6	2	315
Arteaga	2	4.721	58,4	235	75,5	2	305	113,3	3	455
Villada	2	1.818	22,5	90	29,1	2	120	43,6	2	175
Arequito	2	9.689	111,3	450	143,9	3	580	215,8	5	865
Firmat	2	28.229	356,6	1430	461,2	10	1845	691,8	14	2770
Miguel Torres	2	605	7,5	30	9,7	2	40	14,5	2	60
Chovet	2	3.378	41,8	170	54,0	2	220	81,0	2	325
Cañada del Ucle	2	1.334	16,5	70	21,3	2	90	32,0	2	130
Cafferata	2	2.190	27,1	110	35,0	2	145	52,5	2	215

Las variables de producción dependen de la población de diseño y de las hipótesis adoptadas para el agua cruda, las mismas son:

✓ *Caudal medio diario (Q_{md}):* es la cantidad de agua a entregar a la red, depende directamente de las proyecciones de población en la localidad, y de las hipótesis de consumo descritas previamente.

✓ *Caudal de agua osmosada (Q_o):* es el agua a producir por ósmosis inversa, varía en función del caudal medio diario y de las hipótesis de mezcla (cuánto se necesita para mezclar con agua cruda, que es lo que da el agua tratada a entregar). No está en la tabla anterior.

✓ *Volumen de cisterna de agua tratada (V_{at}):* es el volumen de reserva de agua tratada o potabilizada, se considera que debe ser suficiente para abastecer a la localidad por 4 horas si llegase a cortarse la producción, como podría suceder por paradas programadas para mantenimiento o por fallas no previstas.

Por otra parte, las variables de extracción también están afectadas por la hipótesis asumida en cuanto a la eficiencia del proceso de ósmosis; los valores calculados son mayores en el escenario 2 por ser este el de baja eficiencia. Estas variables son:

✓ *Caudal de producción de los pozos (Q_{pp}):* es la cantidad de agua cruda que se necesita extraer de los pozos para suministrar a la planta de potabilización.

✓ *Número de pozos (N_p):* es la cantidad de pozos con los que es necesario contar para brindar el agua cruda a la planta, se calcula suponiendo una producción media de 50 m³/h por pozo. Siempre debe hacer un pozo de reserva, por lo que como mínimo debe haber dos.

✓ *Profundidad de perforaciones ($Perf.$):* este valor no aparece en la tabla anterior, se trata de la cantidad de metros lineales a excavar para todos los pozos en cada localidad, depende tanto del número de pozos necesarios como de la profundidad que se asume debe alcanzar: 50 m para las localidades de la zona 1 y 100 m aquellas de la zona 2.

✓ *Volumen de cisterna de agua cruda (V_{at}):* es el volumen de reserva de agua cruda, se considera que debe ser suficiente para abastecer a la planta por 4 horas en caso de cortarse el suministro de los pozos de extracción.

Definidas todas estas variables, para las 34 localidades, es posible proseguir con el siguiente paso: la estimación de los costos de construcción y operación de las plantas de ósmosis inversa.

Costos.

Se analizan las inversiones (costos de construcción) y los gastos (costes operativos) de esta alternativa para hacer en análisis del flujo de fondos y llegar al Valor Actual Neto.

Construcción.

Las inversiones a erogar para construir las plantas de ósmosis inversa en cada localidad pueden dividirse en los siguientes puntos más importantes:

- + *Pozos de extracción:* referidos a los costos de perforación de los mismos y la instalación de las bombas de agua.
- + *Abastecimiento de planta:* son los costos de la instalación de las cañerías que llevaran el fluido hasta la cisterna de agua cruda.
- + *Terreno de las instalaciones:* son los gastos vinculados a la adquisición del predio de la planta.
- + *Filtros y membradas:* son todas las erogaciones que debe hacerse para adquirir y poner en funcionamiento el sistema de potabilización por ósmosis inversa.
- + *Obras civiles complementarias:* son las inversiones concernientes a la construcción de las obras civiles (sala de membranas, sala de control, sala de filtros, sala de insumos, sanitarios, etc.)
- + *Almacenamiento:* se trata de los costos de construcción de las cisternas de agua cruda y agua tratada.

Pozos de extracción.

Se cuenta con los valores de cotización de dos perforaciones para extracción de agua con colocación de bombas. Estos precios son en pesos (AR\$) de Abril 2019, se hace la conversión a dólares tomando la cotización media de ese mes de \$45.

Tabla 7 – Costo de perforaciones. Valores de cotizaciones particulares de Abril 2019.

Perforación	Costo		Costo unitario	
	AR\$	US\$	AR\$ / m	US\$ /m
50 m	450.000	10.000	900	20,00
100 m	800.000	17.778	800	18,50

Se asume que cada metro lineal de perforación costará 20 dólares.

Abastecimiento de planta.

Por a las cañerías de abastecimiento se computarán 30 m lineales para conectar el primer pozo y 200 m por cada uno a partir de este.

TRABAJO FINAL DE POSGRADO

Se cuenta con datos precios también de Abril 2019 de cañerías de plástico reforzadas con fibra de vidrio (PRFV) para hacer las estimaciones de costos. Para tener el costo total, debe agregarse la incidencia de la excavación, colocación y compactación, que se presume como un porcentaje de menor incidencia a medida que se agranda la cañería; y luego se adiciona un 25% para tener en cuenta los gastos indirectos, el costo financiero y los beneficios de la contratista encargada de los trabajos.

Tabla 8 – Costo de cañerías. Valores de precios de Abril 2019.

