

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA  
DEPARTAMENTO DE OBRAS CIVILES  
SANTIAGO – CHILE



ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD SOBRE LA REUTILIZACIÓN DE LAS AGUAS  
SERVIDAS DE ALTO HOSPICIO E IQUIQUE EN LA MINERÍA DEL COBRE DE  
LA I REGIÓN DE TARAPACÁ

Memoria de titulación presentada por  
SIMÓN EDUARDO MASON DE LA FUENTE

Como requisito parcial para optar al título de  
Ingeniero Civil

Profesor Guía  
Alberto Kresse Zamorano

Profesor Co-referente  
Vivian Aranda Núñez

Octubre de 2017







## **Agradecimientos**

Quisiera dar las gracias a mi profesor guía Alberto Kresse por proponer el tema de esta memoria y ayudarme a darle forma. Gracias por su dedicación y buena disposición. Revisar minuciosamente las más de 200 páginas que terminó teniendo este trabajo no debió ser una tarea sencilla.

Agradezco a mis padres, Daniela y Marcelo, por todo el esfuerzo invertido en mí, por su apoyo incondicional, por su exigencia relajada, por mostrarme cada uno formas tan distintas de ver la vida. Agradezco también a mi hermano Cristóbal, por entender tan chiquitito que me tenía que venir a estudiar a Santiago y que ya no iba a poder estar con él siempre que lo necesitara. Los amo inmensamente.

Agradezco también a mi abuela Nelly por recibirme en la capital y dejarme hacer de su casa, mi casa. No sé qué habría hecho sin ese comodín.

Finalmente no me queda más que agradecer a mi mujer, Daniela. Gracias por aguantar cinco años de pololeo de fin de semana y por inventar una excusa para venirte a Santiago a penas pudiste. Gracias por tu paciencia, por tu confianza, por tu constancia. Gracias por presionarme para que terminara esta memoria, si no fuera por ti, esto no estaría ni cerca de terminar. Te amo más que nunca.



*Para mi pollito loco,  
que vino a llenar nuestras vidas de alegría.*



## Resumen

El desarrollo de la actividad minera durante los últimos años en el norte de Chile, ha hecho necesaria la incorporación de nuevas fuentes de agua, que permitan abastecer los procesos de producción en el mediano y largo plazo. En el caso de la minería del cobre, la solución alternativa a las fuentes continentales, con mayor presencia nacional, corresponde a la utilización de agua de mar, sin embargo existen otras opciones que pudiesen resultar tanto o más atractivas, como es el abastecimiento mediante la reutilización de aguas servidas domésticas.

En este trabajo se propone el desarrollo de un análisis técnico, económico, social y medioambiental, que compare tres alternativas de abastecimiento de agua:

- La desalación de agua de mar y su posterior transporte de manera directa hasta las faenas.
- El denominado SWAP, que considera el uso, por parte de la minería, de las aguas continentales actualmente utilizadas para abastecer a la población, cuyo consumo sería alimentado con agua de mar desalada.
- El saneamiento de las aguas servidas de Alto Hospicio, además de las de Iquique en caso de requerirse, para su posterior traslado hasta las instalaciones mineras.

La metodología usada para la comparación se basa en el diseño y pre-dimensionamiento de las instalaciones y conducciones necesarias para abastecer de agua, mediante cada una de las alternativas propuestas, a dos mineras referenciales con distinta ubicación dentro de la Región de Tarapacá, y en el desarrollo de una evaluación de costos para valorizar cada alternativa. Además, se considera dos escenarios de operación, con distintos caudales de producción, con el objetivo de conocer la influencia de esta variable en el análisis.

La integración de las evaluaciones económicas de cada alternativa, junto con las variables sociales y medioambientales, permitirá conocer el nivel de competitividad que presenta la reutilización de aguas servidas frente a otras soluciones más convencionales.

## Abstract

The mining development in recent years, in northern Chile, has necessitated the incorporation of new sources of water supply to allow production processes in the medium and long term. In the case of copper mining, the alternative to continental sources solution with greater national presence, corresponds to the use of seawater, however there are other options that may be equally or more attractive, as is the supply by reusing domestic wastewater.

In this paper the development of technical, economic, social and environmental analysis, comparing three alternative water supply is proposed:

- Desalination of seawater and subsequent transport directly to the mines.
- The so-called SWAP, which considers the use by mining, inland water currently used to supply the population, whose consumption would be supplied with water from desalinated sea.
- The sanitation of Alto Hospicio's sewage, in addition to those of Iquique if required, for subsequent transfer to the mining facilities.

The methodology used for the comparison is based on the design and pre-sizing of facilities and pipelines needed to supply water through each of the specified alternatives, to two referential mining with different location within the Tarapaca Region, and the development of a cost assessment to value each alternative. It is also considered two scenarios of operation, with different production flows, in order to determine the influence of this variable in the analysis.

The integration of economic evaluations of each alternative, along with social and environmental variables, will reveal the level of competitiveness that has wastewater reuse over other more conventional solutions.

## Glosario

ANDESS: Asociación Nacional de Empresas de Servicios Sanitarios.  
CAPEX: *Capital Expenditures*. Costos de Inversión.  
CUP: Costos Unitarios de Producción.  
DAA: Derechos de Aprovechamiento de Aguas.  
DGA: Dirección General de Aguas.  
Diám: Diámetro.  
Dist: Distancia.  
D.S.: Decreto Supremo.  
EIA: Estudio de Impacto Ambiental.  
HDPE: Polietileno de Alta Densidad.  
INDAP: Instituto de Desarrollo Agropecuario.  
Mat: Material.  
MMUS\$: Millones de Dólares estadounidenses.  
MOP: Ministerio de Obras Públicas.  
ONG: Organización No Gubernamental.  
OPEX: *Operating Expenses*. Costos de operación y mantenimiento.  
PEAM: Planta Elevadora de Agua de Mar.  
PEAP: Planta Elevadora de Agua Potable.  
PEAS: Planta Elevadora de Aguas Servidas.  
PIB: Producto interno bruto.  
PNUMA: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.  
PTAS: Planta de Tratamiento de Aguas Servidas.  
PTOI: Planta de Tratamiento de Osmosis Inversa.  
PVC: Policloruro de Vinilo.  
RCA: Resolución de Calificación Ambiental.  
SEA: Servicio de Evaluación Ambiental.  
s.f.: Sin fecha.  
SISS: Superintendencia de Servicios Sanitarios.  
SNA: Sociedad Nacional de Agricultura.  
SQM: Sociedad Química y Minera de Chile S. A.  
SWAP: Proyecto Enfoque Sectorial Amplio de Apoyo Financiero.  
UF: Unidades de Fomento.  
Un: Unidad.  
US\$: Dólares estadounidenses.  
UTM: Coordenadas Geográficas Universal Transversal de Mercator.  
VAC: Valor Actual de Costos.  
[°C]: grados Celsius.  
[GWh/año]: Gigawatt-hora al año.  
[km]: kilómetros.  
[km<sup>2</sup>]: kilómetros cuadrados.  
[kWh/m<sup>3</sup>]: kilowatt-hora por metro cúbico producido.  
[l/s]: litros por segundo.  
[m]: metros.  
[mca]: metros columna de agua.

[mg/l]: miligramos por litro.

[mg O<sub>2</sub>/l]: miligramos de oxígeno por litro.

[mm]: milímetros.

[m<sup>3</sup>]: metros cúbicos.

[m<sup>3</sup>/persona/año]: metros cúbicos por persona por año.

[m<sup>3</sup>/s]: metros cúbicos por segundo.

[m<sup>3</sup>/T]: metros cúbicos de agua fresca por tonelada de mineral procesado.

[NMP/100 ml]: número más probable en 100 miligramos.

[UF/unidad]: Unidades de Fomento por unidad.

[US\$/kW]: dólares estadounidenses por kilowatt.

[US\$/kWh]: dólares estadounidenses por kilowatt-hora consumido.

[US\$/(l/s)]: dólares estadounidenses por litro por segundo producido.

[US\$/m]: dólares estadounidenses por metro lineal instalado.

[US\$/m<sup>3</sup>]: dólares estadounidenses por metro cúbico producido.

# Índice

<b>RESUMEN .....</b>	<b>V</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>VI</b>
<b>GLOSARIO.....</b>	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE.....</b>	<b>IX</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>XII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>XVI</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 OBJETIVOS DEL TRABAJO .....	2
1.1.1 <i>Objetivos Generales</i> .....	2
1.1.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	3
1.1.3 <i>Propuesta de Metodología de Trabajo</i> .....	3
<b>2 ANTECEDENTES.....</b>	<b>4</b>
2.1 NORMATIVA VIGENTE .....	4
2.1.1 <i>Extracción y Utilización de Aguas Marítimas</i> .....	4
2.1.2 <i>Extracción y Utilización de Aguas Continentales</i> .....	4
2.1.3 <i>Tratamiento y Utilización de Aguas Servidas</i> .....	5
A. <i>Venta de Aguas Servidas Tratadas</i> .....	5
2.1.4 <i>Normativa Ambiental</i> .....	8
2.2 EXPERIENCIA EN CASOS SIMILARES .....	8
2.2.1 <i>Nacional</i> .....	8
2.2.2 <i>Internacional</i> .....	8
<b>3 CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA .....</b>	<b>10</b>
3.1 CANTIDAD DE AGUA REQUERIDA .....	10
3.2 CALIDAD DE AGUA REQUERIDA .....	12
3.3 TRATAMIENTOS REQUERIDOS POR TIPO DE FUENTE .....	14
<b>4 METODOLOGÍA DE TRABAJO.....</b>	<b>15</b>
4.1 MINAS REFERENCIALES .....	15
4.2 CAUDALES DE EVALUACIÓN .....	18
<b>5 DIMENSIONAMIENTO DE ALTERNATIVAS .....</b>	<b>19</b>
5.1 DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS A EVALUAR .....	19
5.1.1 <i>Escenario 1: Alternativa de Desalación Directa</i> .....	19
5.1.2 <i>Escenario 2: Alternativa de Proyecto SWAP</i> .....	19
5.1.3 <i>Escenario 3: Alternativa de Aguas Servidas Tratadas</i> .....	20
5.1.4 <i>Resumen de Alternativas</i> .....	20
5.2 CRITERIOS GENERALES PARA EL DISEÑO.....	21
5.3 DISEÑO ABASTECIMIENTO MINA NORTE .....	24
5.3.1 <i>Escenario 1: Desalación Directa</i> .....	24
A. <i>Suministro de 150 [l/s]</i> .....	25
B. <i>Suministro de 750 [l/s]</i> .....	27
5.3.2 <i>Escenario 2: Proyecto SWAP</i> .....	29
C. <i>Suministro de 150 [l/s]</i> .....	33
D. <i>Suministro de 750 [l/s]</i> .....	36
5.3.3 <i>Escenario 3: Aguas Servidas Tratadas</i> .....	40
E. <i>Suministro de 150 [l/s]</i> .....	42
F. <i>Suministro de 750 [l/s]</i> .....	43

5.4	DISEÑO ABASTECIMIENTO MINA SUR .....	46
5.4.1	<i>Escenario 1: Desalación Directa</i> .....	46
G.	Suministro de 150 [l/s].....	47
H.	Suministro de 750 [l/s].....	50
5.4.2	<i>Escenario 2: Proyecto SWAP</i> .....	52
I.	Suministro de 150 [l/s].....	56
J.	Suministro de 750 [l/s].....	60
5.4.3	<i>Escenario 3: Aguas Servidas Tratadas</i> .....	64
K.	Suministro de 150 [l/s].....	66
L.	Suministro de 750 [l/s].....	67
<b>6</b>	<b>EVALUACIÓN ECONÓMICA .....</b>	<b>72</b>
6.1	PARÁMETROS GENERALES PARA LA EVALUACIÓN.....	72
6.1.1	<i>Consideraciones para la determinación de los costos de inversión</i> .....	72
A.	Criterios para Inversión en Plantas Desaladoras .....	73
B.	Criterios para Inversión en Sondajes.....	73
C.	Criterios para Inversión en Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas.....	73
D.	Criterios para Inversión en Conducciones.....	74
E.	Criterios para Inversión en Plantas Elevadoras.....	76
F.	Criterios para Inversión en Estanques.....	77
G.	Criterios para Gastos en Estudios e Imprevistos.....	78
H.	Criterios para Reinversiones en Equipos.....	78
6.1.2	<i>Consideraciones para la determinación de los costos de operación</i> .....	78
I.	Criterios para Costos de Energía.....	79
J.	Criterios para Consumo de Energía de Tratamientos.....	79
K.	Criterios para Gastos Operacionales de Tratamientos.....	79
L.	Criterios para Operación de Plantas Elevadoras y Pozos de Extracción.....	80
M.	Criterios para Mantenimiento de Equipos y Obras Civiles .....	80
6.2	DESARROLLO DE LA EVALUACIÓN.....	80
6.2.1	<i>Abastecimiento Mina Norte</i> .....	81
A.	Desalación Directa.....	81
B.	Proyecto SWAP .....	82
C.	Aguas Servidas Tratadas .....	83
D.	Resumen.....	84
6.2.2	<i>Abastecimiento Mina Sur</i> .....	85
E.	Desalación Directa.....	85
F.	Proyecto SWAP .....	86
G.	Aguas Servidas Tratadas .....	87
H.	Resumen.....	89
6.3	RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN .....	89
6.3.1	<i>Valor Actual de Costos</i> .....	89
A.	Abastecimiento Mina Norte.....	90
B.	Abastecimiento Mina Sur .....	91
C.	Resumen.....	93
6.3.2	<i>Costos Unitarios de Producción</i> .....	97
D.	Abastecimiento Mina Norte.....	97
E.	Abastecimiento Mina Sur .....	99
F.	Resumen.....	101
<b>7</b>	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>106</b>
7.1	CASO DE ESTUDIO.....	106
7.2	CARACTERIZACIÓN DE COSTOS.....	107
7.3	SENSIBILIZACIÓN DE RESULTADOS .....	110
7.3.1	<i>Modificación de Costos y Duración</i> .....	110
A.	Costo de Energía.....	110
B.	Tasa de Descuento.....	112
C.	Horizonte de Operación.....	113
D.	Resumen de Variaciones .....	114
7.3.2	<i>Modificación del Caudal de Operación</i> .....	116

A.	Caso de Estudio.....	116
B.	Resultados .....	117
7.4	EXTRAPOLACIÓN DE RESULTADOS .....	120
7.4.1	<i>Ubicación de Instalaciones Mineras</i> .....	120
A.	Metodología .....	120
B.	Costos por Alternativa.....	130
C.	Costos Mínimos.....	135
D.	Zonas de Conveniencia por Alternativa.....	136
7.4.2	<i>Caudal Suministrado</i> .....	140
A.	Metodología .....	140
B.	Ejemplo de Suministro de 450 [l/s].....	141
<b>8</b>	<b>ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD AMBIENTAL Y SOCIAL.....</b>	<b>143</b>
8.1	ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES .....	143
8.1.1	<i>Objetivos y Acuerdos Internacionales</i> .....	143
8.1.2	<i>Impacto Medioambiental de las Alternativas Evaluadas</i> .....	144
A.	Desalación Directa.....	144
B.	Proyecto SWAP .....	145
C.	Aguas Servidas Tratadas.....	146
8.2	ASPECTOS SOCIALES.....	147
8.2.1	<i>Sector Agrícola</i> .....	147
8.2.2	<i>Impacto Tarifario</i> .....	148
8.3	COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	149
<b>9</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>152</b>
	<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>XX</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>XXIV</b>
A.	CONSIDERACIONES PARA EL CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CARGA EN IMPULSIONES .....	XXIV
B.	CONSIDERACIONES PARA EL CÁLCULO DE POTENCIA DE PLANTAS ELEVADORAS.....	XXVI
C.	DETALLE DE COSTOS DE INVERSIÓN .....	XXVII
C.1.	<i>Abastecimiento Mina Norte</i> .....	XXVII
C.1.1.	Desalación Directa.....	XXVII
C.1.2.	Proyecto SWAP.....	XXX
C.1.3.	Aguas Servidas Tratadas.....	XXXIV
C.2.	<i>Abastecimiento Mina Sur</i> .....	XXXVIII
C.2.1.	Desalación Directa.....	XXXVIII
C.2.2.	Proyecto SWAP.....	XLII
C.2.3.	Aguas Servidas Tratadas.....	XLV
D.	DETALLE DE COSTOS DE OPERACIÓN.....	LI
D.1.	<i>Abastecimiento Mina Norte</i> .....	LI
D.1.1.	Desalación Directa .....	LI
D.1.2.	Proyecto SWAP .....	LII
D.1.3.	Aguas Servidas Tratadas.....	LIII
D.2.	<i>Abastecimiento Mina Sur</i> .....	LV
D.2.1.	Desalación Directa .....	LV
D.2.2.	Proyecto SWAP .....	LVI
D.2.3.	Aguas Servidas Tratadas.....	LVIII
E.	CÁLCULO DE VALOR ACTUAL DE COSTOS .....	LXI
E.1.	<i>Abastecimiento Mina Norte</i> .....	LXI
E.1.1.	Desalación Directa.....	LXI
E.1.2.	Proyecto SWAP.....	LXIII
E.1.3.	Aguas Servidas Tratadas.....	LXIX
E.2.	<i>Abastecimiento Mina Sur</i> .....	LXXI
E.2.1.	Desalación Directa.....	LXXI
E.2.2.	Proyecto SWAP.....	LXXIII
E.2.3.	Aguas Servidas Tratadas.....	LXXIX

## Índice de Tablas

Tabla 3.1. Límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua fluviales.	13
Tabla 5.1. Plantas Elevadoras Desalación Norte 150 [l/s].	27
Tabla 5.2. Plantas Elevadoras Desalación Norte 750 [l/s].	29
Tabla 5.3. Plantas Elevadoras SWAP Norte (Carmelo – Mina) 150 [l/s].	33
Tabla 5.4. Plantas Elevadoras SWAP Norte (Carmelo – Mina) 750 [l/s].	37
Tabla 5.5. Plantas Elevadoras Aguas Servidas Norte 150 [l/s].	42
Tabla 5.6. Plantas Elevadoras Aguas Servidas Iquique 600 [l/s].	44
Tabla 5.7. Plantas Elevadoras Aguas Servidas Norte 750 [l/s].	45
Tabla 5.8. Plantas Elevadoras Desalación Sur 150 [l/s].	49
Tabla 5.9. Plantas Elevadoras Desalación Sur 750 [l/s].	52
Tabla 5.10. Plantas Elevadoras SWAP Sur (Canchones – Mina) 150 [l/s].	57
Tabla 5.11. Plantas Elevadoras SWAP Sur (Canchones – Mina) 750 [l/s].	61
Tabla 5.12. Plantas Elevadoras Aguas Servidas Sur 150 [l/s].	67
Tabla 5.13. Plantas Elevadoras Aguas Servidas Iquique 600 [l/s].	68
Tabla 5.14. Plantas Elevadoras Aguas Servidas Sur 750 [l/s].	70
Tabla 6.1. Costos de Inversión de Plantas Desaladoras.	73
Tabla 6.2. Costos de Inversión de Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas.	74
Tabla 6.3. Costos de Inversión de Monorelleno.	74
Tabla 6.4. Costos de Inversión en Conducciones de Acero.	75
Tabla 6.5. Costos de Inversión en Conducciones de HDPE.	75
Tabla 6.6. Costos de Inversión en Emisarios Submarinos.	76
Tabla 6.7. Costos de Inversión en Plantas Elevadoras.	77
Tabla 6.8. Costos de Inversión de Estanques de Almacenamiento.	78
Tabla 6.9. Gastos de Estudios e Imprevistos.	78
Tabla 6.10. Costos de Reinversiones en Equipos.	78
Tabla 6.11. Costo Operacional de Energía.	79
Tabla 6.12. Consumo de Energía de Tratamientos.	79
Tabla 6.13. Gastos Operacionales de Tratamientos.	79
Tabla 6.14. Eficiencia Energética de Plantas Elevadoras.	80
Tabla 6.15. Mantenimiento de Equipos y Obras Civiles.	80
Tabla 6.16. Resumen Costos de Inversión Desalación Norte 150 [l/s].	81
Tabla 6.17. Resumen Costos de Operación Desalación Norte 150 [l/s].	81
Tabla 6.18. Resumen Costos de Inversión Desalación Norte 750 [l/s].	81
Tabla 6.19. Resumen Costos de Operación Desalación Norte 750 [l/s].	82
Tabla 6.20. Resumen Costos de Inversión SWAP Norte 150 [l/s].	82
Tabla 6.21. Resumen Costos de Operación SWAP Norte 150 [l/s].	82
Tabla 6.22. Resumen Costos de Inversión SWAP Norte 750 [l/s].	83
Tabla 6.23. Resumen Costos de Operación SWAP Norte 750 [l/s].	83
Tabla 6.24. Resumen Costos de Inversión Aguas Servidas Tratadas Norte 150 [l/s].	83
Tabla 6.25. Resumen Costos de Operación Aguas Servidas Tratadas Norte 150 [l/s].	84
Tabla 6.26. Resumen Costos de Inversión Aguas Servidas Tratadas Norte 750 [l/s].	84
Tabla 6.27. Resumen Costos de Operación Aguas Servidas Tratadas Norte 750 [l/s].	84
Tabla 6.28. Resumen Costos de Inversión Desalación Sur 150 [l/s].	85
Tabla 6.29. Resumen Costos de Operación Desalación Sur 150 [l/s].	85
Tabla 6.30. Resumen Costos de Inversión Desalación Sur 750 [l/s].	86
Tabla 6.31. Resumen Costos de Operación Desalación Sur 750 [l/s].	86
Tabla 6.32. Resumen Costos de Inversión SWAP Sur 150 [l/s].	86
Tabla 6.33. Resumen Costos de Operación SWAP Sur 150 [l/s].	87
Tabla 6.34. Resumen Costos de Inversión SWAP Sur 750 [l/s].	87
Tabla 6.35. Resumen Costos de Operación SWAP Sur 750 [l/s].	87
Tabla 6.36. Resumen Costos de Inversión Aguas Servidas Tratadas Sur 150 [l/s].	88

Tabla 6.37. Resumen Costos de Operación Aguas Servidas Tratadas Sur 150 [l/s].	88
Tabla 6.38. Resumen Costos de Inversión Aguas Servidas Tratadas Sur 750 [l/s].	88
Tabla 6.39. Resumen Costos de Operación Aguas Servidas Tratadas Sur 750 [l/s].	89
Tabla 6.40. VAC por alternativa. Mina Norte 150 [l/s].	90
Tabla 6.41. VAC por alternativa. Mina Norte 750 [l/s].	91
Tabla 6.42. VAC por alternativa. Mina Sur 150 [l/s].	92
Tabla 6.43. VAC por alternativa. Mina Sur 750 [l/s].	92
Tabla 6.44. CAPEX por alternativa. Resumen.	93
Tabla 6.45. OPEX por alternativa. Resumen.	94
Tabla 6.46. VAC por alternativa. Resumen.	95
Tabla 6.47. Costos Unitarios de Producción por alternativa. Mina Norte 150 [l/s].	98
Tabla 6.48. Costos Unitarios de Producción por alternativa. Mina Norte 750 [l/s].	98
Tabla 6.49. Costos Unitarios de Producción por alternativa. Mina Sur 150 [l/s].	99
Tabla 6.50. Costos Unitarios de Producción por alternativa. Mina Sur 750 [l/s].	100
Tabla 6.51. Costos Unitarios de Tratamiento por alternativa. Resumen.	101
Tabla 6.52. . Costos Unitarios de Transporte por alternativa. Resumen.	102
Tabla 6.53. Costos Unitarios de Producción por alternativa. Resumen.	103
Tabla 7.1. CUP por alternativa para el suministro inicial de 150 [l/s] y final de 750 [l/s].	118
Tabla 7.2. CUP por alternativa para el suministro inicial de 375 [l/s] y final de 750 [l/s].	118
Tabla 7.3. CUP por alternativa para el suministro inicial de 600 [l/s] y final de 750 [l/s].	119
Tabla 7.4. VAC y Distancia lineal entre la mina y la fuente de abastecimiento.	121
Tabla 7.5. VAC y Diferencia de Altura Geométrica entre la mina y la fuente de abastecimiento.	124
Tabla 7.6. Instalaciones con cota conocida.	129
Tabla 7.7. Fracción del territorio estudiado correspondiente a cada zona de conveniencia.	140
Tabla 7.8. VAC por alternativa, incluido el suministro de 450 [l/s].	141
Tabla 8.1. Comparación de Alternativas en relación a aspectos ambientales, sociales y técnico-operacionales.	150
Tabla A.1. Coeficientes friccionales de Hazen-Williams.	XXIV
Tabla C.1. Costos de Inversión en Conducciones. Desalación Directa Norte 150 [l/s].	XXVII
Tabla C.2. Costos de Inversión en Plantas Elevadoras. Desalación Directa Norte 150 [l/s].	XXVII
Tabla C.3. Costos de Inversión en Plantas de Tratamiento. Desalación Directa Norte 150 [l/s].	XXVIII
Tabla C.4. Costos de Inversión en Estanques. Desalación Directa Norte 150 [l/s].	XXVIII
Tabla C.5. Costos de Inversión en Estudios e Imprevistos. Desalación Directa Norte 150 [l/s].	XXVIII
Tabla C.6. Costos de Inversión en Conducciones. Desalación Directa Norte 750 [l/s].	XXIX
Tabla C.7. Costos de Inversión en Plantas Elevadoras. Desalación Directa Norte 750 [l/s].	XXIX
Tabla C.8. Costos de Inversión en Plantas de Tratamiento. Desalación Directa Norte 750 [l/s].	XXIX
Tabla C.9. Costos de Inversión en Estanques. Desalación Directa Norte 750 [l/s].	XXX
Tabla C.10. Costos de Inversión en Estudios e Imprevistos. Desalación Directa Norte 750 [l/s].	XXX
Tabla C.11. Costos de Inversión en Conducciones. Proyecto SWAP Norte 150 [l/s].	XXXI
Tabla C.12. Costos de Inversión en Plantas Elevadoras. Proyecto SWAP Norte 150 [l/s].	XXXI
Tabla C.13. Costos de Inversión en Plantas de Tratamiento. Proyecto SWAP Norte 150 [l/s].	XXXI
Tabla C.14. Costos de Inversión en Estanques. Proyecto SWAP Norte 150 [l/s].	XXXII
Tabla C.15. Costos de Inversión en Estudios e Imprevistos. Proyecto SWAP Norte 150 [l/s].	XXXII
Tabla C.16. Costos de Inversión en Conducciones. Proyecto SWAP Norte 750 [l/s].	XXXIII
Tabla C.17. Costos de Inversión en Plantas Elevadoras. Proyecto SWAP Norte 750 [l/s].	XXXIII
Tabla C.18. Costos de Inversión en Plantas de Tratamiento. Proyecto SWAP Norte 750 [l/s].	XXXIII
Tabla C.19. Costos de Inversión en Estanques. Proyecto SWAP Norte 750 [l/s].	XXXIV
Tabla C.20. Costos de Inversión en Estudios e Imprevistos. Proyecto SWAP Norte 750 [l/s].	XXXIV
Tabla C.21. Costos de Inversión en Conducciones. Aguas Servidas Tratadas Norte 150 [l/s].	XXXIV
Tabla C.22. Costos de Inversión en Plantas Elevadoras. Aguas Servidas Tratadas Norte 150 [l/s].	XXXV
Tabla C.23. Costos de Inversión en Plantas de Tratamiento. Aguas Servidas Tratadas Norte 150 [l/s].	XXXV
Tabla C.24. Costos de Inversión en Estanques. Aguas Servidas Tratadas Norte 150 [l/s].	XXXV
Tabla C.25. Costos de Inversión en Estudios e Imprevistos. Aguas Servidas Tratadas Norte 150 [l/s].	XXXVI

Tabla C.26. Costos de Inversión en Conducciones. Aguas Servidas Tratadas Norte 750 [l/s].	XXXVI
Tabla C.27. Costos de Inversión en Plantas Elevadoras. Aguas Servidas Tratadas Norte 750 [l/s].	XXXVI
Tabla C.28. Costos de Inversión en Plantas de Tratamiento. Aguas Servidas Tratadas Norte 750 [l/s].	XXXVII
Tabla C.29. Costos de Inversión en Estanques. Aguas Servidas Tratadas Norte 750 [l/s].	XXXVII
Tabla C.30. Costos de Inversión en Estudios e Imprevistos. Aguas Servidas Tratadas Norte 750 [l/s].	XXXVII
Tabla C.31. Costos de Inversión en Conducciones. Desalación Directa Sur 150 [l/s].	XXXVIII
Tabla C.32. Costos de Inversión en Plantas Elevadoras. Desalación Directa Sur 150 [l/s].	XXXVIII
Tabla C.33. Costos de Inversión en Plantas de Tratamiento. Desalación Directa Sur 150 [l/s].	XXXIX
Tabla C.34. Costos de Inversión en Estanques. Desalación Directa Sur 150 [l/s].	XXXIX
Tabla C.35. Costos de Inversión en Estudios e Imprevistos. Desalación Directa Sur 150 [l/s].	XXXIX
Tabla C.36. Costos de Inversión en Conducciones. Desalación Directa Sur 750 [l/s].	XL
Tabla C.37. Costos de Inversión en Plantas Elevadoras. Desalación Directa Sur 750 [l/s].	XL
Tabla C.38. Costos de Inversión en Plantas de Tratamiento. Desalación Directa Sur 750 [l/s].	XL
Tabla C.39. Costos de Inversión en Estanques. Desalación Directa Sur 750 [l/s].	XLI
Tabla C.40. Costos de Inversión en Estudios e Imprevistos. Desalación Directa Sur 750 [l/s].	XLI
Tabla C.41. Costos de Inversión en Conducciones. Proyecto SWAP Sur 150 [l/s].	XLII
Tabla C.42. Costos de Inversión en Plantas Elevadoras. Proyecto SWAP Sur 150 [l/s].	XLII
Tabla C.43. Costos de Inversión en Plantas de Tratamiento. Proyecto SWAP Sur 150 [l/s].	XLIII
Tabla C.44. Costos de Inversión en Estanques. Proyecto SWAP Sur 150 [l/s].	XLIII
Tabla C.45. Costos de Inversión en Estudios e Imprevistos. Proyecto SWAP Sur 150 [l/s].	XLIII
Tabla C.46. Costos de Inversión en Conducciones. Proyecto SWAP Sur 750 [l/s].	XLIV
Tabla C.47. Costos de Inversión en Plantas Elevadoras. Proyecto SWAP Sur 750 [l/s].	XLIV
Tabla C.48. Costos de Inversión en Plantas de Tratamiento. Proyecto SWAP Sur 750 [l/s].	XLIV
Tabla C.49. Costos de Inversión en Estanques. Proyecto SWAP Sur 750 [l/s].	XLV
Tabla C.50. Costos de Inversión en Estudios e Imprevistos. Proyecto SWAP Sur 750 [l/s].	XLV
Tabla C.51. Costos de Inversión en Conducciones. Aguas Servidas Tratadas Sur 150 [l/s].	XLVI
Tabla C.52. Costos de Inversión en Plantas Elevadoras. Aguas Servidas Tratadas Sur 150 [l/s].	XLVI
Tabla C.53. Costos de Inversión en Plantas de Tratamiento. Aguas Servidas Tratadas Sur 150 [l/s].	XLVI
Tabla C.54. Costos de Inversión en Estanques. Aguas Servidas Tratadas Sur 150 [l/s].	XLVII
Tabla C.55. Costos de Inversión en Estudios e Imprevistos. Aguas Servidas Tratadas Sur 150 [l/s].	XLVII
Tabla C.56. Costos de Inversión en Conducciones. Aguas Servidas Tratadas Sur 750 [l/s].	XLVIII
Tabla C.57. Costos de Inversión en Plantas Elevadoras. Aguas Servidas Tratadas Sur 750 [l/s].	XLVIII
Tabla C.58. Costos de Inversión en Plantas de Tratamiento. Aguas Servidas Tratadas Sur 750 [l/s].	XLVIII
Tabla C.59. Costos de Inversión en Estanques. Aguas Servidas Tratadas Sur 750 [l/s].	XLIX
Tabla C.60. Costos de Inversión en Estudios e Imprevistos. Aguas Servidas Tratadas Sur 750 [l/s].	L
Tabla D.1. Costos de Operación de Plantas Elevadoras. Desalación Directa Norte 150 [l/s].	LI
Tabla D.2. Costos de Operación de Plantas de Tratamiento. Desalación Directa Norte 150 [l/s].	LI
Tabla D.3. Costos de Operación de Plantas Elevadoras. Desalación Directa Norte 750 [l/s].	LII
Tabla D.4. Costos de Operación de Plantas de Tratamiento. Desalación Directa Norte 750 [l/s].	LII
Tabla D.5. Costos de Operación de Plantas Elevadoras. Proyecto SWAP Norte 150 [l/s].	LII
Tabla D.6. Costos de Operación de Plantas de Tratamiento. Proyecto SWAP Norte 150 [l/s].	LIII
Tabla D.7. Costos de Operación de Plantas Elevadoras. Proyecto SWAP Norte 750 [l/s].	LIII
Tabla D.8. Costos de Operación de Plantas de Tratamiento. Proyecto SWAP Norte 750 [l/s].	LIII
Tabla D.9. Costos de Operación de Plantas Elevadoras. Aguas Servidas Tratadas Norte 150 [l/s].	LIV
Tabla D.10. Costos de Operación de Plantas de Tratamiento. Aguas Servidas Tratadas Norte 150 [l/s].	LIV
Tabla D.11. Costos de Operación de Plantas Elevadoras. Aguas Servidas Tratadas Norte 750 [l/s].	LIV
Tabla D.12. Costos de Operación de Plantas de Tratamiento. Aguas Servidas Tratadas Norte 750 [l/s].	LIV
Tabla D.13. Costos de Operación de Plantas Elevadoras. Desalación Directa Sur 150 [l/s].	LV
Tabla D.14. Costos de Operación de Plantas de Tratamiento. Desalación Directa Sur 150 [l/s].	LV
Tabla D.15. Costos de Operación de Plantas Elevadoras. Desalación Directa Sur 750 [l/s].	LVI

Tabla D.16. Costos de Operación de Plantas de Tratamiento. Desalación Directa Sur 750 [l/s].	LVI
Tabla D.17. Costos de Operación de Plantas Elevadoras. Proyecto SWAP Sur 150 [l/s].	LVII
Tabla D.18. Costos de Operación de Plantas de Tratamiento. Proyecto SWAP Sur 150 [l/s].	LVII
Tabla D.19. Costos de Operación de Plantas Elevadoras. Proyecto SWAP Sur 750 [l/s].	LVIII
Tabla D.20. Costos de Operación de Plantas de Tratamiento. Proyecto SWAP Sur 750 [l/s].	LVIII
Tabla D.21. Costos de Operación de Plantas Elevadoras. Aguas Servidas Tratadas Sur 150 [l/s].	LIX
Tabla D.22. Costos de Operación de Plantas de Tratamiento. Aguas Servidas Tratadas Sur 150 [l/s].	LIX
Tabla D.23. Costos de Operación de Plantas Elevadoras. Aguas Servidas Tratadas Sur 750 [l/s].	LX
Tabla D.24. Costos de Operación de Plantas de Tratamiento. Aguas Servidas Tratadas Sur 750 [l/s].	LX
Tabla E.1. Valor Actual de Costos. Desalación Directa Norte 150 [l/s].	LXI
Tabla E.2. Valor Actual de Costos. Desalación Directa Norte 750 [l/s].	LXII
Tabla E.3. Valor Actual de Costos. SWAP Norte 150 [l/s] (Fase de Desalación).	LXIII
Tabla E.4. Valor Actual de Costos. SWAP Norte 150 [l/s] (Fase Extracción y Conducción Pampa).	LXIV
Tabla E.5. Valor Actual de Costos. SWAP Norte 150 [l/s] (Total).	LXV
Tabla E.6. Valor Actual de Costos. SWAP Norte 750 [l/s] (Fase de Desalación).	LXVI
Tabla E.7. Valor Actual de Costos. SWAP Norte 750 [l/s] (Fase Extracción y Conducción Pampa).	LXVII
Tabla E.8. Valor Actual de Costos. SWAP Norte 750 [l/s] (Total).	LXVIII
Tabla E.9. Valor Actual de Costos. Aguas Servidas Tratadas Norte 150 [l/s].	LXIX
Tabla E.10. Valor Actual de Costos. Aguas Servidas Tratadas Norte 750 [l/s].	LXX
Tabla E.11. Valor Actual de Costos. Desalación Directa Sur 150 [l/s].	LXXI
Tabla E.12. Valor Actual de Costos. Desalación Directa Sur 750 [l/s].	LXXII
Tabla E.13. Valor Actual de Costos. SWAP Sur 150 [l/s] (Fase de Desalación).	LXXIII
Tabla E.14. Valor Actual de Costos. SWAP Sur 150 [l/s] (Fase de Extracción y Conducción Pampa).	LXXIV
Tabla E.15. Valor Actual de Costos. SWAP Sur 150 [l/s] (Total).	LXXV
Tabla E.16. Valor Actual de Costos. SWAP Sur 750 [l/s] (Fase de Desalación).	LXXVI
Tabla E.17. Valor Actual de Costos. SWAP Sur 750 [l/s] (Fase de Extracción y Conducción Pampa).	LXXVII
Tabla E.18. Valor Actual de Costos. SWAP Sur 750 [l/s] (Total).	LXXVIII
Tabla E.19. Valor Actual de Costos. Aguas Servidas Tratadas Sur 150 [l/s].	LXXIX
Tabla E.20. Valor Actual de Costos. Aguas Servidas Tratadas Sur 750 [l/s].	LXXX

## Índice de Figuras

<i>Figura 3.1. Caudal medio mensual extraído por cada compañía minera.</i>	11
<i>Figura 3.2. Caudales medios mensuales promedio y máximo extraído por cada compañía minera.</i>	11
<i>Figura 4.1. Faenas Mineras I Región de Tarapacá.</i>	15
<i>Figura 4.2. Sectores de concentración de mineras activas.</i>	16
<i>Figura 4.3. Ubicación de Instalaciones Mineras referenciales.</i>	16
<i>Figura 4.4. Detalle Ubicación Mina Norte.</i>	17
<i>Figura 4.5. Detalle Ubicación Mina Sur.</i>	17
<i>Figura 5.1. Resumen Alternativas de Abastecimiento a Mina Norte.</i>	20
<i>Figura 5.2. Resumen Alternativas de Abastecimiento a Mina Sur.</i>	21
<i>Figura 5.3. Líneas de transmisión del Sistema Interconectado del Norte Grande SING.</i>	23
<i>Figura 5.4. Ubicación Planta Desaladora Norte.</i>	24
<i>Figura 5.5. Detalle Ubicación Planta Desaladora Norte.</i>	24
<i>Figura 5.6. Trazado Desalación Norte.</i>	25
<i>Figura 5.7. Perfil de Elevación Captación Desalación Norte 334 [l/s]. Ubicación e Impulsión de Plantas Elevadoras.</i>	26
<i>Figura 5.8. Ubicación Plantas Elevadoras 150 [l/s]. Desalación Norte.</i>	26
<i>Figura 5.9. Perfil de Elevación Desalación Norte 150 [l/s]. Ubicación e Impulsión de Plantas Elevadoras.</i>	27
<i>Figura 5.10. Perfil de Elevación Captación Desalación Norte 1667 [l/s]. Ubicación e Impulsión de Plantas Elevadoras.</i>	28
<i>Figura 5.11. Ubicación Plantas Elevadoras 750 [l/s]. Desalación Norte.</i>	28
<i>Figura 5.12. Perfil de Elevación Desalación Norte 750 [l/s]. Ubicación e Impulsión de Plantas Elevadoras.</i>	29
<i>Figura 5.13. Ubicación Acuífero y Planta Desaladora para Iquique.</i>	30
<i>Figura 5.14. Detalle Ubicación Acuífero Carmelo.</i>	30
<i>Figura 5.15. Detalle Ubicación Planta Desaladora Iquique.</i>	31
<i>Figura 5.16. Trazado SWAP Carmelo – Mina.</i>	31
<i>Figura 5.17. Trazado SWAP PTOI – Estanque P. Gruesa.</i>	32
<i>Figura 5.18. Trazado SWAP Existente.</i>	32
<i>Figura 5.19. Ubicación Plantas Elevadoras 150 [l/s]. SWAP Norte (Carmelo – Mina).</i>	33
<i>Figura 5.20. Perfil de Elevación SWAP Norte (Carmelo – Mina) 150 [l/s]. Ubicación e Impulsión de Plantas Elevadoras.</i>	34
<i>Figura 5.21. Perfil de Elevación SWAP Norte (Captación Iquique) 334 [l/s]. Ubicación e Impulsión de Plantas Elevadoras.</i>	34
<i>Figura 5.22. Ubicación Planta Elevadora 150 [l/s]. SWAP Norte (PTOI – Estanque P. Gruesa).</i>	35
<i>Figura 5.23. Perfil de Elevación SWAP Norte (PTOI – Estanque P. Gruesa) 150 [l/s]. Ubicación e Impulsión de Planta Elevadora.</i>	35
<i>Figura 5.24. Perfil de Elevación SWAP Norte (Estanque P. Gruesa – Estanque Sur) 150 [l/s].</i>	36
<i>Figura 5.25. Ubicación Plantas Elevadoras 750 [l/s]. SWAP Norte (Carmelo – Mina).</i>	37
<i>Figura 5.26. Perfil de Elevación SWAP Norte (Carmelo – Mina) 750 [l/s]. Ubicación e Impulsión de Plantas Elevadoras.</i>	38
<i>Figura 5.27. Perfil de Elevación SWAP Norte (Captación Iquique) 1667 [l/s]. Ubicación e Impulsión de Plantas Elevadoras.</i>	38
<i>Figura 5.28. Ubicación Planta Elevadora 750 [l/s]. SWAP Norte (PTOI – Estanque P. Gruesa).</i>	39
<i>Figura 5.29. Perfil de Elevación SWAP Norte (PTOI – Estanque P. Gruesa) 750 [l/s]. Ubicación e Impulsión de Planta Elevadora.</i>	39
<i>Figura 5.30. Perfil de Elevación SWAP Norte (Estanque P. Gruesa – Estanque Sur) 750 [l/s].</i>	40
<i>Figura 5.31. Ubicación Planta de Tratamiento de Aguas Servidas Norte.</i>	41
<i>Figura 5.32. Detalle Ubicación Planta de Tratamiento de Aguas Servidas Norte.</i>	41
<i>Figura 5.33. Trazado Aguas Servidas Norte.</i>	41
<i>Figura 5.34. Ubicación Plantas Elevadoras 150 [l/s]. Aguas Servidas Norte.</i>	42

Figura 5.35. Perfil de Elevación Aguas Servidas Norte 150 [l/s]. Ubicación e Impulsión de Plantas Elevadoras.	43
Figura 5.36. Trazado Aguas Servidas Iquique.	43
Figura 5.37. Ubicación Plantas Elevadoras 600 [l/s]. Aguas Servidas Iquique.	44
Figura 5.38. Perfil de Elevación Aguas Servidas Iquique 600 [l/s]. Ubicación e Impulsión de Plantas Elevadoras.	44
Figura 5.39. Ubicación Plantas Elevadoras 750 [l/s]. Aguas Servidas Norte.	45
Figura 5.40. Perfil de Elevación Aguas Servidas Norte 750 [l/s]. Ubicación e Impulsión de Plantas Elevadoras.	45
Figura 5.41. Ubicación Planta Desaladora Sur.	46
Figura 5.42. Detalle Ubicación Planta Desaladora Sur.	47
Figura 5.43. Trazado Desalación Sur.	47
Figura 5.44. Perfil de Elevación Captación Desalación Sur 334 [l/s]. Ubicación e Impulsión de Plantas Elevadoras.	48
Figura 5.45. Ubicación Plantas Elevadoras 150 [l/s]. Desalación Sur (Tramo 1).	48
Figura 5.46. Ubicación Plantas Elevadoras 150 [l/s]. Desalación Sur (Tramo 2).	49
Figura 5.47. Perfil de Elevación Desalación Sur 150 [l/s]. Ubicación e Impulsión de Plantas Elevadoras.	50
Figura 5.48. Perfil de Elevación Captación Desalación Sur 1667 [l/s]. Ubicación e Impulsión de Plantas Elevadoras.	50
Figura 5.49. Ubicación Plantas Elevadoras 750 [l/s]. Desalación Sur (Tramo 1).	51
Figura 5.50. Ubicación Plantas Elevadoras 750 [l/s]. Desalación Sur (Tramo 2).	51
Figura 5.51. Perfil de Elevación Desalación Sur 750 [l/s]. Ubicación e Impulsión de Plantas Elevadoras.	52
Figura 5.52. Ubicación Acuífero y Planta Desaladora para Iquique.	53
Figura 5.53. Detalle Ubicación Acuífero Canchones.	53
Figura 5.54. Detalle Ubicación Planta Desaladora Iquique.	54
Figura 5.55. Trazado SWAP Canchones – Mina.	54
Figura 5.56. Trazado SWAP PTOI – Estanque P. Gruesa.	55
Figura 5.57. Trazado SWAP Existente.	55
Figura 5.58. Ubicación Plantas Elevadoras 150 [l/s]. SWAP Sur (Carmelo – Mina Tramo 1).	56
Figura 5.59. Ubicación Plantas Elevadoras 150 [l/s]. SWAP Sur (Carmelo – Mina Tramo 2).	56
Figura 5.60. Perfil de Elevación SWAP Sur (Canchones – Mina) 150 [l/s]. Ubicación e Impulsión de Plantas Elevadoras.	57
Figura 5.61. Perfil de Elevación SWAP Sur (Captación Iquique) 334 [l/s]. Ubicación e Impulsión de Plantas Elevadoras.	58
Figura 5.62. Ubicación Planta Elevadora 150 [l/s]. SWAP Sur (PTOI – Estanque P. Gruesa).	58
Figura 5.63. Perfil de Elevación SWAP Sur (PTOI – Estanque P. Gruesa) 150 [l/s]. Ubicación e Impulsión de Planta Elevadora.	59
Figura 5.64. Perfil de Elevación SWAP Sur (Estanque P. Gruesa – Estanque Sur) 150 [l/s].	59
Figura 5.65. Ubicación Plantas Elevadoras 750 [l/s]. SWAP Sur (Canchones – Mina Tramo 1).	60
Figura 5.66. Ubicación Plantas Elevadoras 750 [l/s]. SWAP Sur (Canchones – Mina Tramo 2).	60
Figura 5.67. Perfil de Elevación SWAP Sur (Canchones – Mina) 750 [l/s]. Ubicación e Impulsión de Plantas Elevadoras.	61
Figura 5.68. Perfil de Elevación SWAP Sur (Captación Iquique) 1667 [l/s]. Ubicación e Impulsión de Plantas Elevadoras.	62
Figura 5.69. Ubicación Planta Elevadora 750 [l/s]. SWAP Sur (PTOI – Estanque P. Gruesa).	62
Figura 5.70. Perfil de Elevación SWAP Sur (PTOI – Estanque P. Gruesa) 750 [l/s]. Ubicación e Impulsión de Planta Elevadora.	63
Figura 5.71. Perfil de Elevación SWAP Sur (Estanque P. Gruesa – Estanque Sur) 750 [l/s].	63
Figura 5.72. Ubicación Planta de Tratamiento de Aguas Servidas Sur.	64
Figura 5.73. Detalle Ubicación Planta de Tratamiento de Aguas Servidas Sur.	65
Figura 5.74. Trazado Aguas Servidas Sur.	65
Figura 5.75. Ubicación Plantas Elevadoras 150 [l/s]. Aguas Servidas Sur (Tramo 1).	66
Figura 5.76. Ubicación Plantas Elevadoras 150 [l/s]. Aguas Servidas Sur (Tramo 2).	66

<i>Figura 5.77. Perfil de Elevación Aguas Servidas Sur 150 [l/s]. Ubicación e Impulsión de Plantas Elevadoras.</i>	67
<i>Figura 5.78. Trazado Aguas Servidas Iquique.</i>	68
<i>Figura 5.79. Ubicación Plantas Elevadoras 600 [l/s]. Aguas Servidas Iquique.</i>	68
<i>Figura 5.80. Perfil de Elevación Aguas Servidas Iquique 600 [l/s]. Ubicación e Impulsión de Plantas Elevadoras.</i>	69
<i>Figura 5.81. Ubicación Plantas Elevadoras 750 [l/s]. Aguas Servidas Sur (Tramo 1).</i>	69
<i>Figura 5.82. Ubicación Plantas Elevadoras 750 [l/s]. Aguas Servidas Sur (Tramo 2).</i>	70
<i>Figura 5.83. Perfil de Elevación Aguas Servidas Sur 750 [l/s]. Ubicación e Impulsión de Plantas Elevadoras.</i>	71
<i>Figura 6.1. Inversión inicial y Operación anual para la evaluación de la Mina Norte.</i>	85
<i>Figura 6.2. Inversión inicial y Operación anual para la evaluación de la Mina Sur.</i>	89
<i>Figura 6.3. VAC por alternativa. Mina Norte 150 [l/s].</i>	90
<i>Figura 6.4. VAC por alternativa. Mina Norte 750 [l/s].</i>	91
<i>Figura 6.5. VAC por alternativa. Mina Sur 150 [l/s].</i>	92
<i>Figura 6.6. VAC por alternativa. Mina Sur 750 [l/s].</i>	93
<i>Figura 6.7. CAPEX por alternativa. Resumen.</i>	94
<i>Figura 6.8. OPEX por alternativa. Resumen.</i>	95
<i>Figura 6.9. VAC por alternativa. Resumen.</i>	96
<i>Figura 6.10. Esquema de alternativas de suministro a Mina Norte. CAPEX, OPEX y VAC.</i>	96
<i>Figura 6.11. Esquema de alternativas de suministro a Mina Sur. CAPEX, OPEX y VAC.</i>	97
<i>Figura 6.12. Costos Unitarios de Producción por alternativa. Mina Norte 150 [l/s].</i>	98
<i>Figura 6.13. Costos Unitarios de Producción por alternativa. Mina Norte 750 [l/s].</i>	99
<i>Figura 6.14. Costos Unitarios de Producción por alternativa. Mina Sur 150 [l/s].</i>	100
<i>Figura 6.15. Costos Unitarios de Producción por alternativa. Mina Sur 750 [l/s].</i>	101
<i>Figura 6.16. Costos Unitarios de Tratamiento por alternativa. Resumen.</i>	102
<i>Figura 6.17. . Costos Unitarios de Transporte por alternativa. Resumen.</i>	103
<i>Figura 6.18. Costos Unitarios de Producción por alternativa. Resumen.</i>	104
<i>Figura 6.19. Esquema de alternativas de suministro a Mina Norte. Tratamiento, Transporte y VAC.</i>	104
<i>Figura 6.20. Esquema de alternativas de suministro a Mina Sur. Tratamiento, Transporte y VAC.</i>	105
<i>Figura 7.1. VAC correspondiente a cada alternativa evaluada en los distintos escenarios de abastecimiento.</i>	106
<i>Figura 7.2. CUP correspondiente a cada alternativa evaluada en los distintos escenarios de abastecimiento.</i>	107
<i>Figura 7.3. CAPEX y OPEX de cada alternativa evaluada en los distintos escenarios de abastecimiento.</i>	108
<i>Figura 7.4. Costos de Tratamiento y Transporte de cada alternativa evaluada en los distintos escenarios.</i>	109
<i>Figura 7.5. Variación de los Costos Unitarios de Producción de cada alternativa con Suministro de 150 [l/s], debido a un 30% en la variación del Costo de la Energía.</i>	111
<i>Figura 7.6. Variación de los Costos Unitarios de Producción de cada alternativa con Suministro de 750 [l/s], debido a un 30% en la variación del Costo de la Energía.</i>	111
<i>Figura 7.7. Variación de los Costos Unitarios de Producción de cada alternativa con Suministro de 150 [l/s], debido a un 30% en la variación de la Tasa de Descuento.</i>	112
<i>Figura 7.8. Variación de los Costos Unitarios de Producción de cada alternativa con Suministro de 750 [l/s], debido a un 30% en la variación de la Tasa de Descuento.</i>	113
<i>Figura 7.9. Variación de los Costos Unitarios de Producción de cada alternativa con Suministro de 150 [l/s], debido a un 30% en la variación del Horizonte de Operación.</i>	114
<i>Figura 7.10. Variación de los Costos Unitarios de Producción de cada alternativa con Suministro de 750 [l/s], debido a un 30% en la variación del Horizonte de Operación.</i>	114
<i>Figura 7.11. Variación porcentual de Costos Unitarios de Producción de cada alternativa con Suministro de 150 [l/s], producto de un 30% en la variación de los distintos parámetros.</i>	115

<i>Figura 7.12. Variación porcentual de Costos Unitarios de Producción de cada alternativa con Suministro de 750 [l/s], producto de un 30% en la variación de los distintos parámetros.</i>	115
<i>Figura 7.13. Ahorro obtenido al distribuir la inversión en el tiempo, según la magnitud del caudal suministrado inicialmente.</i>	120
<i>Figura 7.14. Distancias lineales entre las instalaciones mineras y sus fuentes de abastecimiento.</i>	122
<i>Figura 7.15. Estimación de VAC por alternativa en función del distanciamiento entre la mina y la fuente de abastecimiento, para un suministro de 150 [l/s].</i>	122
<i>Figura 7.16. Estimación de VAC por alternativa en función del distanciamiento entre la mina y la fuente de abastecimiento, para un suministro de 750 [l/s].</i>	123
<i>Figura 7.17. Diferencias de altura geométrica entre las instalaciones mineras y sus fuentes de abastecimiento.</i>	125
<i>Figura 7.18. Estimación de VAC por alternativa en función de la diferencia de altura entre la mina y la fuente de abastecimiento, para un suministro de 150 [l/s].</i>	125
<i>Figura 7.19. Estimación de VAC por alternativa en función de la diferencia de altura entre la mina y la fuente de abastecimiento, para un suministro de 750 [l/s].</i>	126
<i>Figura 7.20. Cota geométrica del terreno en función de la latitud geográfica.</i>	128
<i>Figura 7.21. Costos estimados Desalación para un suministro de 150 [l/s].</i>	131
<i>Figura 7.22. Costos estimados Desalación para un suministro de 750 [l/s].</i>	131
<i>Figura 7.23. Costos estimados SWAP, fuente de abastecimiento en Carmelo, para un suministro de 150 [l/s].</i>	132
<i>Figura 7.24. Costos estimados SWAP, fuente de abastecimiento en Carmelo, para un suministro de 750 [l/s].</i>	132
<i>Figura 7.25. Costos estimados SWAP, fuente de abastecimiento en Canchones, para un suministro de 150 [l/s].</i>	133
<i>Figura 7.26. Costos estimados SWAP, fuente de abastecimiento en Canchones, para un suministro de 750 [l/s].</i>	133
<i>Figura 7.27. Costos estimados Aguas Servidas Tratadas para un suministro de 150 [l/s].</i>	134
<i>Figura 7.28. Costos estimados Aguas Servidas Tratadas para un suministro de 750 [l/s].</i>	134
<i>Figura 7.29. Costos mínimos para la implementación de alguna alternativa de abastecimiento de 150 [l/s].</i>	135
<i>Figura 7.30. Costos mínimos para la implementación de alguna alternativa de abastecimiento de 750 [l/s].</i>	136
<i>Figura 7.31. Zonas de conveniencia por alternativa para un suministro de 150 [l/s].</i>	137
<i>Figura 7.32. Zonas de conveniencia por alternativa para un suministro de 750 [l/s].</i>	138
<i>Figura 7.33. Superposición de zonas de conveniencia para suministros de 150 [l/s] y 750 [l/s].</i>	139
<i>Figura 7.34. Costos mínimos para la implementación de alguna alternativa de abastecimiento de 450 [l/s].</i>	142
<i>Figura 9.1. CUP correspondiente a cada alternativa evaluada en los distintos escenarios de abastecimiento.</i>	152
<i>Figura 9.2. Superposición de zonas de conveniencia para suministros de 150 [l/s] y 750 [l/s].</i>	155



## 1 Introducción

Si bien la participación de la minería del cobre en la constitución del producto interno bruto del país se ha visto disminuida durante los últimos años, representando el 7,2% del PIB al primer trimestre del 2017 (Banco Central de Chile, 2017), históricamente esta actividad se ha instaurado como uno de los pilares fundamentales de la economía nacional, permitiendo a Chile consolidarse como el principal productor de cobre a nivel mundial.

Lo anterior repercute directamente en la intención de los productores de ampliar constantemente sus operaciones, lo que tiene directa relación con las metas de crecimiento económico planteadas por el país. Sin embargo, los procesos de extracción y refinación del cobre requieren de un constante abastecimiento de agua para su ejecución, ya sea en el área de la mina, cuyo uso principal es el riego de caminos para evitar el polvo en suspensión o labores que radican en los sistemas de bombeo y extracción; en el área de la planta, la cual representa el mayor consumo de agua con respecto a los volúmenes totales, participando en los procesos de concentración de minerales sulfurados, incluyendo las etapas de conminución y concentración del material, además del proceso de lixiviación; en el área de relaves, en un proceso constante de recuperación del agua que permite su recirculación hacia las áreas productivas; y en el área de campamentos y servicios, destacándose su uso para cocción de alimentos, baños, consumo humano y lavado, aunque siendo estos porcentajes menores dentro del total (Comisión Chilena del Cobre, 2017).

Sin embargo, la mayoría de los yacimientos de mineral se ubican en la zona norte del país, en las regiones más áridas de Chile, donde se estima una escorrentía media total disponible, que considera el volumen de agua que fluye por los cauces superficiales y subterráneos ubicados desde la Región Metropolitana hacia el norte, igual a 577 [m<sup>3</sup>/persona/año] (Banco Mundial, 2011), lo cual se encuentra muy por debajo de la media mundial correspondiente a 6.000 [m<sup>3</sup>/persona/año], por debajo también de los 2.000 [m<sup>3</sup>/persona/año] considerado internacionalmente como el umbral para un desarrollo sostenible (Banco Mundial, 2011) y menor incluso que el umbral de penuria definido en los 1.000 [m<sup>3</sup>/persona/año] (Ministerio del Interior y Seguridad Pública, 2015).

Este déficit hídrico, sumado a los efectos del cambio climático, ha afectado de forma sustancial a la industria minera, obligando a las compañías a tomar medidas para el resguardo del recurso.

Una respuesta ante la escasez de agua ha sido concentrar los esfuerzos en mejorar la eficiencia en su consumo. Como resultado se ha observado que, para los procesos de concentración del mineral, ha existido una disminución sostenida durante los últimos años en el consumo unitario, el cual se redujo desde los 0,52 [m<sup>3</sup>/T] utilizados en 2015, hasta los 0,50 [m<sup>3</sup>/T] utilizados durante el 2016 (una disminución del 3,8%); por otra parte, con respecto a los procesos de hidrometalurgia, si bien existió un alza en el

consumo unitario del último período<sup>1</sup>, aumentando desde los 0,08 [m<sup>3</sup>/T] consumidos en promedio durante el 2015, hasta un consumo de 0,10 [m<sup>3</sup>/T] en 2016 (un aumento del 25%), durante los años previos también se venía observando una disminución paulatina, aunque menos evidente que la lograda en los procesos de concentración de mineral. La suma de estos esfuerzos concentrados en mejorar la eficiencia en el consumo del agua han provocado que, sin perjuicio de que la cantidad de mineral procesado haya aumentado en un 4,9% en el período 2015-2016, las extracciones de agua de fuentes continentales por parte de la gran minería sólo hayan aumentado un 4,2% durante el mismo período (Comisión Chilena del Cobre, 2017).

Aunque la optimización del consumo de agua es necesaria y apunta hacia el desarrollo de una minería más sustentable, este aumento en la eficiencia no es capaz de generar el ahorro suficiente como para considerar ampliaciones importantes en la operación de las mineras. Es por esto que ha sido necesaria la incorporación de nuevas fuentes de abastecimiento de agua, alternativas a los cursos naturales continentales cuya explotación se encuentra restringida y en evaluación, resultando el agua de mar la más utilizada en la actualidad. Así, este elemento representa el 15,2% del total de agua extraída para la minería nacional del cobre durante el 2016 (cuyas extracciones aumentaron en un 7,5% con respecto a las del 2015) (Comisión Chilena del Cobre, 2017). Sin embargo, en regiones como la de Tarapacá o la de Antofagasta, existe una fuente de agua adicional, disponible para ser utilizada, que no ha sido suficientemente explorada, correspondiente a las aguas servidas domiciliarias generadas por la población costera, específicamente aquella que actualmente es descargada al mar.

## **1.1 Objetivos del Trabajo**

### **1.1.1 Objetivos Generales**

Evaluar la factibilidad del uso de aguas servidas domiciliarias tratadas en procesos de extracción y refinación del cobre<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Causado principalmente por el aumento en la cantidad de mineral tratado en las plantas de menor tamaño, producto de la baja generalizada de las leyes de mineral, mientras que los consumos de agua aumentaron en mayor medida; además de casos donde el mineral tratado disminuyó, pero el consumo de agua se mantuvo constante. Otro factor corresponde a la actualización, durante aquel período, de datos históricos de una faena de mayor envergadura, que a pesar de presentar una disminución en el mineral tratado producto de un aumento de ley particular, el consumo de agua destinada para su tratamiento sufrió un aumento considerable (Comisión Chilena del Cobre, 2017).

<sup>2</sup> La evaluación de factibilidad también podría enfocarse en el uso de aguas servidas tratadas en procesos mineros de extracción y refinación de otros minerales, sin embargo, debido a la poca información existente respecto de las condiciones de operación de esta minería, se ha optado por analizar de manera exclusiva en este estudio, su uso en la minería del cobre.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

Determinar la viabilidad técnica, económica, social y ambiental de la reutilización de las aguas servidas de Alto Hospicio e Iquique en la minería del cobre de la I Región de Tarapacá.

### **1.1.3 Propuesta de Metodología de Trabajo**

Se propone el desarrollo de un análisis económico que compare tres alternativas de abastecimiento de agua, entre ellas el suministro de las aguas servidas tratadas de Alto Hospicio e Iquique, para satisfacer las necesidades de las empresas cupríferas de la I Región de Tarapacá, bajo distintas condiciones de operación. Además se examina la factibilidad técnica, social y medioambiental de implementar esta solución.

## 2 Antecedentes

### 2.1 Normativa Vigente

El Código Civil nacional establece en su artículo 595 que *“todas las aguas son bienes nacionales de uso público”* (Ministerio de Justicia, 2000), y por lo tanto, su dominio pertenece a todos los habitantes de la nación. Debido a esto, y dependiendo de la naturaleza de estas aguas, existen ciertas condiciones y limitaciones para su explotación.

#### 2.1.1 Extracción y Utilización de Aguas Marítimas

Toda la costa y mar territorial del país, además de los ríos y lagos que son navegables por buques de más de 100 toneladas, son controlados, fiscalizados y supervigilados por el Departamento de Asuntos Marítimos (antigua Subsecretaría de Marina) perteneciente a la Subsecretaría para las Fuerzas Armadas, la cual ejerce como un órgano de colaboración del Ministerio de Defensa Nacional (Ministerio de Hacienda, 1960). Este organismo, junto con la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR), son los encargados de *“conceder el uso particular, en cualquier forma, de los terrenos de playa, de las playas, rocas, porciones de agua, fondo de mar, dentro y fuera de las bahías”* (Ministerio de Defensa Nacional, 2005) mediante el otorgamiento de una Concesión Marítima que no superará los 50 años de duración.

De esta manera, la extracción de agua de mar tiene como requisito la posesión de una Concesión Marítima, cuya obtención es tramitada en la Capitanía de Puerto con jurisdicción en el sector donde se plantea la implementación del proyecto, debiendo, para esto, presentarse el formulario correspondiente, un mapa de ubicación y ciertos antecedentes indicados en el Reglamento sobre Concesiones Marítimas.

#### 2.1.2 Extracción y Utilización de Aguas Continentales

El órgano central de la Administración del Estado que ejerce el control sobre la gestión del uso de las aguas continentales, ya sean superficiales o subterráneas, es la Dirección General de Aguas (DGA), correspondiente a una de las unidades del Ministerio de Obras Públicas (MOP). Esta institución, además de otras obligaciones, es la encargada de conocer, medir, monitorear e investigar los recursos hídricos del país, con el objetivo de planificar su uso y formular recomendaciones para su aprovechamiento. En este ámbito, la institución es la encargada de constituir y regularizar los Derechos de Aprovechamiento de Aguas (DAA) mediante la autorización de extracciones legítimas, así como también de la fijación de limitaciones y modificaciones a la extracción del recurso (Banco Mundial, 2011).

En relación con las limitaciones de extracción de agua, la DGA ha definido las denominadas *“Áreas de Protección”*, constituidas por sectores con presencia de aguas

subterráneas que alimentan las vegas y bofedales de las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta, zonas de importancia para la flora y fauna, o bien para el consumo humano o animal de localidades indígenas. Esto significa que, en dichas áreas, las exploraciones o constituciones de derechos de aguas subterráneas no son autorizadas a menos que cuenten previamente con una evaluación ambiental favorable. De esta manera, en las regiones de Arica y Parinacota, y Tarapacá se ha restringido la extracción del agua correspondiente a 139 humedales, con una superficie aproximada de 335 [km<sup>2</sup>], equivalentes al 0,5% del total de la superficie regional (Dirección General de Aguas).

### **2.1.3 Tratamiento y Utilización de Aguas Servidas**

La Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) es el ente normativo y fiscalizador encargado de velar por la correcta administración de los recursos sanitarios.

Por disposición de la autoridad, la prestación de servicios públicos sanitarios, incluyendo la recolección, tratamiento y disposición de aguas servidas, sólo puede ser realizada por una empresa sanitaria al existir una Concesión Sanitaria, la cual *“faculta a un prestador para explotar los servicios con exclusividad dentro de un área determinada, obligándolo, al mismo tiempo, a atender a todo usuario que solicite el servicio dentro de este territorio”* (Superintendencia de Servicios Sanitarios, s.f.) durante un período de tiempo indefinido, aunque sujeto a fiscalización en cuanto al cumplimiento de restricciones y obligaciones, quedando expuesto a sanciones que pueden llegar incluso a la caducidad de la concesión.

Resulta así que las empresas sanitarias tienen la obligación de tratar las aguas servidas y disponer de ellas según se establezca en el Decreto de Concesión.

#### ***A. Venta de Aguas Servidas Tratadas***

Dada la inexistencia de una normativa que establezca, de manera explícita, las condiciones sobre las cuales las empresas sanitarias tienen la facultad, o no, de vender a terceros las aguas servidas que tratan, se ha desarrollado, durante los últimos años, un debate constante entre agricultores regantes y empresas sanitarias. Con la intención de exhibir las distintas posturas que han adoptado algunos organismos y agrupaciones nacionales frente al tema, a continuación se presenta una síntesis de la información de prensa recabada al respecto.

A principios de 2011, impulsados por casos como la incipiente comercialización de una parte de las aguas servidas tratadas de Copiapó, las cuales dejarían de depositarse en un canal utilizado para el riego agrícola y serían trasladadas directamente a una explotación minera en Tierra Amarilla, la Junta de Vigilancia del Río Mapocho, en conjunto con la Confederación de Canalistas de Chile, demandan a la SISS ante la Corte Suprema de Justicia, exigiendo una aclaración de lo que, según ellos, corresponde a una interpretación errónea de la Ley General de Servicios Sanitarios. Esta interpretación permitiría liberar a las empresas sanitarias de la obligación de descargar las aguas

tratadas a los cauces naturales, afectando de manera directa la disponibilidad de agua para la agricultura (Pro Pyme Chile, 2011).

Esta demanda es respaldada por el Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) y una cantidad importante de diputados, quienes plantean que, al ser el agua un bien nacional de uso público, las empresas sanitarias no pueden ser propietarias del agua tratada y, por lo tanto, al venderlas estarían cayendo en la ilegalidad (Federación Minera de Chile, 2011). Además mencionan que el tratamiento de las aguas servidas ya es pagado por los clientes a los que se les presta el servicio, y en consecuencia, las sanitarias estarían generando un doble beneficio en caso de venderlas (Emol, 2011).

Ante las denuncias, la Asociación Nacional de Empresas de Servicios Sanitarios (ANDESS) indica que la industria sanitaria utiliza solamente el 6% del agua cruda disponible en el país y que, por lo tanto, difícilmente podría poner en riesgo al sector agrícola, cuyos derechos de agua abarcan cerca del 80% del total disponible. Además plantea que, por expreso mandato legal, las empresas sanitarias deben poseer los derechos consuntivos de las aguas que potabilizan y distribuyen, las cuales son las mismas que recolectan y tratan, y por lo tanto, tendrían la facultad de consumirlas totalmente en cualquier actividad, sin la obligación de restituirlas a la naturaleza (La Segunda, 2011). En relación con el doble beneficio económico que acusan parlamentarios, la ANDESS explica que el modelo tarifario establecido en la Ley de Tarifas de los Servicios Sanitarios, el cual regula a estas empresas, transfiere a los clientes beneficios provenientes de la venta de aguas servidas tratadas, existiendo de esta manera una rebaja en el total de sus cuentas (La Tercera, 2011).

El presidente del Comité de Aguas de la Sociedad Nacional de Agricultura (SNA) contraargumenta los dichos de la ANDESS apuntando que, si bien las empresas sanitarias poseen los derechos consuntivos del agua que distribuyen, éstos son cedidos a sus clientes en el momento en que se concretiza la venta del agua potable. También menciona que, después de consumirla, el cliente desecha el agua sobrante a las redes de alcantarillado en condición de agua servida, la cual, por obligación contractual, debe ser tratada por la empresa sanitaria y restituida a su dueño, el Estado, en un lugar físico establecido en el Decreto de Concesión respectivo. Al no poseer la facultad de hacer uso de derechos de aprovechamiento pertenecientes al Estado, las sanitarias, con el fin de vender estas aguas a terceros, han solicitado y obtenido autorización por parte de la SISS, quien ha errado en la interpretación de la ley, atribuyéndose facultades privativas de la DGA (La Tercera, 2011), como es la otorgación de derechos de agua.

A mediados de 2011, la Corte Suprema entrega un fallo de forma, sin abordar el fondo de la materia, declarando que la Superintendencia tiene la facultad para liberar a las empresas sanitarias de la obligación de descargar las aguas tratadas a los cauces naturales (La Tercera, 2011). Sin embargo, la SISS responde que “... *no tiene competencia (ella misma) para pronunciarse sobre si las empresas sanitarias se hacen dueñas o tienen el dominio de las aguas servidas que depuran dado que la norma que interpreta no es constitutiva de derechos...*” además de que “*Las concesionarias de disposición de aguas servidas deben descargar dichas aguas en el cauce normal o artificial, cuando corresponda, en los términos indicados en el decreto de su*

*concesión*”, excluyendo de la discusión aquellas descargas que puedan hacerse en otros cuerpos receptores permitidos en la ley sectorial, como emisarios que descargan al mar (Superintendencia de Servicios Sanitarios, 2011). Dado este pronunciamiento, y debido a que éste podría dar cabida a diversas interpretaciones, en una primera instancia la SNA (agricultores) se acoge a que la SISS concibe que las aguas pertenecen al Estado, y por lo tanto las empresas no tienen el derecho de comercializarlas, mientras que en la ANDESS (empresas sanitarias) entienden que la SISS no tiene competencia en materia de determinar la propiedad de las aguas debido a que éstas pertenecen derechamente a las sanitarias (Economía y Negocios, 2011).

Producto de la ausencia de publicaciones posteriores a la respuesta de la Superintendencia con respecto al fallo de la Corte Suprema, el día 18 de enero de 2016, el autor de este informe concreta una reunión en las oficinas centrales de la SISS, con el objetivo de aclarar la actual postura de la institución respecto del tema.

De aquella instancia consultiva se concluye que, tanto el tratamiento de las aguas, como su posterior descarga en el punto establecido en el Decreto de Concesión, deben realizarse bajo toda circunstancia. Sin embargo, el sitio definido para la descarga de las aguas tratadas puede ser modificado a petición de las sanitarias, y no tiene la obligación de corresponder a un cauce natural, pudiendo establecerse, previa aprobación, un cauce artificial y/o privado para su recepción. De esta manera, la posibilidad de descargar las aguas servidas tratadas a un cauce distinto a uno natural es analizada caso a caso por la Superintendencia, no habiendo mayores contraindicaciones para esto en caso de no existir un uso del agua posterior a su descarga, como ocurre, por ejemplo, en emisarios submarinos y ciudades costeras. Por otra parte, como establece la Ley de Tarifas de los Servicios Sanitarios, en caso de existir una retribución económica a las sanitarias producto de la venta de aguas servidas tratadas, este aporte de terceros debe ser considerado para el cálculo tarifario, provocando una disminución en el valor cobrado a los consumidores domésticos.

Cabe mencionar que, posterior a las aclaraciones descritas, con fecha 21 de diciembre de 2016, es aprobada por la Cámara de Diputados una moción que pretende modificar la legislación aplicable a los servicios públicos sanitarios, en materia de servicios no regulados y de fijación tarifaria, entre otros, que establece que en caso de que las aguas servidas o tratadas no fueren abandonadas y fueren objeto de cualquier acto o contrato a título oneroso, se entenderá que el mismo corresponde a un servicio no regulado, y por lo tanto, entraría formalmente en tal categoría, aunque con ciertas diferencias respecto del cálculo del descuento tarifario aplicable a la población (Cámara de Diputados, 2016).

De esta forma, a modo de resumen, se establece que, en la actualidad, la SISS ha tomado como definición realizar una evaluación caso a caso sobre la posibilidad de que las sanitarias ofrezcan a terceros las aguas servidas luego de tratarlas. Sin embargo, en casos donde existen descargas al mar, dado que no se observa un uso competitivo de las aguas desechadas, no debiesen haber dificultades en su reutilización para otros fines.

#### **2.1.4 Normativa Ambiental**

Independientemente de lo recién expuesto, todos los nuevos proyectos sometidos a Estudios de Impacto Ambiental (EIA), y que logren ser aprobados por el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), deben cumplir con las condiciones estipuladas en la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) emitida por la Comisión de Evaluación de la región. Este documento, que especifica las condiciones ambientales con las que el proyecto se debe desarrollar a lo largo de su proceso constructivo, de operación y de cierre, tiene la facultad de limitar la extracción de agua por motivos de conservación o escasez, sin perjuicio de que la empresa en cuestión tenga posesión de la respectiva concesión o sea propietaria de una mayor cantidad de derechos de aprovechamiento. Con respecto a proyectos antiguos, que posean fuentes o captaciones instauradas antes de la publicación de la ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente, no debiesen verse afectados por restricciones particulares para la extracción, salvo que la DGA aplique alguna condición de restricción que afecte de manera proporcional a todos los poseedores de derechos de agua de un acuífero específico. Por lo tanto, la exclusiva posesión de cierta cantidad de derechos de agua no es garante de su real capacidad de extracción.

## **2.2 Experiencia en Casos Similares**

### **2.2.1 Nacional**

Históricamente han sido los agricultores nacionales los principales beneficiarios de la recarga de los cursos superficiales por la descarga de las aguas servidas tratadas en ríos o lagos, cuya disposición ha permitido mantener o incluso aumentar el nivel de los cauces que abastecen a los regantes.

Sin embargo, y sin perjuicio de lo anterior, se tiene conocimiento de la existencia de al menos un caso en el que una empresa sanitaria nacional vende parte de las aguas servidas que sanea (Superintendencia de Servicios Sanitarios, 2014) a una compañía minera. Se trata de la concesionaria operativa en la III Región de Atacama, Aguas Chañar, cuya PTAS ubicada en Tierra Amarilla trasfiere una porción de las aguas, ya tratadas, a la sociedad minera Pucobre, quien las extrae y transporta a sus faenas, para ser utilizadas en los procesos productivos de una de sus plantas concentradoras de cobre ubicada en la misma localidad.

### **2.2.2 Internacional**

El reciclaje de las aguas servidas o aguas utilizadas ha tomado gran importancia en el ámbito internacional, especialmente en zonas con fuentes de abastecimiento limitadas. Es así como Israel, un país semiárido, comenzó a potenciar la reutilización del agua en 1959 y actualmente recicla más del 85% de los efluentes, destinándolos al uso agrícola. Destacable también es el caso de Singapur, que, en un intento por evitar que el agua utilizada sea descargada al mar, ha logrado que más del 30% de la demanda total de la

isla sea abastecida mediante aguas residuales tratadas en sus plantas de NEWater (Revista Agua, 2016), las cuales, luego de ser saneadas en un proceso que incluye microfiltración, osmosis inversa y desinfección mediante luz ultravioleta, son destinadas principalmente al uso industrial, aunque, al ser mezcladas con agua cruda, también son destinadas al consumo humano durante períodos de sequía (Agencia Nacional de Agua de Singapur. PUB, s.f.).

Con respecto al ámbito minero, y como caso similar al propuesto en este informe, se presenta la compañía sudafricana DRDGold, dedicada a la extracción de oro, la cual ha reemplazado recientemente parte de su provisión de aguas claras por agua proveniente de una planta de tratamiento de aguas servidas ubicada en Johannesburgo, reduciendo simultáneamente los costos y la dependencia de agua potable (Now How Africa, 2016).

## 3 Caracterización de la Demanda

### 3.1 Cantidad de Agua Requerida

La cantidad de agua fresca necesaria para la ejecución de los distintos procesos de extracción y producción de mineral depende de diversos factores tales como el tipo específico de proceso en consideración, su magnitud y su nivel de eficiencia. Así, cada una de las faenas mineras ubicadas en la Región de Tarapacá consume diferentes caudales para el desarrollo de sus operaciones, considerando en todos los casos fuentes de agua subterránea.

La DGA, que tiene la capacidad de exigir la instalación de sistemas de medición en las obras de extracción de aguas subterráneas, y requerir la información que se obtenga de éstos a los titulares de los derechos de aprovechamiento (Ministerio de Justicia, 1981), posee la información referente a la extracción de aguas subterráneas efectuada en los últimos años por las siguientes empresas mineras:

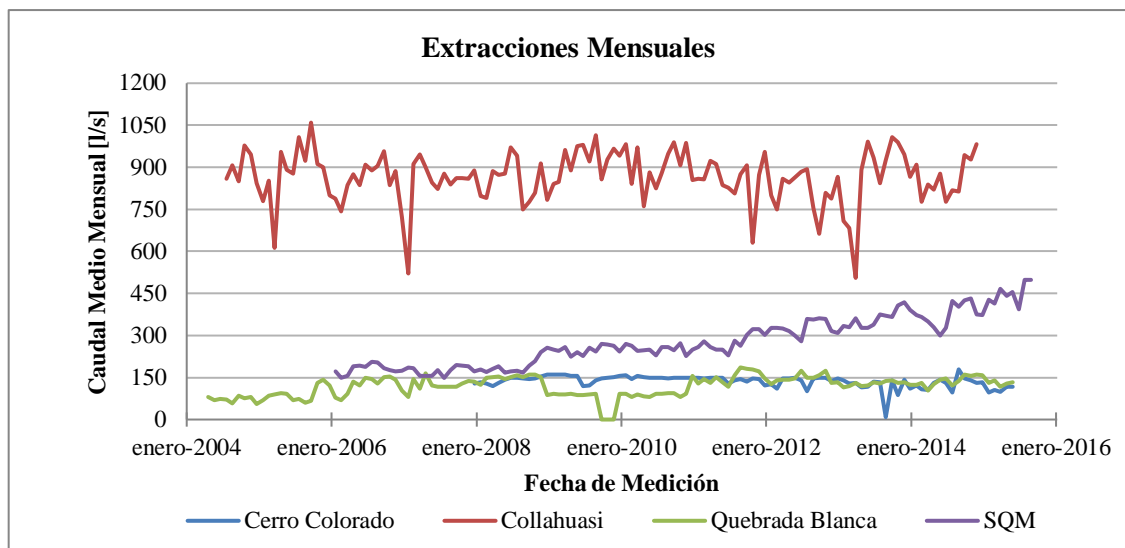
- Compañía Minera Cerro Colorado S. A. (cobre).
- Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi S. C. M. (cobre).
- Compañía Minera Quebrada Blanca S. A. (cobre).
- Sociedad Química y Minera de Chile S. A. (yodo y nitratos)<sup>3</sup>.

La información proporcionada por la DGA corresponde a los volúmenes acumulados mensuales producidos por los pozos operativos, lo que permite conocer los caudales medios mensuales extraídos por cada una de las mineras mencionadas. Específicamente, se poseen datos relativos a 3 pozos pertenecientes a Cerro Colorado, 42 pozos pertenecientes a Collahuasi, 4 pozos de Quebrada Blanca y 22 pozos de SQM, los cuales presentan registros en distintos períodos de tiempo comprendidos entre mayo del 2004 y septiembre del 2015 (Dirección General de Aguas, 2015).

Los caudales medios mensuales extraídos por la totalidad de los pozos pertenecientes a cada una de las compañías mencionadas se presentan en la figura 3.1.

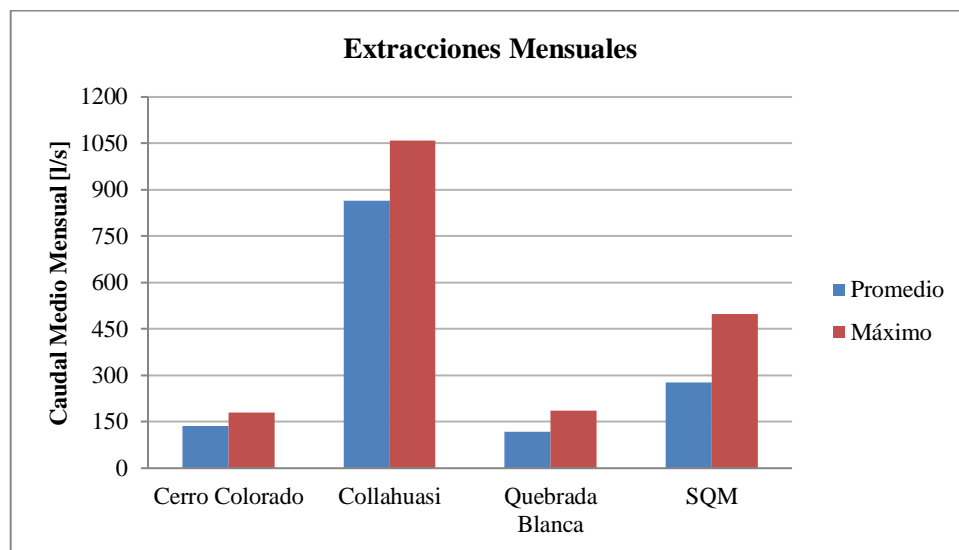
---

<sup>3</sup> Si bien la Sociedad Química y Minera de Chile no corresponde a una empresa que se dedique a la extracción ni refinería del cobre en la Región de Tarapacá, se opta por incluir, de todas formas, su demanda de agua fresca en el análisis. Esto debido a la escasa cantidad de compañías cuyas extracciones son informadas periódicamente a la DGA.



**Figura 3.1. Caudal medio mensual extraído por cada compañía minera.**  
**Fuente: (Dirección General de Aguas, 2015), Elaboración Propia.**

En general se observa un comportamiento relativamente estable en las tres mineras dedicadas a la producción de cobre, aunque la variabilidad en la extracción de Collahuasi resulta algo más elevada que el resto. Por otra parte, la extracción de SQM, dedicada a la producción de yodo y nitratos, exhibe un importante crecimiento sostenido en el tiempo. Un resumen de las extracciones se presenta en la figura 3.2.



**Figura 3.2. Caudales medios mensuales promedio y máximo extraído por cada compañía minera.**  
**Fuente: (Dirección General de Aguas, 2015), Elaboración Propia.**

Las extracciones medias de Cerro Colorado y Quebrada Blanca resultan bastante similares entre sí, rondando los 127 [l/s] (136 y 118 [l/s] respectivamente), mientras que las máximas extracciones registradas no escapan significativamente de este valor, registrándose 179 [l/s] y 186 [l/s] en cada caso.

Las extracciones medias de Collahuasi resultan claramente mayores que las otras dos cupríferas, alcanzando los 866 [l/s], mientras que la extracción máxima registrada en el período estudiado corresponde a 1059 [l/s].

La minera de yodo y nitratos SQM ha presentado un continuo crecimiento en su extracción de agua, por lo que el valor promedio de su extracción mensual no resulta representativo. Sin perjuicio de lo anterior, los valores máximos de extracción registrados, correspondientes a los últimos meses de operación, alcanzan los 498 [l/s].

Luego de observar estos resultados se concluye que, si bien el caudal extraído por cada minera cuprífera se mantiene relativamente constante en el tiempo, su magnitud dependerá de las condiciones específicas de cada una de ellas.

### **3.2 Calidad de Agua Requerida**

En cualquier ámbito, la calidad del agua requerida depende del uso específico que se le dará al recurso. Por ejemplo, resulta innecesario que el agua destinada a riego agrícola presente la misma calidad que el agua destinada a consumo humano. Lo mismo ocurre con los procesos industriales en la minería, es decir, cada proceso requiere condiciones mínimas específicas de calidad de agua para operar de manera óptima.

En ciertos casos se ha optado por modificar los procesos, adaptándolos a las condiciones del agua disponible. Esto ocurre en algunas mineras de la Región de Antofagasta que han reconvertido los procesos convencionales para hacerlos aptos a la utilización de agua de mar directa, sin desalar (Comisión Chilena del Cobre, 2017). Sin embargo, esto conlleva una serie de problemas adicionales, como una mayor corrosión en tuberías y bombas, lo que encarece los costos de mantenimiento y reposición de equipos; un aumento en el consumo de cal, produciendo incrustaciones de yeso y taponamiento de tuberías y maquinaria; el desarrollo de algas, micro algas y cianobacterias en los equipos y tuberías producto de la presencia de bacterias fotosintetizadoras; entre otros (Romero, 2012). Debido a estos problemas es que la desalación resulta una opción más competitiva y se opta generalmente por ajustar la calidad del agua disponible al proceso minero correspondiente, y no a la inversa.

En entrevistas y reuniones efectuadas entre la sanitaria Aguas Nuevas y distintas mineras del norte del país, se ha estipulado que los principales procesos de producción del cobre requieren agua con características similares a las exigidas para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua fluviales, sin considerar su capacidad de dilución, poniendo especial énfasis en el control de aceites, grasas y espumantes. A partir de esto, para el presente ejercicio, se ha definido que el agua demandada debe cumplir con los límites presentados en la “Tabla N°1” del D.S. N°90 de la Secretaría General de la Presidencia, expuesta a continuación en la tabla 3.1 de este informe:

**Tabla 3.1. Límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos de agua fluviales.**  
Fuente: (Ministerio Secretaría General de la Presidencia, 2001).

Contaminantes	Unidad	Expresión	Límite Máximo Permitido
Aceites y Grasas	mg/l	A y G	20
Aluminio	mg/l	Al	5
Arsénico	mg/l	As	0,5
Boro	mg/l	B	0,75
Cadmio	mg/l	Cd	0,01
Cianuro	mg/l	CN <sup>-</sup>	0,20
Cloruros	mg/l	Cl <sup>-</sup>	400
Cobre Total	mg/l	Cu	1
Coliformes Fecales o Termotolerantes	NMP/100 ml	Coli/100 ml	1.000
Índice de Fenol	mg/l	Fenoles	0,5
Cromo Hexavalente	mg/l	Cr <sup>6+</sup>	0,05
DBO5	mg O <sub>2</sub> /l	DBO <sub>5</sub>	35*
Fósforo	mg/l	P	10
Fluoruro	mg/l	F <sup>-</sup>	1,5
Hidrocarburos Fijos	mg/l	HF	10
Hierro Disuelto	mg/l	Fe	5
Manganeso	mg/l	Mn	0,3
Mercurio	mg/l	Hg	0,001
Molibdeno	mg/l	Mo	1
Níquel	mg/l	Ni	0,2
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/l	NKT	50
Pentaclorofenol	mg/l	C <sub>6</sub> OHCl <sub>5</sub>	0,009
PH	Unidad	pH	6,0 - 8,5
Plomo	mg/l	Pb	0,05
Poder Espumógeno	mm	PE	7
Selenio	mg/l	Se	0,01
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	SS	80*
Sulfatos	mg/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1.000
Sulfuros	mg/l	S <sup>2-</sup>	1
Temperatura	°C	T°	35
Tetracloroetano	mg/l	C <sub>2</sub> Cl <sub>4</sub>	0,04
Tolueno	mg/l	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub>	0,7
Triclorometano	mg/l	CHCl <sub>3</sub>	0,2
Xileno	mg/l	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0,5
Zinc	mg/l	Zn	3

\* = Para los residuos líquidos provenientes de plantas de tratamientos de aguas servidas domésticas, no se considerará el contenido de algas, conforme a la metodología descrita en el punto 6.6 del D.S. N°90.

### 3.3 Tratamientos Requeridos por Tipo de Fuente

Dependiendo de la fuente de extracción del agua, ésta posee diferentes grados de calidad, presentando distintas clases de elementos o contaminantes. Para reducir las concentraciones de cada elemento a valores bajo los límites demandados, se requiere, en cada caso, la aplicación de procesos específicos para su tratamiento.

Según la experiencia de la empresa sanitaria Aguas Nuevas y de Osmoflo Chile<sup>4</sup>, en caso de que el agua a extraer corresponda a agua de mar, extraída directamente desde el Océano Pacífico, ésta requeriría únicamente un tratamiento por osmosis inversa, efectuado en una planta desalinizadora. Este tratamiento consiste en forzar el paso del agua a través de una membrana semipermeable que retiene las sales de mayor tamaño y permite el paso de moléculas más pequeñas como las del agua, obteniendo agua desalada como producto y salmuera como subproducto.

Por otro lado, el agua extraída desde acuíferos subterráneos de condiciones equivalentes a los considerados en esta evaluación, presenta concentraciones de contaminantes lo suficientemente bajas como para ser utilizada de forma directa en los procesos mineros, por lo que, en este caso, no se requiere la aplicación de ningún tipo de tratamiento.

Finalmente, para disminuir la concentración de contaminantes a los niveles deseados en caso de que el agua en consideración corresponda a aguas servidas domiciliarias, sería suficiente la instalación de una planta de tratamiento secundario con lodos activados, de similares características, por ejemplo, a la operada por la filial de Aguas Nuevas, Aguas Araucanía, en la ciudad de Temuco. Este tratamiento incluye los subprocesos de desbaste y desarenado, desengrasado, sedimentación primaria y secundaria, reacción biológica, digestión anaerobia (para el tratamiento de los lodos) y desinfección con gas cloro, entregando agua con calidad suficiente para el contacto directo, y por lo tanto en condiciones de ser utilizada por las mineras, además de lodos sanitarios generados como subproducto. Estos lodos son deshidratados, para luego ser trasladados y dispuestos en rellenos sanitarios o utilizados como abono agrícola.

---

<sup>4</sup> Osmoflo Chile corresponde a la filial nacional de la empresa australiana Osmoflo, dedicada a la desalinización y reciclaje del agua mediante la tecnología de Osmosis Inversa.

## 4 Metodología de Trabajo

Con el objetivo de evaluar la factibilidad de la reutilización de aguas servidas en la minería del cobre, se plantea una comparación entre esta alternativa y otras propuestas consideradas habitualmente por la industria, como son la desalación de agua de mar y el denominado SWAP, que implica un cambio en el uso de las aguas continentales actualmente utilizadas para abastecer a la población.

Además de tomarse en cuenta los aspectos sociales y medioambientales, se propone la realización de un diseño, de autoría propia, que abarca el pre-dimensionamiento de las instalaciones y conducciones necesarias para implementar cada una de estas alternativas, permitiendo el desarrollo de una evaluación de costos que cuantifique esta comparación.

### 4.1 Minas Referenciales

Para la formulación del diseño de los trazados de tuberías e instalaciones se considera el abastecimiento de dos faenas mineras de referencia, cuya ubicación se establece como el promedio de las coordenadas de un grupo de instalaciones mineras reales y operativas, determinadas mediante la realización de un catastro. Las faenas mineras existentes en la I Región de Tarapacá, dedicadas tanto a la exploración, como a la extracción y/o refinación del cobre, se presentan en la figura 4.1 (Servicio Nacional de Geología y Minería, 2011).

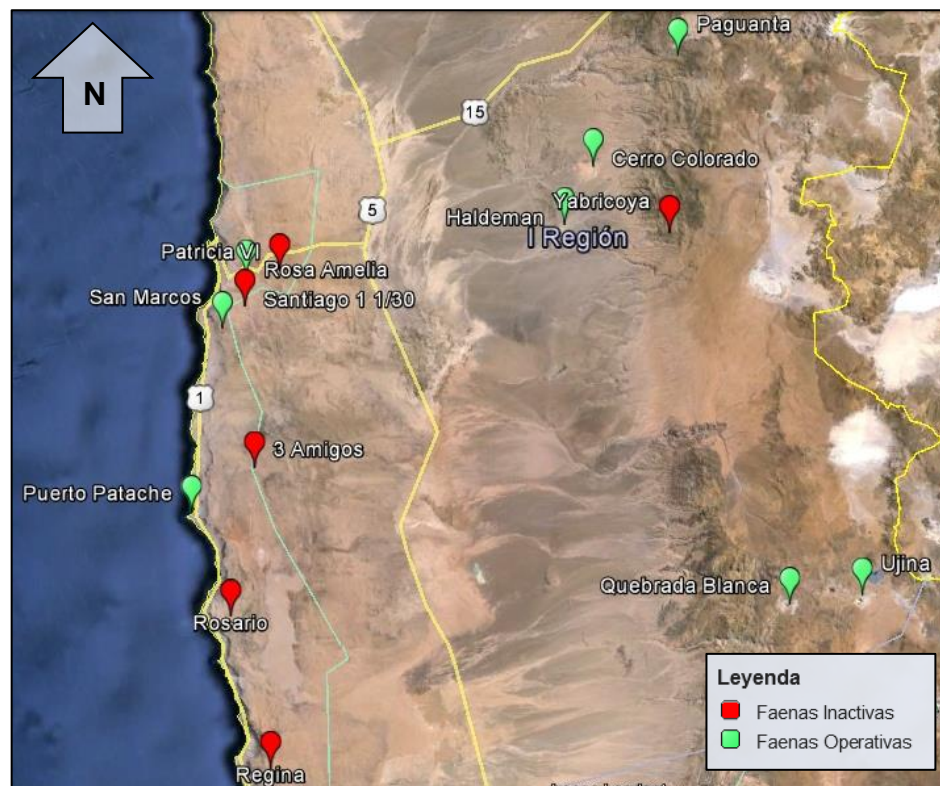


Figura 4.1. Faenas Mineras I Región de Tarapacá.

Fuente: (Servicio Nacional de Geología y Minería, 2011), Elaboración Propia en Google Earth.

Como filtro inicial para la determinación de ubicaciones más representativas, solo se toman en consideración las mineras actualmente operativas, presentadas en la figura 4.2. De esta manera, se logra diferenciar tres sectores que concentran grupos de 2 o 3 instalaciones relativamente cercanas entre sí, observándose las minas ubicadas en la costa, las minas ubicadas en la zona norte de la cordillera y las minas ubicadas en la zona sur de la cordillera.



Figura 4.2. Sectores de concentración de mineras activas.  
Fuente: (Servicio Nacional de Geología y Minería, 2011), Elaboración Propia en Google Earth.

Calculando el promedio de las coordenadas espaciales correspondientes a las instalaciones operativas ubicadas en cada uno de los sectores definidos en la figura 4.2 se obtiene la ubicación de 3 minas referenciales, presentadas en la figura 4.3.



Figura 4.3. Ubicación de Instalaciones Mineras referenciales.  
Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.

Para el desarrollo del análisis de factibilidad a formular, se considera el suministro de agua a las dos instalaciones referenciales ubicadas en la cordillera (norte y sur), descartándose la de ubicación costera. Esto debido a que, en estos casos, la desalación de agua de mar resulta altamente competitiva, producto de la cercanía del recurso. La ubicación de las minas referenciales seleccionadas para la evaluación se presenta con mayor detalle en la figuras 4.4 y 4.5.



**Figura 4.4. Detalle Ubicación Mina Norte.**  
Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.



**Figura 4.5. Detalle Ubicación Mina Sur.**  
Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.

Con respecto a las faenas seleccionadas, cabe mencionar que estas presentan un importante distanciamiento entre sí, además de diferentes lejanías con respecto a la fuente de aguas servidas correspondiente a Alto Hospicio. Mientras la Mina Norte se ubica a una latitud similar a la de Iquique, a una distancia relativamente acotada de esta

ciudad, la Mina Sur se encuentra próxima al límite sur de la región, a una mayor distancia y altitud.

## **4.2 Caudales de Evaluación**

Debido a que en la región existen faenas mineras de variadas dimensiones, las cuales consumen distintas cantidades de agua según lo descrito en la caracterización de la demanda, se opta por diseñar las alternativas tomando en cuenta principalmente la disponibilidad del recurso, es decir la oferta disponible, más que una demanda hipotética calculada según los datos recabados. De esta manera, se considera como escenario de evaluación la condición de máxima operación de la alternativa cuya producción resulte más limitada.

La importante disponibilidad de agua de mar existente en el país permite que la oferta potencial de producción de la alternativa de desalación sea altísima, dependiendo de manera prácticamente exclusiva de la magnitud de la planta desaladora a considerar. Por otra parte, en relación a la alternativa SWAP, la empresa sanitaria Aguas del Altiplano dispone de una capacidad productiva cercana a los 1.000 [l/s], gracias a que posee las instalaciones y los derechos de agua necesarios para extraer dicho caudal desde los acuíferos de Carmelo o Canchones. Dado lo anterior, resulta que el suministro de aguas servidas tratadas corresponde a la alternativa cuya capacidad productiva se ve más limitada, debido a que la disponibilidad de aguas crudas, utilizadas como principal insumo, es menor a las otras alternativas.

Las lagunas estabilizadoras de Alto Hospicio, desde donde se contempla la extracción de las aguas servidas a tratar, son recargadas por las aguas residuales de la comuna a una tasa de 150 [l/s] aproximadamente (Aguas Nuevas, 2014). Coincidentemente este valor es similar a la demanda media presentada por las compañías mineras Cerro Colorado y Quebrada Blanca (136 [l/s] y 118 [l/s] respectivamente). Es por esto que, en primera instancia, se define un caudal de evaluación de 150 [l/s] para todas las alternativas de abastecimiento.

De forma adicional, con el objetivo de ejecutar el análisis bajo distintas condiciones de operación, se contempla el uso de las aguas servidas de Alto Hospicio sumadas a las dispuestas por el emisario submarino ubicado en Playa Brava, Iquique. Estas últimas alcanzan valores medios cercanos a 600 [l/s] (Aguas Nuevas, 2014), por lo que es posible conseguir una disponibilidad máxima de 750 [l/s] de aguas residuales totales. Por otro lado, las demandas máximas registradas por las compañías mineras Collahuasi y SQM alcanzan en promedio los 779 [l/s], siendo éste un valor bastante cercano a la oferta disponible. De esta manera, se define un segundo caudal de evaluación para todas las alternativas de abastecimiento, correspondiente a 750 [l/s].

## **5 Dimensionamiento de Alternativas**

### **5.1 Descripción de Alternativas a Evaluar**

Las alternativas que se evalúan en este documento son esencialmente tres:

- La primera, la de mayor presencia en el ámbito nacional, consiste en la desalación de agua de mar y su impulsión directa desde la costa hasta las instalaciones mineras.
- En segundo lugar se propone el denominado proyecto SWAP, que consiste en reemplazar, en parte, la fuente de abastecimiento de agua potable de Iquique y Alto Hospicio por una planta desaladora de agua de mar, mientras que el agua subterránea liberada es elevada para abastecer a la minera. Para esta opción se contempla la posibilidad de suministrar el agua desde la batería de pozos ubicados en la localidad de Carmelo, o bien los ubicados en la localidad de Canchones, ambas situadas en la Pampa del Tamarugal.
- Como tercera opción se considera el tratamiento de las aguas servidas de la localidad de Alto Hospicio, o de éstas mismas sumadas a las aguas servidas de Iquique en caso de requerirse mayor disponibilidad, las cuales, posterior a su saneamiento, se elevan y disponen en las instalaciones definidas.

Además, como se explica en el capítulo anterior, cada una de estas alternativas se desarrolla considerando el suministro de distintos caudales (150 y 750 [l/s]), para el abastecimiento de dos minas referenciales (Norte y Sur).

#### **5.1.1 Escenario 1: Alternativa de Desalación Directa**

Corresponde a la alternativa base por la que optarían las empresas mineras en caso de buscar autoabastecerse de agua para sus operaciones.

Contempla la desalinización e impulsión del total de agua requerida directamente desde la costa, en una latitud relativamente cercana a la mina, hasta las instalaciones mineras. En el caso de la evaluación correspondiente a la Mina Norte, la planta desaladora se ubica en el sector de Punta Negra, al norte de Iquique, mientras que para el caso de evaluación de la Mina Sur, la planta desaladora se sitúa en el sector de Patillos, cercano a Puerto Patache.

#### **5.1.2 Escenario 2: Alternativa de Proyecto SWAP**

Corresponde a la opción en la que el agua de las mineras se abastece de las actuales fuentes de agua potable de la pampa, y los servicios sanitarios se alimentan de agua desalada del mar.

Contempla la extracción del caudal evaluado desde una de las baterías de pozos situadas en la Pampa del Tamarugal y su impulsión hasta las dependencias de la mina. Se evalúa la extracción de agua desde la localidad de Carmelo para abastecer a la Mina Norte, y desde Canchones para suministrar agua a la Mina Sur. Debido a que estos pozos abastecen de agua a la ciudad de Iquique, se considera también la construcción e implementación de una planta desaladora de agua de mar capaz de reemplazarlos en esta tarea, cuya ubicación se define en las cercanías de la ciudad, específicamente en el sector de Punta Gruesa.

### 5.1.3 Escenario 3: Alternativa de Aguas Servidas Tratadas

Corresponde a la alternativa donde el agua requerida por las mineras se abastece con aguas servidas de Alto Hospicio e Iquique.

Contempla el traslado de las aguas servidas de las lagunas de Alto Hospicio, además de las de Iquique en caso de ser necesario, hasta una nueva planta de tratamiento con monorrelleno ubicada en el sector alto de la zona. Posterior a su tratamiento, las aguas saneadas son conducidas a través de la Pampa del Tamarugal hasta ser dispuestas en las dependencias de cada una de las minas.

### 5.1.4 Resumen de Alternativas

Con motivo de facilitar el entendimiento de las alternativas recién descritas, éstas se presentan gráficamente en las figuras 5.1 y 5.2, donde se exponen los trazados propuestos y las ubicaciones de las principales instalaciones:



Figura 5.1. Resumen Alternativas de Abastecimiento a Mina Norte.

Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.



Figura 5.2. Resumen Alternativas de Abastecimiento a Mina Sur.  
Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.

## 5.2 Criterios Generales para el Diseño

Para el diseño de cada una de las alternativas y trazados a evaluar se consideran ciertos criterios y alcances generales.

En relación a las fuentes de extracción y tratamientos del agua se considera los siguientes supuestos:

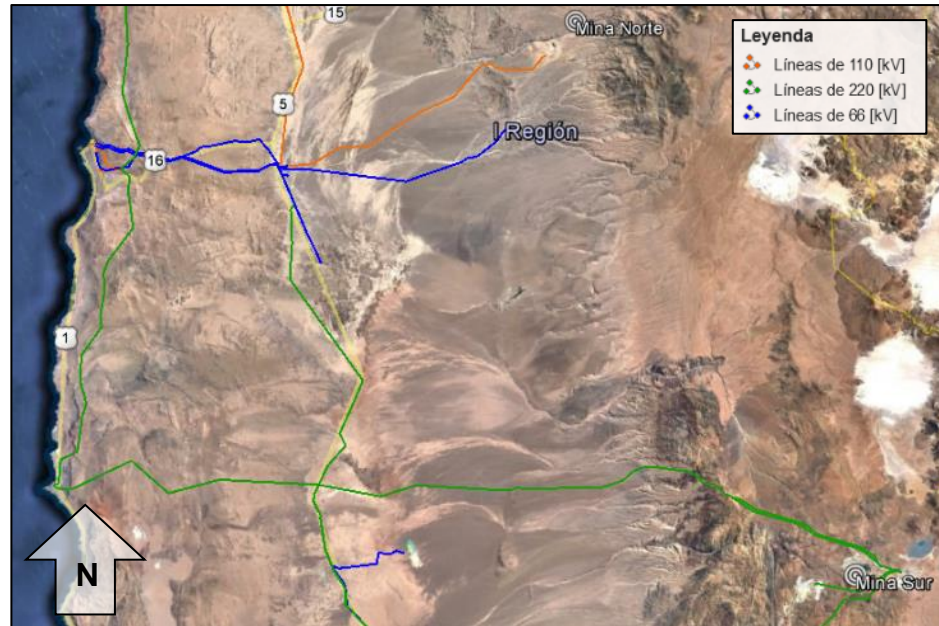
- Para la desalación de agua de mar se considera la instalación y operación de plantas de osmosis inversa.
- Se asume que las plantas desaladoras son capaces de producir un caudal de agua tratada equivalente al 45% del total de agua extraída del mar. El 55% restante corresponde a salmuera, la cual es descargada como desecho (Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO para América Latina y el Caribe, 2013).
- El agua extraída desde los acuíferos de Carmelo y Canchones no requiere tratamiento para su utilización en procesos mineros.
- Para la depuración de las aguas servidas se considera la instalación de plantas de tratamiento secundario con lodos activados.

En relación a las captaciones y descargas de las plantas desaladoras:

- Las tuberías de captación de agua de mar recogen el agua a 750 [m] de la costa (Proyecto Minera Dominga, Andes Iron SpA, s.f.), a una profundidad de 20 [m].
- Las tuberías de descarga de salmuera disponen el agua a 720 [m] de la costa (Proyecto Minera Dominga, Andes Iron SpA, s.f.), a una profundidad de 15 [m].

En relación a las conducciones:

- El flujo se conduce a presión, a tubería llena.
- Las pérdidas de carga en las tuberías se calculan utilizando la fórmula de Hazen-Williams, mediante las consideraciones presentadas en el anexo A. Por seguridad se adiciona una pérdida fija de 2,5 [m] para evitar posibles cavitaciones.
- Se considera la utilización de acero para las tuberías enterradas o proyectadas sobre la superficie, mientras que las captaciones de agua de mar y descargas de salmuera se construyen de HDPE.
- El sistema de conducción y elevación debe ser capaz de transportar el caudal requerido manteniendo velocidades entre 0,5 y 3 [m/s], pero preferentemente entre 1 y 2 [m/s].
- Se considera el trazado de las conducciones a través de zonas urbanas sólo en caso de ser necesario.
- Dentro de lo posible, en la zona desértica los tubos se montan a 1 [m] por sobre la superficie, con dados de hormigón como apoyo.
- De preferencia, el trazado de las tuberías se define contiguo a caminos y carreteras existentes y/o cercano a líneas de transmisión eléctrica (figura 5.3).



**Figura 5.3. Líneas de transmisión del Sistema Interconectado del Norte Grande SING.**  
**Fuente: Geoportal del (Ministerio de Energía), Google Earth.**

En relación a las plantas elevadoras:

- La elevación máxima con la que se diseñan las estaciones de bombeo es de 500 [mca].
- Debido a que las plantas trabajan en condiciones relativamente constantes, se considera que éstas operan con una eficiencia media igual al 75%.
- La potencia requerida por las plantas elevadoras para impulsar un caudal determinado hasta una altura específica se calcula mediante las consideraciones presentadas en el anexo B.

En relación a los estanques de almacenamiento:

- Se considera la construcción de estanques semienterrados junto a cada una de las plantas elevadoras, con la capacidad necesaria para almacenar el volumen acumulado en la tubería ubicada aguas arriba, con el fin de almacenar esta agua en caso de requerirse su vaciado.
- El punto de llegada y entrega del agua se define con dos estanques semienterrados de 5.000 [m<sup>3</sup>] de capacidad a construir en las dependencias de la mina correspondiente.