Cañería PRFV	Costos parciales (AR\$ / m)			Costo unitario	
	Material	Excavación, colocación y compactación	Gastos generales y costo financiero	AR\$ / m	US\$ / m
Ø 200 mm	\$ 405	+175%	+25%	1.392	30,9
Ø 300 mm	\$ 610	+150%	+25%	1.906	42,3

Para evitar entrar en mayor detalle, se simplifica a considerar el costo promedio de cañerías en 35 US\$ /m (se está asumiendo que habrá mayor proporción de cañerías Ø 200 mm).

Imágenes 14.1 y 14.2 – Construcción de un pozo de extracción de agua subterránea en Arroyo Seco y de sus cañerías de impulsión a la planta. Año 2014.



Terreno de las instalaciones

El costo del terreno constituye uno de los puntos más difíciles de estimar. En primer lugar conocer el espacio necesario requeriría la elaboración de un proyecto ejecutivo de las obras. Por

otra parte, los prestadores que existen actualmente, ya sean cooperativas, comunas o municipios, ya disponen de terrenos donde tiene plantas en operación, con espacio disponible para ampliaciones.

Es decir, va a haber situaciones en donde tal vez no sea necesario adquirir ningún terreno. Por lo tanto, para simplificar el análisis lo más posible y considerar estos costos de alguna forma, se plantea lo siguiente:

- No se considera la necesidad de terreno para localidades cuya proyección de población al año 2060 no supere los 5.000 habitantes.
- Para proyecciones de población que exceden los 5.000 habitantes, se supondrá la necesidad de adquirir 100 m² por cada 1.000 habitantes por encima de ese valor, para ampliaciones o nuevos predios.
- Como en general los predios están en las periferias de las localidades, se asume un costo medio de US\$ 5 por m².

Filtros y membradas.

Respecto de los filtros multimedia y membranas se conocen los costos de instalación para producir caudales de 30 y 50 m³/h de agua osmosada, valores tomados de una propuesta de ampliación de la planta de ósmosis inversa en la localidad del El Trébol.

También se compara con datos de un proyecto para ampliación en Gálvez (ver referencia al pie de página) que fue presentado en Junio 2013, calculado en pesos, se toma un valor de cotización de \$5 por dólar para hacer la conversión.

Tabla 9.1 – Costo de construcción de filtros multimedia y membranas. Caso de El Trébol.⁸

Producción de agua osmosada	Costos de instalación (US\$)	Costos de instalación (US\$/m ³ /h)
30 m ³ /h	130.000	4.333
50 m ³ /h	150.000	3.000

Tabla 9.2 – Costo de construcción de filtros multimedia y membranas. Ampliación en Gálvez⁹.

Producción de agua osmosada	Costos de instalación		Costos de instalación (US\$/m ³ /h)
	(AR\$)	(US\$)	
100 m ³ /h	300.000	60.000	600

⁸ Estudios para la ampliación de la planta de potabilización de agua subterránea por ósmosis inversa en El Trébol.

⁹ Trabajo final de la Especialización en Ingeniería Sanitaria: “Nuevo sistema de provisión de agua potable Ciudad de Gálvez”, del Ing. Enrique U. Piacente. Junio 2013.

Aquí los costos difieren bastante por unidad de producción de agua osmosada, y también es considerable la diferencia entre los valores de la tabla 8.1 (proyecto presentado a la Provincia por un particular) y los de la tabla 8.2 (trabajo académico de un posgrado universitario). Se adoptan los valores del primero caso

Para tomar un valor medio, y asumiendo que en la mayoría de las localidades la producción de la planta será menor a 30 m³/h, se va a adoptar un costo de construcción de filtros multimedia y membranas de 4000 US\$ /m³/h.

Obras civiles complementarias.

Los costos de las obras de arquitectura tiene la misma problemática que los del terreno. Lo más probable es que ante una eventual ampliación de capacidad de producción sea necesario ampliar las instalaciones, pero puede suceder que esto no sea necesario. Nuevamente esto dependerá la situación particular en cada localidad.

Para estimar los valores de las obras complementarias de arquitectura, se recurre a un estudio de costos de un trabajo final de carrera de Ingeniería Civil¹⁰. Parte de este trabajo trata sobre la construcción de una planta de osmosis inversa (POI) de 10,5 m³/h de capacidad de producción, específicamente se tiene

- Instalación POI 10,5 m³/h: \$ 957.000
- Obras civiles complementarias: \$ 743.426

De los datos anteriores se observa que los costos de obras civiles representan el 78% de los costos de instalación POI. Aquí se trata de una construcción completamente nueva. Para este trabajo, para ponderar el hecho de que las localidades tienen plantas en funcionamiento y las construcciones que podrían reciclarse, se va a adoptar un 50% de incidencia para este rubro.

Almacenamiento.

Los costos del almacenamiento de agua dependerán las necesidades de volúmenes de agua cruda y agua tratada. Se va a suponer que las mismas se harán de hormigón armado. La relación entre los m³ almacenados de agua y m³ de hormigón armado dependerá de la geometría; pero considerando una sección prismática con un espesor medio de 20 cm, se puede aproximar una función lineal donde:

$$\text{Vol.}_{\text{H}^{\circ}\text{A}^{\circ}} = 5 \text{ m}^3 + 0,50 \times \text{Vol.}_{\text{agua}}$$

Y en cuanto al costo de hormigón armado, tomando datos del Suplemento de Arquitectura del diario Clarín del 29 de Octubre de 2019, se estima en 55.000 \$/m³, que con un valor de cotización de \$60 por dólar da 917 US\$/m³.

¹⁰ Trabajo final de la carrera de Ingeniería Civil: “Doble red de agua en el barrio Altos de Carcarañá, Santa Fe”, de los alumnos Pedro B. Calabrese, Manuel De Vita, Cristóbal Griot e Ignacio L. Izaguirre. Septiembre 2018.

Imagen 15 – Cisterna de agua cruda (de polietileno) en la planta de Villada. Año 2014.



Costos operativos.

En relación a los costos operativos para producir caudales de 30 y 50 m³/h de agua osmosada, se cuenta también con datos de la propuesta de ampliación de la planta en El Trébol.

Tabla 10.1 – Costo operativos de producción de agua osmosada.

Producción de agua osmosada	Costos operativos (US\$/año)	Costos operativos por producción de agua osmosada (US\$/año/m ³ /h)
30 m ³ /h	60.000	2.000
50 m ³ /h	95.000	1.900

Para evitar entrar en el detalle específico de cómo se resolverá la producción de agua osmosada en cada localidad, es decir el diseño específico de los filtros multimedia y los módulos de membranas, su cantidad y producción; se toma como gasto operativo básico US\$ 2.000 por año por cada m³/h de agua osmosada producido.

Imagen 16 – Interior en una nueva planta de ósmosis en El Trébol. Año 2014.



Otra componente del costo operativo es el bombeo desde los pozos. Se considera que en los pozos de 50 m de profundidad se instalarán bombas de 7,5 HP, mientras que en los pozos de 100 m de profundidad se colocarán bombas de 11 HP. Para establecer el consumo de energía se considera que las bombas funcionarán todo el año 12 hs por día en cada pozo.

El costo anual de la energía (E) se calcula en base a conocer el precio unitario del kilowatt-hora (C), las horas de funcionamiento (h) y la potencia de entrada (P_1).

$$E \text{ (US\$/año)} = C \text{ (US\$/Kwh)} \times H \text{ (hs/año)} \times P_1 \text{ (Kw)}$$

El precio unitario de la energía se asume 0,041 US\$/Kwh.

Las horas de funcionamiento en una año: $H = 12 \text{ hs/día} \times 365 \text{ días} = 4.380 \text{ hs}$.

La potencia de entrada es variable, puede estimarse conociendo las condiciones de funcionamiento más usuales, en general va a ser menor a la potencia máxima o nominal de la bomba. Para simplificar, se considera la potencia de entrada igual a la potencia de la bomba.

Tabla 10.2 – Costo de energía de las bombas.

Bomba	Potencia (Kw)	Costo energía (US\$/año)
7,5 HP	55,93	10.044
11 HP	80,20	14.402

A su vez hay que considerar la vida útil de las bombas, se asume que deben comprarse bombas nuevas cada 5 años (en el primer año de operación, los costos de las bombas están incluidos dentro del costo de los pozos). Este costo de adquisición se pondera anualmente.

Tabla 10.3 – Costo ponderado anual de reposición de bombas.

Bomba	Precio (US\$)	Costo anual (US\$/año)
7,5 HP	6.700	1.340
11 HP	11.973	2.395

Etapas de la construcción de plantas.

Se mencionó anteriormente que la confección del proyecto global demandará 2 años para las plantas de tratamiento de agua subterráneas por ósmosis inversa. Y en cuanto a su construcción, se hará en 2 etapas que tomará 3 años cada una.

A diferencia de las redes de acueductos, que deben construirse desde las plantas a la vera de la fuente superficial de agua y luego ir avanzando hacia el oeste para ir conectando todas las localidades proyectadas, las plantas de ósmosis inversa, al ser locales, no tienen dicha limitación.

Se asume que en una primera etapa se desarrollarán los proyectos para aquellas localidades de la zona 2, las que están más al oeste y tienen (en general) menor calidad de aguas subterráneas.

Los proyectos de las plantas de las localidades en la zona 2 se harán en el 2020 / 2021, y su construcción en 2022 / 2024. Luego, se abordarán los proyectos de las plantas de las localidades en la zona 1 que se hará en 2025 / 2026, y su construcción en 2027 / 2029.

Tabla 11 – Etapas del proyecto de plantas potabilizadoras de aguas subterráneas.

Período	Año de inicio	Localidades	
		Zona 1	Zona 2
1	2020		Proyecto (etapa 1).
2	2021		
3	2022		Construcción de plantas (etapa 1).
4	2023		
5	2024		
6	2025	Proyecto (etapa 2).	Operación (etapa 1).
7	2026		
8	2027	Construcción de plantas (etapa 2)	
9	2028		
10	2029		

Se considera que cada proyecto individual no tomará más de un año, por ende la inversión disociada por localidad puede asumirse que se dará dentro de un período específico. Como se asumió 3 años de construcción de plantas por cada localidad, se asumirá que la inversión se distribuirá lo más pareja posible en términos de erogaciones anuales.

Comparación de alternativas y escenarios.

Flujo de fondos y VAN de cada alternativa.

Se ha llegado hasta aquí habiendo descripto las premisas para los cálculos de gastos de inversión y los operativos de cada alternativa. Se hace una síntesis general:

Tabla 12.1 – Cuadro resumen de los rasgos de cada alternativa.

Características de cada proyecto	Alternativa: proyecto considerado.	
	1: Acueducto La Ribera.	2: Plantas de ósmosis inversa (POI).
Solución técnica	Tratamiento de agua superficial del Río Paraná y distribución regional mediante una red de acueductos.	Provisión individual en cada localidad mediante el tratamiento de aguas subterráneas.
Escala	Inter departamental: abarca 34 localidades de distintos departamentos.	
Localización	Región sur de la Provincia de Santa Fe.	
Población a servir	Proyección año 2060: 367.000 habitantes.	
Escenarios de diseño	1	2
Inicio de proyecto	Año 2020	
Inicio de construcción	Año 2025	Año 2022
División de inversión	3 etapas	2 etapas
Operación etapa 1	Año 2030	Año 2025
Operación etapa 2	Año 2035	Año 2030
Operación etapa 3	Año 2040	-
Tiempo de operación (completo)	20 años	30 años
Horizonte de diseño	Año 2060	

Tabla 12.2 – Comparación nominal de inversión y gastos.