### 5.3 Diseño Abastecimiento Mina Norte

#### 5.3.1 Escenario 1: Desalación Directa

Este escenario contempla la extracción y desalinización de la cantidad de agua de mar necesaria para producir 150 [l/s] o 750 [l/s] de agua desalada, según los requerimientos, en la localidad de Punta Negra. La ubicación específica de la Planta de Tratamiento de Osmosis Inversa a construir se determina procurando que ésta se encuentre en zona costera, lo más cercana posible a la minera a abastecer, evitando sectores demasiado escarpados y/o de difícil acceso. De esta manera, la PTOI correspondiente es ubicada según se presenta en las figuras 5.4 y 5.5.



Figura 5.4. Ubicación Planta Desaladora Norte.  
Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.



Figura 5.5. Detalle Ubicación Planta Desaladora Norte.  
Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.

La tubería de captación de agua de mar se desarrolla en un trazado total de 1,14 [km] de longitud, con una diferencia de altura desde el nivel del mar hasta la planta desaladora de 56 [m], mientras que la tubería de descarga de salmuera se desarrolla en un trazado total de 1,08 [km].

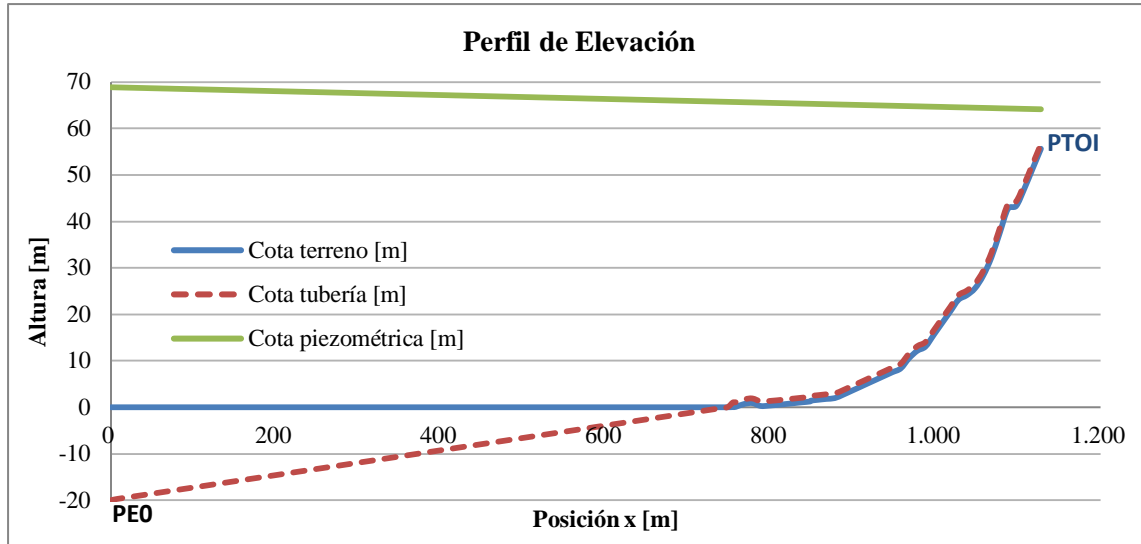
Para la impulsión del agua desalada desde la planta en Punta Negra hasta la Mina Norte se define un trazado de 116,7 [km] de longitud, con una diferencia de altura de 2.833 [m], y se modela mediante una tubería de acero y una serie de plantas elevadoras para la elevación del agua producto. Este trazado se presenta en la figura 5.6.



**Figura 5.6. Trazado Desalación Norte.**  
**Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.**

#### ***A. Suministro de 150 [l/s]***

En el caso de la evaluación de suministro de 150 [l/s], la captación de agua de mar debe ser capaz de portear 334 [l/s], debido a las pérdidas generadas por la producción de salmuera durante el proceso de desalinización. Con eso en consideración se define un diámetro de tubería de 500 [mm] a lo largo de toda la captación y una única planta elevadora, PE0, diseñada con una altura de elevación de 69 [m], capaz de impulsar el caudal hasta la planta, cubriendo las pérdidas de carga modeladas para el sistema. El esquema de operación se presenta en la figura 5.7.



**Figura 5.7. Perfil de Elevación Captación Desalación Norte 334 [l/s].  
 Ubicación e Impulsión de Plantas Elevadoras.  
 Fuente: Elaboración Propia.**

Los 184 [l/s] de residuos correspondientes al tratamiento de osmosis inversa son descargados al mar mediante una tubería de 300 [mm] de diámetro, la cual, operando gravitacionalmente, permite la obtención de una carga que supera en 41 [mca] a la presión hidrostática en la salida del tubo.

Continuando con la impulsión del agua desalada hacia las dependencias de la mina, tomando en cuenta el porteo de los 150 [l/s] establecidos, se define un diámetro de tubería de 400 [mm] a lo largo de todo el trazado, y una serie de 7 plantas elevadoras, cuya posición es presentada en la figura 5.8.

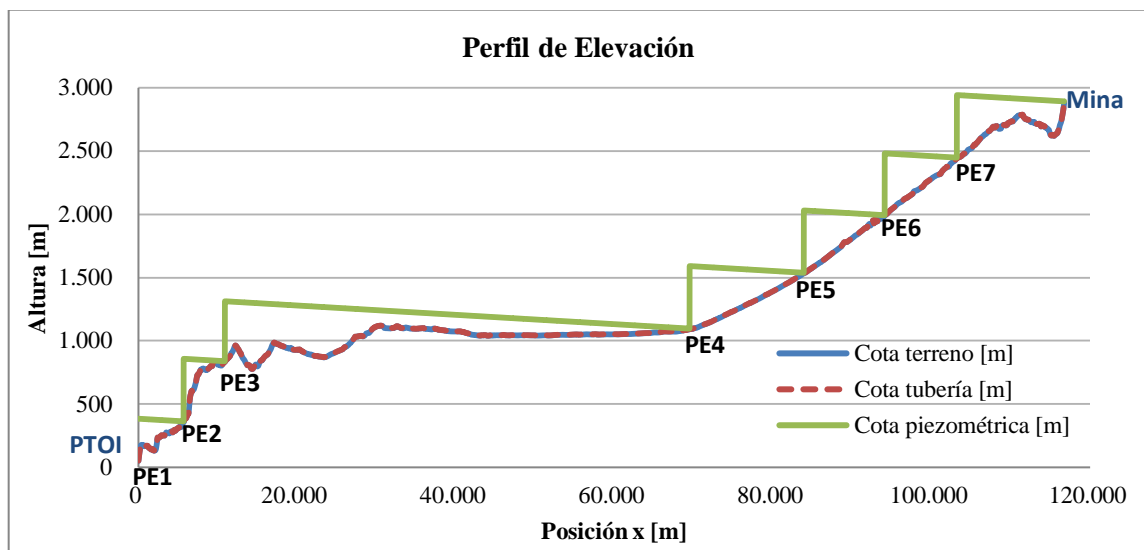


**Figura 5.8. Ubicación Plantas Elevadoras 150 [l/s]. Desalación Norte.  
 Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.**

El trazado y la operación de las respectivas plantas elevadoras son descritos en la tabla 5.1 y en el esquema presentado en la figura 5.9.

**Tabla 5.1. Plantas Elevadoras Desalación Norte 150 [l/s].**  
**Fuente: Elaboración Propia.**

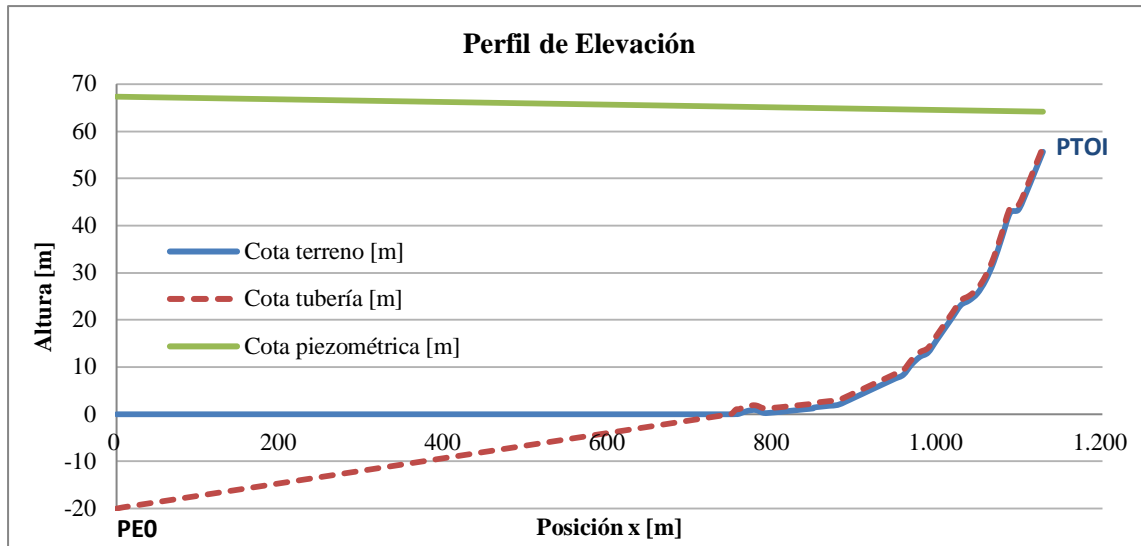
Planta Elevadora	Tramo de Impulsión	Longitud Tramo [km]	Altura de Operación [m]
PE1	PTOI Norte - PE2	5,7	332
PE2	PE2 - PE3	5,2	499
PE3	PE3 - PE4	58,6	478
PE4	PE4 - PE5	14,4	499
PE5	PE5 - PE6	10,2	497
PE6	PE6 - PE7	9,1	493
PE7	PE7 - Mina Norte	13,5	499



**Figura 5.9. Perfil de Elevación Desalación Norte 150 [l/s]. Ubicación e Impulsión de Plantas Elevadoras.**  
**Fuente: Elaboración Propia.**

### **B. Suministro de 750 [l/s]**

En el caso de la evaluación de suministro de 750 [l/s], la captación de agua de mar debe ser capaz de portar 1.667 [l/s], debido a las pérdidas adoptadas para el proceso de desalación. Con eso en consideración se define un diámetro de tubería de 1.000 [mm] a lo largo de toda la captación y una única planta elevadora, PE0, diseñada con una altura de elevación de 67 [m], capaz de impulsar el caudal hasta la planta. El esquema de operación se presenta en la figura 5.10.



**Figura 5.10. Perfil de Elevación Captación Desalación Norte 1667 [l/s].  
 Ubicación e Impulsión de Plantas Elevadoras.  
 Fuente: Elaboración Propia.**

Los 917 [l/s] de residuos correspondientes al tratamiento de osmosis inversa son descargados al mar mediante una tubería de 500 [mm] de diámetro, la cual, operando gravitacionalmente, permite la obtención de una carga que supera en 29 [mca] a la presión hidrostática en la salida del tubo.

Continuando con la impulsión del agua desalada hacia las dependencias de la mina, tomando en cuenta el porteo de los 750 [l/s] establecidos, se define un diámetro de tubería de 700 [mm] a lo largo de todo el trazado, y una serie de 7 plantas elevadoras, cuya posición es presentada en la figura 5.11.

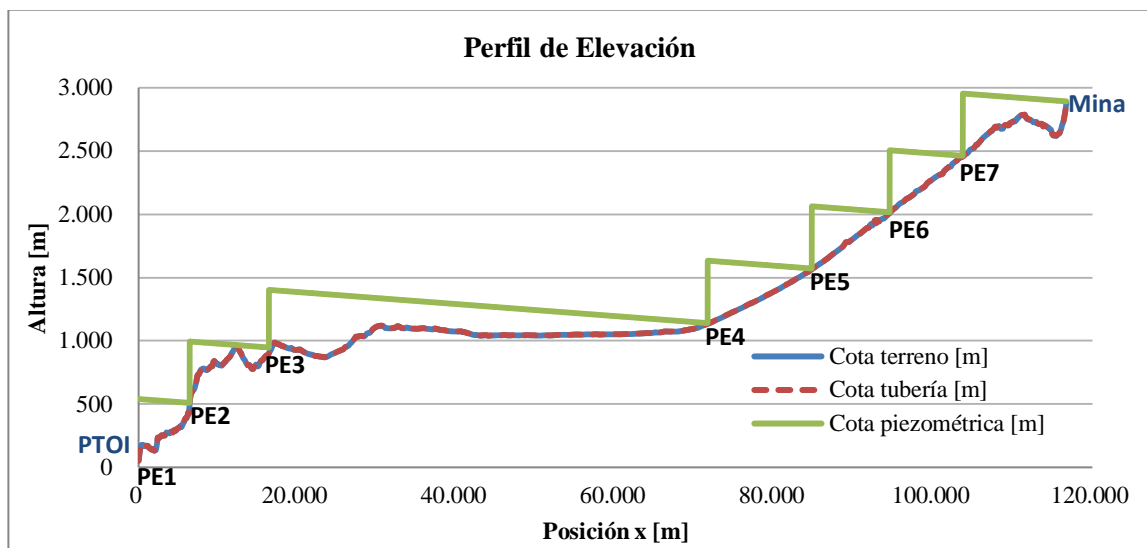


**Figura 5.11. Ubicación Plantas Elevadoras 750 [l/s]. Desalación Norte.  
 Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.**

El trazado y la operación de las respectivas plantas elevadoras son descritos en la tabla 5.2 y en el esquema presentado en la figura 5.12.

**Tabla 5.2. Plantas Elevadoras Desalación Norte 750 [l/s].**  
**Fuente: Elaboración Propia.**

Planta Elevadora	Tramo de Impulsión	Longitud Tramo [km]	Altura de Operación [m]
PE1	PTOI Norte - PE2	6,4	488
PE2	PE2 - PE3	10,0	490
PE3	PE3 - PE4	55,2	500
PE4	PE4 - PE5	13,1	498
PE5	PE5 - PE6	9,8	496
PE6	PE6 - PE7	9,2	494
PE7	PE7 - Mina Norte	13,0	497



**Figura 5.12. Perfil de Elevación Desalación Norte 750 [l/s]. Ubicación e Impulsión de Plantas Elevadoras.**  
**Fuente: Elaboración Propia.**

### 5.3.2 Escenario 2: Proyecto SWAP

Este escenario contempla el suministro de la totalidad del caudal definido para el abastecimiento de la Mina Norte utilizando aguas subterráneas extraídas en la localidad de Carmelo, en la Pampa del Tamarugal. En la actualidad existe una batería de pozos y las instalaciones necesarias para extraer el caudal demandado, por lo que no se requiere una inversión adicional al respecto. La ubicación del punto de extracción se presenta en las figuras 5.13 y 5.14.



**Figura 5.13. Ubicación Acuífero y Planta Desaladora para Iquique.**  
Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.



**Figura 5.14. Detalle Ubicación Acuífero Carmelo.**  
Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.

Por otra parte, en la actualidad, el acuífero de Carmelo suministra una fracción del agua potable demandada por la ciudad de Iquique, por lo que, en reemplazo de esta fuente, esta alternativa contempla la construcción e implementación de una planta desaladora de agua de mar capaz de abastecer a la ciudad con la misma cantidad de agua entregada a la mina. Esta planta se proyecta al sur de Iquique, específicamente en el sector de Punta Gruesa, cuya ubicación se observa en las figuras 5.13 y 5.15.



**Figura 5.15. Detalle Ubicación Planta Desaladora Iquique.**  
**Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.**

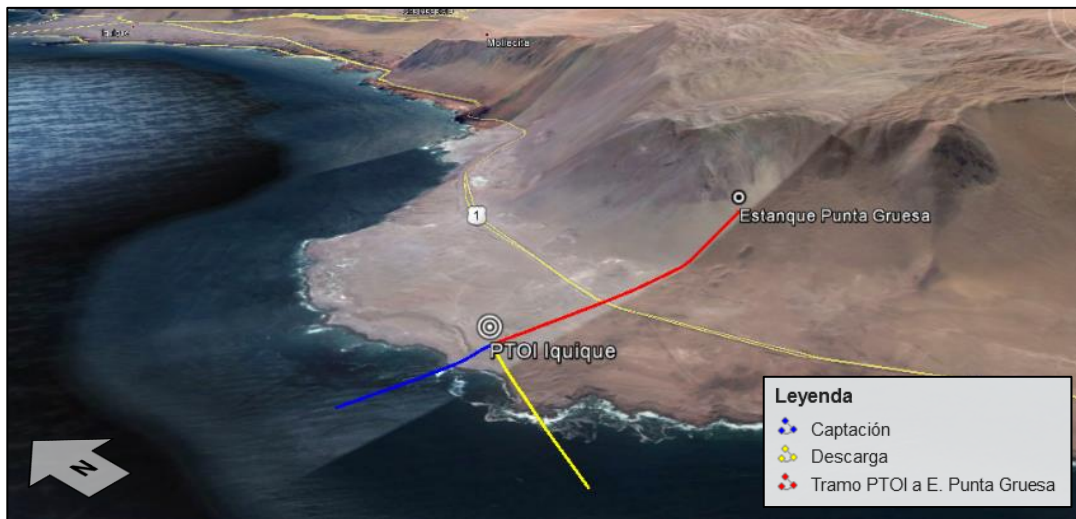
Para la impulsión del agua subterránea extraída en Carmelo y su transporte hacia la Mina Norte se define un trazado de 59,4 [km] de longitud, con una diferencia de altura de 1.834 [m], y se modela mediante una tubería de acero y una serie de plantas elevadoras para la elevación del agua producto. Este trazado se presenta en la figura 5.16.



**Figura 5.16. Trazado SWAP Carmelo – Mina.**  
**Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.**

En cuanto al nuevo sistema de abastecimiento de Iquique, la tubería de captación de agua de mar se desarrolla en un trazado de 1,25 [km] de longitud total, con una diferencia de altura desde el nivel del mar hasta la planta desaladora de 46 [m], mientras que para el sistema de descarga de salmuera se contempla un trazado de 1,73 [km] de longitud total.

Posterior a la planta, el trazado consiste en una tubería de acero que transporta el caudal desalado en la planta de Punta Gruesa hasta el nuevo Estanque Punta Gruesa a construir en la misma localidad. Esta conducción se diseña con una longitud de 2,3 [km] y una diferencia de altura de 336 [m], la cual es superada mediante la operación de una única planta elevadora. Este trazado se observa en la figura 5.17.



**Figura 5.17. Trazado SWAP PTOI – Estanque P. Gruesa.**  
**Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.**

Este trazado sólo contempla el traslado del caudal desalado en la planta de Punta Gruesa hasta el estanque proyectado en la misma zona, ya que en la actualidad existe en el sector una tubería disponible, de 600 [mm] de diámetro, capaz de portear gravitacionalmente el recurso desde el nuevo estanque hasta el Estanque Sur ubicado en la ciudad de Iquique, por lo que esta inversión no es necesaria. Esta tubería se presenta en la figura 5.18.



**Figura 5.18. Trazado SWAP Existente.**  
**Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.**

### C. Suministro de 150 [l/s]

Para el tramo de impulsión a la Mina Norte desde el punto de extracción en Carmelo, en el caso de evaluación de suministro de 150 [l/s], se define un diámetro de tubería de 300 [mm] a lo largo de todo el trazado, y una serie de 6 plantas elevadoras, cuya posición es presentada en la figura 5.19.

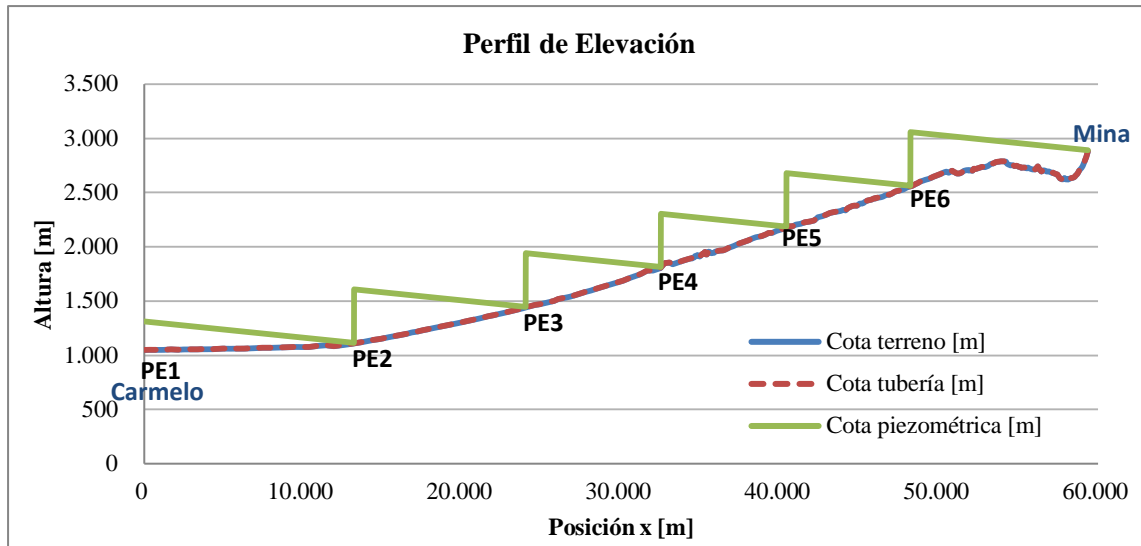


Figura 5.19. Ubicación Plantas Elevadoras 150 [l/s], SWAP Norte (Carmelo – Mina).  
Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.

El trazado y la operación de las respectivas plantas elevadoras son descritos en la tabla 5.3 y en el esquema presentado en la figura 5.20.

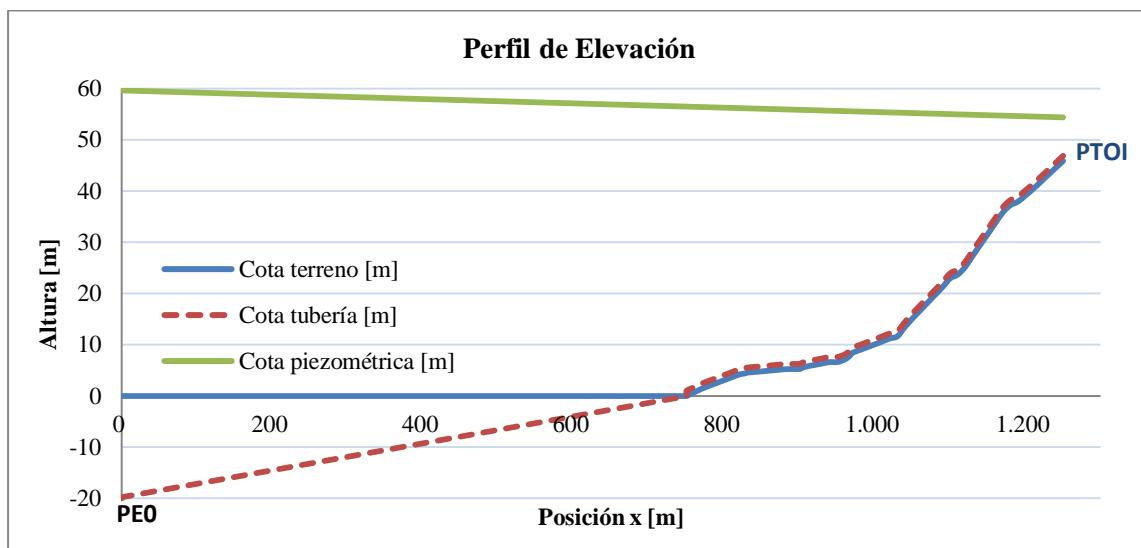
Tabla 5.3. Plantas Elevadoras SWAP Norte (Carmelo – Mina) 150 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.

Planta Elevadora	Tramo de Impulsión	Longitud Tramo [km]	Altura de Operación [m]
PE1	Carmelo - PE2	13,2	263
PE2	PE2 - PE3	10,8	498
PE3	PE3 - PE4	8,5	500
PE4	PE4 - PE5	7,9	495
PE5	PE5 - PE6	7,8	498
PE6	PE6 - Mina Norte	11,2	499



**Figura 5.20. Perfil de Elevación SWAP Norte (Carmelo – Mina) 150 [l/s].  
Ubicación e Impulsión de Plantas Elevadoras.  
Fuente: Elaboración Propia.**

En la sección de abastecimiento de la ciudad, en el caso de la evaluación de suministro de 150 [l/s], la captación de agua de mar debe ser capaz de portear 334 [l/s], debido a las pérdidas generadas por la producción de salmuera durante el proceso de desalinización. Con eso en consideración se define un diámetro de tubería de 500 [mm] a lo largo de toda la captación y una única planta elevadora, PE0, diseñada con una altura de elevación de 59 [m], capaz de impulsar el caudal hasta la planta, cubriendo las pérdidas de carga modeladas para el sistema. El esquema de operación se presenta en la figura 5.21.



**Figura 5.21. Perfil de Elevación SWAP Norte (Captación Iquique) 334 [l/s].  
Ubicación e Impulsión de Plantas Elevadoras.  
Fuente: Elaboración Propia.**

Los 184 [l/s] de residuos correspondientes al tratamiento de osmosis inversa son descargados al mar mediante una tubería de 300 [mm] de diámetro, la cual, operando gravitacionalmente, permite la obtención de una carga que supera en 20 [mca] a la presión hidrostática en la salida del tubo.

Luego de la planta desaladora, tomando en cuenta el porteo de los 150 [l/s] establecidos, se define un diámetro de tubería de 300 [mm] a lo largo de todo el trazado comprendido entre la Planta Desaladora en Punta Gruesa y el estanque del mismo nombre. Además se considera solamente una planta elevadora ubicada en las dependencias de dicha planta de tratamiento. El trazado con la planta elevadora se presenta en la figura 5.22.



Figura 5.22. Ubicación Planta Elevadora 150 [l/s]. SWAP Norte (PTOI – Estanque P. Gruesa).  
Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.

En este tramo, la Planta Elevadora A (PE.A), ubicada en las dependencias de la Planta de Tratamiento de Osmosis Inversa de Punta Gruesa, se diseña con una altura de elevación de 352 [m] para impulsar el caudal por un trayecto de 2,3 [km] de longitud hasta el estanque Punta Gruesa de 10.000 [m<sup>3</sup>] de capacidad. El esquema representativo se observa en la figura 5.23.

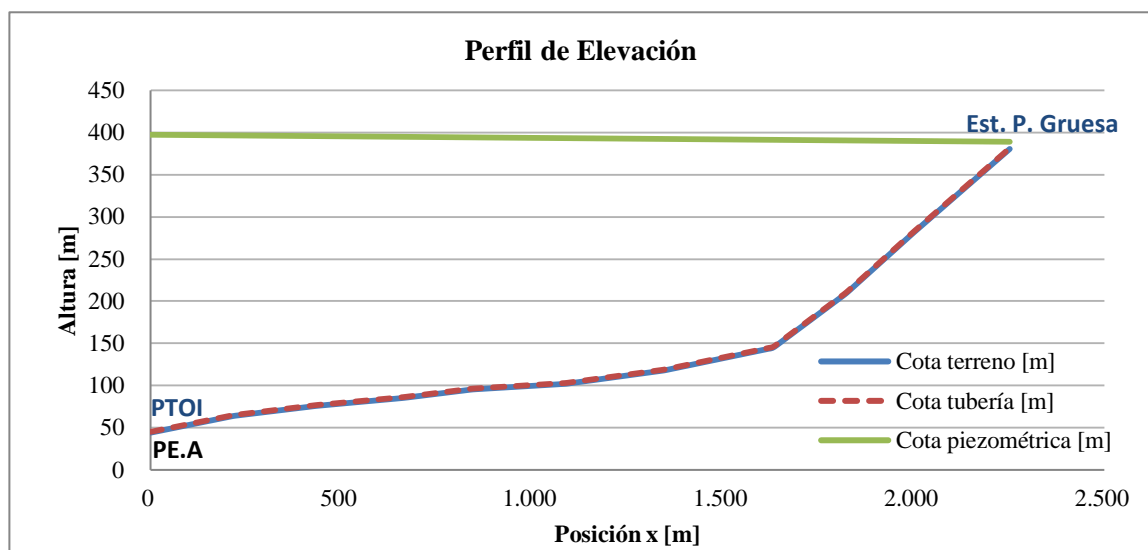


Figura 5.23. Perfil de Elevación SWAP Norte (PTOI – Estanque P. Gruesa) 150 [l/s].  
Ubicación e Impulsión de Planta Elevadora.  
Fuente: Elaboración Propia.

También se verifica que la capacidad de porteo gravitacional de la tubería existente sea suficiente para transportar el caudal requerido desde el Estanque Punta Gruesa hasta el Estanque Sur en la ciudad de Iquique. Así se observa que, con los 600 [mm] de diámetro que posee la tubería, el agua es capaz de llegar al Estanque Sur con una presión de 195 [mca], mientras que un diseño óptimo requeriría de un diámetro de solamente 300 [mm]. El esquema representativo se presenta en la figura 5.24.

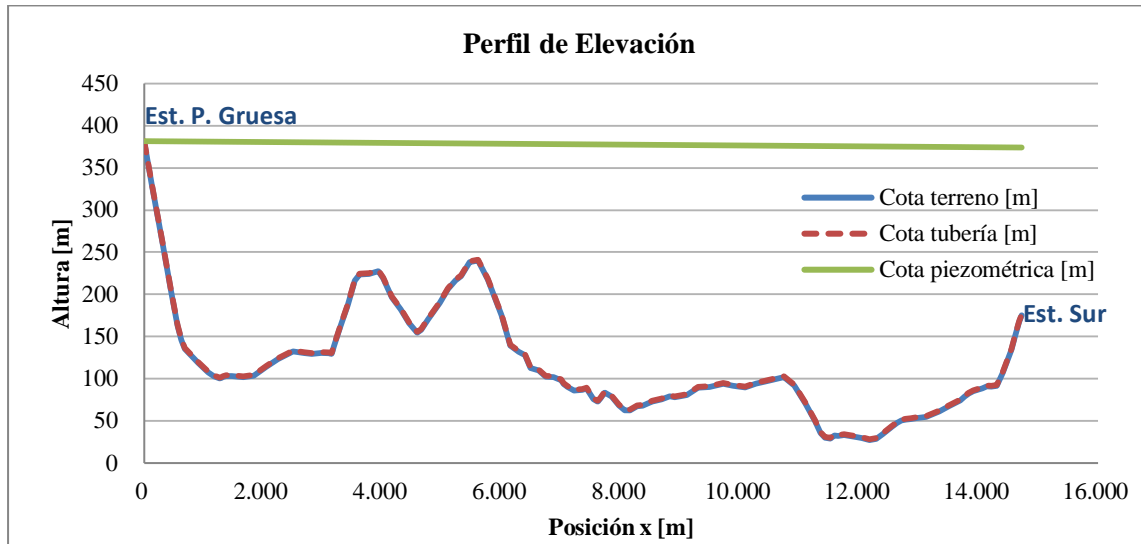


Figura 5.24. Perfil de Elevación SWAP Norte (Estanque P. Gruesa – Estanque Sur) 150 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.

#### D. Suministro de 750 [l/s]

Para el tramo de impulsión a la Mina Norte desde el punto de extracción en Carmelo, en el caso de evaluación de suministro de 750 [l/s], se define un diámetro de tubería de 700 [mm] a lo largo de todo el trazado, y una serie de 5 plantas elevadoras, cuya posición es presentada en la figura 5.25.



Figura 5.25. Ubicación Plantas Elevadoras 750 [l/s]. SWAP Norte (Carmelo – Mina).  
Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.

El trazado y la operación de las respectivas plantas elevadoras son descritos en la tabla 5.4 y en el esquema presentado en la figura 5.26.

Tabla 5.4. Plantas Elevadoras SWAP Norte (Carmelo – Mina) 750 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.

Planta Elevadora	Tramo de Impulsión	Longitud Tramo [km]	Altura de Operación [m]
PE1	Carmelo - PE2	13,9	149
PE2	PE2 - PE3	13,3	499
PE3	PE3 - PE4	9,8	496
PE4	PE4 - PE5	9,2	499
PE5	PE5 - Mina Norte	13,2	499

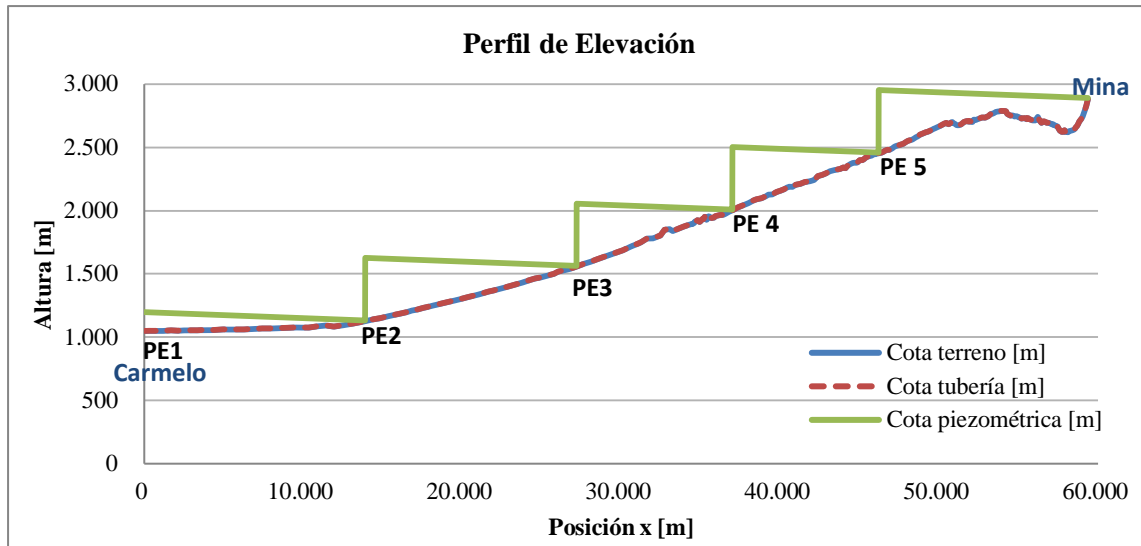


Figura 5.26. Perfil de Elevación SWAP Norte (Carmelo – Mina) 750 [l/s].  
Ubicación e Impulsión de Plantas Elevadoras.  
Fuente: Elaboración Propia.

En la sección de abastecimiento de la ciudad, en el caso de la evaluación de suministro de 750 [l/s], la captación de agua de mar debe ser capaz de portear 1.667 [l/s], debido a las pérdidas adoptadas para el proceso de desalación. Con eso en consideración, se define un diámetro de tubería de 1.000 [mm] a lo largo de toda la captación y una única planta elevadora, PE0, diseñada con una altura de elevación de 57 [m], capaz de impulsar el caudal hasta la planta. El esquema de operación se presenta en la figura 5.27.

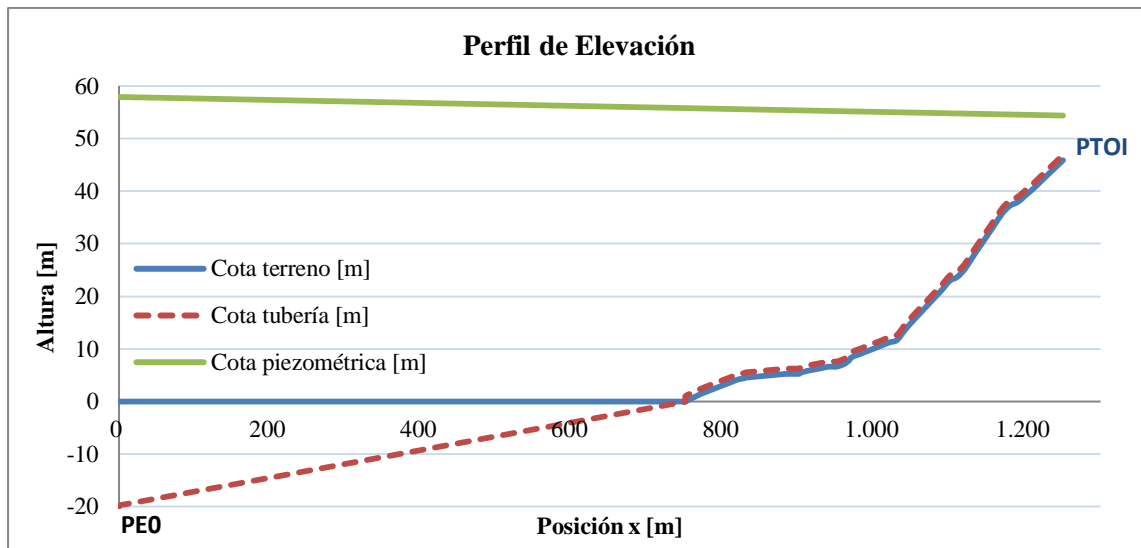


Figura 5.27. Perfil de Elevación SWAP Norte (Captación Iquique) 1667 [l/s].  
Ubicación e Impulsión de Plantas Elevadoras.  
Fuente: Elaboración Propia.

Los 917 [l/s] de residuos correspondientes al tratamiento de osmosis inversa son descargados al mar mediante una tubería de 500 [mm] de diámetro, la cual, operando

gravitacionalmente, permite la obtención de una carga que supera en 2 [mca] a la presión hidrostática en la salida del tubo.

Luego de la planta desaladora, tomando en cuenta el porteo de los 750 [l/s] establecidos, se define un diámetro de tubería de 700 [mm] a lo largo de todo el trazado comprendido entre la Planta Desaladora en Punta Gruesa y el estanque del mismo nombre. Además se considera solamente una planta elevadora ubicada en las dependencias de la planta de tratamiento. El trazado con la planta elevadora se presenta en la figura 5.28.



Figura 5.28. Ubicación Planta Elevadora 750 [l/s]. SWAP Norte (PTOI – Estanque P. Gruesa).  
Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.

En este tramo, la Planta Elevadora A (PE.A), ubicada en las dependencias de la Planta de Tratamiento de Osmosis Inversa de Punta Gruesa, se diseña con una altura de elevación de 355 [m] para impulsar el caudal por un trayecto de 2,3 [km] de longitud hasta el estanque Punta Gruesa de 10.000 [m<sup>3</sup>] de capacidad. El esquema representativo se observa en la figura 5.29.

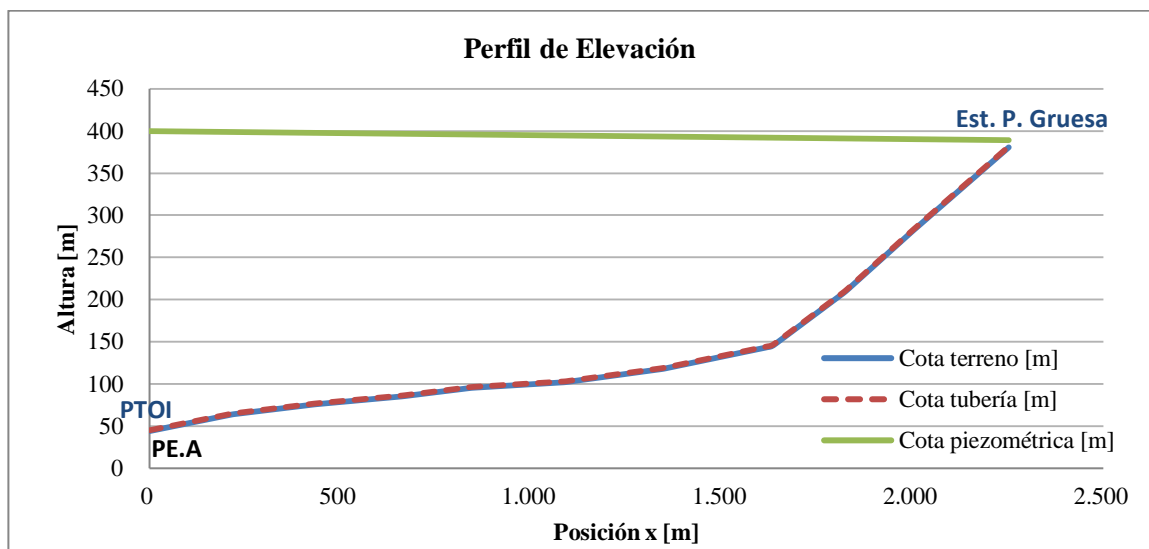


Figura 5.29. Perfil de Elevación SWAP Norte (PTOI – Estanque P. Gruesa) 750 [l/s].  
Ubicación e Impulsión de Planta Elevadora.  
Fuente: Elaboración Propia.

También se verifica que la capacidad de porteo gravitacional de la tubería existente sea suficiente para transportar el caudal requerido desde el Estanque Punta Gruesa hasta el Estanque Sur en la ciudad de Iquique. Así se observa que, con los 600 [mm] de diámetro que posee la tubería, el agua es capaz de llegar al Estanque Sur con una presión de 55 [mca], correspondiendo éste a un diseño óptimo. El esquema representativo se presenta en la figura 5.30.

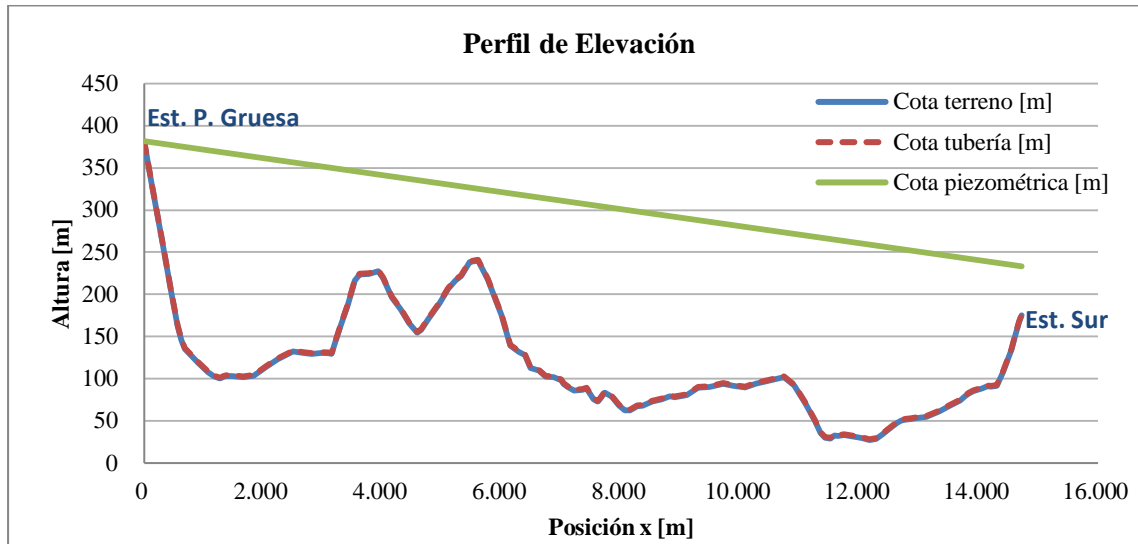


Figura 5.30. Perfil de Elevación SWAP Norte (Estanque P. Gruesa – Estanque Sur) 750 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.

### 5.3.3 Escenario 3: Aguas Servidas Tratadas

Esta alternativa contempla la construcción e implementación de una nueva planta de tratamiento de aguas servidas ubicada hacia el interior de Alto Hospicio, capaz de sanear la totalidad del caudal a suministrar a la minera. Las aguas servidas a tratar corresponden a las acumuladas actualmente en las lagunas estabilizadoras de Alto Hospicio, sin embargo, en caso de que la disponibilidad de estas aguas no sea suficiente, se considera además el uso de las aguas servidas de Iquique, las cuales son dispuestas, en la actualidad, en el emisario submarino de Playa Brava.

La construcción de la nueva planta de tratamiento de aguas servidas se proyecta en las cercanías de la Ruta 16 que une Alto Hospicio con la Ruta 5, procurando que ésta se ubique en una zona apartada de la población, con objeto de prevenir posibles conflictos por emanación de olores o similares. Su ubicación específica se presenta en las figuras 5.31 y 5.32.



**Figura 5.31. Ubicación Planta de Tratamiento de Aguas Servidas Norte.**  
**Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.**



**Figura 5.32. Detalle Ubicación Planta de Tratamiento de Aguas Servidas Norte.**  
**Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.**

Para la impulsión de las aguas servidas desde las lagunas estabilizadoras de Alto Hospicio hasta la nueva planta de tratamiento y posteriormente hasta la Mina Norte se define un trazado de 110,3 [km] de longitud, con una diferencia de altura de 2.365 [m], y se modela mediante una tubería de acero y una serie de plantas elevadoras para la elevación del agua producto. Este trazado se presenta en la figura 5.33.



**Figura 5.33. Trazado Aguas Servidas Norte.**  
**Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.**

### E. Suministro de 150 [l/s]

Para evaluar el suministro de 150 [l/s], se define un diámetro de tubería de 300 [mm] a lo largo de todo el trazado, y una serie de 9 plantas elevadoras, cuya posición es presentada en la figura 5.34.



Figura 5.34. Ubicación Plantas Elevadoras 150 [l/s]. Aguas Servidas Norte.  
Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.

El trazado y la operación de las respectivas plantas elevadoras son descritos en la tabla 5.5 y en el esquema presentado en la figura 5.35.

Tabla 5.5. Plantas Elevadoras Aguas Servidas Norte 150 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.

Planta Elevadora	Tramo de Impulsión	Longitud Tramo [km]	Altura de Operación [m]
PE1	Lagunas A. H. - PE2	6,6	359
PE2	PE2 - PTAS Norte	5,7	294
PE3	PTAS Norte - PE4	27,2	499
PE4	PE4 - PE5	24,8	443
PE5	PE5 - PE6	10,8	498
PE6	PE6 - PE7	8,5	500
PE7	PE7 - PE8	7,8	491
PE8	PE8 - PE9	7,8	497
PE9	PE9 - Mina Norte	11,1	500

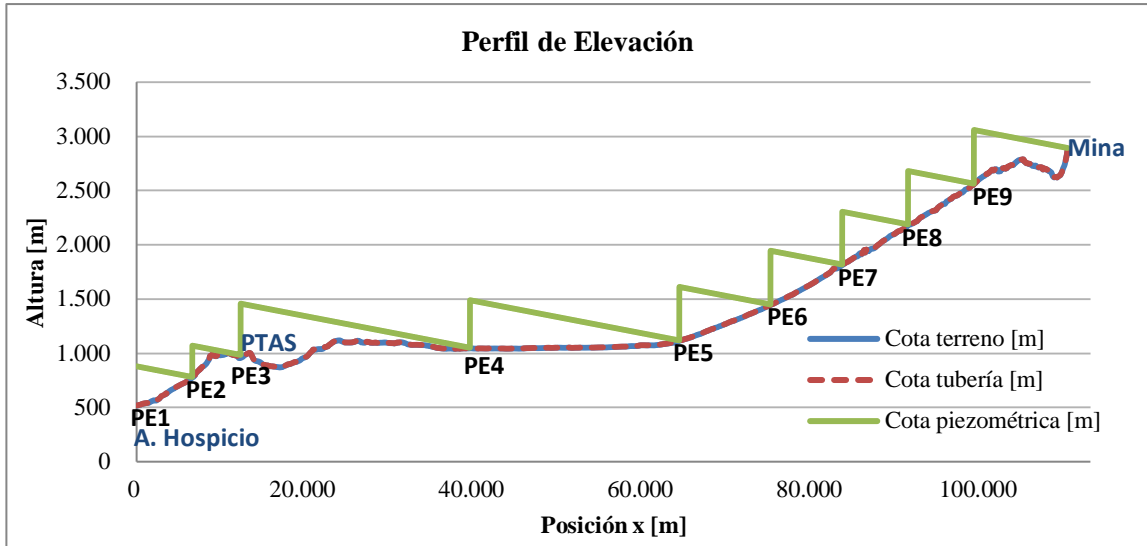


Figura 5.35. Perfil de Elevación Aguas Servidas Norte 150 [l/s]. Ubicación e Impulsión de Plantas Elevadoras. Fuente: Elaboración Propia.

**F. Suministro de 750 [l/s]**

Para evaluar el suministro de 750 [l/s], resulta necesaria la utilización de aguas servidas provenientes de Iquique, ya que la disponibilidad del recurso en Alto Hospicio alcanza solamente los 150 [l/s]. Para esto se define un trazado de 6,4 [km] de longitud, con una diferencia de altura de 511 [m], y se modela mediante una tubería de acero y una serie de plantas elevadoras para la elevación de las aguas servidas hasta un nuevo estanque a construir en las inmediaciones de las lagunas estabilizadoras de Alto Hospicio. Este trazado se presenta en la figura 5.36.

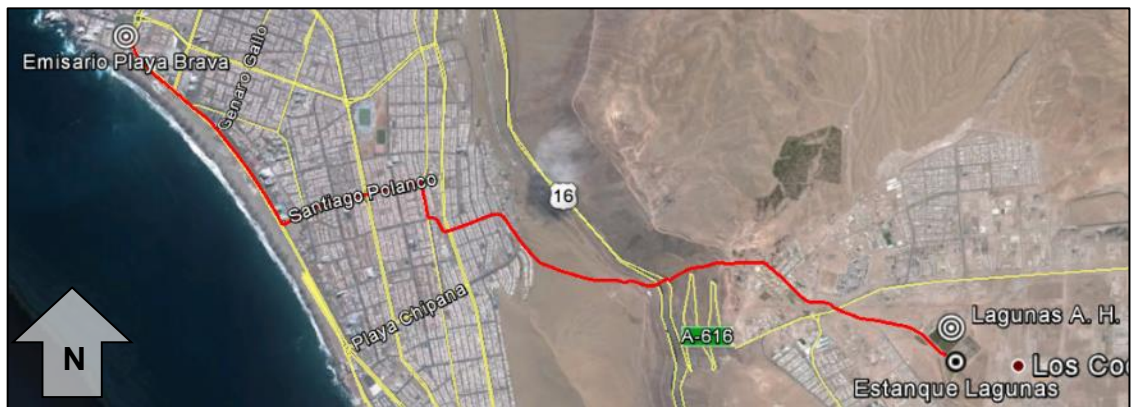


Figura 5.36. Trazado Aguas Servidas Iquique. Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.

Para evaluar el suministro de los 600 [l/s] requeridos desde Playa Brava, se define un diámetro de tubería de 600 [mm] a lo largo de todo el trazado, y una serie de 2 plantas elevadoras, cuya posición es presentada en la figura 5.37.



Figura 5.37. Ubicación Plantas Elevadoras 600 [l/s]. Aguas Servidas Iquique.  
Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.

El trazado y la operación de las respectivas plantas elevadoras son descritos en la tabla 5.6 y en el esquema presentado en la figura 5.38.

Tabla 5.6. Plantas Elevadoras Aguas Servidas Iquique 600 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.

Planta Elevadora	Tramo de Impulsión	Longitud Tramo [km]	Altura de Operación [m]
PE1	Playa Brava - PE2	2,8	97
PE2	PE2 - Lagunas A. H.	3,6	469

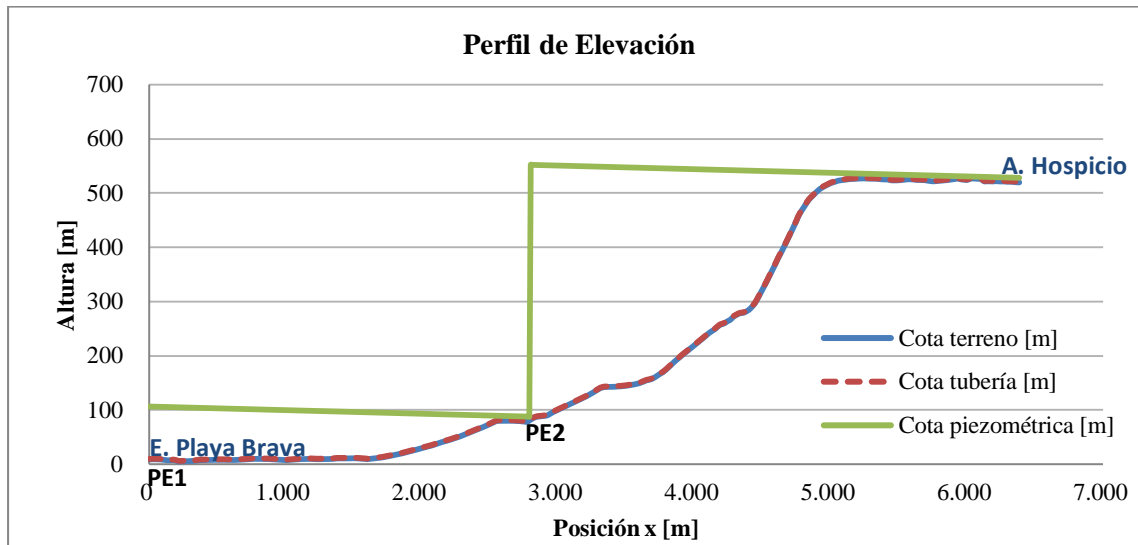


Figura 5.38. Perfil de Elevación Aguas Servidas Iquique 600 [l/s]. Ubicación e Impulsión de Plantas Elevadoras.  
Fuente: Elaboración Propia.

Continuando con el transporte de las aguas servidas, para impulsar en conjunto las aguas de Iquique y las de Alto Hospicio (750 [l/s] en total), se define un diámetro de tubería de

700 [mm] a lo largo de todo el trazado, y una serie de 7 plantas elevadoras, cuya posición es presentada en la figura 5.39.



Figura 5.39. Ubicación Plantas Elevadoras 750 [l/s]. Aguas Servidas Norte.  
Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.

El trazado y la operación de las respectivas plantas elevadoras son descritos en la tabla 5.7 y en el esquema presentado en la figura 5.40.

Tabla 5.7. Plantas Elevadoras Aguas Servidas Norte 750 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.