Concepto	Alternativa: proyecto considerado.		
	1: Acueducto La Ribera.	2: Plantas de ósmosis inversa (POI).	
		Escenario 1: alta eficiencia	Escenario 2: baja eficiencia
Inversión total (millones US\$)	143,35	45,02	45,43
Tiempo de construcción	11 años	6 años	6 años
Inversión media anual (millones US\$)	13,03	7,50	7,57
Gastos operativos 2040 (millones US\$)	4,01	6,92	7,00
Gastos operativos 2060(millones US\$)	4,92	8,38	8,47

Se recuerda que para el caso de las POI se habían considerado dos escenarios: uno de alta eficiencia, donde el proceso de la ósmosis genera un 25% de caudal de rechazo, y otro de baja eficiencia, donde el rechazo ronda el 50%.

Menor eficiencia se traduce en la necesidad de construir mayores pozos y extraer más caudal de agua cruda, es decir que incrementa tanto la inversión inicial como los gastos operativos durante la vida útil de planta. Actualmente, con buenos controles y con un personal bien formado, se llega a valores cercanos al caso eficiente; sin embargo, a grandes rasgos solo podemos aseverar que en la operación real sucederá algo intermedio entre ambos escenarios.

Del estudio de las dos tablas previas se remarcan los siguientes hechos:

- ✓ La alternativa 1 (Acueducto La Ribera) tarda más años en proyectarse y construirse que la alternativa 2 (construcción de POI). Son 10 años extra el tiempo que necesita para llegar a abastecer de agua potable a las 34 localidades.
- ✓ La alternativa 1 necesita una inversión tres veces superior a la alternativa 2.
- ✓ Los gastos operativos de la alternativa 2 son alrededor de 75% superiores a los de la alternativa 1.
- ✓ No parece vislumbrarse una diferencia sustancial entre los dos escenarios de la alternativa 2, ni de la inversión ni de los gastos operativos. Esto no se antepone a la necesidad de siempre buscar una mayor eficiencia.
- ✓ La inversión puede llegar a distribuirse uniformemente a lo largo de los años de construcción en la alternativa 2, ya que es una inversión fragmentada: deben construirse varias instalaciones en distintas localidades.
- ✓ En la alternativa 1 la mayor inversión se hace en la primera etapa ya que es donde debe hacer las ampliaciones a la planta de agua de Granadero Baigorria, y construirse las cañerías y estaciones de bombeo de mayor capacidad. Esto puede apreciarse claramente en la figura 17 (ver más adelante), la primera etapa alrededor de 100 millones de dólares y precisa de 5 años, es decir un desembolso de 20 millones de dólares anuales.
- ✓ Se muestran los gastos operativos para el año 2040, momento en que ambas alternativas ya estarían completadas, y el año 2060, periodo final considerado en la evaluación. Los incrementos en los gastos operativos que se ven en esos 20 años, viendo separadamente cada alternativa y cada escenario, se deben al incremento de la población abastecida con agua potable (que en el año 2040 aún no ha alcanzado las proyecciones de diseño).

Figura 17 - Flujo de fondos alternativa 1: Acueducto La Ribera.

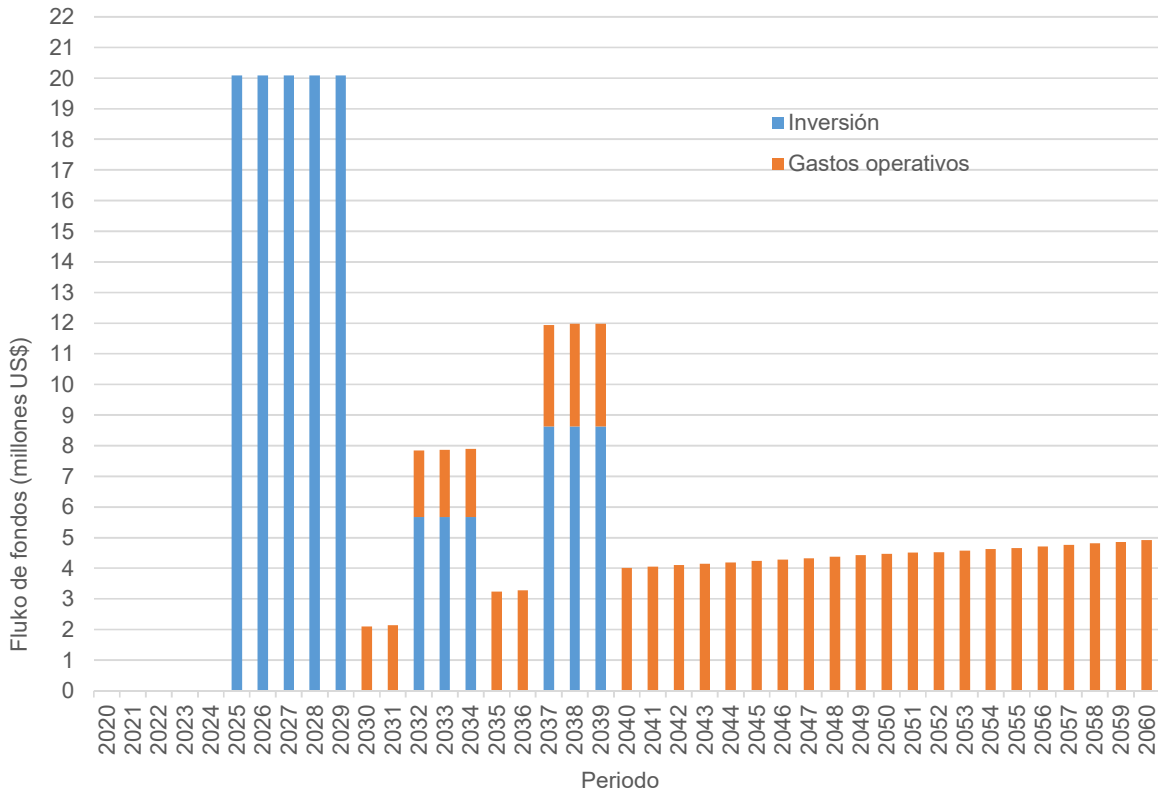


Figura 18.1 - Flujo de fondos alternativa 2 escenario 1: Ósmosis inversa alta eficiencia.