Planta Elevadora	Tramo de Impulsión	Longitud Tramo [km]	Altura de Operación [m]
PE3	Lagunas A. H. - PE4	6,3	273
PE4	PE4 - PTAS Norte	6,0	270
PE5	PTAS Norte - PE6	52,5	424
PE6	PE6 - PE7	13,3	500
PE7	PE7 - PE8	9,9	499
PE8	PE8 - PE9	9,2	496
PE9	PE9 - Mina Norte	13,1	500

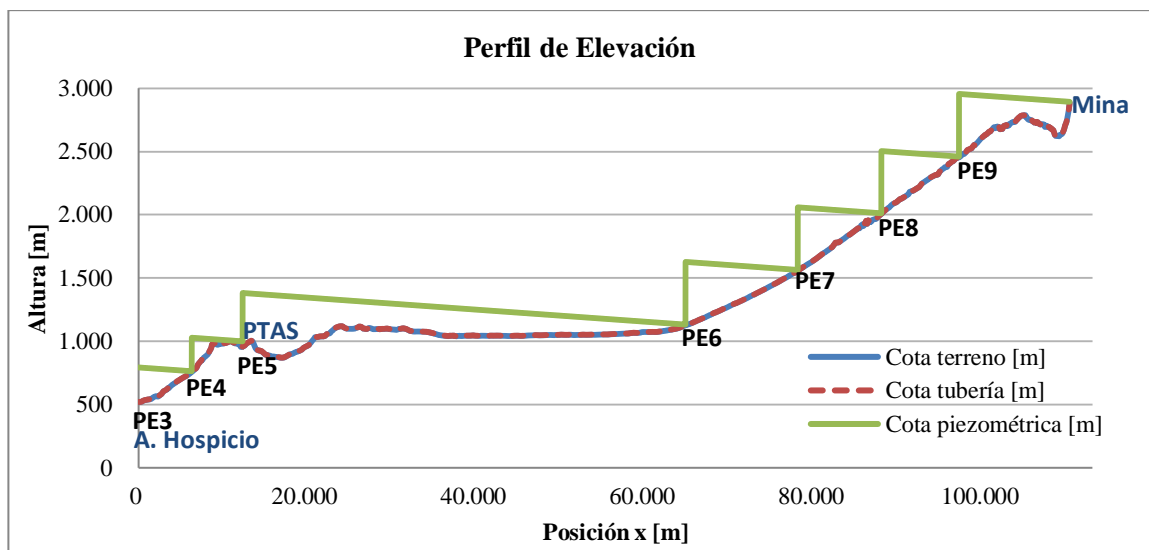


Figura 5.40. Perfil de Elevación Aguas Servidas Norte 750 [l/s]. Ubicación e Impulsión de Plantas Elevadoras.  
Fuente: Elaboración Propia.

## 5.4 Diseño Abastecimiento Mina Sur

### 5.4.1 Escenario 1: Desalación Directa

Este escenario contempla la extracción y desalinización de la cantidad de agua de mar necesaria para producir 150 [l/s] o 750 [l/s] de agua desalada, según los requerimientos, en la localidad de Patillos, al norte de Puerto Patache. La ubicación específica de la Planta de Tratamiento de Osmosis Inversa a construir se determina procurando que ésta se encuentre en zona costera, lo más cercana posible a la minera a abastecer, evitando sectores demasiado escarpados y/o de difícil acceso. De esta manera, la PTOI correspondiente es ubicada según se presenta en las figuras 5.41 y 5.42.



**Figura 5.41. Ubicación Planta Desaladora Sur.**  
**Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.**



Figura 5.42. Detalle Ubicación Planta Desaladora Sur.  
Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.

La tubería de captación de agua de mar se desarrolla en un trazado de 2,12 [km] de longitud total, con una diferencia de altura desde el nivel del mar hasta la planta desaladora de 61 [m], mientras que la tubería de descarga de salmuera se desarrolla en un trazado total de 2,25 [km].

Para la impulsión del agua desalada desde la planta en Patillos hasta la Mina Sur se define un trazado de 184,5 [km] de longitud, con una diferencia de altura de 4.562 [m], y se modela mediante una tubería de acero y una serie de plantas elevadoras para la elevación del agua producto. Este trazado se presenta en la figura 5.43.

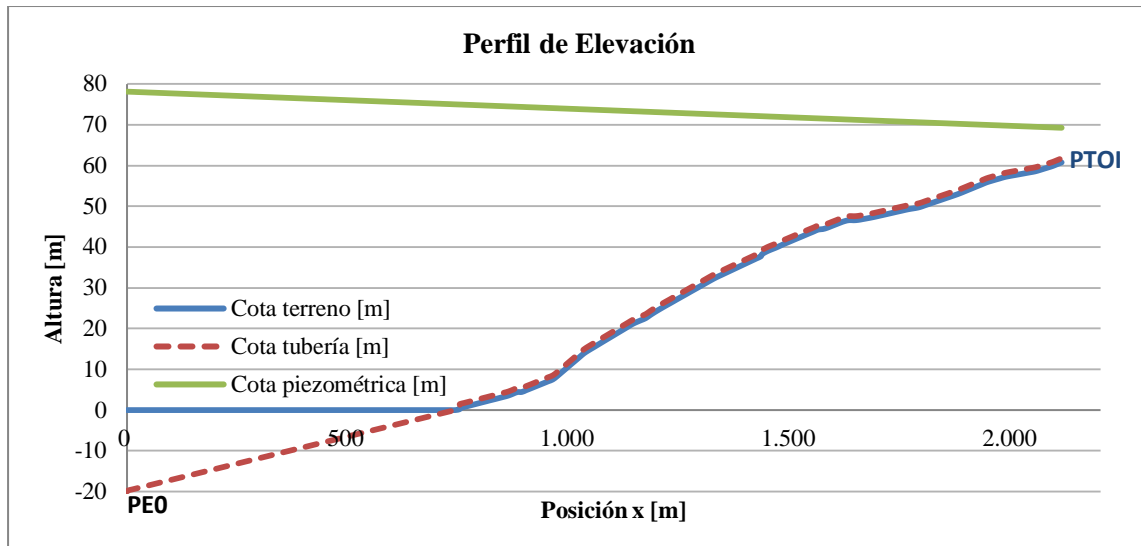


Figura 5.43. Trazado Desalación Sur.  
Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.

### G. Suministro de 150 [l/s]

En el caso de la evaluación de suministro de 150 [l/s], la captación de agua de mar debe ser capaz de portear 334 [l/s], debido a las pérdidas generadas por la producción de salmuera durante el proceso de desalinización. Con eso en consideración se define un

diámetro de tubería de 500 [mm] a lo largo de toda la captación y una única planta elevadora, PE0, diseñada con una altura de elevación de 78 [m], capaz de impulsar el caudal hasta la planta, cubriendo las pérdidas de carga modeladas para el sistema. El esquema de operación se presenta en la figura 5.44.



**Figura 5.44. Perfil de Elevación Captación Desalación Sur 334 [l/s].  
Ubicación e Impulsión de Plantas Elevadoras.  
Fuente: Elaboración Propia.**

Los 184 [l/s] de residuos correspondientes al tratamiento de osmosis inversa son descargados al mar mediante una tubería de 300 [mm] de diámetro, la cual, operando gravitacionalmente, permite la obtención de una carga que supera en 26 [mca] a la presión hidrostática en la salida del tubo.

Continuando con la impulsión del agua desalada hacia las dependencias de la mina, tomando en cuenta el porteo de los 150 [l/s] establecidos, se define un diámetro de tubería de 400 [mm] a lo largo de todo el trazado, y una serie de 11 plantas elevadoras, cuya posición es presentada en la figura 5.45 y 5.46.



**Figura 5.45. Ubicación Plantas Elevadoras 150 [l/s]. Desalación Sur (Tramo 1).  
Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.**

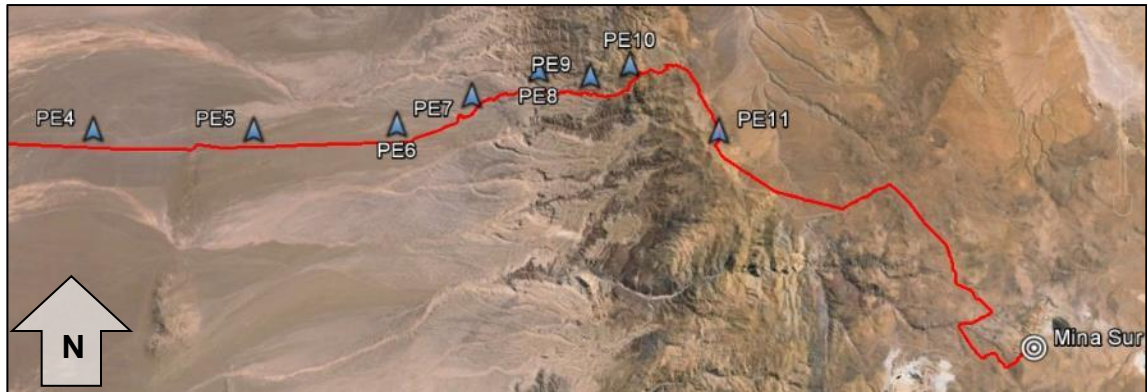


Figura 5.46. Ubicación Plantas Elevadoras 150 [l/s]. Desalación Sur (Tramo 2).  
Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.

El trazado y la operación de las respectivas plantas elevadoras son descritos en la tabla 5.8 y en el esquema presentado en la figura 5.47.

Tabla 5.8. Plantas Elevadoras Desalación Sur 150 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.

Planta Elevadora	Tramo de Impulsión	Longitud Tramo [km]	Altura de Operación [m]
PE1	PTOI Sur - PE2	7,4	498
PE2	PE2 - PE3	19,7	492
PE3	PE3 - PE4	59,5	347
PE4	PE4 - PE5	13,1	500
PE5	PE5 - PE6	11,5	499
PE6	PE6 - PE7	7,1	499
PE7	PE7 - PE8	6,4	490
PE8	PE8 - PE9	4,4	491
PE9	PE9 - PE10	3,8	494
PE10	PE10 - PE11	13,3	487
PE11	PE11 - Mina Sur	38,3	499

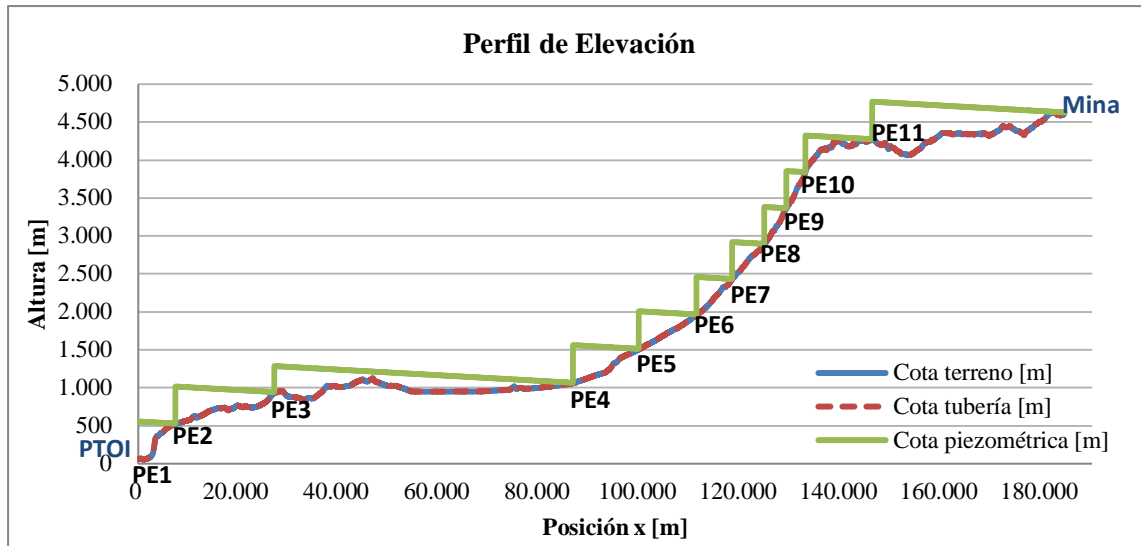


Figura 5.47. Perfil de Elevación Desalación Sur 150 [l/s]. Ubicación e Impulsión de Plantas Elevadoras.  
Fuente: Elaboración Propia.

#### H. Suministro de 750 [l/s]

En el caso de la evaluación de suministro de 750 [l/s], la captación de agua de mar debe ser capaz de portear 1.667 [l/s], debido a las pérdidas adoptadas para el proceso de desalación. Con eso en consideración se define un diámetro de tubería de 1.000 [mm] a lo largo de toda la captación y una única planta elevadora, PE0, diseñada con una altura de elevación de 75 [m], capaz de impulsar el caudal hasta la planta. El esquema de operación se presenta en la figura 5.48.

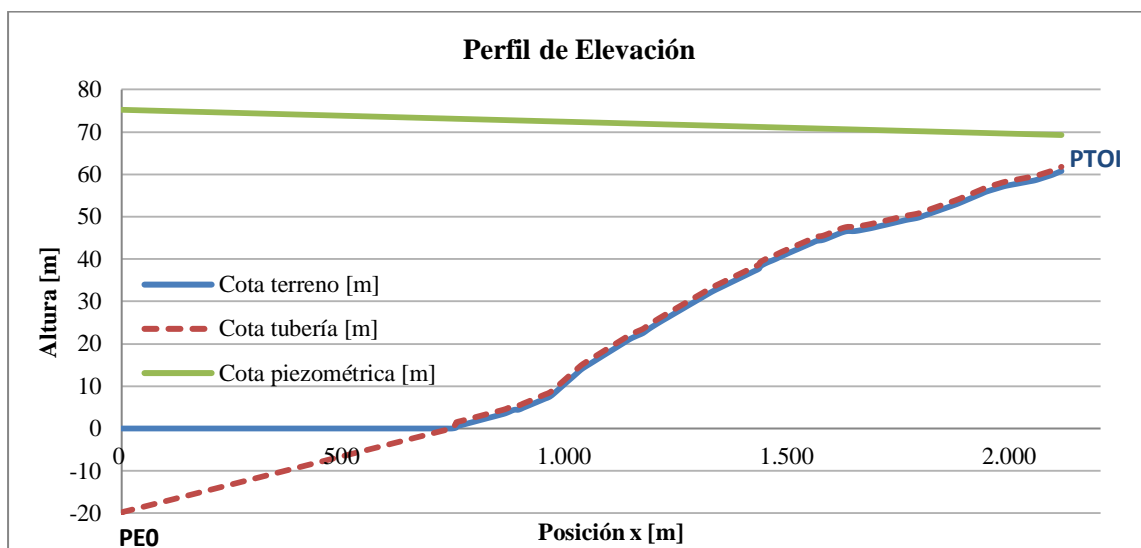


Figura 5.48. Perfil de Elevación Captación Desalación Sur 1667 [l/s]. Ubicación e Impulsión de Plantas Elevadoras.  
Fuente: Elaboración Propia.

Los 917 [l/s] de residuos correspondientes al tratamiento de osmosis inversa son descargados al mar mediante una tubería de 500 [mm] de diámetro, la cual, operando gravitacionalmente, permite la obtención de una carga que supera en 3 [mca] a la presión hidrostática en la salida del tubo.

Continuando con la impulsión del agua desalada hacia las dependencias de la mina, tomando en cuenta el porteo de los 750 [l/s] establecidos, se define un diámetro de tubería de 800 [mm] a lo largo de todo el trazado, y una serie de 11 plantas elevadoras, cuya posición es presentada en la figura 5.49 y 5.50.



**Figura 5.49. Ubicación Plantas Elevadoras 750 [l/s]. Desalación Sur (Tramo 1).**  
Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.

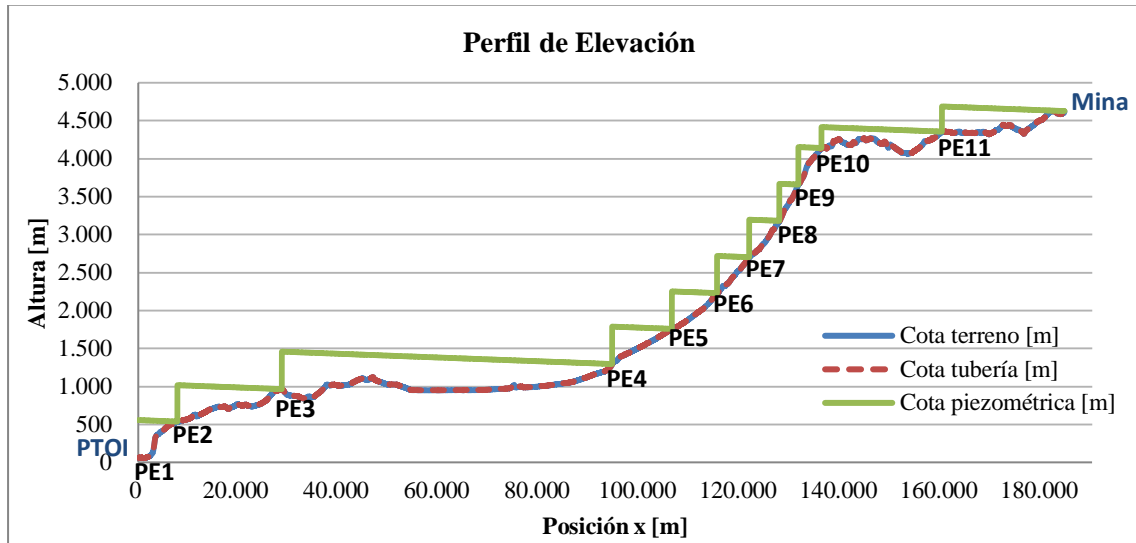


**Figura 5.50. Ubicación Plantas Elevadoras 750 [l/s]. Desalación Sur (Tramo 2).**  
Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.

El trazado y la operación de las respectivas plantas elevadoras son descritos en la tabla 5.9 y en el esquema presentado en la figura 5.51.

**Tabla 5.9. Plantas Elevadoras Desalación Sur 750 [l/s].**  
**Fuente: Elaboración Propia.**

Planta Elevadora	Tramo de Impulsión	Longitud Tramo [km]	Altura de Operación [m]
PE1	PTOI Sur - PE2	7,8	499
PE2	PE2 - PE3	20,8	484
PE3	PE3 - PE4	65,8	498
PE4	PE4 - PE5	11,9	498
PE5	PE5 - PE6	9,0	498
PE6	PE6 - PE7	6,4	494
PE7	PE7 - PE8	6,0	498
PE8	PE8 - PE9	3,8	492
PE9	PE9 - PE10	4,6	498
PE10	PE10 - PE11	24,0	280
PE11	PE11 - Mina Sur	24,4	336



**Figura 5.51. Perfil de Elevación Desalación Sur 750 [l/s]. Ubicación e Impulsión de Plantas Elevadoras.**  
**Fuente: Elaboración Propia.**

#### 5.4.2 Escenario 2: Proyecto SWAP

Este escenario contempla el suministro de la totalidad del caudal definido para el abastecimiento de la Mina Sur utilizando aguas subterráneas extraídas en la localidad de Canchones, en la Pampa del Tamarugal. En la actualidad existe una batería de pozos y las instalaciones necesarias para extraer el caudal demandado, por lo que no se requiere una inversión adicional al respecto. La ubicación del punto de extracción se presenta en las figuras 5.52 y 5.53.



**Figura 5.52. Ubicación Acuífero y Planta Desaladora para Iquique.**  
**Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.**



**Figura 5.53. Detalle Ubicación Acuífero Canchones.**  
**Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.**

Por otra parte, en la actualidad, el acuífero de Carmelo suministra una fracción del agua potable demandada por la ciudad de Iquique, por lo que, en reemplazo de esta fuente, esta alternativa contempla la construcción e implementación de una planta desaladora de agua de mar capaz de abastecer a la ciudad con la misma cantidad de agua entregada a la mina. Esta planta se proyecta al sur de Iquique, específicamente en el sector de Punta Gruesa, en el mismo lugar definido para el proyecto SWAP de la Mina Norte, cuya ubicación se observa en las figuras 5.52 y 5.54.



**Figura 5.54. Detalle Ubicación Planta Desaladora Iquique.**  
**Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.**

Para la impulsión del agua subterránea extraída en Canchones y su transporte hacia la Mina Sur se define un trazado de 140 [km] de longitud, con una diferencia de altura de 3.620 [m], y se modela mediante una tubería de acero y una serie de plantas elevadoras para la elevación del agua producto. Este trazado se presenta en la figura 5.55.



**Figura 5.55. Trazado SWAP Canchones – Mina.**  
**Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.**

En cuanto al nuevo sistema de abastecimiento de Iquique, la tubería de captación de agua de mar se desarrolla en un trazado de 1,25 [km] de longitud total, con una diferencia de altura desde el nivel del mar hasta la planta desaladora de 46 [m], mientras que para el sistema de descarga de salmuera se contempla un trazado de 1,73 [km] de longitud total.

Posterior a la planta, el trazado consiste en una tubería de acero que transporta el caudal desalado en la planta de Punta Gruesa hasta el nuevo Estanque Punta Gruesa a construir en la misma localidad. Esta conducción se diseña con una longitud de 2,3 [km] y una

diferencia de altura de 336 [m], la cual es superada mediante la operación de una única planta elevadora. Este trazado se observa en la figura 5.56.



**Figura 5.56. Trazado SWAP PTOI – Estanque P. Gruesa.**  
**Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.**

Este trazado sólo contempla el traslado del caudal desalado en la planta de Punta Gruesa hasta el estanque proyectado en la misma zona, ya que en la actualidad existe en el sector una tubería disponible, de 600 [mm] de diámetro, capaz de portear gravitacionalmente el recurso desde el nuevo estanque hasta el Estanque Sur ubicado en la ciudad de Iquique, por lo que esta inversión no es necesaria. Esta tubería se presenta en la figura 5.57.



**Figura 5.57. Trazado SWAP Existente.**  
**Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.**

### I. Suministro de 150 [l/s]

Para el tramo de impulsión a la Mina Sur desde el punto de extracción en Canchones, en el caso de evaluación de suministro de 150 [l/s], se define un diámetro de tubería de 300 [mm] a lo largo de todo el trazado, y una serie de 12 plantas elevadoras, cuya posición es presentada en las figura 5.58 y 5.59.



Figura 5.58. Ubicación Plantas Elevadoras 150 [l/s]. SWAP Sur (Carmelo – Mina Tramo 1).  
Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.

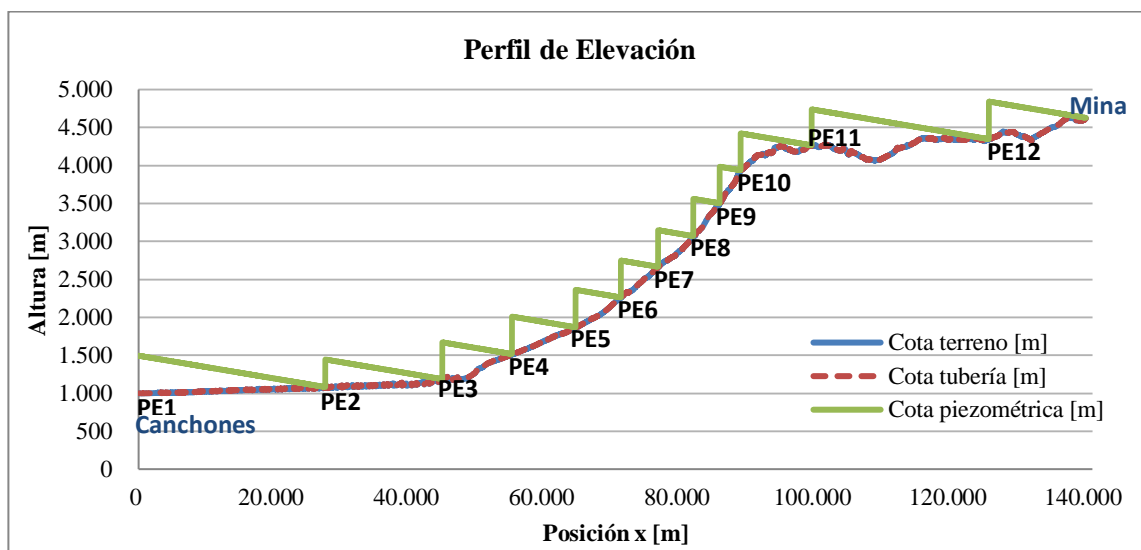


Figura 5.59. Ubicación Plantas Elevadoras 150 [l/s]. SWAP Sur (Carmelo – Mina Tramo 2).  
Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.

El trazado y la operación de las respectivas plantas elevadoras son descritos en la tabla 5.10 y en el esquema presentado en la figura 5.60.

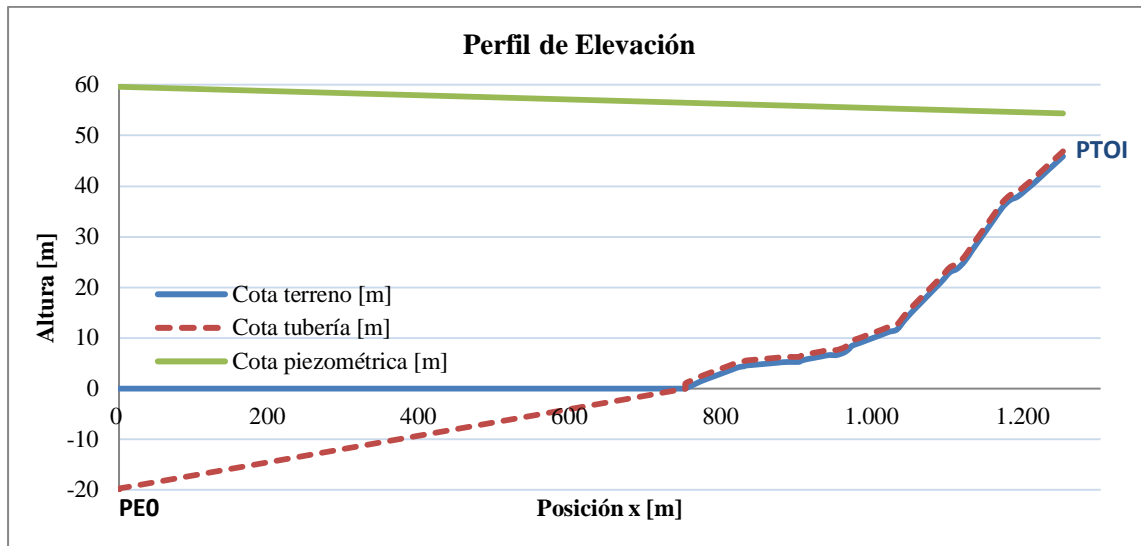
**Tabla 5.10. Plantas Elevadoras SWAP Sur (Canchones – Mina) 150 [l/s].**  
**Fuente: Elaboración Propia.**

Planta Elevadora	Tramo de Impulsión	Longitud Tramo [km]	Altura de Operación [m]
PE1	Canchones - PE2	27,6	495
PE2	PE2 - PE3	17,3	368
PE3	PE3 - PE4	10,3	494
PE4	PE4 - PE5	9,4	498
PE5	PE5 - PE6	6,7	497
PE6	PE6 - PE7	5,5	491
PE7	PE7 - PE8	5,2	487
PE8	PE8 - PE9	3,9	495
PE9	PE9 - PE10	3,1	486
PE10	PE10 - PE11	10,5	490
PE11	PE11 - PE12	26,2	478
PE12	PE12 - Mina Sur	14,3	499



**Figura 5.60. Perfil de Elevación SWAP Sur (Canchones – Mina) 150 [l/s].**  
**Ubicación e Impulsión de Plantas Elevadoras.**  
**Fuente: Elaboración Propia.**

En la sección de abastecimiento de la ciudad, en el caso de la evaluación de suministro de 150 [l/s], la captación de agua de mar debe ser capaz de portear 334 [l/s], debido a las pérdidas generadas por la producción de salmuera durante el proceso de desalinización. Con eso en consideración se define un diámetro de tubería de 500 [mm] a lo largo de toda la captación y una única planta elevadora, PE0, diseñada con una altura de elevación de 59 [m], capaz de impulsar el caudal hasta la planta, cubriendo las pérdidas de carga modeladas para el sistema. El esquema de operación se presenta en la figura 5.61.



**Figura 5.61. Perfil de Elevación SWAP Sur (Captación Iquique) 334 [l/s].  
 Ubicación e Impulsión de Plantas Elevadoras.  
 Fuente: Elaboración Propia.**

Los 184 [l/s] de residuos correspondientes al tratamiento de osmosis inversa son descargados al mar mediante una tubería de 300 [mm] de diámetro, la cual, operando gravitacionalmente, permite la obtención de una carga que supera en 20 [mca] a la presión hidrostática en la salida del tubo.

Luego de la planta desaladora, tomando en cuenta el porteo de los 150 [l/s] establecidos, se define un diámetro de tubería de 300 [mm] a lo largo de todo el trazado comprendido entre la Planta Desaladora en Punta Gruesa y el estanque del mismo nombre. Además se considera solamente una planta elevadora ubicada en las dependencias de dicha planta de tratamiento. El trazado con la planta elevadora se presenta en la figura 5.62.



**Figura 5.62. Ubicación Planta Elevadora 150 [l/s]. SWAP Sur (PTOI – Estanque P. Gruesa).  
 Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.**

En este tramo, la Planta Elevadora A (PE.A), ubicada en las dependencias de la Planta de Tratamiento de Osmosis Inversa de Punta Gruesa, se diseña con una altura de elevación de 352 [m] para impulsar el caudal por un trayecto de 2,3 [km] de longitud

hasta el estanque Punta Gruesa de 10.000 [m<sup>3</sup>] de capacidad. El esquema representativo se observa en la figura 5.63.

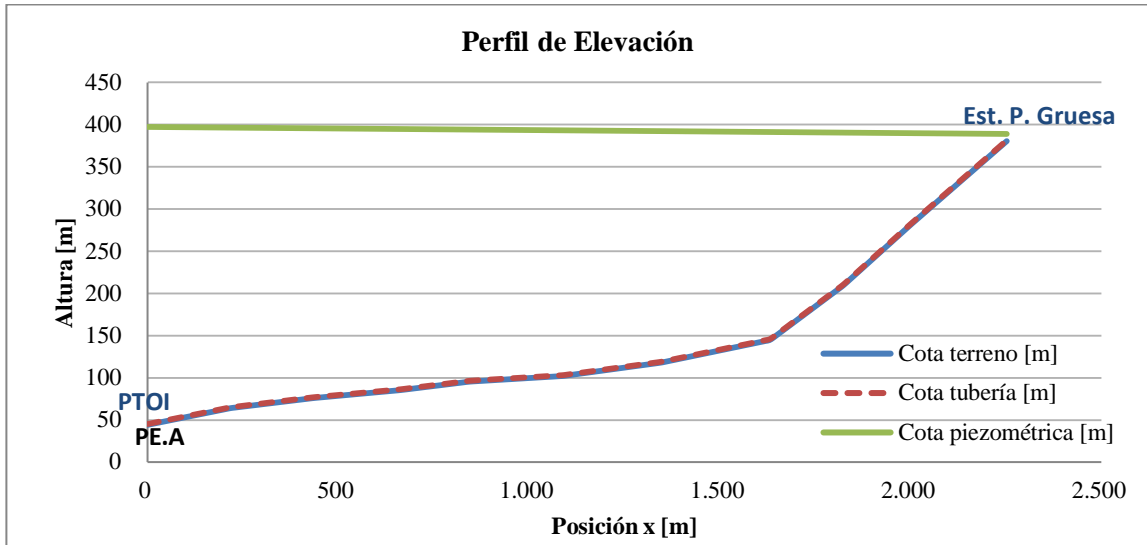


Figura 5.63. Perfil de Elevación SWAP Sur (PTOI – Estanque P. Gruesa) 150 [l/s].  
Ubicación e Impulsión de Planta Elevadora.  
Fuente: Elaboración Propia.

También se verifica que la capacidad de porteo gravitacional de la tubería existente sea suficiente para transportar el caudal requerido desde el Estanque Punta Gruesa hasta el Estanque Sur en la ciudad de Iquique. Así se observa que, con los 600 [mm] de diámetro que posee la tubería, el agua es capaz de llegar al Estanque Sur con una presión de 195 [mca], mientras que un diseño óptimo requeriría de un diámetro de solamente 300 [mm]. El esquema representativo se presenta en la figura 5.64.

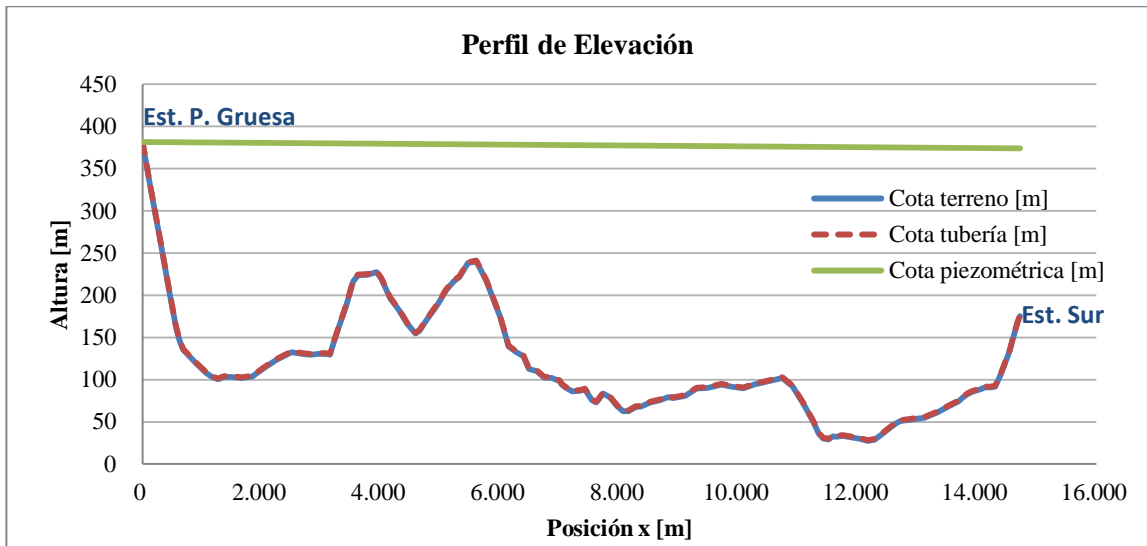


Figura 5.64. Perfil de Elevación SWAP Sur (Estanque P. Gruesa – Estanque Sur) 150 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.

### J. Suministro de 750 [l/s]

Para el tramo de impulsión a la Mina Sur desde el punto de extracción en Canchones, en el caso de evaluación de suministro de 750 [l/s], se define un diámetro de tubería de 800 [mm] a lo largo de todo el trazado, y una serie de 9 plantas elevadoras, cuya posición es presentada en las figuras 5.65 y 5.66.

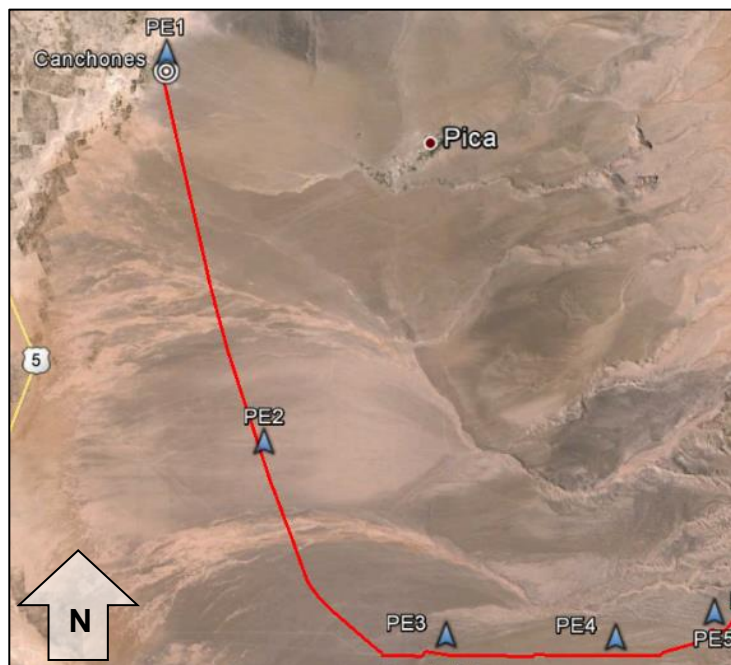


Figura 5.65. Ubicación Plantas Elevadoras 750 [l/s]. SWAP Sur (Canchones – Mina Tramo 1).  
Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.

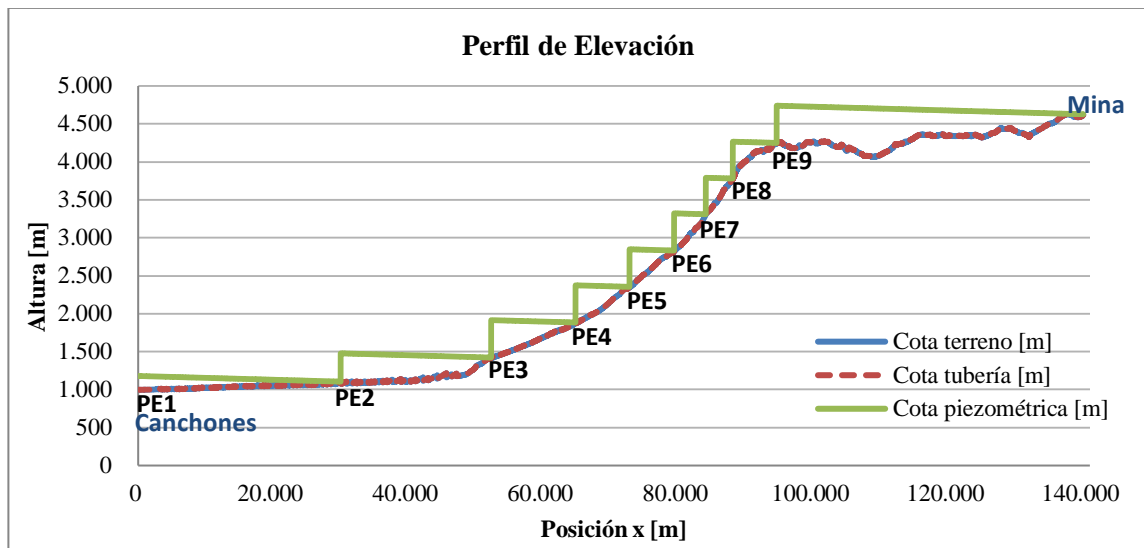


Figura 5.66. Ubicación Plantas Elevadoras 750 [l/s]. SWAP Sur (Canchones – Mina Tramo 2).  
Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.

El trazado y la operación de las respectivas plantas elevadoras son descritos en la tabla 5.11 y en el esquema presentado en la figura 5.67.

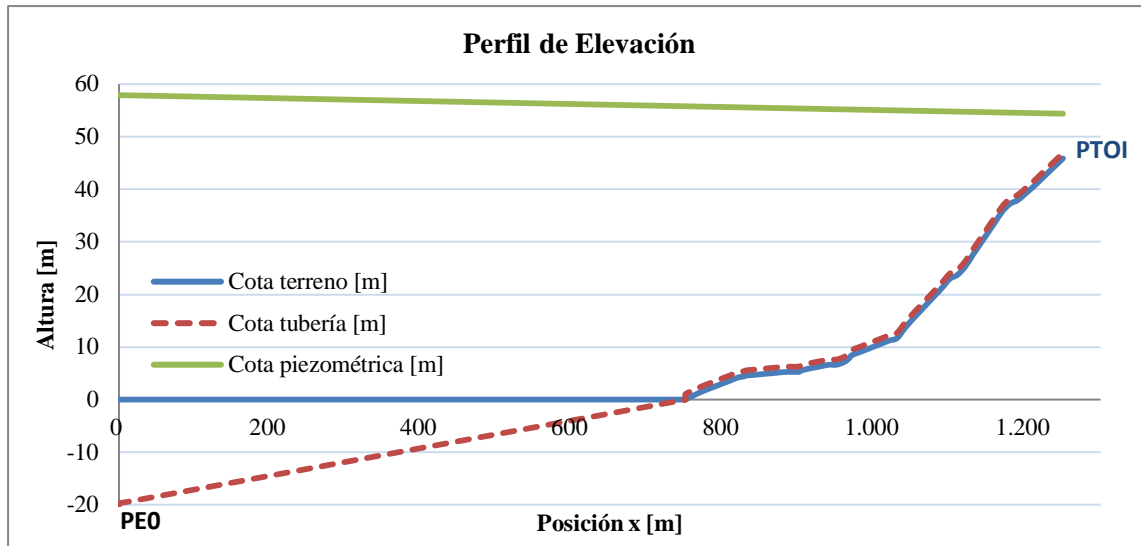
**Tabla 5.11. Plantas Elevadoras SWAP Sur (Canchones – Mina) 750 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

Planta Elevadora	Tramo de Impulsión	Longitud Tramo [km]	Altura de Operación [m]
PE1	Canchones - PE2	30,0	180
PE2	PE2 - PE3	22,3	377
PE3	PE3 - PE4	12,5	497
PE4	PE4 - PE5	8,0	494
PE5	PE5 - PE6	6,6	499
PE6	PE6 - PE7	4,7	494
PE7	PE7 - PE8	4,0	485
PE8	PE8 - PE9	6,5	490
PE9	PE9 - Mina Sur	45,4	495



**Figura 5.67. Perfil de Elevación SWAP Sur (Canchones – Mina) 750 [l/s].**  
Ubicación e Impulsión de Plantas Elevadoras.  
Fuente: Elaboración Propia.

En la sección de abastecimiento de la ciudad, en el caso de la evaluación de suministro de 750 [l/s], la captación de agua de mar debe ser capaz de portear 1.667 [l/s], debido a las pérdidas adoptadas para el proceso de desalación. Con eso en consideración, se define un diámetro de tubería de 1.000 [mm] a lo largo de toda la captación y una única planta elevadora, PE0, diseñada con una altura de elevación de 57 [m], capaz de impulsar el caudal hasta la planta. El esquema de operación se presenta en la figura 5.68.



**Figura 5.68. Perfil de Elevación SWAP Sur (Captación Iquique) 1667 [l/s].  
 Ubicación e Impulsión de Plantas Elevadoras.  
 Fuente: Elaboración Propia.**

Los 917 [l/s] de residuos correspondientes al tratamiento de osmosis inversa son descargados al mar mediante una tubería de 500 [mm] de diámetro, la cual, operando gravitacionalmente, permite la obtención de una carga que supera en 2 [mca] a la presión hidrostática en la salida del tubo.

Luego de la planta desaladora, tomando en cuenta el porteo de los 750 [l/s] establecidos, se define un diámetro de tubería de 700 [mm] a lo largo de todo el trazado comprendido entre la Planta Desaladora en Punta Gruesa y el estanque del mismo nombre. Además se considera solamente una planta elevadora ubicada en las dependencias de la planta de tratamiento. El trazado con la planta elevadora se presenta en la figura 5.69.



**Figura 5.69. Ubicación Planta Elevadora 750 [l/s]. SWAP Sur (PTOI – Estanque P. Gruesa).  
 Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.**

En este tramo, la Planta Elevadora A (PE.A), ubicada en las dependencias de la Planta de Tratamiento de Osmosis Inversa de Punta Gruesa, se diseña con una altura de elevación de 355 [m] para impulsar el caudal por un trayecto de 2,3 [km] de longitud

hasta el estanque Punta Gruesa de 10.000 [m<sup>3</sup>] de capacidad. El esquema representativo se observa en la figura 5.70.

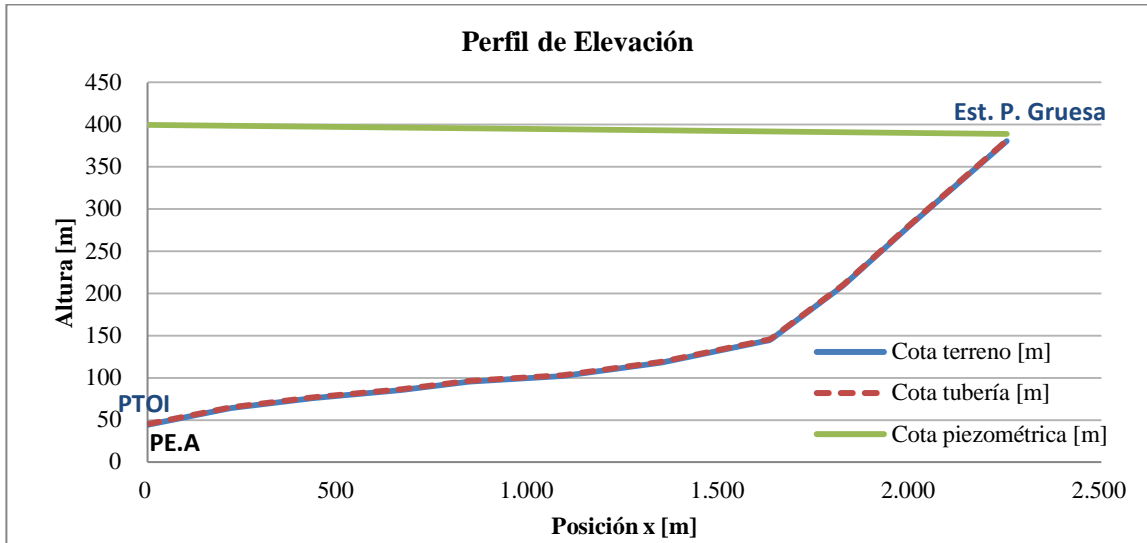


Figura 5.70. Perfil de Elevación SWAP Sur (PTOI – Estanque P. Gruesa) 750 [l/s].  
Ubicación e Impulsión de Planta Elevadora.  
Fuente: Elaboración Propia.

También se verifica que la capacidad de porteo gravitacional de la tubería existente sea suficiente para transportar el caudal requerido desde el Estanque Punta Gruesa hasta el Estanque Sur en la ciudad de Iquique. Así se observa que, con los 600 [mm] de diámetro que posee la tubería, el agua es capaz de llegar al Estanque Sur con una presión de 55 [mca], correspondiendo éste a un diseño óptimo. El esquema representativo se presenta en la figura 5.71.

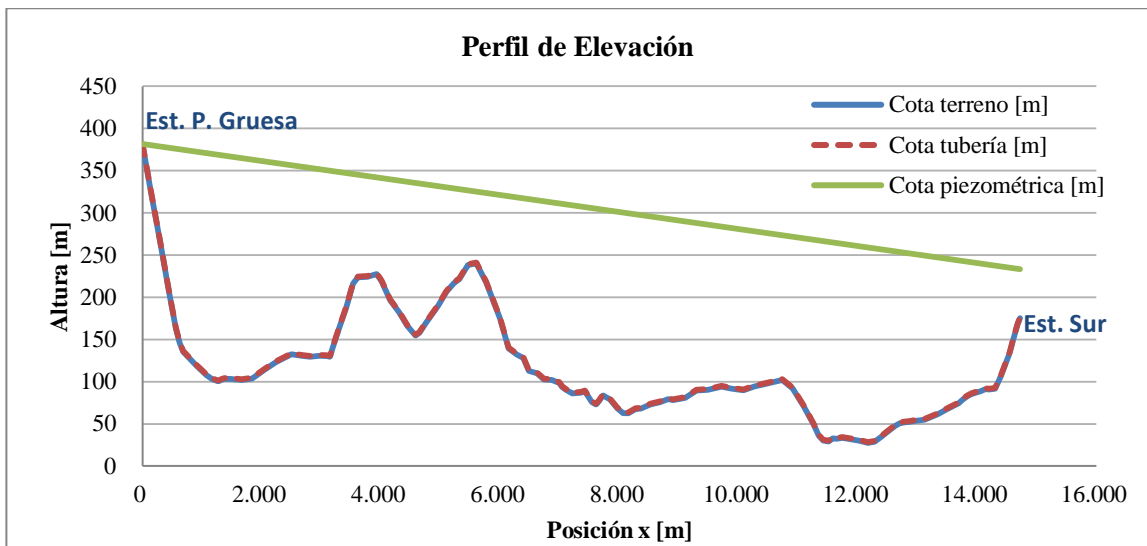


Figura 5.71. Perfil de Elevación SWAP Sur (Estanque P. Gruesa – Estanque Sur) 750 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.

### 5.4.3 Escenario 3: Aguas Servidas Tratadas

Esta alternativa contempla la construcción e implementación de una nueva planta de tratamiento de aguas servidas ubicada hacia el interior de Alto Hospicio, capaz de sanear la totalidad del caudal a suministrar a la minera. Las aguas servidas a tratar corresponden a las acumuladas actualmente en las lagunas estabilizadoras de Alto Hospicio, sin embargo, en caso de que la disponibilidad de estas aguas no sea suficiente, se considera además el uso de las aguas servidas de Iquique, las cuales son dispuestas, en la actualidad, en el emisario submarino de Playa Brava.

La construcción de la nueva planta de tratamiento de aguas servidas se proyecta en las cercanías de un camino interior que une Alto Hospicio con antiguas oficinas salitreras, procurando que ésta se ubique en una zona apartada de la población, con objeto de prevenir posibles conflictos por emanación de olores o similares. Su ubicación específica se presenta en las figuras 5.72 y 5.73.



Figura 5.72. Ubicación Planta de Tratamiento de Aguas Servidas Sur.  
Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.



**Figura 5.73. Detalle Ubicación Planta de Tratamiento de Aguas Servidas Sur.**  
**Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.**

Para la impulsión de las aguas servidas desde las lagunas estabilizadoras de Alto Hospicio hasta la nueva planta de tratamiento y posteriormente hasta la Mina Norte se define un trazado de 202 [km] de longitud, con una diferencia de altura de 4.100 [m], y se modela mediante una tubería de acero y una serie de plantas elevadoras para la elevación del agua producto. Este trazado se presenta en la figura 5.74.



**Figura 5.74. Trazado Aguas Servidas Sur.**  
**Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.**

### K. Suministro de 150 [l/s]

Para evaluar el suministro de 150 [l/s], se define un diámetro de tubería de 400 [mm] a lo largo de todo el trazado, y una serie de 10 plantas elevadoras, cuya posición es presentada en las figuras 5.75 y 5.76.



Figura 5.75. Ubicación Plantas Elevadoras 150 [l/s]. Aguas Servidas Sur (Tramo 1).  
Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.



Figura 5.76. Ubicación Plantas Elevadoras 150 [l/s]. Aguas Servidas Sur (Tramo 2).  
Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.

El trazado y la operación de las respectivas plantas elevadoras son descritos en la tabla 5.12 y en el esquema presentado en la figura 5.77.

Tabla 5.12. Plantas Elevadoras Aguas Servidas Sur 150 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.

Planta Elevadora	Tramo de Impulsión	Longitud Tramo [km]	Altura de Operación [m]
PE1	Lagunas A. H. - PTAS Sur	14,7	472
PE2	PTAS Sur - PE3	81,2	500
PE3	PE3 - PE4	20,3	500
PE4	PE4 - PE5	11,8	500
PE5	PE5 - PE6	7,4	500
PE6	PE6 - PE7	6,4	500
PE7	PE7 - PE8	4,6	500
PE8	PE8 - PE9	4,0	499
PE9	PE9 - PE10	13,3	500
PE10	PE10 - Mina Sur	38,4	499

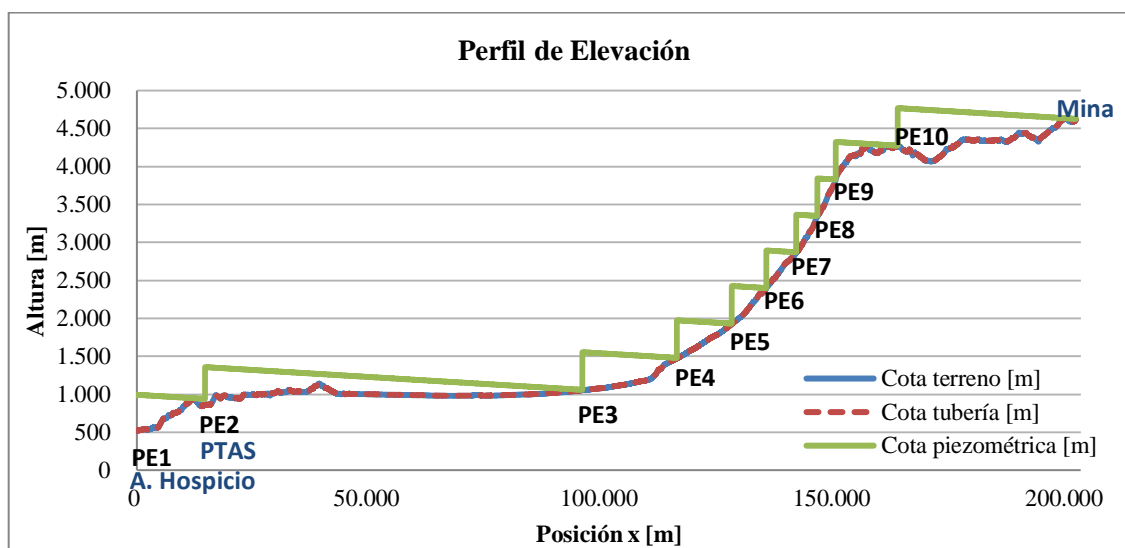


Figura 5.77. Perfil de Elevación Aguas Servidas Sur 150 [l/s]. Ubicación e Impulsión de Plantas Elevadoras.  
Fuente: Elaboración Propia.

### L. Suministro de 750 [l/s]

Para evaluar el suministro de 750 [l/s], resulta necesaria la utilización de aguas servidas provenientes de Iquique, ya que la disponibilidad del recurso en Alto Hospicio alcanza solamente los 150 [l/s]. Para esto se considera el mismo trazado diseñado para el escenario de uso de aguas servidas para el suministro de la Mina Norte. Este corresponde a un trazado de 6,4 [km] de longitud, con una diferencia de altura de 511 [m], y se modela mediante una tubería de acero y una serie de plantas elevadoras para la elevación de las aguas servidas hasta un nuevo estanque a construir en las inmediaciones de las lagunas estabilizadoras de Alto Hospicio. Este trazado se presenta en la figura 5.78.



**Figura 5.78. Trazado Aguas Servidas Iquique.**  
**Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.**

Para evaluar el suministro de los 600 [l/s] requeridos desde Playa Brava, se define un diámetro de tubería de 600 [mm] a lo largo de todo el trazado, y una serie de 2 plantas elevadoras, cuya posición es presentada en la figura 5.79.



**Figura 5.79. Ubicación Plantas Elevadoras 600 [l/s]. Aguas Servidas Iquique.**  
**Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.**

El trazado y la operación de las respectivas plantas elevadoras son descritos en la tabla 5.13 y en el esquema presentado en la figura 5.80.

**Tabla 5.13. Plantas Elevadoras Aguas Servidas Iquique 600 [l/s].**  
**Fuente: Elaboración Propia.**

Planta Elevadora	Tramo de Impulsión	Longitud Tramo [km]	Altura de Operación [m]
PE1	Playa Brava - PE2	2,8	97
PE2	PE2 - Lagunas A. H.	3,6	469

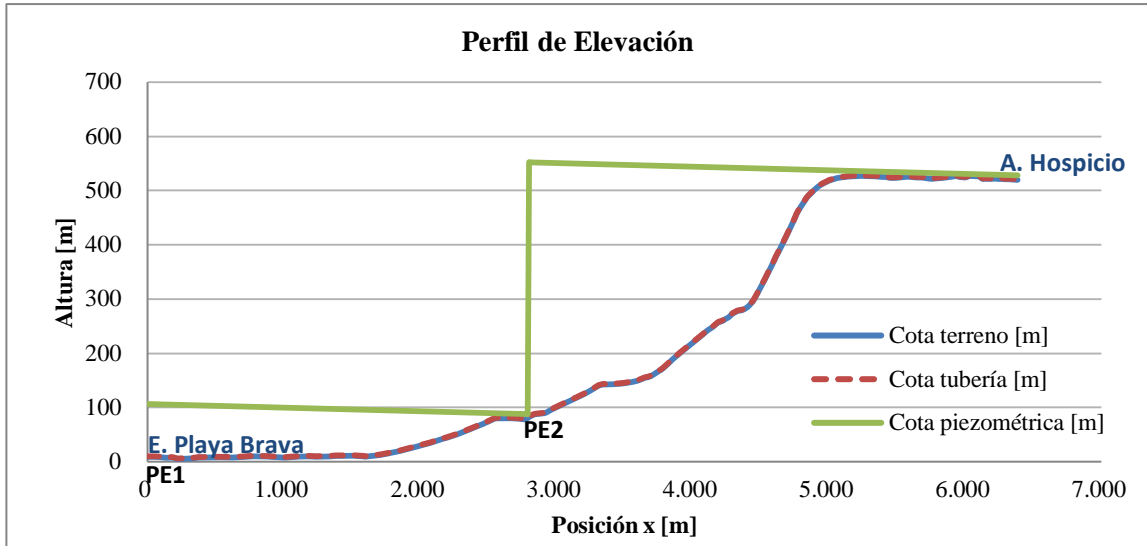


Figura 5.80. Perfil de Elevación Aguas Servidas Iquique 600 [l/s]. Ubicación e Impulsión de Plantas Elevadoras. Fuente: Elaboración Propia.

Continuando con el transporte de las aguas servidas, para impulsar en conjunto las aguas de Iquique y las de Alto Hospicio (750 [l/s] en total), se define un diámetro de tubería de 800 [mm] a lo largo de todo el trazado, y una serie de 10 plantas elevadoras, cuya posición es presentada en las figuras 5.81 y 5.82.

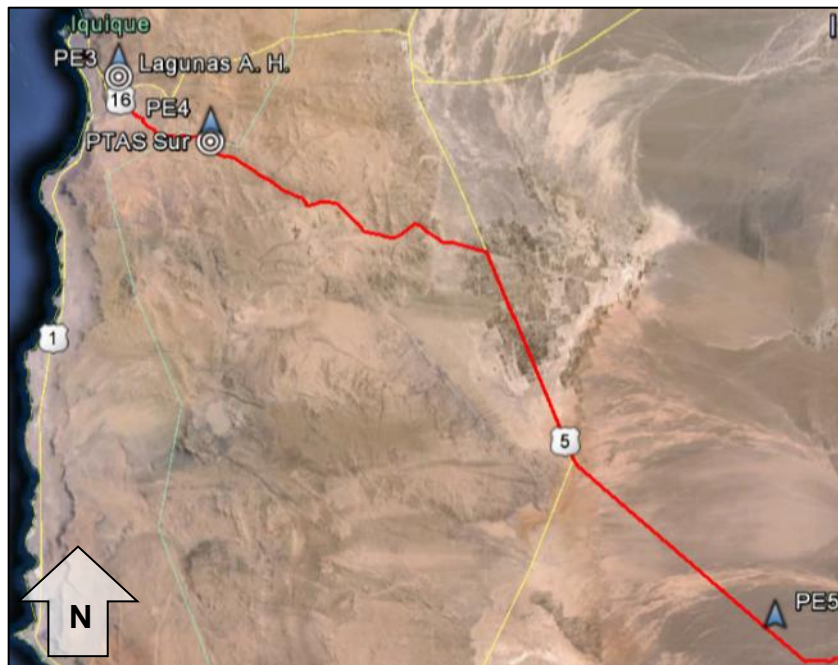


Figura 5.81. Ubicación Plantas Elevadoras 750 [l/s]. Aguas Servidas Sur (Tramo 1). Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.



**Figura 5.82. Ubicación Plantas Elevadoras 750 [l/s]. Aguas Servidas Sur (Tramo 2).**  
**Fuente: Elaboración Propia en Google Earth.**

El trazado y la operación de las respectivas plantas elevadoras son descritos en la tabla 5.14 y en el esquema presentado en la figura 5.83.

**Tabla 5.14. Plantas Elevadoras Aguas Servidas Sur 750 [l/s].**  
**Fuente: Elaboración Propia.**

<b>Planta Elevadora</b>	<b>Tramo de Impulsión</b>	<b>Longitud Tramo [km]</b>	<b>Altura de Operación [m]</b>
PE3	Lagunas A. H. - PTAS Sur	14,7	457
PE4	PTAS Sur - PE5	90,3	499
PE5	PE5 - PE6	14,4	497
PE6	PE6 - PE7	11,0	495
PE7	PE7 - PE8	6,6	492
PE8	PE8 - PE9	6,3	495
PE9	PE9 - PE10	4,4	493
PE10	PE10 - PE11	3,4	487
PE11	PE11 - PE12	25,4	419
PE12	PE12 - Mina Sur	25,5	395

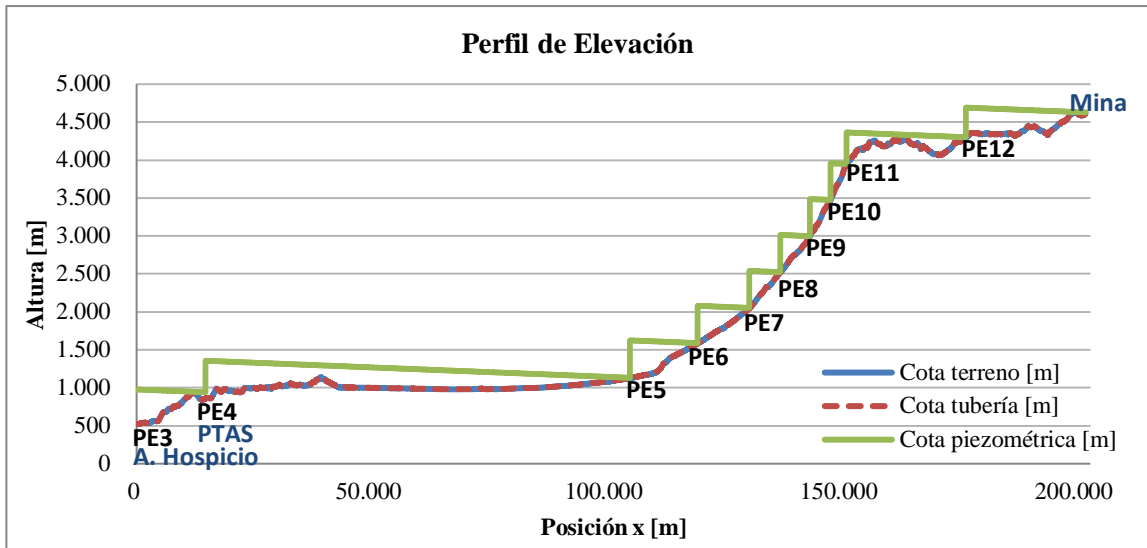


Figura 5.83. Perfil de Elevación Aguas Servidas Sur 750 [l/s]. Ubicación e Impulsión de Plantas Elevadoras.  
Fuente: Elaboración Propia.

## **6 Evaluación Económica**

La evaluación desarrollada corresponde a una estimación de los costos requeridos para construir y operar la infraestructura necesaria para suministrar una cantidad específica de agua a una minera referencial, durante un período de tiempo determinado, mediante las diferentes alternativas de abastecimiento propuestas. De esta manera, el objetivo de este estudio es comparar los costos totales referentes a cada una de estas alternativas y así determinar, en cada caso, cuál de ellas resulta más conveniente.

En este contexto, es probable que los criterios y fuentes de información consideradas puedan presentar diferencias respecto de los actuales valores de mercado, y por lo tanto, no resulten útiles para la preparación de valorizaciones detalladas, sin embargo estas pequeñas variaciones no debiesen modificar sustancialmente la relación obtenida entre las valorizaciones finales de las distintas alternativas, cuya comparación es el principal objetivo de esta evaluación.

Teniendo en cuenta lo anterior, los parámetros referenciales para la ejecución de este estudio son los propuestos a continuación.

### **6.1 Parámetros Generales para la Evaluación**

La evaluación económica desarrollada corresponde al cálculo del valor actual de costos (VAC), que incluye los costos iniciales de inversión, además de las reinversiones y costos de operación y mantenimiento necesarios para el correcto funcionamiento de las instalaciones a lo largo del tiempo.

El cociente entre este monto actualizado y el valor actual del volumen producido en el período de análisis, permite estimar el valor unitario del agua en cada uno de los escenarios propuestos.

El desarrollo de la evaluación se lleva a cabo siguiendo las directrices señaladas a continuación:

- Se considera un horizonte de operación de 20 años.
- La tasa de descuento adoptada corresponde al 10%.
- Debido a mantenciones e interrupciones en la operación de los sistemas, se considera un factor de uso del 90%.

#### **6.1.1 Consideraciones para la determinación de los costos de inversión**

La valorización de los distintos escenarios se realiza a nivel de pre-factibilidad, considerando precios obtenidos de estudios tarifarios desarrollados por Aguas del Altiplano (Aguas del Altiplano, 2011), Aguas Antofagasta (Aguas Antofagasta, 2009) y

Aguas Araucanía (Aguas Araucanía, 2009), además de valores referenciales de obras y curvas de costos utilizados por la sanitaria Aguas Nuevas y otras empresas del rubro para la evaluación de proyectos.

Los principales valores, criterios y supuestos considerados en cada partida, se resumen a continuación:

### ***A. Criterios para Inversión en Plantas Desaladoras***

A partir de los datos recabados en el último estudio tarifario de la empresa Aguas Antofagasta, se desarrolla una regresión lineal de costos que permite estimar la inversión necesaria para la implementación de una planta de osmosis inversa, considerando como único dato de entrada la magnitud del caudal a producir. Esta regresión corresponde a la ecuación 6.1, presentada a continuación:

$$Inv_{PTOI} [US\$] = 105.446 * Q_{prod} [l/s] + 2.000.000 \quad (6.1)$$

Por medio de esta regresión, válida para el rango de caudales en análisis, se estiman los costos de inversión necesarios para el desarrollo de las distintas plantas desaladoras consideradas en la evaluación. Estos costos se presentan en la tabla 6.1.

**Tabla 6.1. Costos de Inversión de Plantas Desaladoras.  
Fuente: Elaboración Propia.**

<b>Caudal producido [l/s]</b>	<b>Costo de Planta [US\$]</b>
150	17.816.900
750	81.084.500

### ***B. Criterios para Inversión en Sondajes***

La inversión en instalaciones y obras necesarias para la extracción de agua en el escenario del proyecto SWAP ya ha sido realizada por la sanitaria Aguas del Altiplano para la prestación de sus servicios. Por lo tanto, los costos de inversión referentes a la extracción de agua, ya sea desde Carmelo como desde Canchones, no son considerados para el desarrollo de la evaluación económica.

### ***C. Criterios para Inversión en Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas***

Tomando en consideración la información presentada en los estudios tarifarios de las sanitarias Aguas del Altiplano y Aguas Araucanía, y teniendo en cuenta las características que deben poseer las plantas de tratamiento para cumplir con las exigencias presentadas en este análisis (tratamiento secundario con lodos activados), se determina una regresión lineal que permite estimar la inversión necesaria para la implementación de una planta de tratamiento de aguas servidas, considerando como

único dato de entrada la magnitud del caudal a sanear. Esta regresión corresponde a la ecuación 6.2, presentada a continuación:

$$Inv_{PTAS} [US\$] = 38.449 * Q_{tratado} [l/s] + 2.000.000 \quad (6.2)$$

Por medio de esta regresión, válida para el rango de caudales en análisis, se estiman los costos de inversión necesarios para el desarrollo de las distintas plantas de tratamiento de aguas servidas consideradas en el análisis. Estos costos se presentan en la tabla 6.2.

**Tabla 6.2. Costos de Inversión de Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas.**  
Fuente: Elaboración Propia.

Caudal tratado [l/s]	Costo de Planta [US\$]
150	7.767.350
750	30.836.750

Además, por concepto de implementación de un monorelleno necesario para secar, almacenar y/o disponer los lodos activados, se considera una inversión fija presentada en la tabla 6.3.

**Tabla 6.3. Costos de Inversión de Monorelleno.**  
Fuente: Evaluación preliminar desarrollada por Aguas Nuevas.

Costo de Monorelleno [US\$]
6.000.000

#### ***D. Criterios para Inversión en Conducciones***

El costo unitario de las conducciones se determina a partir de los antecedentes recabados en los estudios tarifarios de las sanitarias Aguas del Altiplano y Aguas Antofagasta.

En el diseño de las distintas alternativas a evaluar se consideran tuberías de diferentes materiales para el desarrollo de las conducciones, cada uno con sus respectivos valores calculados de manera independiente. Además, en caso de ser necesario, se establecen costos diferenciados de acuerdo a las presiones de trabajo de cada una de las tuberías, requiriéndose mayores espesores al operar con presiones elevadas.

Para cada material, se determina una regresión lineal que permite estimar la inversión necesaria, por cada metro lineal de tubería instalada, considerando como único dato de entrada el diámetro interno de las tuberías.

A partir de estos antecedentes se construye una curva de costos, donde el costo unitario de las tuberías de acero capaces de soportar presiones menores a 500 [mca] se estima utilizando la ecuación 6.3.

$$Inv_{acero < 500 [mca]} [US\$/m] = 1,5584 * D_{tubería} [mm] - 239,85 \quad (6.3)$$

Para determinar el valor de las tuberías de acero capaces de soportar presiones mayores o iguales a 500 [mca] se aplica a la ecuación anterior un factor igual a 1,36, el cual se determina a partir de la comparación de los costos considerados en evaluaciones de proyectos desarrolladas por Aguas del Altiplano.

Por medio de la ecuación 6.3, y considerando el factor calculado para el costeo de tuberías de mayor espesor, se estiman los costos de inversión necesarios para la instalación de un metro lineal de tubería de acero en la Región de Tarapacá. Estos costos se presentan en la tabla 6.4.

**Tabla 6.4. Costos de Inversión en Conducciones de Acero.**  
Fuente: Elaboración Propia.

<b>Diámetro [mm]</b>	<b>Precio unitario [US\$/m] (hasta 500 [mca])</b>	<b>Precio unitario [US\$/m] (sobre 500 [mca])</b>
300	228	310
400	384	522
500	539	734
600	695	945
700	851	1.157
800	1.007	1.369
900	1.163	1.581
1.000	1.319	1.793

Con los mismos antecedentes base, el costo unitario de las tuberías de HDPE capaces de soportar presiones de hasta 100 [mca] se estima utilizando la ecuación 6.4.

$$Inv_{HDPE < 100 [mca]} [US\$/m] = 1,0899 * D_{tubería} [mm] - 49,264 \quad (6.4)$$

Por medio de la ecuación presentada se estiman los costos de inversión necesarios para la instalación de un metro lineal de tubería de HDPE. Estos costos se presentan en la tabla 6.5.

**Tabla 6.5 . Costos de Inversión en Conducciones de HDPE.**  
Fuente: Elaboración Propia.

<b>Diámetro [mm]</b>	<b>Precio unitario [US\$/m] (hasta 100 [mca])</b>
300	278
400	387
500	496
600	605
700	714
800	823
900	932
1.000	1.041

Las obras correspondientes a captaciones y descargas de agua desde y hacia al mar se costean como emisarios submarinos, cuyo costo unitario se estima por medio de la ecuación 6.5.

$$Inv_{ES} [US\$/m] = 7,1679 * D_{tubería} [mm] - 482,93 \quad (6.5)$$

Considerando la ecuación presentada se estiman los costos de inversión necesarios para la instalación de un metro lineal de emisario submarino (para captaciones de agua de mar y descargas de salmuera). Estos costos se presentan en la tabla 6.6.

**Tabla 6.6. Costos de Inversión en Emisarios Submarinos.**  
Fuente: Elaboración Propia.

<b>Diámetro [mm]</b>	<b>Precio unitario [US\$/m]</b>
300	1.667
400	2.384
500	3.101
600	3.818
700	4.535
800	5.251
900	5.968
1.000	6.685

Para condiciones de instalación específicas y complejas, como conducciones en alta pendiente (mayores o iguales a 22,5°) y emplazamientos en zonas urbanas con presencia de interferencias y pavimentos, se consideran precios unitarios mayores a los descritos. Según evaluaciones de proyectos desarrolladas por Aguas del Altiplano, se define un factor de amplificación igual a 1,5 en el primer caso (alta pendiente) e igual a 2,0 en el segundo (zonas urbanas).

### ***E. Criterios para Inversión en Plantas Elevadoras***

El costo de los sistemas de elevación de agua se determina a partir de antecedentes recabados en los estudios tarifarios de Aguas del Altiplano y Aguas Antofagasta. Tomando en cuenta estos datos, y dependiendo de las condiciones del agua a impulsar, se determinan diferentes regresiones lineales que permiten estimar la inversión necesaria para la construcción e implementación de las distintas plantas elevadoras proyectadas, considerando como dato de entrada la potencia requerida por el sistema de elevación.

La inversión correspondiente a las plantas elevadoras de agua potable se estima mediante la ecuación 6.6.

$$Inv_{PEAP} [US\$] = 2.194,9 * P_{requerida} [kW] + 71.768 \quad (6.6)$$

Mientras que la inversión correspondiente a las plantas elevadoras de aguas servidas se estima mediante la ecuación 6.7.

$$Inv_{PEAS} [US\$] = 2.720,5 * P_{requerida} [kW] + 139.012 \quad (6.7)$$

Con respecto a las plantas elevadoras de agua de mar, no se presenta información en los estudios tarifarios mencionados ni en otras fuentes de información. Debido a esto, y teniendo en cuenta que en el rango de operación de las plantas elevadoras evaluadas, las PEAS son aproximadamente un 40% más costosas que las PEAP, se establece, de forma estimativa, que el costo de inversión de las plantas elevadoras de agua de mar corresponde al doble de la inversión referente a las de agua potable. La ecuación correspondiente se presenta como la ecuación 6.8.

$$Inv_{PEAM} [US\$] = 4.389,8 * P_{requerida} [kW] + 143.536 \quad (6.8)$$

Clasificando los costos descritos para cada tipo de bomba en costos de inversión fijos y costos de inversión variables, los cuales dependen de la potencia requerida por la bomba, se obtiene la tabla 6.7.

**Tabla 6.7. Costos de Inversión en Plantas Elevadoras.**  
Fuente: Elaboración Propia.

<b>Tipo de Agua</b>	<b>Costos Fijos [US\$]</b>	<b>Costos Variables [US\$/kW]</b>
Agua Potable	71.768	2.194,9
Aguas Servidas	139.012	2.720,5
Agua de Mar	143.536	4.389,8

### ***F. Criterios para Inversión en Estanques***

A partir de los datos obtenidos de los estudios tarifarios de las empresas Aguas del Altiplano y Aguas Antofagasta se genera una regresión lineal que permite estimar la inversión necesaria para la construcción de los distintos estanques proyectados, considerando como único dato de entrada el volumen del estanque semienterrado. Esta regresión corresponde a la ecuación 6.9, presentada a continuación:

$$Inv_{Estanque} [US\$] = 243,41 * V_{Estanque} [m^3] + 80.729 \quad (6.9)$$

Sin embargo, debido a que la instalación de estos estanques se proyecta en zonas de difícil acceso o alejadas de las ciudades, se considera un factor de 1,5 de aumento en los costos, permitiendo que se ajusten a los considerados en evaluaciones de proyectos desarrolladas por Aguas del Altiplano. Los costos ajustados se presentan en la tabla 6.8.

**Tabla 6.8. Costos de Inversión de Estanques de Almacenamiento.**  
Fuente: Elaboración Propia.

Capacidad [m <sup>3</sup> ]	Precio ajustado [US\$/unidad]
1.000	486.209
2.000	851.324
5.000	1.946.669

### ***G. Criterios para Gastos en Estudios e Imprevistos***

Por concepto de estudios y otros gastos similares se considera un total del 5% de la inversión, mientras que para cubrir posibles imprevistos se proyecta un 20% de la misma, como se presenta en la tabla 6.9.

**Tabla 6.9. Gastos de Estudios e Imprevistos.**  
Fuente: Elaboración Propia.

Gasto	Costo con respecto a la Inversión Total
Estudios y otros gastos	5%
Imprevistos	20%

### ***H. Criterios para Reinversiones en Equipos***

Se consideran reinversiones periódicas para cubrir el costo de reemplazo de los equipos, cuya vida útil se ha definido en 10 años.

Para esto se ha determinado incluir, cada 10 años, un monto de reinversión equivalente al 30% de la inversión inicial asociada a plantas desaladoras y plantas de tratamiento de aguas servidas, y un 40% de la inversión inicial asociada a plantas elevadoras, basándose en la metodología utilizada por la sanitaria Aguas Nuevas, tal como se presenta en la tabla 6.10.

**Tabla 6.10. Costos de Reinversiones en Equipos.**  
Fuente: Elaboración Propia.

Equipos	Vida útil [años]	Reinversión con respecto a la Inversión Inicial
Plantas Desaladoras	10	30%
Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas	10	30%
Plantas Elevadoras	10	40%

## **6.1.2 Consideraciones para la determinación de los costos de operación**

De igual manera que los criterios considerados para el cálculo de los costos de inversión, la valorización de los distintos escenarios en cuanto a costos de operación es realizada a nivel de pre-factibilidad. Los valores adoptados se obtienen de antecedentes presentados

por Aguas Nuevas y sus filiales, como valores referenciales de obras y curvas de costos consideradas por la sanitaria en la evaluación de proyectos.

Los principales valores, criterios y supuestos establecidos para cada partida se resumen a continuación:

### ***I. Criterios para Costos de Energía***

La principal partida considerada en los costos de operación de los distintos escenarios corresponde a los gastos en energía eléctrica. Considerando antecedentes suministrados por Enernuevas durante noviembre de 2015, se define el valor monómico de energía presentado en la tabla 6.11.

**Tabla 6.11. Costo Operacional de Energía.**  
Fuente: Enernuevas.

<b>Valor Monómico de Energía</b> <b>[US\$/kWh]</b>
0,13

### ***J. Criterios para Consumo de Energía de Tratamientos***

El consumo de energía unitario adoptado para los procesos de desalación y de tratamiento de aguas servidas se obtiene de referencias en el consumo de plantas operadas por Osmoflo y Aguas Araucanía respectivamente. Estos consumos se presentan en la tabla 6.12.

**Tabla 6.12. Consumo de Energía de Tratamientos.**  
Fuente: Osmoflo y Aguas Araucanía.

<b>Tratamiento</b>	<b>Consumo de Energía [kWh/m<sup>3</sup>]</b>
Desalación de agua de mar	4,0
Tratamiento de Aguas Servidas	0,4

### ***K. Criterios para Gastos Operacionales de Tratamientos***

Otros gastos operacionales de las plantas desaladoras y de las plantas de tratamiento de aguas servidas se determinan a partir de valores unitarios referenciales determinados por Osmoflo y Aguas Araucanía. Estos gastos se presentan en la tabla 6.13.

**Tabla 6.13. Gastos Operacionales de Tratamientos.**  
Fuente: Osmoflo y Aguas Araucanía.

<b>Tratamiento</b>	<b>Gastos Operacionales [US\$/m<sup>3</sup>]</b>
Desalación de agua de mar	0,32
Tratamiento de Aguas Servidas	0,28

### ***L. Criterios para Operación de Plantas Elevadoras y Pozos de Extracción***

Para determinar los costos de elevación, se adopta una eficiencia media de los equipos de un 75%, como se presenta en la tabla 6.14.

**Tabla 6.14. Eficiencia Energética de Plantas Elevadoras.**  
Fuente: Elaboración Propia.

<b>Equipo</b>	<b>Eficiencia Energética</b>
Plantas Elevadoras	75%

En el caso de evaluación del proyecto SWAP, considerando la extracción ya sea desde Carmelo como desde Canchones, no se considera en el análisis económico la operación de los pozos de extracción, la cual es independiente de la implementación de esta alternativa. Esto debido a que actualmente los pozos operan para abastecer de agua a las localidades de Iquique y Alto Hospicio y su operación es una actividad que seguirá siendo realizada por Aguas del Altiplano, independientemente del desarrollo del proyecto.

### ***M. Criterios para Mantenimiento de Equipos y Obras Civiles***

Por concepto de mantenimiento de equipos y obras civiles, se considera un costo anual del 2% de la inversión realizada en equipos y del 0,5% de la inversión realizada en obras civiles. Para esto se establece que la inversión total realizada (sin considerar estudios e imprevistos) está compuesta en un 40% por equipos e instalaciones eléctricas y en un 60% por obras civiles. Lo anterior se resume en la tabla 6.15.

**Tabla 6.15. Mantenimiento de Equipos y Obras Civiles.**  
Fuente: Aguas Nuevas.

<b>Elemento</b>	<b>Composición con respecto a la Inversión Total</b>	<b>Mantenimiento Anual con respecto a la Inversión Correspondiente</b>
Equipos e Instalaciones Eléctricas	40%	2%
Obras Civiles	60%	0,5%

## **6.2 Desarrollo de la Evaluación**

A continuación, se expone una síntesis de los costos de inversión y operación relativos a cada una de las alternativas evaluadas. Los costos de inversión y operación detallados se presentan en los anexos C y D respectivamente, mientras que el cálculo de los valores actuales de costos (VAC) se expone en el anexo E.

## 6.2.1 Abastecimiento Mina Norte

### A. Desalación Directa

#### i. Suministro de 150 [l/s]

Los costos de inversión referentes al suministro de 150 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Norte, mediante la alternativa de Desalación Directa, son presentados en la tabla 6.16, mientras que los correspondientes costos de operación se exponen en la tabla 6.17.

**Tabla 6.16. Resumen Costos de Inversión Desalación Norte 150 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

Partida	Parámetro	Unidad	Dimensión	Costo [US\$]
Plantas Elevadoras	Potencia	kW	6.930	\$ 16.536.988
Conducciones	Longitud	m	119.268	\$ 48.899.705
Planta Desaladora	Caudal	l/s	150	\$ 17.816.900
Estanques	Volumen	m <sup>3</sup>	28.000	\$ 11.555.254
Estudios e Imprevistos	Unidad	Un	1	\$ 23.702.212
<b>Total</b>				<b>\$ 118.511.058</b>

**Tabla 6.17. Resumen Costos de Operación Desalación Norte 150 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

Partida	Parámetro	Unidad	Dimensión	Costo Anual [US\$]
Plantas Elevadoras	Energía	kWh	54.424.829	\$ 7.075.228
Planta Desaladora	Energía	kWh	17.029.440	\$ 2.213.827
Planta Desaladora	Operación	l/s	150	\$ 1.362.355
<b>Total</b>				<b>\$ 10.651.410</b>

#### ii. Suministro de 750 [l/s]

Los costos de inversión referentes al suministro de 750 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Norte, mediante la alternativa de Desalación Directa, son presentados en la tabla 6.18, mientras que los correspondientes costos de operación se exponen en la tabla 6.19.

**Tabla 6.18. Resumen Costos de Inversión Desalación Norte 750 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

Partida	Parámetro	Unidad	Dimensión	Costo [US\$]
Plantas Elevadoras	Potencia	kW	36.050	\$ 83.064.407
Conducciones	Longitud	m	119.268	\$ 107.687.064
Planta Desaladora	Caudal	l/s	750	\$ 81.084.500
Estanques	Volumen	m <sup>3</sup>	62.000	\$ 24.574.634
Estudios e Imprevistos	Unidad	Un	1	\$ 74.102.651
<b>Total</b>				<b>\$ 370.513.256</b>

**Tabla 6.19. Resumen Costos de Operación Desalación Norte 750 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

<b>Partida</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo Anual [US\$]</b>
Plantas Elevadoras	Energía	kWh	284.844.899	\$ 37.029.837
Planta Desaladora	Energía	kWh	85.147.200	\$ 11.069.136
Planta Desaladora	Operación	l/s	750	\$ 6.811.776
<b>Total</b>				<b>\$ 54.910.749</b>

## **B. Proyecto SWAP**

### **i. Suministro de 150 [l/s]**

Los costos de inversión referentes al suministro de 150 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Norte, mediante la alternativa del Proyecto SWAP, son presentados en la tabla 6.20, mientras que los correspondientes costos de operación se exponen en la tabla 6.21.

**Tabla 6.20. Resumen Costos de Inversión SWAP Norte 150 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

<b>Partida</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo [US\$]</b>
Plantas Elevadoras	Potencia	kW	6.500	\$ 15.505.385
Conducciones	Longitud	m	66.118	\$ 19.430.415
Planta Desaladora	Caudal	l/s	150	\$ 17.816.900
Estanques	Volumen	m <sup>3</sup>	26.000	\$ 10.703.930
Estudios e Imprevistos	Unidad	Un	1	\$ 15.864.157
<b>Total</b>				<b>\$ 79.320.787</b>

**Tabla 6.21. Resumen Costos de Operación SWAP Norte 150 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

<b>Partida</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo Anual [US\$]</b>
Plantas Elevadoras	Energía	kWh	51.046.692	\$ 6.636.070
Planta Desaladora	Energía	kWh	17.029.440	\$ 2.213.827
Planta Desaladora	Operación	l/s	150	\$ 1.362.355
<b>Total</b>				<b>\$ 10.212.252</b>

### **ii. Suministro de 750 [l/s]**

Los costos de inversión referentes al suministro de 750 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Norte, mediante la alternativa del Proyecto SWAP, son presentados en la tabla 6.22, mientras que los correspondientes costos de operación se exponen en la tabla 6.23.

**Tabla 6.22. Resumen Costos de Inversión SWAP Norte 750 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

<b>Partida</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo [US\$]</b>
Plantas Elevadoras	Potencia	kW	26.270	\$ 61.065.588
Conducciones	Longitud	m	66.118	\$ 61.843.719
Planta Desaladora	Caudal	l/s	750	\$ 81.084.500
Estanques	Volumen	m <sup>3</sup>	48.000	\$ 18.978.648
Estudios e Imprevistos	Unidad	Un	1	\$ 55.743.114
<b>Total</b>				<b>\$ 278.715.569</b>

**Tabla 6.23. Resumen Costos de Operación SWAP Norte 750 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

<b>Partida</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo Anual [US\$]</b>
Plantas Elevadoras	Energía	kWh	206.984.565	\$ 26.907.993
Planta Desaladora	Energía	kWh	85.147.200	\$ 11.069.136
Planta Desaladora	Operación	l/s	750	\$ 6.811.776
<b>Total</b>				<b>\$ 44.788.905</b>

### **C. Aguas Servidas Tratadas**

#### **i. Suministro de 150 [l/s]**

Los costos de inversión referentes al suministro de 150 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Norte, mediante la alternativa de Aguas Servidas Tratadas, son presentados en la tabla 6.24, mientras que los correspondientes costos de operación se exponen en la tabla 6.25.

**Tabla 6.24. Resumen Costos de Inversión Aguas Servidas Tratadas Norte 150 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

<b>Partida</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo [US\$]</b>
Plantas Elevadoras	Potencia	kW	8.190	\$ 19.445.167
Conducciones	Longitud	m	110.463	\$ 25.519.196
Planta de Tratamiento de AS	Caudal	l/s	150	\$ 7.767.350
Monorellos	Unidad	Un	1	\$ 6.000.000
Estanques	Volumen	m <sup>3</sup>	21.000	\$ 8.999.449
Estudios e Imprevistos	Unidad	Un	1	\$ 16.932.790
<b>Total</b>				<b>\$ 84.663.952</b>

**Tabla 6.25. Resumen Costos de Operación Aguas Servidas Tratadas Norte 150 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

<b>Partida</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo Anual [US\$]</b>
Plantas Elevadoras	Energía	kWh	64.345.345	\$ 8.364.895
Planta de Tratamiento de AS	Energía	kWh	1.702.944	\$ 221.383
Planta de Tratamiento de AS	Operación	l/s	150	\$ 1.192.061
<b>Total</b>				<b>\$ 9.778.338</b>

ii. Suministro de 750 [l/s]

Los costos de inversión referentes al suministro de 750 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Norte, mediante la alternativa de Aguas Servidas Tratadas, son presentados en la tabla 6.26, mientras que los correspondientes costos de operación se exponen en la tabla 6.27.

**Tabla 6.26. Resumen Costos de Inversión Aguas Servidas Tratadas Norte 750 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

<b>Partida</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo [US\$]</b>
Plantas Elevadoras	Potencia	kW	34.180	\$ 81.176.802
Conducciones	Longitud	m	116.918	\$ 102.027.149
Planta de Tratamiento de AS	Caudal	l/s	750	\$ 30.836.750
Monorellos	Unidad	Un	1	\$ 6.000.000
Estanques	Volumen	m <sup>3</sup>	64.000	\$ 25.547.052
Estudios e Imprevistos	Unidad	Un	1	\$ 61.396.938
<b>Total</b>				<b>\$ 306.984.691</b>

**Tabla 6.27. Resumen Costos de Operación Aguas Servidas Tratadas Norte 750 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

<b>Partida</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo Anual [US\$]</b>
Plantas Elevadoras	Energía	kWh	269.110.722	\$ 34.984.394
Planta de Tratamiento de AS	Energía	kWh	8.514.720	\$ 1.106.914
Planta de Tratamiento de AS	Operación	l/s	750	\$ 5.960.304
<b>Total</b>				<b>\$ 42.051.611</b>

#### **D. Resumen**

Los costos iniciales de inversión, junto con los costos anuales de operación y mantenimiento de la Mina Norte son presentados en la figura 6.1.

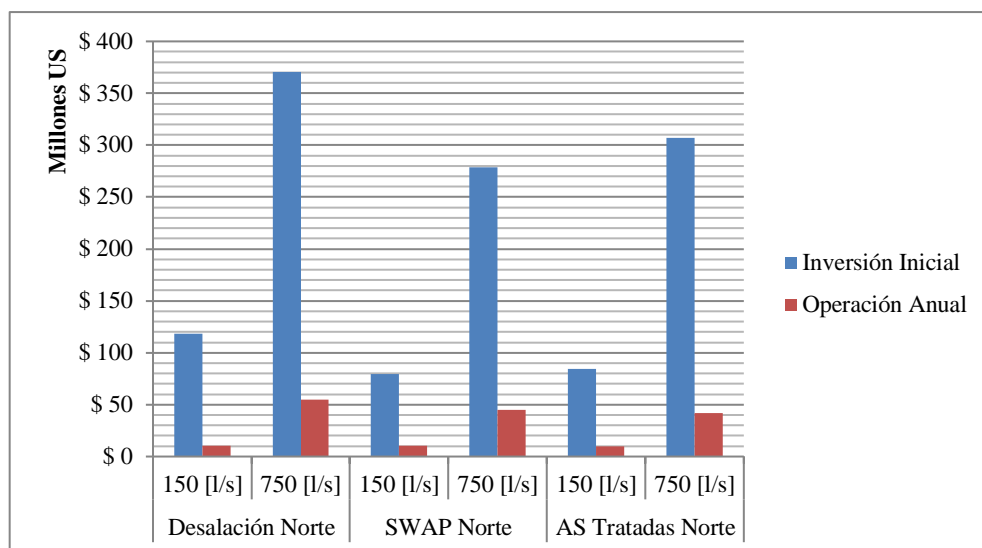


Figura 6.1. Inversión inicial y Operación anual para la evaluación de la Mina Norte.  
Fuente: Elaboración Propia.

## 6.2.2 Abastecimiento Mina Sur

### E. Desalación Directa

#### i. Suministro de 150 [l/s]

Los costos de inversión referentes al suministro de 150 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Sur, mediante la alternativa de Desalación Directa, son presentados en la tabla 6.28, mientras que los correspondientes costos de operación se exponen en la tabla 6.29.

Tabla 6.28. Resumen Costos de Inversión Desalación Sur 150 [l/s].

Fuente: Elaboración Propia.

Partida	Parámetro	Unidad	Dimensión	Costo [US\$]
Plantas Elevadoras	Potencia	kW	10.980	\$ 25.801.201
Conducciones	Longitud	m	189.280	\$ 77.074.143
Planta Desaladora	Caudal	l/s	150	\$ 17.816.900
Estanques	Volumen	m <sup>3</sup>	37.000	\$ 15.446.759
Estudios e Imprevistos	Unidad	Un	1	\$ 34.034.751
<b>Total</b>				<b>\$ 170.173.753</b>

Tabla 6.29. Resumen Costos de Operación Desalación Sur 150 [l/s].

Fuente: Elaboración Propia.

Partida	Parámetro	Unidad	Dimensión	Costo Anual [US\$]
Plantas Elevadoras	Energía	kWh	86.239.134	\$ 11.211.087
Planta Desaladora	Energía	kWh	17.029.440	\$ 2.213.827
Planta Desaladora	Operación	l/s	150	\$ 1.362.355
<b>Total</b>				<b>\$ 14.787.270</b>

ii. Suministro de 750 [l/s]

Los costos de inversión referentes al suministro de 750 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Sur, mediante la alternativa de Desalación Directa, son presentados en la tabla 6.30, mientras que los correspondientes costos de operación se exponen en la tabla 6.31.

**Tabla 6.30. Resumen Costos de Inversión Desalación Sur 750 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

<b>Partida</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo [US\$]</b>
Plantas Elevadoras	Potencia	kW	52.440	\$ 119.720.972
Conducciones	Longitud	m	189.280	\$ 198.579.632
Planta Desaladora	Caudal	l/s	750	\$ 81.084.500
Estanques	Volumen	m <sup>3</sup>	110.000	\$ 43.674.376
Estudios e Imprevistos	Unidad	Un	1	\$ 110.764.870
<b>Total</b>				<b>\$ 553.824.350</b>

**Tabla 6.31. Resumen Costos de Operación Desalación Sur 750 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

<b>Partida</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo Anual [US\$]</b>
Plantas Elevadoras	Energía	kWh	413.163.622	\$ 53.711.271
Planta Desaladora	Energía	kWh	85.147.200	\$ 11.069.136
Planta Desaladora	Operación	l/s	750	\$ 6.811.776
<b>Total</b>				<b>\$ 71.592.183</b>

## **F. Proyecto SWAP**

i. Suministro de 150 [l/s]

Los costos de inversión referentes al suministro de 150 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Sur, mediante la alternativa del Proyecto SWAP, son presentados en la tabla 6.32, mientras que los correspondientes costos de operación se exponen en la tabla 6.33.

**Tabla 6.32. Resumen Costos de Inversión SWAP Sur 150 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

<b>Partida</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo [US\$]</b>
Plantas Elevadoras	Potencia	kW	12.580	\$ 29.280.985
Conducciones	Longitud	m	148.587	\$ 38.970.706
Planta Desaladora	Caudal	l/s	150	\$ 17.816.900
Estanques	Volumen	m <sup>3</sup>	36.000	\$ 15.081.644
Estudios e Imprevistos	Unidad	Un	1	\$ 25.287.559
<b>Total</b>				<b>\$ 126.437.793</b>

**Tabla 6.33. Resumen Costos de Operación SWAP Sur 150 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

<b>Partida</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo Anual [US\$]</b>
Plantas Elevadoras	Energía	kWh	98.754.038	\$ 12.838.025
Planta Desaladora	Energía	kWh	17.029.440	\$ 2.213.827
Planta Desaladora	Operación	l/s	150	\$ 1.362.355
<b>Total</b>				<b>\$ 16.414.207</b>

ii. Suministro de 750 [l/s]

Los costos de inversión referentes al suministro de 750 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Sur, mediante la alternativa del Proyecto SWAP, son presentados en la tabla 6.34, mientras que los correspondientes costos de operación se exponen en la tabla 6.35.

**Tabla 6.34. Resumen Costos de Inversión SWAP Sur 750 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

<b>Partida</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo [US\$]</b>
Plantas Elevadoras	Potencia	kW	45.090	\$ 102.660.678
Conducciones	Longitud	m	148.587	\$ 160.732.117
Planta Desaladora	Caudal	l/s	750	\$ 81.084.500
Estanques	Volumen	m <sup>3</sup>	98.000	\$ 38.808.620
Estudios e Imprevistos	Unidad	Un	1	\$ 95.821.479
<b>Total</b>				<b>\$ 479.107.393</b>

**Tabla 6.35. Resumen Costos de Operación SWAP Sur 750 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

<b>Partida</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo Anual [US\$]</b>
Plantas Elevadoras	Energía	kWh	354.380.360	\$ 46.069.447
Planta Desaladora	Energía	kWh	85.147.200	\$ 11.069.136
Planta Desaladora	Operación	l/s	750	\$ 6.811.776
<b>Total</b>				<b>\$ 63.950.359</b>

**G. Aguas Servidas Tratadas**

i. Suministro de 150 [l/s]

Los costos de inversión referentes al suministro de 150 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Sur, mediante la alternativa de Aguas Servidas Tratadas, son presentados en la tabla 6.36, mientras que los correspondientes costos de operación se exponen en la tabla 6.37.

**Tabla 6.36. Resumen Costos de Inversión Aguas Servidas Tratadas Sur 150 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

<b>Partida</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo [US\$]</b>
Plantas Elevadoras	Potencia	kW	9.950	\$ 23.123.499
Conducciones	Longitud	m	202.347	\$ 80.497.648
Planta de Tratamiento de AS	Caudal	l/s	150	\$ 7.767.350
Monorellos	Unidad	Un	1	\$ 6.000.000
Estanques	Volumen	m <sup>3</sup>	39.000	\$ 16.055.895
Estudios e Imprevistos	Unidad	Un	1	\$ 33.361.098
<b>Total</b>				<b>\$ 166.805.490</b>

**Tabla 6.37. Resumen Costos de Operación Aguas Servidas Tratadas Sur 150 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

<b>Partida</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo Anual [US\$]</b>
Plantas Elevadoras	Energía	kWh	78.347.644	\$ 10.185.194
Planta de Tratamiento de AS	Energía	kWh	1.702.944	\$ 221.383
Planta de Tratamiento de AS	Operación	l/s	150	\$ 1.192.061
<b>Total</b>				<b>\$ 11.598.637</b>

ii. Suministro de 750 [l/s]

Los costos de inversión referentes al suministro de 750 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Sur, mediante la alternativa de Aguas Servidas Tratadas, son presentados en la tabla 6.38, mientras que los correspondientes costos de operación se exponen en la tabla 6.39.

**Tabla 6.38. Resumen Costos de Inversión Aguas Servidas Tratadas Sur 750 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

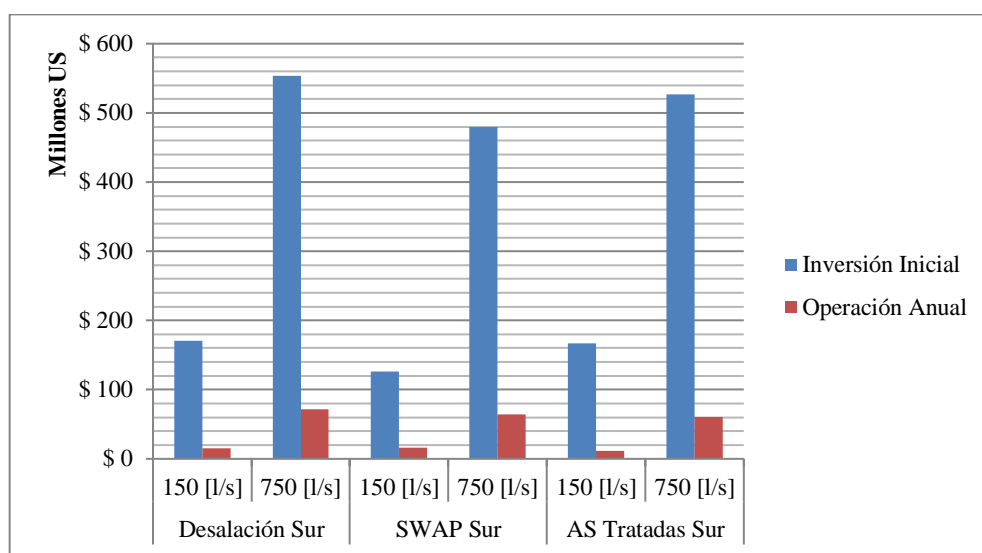
<b>Partida</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo [US\$]</b>
Plantas Elevadoras	Potencia	kW	51.860	\$ 119.683.934
Conducciones	Longitud	m	208.802	\$ 215.155.376
Planta de Tratamiento de AS	Caudal	l/s	750	\$ 30.836.750
Monorellos	Unidad	Un	1	\$ 6.000.000
Estanques	Volumen	m <sup>3</sup>	124.000	\$ 49.391.456
Estudios e Imprevistos	Unidad	Un	1	\$ 105.266.879
<b>Total</b>				<b>\$ 526.334.395</b>

**Tabla 6.39. Resumen Costos de Operación Aguas Servidas Tratadas Sur 750 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

Partida	Parámetro	Unidad	Dimensión	Costo Anual [US\$]
Plantas Elevadoras	Energía	kWh	408.480.920	\$ 53.102.520
Planta de Tratamiento de AS	Energía	kWh	8.514.720	\$ 1.106.914
Planta de Tratamiento de AS	Operación	l/s	750	\$ 5.960.304
<b>Total</b>				<b>\$ 60.169.737</b>

## H. Resumen

Los costos iniciales de inversión, junto con los costos anuales de operación y mantenimiento de la Mina Sur son presentados en la figura 6.2.



**Figura 6.2. Inversión inicial y Operación anual para la evaluación de la Mina Sur.**  
Fuente: Elaboración Propia.

## 6.3 Resultados de la Evaluación

### 6.3.1 Valor Actual de Costos

A continuación, se presentan los resultados de la evaluación económica identificando el valor actual de costos correspondiente a cada una de las alternativas evaluadas en los diferentes escenarios de operación.

De forma complementaria se exponen los costos de inversión, CAPEX, y costos de operación y mantenimiento, OPEX, que componen correspondientemente cada uno de los resultados.

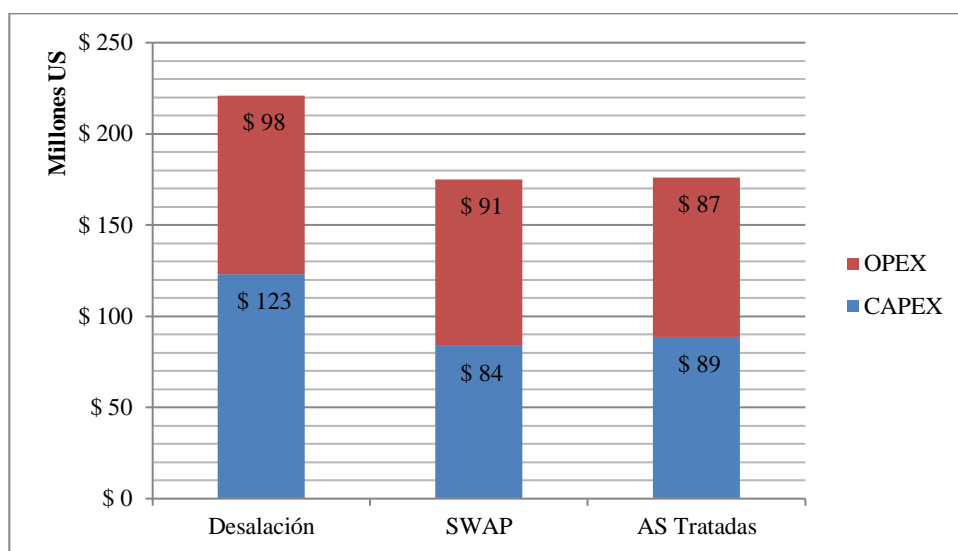
## A. Abastecimiento Mina Norte

### i. Suministro de 150 [l/s]

La evaluación del suministro de 150 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Norte durante un período de 20 años, entrega como resultado los valores actuales de costos expuestos en la tabla 6.40 y en la figura 6.3:

**Tabla 6.40. VAC por alternativa. Mina Norte 150 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

Escenario de Evaluación	CAPEX [US\$]	OPEX [US\$]	Costo Total VAC [US\$]
Desalación	\$ 123.122.104 56%	\$ 97.821.947 44%	\$ 220.944.052
SWAP	\$ 83.772.742 48%	\$ 91.263.581 52%	\$ 175.036.323
AS Tratadas	\$ 88.561.128 50%	\$ 87.475.157 50%	\$ 176.036.286



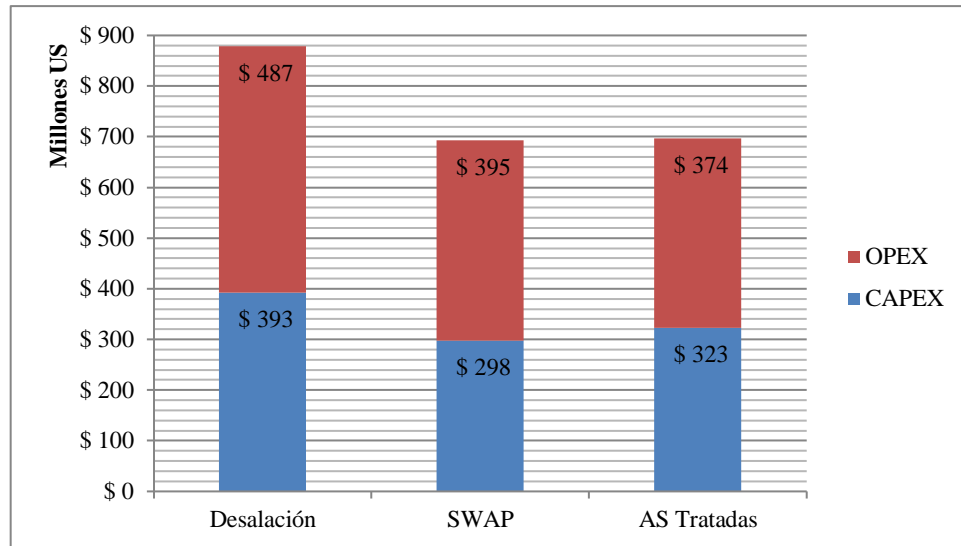
**Figura 6.3. VAC por alternativa. Mina Norte 150 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

### ii. Suministro de 750 [l/s]

La evaluación del suministro de 750 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Norte durante un período de 20 años, entrega como resultado los valores actuales de costos expuestos en la tabla 6.41 y en la figura 6.4:

**Tabla 6.41. VAC por alternativa. Mina Norte 750 [l/s].**  
**Fuente: Elaboración Propia.**

<b>Escenario de Evaluación</b>	<b>CAPEX [US\$]</b>	<b>OPEX [US\$]</b>	<b>Costo Total VAC [US\$]</b>
Desalación	\$ 392.701.701 45%	\$ 486.597.988 55%	\$ 879.299.689
SWAP	\$ 297.511.416 43%	\$ 395.172.230 57%	\$ 692.683.645
AS Tratadas	\$ 323.070.230 46%	\$ 373.803.826 54%	\$ 696.874.056



**Figura 6.4. VAC por alternativa. Mina Norte 750 [l/s].**  
**Fuente: Elaboración Propia.**

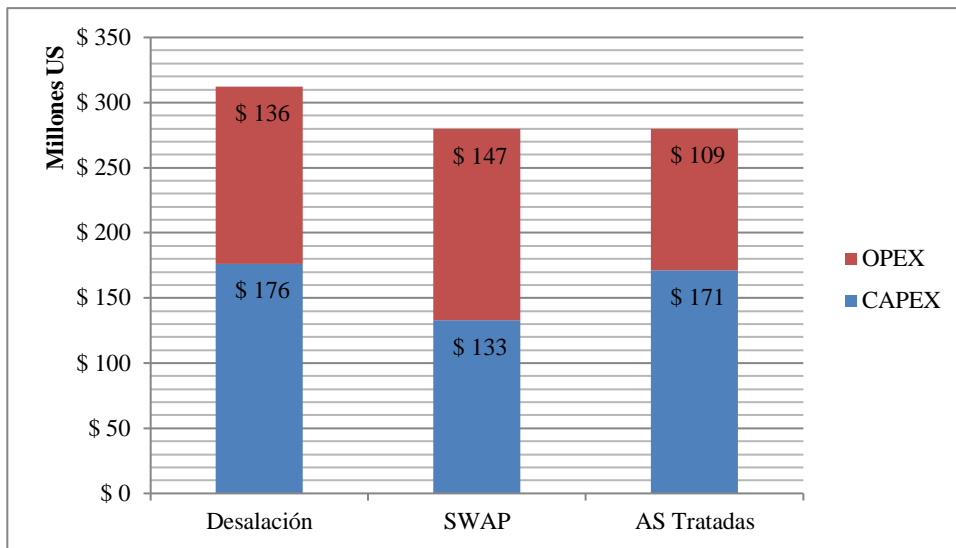
## ***B. Abastecimiento Mina Sur***

### **i. Suministro de 150 [l/s]**

La evaluación del suministro de 150 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Sur durante un período de 20 años, entrega como resultado los valores actuales de costos expuestos en la tabla 6.42 y en la figura 6.5:

**Tabla 6.42. VAC por alternativa. Mina Sur 150 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

Escenario de Evaluación	CAPEX [US\$]	OPEX [US\$]	Costo Total VAC [US\$]
Desalación	\$ 176.213.501 56%	\$ 136.221.041 44%	\$ 312.434.542
SWAP	\$ 133.014.184 48%	\$ 146.610.783 52%	\$ 279.624.967
AS Tratadas	\$ 171.269.929 61%	\$ 108.748.358 39%	\$ 280.018.286



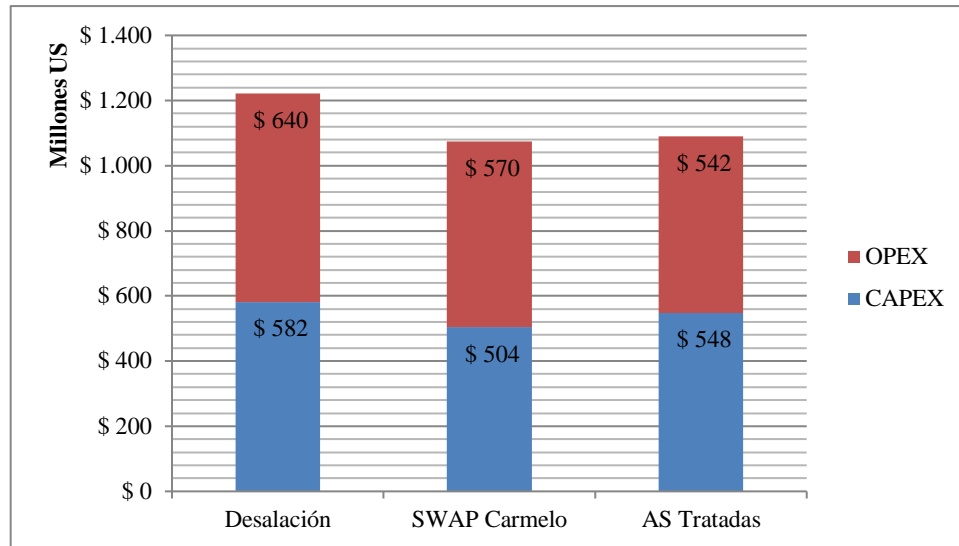
**Figura 6.5. VAC por alternativa. Mina Sur 150 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

ii. Suministro de 750 [l/s]

La evaluación del suministro de 750 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Sur durante un período de 20 años, entrega como resultado los valores actuales de costos expuestos en la tabla 6.43 y en la figura 6.6:

**Tabla 6.43. VAC por alternativa. Mina Sur 750 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

Escenario de Evaluación	CAPEX [US\$]	OPEX [US\$]	Costo Total VAC [US\$]
Desalación	\$ 581.665.873 48%	\$ 639.630.617 52%	\$ 1.221.296.490
SWAP	\$ 504.317.923 47%	\$ 570.207.358 53%	\$ 1.074.525.281
AS Tratadas	\$ 548.358.401 50%	\$ 541.507.116 50%	\$ 1.089.865.517



**Figura 6.6. VAC por alternativa. Mina Sur 750 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

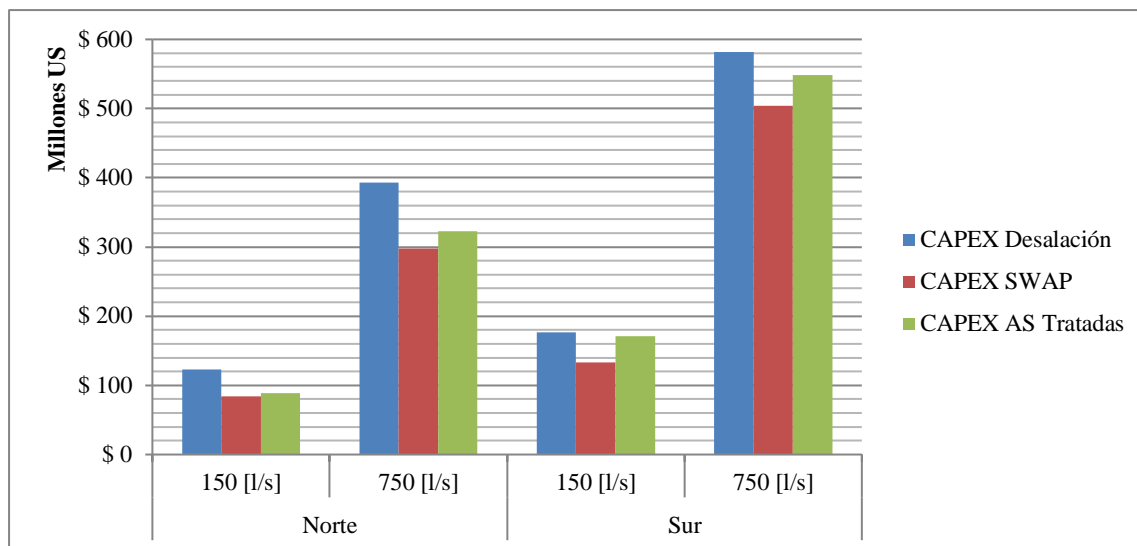
### C. Resumen

#### i. Costos de Inversión

Agrupando los datos recién expuestos, referentes a los costos de inversión, se presenta la tabla 6.44 y figura 6.7.