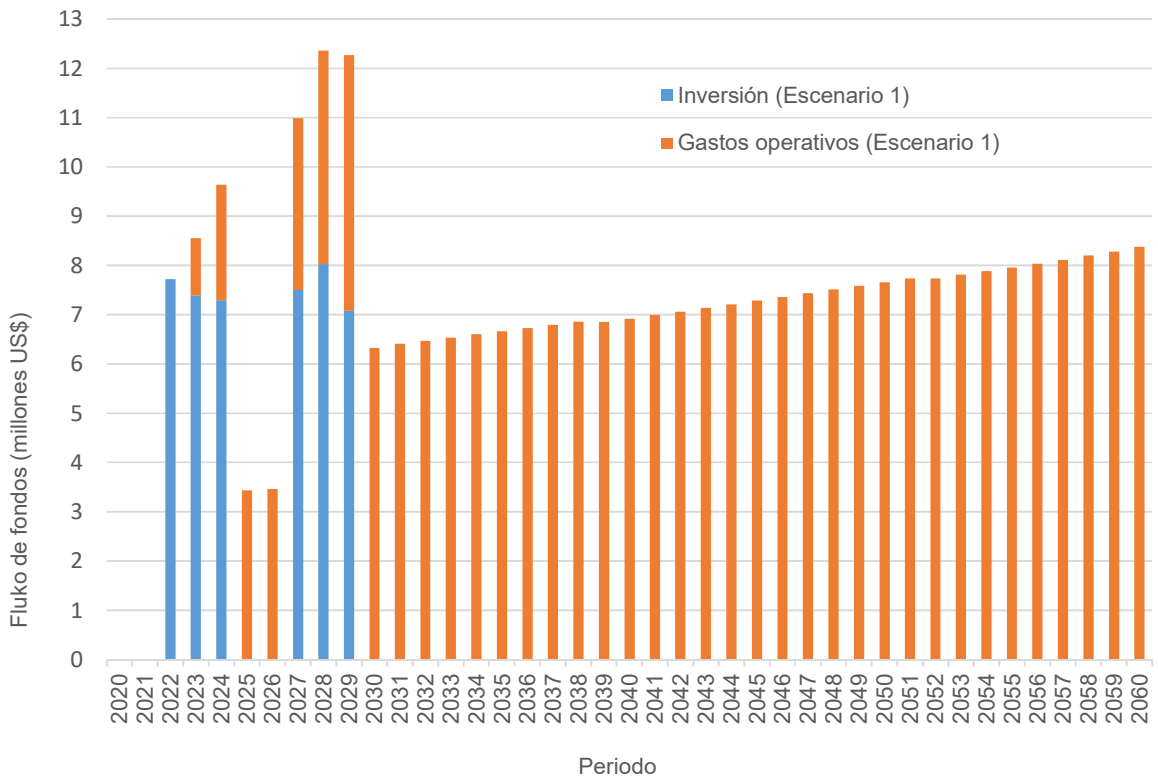
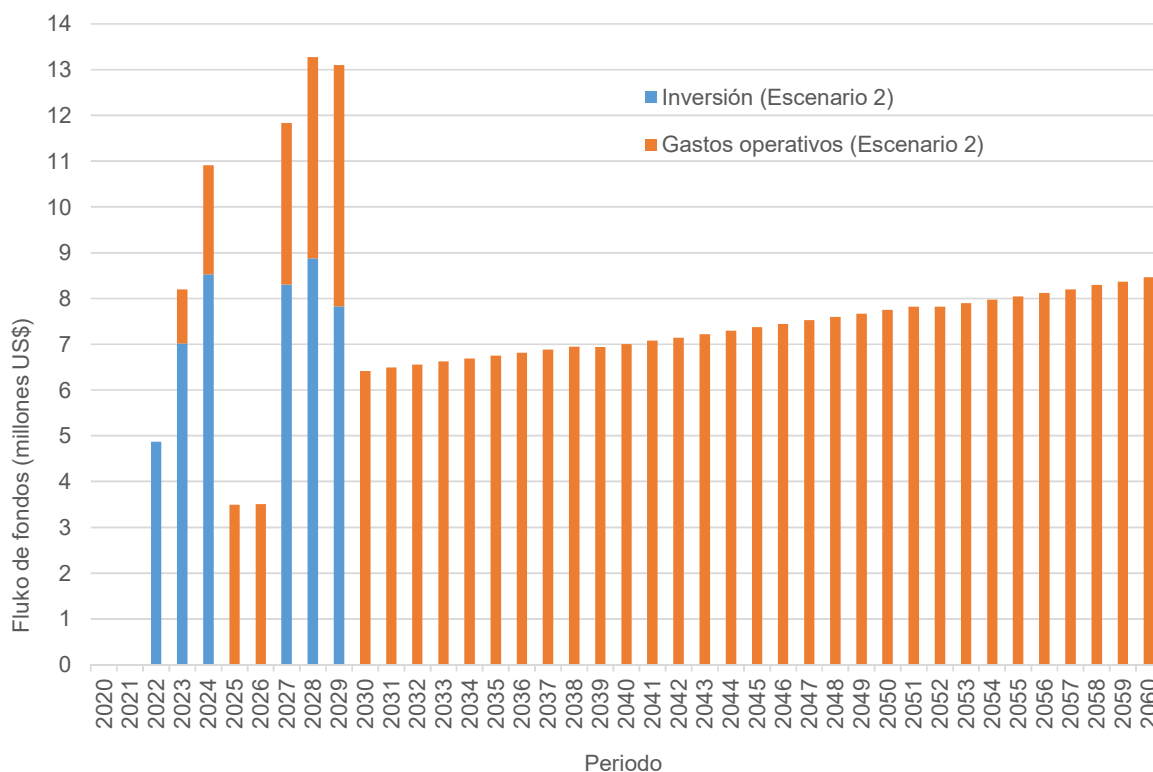


Figura 18.2 - Flujo de fondos alternativa 2 escenario 2: Ósmosis inversa baja eficiencia.



Se han mostrado los flujos de fondos de los tres casos: alternativa 1, alternativa 2 escenario 1, y alternativa 2 escenario 2. Se ha mencionado que para comparar se ha optado por la metodología del Valor Actual Neto (VAN), cuyas consideraciones puntual se detallan en el Anexo III “Análisis Financiero”, para la tasa de descuento se ha adoptado un 7% anual en dólares.

Como cada alternativa comenzará a construirse en momentos distintos, se ha optado por tomar como al período inicial año 2020, que es cuando comenzaría a trabajarse en el proyecto, más allá que no haya erogaciones por inversiones o gastos operativos que computar. Entonces los VAN calculados son para valores actual al inicio de 2020.

Tabla 13 – Resultados del VAN de cada alternativa.

Indicador	Alternativa 1: Acueducto La Ribera	Alternativa 2: Construcción POIs	
		Escenario 1: alta eficiencia	Escenario 2: baja eficiencia
VAN (Millones US\$)	94,1	87,9	88,3

La tabla anterior muestra que la alternativa 2, en cualquier escenario, es más económica que la alternativa 1. Sin embargo, no hay que dejar de mencionar que la última es apenas un 7% más costosa.

Aspectos no considerados.

Cuando se inició este estudio se mencionaron qué criterios se tomaron para limitar su extensión. También a lo largo del desarrollo de la evaluación de alternativas se fue aclarando punto por punto que simplificaciones y omisiones se asumieron.

En este apartado se agregan a la lista otros aspectos no considerados en las evaluaciones de alternativas que no se aclararon previamente, y que tampoco fueron consideradas para evitar sobre-dimensionar el trabajo.

Respecto de aspectos comunes, en ambas alternativas se omitió incluir los costos de las conexiones y posibles mejoras que debieran hacerse a la red de distribución interna en cada localidad.

En la alternativa 1: Acueducto de la Ribera, no se tuvo en cuenta los tratamientos de los barros que genera el proceso de potabilización convencional de agua de fuente superficial. Por buena práctica ambiental, esto sí debiera hacerse e implicaría mayores gastos operativos.

En la alternativa 2: Instalación de plantas de ósmosis inversa, no se tuvo en cuenta los costos para la disposición de agua de rechazo. Este tema es en sí complejo, no puede reinyectarse el agua de rechazo al mismo acuífero fuente por su alta concentración salina; se puede intentar inyectarla en un acuífero más profundo pero se desalienta porque es más costoso y también hay riesgo de contaminar el acuífero fuente.

Otra alternativa es combinar el agua de rechazo con el efluente de la planta local de tratamiento de líquidos cloacales (siempre que haya), de esa forma se reconstruye el perfil salino; en estos casos habría que estimar los costos de transporte hasta los sitios de vuelco.

Para que se den las condiciones de operación como fue prevista en las estimaciones, es necesario que el personal de las plantas esté capacitado y se aboque plenamente a las mismas; para lograr esto, dado la baja capacidad técnica con la que suelen contar los operadores locales, el Estado Provincial debería incurrir en programas específicos que acarrearían mayores gastos.

Análisis FODA.

Como complemento de la comparación económica – financiera se hace un análisis de Fortalezas-Oportunidades-Debilidades-Amenazadas (FODA) de cada una de las alternativas.

Lo que se busca es, de una forma meramente cualitativa, mencionar los puntos positivos y negativos de cada alternativa, buscando aquellos que no se hayan mencionado previamente y que en general resultarían difíciles de cuantificar. Con esto se pretende lograr una visión más amplia de lo que puede resultar la toma de decisiones en materia de políticas públicas en general, y de una política de saneamiento en particular.

Alternativa del Acueducto la Ribera.

Fortalezas.

- Se posee un control centralizado.
- La fuente de agua (Río Paraná) es la más fiable en cuanto a cantidad y calidad.
- Se recurre a un tratamiento tecnológicamente sencillo y económico.

Oportunidades.

- Resulta más sencillo aplicar políticas de eficiencia.
- Permite reducir la explotación de los acuíferos para agua de consumo y libera el recurso para otros usos.

Debilidades.

- Dependencia del bombeo a escala regional.
- Habrá mayor cantidad de actores involucrados: operador mayorista y operadores locales.

Amenazas.

- El riesgo de contaminación de la fuente se encuentra focalizado en una única localización: la obra de toma.
- Dificultades del reconocimiento del precio del agua por parte de los operadores locales (caso del Acueducto Centro Oeste). Esto suele derivar en deudas comerciales de los operadores locales hacia el prestador.

Alternativa de plantas de ósmosis inversa.

Fortalezas.

- Bajos costos de inversión global.
- Relativa rapidez de construcción.

Oportunidades.

- Baja de los costos de las membranas que se viene dando en los últimos años.
- Se aprovecha la experiencia acumulada en torno a formar operadores.

Debilidades.

- Elevados gastos operativos y el consiguiente riesgo de que los usuarios no pueden abonarlo.
- Habrá menos flexibilidad para cubrir incrementos en la demanda de agua.