**Tabla 6.44. CAPEX por alternativa. Resumen.**  
Fuente: Elaboración Propia.

Escenario de Evaluación	CAPEX Norte [US\$]		CAPEX Sur [US\$]	
	150 [l/s]	750 [l/s]	150 [l/s]	750 [l/s]
Desalación	\$ 123.122.104	\$ 392.701.701	\$ 176.213.501	\$ 581.665.873
SWAP	\$ 83.772.742	\$ 297.511.416	\$ 133.014.184	\$ 504.317.923
AS Tratadas	\$ 88.561.128	\$ 323.070.230	\$ 171.269.929	\$ 548.358.401



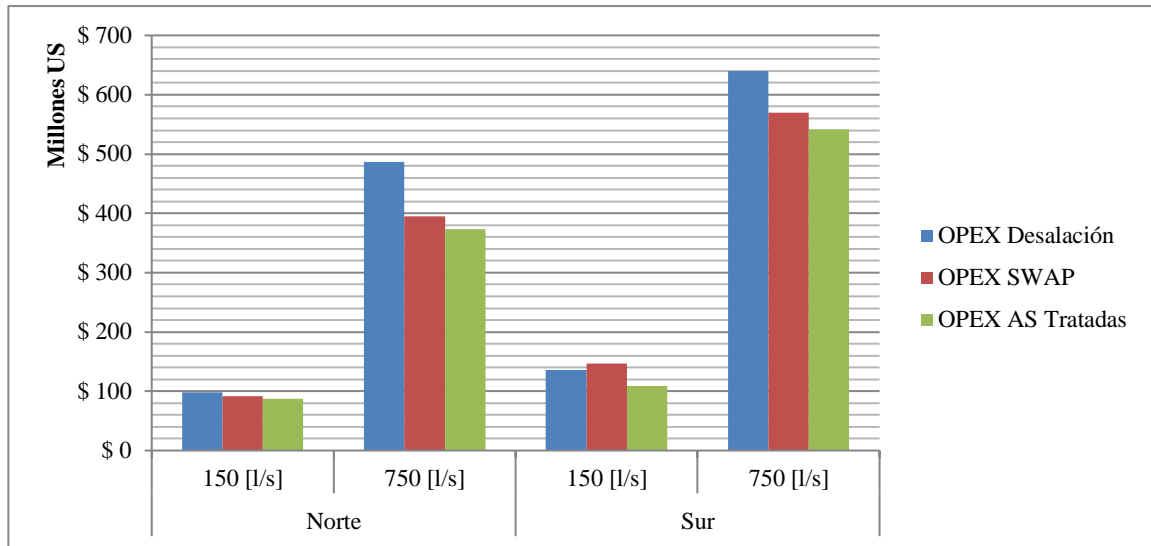
**Figura 6.7. CAPEX por alternativa. Resumen.**  
Fuente: Elaboración Propia.

ii. Costos de Operación y Mantenimiento

Agrupando los datos recién expuestos, referentes a los costos de operación y mantenimiento, se presenta la tabla 6.45 y figura 6.8.

**Tabla 6.45. OPEX por alternativa. Resumen.**  
Fuente: Elaboración Propia.

Escenario de Evaluación	OPEX Norte [US\$]		OPEX Sur [US\$]	
	150 [l/s]	750 [l/s]	150 [l/s]	750 [l/s]
Desalación	\$ 97.821.947	\$ 486.597.988	\$ 136.221.041	\$ 639.630.617
SWAP	\$ 91.263.581	\$ 395.172.230	\$ 146.610.783	\$ 570.207.358
AS Tratadas	\$ 87.475.157	\$ 373.803.826	\$ 108.748.358	\$ 541.507.116



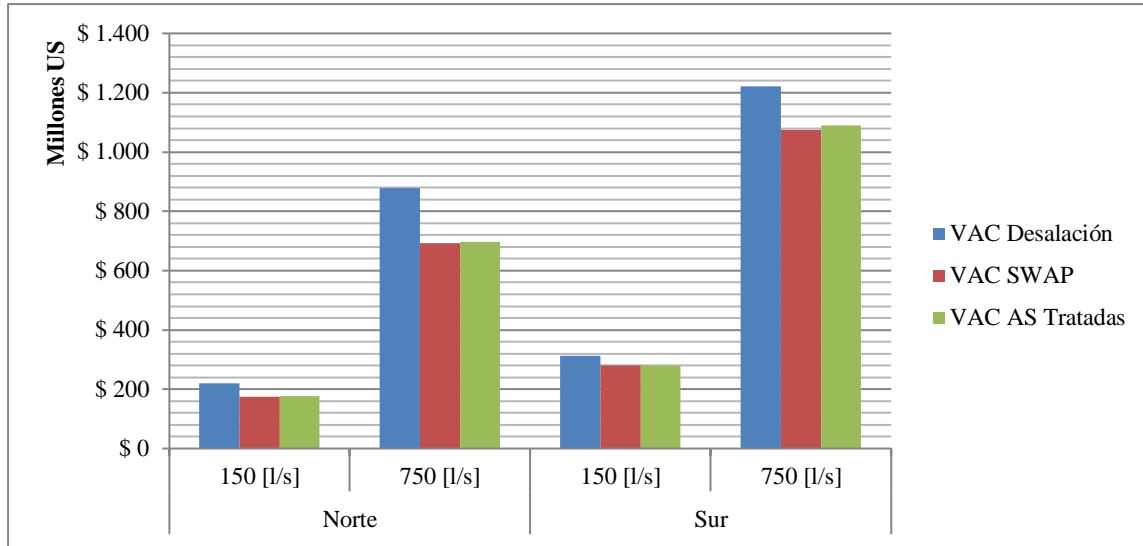
**Figura 6.8. OPEX por alternativa. Resumen.**  
Fuente: Elaboración Propia.

iii. Valor Actual de Costos

Agrupando los datos recién expuestos, referentes al valor actual de los costos totales, se presenta la tabla 6.46 y figura 6.9.

**Tabla 6.46. VAC por alternativa. Resumen.**  
Fuente: Elaboración Propia.

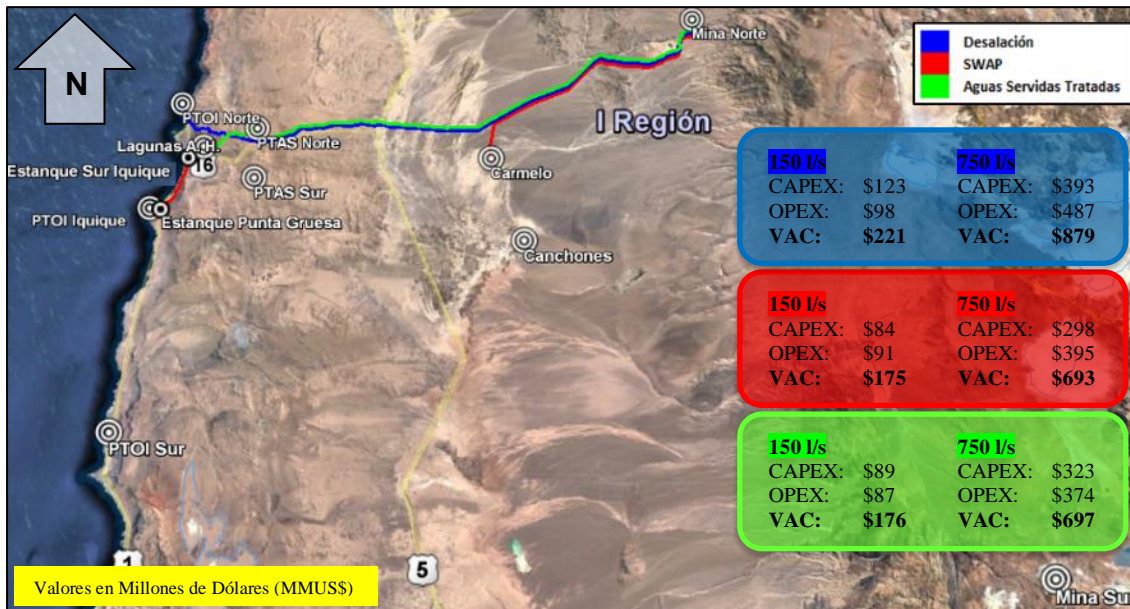
Escenario de Evaluación	VAC Norte [US\$]		VAC Sur [US\$]	
	150 [l/s]	750 [l/s]	150 [l/s]	750 [l/s]
Desalación	\$ 220.944.052	\$ 879.299.689	\$ 312.434.542	\$ 1.221.296.490
SWAP	\$ 175.036.323	\$ 692.683.645	\$ 279.624.967	\$ 1.074.525.281
AS Tratadas	\$ 176.036.286	\$ 696.874.056	\$ 280.018.286	\$ 1.089.865.517



**Figura 6.9. VAC por alternativa. Resumen.**  
Fuente: Elaboración Propia.

iv. Esquema de Alternativas

A modo de síntesis, en las figuras 6.10 y 6.11 se presentan los costos asociados a la inversión y mantenimiento, además del valor actual de costos correspondiente a cada una de las alterativas evaluadas para abastecer a las minas Norte y Sur respectivamente.



**Figura 6.10. Esquema de alternativas de suministro a Mina Norte. CAPEX, OPEX y VAC.**  
Fuente: Elaboración Propia.

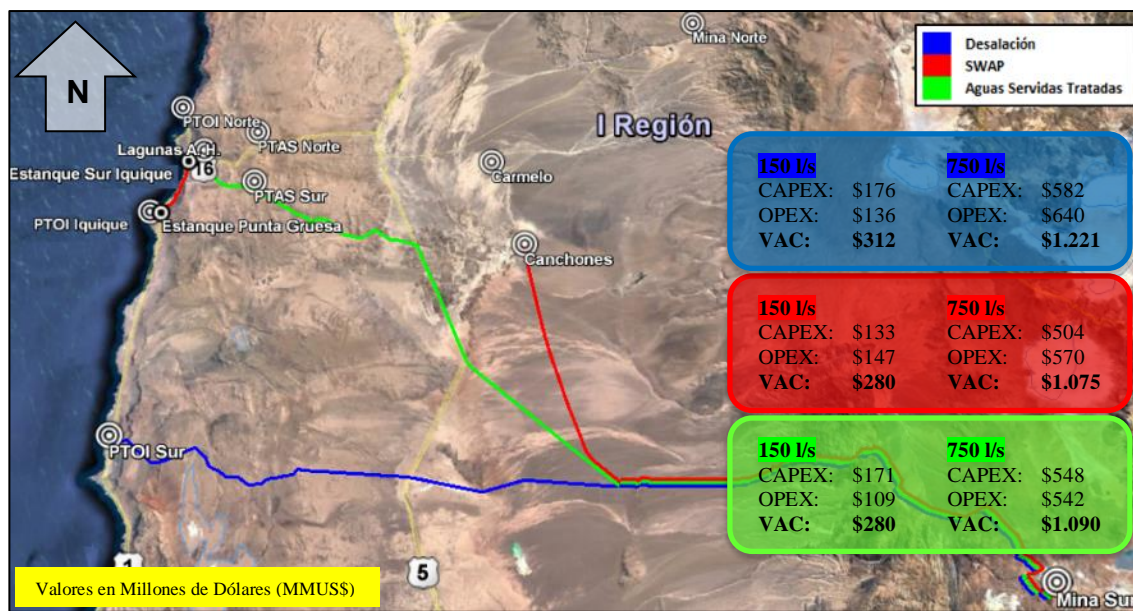


Figura 6.11. Esquema de alternativas de suministro a Mina Sur. CAPEX, OPEX y VAC.  
Fuente: Elaboración Propia.

### 6.3.2 Costos Unitarios de Producción

A continuación, se presentan los resultados de la evaluación económica identificando el costo que requiere la producción de cada metro cúbico de agua correspondiente a cada una de las alternativas evaluadas en los diferentes escenarios de operación. Para esto se considera el caudal actualizado con la misma tasa de descuento definida para el cálculo del VAC, es decir una tasa del 10%.

De forma complementaria se exponen los costos de tratamiento y transporte que componen correspondientemente cada uno de los resultados.

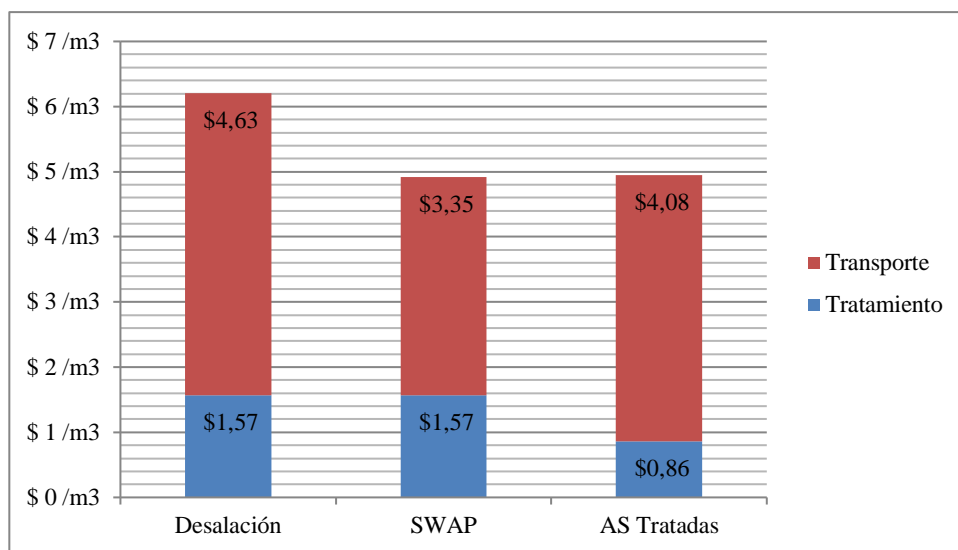
#### D. Abastecimiento Mina Norte

##### i. Suministro de 150 [l/s]

La evaluación del suministro de 150 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Norte durante un período de 20 años, entrega como resultado los costos requeridos para la producción de cada metro cúbico de agua que se entrega a la minera, los cuales son expuestos en la tabla 6.47 y en la figura 6.12:

**Tabla 6.47. Costos Unitarios de Producción por alternativa. Mina Norte 150 [l/s].**  
**Fuente: Elaboración Propia.**

Escenario de Evaluación	Tratamiento [US\$/m <sup>3</sup> ]	Transporte [US\$/m <sup>3</sup> ]	Costo Total [US\$/m <sup>3</sup> ]
Desalación	\$ 1,57 25%	\$ 4,63 75%	\$ 6,20
SWAP	\$ 1,57 32%	\$ 3,35 68%	\$ 4,92
AS Tratadas	\$ 0,86 17%	\$ 4,08 83%	\$ 4,94



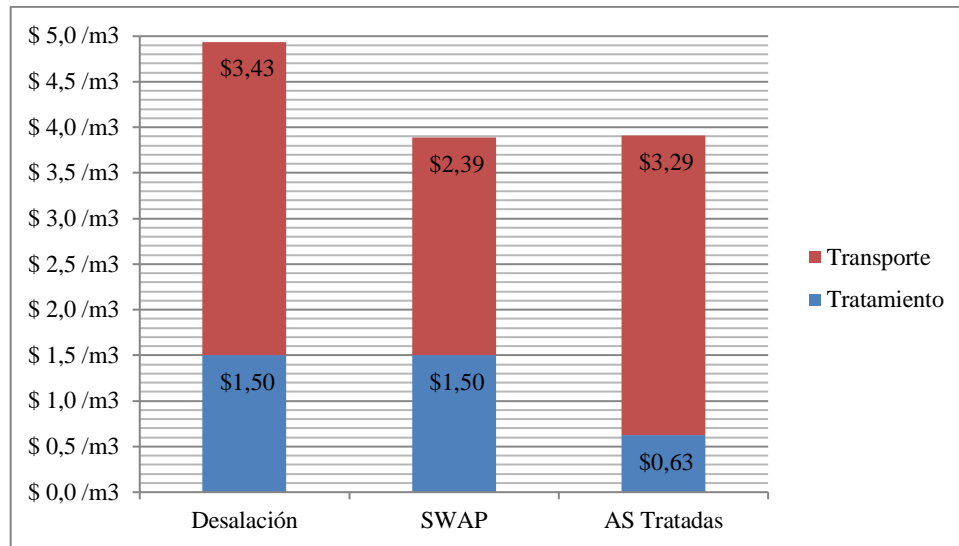
**Figura 6.12. Costos Unitarios de Producción por alternativa. Mina Norte 150 [l/s].**  
**Fuente: Elaboración Propia.**

ii. Suministro de 750 [l/s]

La evaluación del suministro de 750 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Norte durante un período de 20 años, entrega como resultado los costos requeridos para la producción de cada metro cúbico de agua que se entrega a la minera, los cuales son expuestos en la tabla 6.48 y en la figura 6.13:

**Tabla 6.48. Costos Unitarios de Producción por alternativa. Mina Norte 750 [l/s].**  
**Fuente: Elaboración Propia.**

Escenario de Evaluación	Tratamiento [US\$/m <sup>3</sup> ]	Transporte [US\$/m <sup>3</sup> ]	Costo Total [US\$/m <sup>3</sup> ]
Desalación	\$ 1,50 30%	\$ 3,43 70%	\$ 4,94
SWAP	\$ 1,50 39%	\$ 2,39 61%	\$ 3,89
AS Tratadas	\$ 0,63 16%	\$ 3,29 84%	\$ 3,91



**Figura 6.13. Costos Unitarios de Producción por alternativa. Mina Norte 750 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

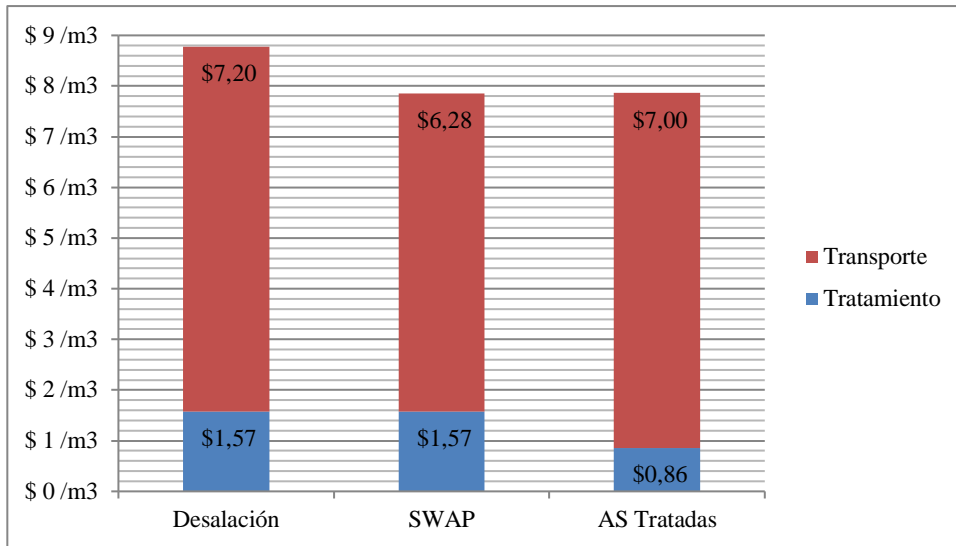
### E. Abastecimiento Mina Sur

#### i. Suministro de 150 [l/s]

La evaluación del suministro de 150 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Sur durante un período de 20 años, entrega como resultado los costos requeridos para la producción de cada metro cúbico de agua que se entrega a la minera, los cuales son expuestos en la tabla 6.49 y en la figura 6.14:

**Tabla 6.49. Costos Unitarios de Producción por alternativa. Mina Sur 150 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

Escenario de Evaluación	Tratamiento [US\$/m³]	Transporte [US\$/m³]	Costo Total [US\$/m³]
Desalación	\$ 1,57 18%	\$ 7,20 82%	\$ 8,77
SWAP	\$ 1,57 20%	\$ 6,28 80%	\$ 7,85
AS Tratadas	\$ 0,86 11%	\$ 7,00 89%	\$ 7,86



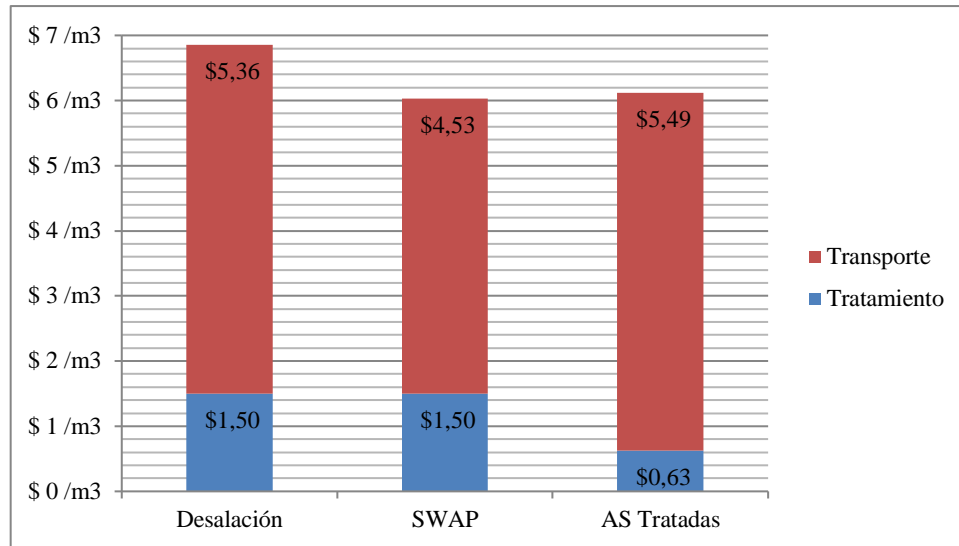
**Figura 6.14. Costos Unitarios de Producción por alternativa. Mina Sur 150 [l/s].**  
**Fuente: Elaboración Propia.**

ii. Suministro de 750 [l/s]

La evaluación del suministro de 750 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Sur durante un período de 20 años, entrega como resultado los costos requeridos para la producción de cada metro cúbico de agua que se entrega a la minera, los cuales son expuestos en la tabla 6.50 y en la figura 6.15:

**Tabla 6.50. Costos Unitarios de Producción por alternativa. Mina Sur 750 [l/s].**  
**Fuente: Elaboración Propia.**

Escenario de Evaluación	Tratamiento [US\$/m³]	Transporte [US\$/m³]	Costo Total [US\$/m³]
Desalación	\$ 1,50 22%	\$ 5,36 78%	\$ 6,86
SWAP	\$ 1,50 25%	\$ 4,53 75%	\$ 6,03
AS Tratadas	\$ 0,63 10%	\$ 5,49 90%	\$ 6,12



**Figura 6.15. Costos Unitarios de Producción por alternativa. Mina Sur 750 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

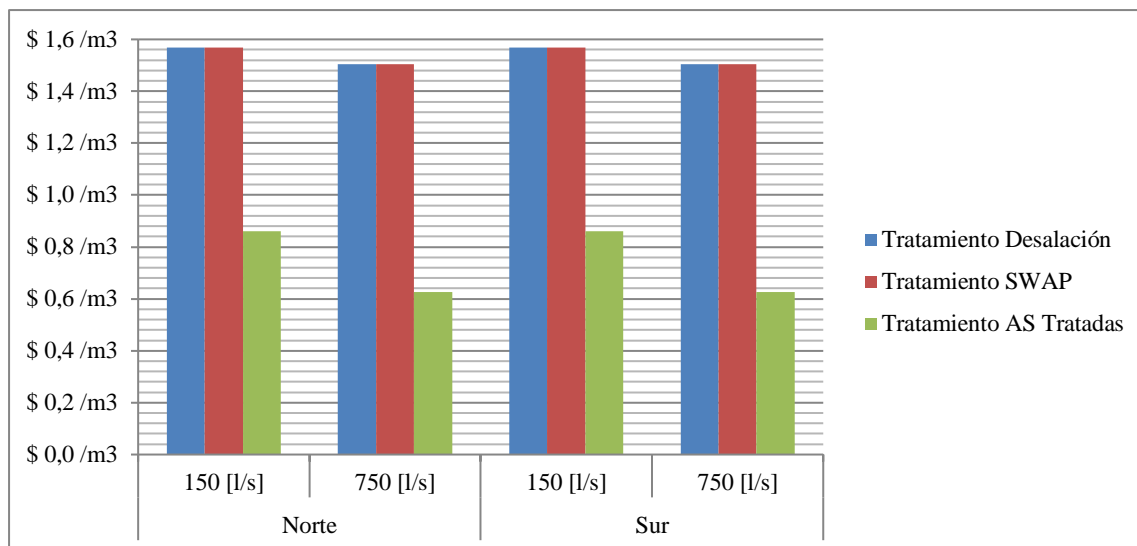
## F. Resumen

### i. Costos de Tratamiento

Agrupando los datos recién expuestos, referentes a los costos de tratamiento, se presenta la tabla 6.51 y figura 6.16.

**Tabla 6.51. Costos Unitarios de Tratamiento por alternativa. Resumen.**  
Fuente: Elaboración Propia.

Escenario de Evaluación	Tratamiento Norte [US\$/m³]		Tratamiento Sur [US\$/m³]	
	150 [l/s]	750 [l/s]	150 [l/s]	750 [l/s]
Desalación	\$ 1,57	\$ 1,50	\$ 1,57	\$ 1,50
SWAP	\$ 1,57	\$ 1,50	\$ 1,57	\$ 1,50
AS Tratadas	\$ 0,86	\$ 0,63	\$ 0,86	\$ 0,63



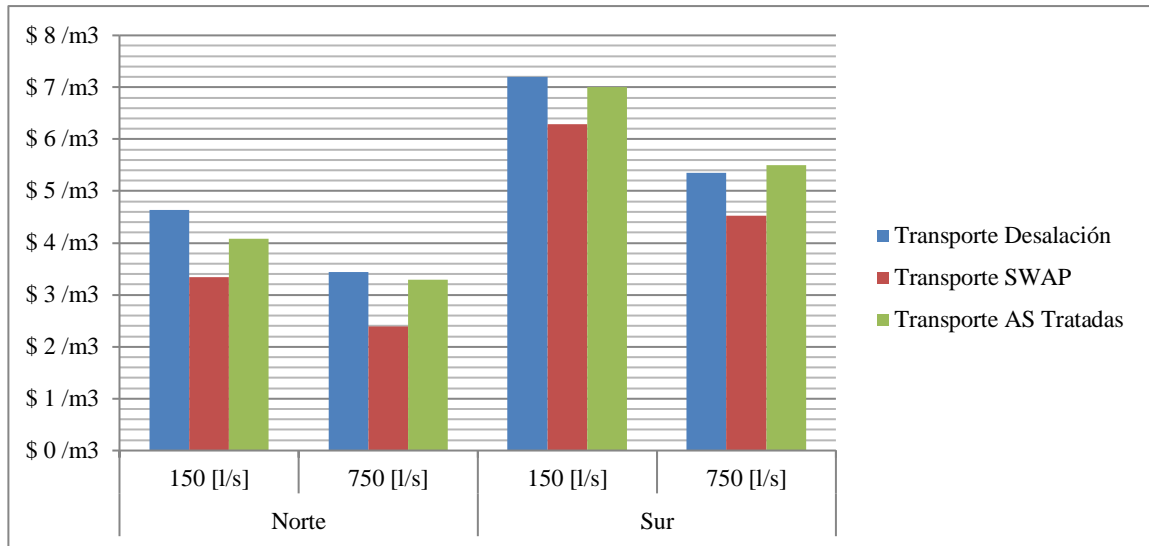
**Figura 6.16. Costos Unitarios de Tratamiento por alternativa. Resumen.**  
Fuente: Elaboración Propia.

ii. Costos de Transporte

Agrupando los datos recién expuestos, referentes a los costos de transporte, se presenta la tabla 6.52 y figura 6.17.

**Tabla 6.52. . Costos Unitarios de Transporte por alternativa. Resumen.**  
Fuente: Elaboración Propia.

Escenario de Evaluación	Transporte Norte [US\$/m³]		Transporte Sur [US\$/m³]	
	150 [l/s]	750 [l/s]	150 [l/s]	750 [l/s]
Desalación	\$ 4,63	\$ 3,43	\$ 7,20	\$ 5,36
SWAP	\$ 3,35	\$ 2,39	\$ 6,28	\$ 4,53
AS Tratadas	\$ 4,08	\$ 3,29	\$ 7,00	\$ 5,49



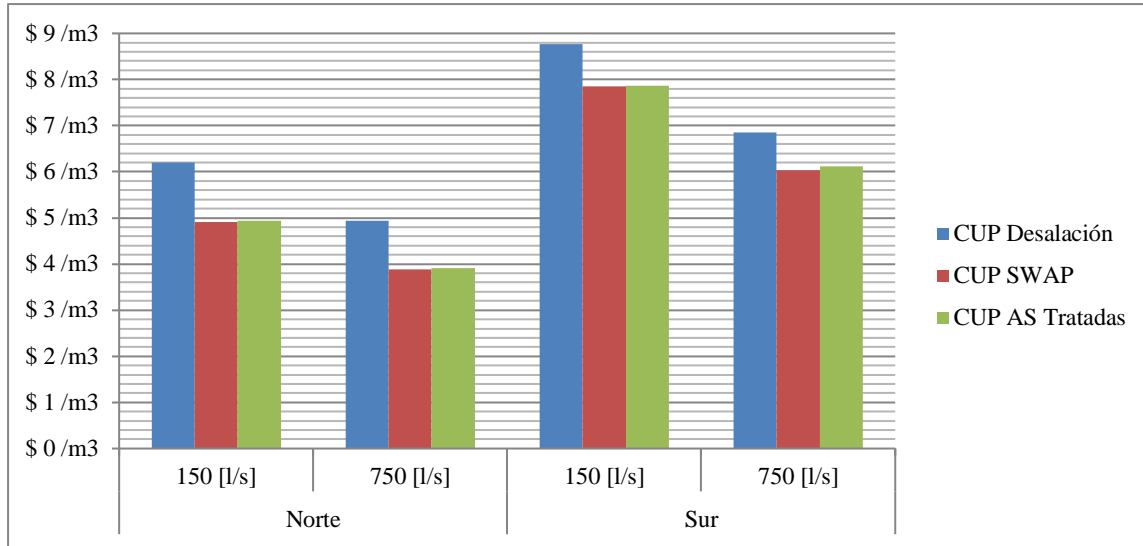
**Figura 6.17. . Costos Unitarios de Transporte por alternativa. Resumen.**  
Fuente: Elaboración Propia.

iii. Costos Unitarios de Producción

Agrupando los datos recién expuestos, referentes a los costos unitarios totales de producción, se presenta la tabla 6.53 y figura 6.18.

**Tabla 6.53. Costos Unitarios de Producción por alternativa. Resumen.**  
Fuente: Elaboración Propia.

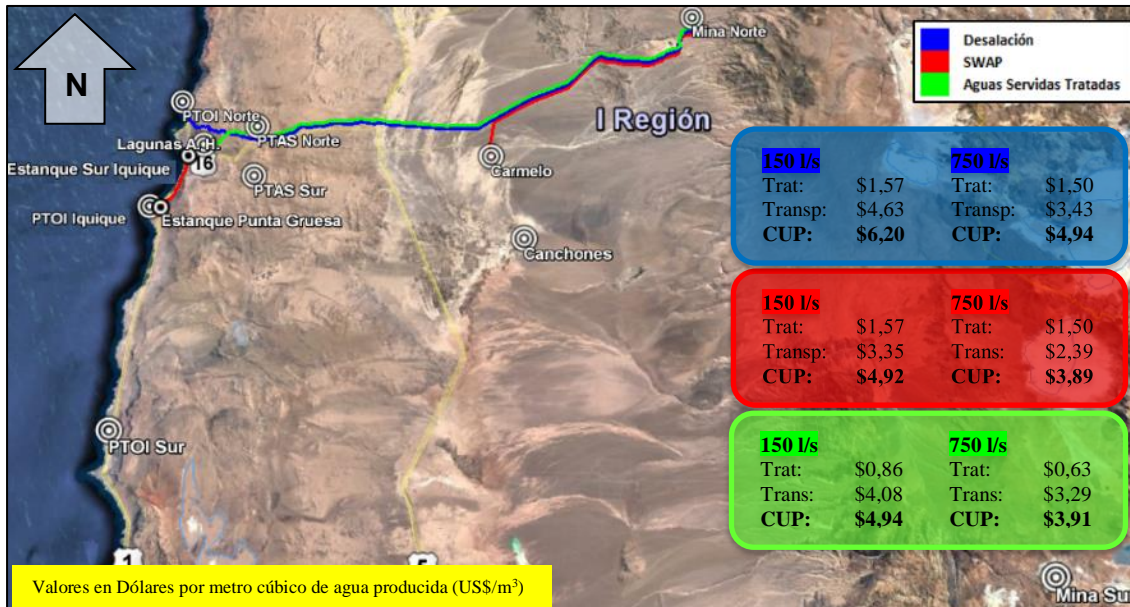
Escenario de Evaluación	CUP Norte [US\$/m³]		CUP Sur [US\$/m³]	
	150 [l/s]	750 [l/s]	150 [l/s]	750 [l/s]
Desalación	\$ 6,20	\$ 4,94	\$ 8,77	\$ 6,86
SWAP	\$ 4,92	\$ 3,89	\$ 7,85	\$ 6,03
AS Tratadas	\$ 4,94	\$ 3,91	\$ 7,86	\$ 6,12



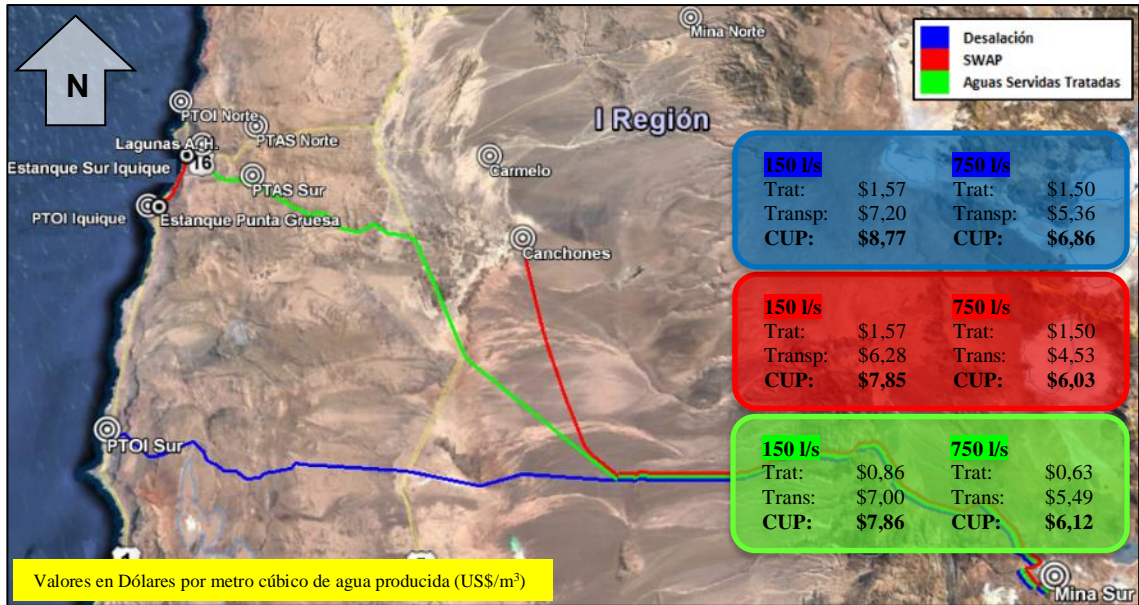
**Figura 6.18. Costos Unitarios de Producción por alternativa. Resumen.**  
Fuente: Elaboración Propia.

iv. Esquema de Alternativas

A modo de síntesis, en las figuras 6.19 y 6.20 se presentan los costos unitarios asociados al tratamiento y transporte, además del costo unitario total de producción correspondiente a cada una de las alternativas evaluadas para abastecer a las minas Norte y Sur respectivamente.



**Figura 6.19. Esquema de alternativas de suministro a Mina Norte. Tratamiento, Transporte y VAC.**  
Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 6.20. Esquema de alternativas de suministro a Mina Sur. Tratamiento, Transporte y VAC.**  
Fuente: Elaboración Propia.

## 7 Análisis de Resultados

El siguiente análisis tiene como objetivo examinar los resultados considerando diversas aristas. Mediante el desarrollo de un análisis comparativo, el cual considera las diferencias existentes entre los costos de inversión y operación relativos a cada alternativa, los costos de tratamiento y transporte referentes a las distintas opciones de evaluación, los costos totales y unitarios requeridos para llevar a cabo cada uno de los proyectos, etc., es posible la determinación de la solución más conveniente en cada caso, identificando, de cierta forma, la relación existente entre la ubicación geográfica de la minera a abastecer, o la magnitud del caudal requerido por ésta, y la conveniencia económica de suministrar el recurso mediante la implementación de una u otra alternativa. De forma complementaria, el desarrollo de un análisis de sensibilidad permite conocer la influencia que tienen ciertas variables clave en la magnitud de los resultados obtenidos en la evaluación económica.

### 7.1 Caso de Estudio

En relación con los casos estudiados en esta evaluación económica, donde se analiza el abastecimiento de dos minas referenciales, norte y sur, con dos escenarios de caudal: 150 [l/s] y 750 [l/s], se determina que la alternativa de abastecimiento que presenta los menores costos de ejecución, luego de una evaluación del suministro a 20 años para cada uno de los escenarios propuestos, corresponde a la implementación del proyecto SWAP, cuyos costos totales, junto con los asociados al resto de las alternativas, son presentados en la figura 7.1.

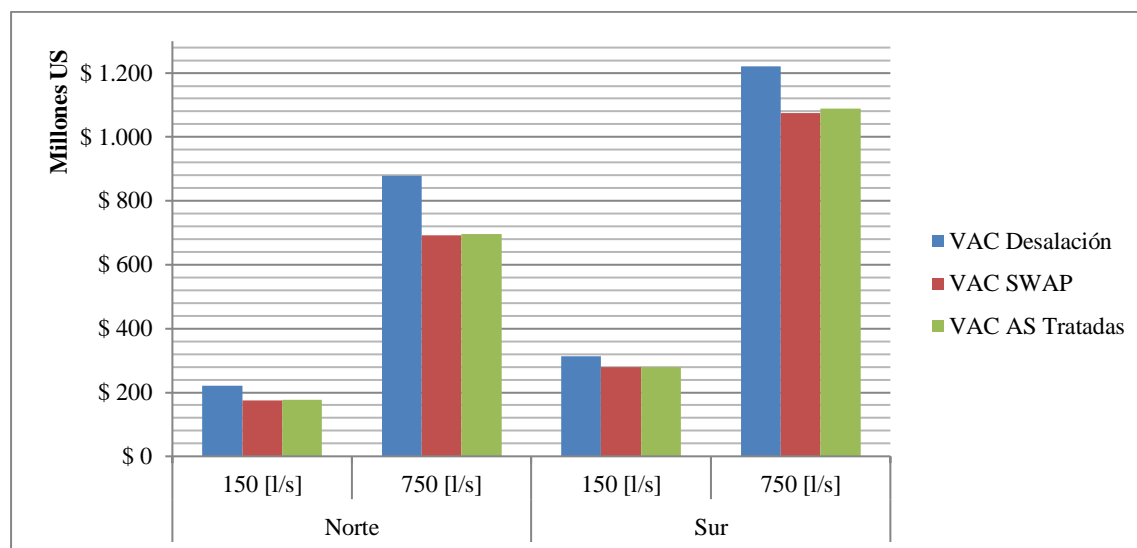
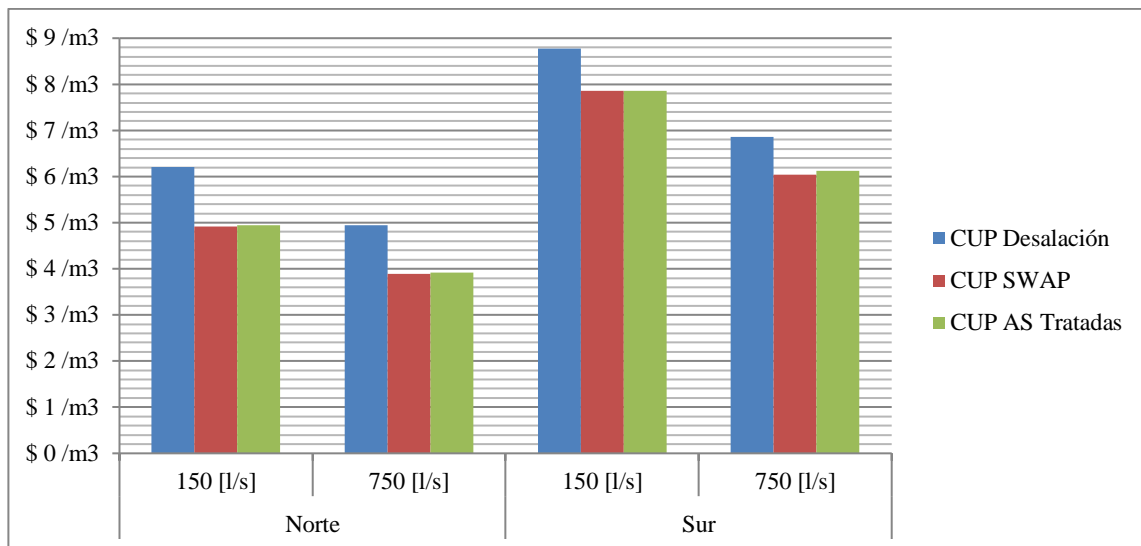


Figura 7.1. VAC correspondiente a cada alternativa evaluada en los distintos escenarios de abastecimiento.  
Fuente: Elaboración Propia.

Lo mismo ocurre al considerar los costos unitarios de producción presentados en la figura 7.2, correspondientes al valor asociado a la producción de cada metro cúbico producido en cada uno de los escenarios evaluados.

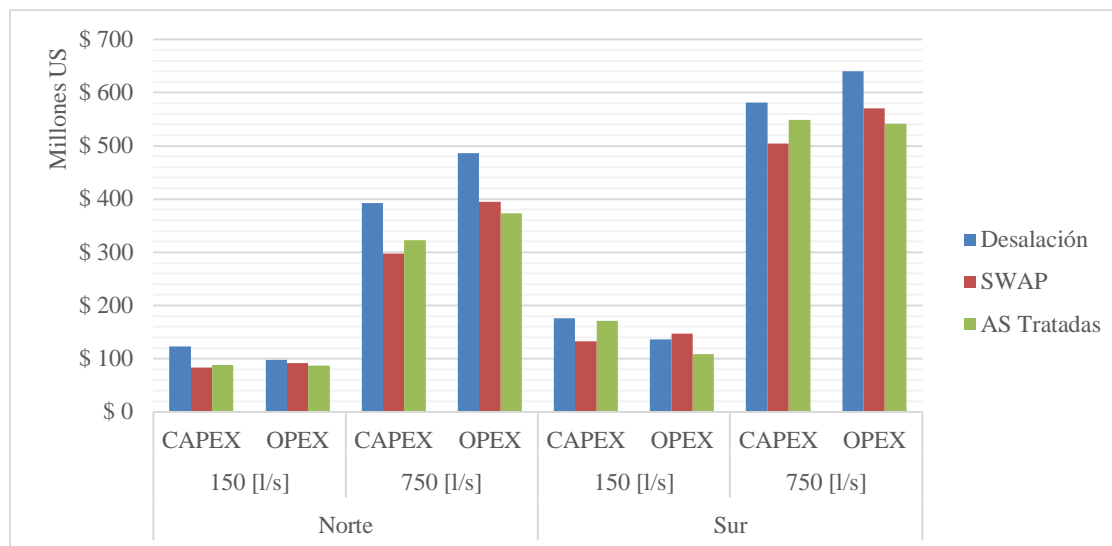


**Figura 7.2. CUP correspondiente a cada alternativa evaluada en los distintos escenarios de abastecimiento.**  
**Fuente: Elaboración Propia.**

Sin embargo, tal y como se observa en las dos figuras recién expuestas, las diferencias obtenidas entre los valores actuales de costos de las alternativas SWAP y Aguas Servidas Tratadas resultan mínimas en todos los escenarios de evaluación, registrándose diferencias entre el 0,6% y el 1,4% de la segunda por sobre la primera (mientras que la alternativa de Desalación presenta diferencias entre un 11,7% y un 26,9% por sobre la alternativa más económica). Dado lo anterior, y en vista de que la presente evaluación es desarrollada considerando parámetros estimativos, cuya magnitud además presenta una variabilidad considerable en el tiempo, no es posible aseverar la absoluta conveniencia de la implementación del Proyecto SWAP, sino que más bien se presenta como una alternativa con costos equivalentes a la de Aguas Servidas Tratadas.

## 7.2 Caracterización de Costos

A continuación, en la figura 7.3, se presentan los costos correspondientes al CAPEX (costos de inversión) y al OPEX (costos de operación y mantenimiento) obtenidos en la evaluación de cada uno de los escenarios de abastecimiento.



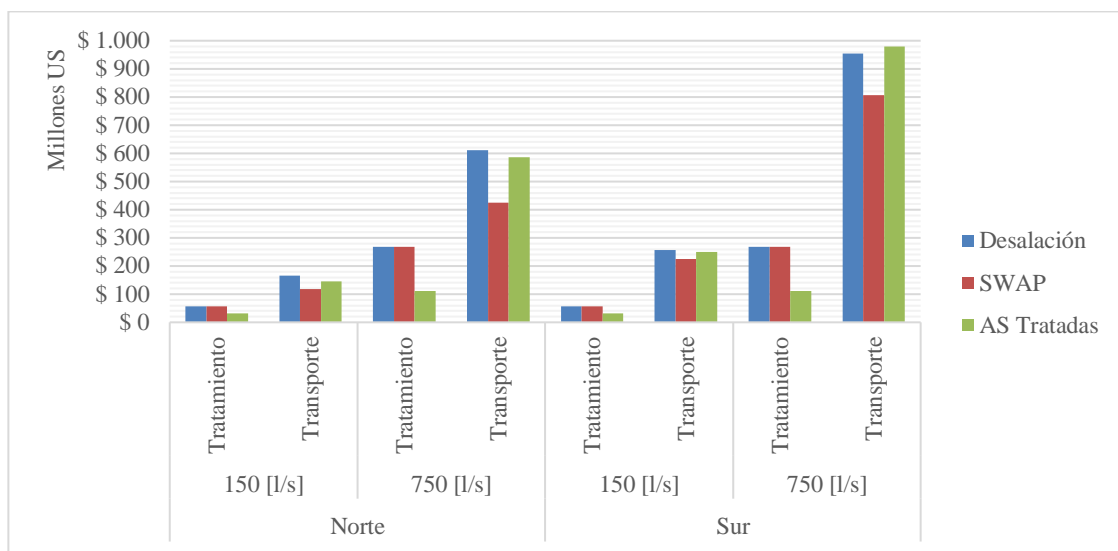
**Figura 7.3. CAPEX y OPEX de cada alternativa evaluada en los distintos escenarios de abastecimiento.**  
**Fuente: Elaboración Propia.**

En cuanto a los costos expuestos cabe destacar las siguientes relaciones:

- Se observa que la alternativa de Desalación es la que presenta siempre los mayores costos de inversión en cada escenario de evaluación, debido principalmente a sus largos trazados que van desde el mar hasta la cordillera. Además, en relación a esta misma alternativa, resulta que sus costos de inversión son mayores a sus costos de operación y mantenimiento en los casos donde se suministran 150 [l/s], mientras que en los escenarios de suministro de 750 [l/s] se observa lo contrario, es decir, sus costos de operación y mantenimiento resultan mayores que los de inversión. La principal causa de lo anterior corresponde al importante aumento en la potencia de operación requerida por las plantas elevadoras para impulsar el mayor caudal hacia las minas, produciendo un aumento significativo en los costos de transporte.
- Debido a sus trazados considerablemente más cortos, la alternativa SWAP siempre presenta los menores costos de inversión en comparación con las otras alternativas. Además, sus bajos costos de inversión también son sobrepasados por sus costos de operación y mantenimiento en cada uno de los escenarios evaluados.
- Debido a que su tratamiento presenta una menor demanda de energía, la alternativa de Aguas Servidas Tratadas presenta siempre los menores costos de operación y mantenimiento en comparación con las otras alternativas. Por otra parte, sus costos de inversión son siempre mayores que los del Proyecto SWAP (debido a su trazado más extenso) pero a su vez menores que los de la alternativa de Desalación (ya que, si bien presentan trazados de longitudes similares, la instalación de una PTAS resulta más económica que una PTOI de similar capacidad).

- Al ser la alternativa SWAP la que presenta los menores costos de inversión y la alternativa de Aguas Servidas Tratadas la que presenta los menores costos de operación y mantenimiento, se infiere, a grandes rasgos y en los parámetros de esta evaluación, que para menores tiempos de evaluación debiese ser más conveniente la alternativa SWAP, mientras que para tiempos de evaluación más prolongados, resulta más ventajosa la alternativa de Aguas Servidas Tratadas.

En la figura 7.4, se presentan los costos totales asociados al proceso requerido para el tratamiento del agua, además de los costos totales necesarios para su transporte hasta las instalaciones correspondientes en cada uno de los escenarios de abastecimiento evaluados.



**Figura 7.4. Costos de Tratamiento y Transporte de cada alternativa evaluada en los distintos escenarios. Fuente: Elaboración Propia.**

Referente a los costos recién presentados, se destacan las siguientes relaciones:

- Para cada una de las alternativas de suministro, en todos los escenarios de evaluación, los costos de transporte son mayores a los costos de tratamiento. Por lo tanto, el transporte del agua requerida, desde la fuente de abastecimiento hasta las correspondientes faenas mineras, corresponde al principal costo necesario para la implementación de cualquiera de las alternativas evaluadas.
- En cada uno de los escenarios de evaluación, el costo de tratamiento de la alternativa de Desalación es igual al de la alternativa SWAP, debido a que el tratamiento en ambos casos es exactamente el mismo.
- Debido a que tanto la inversión como la operación y mantenimiento requeridos para la implementación de una PTAS son menores que los requeridos para la implementación de una PTOI de similar capacidad, la alternativa de Aguas

Servidas Tratadas siempre presenta los menores costos de tratamiento en relación con las otras alternativas.

- Las alternativas de Desalación y de Aguas Servidas Tratadas presentan costos de transporte equivalentes, debido a sus trazados de extensión similar.
- Debido a la mayor altura geográfica que presentan sus fuentes de abastecimiento, además del menor distanciamiento que tienen éstas en relación con las faenas mineras, la alternativa SWAP presenta siempre los menores costos de transporte.

### **7.3 Sensibilización de Resultados**

Con el objetivo de analizar la influencia que tienen ciertas variables sobre la magnitud de los resultados obtenidos tras el desarrollo de la evaluación económica, se lleva a cabo un análisis de sensibilidad de los parámetros de mayor incidencia en el análisis y de aquellos que podrían presentar variaciones en el tiempo.

#### **7.3.1 Modificación de Costos y Duración**

Algunos parámetros que presentan importante variabilidad, o que son adaptables de acuerdo a las condiciones específicas de cada proyecto, son el costo de la energía, el valor de la tasa de descuento y el horizonte de operación total del proyecto, los cuales son modificados en este análisis, con la intención de recalculer los costos unitarios de producción referentes a cada alternativa y compararlos con los obtenidos en el análisis base.

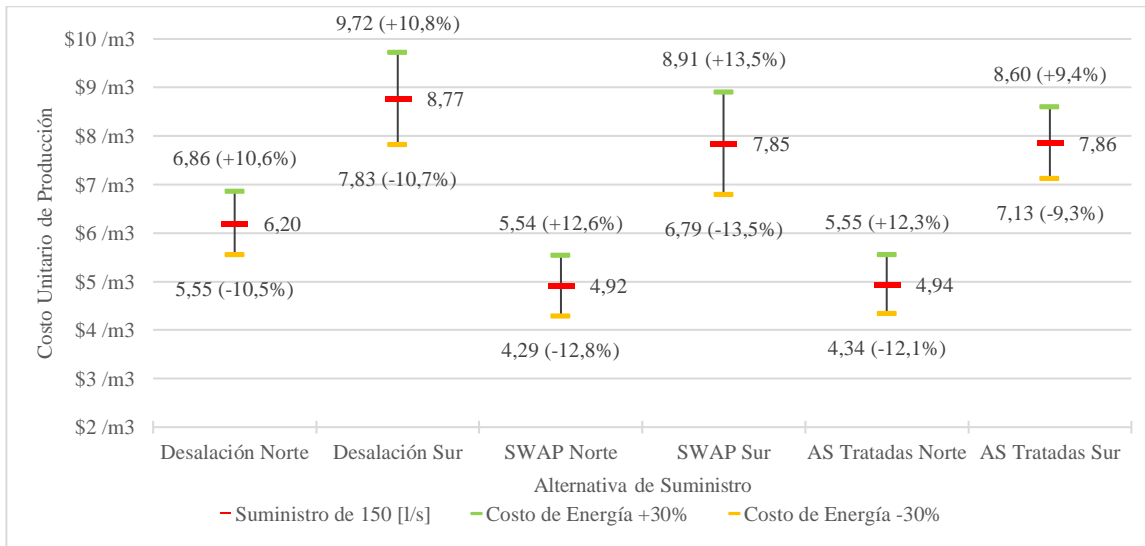
A modo de metodología se considera una variación, tanto al alza como a la baja, de un 30% en la magnitud de cada uno de los parámetros indicados, para posteriormente analizar la variación del CUP correspondiente a cada una de las alternativas, y de esta manera determinar el grado de influencia de estas variaciones en el costo final.

##### ***A. Costo de Energía***

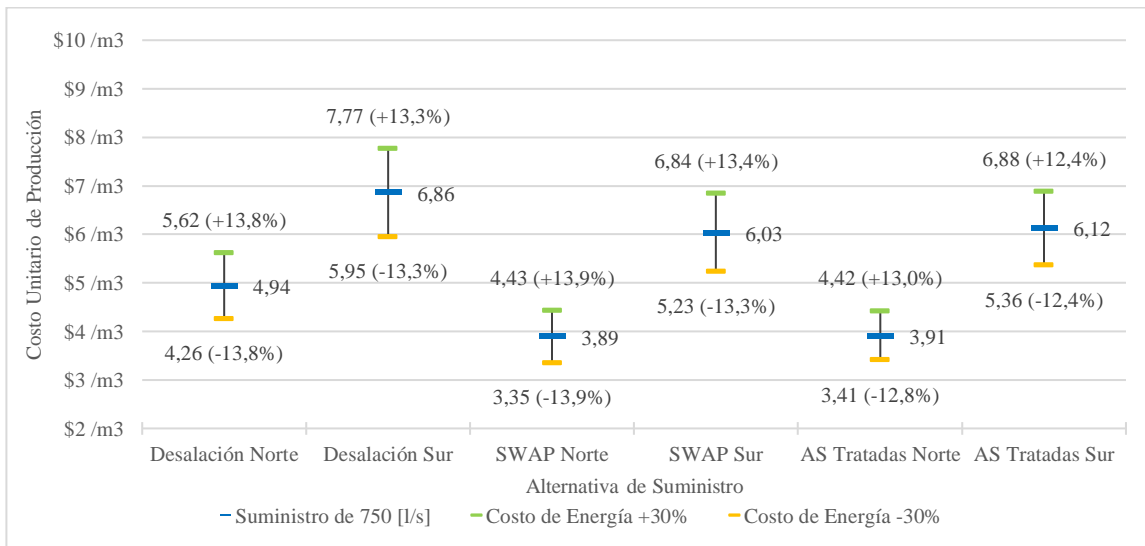
El costo de energía adoptado para el desarrollo de la evaluación inicial corresponde a 0,13 [US\$/kWh], por lo tanto, aplicando una variación del 30% para este parámetro, el análisis de sensibilidad se desarrolla considerando valores de 0,091 [US\$/kWh] y 0,169 [US\$/kWh].

Aplicando la variación especificada, se recalculan los valores actuales de costos referentes a cada alternativa, obteniéndose una relación directa entre las variables (un aumento en el costo de la energía produce un aumento de los costos unitarios, mientras que una disminución en el costo de la energía produce una disminución de los costos unitarios).

Los nuevos costos unitarios de producción obtenidos, junto con sus niveles de variación producto de la modificación de la variable especificada, son presentados en las figuras 7.5 y 7.6, para suministros de 150 [l/s] y 750 [l/s] respectivamente.



**Figura 7.5. Variación de los Costos Unitarios de Producción de cada alternativa con Suministro de 150 [l/s], debido a un 30% en la variación del Costo de la Energía.**  
Fuente: Elaboración Propia.



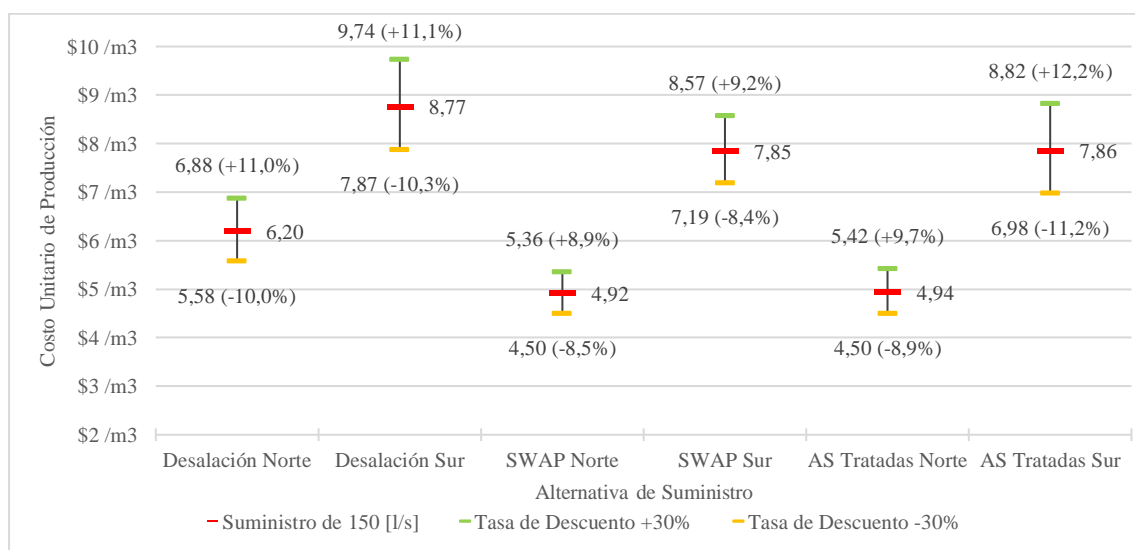
**Figura 7.6. Variación de los Costos Unitarios de Producción de cada alternativa con Suministro de 750 [l/s], debido a un 30% en la variación del Costo de la Energía.**  
Fuente: Elaboración Propia.

## B. Tasa de Descuento

La tasa de descuento adoptada para el desarrollo de la evaluación inicial corresponde al 10%, por lo tanto, aplicando una variación del 30% para este parámetro, el análisis de sensibilidad se desarrolla considerando valores del 7% y 13%.

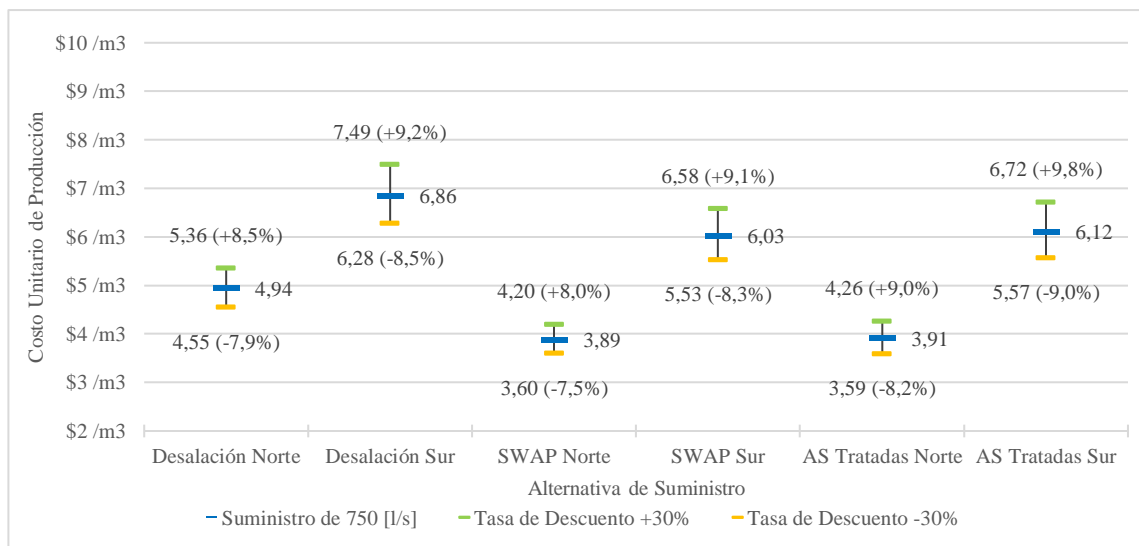
Aplicando la variación especificada, se recalculan los valores actuales de costos referentes a cada alternativa, obteniéndose una relación directa entre las variables (un aumento en la tasa de descuento produce un aumento de los costos unitarios, mientras que una disminución en la tasa de descuento produce una disminución de los costos unitarios).

Los nuevos costos unitarios de producción obtenidos, junto con sus niveles de variación producto de la modificación de la variable especificada, son presentados en las figuras 7.7 y 7.8, para suministros de 150 [l/s] y 750 [l/s] respectivamente.



**Figura 7.7. Variación de los Costos Unitarios de Producción de cada alternativa con Suministro de 150 [l/s], debido a un 30% en la variación de la Tasa de Descuento.**

**Fuente: Elaboración Propia.**



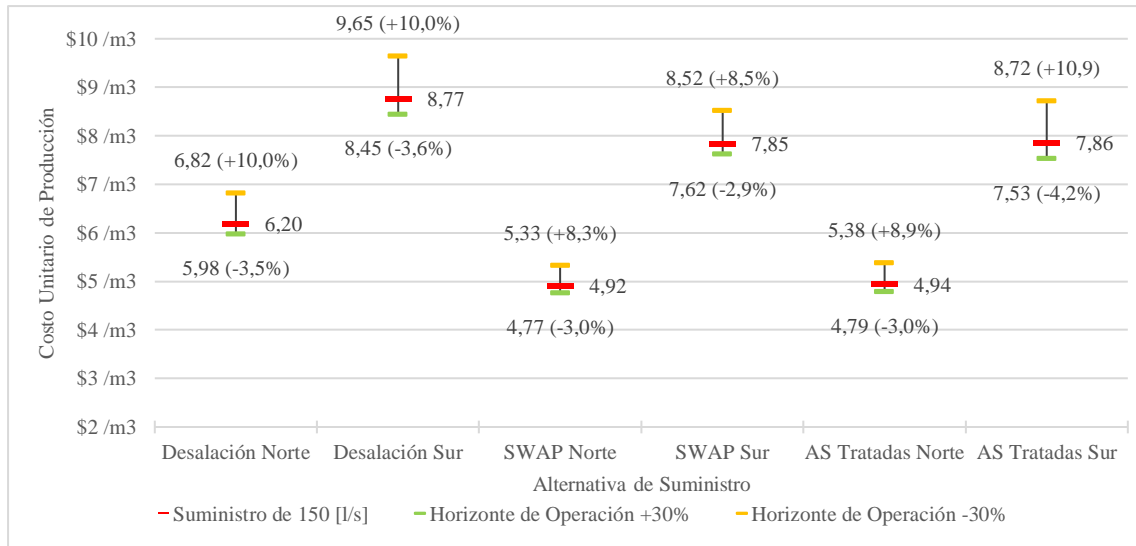
**Figura 7.8. Variación de los Costos Unitarios de Producción de cada alternativa con Suministro de 750 [l/s], debido a un 30% en la variación de la Tasa de Descuento.**  
Fuente: Elaboración Propia.

### C. Horizonte de Operación

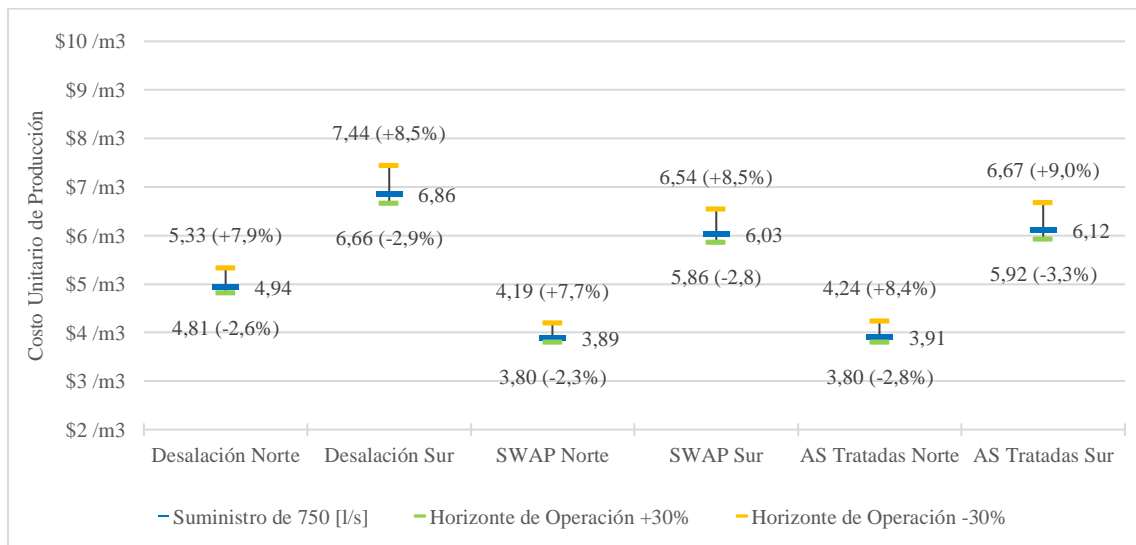
El horizonte de operación adoptado para el desarrollo de la evaluación inicial corresponde a 20 años, por lo tanto, aplicando una variación del 30% para este parámetro, el análisis de sensibilidad se desarrolla considerando valores de 14 y 26 años.

Aplicando la variación especificada, se recalculan los valores actuales de costos referentes a cada alternativa, obteniéndose una relación inversa entre las variables (un aumento en el horizonte de operación produce una disminución de los costos unitarios, mientras que una disminución en el horizonte de operación produce un aumento de los costos unitarios).

Los nuevos costos unitarios de producción obtenidos, junto con sus niveles de variación producto de la modificación de la variable especificada, son presentados en las figuras 7.9 y 7.10, para suministros de 150 [l/s] y 750 [l/s] respectivamente.



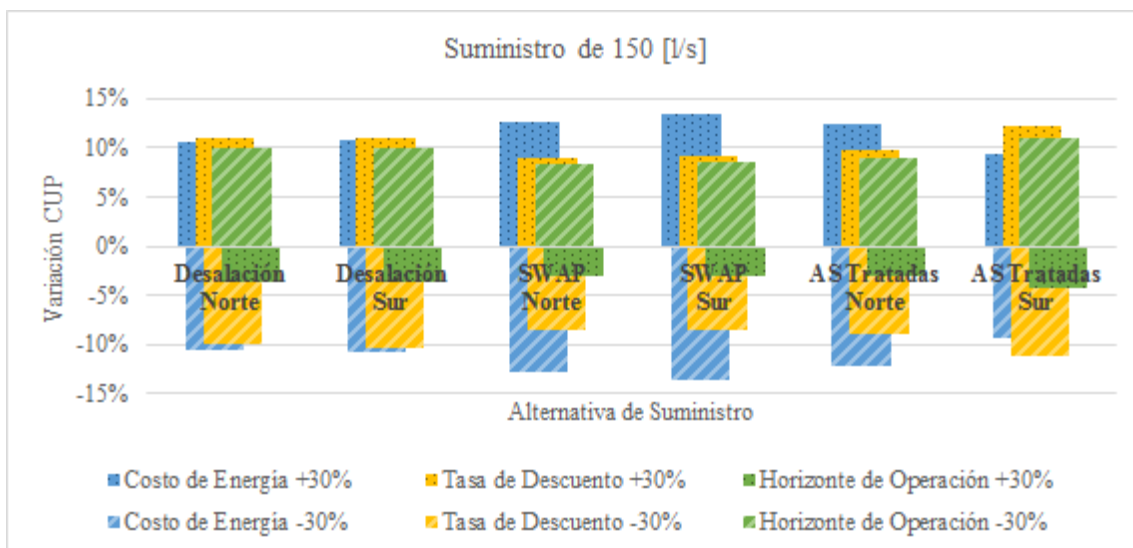
**Figura 7.9. Variación de los Costos Unitarios de Producción de cada alternativa con Suministro de 150 [l/s], debido a un 30% en la variación del Horizonte de Operación.**  
Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 7.10. Variación de los Costos Unitarios de Producción de cada alternativa con Suministro de 750 [l/s], debido a un 30% en la variación del Horizonte de Operación.**  
Fuente: Elaboración Propia.

#### D. Resumen de Variaciones

Con motivo de facilitar la comparación de los resultados, en las figuras 7.11 y 7.12, correspondientes a los escenarios de suministro de 150 [l/s] y 750 [l/s] respectivamente, se presenta la variación porcentual del costo unitario de producción (costo por metro cúbico de agua producido) de cada una de las alternativas evaluadas, luego de la modificación de los parámetros descritos.



**Figura 7.11. Variación porcentual de Costos Unitarios de Producción de cada alternativa con Suministro de 150 [l/s], producto de un 30% en la variación de los distintos parámetros.**  
Fuente: Elaboración Propia.



**Figura 7.12. Variación porcentual de Costos Unitarios de Producción de cada alternativa con Suministro de 750 [l/s], producto de un 30% en la variación de los distintos parámetros.**  
Fuente: Elaboración Propia.

Como puede observarse, un mismo grado de variación aplicado a los tres parámetros estudiados, provoca diferentes fluctuaciones en los costos finales de cada alternativa, dependiendo de la incidencia de cada parámetro en la composición total de costos.

A partir de las figuras presentadas, se determina que, por lo general, el costo de la energía resulta ser el elemento cuya modificación produce las mayores variaciones en los costos unitarios, registrándose, en promedio, una variación del 12,4% en los CUP tanto al aumentar como disminuir su valor en un 30%.

El siguiente parámetro observado corresponde al valor de la tasa de descuento, cuya modificación produce, en promedio, un alza del 9,6% en los CUP al aumentar la tasa de

descuento en un 30%, mientras que al disminuirla en la misma cantidad, los CUP disminuyen, en promedio, un 8,9%.

Finalmente, el parámetro cuya modificación resulta menos significativa al momento de analizar la variación causada a los costos unitarios de producción, corresponde al horizonte de operación total del proyecto. En este caso se registra, en promedio, un alza del 8,9% en los CUP al disminuir el horizonte de operación en un 30%, mientras que al aumentarlo en la misma cantidad, los CUP disminuyen, en promedio, sólo un 3,1%. Cabe mencionar que, luego de cumplido el horizonte de operación de los proyectos, no se contempla la reutilización de las instalaciones bajo ninguna circunstancia, y por lo tanto no se les otorga valor residual alguno.

Tomando en consideración la información recabada, es posible concluir que conseguir un bajo costo de energía resulta fundamental a la hora de implementar esta clase de proyectos, resultando altamente recomendable, por ejemplo, la incorporación de tecnologías de autogeneración energética o la formulación de convenios estratégicos. Por otra parte, si bien no conlleva un ahorro potencial tan importante como el recién expuesto, de todas maneras resulta conveniente implementar soluciones de este alcance durante períodos en los que la economía permita la consideración de bajas tasas de descuento. Por último, del análisis se extrae que aumentar el horizonte de operación del proyecto no produce un ahorro sustancial en los costos, sin embargo, soluciones con horizontes de operación menores podrían resultar considerablemente más costosas.

### **7.3.2 Modificación del Caudal de Operación**

Otra situación importante de analizar corresponde al caso en el que se contemple un crecimiento escalonado en el nivel de operación de las alternativas de abastecimiento de agua, es decir, que en una primera instancia, mientras la producción de la empresa sea reducida, se requiera el suministro de un caudal pequeño, para posteriormente aumentarlo conforme al crecimiento proyectado por la minera.

Con relación a esto, resulta interesante conocer cómo cambian los costos unitarios de producción al modificar el instante en el que se realizan las inversiones proyectadas. De esta manera, se busca establecer la conveniencia entre las siguientes alternativas: construir desde un principio instalaciones con la capacidad suficiente para suministrar el caudal proyectado hacia el final de la operación y simplemente acotar su funcionamiento durante el primer período de actividad, durante el cual es necesario el suministro de un caudal menor; o bien construir e implementar las instalaciones necesarias para suministrar sólo el caudal requerido en un comienzo de la operación y posteriormente, cuando sea necesario, ampliarlas para aumentar su capacidad.

#### ***A. Caso de Estudio***

Con el objetivo de analizar la situación presentada, se propone el caso de estudio expuesto a continuación.

Tomando en cuenta las distintas alternativas de abastecimiento desarrolladas en este informe, se analizan las diferencias entre los costos unitarios de producción calculados para el abastecimiento de mineras cuyas operaciones presentan un crecimiento a lo largo del tiempo, y por lo tanto, durante sus primeros años de actividad precisan un suministro de agua menor al requerido en su fase final.

De esta manera se definen tres escenarios de operación inicial, correspondientes a 150 [l/s], 375 [l/s] y 600 [l/s], los cuales son suministrados durante la primera mitad de la vida útil definida para el proyecto. Posteriormente, al comenzar la segunda mitad del tiempo de operación, se contempla un incremento único en el suministro, alcanzando los 750 [l/s] en todos los casos.

Para la evaluación de cada uno de estos escenarios, se consideran los mismos parámetros generales que para el análisis principal desarrollado en este informe, es decir, no se consideran modificaciones en los costos unitarios ni en las tasas de descuento, manteniéndose además el horizonte de operación en 20 años. Los costos referentes al suministro de caudales no contemplados en el análisis principal de este informe (375 [l/s] y 600 [l/s]) se estiman mediante la ecuación 7.14 definida en el capítulo 7.4.2.

Con la intención de comparar los resultados obtenidos, cada uno de los costos unitarios de producción referentes a los escenarios recién definidos es calculado considerando las dos configuraciones de inversión planteadas en un comienzo de este análisis. Por una parte se calcula el CUP estableciendo que toda la inversión necesaria para abastecer de agua a la mina, incluso durante su período de máxima demanda, es realizada al inicio de la implementación del proyecto, y por lo tanto, durante la primera mitad de la vida útil establecida, las instalaciones operan a tan sólo una fracción de su capacidad. Por otra parte, se vuelve a calcular el CUP de cada alternativa, pero considerando ahora que la inversión inicial corresponde sólo a la necesaria para operar durante la primera mitad de la vida útil del proyecto, precisándose, al comenzar la segunda mitad, una nueva inversión que permita ampliar la capacidad de operación del sistema y suministrar el nuevo caudal demandado.

## ***B. Resultados***

Los resultados presentados a continuación, en las tablas 7.1, 7.2 y 7.3, corresponden a los calculados tomando en cuenta las siguientes configuraciones de inversión a lo largo de la vida útil del proyecto:

- Caso I:

Primera etapa: Inversión mayor, instalaciones capaces de suministrar la demanda máxima del proyecto, sin embargo operan de forma reducida de acuerdo a la demanda definida durante esta etapa.

Segunda etapa: No requiere nuevas inversiones, sólo se aumenta el nivel de operación del sistema.

- Caso II:

Primera etapa: Inversión menor, instalaciones capaces de suministrar sólo la demanda inicial del proyecto.

Segunda etapa: Inversión menor, necesaria para ampliar las instalaciones y hacerlas capaces de suministrar la demanda final del proyecto.

i. Suministro inicial de 150 [l/s]:

**Tabla 7.1. CUP por alternativa para el suministro inicial de 150 [l/s] y final de 750 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

Alternativa de Suministro	Costo Unitario de Producción [US\$/m <sup>3</sup> ]		Ahorro al considerar el Caso II (con respecto al Caso I)
	Caso I	Caso II	
Desalación Norte	\$ 8,30	\$ 6,03	27,3%
SWAP Norte	\$ 6,44	\$ 4,74	26,4%
AS Tratadas Norte	\$ 6,68	\$ 4,81	27,9%
Desalación Sur	\$ 11,84	\$ 8,52	28,1%
SWAP Sur	\$ 10,35	\$ 7,54	27,2%
AS Tratadas Sur	\$ 10,82	\$ 7,67	29,1%
<b>Promedio</b>			<b>27,7%</b>

ii. Suministro inicial de 375 [l/s]:

**Tabla 7.2. CUP por alternativa para el suministro inicial de 375 [l/s] y final de 750 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

Alternativa de Suministro	Costo Unitario de Producción [US\$/m <sup>3</sup> ]		Ahorro al considerar el Caso II (con respecto al Caso I)
	Caso I	Caso II	
Desalación Norte	\$ 6,31	\$ 5,46	13,5%
SWAP Norte	\$ 4,93	\$ 4,29	13,0%
AS Tratadas Norte	\$ 5,04	\$ 4,33	14,1%
Desalación Sur	\$ 8,89	\$ 7,64	14,1%
SWAP Sur	\$ 7,79	\$ 6,73	13,6%
AS Tratadas Sur	\$ 8,03	\$ 6,85	14,7%
<b>Promedio</b>			<b>13,8%</b>

iii. Suministro inicial de 600 [l/s]:

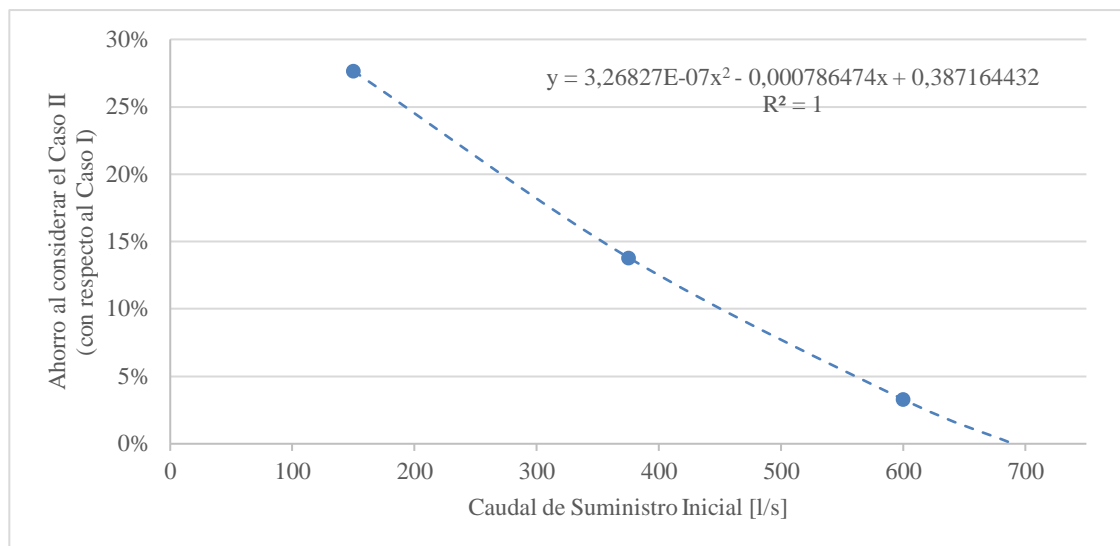
Tabla 7.3. CUP por alternativa para el suministro inicial de 600 [l/s] y final de 750 [l/s].

Fuente: Elaboración Propia.

Alternativa de Suministro	Costo Unitario de Producción [US\$/m <sup>3</sup> ]		Ahorro al considerar el Caso II (con respecto al Caso I)
	Caso I	Caso II	
Desalación Norte	\$ 5,34	\$ 5,18	3,1%
SWAP Norte	\$ 4,20	\$ 4,07	3,1%
AS Tratadas Norte	\$ 4,25	\$ 4,10	3,5%
Desalación Sur	\$ 7,46	\$ 7,21	3,3%
SWAP Sur	\$ 6,56	\$ 6,34	3,3%
AS Tratadas Sur	\$ 6,69	\$ 6,46	3,5%
<b>Promedio</b>			<b>3,3%</b>

Los resultados obtenidos indican que, al menos dentro del rango de operación evaluado, resulta más conveniente implementar las inversiones como se plantea en el Caso II, es decir, distribuyendo las inversiones en el tiempo y aplazándolas la mayor cantidad de tiempo posible, incluso si esta reinversión implica realizar nuevamente un desembolso por concepto de gastos fijos (los que son independientes del nivel de operación). Este fenómeno se explica principalmente por dos motivos: en menor medida incide el hecho de que existe un gasto de mantención innecesario al conservar instalaciones de gran magnitud que no están siendo aprovechadas en su máxima capacidad, costo que no está presente en caso de considerarse la construcción de instalaciones más pequeñas en un comienzo; sin embargo, el factor más influyente en el resultado obtenido corresponde a la desvalorización, considerada por el modelo de cálculo del Valor Actual de Costos, de los costos incurridos en el futuro con respecto a los generados en el presente, de lo cual se desprende que las inversiones realizadas en un tiempo avanzado causarían un impacto en el costo final del proyecto mucho menor que el de las realizadas en un comienzo.

De los resultados conseguidos también es posible evidenciar que, a medida que la operación inicial se aproxima a la magnitud de la operación final, y por lo tanto las inversiones incurridas en un comienzo son cada vez más importantes, la diferencia calculada entre los costos correspondientes a cada una de las configuraciones de inversión analizadas se ve claramente reducida, tal como se observa en la figura 7.13.



**Figura 7.13. Ahorro obtenido al distribuir la inversión en el tiempo, según la magnitud del caudal suministrado inicialmente.**

**Fuente: Elaboración Propia.**

De esta manera, y en relación con el caso estudiado, se determina la conveniencia de distribuir la inversión en el tiempo, evitando la construcción del total de las instalaciones al comienzo del proyecto. Esto, siempre y cuando el caudal suministrado durante la fase inicial no exceda los 690 [l/s], equivalentes al 92% del caudal máximo proyectado, correspondiente al caudal con el cual se igualan los costos unitarios de ambas configuraciones de inversión. De todas formas, al ser el caudal inicial tan similar al máximo proyectado, difícilmente se justificaría la implementación de un crecimiento escalonado de las instalaciones.

## 7.4 Extrapolación de Resultados

### 7.4.1 Ubicación de Instalaciones Mineras

Con el objetivo de ampliar la información recabada a partir de la evaluación económica, se desarrolla una extrapolación de los resultados, la cual permite estimar cuál es la alternativa de suministro que otorga los mayores beneficios económicos al ser implementada en una faena minera ubicada en cualquier punto a lo largo y ancho de la zona cordillerana de la Región de Tarapacá, y no sólo en las ubicaciones promedio definidas en un comienzo (Mina Norte y Mina Sur). Es decir, el análisis desarrollado permite identificar, de manera rápida y sencilla, cuál corresponde a la alternativa de suministro cuya implementación presenta los menores costos, dependiendo únicamente de la ubicación geográfica de la instalación minera a abastecer.

#### A. Metodología

La extrapolación de los resultados se lleva a cabo tomando en cuenta las principales variables que resultan afectadas al modificar la ubicación de la mina a abastecer,

considerándose como más relevantes la distancia existente entre la mina y la fuente de suministro, y la diferencia de altura presente entre ambos puntos.

Para el desarrollo de este análisis se procede a establecer relaciones independientes entre las variables recién señaladas (cuyas magnitudes varían al modificar la ubicación de las instalaciones mineras) y los costos totales de implementación del proyecto, las cuales son promediadas y utilizadas para estimar los nuevos costos dentro de la zona estudiada. Las relaciones determinadas corresponden a las expuestas a continuación:

i. Distancia entre la Fuente de Abastecimiento y la Mina

En la tabla 7.4 se presentan los VAC y las distancias definidas para la determinación de la correlación entre estas variables, donde las distancias consideradas corresponden a la distancia lineal existente entre la instalación minera indicada (Mina Norte o Mina Sur) y su fuente de abastecimiento correspondiente.

**Tabla 7.4. VAC y Distancia lineal entre la mina y la fuente de abastecimiento.**  
Fuente: Elaboración Propia.

Escenario de Evaluación	150 [l/s]		750 [l/s]		Distancia [km]	
	Norte	Sur	Norte	Sur	Norte	Sur
Desalación	\$ 220.944.052	\$ 312.434.542	\$ 879.299.689	\$ 1.221.296.490	99,8	154,7
SWAP	\$ 175.036.323	\$ 279.624.967	\$ 692.683.645	\$ 1.074.525.281	49,3	102,9
AS Tratadas	\$ 176.036.286	\$ 280.018.286	\$ 696.874.056	\$ 1.089.865.517	96,7	164,9

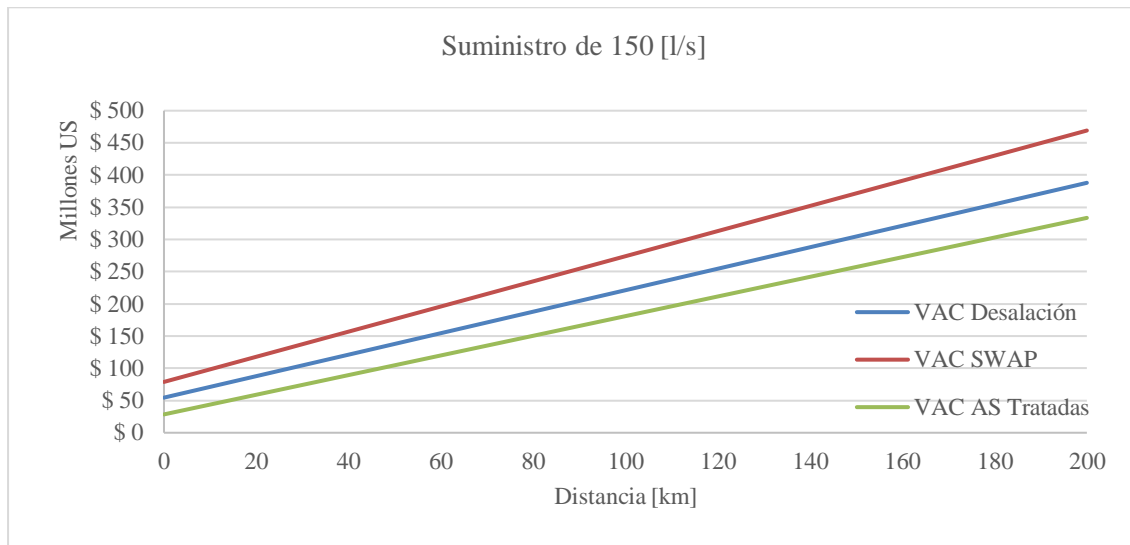
A continuación y en la figura 7.14 se describen las distancias recién presentadas:

- La distancia Desalación-Norte corresponde a la distancia lineal entre la Mina Norte y la PTOI Norte.
- La distancia Desalación-Sur corresponde a la distancia lineal entre la Mina Sur y la PTOI Sur.
- La distancia SWAP-Norte corresponde a la distancia lineal entre la Mina Norte y los pozos de extracción ubicados en la localidad de Carmelo.
- La distancia SWAP-Sur corresponde a la distancia lineal entre la Mina Sur y los pozos de extracción ubicados en la localidad de Canchones.
- La distancia AS Tratadas-Norte corresponde a la distancia lineal entre la Mina Norte y las Lagunas de Alto Hospicio.
- La distancia AS Tratadas-Sur corresponde a la distancia lineal entre la Mina Sur y las Lagunas de Alto Hospicio.



**Figura 7.14. Distancias lineales entre las instalaciones mineras y sus fuentes de abastecimiento.**  
**Fuente: Elaboración Propia.**

Al graficar los valores indicados en la tabla 7.4, y aplicando una regresión lineal a los datos, es posible obtener una serie de ecuaciones que estiman el costo total requerido para la implementación de las diferentes alternativas de abastecimiento a faenas mineras ubicadas a distintas distancias de las fuentes de agua correspondientes. Estas funciones son presentadas en las figuras 7.15 y 7.16, donde se exponen los costos asociados al suministro de 150 [l/s] y 750 [l/s] respectivamente.



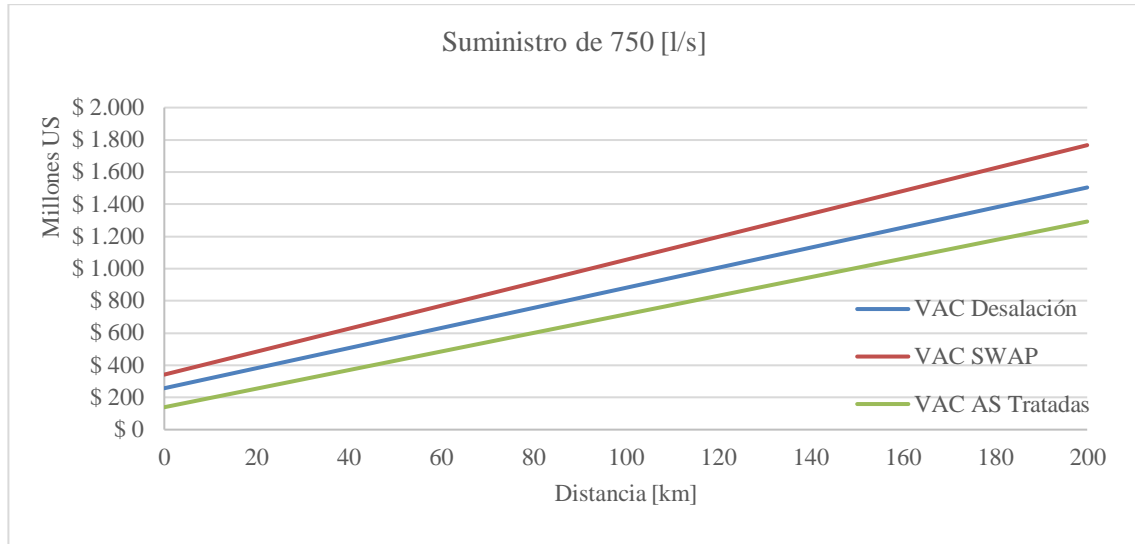
**Figura 7.15. Estimación de VAC por alternativa en función del distanciamiento entre la mina y la fuente de abastecimiento, para un suministro de 150 [l/s].**  
**Fuente: Elaboración Propia.**

En la figura 7.15 se representan las siguientes funciones de costos, asociadas al suministro de 150 [l/s] de agua:

$$VAC_{Desalaci3n\ 150}[US\$] = 1.667.446 * Dist_{Mina-Fuente}[km] + 54.532.613 \quad (7.1)$$

$$VAC_{SWAP\ 150}[US\$] = 1.951.299 * Dist_{Mina-Fuente}[km] + 78.919.836 \quad (7.2)$$

$$VAC_{AS\ Tratadas\ 150}[US\$] = 1.525.452 * Dist_{Mina-Fuente}[km] + 28.492.229 \quad (7.3)$$



**Figura 7.16.** Estimaci3n de VAC por alternativa en funci3n del distanciamiento entre la mina y la fuente de abastecimiento, para un suministro de 750 [l/s].  
Fuente: Elaboraci3n Propia.

Mientras que en la figura 7.16 se representan las siguientes funciones de costos, asociadas al suministro de 750 [l/s] de agua:

$$VAC_{Desalaci3n\ 750}[US\$] = 6.233.010 * Dist_{Mina-Fuente}[km] + 257.244.000 \quad (7.4)$$

$$VAC_{SWAP\ 750}[US\$] = 7.123.979 * Dist_{Mina-Fuente}[km] + 341.772.921 \quad (7.5)$$

$$VAC_{AS\ Tratadas\ 750}[US\$] = 5.765.323 * Dist_{Mina-Fuente}[km] + 139.243.363 \quad (7.6)$$

ii. Diferencia de Altura entre la Fuente de Abastecimiento y la Mina

De forma paralela al c3lculo de la relaci3n anterior, en la tabla 7.5 se presentan los VAC y las diferencias de cota geom3trica definidas para la determinaci3n de la correlaci3n entre estas variables, donde las diferencias de altura consideradas corresponden a las existentes entre las instalaciones mineras indicadas (Mina Norte o Mina Sur) y sus respectivas fuentes de abastecimiento.

**Tabla 7.5. VAC y Diferencia de Altura Geométrica entre la mina y la fuente de abastecimiento.**  
**Fuente: Elaboración Propia.**

Escenario de Evaluación	150 [l/s]		750 [l/s]		Dif. de Cota [m]	
	Norte	Sur	Norte	Sur	Norte	Sur
Desalación	\$ 220.944.052	\$ 312.434.542	\$ 879.299.689	\$ 1.221.296.490	2833	4562
SWAP	\$ 175.036.323	\$ 279.624.967	\$ 692.683.645	\$ 1.074.525.281	1836	3620
AS Tratadas	\$ 176.036.286	\$ 280.018.286	\$ 696.874.056	\$ 1.089.865.517	2364	4099

A continuación y en la figura 7.17 se describen las diferencias de altura recién presentadas:

- La diferencia Desalación-Norte corresponde a la diferencia de cota geométrica existente entre la Mina Norte y la PTOI Norte.
- La diferencia Desalación-Sur corresponde a la diferencia de cota geométrica existente entre la Mina Sur y la PTOI Sur.
- La diferencia SWAP-Norte corresponde a la diferencia de cota geométrica existente entre la Mina Norte y los pozos de extracción ubicados en la localidad de Carmelo.
- La diferencia SWAP-Sur corresponde a la diferencia de cota geométrica existente entre la Mina Sur y los pozos de extracción ubicados en la localidad de Canchones.
- La diferencia AS Tratadas-Norte corresponde a la diferencia de cota geométrica existente entre la Mina Norte y las Lagunas de Alto Hospicio.
- La diferencia AS Tratadas-Sur corresponde a la diferencia de cota geométrica existente entre la Mina Sur y las Lagunas de Alto Hospicio.



Figura 7.17. Diferencias de altura geométrica entre las instalaciones mineras y sus fuentes de abastecimiento. Fuente: Elaboración Propia.

Al graficar los valores indicados en la tabla 7.5, y aplicando una regresión lineal a los datos, es posible obtener una serie de ecuaciones que estiman el costo total requerido para la implementación de las diferentes alternativas de abastecimiento a faenas mineras ubicadas a distintas alturas en comparación con las fuentes de agua correspondientes. Estas funciones son presentadas en las figuras 7.18 y 7.19, donde se exponen los costos asociados al suministro de 150 [l/s] y 750 [l/s] respectivamente.

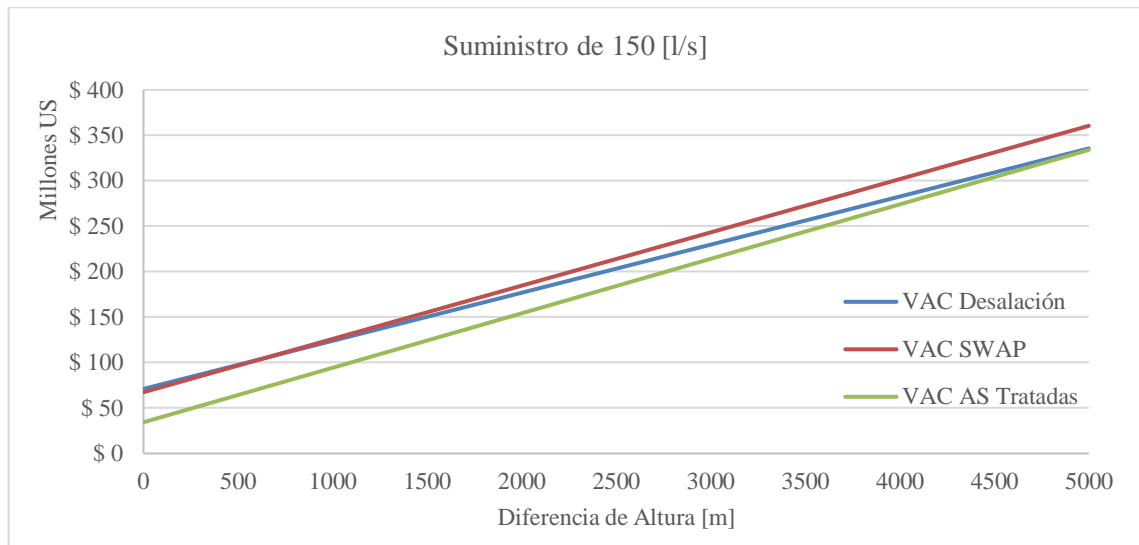


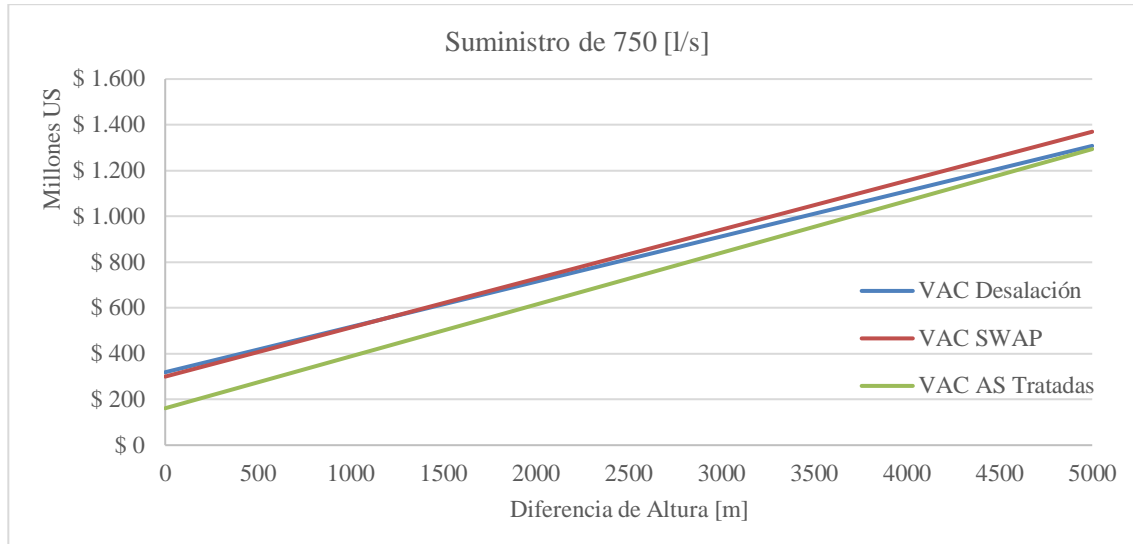
Figura 7.18. Estimación de VAC por alternativa en función de la diferencia de altura entre la mina y la fuente de abastecimiento, para un suministro de 150 [l/s]. Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 7.18 se representan las siguientes funciones de costos, asociadas al suministro de 150 [l/s] de agua:

$$VAC_{Desalaci3n\ 150}[US\$] = 52.915 * \Delta h_{Mina-Fuente}[m] + 71.035.111 \quad (7.7)$$

$$VAC_{SWAP\ 150}[US\$] = 58.626 * \Delta h_{Mina-Fuente}[m] + 67.399.131 \quad (7.8)$$

$$VAC_{AS\ Tratadas\ 150}[US\$] = 59.932 * \Delta h_{Mina-Fuente}[m] + 34.357.065 \quad (7.9)$$



**Figura 7.19. Estimaci3n de VAC por alternativa en funci3n de la diferencia de altura entre la mina y la fuente de abastecimiento, para un suministro de 750 [l/s]. Fuente: Elaboraci3n Propia.**

Mientras que en la figura 7.19 se representan las siguientes funciones de costos, asociadas al suministro de 750 [l/s] de agua:

$$VAC_{Desalaci3n\ 750}[US\$] = 197.800 * \Delta h_{Mina-Fuente}[m] + 318.931.304 \quad (7.10)$$

$$VAC_{SWAP\ 750}[US\$] = 214.037 * \Delta h_{Mina-Fuente}[m] + 299.712.096 \quad (7.11)$$

$$VAC_{AS\ Tratadas\ 750}[US\$] = 226.508 * \Delta h_{Mina-Fuente}[m] + 161.409.034 \quad (7.12)$$

### iii. Criterios y Aproximaciones para la Evaluaci3n

Calculando el promedio de los resultados obtenidos al evaluar un mismo punto mediante las dos correlaciones reci3n presentadas, es posible estimar el costo total correspondiente a cada alternativa de suministro para el abastecimiento de instalaciones mineras ubicadas en cualquier punto de la zona de estudio. Para esto se definen los siguientes criterios y aproximaciones:

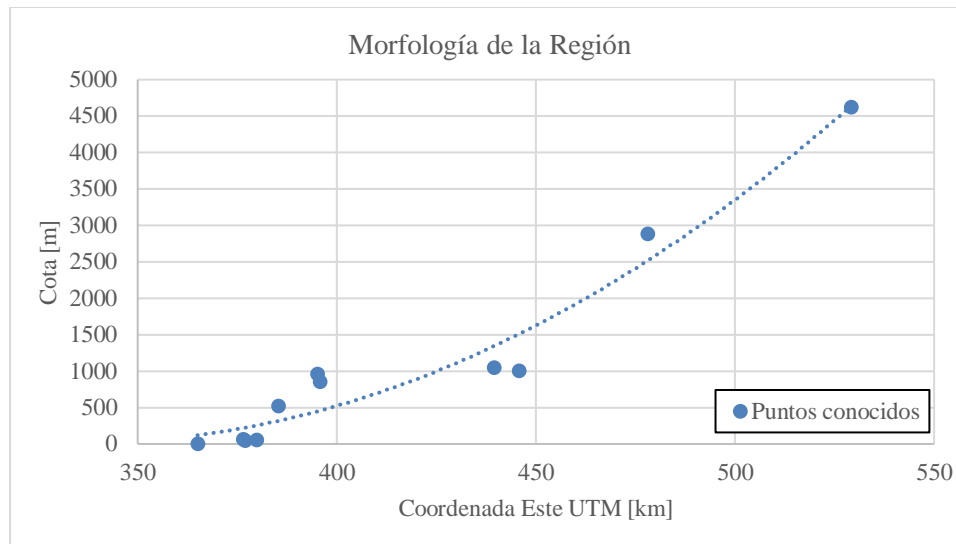
- Debido a que el análisis de costos desarrollado considera únicamente porteos en presión, mediante la operación de plantas elevadoras, y no se tiene mayor conocimiento de los costos que implicaría una conducción gravitacional, se opta por implementar la extrapolación de costos sólo hacia los sectores ubicados aguas arriba de las fuentes de abastecimiento, evitando la incorporación de zonas donde sería factible el abastecimiento mediante porteos gravitacionales<sup>5</sup>.
- La evaluación de cada punto geográfico dentro de la zona especificada se desarrolla en una grilla de 1 [km] por 1 [km].
- En relación con la evaluación que considera la distancia existente entre la mina y su fuente de abastecimiento, se definen los siguientes criterios específicos:
  - Utilizando las ecuaciones 7.1, 7.2 y 7.3, en el caso de un suministro de 150 [l/s], y las ecuaciones 7.4, 7.5 y 7.6, en el caso de un suministro de 750 [l/s], se evalúa el costo de cada alternativa en cada punto de la grilla.
  - Con respecto a la evaluación del costo de la alternativa de Desalación, la distancia considerada corresponde a la existente entre el punto evaluado y la zona costera ubicada en su misma latitud, o en su defecto la más cercana, teniendo en cuenta que la PTOI a instalar debiese ubicarse idealmente en la zona costera más cercana a la faena minera.
  - Para la evaluación del costo de la alternativa de Proyecto SWAP se consideran dos cálculos independientes. Debido a que esta alternativa presenta dos posibles fuentes de abastecimiento (los pozos ubicados en la localidad de Carmelo y los ubicados en la localidad de Canchones), por una parte se evalúa el costo tomando en cuenta la distancia existente entre el punto evaluado y Carmelo, mientras que por otra parte se evalúa considerando la distancia con respecto a Canchones.
  - La distancia considerada para la evaluación del costo de la alternativa de Aguas Servidas Tratadas corresponde a la existente entre el punto evaluado y las Lagunas Estabilizadoras de Alto Hospicio.
  - Todas las distancias consideradas en la evaluación corresponden a distancias lineales, es decir, no representan tuberías ni trazados similares.
- En relación con la evaluación que considera la diferencia de cota existente entre la mina y su fuente de abastecimiento, se definen los siguientes criterios específicos:

---

<sup>5</sup> Esto no representa un mayor inconveniente debido a que la gran mayoría de las instalaciones mineras se ubican en el sector cordillerano de la Región, situadas a una cota más elevada que las fuentes de abastecimiento.