Amenazas.

- Hay poco conocimiento sobre la variabilidad de los acuíferos confinados.
- La calidad del servicio estará condicionada a la seriedad del operador (Comuna, Municipio o Cooperativa).

Recomendaciones.

A los efectos de no extender demasiado el trabajo se optó por no estudiar otras ideas, las cuales surgen de hacerse los siguientes interrogantes:

1. ¿Sería factible y más eficiente, en la alternativa del acueducto, descentralizar el proceso de potabilización?
2. ¿Se pueden bajar los costos de potabilización con dos tipo de provisión: agua para consumo (cumpliendo toda la normativa) y agua para uso general (con un tratamiento menos estricto)?

3. ¿Puede idearse una mezcla de ambos sistemas: hacer un acueducto más pequeño, que no llegue a las 34 localidades, y proveer con plantas de ósmosis al resto de las poblaciones?

Acueducto de agua no tratada y descentralización de la potabilización.

La idea que surge de contestar la primera pregunta es considerar construir el acueducto para bombear agua cruda del Río Paraná y descentralizar la potabilización de la fuente superficial; en vez de construir una única planta se hacen plantas más pequeñas en cada localidad. La alternativa de tratamiento no es la ósmosis inversa sino una planta convencional de potabilización.

Como ventaja se tendría una mayor segmentación de la inversión inicial y mejor ajuste a las necesidades de las poblaciones locales. Como desventaja probablemente esto se traduciría en un mayor costo global, tanto de la inversión como de los gastos operativos.

Provisión de agua por doble red.

En lo que concierne al segundo interrogante, hablar de doble red hace alusión a contar con dos servicios diferenciados, con dos calidades diferentes de agua tratada, los mismos son:

✓ Agua para consumo: se busca satisfacer sólo demanda específica de agua para ingesta y cocción (que se estima en 20 lts / hab diarios). Se busca reducir los gastos de potabilización, factor de mayor incidencia en los tratamientos de aguas subterráneas.

✓ Agua para usos generales: como aseo personal, sanitarios o limpieza de ropa. Es la mayor parte de la dotación (180 lts / hab diarios si el total es 200). En general, el tratamiento sería mínimo, suele bastar con filtrado y cloración, lo cual es mucho más económico.

Disponer de doble red en las localidades resulta muy oneroso si ya hay una red existente que debe ser duplicada, más si están construidas las veredas y el pavimento en las calles.

En el trabajo sobre la evaluación de provisión de doble red en un nuevo desarrollo urbanístico en la localidad de Carcarañá¹¹, se estudiaron los costos de construir una red convencional y los de una doble red, en ambos casos se construiría una pequeña planta de ósmosis inversa de 10,5 m³/h de capacidad.

Tabla 14 – Comparación entre red convencional y doble red para el barrio “Altos de Carcarañá”.

Parámetros	Red convencional	Doble red
Población de diseño	725 habitantes	
Inversión (miles de \$)	24.805	32.147
Costo de producción (\$/m ³)	7,98	2,82
Costo de producción con amortización (\$/m ³)	18,21	16,09

¹¹ Trabajo final de la carrera de Ingeniería Civil: “Doble red de agua en el barrio Altos de Carcarañá, Santa Fe”, de los alumnos Pedro B. Calabrese, Manuel De Vita, Cristóbal Griot e Ignacio L. Izaguirre. Septiembre 2018.

El caso anterior trata sobre un desarrollo urbanístico que no contaba ni con veredas y pavimento. Se aprecia que la construcción de la doble red es un 30% más alto que la red convencional, y sin la incidencia de la apertura y reparación de calles y veredas. Los costos de producción por agua entregada a la red son mayores en la red convencional: 2,83 veces más que la doble red; esto es así incluso si se tiene en cuenta la amortización (depreciación del valor de los bienes construidos), pero en este última caso la relación se achica notablemente a 1,13.

El ejemplo anterior podría estar mostrando que las ventajas de la doble red no son tan grandes. Sin embargo, la implementación de dos servicios diferenciados podría tenerse en cuenta en localidades donde no haya una red interna, previamente se vio que 6 de las 34 localidades carecen de red de distribución; o donde la misma tenga un grado de obsolescencia tan alto, con pérdidas que superan el 40%, que resulte imperioso hacer una renovación total.

Combinación de soluciones.

Y en cuanto al último planteo el mismo surge de cuestionar el hecho de por qué las dos alternativas en este informe deben necesariamente ser excluyentes entre sí, en vez de buscarse el complemento. Un estudio abocado a esto debería tener en cuenta la incidencia de proveer a cada localidad mediante la red de acueductos o con una planta de ósmosis inversa, buscando aquella combinación que genere el menor costo total en el tiempo de diseño considerado.

Esto último de hecho ha ido ocurriendo, debido a la demora en la construcción de acueductos el Gobierno provincial ha brindado asistencia técnica y financiamiento para la construcción o ampliación de diversas plantas de ósmosis inversa a lo largo de todo el territorio.

Entonces, una posible alternativa 3 sería hacer el acueducto para llegar a las localidades con mayor población alejadas del Río Paraná como Casilda, Firmat, Carcarañá y Cañada de Gómez; se incluirían otras poblaciones más pequeñas pero relativamente cercanas al Río Paraná como Luis Palacios y Lucio V. López, además de las poblaciones pequeñas que quedaran en el camino de las trazas para conectar las poblaciones más grandes.

Para todas las demás, se buscaría una solución con plantas de ósmosis, o algún otro tratamiento para aguas subterráneas que resulte más conveniente para la calidad de agua a tratar. Además, en aquellas localidades sin red o con una con alto grado de deterioro (que deba renovarse integralmente de todas formas), se podría proyectar un sistema de doble red.

Esto abarataría la obra del acueducto al no tener que recorrerse grandes distancias para entregar poco caudal, y evitaría incurrir en grandes costos de tratamiento por ósmosis inversa en las poblaciones mayores. La suma de ambos efectos podría redundar en un costo global menor.

Conclusiones.

Es importante destacar la gran incertidumbre que existe en torno a los precios. Muchos de los datos no corresponden a precios actuales, es decir no son datos del año 2019. También, todos aquellos datos tomados en los dos últimos años, al estar el país en un proceso de elevada inflación, superior al 45% anual, con una gran devaluación de la moneda del 200% en los últimos dos años; tienen un elevado componente de incertidumbre que hace muy difícil posicionarse incluso en cifras que sólo requieren aproximaciones de decenas de miles de dólares.

Así y todo, se ha optado por asumir hipótesis y evitar que esto se tradujese un impedimento para los cálculos económicos. El objetivo último es hacer una comparación de alternativas para cuestionar la premisa que la planificación de acueductos regionales es la única alternativa a ser considerada como política pública de provisión de agua potable en Santa Fe.

La evaluación de los VAN de ambas alternativas: alternativa 1 “Acueducto La Ribera” y alternativa 2 “Construcción de POI” (con sus dos escenarios); mostró que para un lapso de 40 años, tomando como periodo inicial el año 2020 y como período de diseño el año 2060, con una tasa de descuento del 7% anual en dólares, es la alternativa 2 la que resulta más económica.

Ahora bien, la alternativa 1 es tan solo un 7% más costosa que la alternativa 2, no es una diferencia muy elevada y probablemente no supere el margen de error producto de las incertidumbres en los precios que ya fueron mencionadas.

Probablemente, la conclusión más importante del trabajo, con las limitaciones de sólo haber evaluado el sistema “La Ribera” de los 12 acueductos, es plantear si la construcción de acueductos es la única alternativa técnica para implementar la política pública de provisión de agua potable a todos los habitantes de la provincia; y que es necesario estudiar cada uno de ellos para evaluar adoptar soluciones combinadas, que tengan en cuenta las características y problemáticas de cada grupo de localidades a abastecer.

Agradecimientos.

Se hace especial mención a la colaboración brindada por distintas personas del Ministerio de Infraestructura y Transporte que facilitaron enormemente la tarea de redactar este trabajo.

De la Dirección Provincial de Sistemas de Provisión de Aguas, de la Secretaría de Aguas y Saneamiento, se agradece: al Director Provincial Ing. Juan Pablo Rentería, la Ing. Julia Ortega, el Ing. Manuel De Vita, la Ing. Carina Amaya y a Juan Manuel Battistelli.

De la Dirección General de Estudios y Proyectos, de la Secretaría de Aguas y Saneamiento, se agradece al Jefe Área Técnica – Estudio de fuentes Ing. Gastón Domínguez.

También se agradece la colaboración de, por parte el Ente Regulador de Servicios Sanitarios (ENRESS) de Santa Fe, a la Bioq. Verónica Pidustwa.

Bibliografía consultada.

- ✓ Ley de “Prestación y regulación de servicios sanitarios” N° 11.220 de la Prov. de Santa Fe.
- ✓ Resolución N° 0465/2016 del Ente Regulador de Servicios Sanitarios.
- ✓ Datos estadísticos disponibles en el sitio web del Gobierno de Santa Fe (www.santafe.gov.ar).
- ✓ Estudio “Sistema General de Acueductos Provincia de Santa Fe. Pre-factibilidad técnica – económica y ambiental”. Ministerio de Obras, Servicios Públicos y Vivienda. Enero 2001.
- ✓ Carpeta de presentación “Sistemas de abastecimiento de agua mediante grandes acueductos”. Ministerio de Asuntos Hídricos. Mayo 2006.
- ✓ Informe “Acueducto Río Coronda. Evaluación económica”. UTN Santa Fe. Octubre 2013.
- ✓ Informe “Sistema Provincial de Acueductos. Estado de avance 2019”. Dirección Provincial de Acueductos – Secretaría de Aguas – Ministerio de Infraestructura y Transporte (DPA – S. - MlyT) .Agosto 2019.
- ✓ Informe “Evaluación Socio – Económica. Acueducto Interprovincial Santa Fe – Córdoba. Etapa I: Coronda – San Francisco”. Gobiernos de Córdoba y Santa Fe. Abril 2019.
- ✓ Planillas de cálculo: proyección de población y estimación de caudales del Acueducto La Ribera. DPA – S. - MlyT. Septiembre 2019.
- ✓ Estudios para la ampliación de la planta de potabilización de agua subterránea por ósmosis inversa en El Trébol.
- ✓ Trabajo final de la Especialización en Ingeniería Sanitaria: “Nuevo sistema de provisión de agua potable Ciudad de Gálvez”, del Ing. Enrique U. Piacente. Junio 2013.
- ✓ Trabajo final de Ingeniería Civil: “Doble red de agua en el barrio Altos de Carcarañá, Santa Fe”, de Pedro B. Calabrese, Manuel De Vita, Cristóbal Griot e Ignacio L. Izaguirre. Septiembre 2018.
- ✓ Material de “Estado y Políticas Públicas de Infraestructura” del Dr. Alberto Müller. Año 2017.
- ✓ Material de “Agua y Saneamiento en la Salud Pública” de la Bioq. Verónica Pidustwa y la Ing. Ana María Ingallinella. Año 2017.
- ✓ Material de “Organismos Financieros Internacionales” del Lic. Ángel Sciara. Año 2018.
- ✓ Material de “Agua y Saneamiento” del Ing. Juan Pablo Rentería. Año 2019.
- ✓ Suplemento de Arquitectura del diario Clarín del 29/10/2019.