- La cota geométrica correspondiente a cada punto evaluado es aproximada considerando la ecuación 7.13, presentada también en la figura 7.20, la cual describe la morfología del terreno en función únicamente de la longitud geográfica del sector, obteniéndose un coeficiente de correlación  $R^2=0,949$ .

$$h[m] = 0,1241 * (\text{abscisa UTM}[km])^2 - 83,408 * \text{abscisa UTM}[km] + 14.032 \quad (7.13)$$



**Figura 7.20. Cota geométrica del terreno en función de la latitud geográfica.**  
**Fuente: Elaboración Propia.**

Donde los puntos utilizados para el cálculo de la correlación corresponden a los presentados en la tabla 7.6.

**Tabla 7.6. Instalaciones con cota conocida.**  
**Fuente: Elaboración Propia.**

<b>Instalación</b>	<b>Coordenada Este UTM [km]</b>	<b>Cota [m]</b>
Mar	365	0
PTOI Norte	379,8	51
PTOI Iquique	377	44
PTOI Sur	376,5	57
Lagunas A.H.	385,3	520
PTAS Norte	395,1	957
PTAS Sur	395,7	856
Carmelo	439,4	1048
Canchones	445,8	999
Mina Norte	478	2884
Mina Sur	529,2	4619

- Utilizando las ecuaciones 7.7, 7.8 y 7.9, en el caso de un suministro de 150 [l/s], y las ecuaciones 7.10, 7.11 y 7.12, en el caso de un suministro de 750 [l/s], se evalúa el costo de cada alternativa en cada punto de la grilla.
- Con respecto a la evaluación del costo de la alternativa de Desalación, se considera que la fuente de suministro, en este caso la PTOI, se ubica a una altura geométrica de 51 [msnm], equivalente a la cota promedio de las tres plantas desaladoras consideradas a lo largo del análisis.
- Para la evaluación del costo de la alternativa de Proyecto SWAP se consideran dos cálculos independientes. Debido a que esta alternativa presenta dos posibles fuentes de abastecimiento (los pozos ubicados en la localidad de Carmelo y los ubicados en la localidad de Canchones), por una parte se evalúa el costo tomando en cuenta la diferencia de altura existente entre el punto evaluado y Carmelo, mientras que por otra parte se evalúa considerando la diferencia de altura con respecto a Canchones.
- La diferencia de cota considerada para la evaluación del costo de la alternativa de Aguas Servidas Tratadas corresponde a la existente entre el punto evaluado y las Lagunas Estabilizadoras de Alto Hospicio.
- Se considera, para el cálculo, una diferencia de cota igual a cero en caso de que el punto evaluado, a pesar de ubicarse al este de su fuente abastecimiento, presente una cota menor que ésta última (lo cual puede ocurrir producto de las aproximaciones realizadas para estimar la cota geométrica de cada punto de la grilla).

- Para que los resultados finales incluyan los efectos provocados tanto por la distancia como por la diferencia de altura existente entre la fuente de suministro y la minera abastecida, los Valores Actuales de Costos obtenidos mediante ambas correlaciones deben ser posteriormente promediados.

### ***B. Costos por Alternativa***

El desarrollo de la extrapolación de los resultados permite obtener una estimación de los costos necesarios para la implementación de cada una de las alternativas de suministro, en cada uno de los escenarios de evaluación (150 [l/s] y 750 [l/s]), a lo largo de toda la zona ubicada aguas arriba de las fuentes de abastecimiento.

Las figuras presentadas a continuación corresponden a la estimación de costos referentes a la alternativa de Desalación para un suministro de 150 [l/s] y 750 [l/s] (figuras 7.21 y 7.22 respectivamente), al Proyecto SWAP con fuente de abastecimiento ubicada en Carmelo para un suministro de 150 [l/s] y 750 [l/s] (figuras 7.23 y 7.24 respectivamente), al Proyecto SWAP con fuente de abastecimiento ubicada en Canchones para un suministro de 150 [l/s] y 750 [l/s] (figuras 7.25 y 7.26 respectivamente) y a la alternativa de Aguas Servidas Tratadas para un suministro de 150 [l/s] y 750 [l/s] (figuras 7.27 y 7.28 respectivamente).

i. Desalación

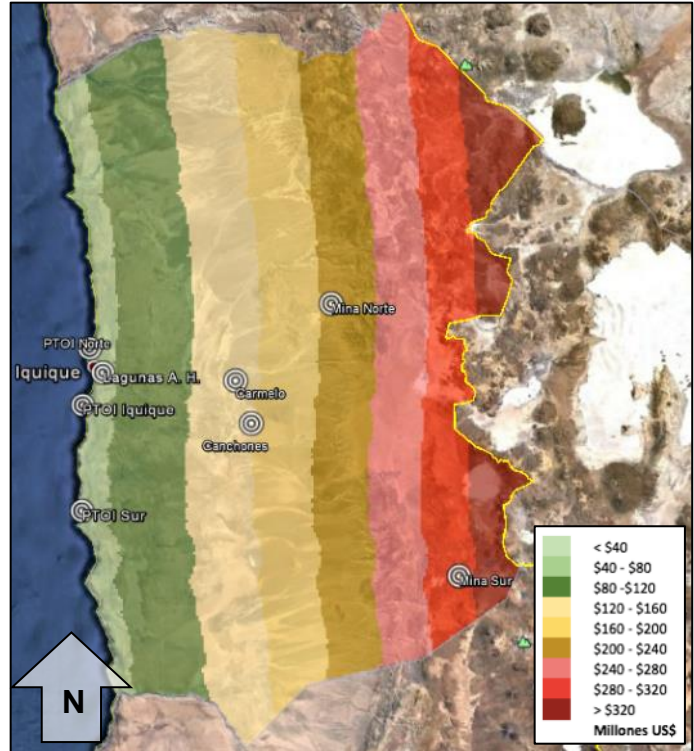


Figura 7.21. Costos estimados Desalación para un suministro de 150 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.

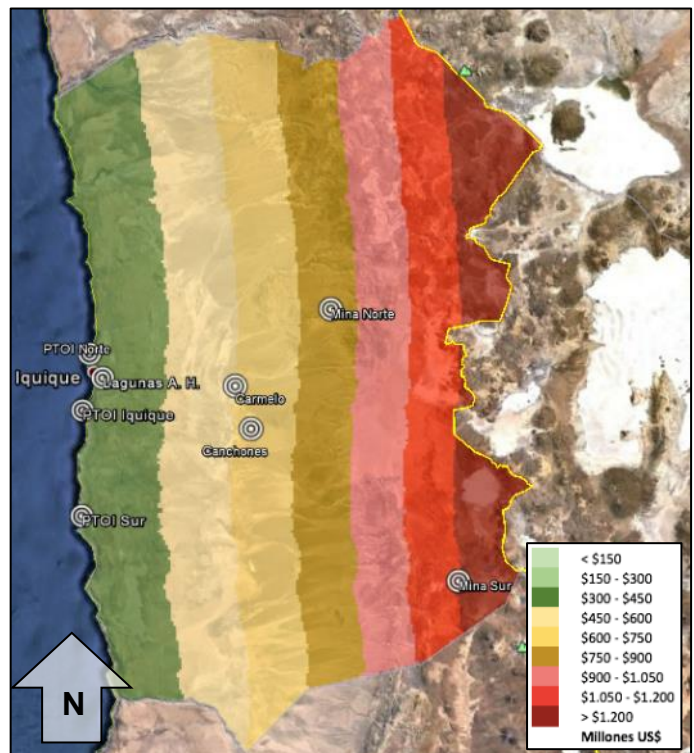


Figura 7.22. Costos estimados Desalación para un suministro de 750 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.

ii. SWAP – Carmelo

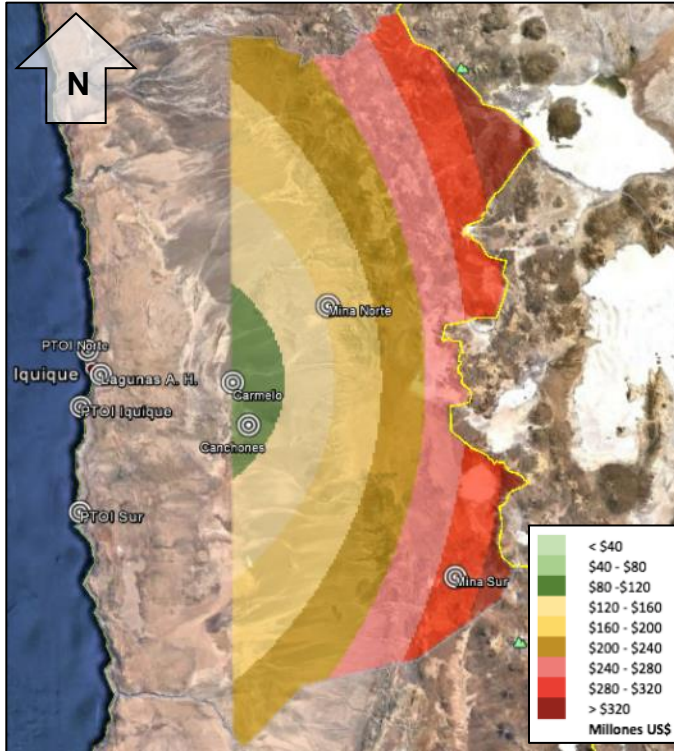


Figura 7.23. Costos estimados SWAP, fuente de abastecimiento en Carmelo, para un suministro de 150 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.

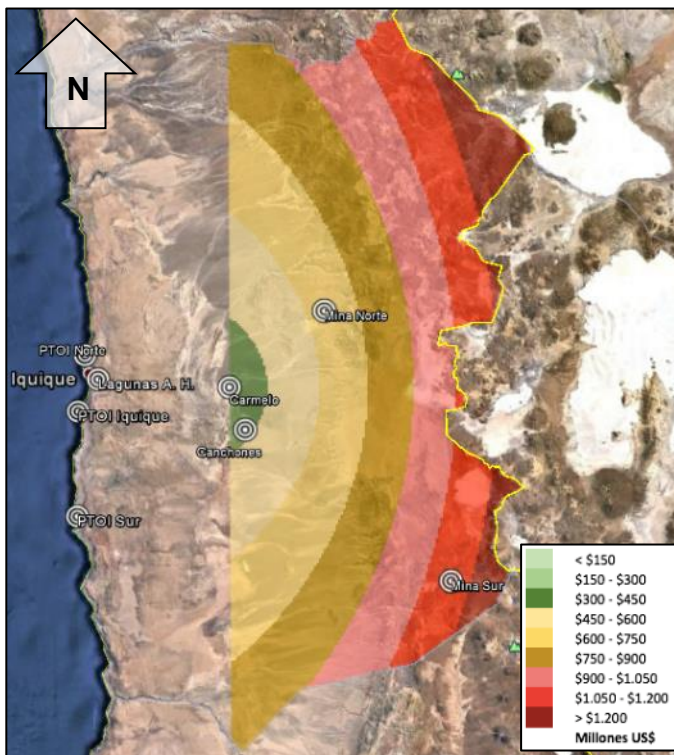


Figura 7.24. Costos estimados SWAP, fuente de abastecimiento en Carmelo, para un suministro de 750 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.

iii. SWAP – Canchones

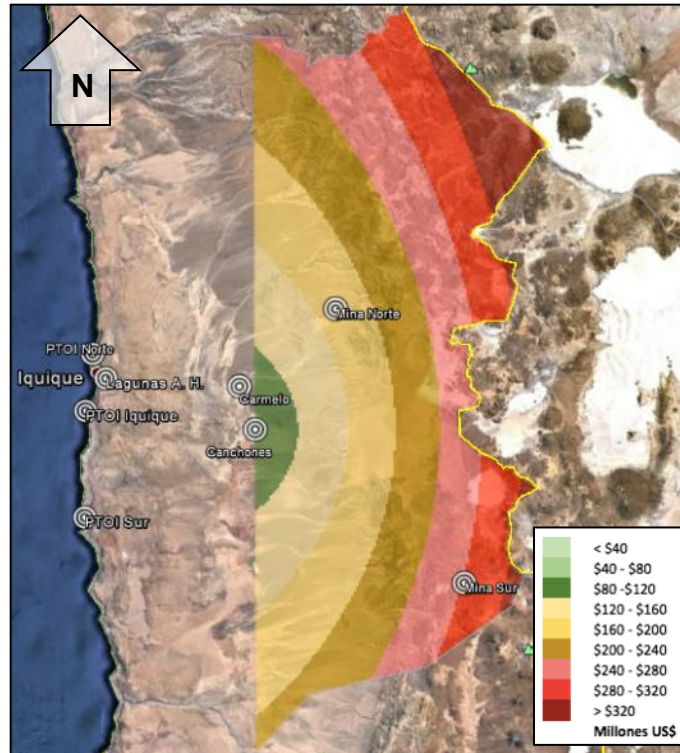


Figura 7.25. Costos estimados SWAP, fuente de abastecimiento en Canchones, para un suministro de 150 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.

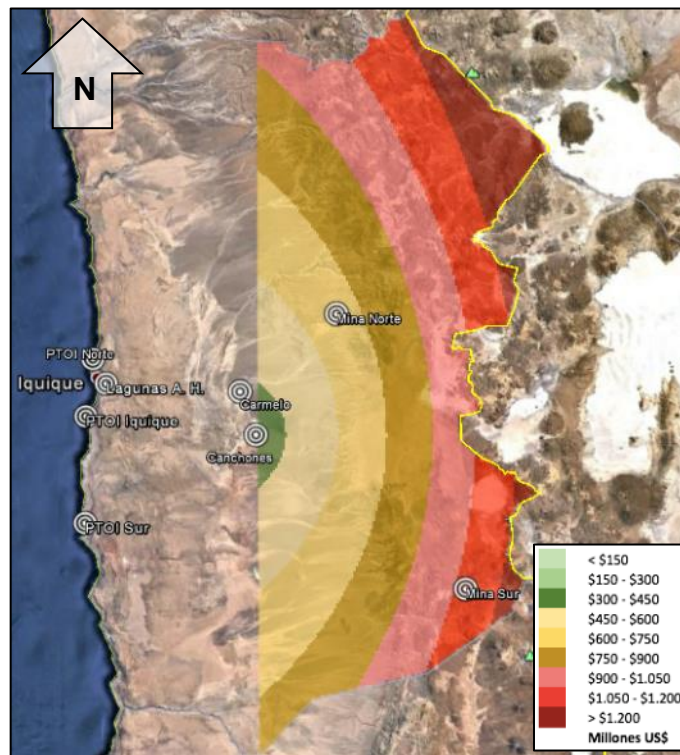


Figura 7.26. Costos estimados SWAP, fuente de abastecimiento en Canchones, para un suministro de 750 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.

iv. Aguas Servidas Tratadas

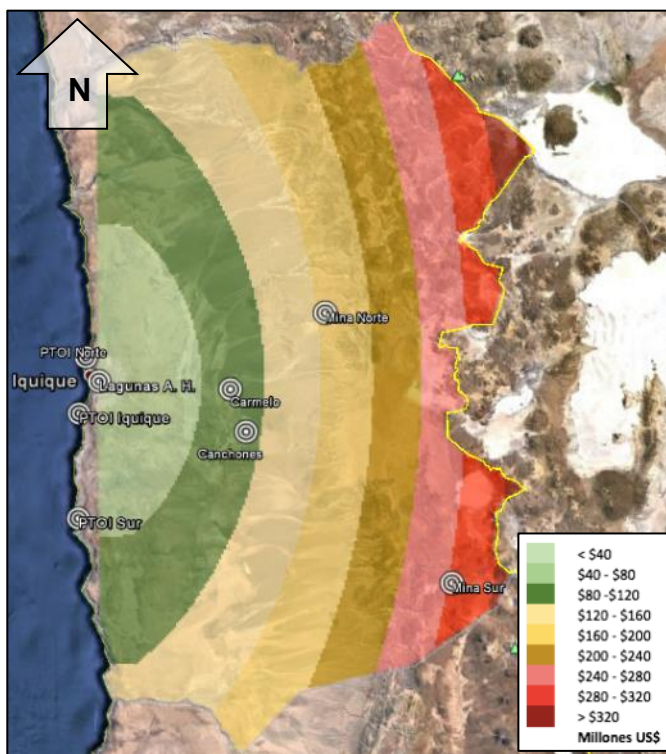


Figura 7.27. Costos estimados Aguas Servidas Tratadas para un suministro de 150 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.

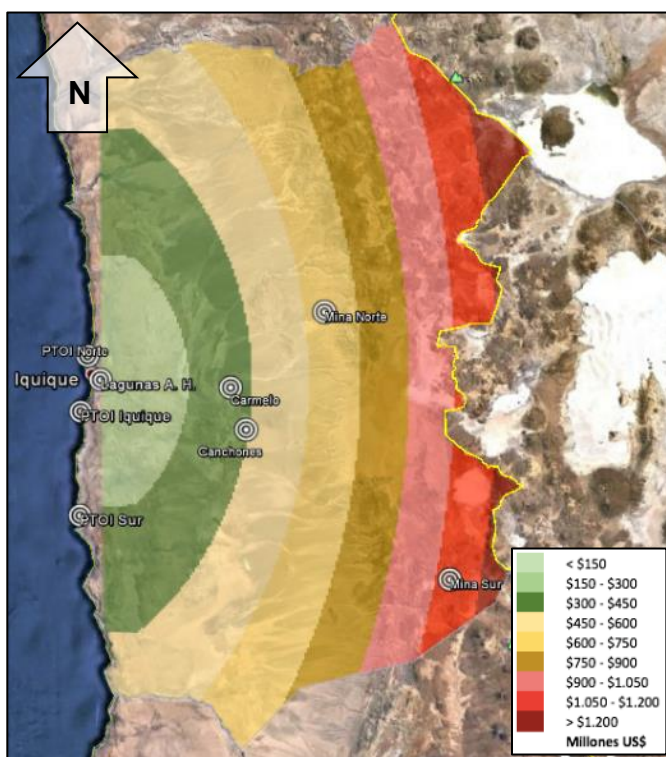


Figura 7.28. Costos estimados Aguas Servidas Tratadas para un suministro de 750 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.

### C. Costos Mínimos

Al comparar los costos correspondientes a cada una de las alternativas propuestas, abarcando la extensión de toda la zona común en la que se superponen todas las alternativas, es posible identificar los costos mínimos necesarios para la implementación de cualquiera de las soluciones de abastecimiento estudiadas, en cualquier punto donde se ubique la mina.

A continuación, se presentan los costos necesarios para la implementación de la alternativa de suministro que resulte más económica dependiendo de la ubicación de las instalaciones mineras a abastecer. Los costos para un suministro de 150 [l/s] y 750 [l/s] se exhiben en las figuras 7.29 y 7.30 respectivamente.

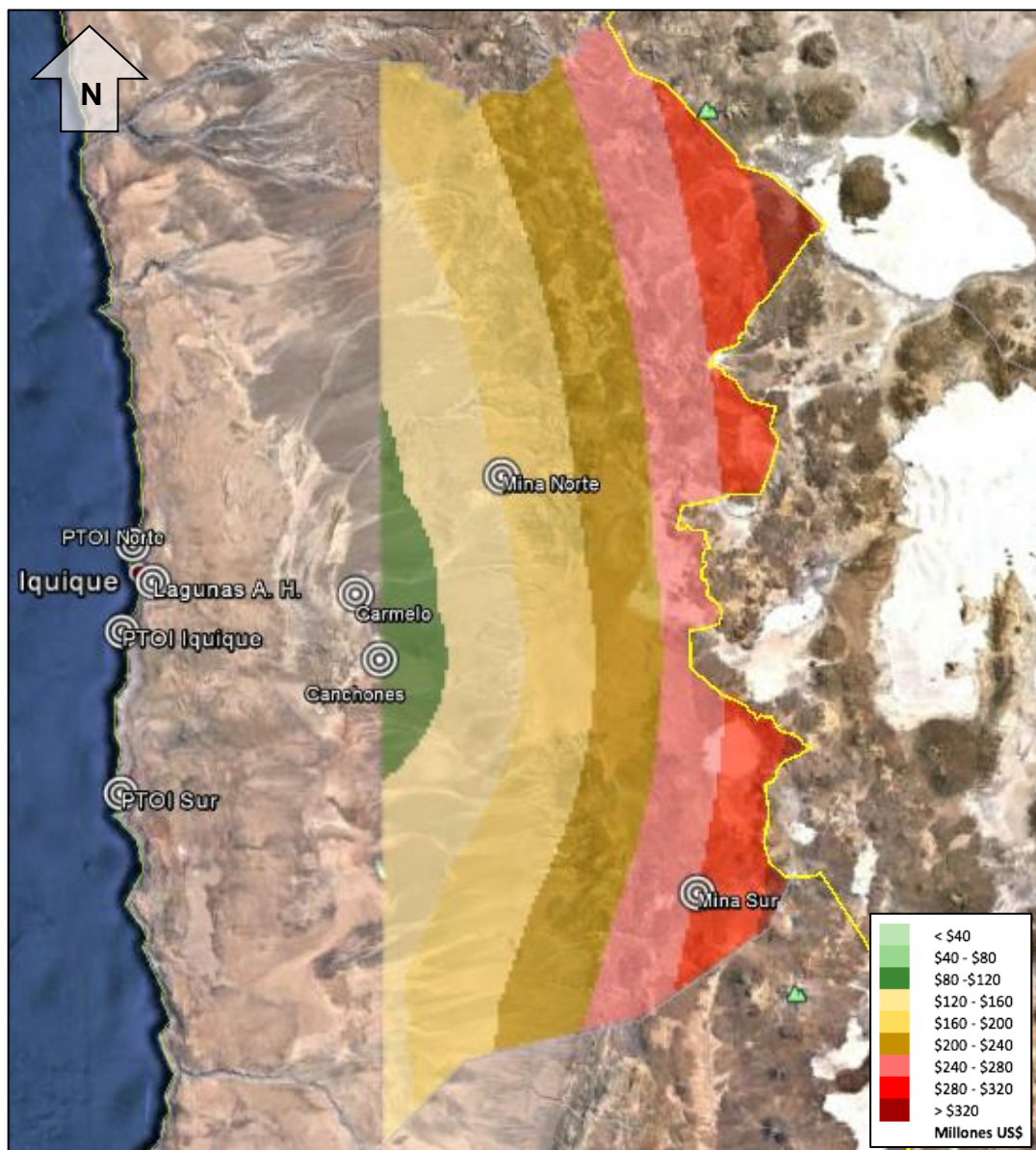


Figura 7.29. Costos mínimos para la implementación de alguna alternativa de abastecimiento de 150 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.

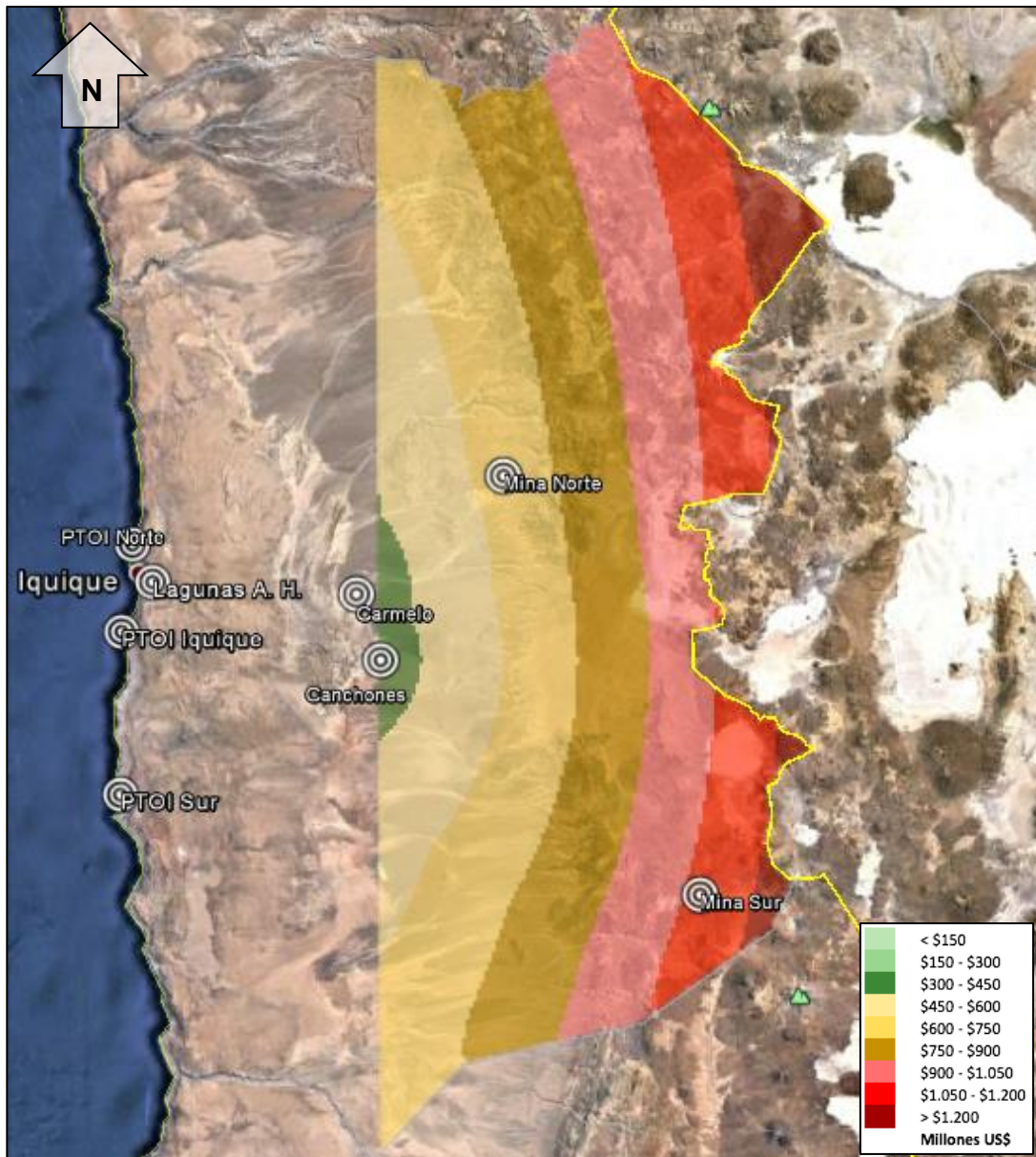


Figura 7.30. Costos mínimos para la implementación de alguna alternativa de abastecimiento de 750 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.

En ambos casos se observa el claro aumento de costos que conlleva el alejarse de la fuente de abastecimiento, sea ésta marítima o continental, así como el hecho de abastecer mineras ubicadas a una mayor altura.

#### *D. Zonas de Conveniencia por Alternativa*

Al conocer los costos de ejecución expuestos en las figuras 7.29 y 7.30, es viable identificar de manera gráfica cuál corresponde a la alternativa que presenta los menores costos de implementación en cada posible ubicación de las instalaciones mineras a abastecer. De esta manera, en las figuras 7.31 y 7.32, correspondientes al suministro de

150 [l/s] y 750 [l/s] respectivamente, se presentan distintas zonas, dentro de la zona cordillerana de la Región de Tarapacá, asociadas a cada una de las alternativas evaluadas, las cuales indican que ésta corresponde a la alternativa más económica de implementar en caso de que la mina a abastecer estuviese situada dentro ella.

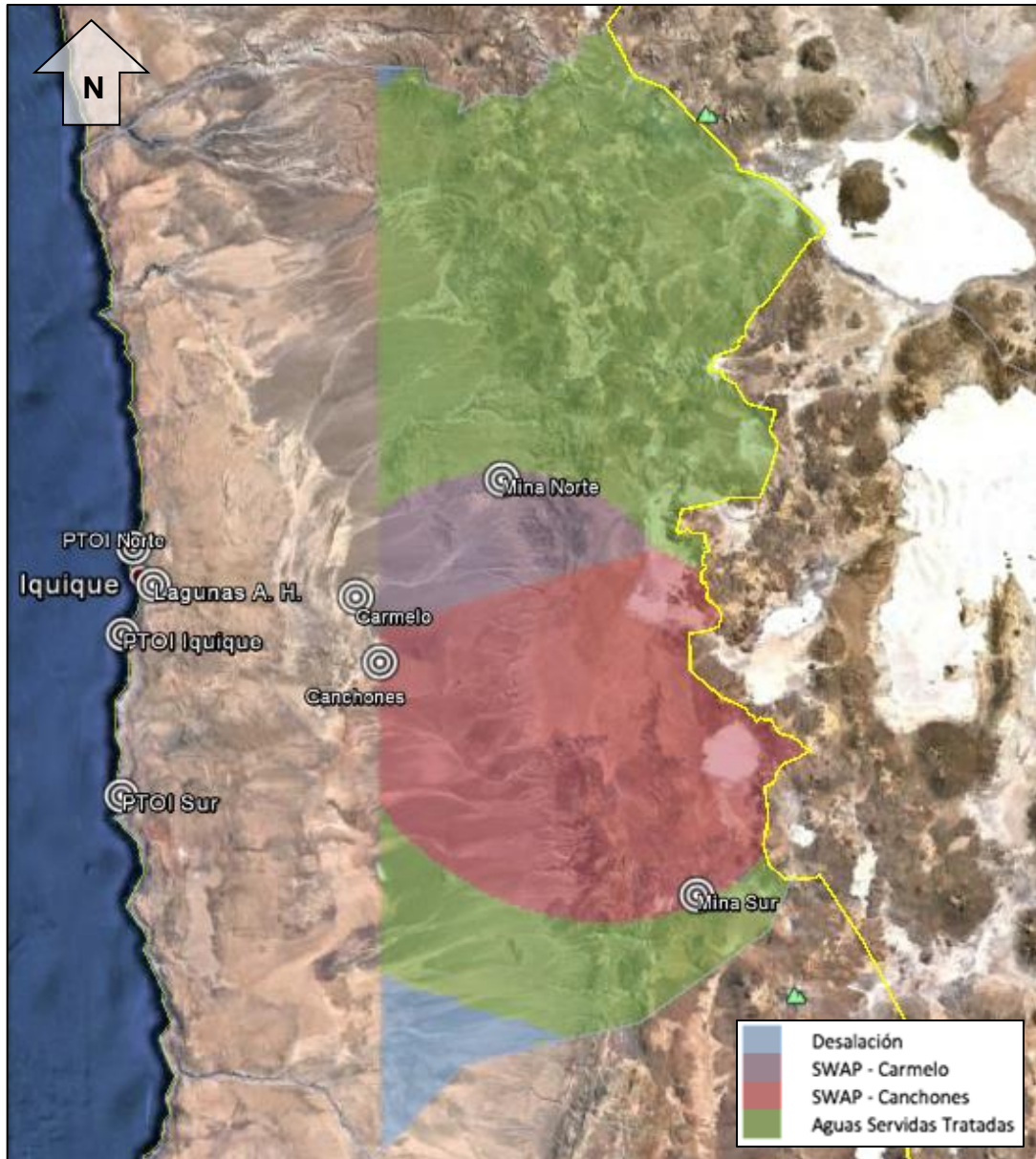


Figura 7.31. Zonas de conveniencia por alternativa para un suministro de 150 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.

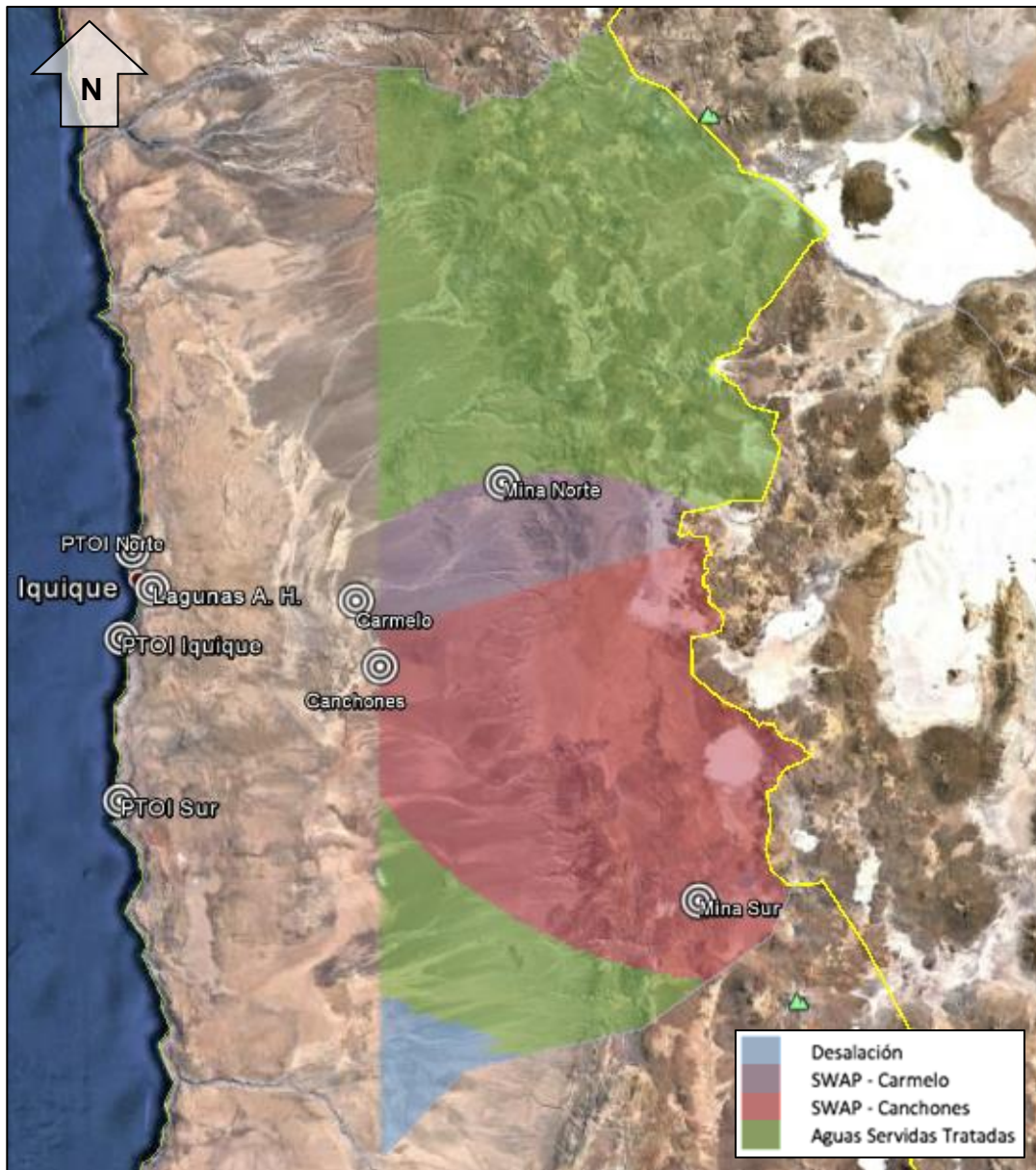


Figura 7.32. Zonas de conveniencia por alternativa para un suministro de 750 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.

Para un mejor análisis respecto de la forma y ubicación de las zonas de conveniencia de cada alternativa, considerando ambos escenarios de suministro (150 [l/s] y 750 [l/s]), se presenta a continuación la figura 7.33, que corresponde a la superposición de las figuras 7.31 y 7.32.

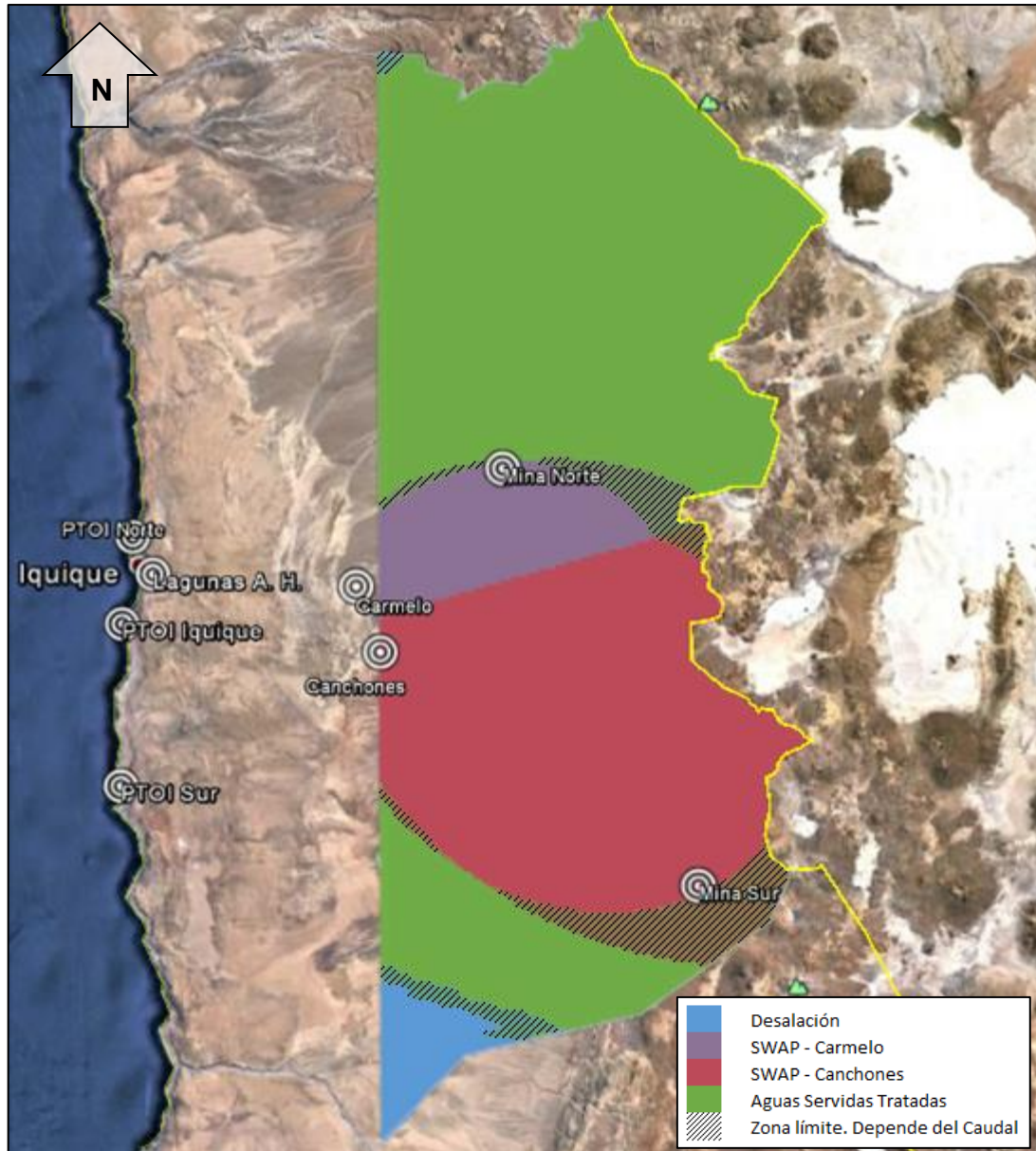


Figura 7.33. Superposición de zonas de conveniencia para suministros de 150 [l/s] y 750 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.

Comparando la morfología de las zonas de conveniencia obtenidas para ambos escenarios de suministro (gracias a la superposición de las figuras 7.31 y 7.32), resulta claro que, si bien se observan leves variaciones en la extensión de cada una de ellas (zona achurada), la forma y ubicación de cada zona de conveniencia resultan prácticamente independientes de la magnitud del caudal tratado y transportado. Es así, que se establece que la principal variable a tener en cuenta al momento de seleccionar la alternativa de abastecimiento más económica para una minera corresponde a su ubicación con respecto a las fuentes de abastecimiento disponibles, y que, a menos que ésta se ubique cercana al límite de alguna de las mencionadas zonas de conveniencia, considerar el nivel de caudal requerido no resulta mayormente útil en este cometido.

Para el caso estudiado, la zona en la que es conveniente considerar la Desalación Directa de agua de mar corresponde a la relativamente cercana a la costa y ubicada en sectores alejados de las fuentes continentales, debido a que, a menores distancias, las alternativas que aprovechan estas fuentes resultan más competitivas. Por otra parte, la implementación del Proyecto SWAP presenta un mayor beneficio en sectores alejados de la ciudad, específicamente en zonas circundantes a los pozos de extracción, debido a su alto costo por unidad de distancia, así como por unidad de diferencia de altura, en comparación con las otras alternativas. Finalmente, el suministro de Aguas Servidas Tratadas es conveniente en sectores relativamente cercanos a la fuente de aguas servidas, en este caso la ciudad de Iquique, y en zonas más apartadas donde la Desalación y el Proyecto SWAP resultan excesivamente costosas.

En resumen, las zonas de conveniencia de cada alternativa representan las fracciones del territorio estudiado expresadas en la tabla 7.7.

**Tabla 7.7. Fracción del territorio estudiado correspondiente a cada zona de conveniencia.**  
Fuente: Elaboración Propia.

Escenario de Evaluación	Suministro		Promedio
	150 [l/s]	750 [l/s]	
Desalación	3,9%	2,7%	3,3%
SWAP - Carmelo	7,7%	8,7%	8,2%
SWAP - Canchones	31,8%	35,2%	33,5%
A. Servidas Tratadas	56,7%	53,3%	55,0%
<b>Total</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>	<b>100,0%</b>

A modo de comprobación de los resultados, se observa que tanto la Mina Norte como la Mina Sur se ubican en zonas de conveniencia correspondientes a la alternativa SWAP (Carmelo y Canchones respectivamente), específicamente en sectores cercanos a su límite con la zona de conveniencia de Aguas Servidas Tratadas. Esto corresponde con lo obtenido en la evaluación económica y explica la similitud de costos presente entre ambas alternativas.

#### **7.4.2 Caudal Suministrado**

Con la intención de conocer los costos asociados al suministro de caudales distintos a los evaluados, se asume la existencia de una correlación entre el VAC y el caudal tratado y transportado en cada caso, permitiendo una interpolación o extrapolación de los resultados.

##### **A. Metodología**

Al conocer el valor actual de costos correspondiente a cada alternativa de abastecimiento, tanto para el suministro de 150 [l/s] como para el de 750 [l/s], es posible

estimar, asumiendo una relación lineal entre ambas variables, el VAC correspondiente a distintas magnitudes de caudal suministrado. La relación considerada para esta estimación corresponde a la presentada en la ecuación 7.14, la cual hace referencia a los costos asociados a cada una de las alternativas de abastecimiento de manera independiente, ya sea Desalación, SWAP o Aguas Servidas Tratadas.

$$VAC_{Y,X} = \frac{X-150}{600} * (VAC_{Y,750} - VAC_{Y,150}) + VAC_{Y,150} \quad (7.14)$$

En donde:

Y : Alternativa de abastecimiento considerada, ya sea Desalación, SWAP o Aguas Servidas Tratadas.

X : Caudal de suministro cuyos costos son desconocidos, en [l/s].

$VAC_{Y,X}$  : Valor actual de costos correspondiente al suministro de X [l/s], mediante la alternativa de abastecimiento Y, en [US\$].

$VAC_{Y,150}$  : Valor actual de costos correspondiente al suministro de 150 [l/s], mediante la alternativa de abastecimiento Y, en [US\$].

$VAC_{Y,750}$  : Valor actual de costos correspondiente al suministro de 750 [l/s], mediante la alternativa de abastecimiento Y, en [US\$].

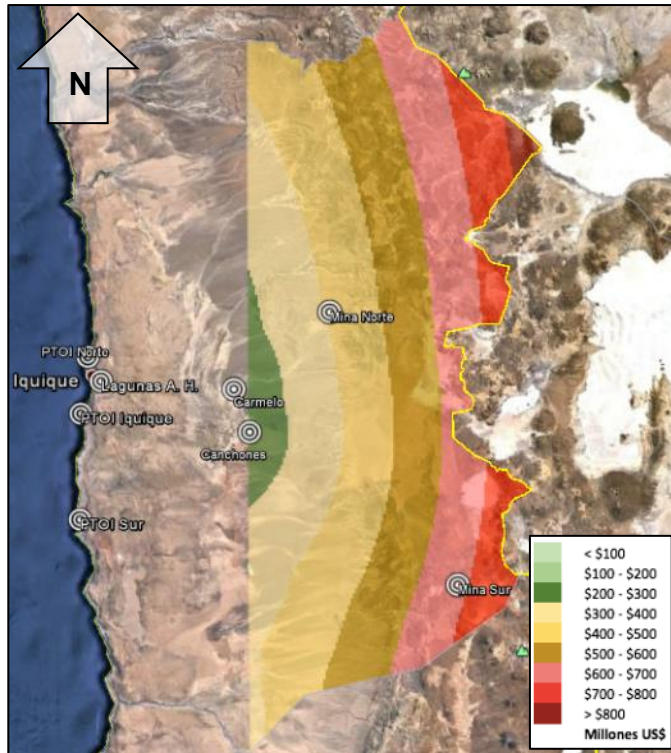
### ***B. Ejemplo de Suministro de 450 [l/s]***

Mediante la utilización de la ecuación 7.14 es posible calcular, por ejemplo, los costos de cada alternativa asociados al suministro de 450 [l/s], los cuales son presentados en la tabla 7.8.

**Tabla 7.8. VAC por alternativa, incluido el suministro de 450 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.**

Escenario de Evaluación	150 [l/s]		750 [l/s]		450 [l/s]	
	Norte	Sur	Norte	Sur	Norte	Sur
Desalación	\$ 220.944.052	\$ 312.434.542	\$ 879.299.689	\$ 1.221.296.490	\$ 550.121.871	\$ 766.865.516
SWAP	\$ 175.036.323	\$ 279.624.967	\$ 692.683.645	\$ 1.074.525.281	\$ 433.859.984	\$ 677.075.124
AS Tratadas	\$ 176.036.286	\$ 280.018.286	\$ 696.874.056	\$ 1.089.865.517	\$ 436.455.171	\$ 684.941.902

Además se realiza el cálculo de los costos mínimos asociados al suministro de 450 [l/s] en todo el territorio regional, los cuales se observan en la figura 7.34.



**Figura 7.34. Costos mínimos para la implementación de alguna alternativa de abastecimiento de 450 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.**

Comparando los costos que conlleva la implementación de soluciones para el suministro de distintos caudales, resulta claro que existe una economía de escala. Esto quiere decir, que un aumento en la magnitud del caudal abastecido no implica un aumento de costos en la misma proporción, sino que uno levemente menor, y por lo tanto se produce una disminución en los costos unitarios de producción.

Debido a que el efecto recién mencionado ocurre para todas las alternativas de abastecimiento evaluadas, la magnitud del caudal a tratar y transportar resulta útil para estimar el nivel de costos necesarios para la implementación de una solución de abastecimiento, mas no así para determinar cuál de las alternativas estudiadas resulta más conveniente.

## 8 Análisis de Factibilidad Ambiental y Social

### 8.1 Aspectos Medioambientales

#### 8.1.1 Objetivos y Acuerdos Internacionales

Durante los últimos cincuenta años, la búsqueda de explicaciones racionales sobre los procesos que gobiernan la naturaleza se ha acelerado conforme han surgido preocupaciones con respecto a los impactos de la industrialización, sumado a la creciente convicción de que la población es, en la actualidad, una de las principales fuerzas motrices que rigen fenómenos como, por ejemplo, la pérdida de biodiversidad y el cambio climático. Esto concuerda con los graves hallazgos presentados en el informe “Perspectivas del Medio Ambiente Mundial: Medio ambiente para el futuro que queremos. GEO-5” desarrollado por el PNUMA, los cuales han contribuido al entendimiento de la manera en que los ecosistemas están respondiendo a los actuales patrones de consumo y producción mundial (Programa de las Naciones Unidas por el Medio Ambiente, 2012).

En la actualidad, los países han acordado que el desarrollo sostenible, que fomenta la prosperidad y las oportunidades económicas, un mayor bienestar social y la protección del medio ambiente, es el mejor camino a seguir para mejorar la vida de la población (Naciones Unidas, s.f.). Siguiendo esta línea, se han llevado a cabo sucesivas cumbres y reuniones internacionales, como la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo y la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible, donde los Jefes de Estado y de Gobierno, además de representantes de alto nivel, participantes del sector privado, ONG y otros grupos, han proclamado que “el derecho al desarrollo debe ejercerse en forma tal que responda equitativamente a las necesidades de desarrollo y ambientales de las generaciones presentes y futuras”, procurando que *“a fin de alcanzar el desarrollo sostenible, la protección del medio ambiente deberá constituir parte integrante del proceso de desarrollo y no podrá considerarse en forma aislada”* (Naciones Unidas, 1992), reconociendo que *“... (entre otras) la promoción de modalidades de consumo y producción sostenibles, y la protección y ordenación de la base de recursos naturales del desarrollo económico y social son objetivos generales y requisitos indispensables del desarrollo sostenible”* (Naciones Unidas, 2012) y que, en definitiva, el cuidado y la conservación del medioambiente, además del uso eficiente de los recursos naturales, resultan imprescindibles para el futuro bienestar humano.

Como se ha mencionado, la protección y ordenación de los recursos naturales, y por ende del agua presente en el planeta, corresponde a un pilar indispensable para el desarrollo sustentable. De esta manera, y en directa relación con su uso racional, se ha determinado *“fomentar un uso más eficiente de los recursos hídricos y promover su distribución entre diversos usos, de modo que se dé prioridad a la satisfacción de las necesidades humanas básicas y se halle un equilibrio entre la necesidad de preservar o recuperar los ecosistemas y sus funciones, en particular en los entornos frágiles, y las necesidades domésticas, industriales y agrícolas del hombre, incluso salvaguardando la calidad del agua potable”* (Naciones Unidas, 2002). Para lograrlo, el PNUMA plantea

que el desarrollo tecnológico y la aplicación del conocimiento tradicional y científico resultan urgentes para mejorar la eficiencia del uso del agua, especialmente en zonas donde los recursos son explotados intensamente. Esto fomenta las medidas de adaptación al cambio climático, así como la reducción de costos para los usuarios del agua, ya que, si bien las inversiones iniciales para fortalecer la eficiencia en el uso del recurso, como la implementación de sistemas de reuso y reciclaje o captaciones de aguas lluvias, pueden ser elevadas, su realización se traduce en menores costos en el largo plazo. Además, con la intención de que las políticas propuestas prosperen, y no sólo se desarrollen en forma de proyectos o campañas aisladas, se recomienda la reformulación de la legislación en materia de recursos hídricos, incluyendo el fomento de incentivos, tales como el acceso a préstamos con bajas tasas de interés, así como la adjudicación de certificaciones de eficiencia en el uso del agua, y la aplicación de sanciones a quienes no cumplan con las normativas (Programa de las Naciones Unidas por el Medio Ambiente, 2012).

Por último, cabe mencionar la enorme cantidad de desechos generados a causa del crecimiento económico indiscriminado y las nuevas pautas de consumo, y los riesgos que esto puede significar para la salud de las personas y el medio ambiente. A modo de acción, el PNUMA plantea que gran parte de estos desechos contienen valiosos recursos que podrían ser aprovechados, definiendo como objetivo para el año 2030, el reducir la generación de residuos a través de la prevención, reducción, reciclaje y reutilización (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, s.f.), siendo aquello perfectamente aplicable al problema de la producción de aguas servidas.

### **8.1.2 Impacto Medioambiental de las Alternativas Evaluadas**

A continuación, se identifican distintas formas en las que la implementación de cada una de las alternativas evaluadas en este informe podrían afectar al medio ambiente, considerando aspectos tanto positivos como negativos.

#### ***A. Desalación Directa***

##### **i. Aspectos Positivos**

- Esta alternativa contempla el uso exclusivo de agua de mar, lo que permite prescindir de extracciones de aguas continentales adicionales a las hoy consideradas. De esta forma, estas aguas quedan al alcance de la comunidad para usos alternativos o pueden destinarse al mantenimiento de las condiciones mínimas que garanticen la sostenibilidad de los ecosistemas.
- El mar, desde donde se proyecta el abastecimiento de esta alternativa, constituye una fuente prácticamente ilimitada del recurso, por lo que la competencia con otros usuarios del agua, así como la posible escasez del recurso producto del cambio climático u otras causas, deja de ser un problema.

## ii. Aspectos Negativos

- La desalación de agua de mar produce un volumen importante de salmuera, equivalente al 122% del agua producida, la cual es desechada de vuelta al océano, pudiendo afectar al ecosistema presente en las inmediaciones de la zona de descarga. De todas maneras, cabe destacar que el volumen afectado es relativamente acotado, pues la dispersión permitiría alcanzar salinidades similares a la del agua de mar al cabo de un recorrido menor.
- Esta alternativa corresponde a la de mayor consumo energético entre las opciones evaluadas. Considerando los requerimientos anuales para el tratamiento y elevación del agua hasta las dependencias de la mina, la alternativa de Desalación Directa necesita, en promedio, 261 [GWh/año], lo que equivale a un 22% más energía que la requerida para el abastecimiento mediante Aguas Servidas Tratadas (la alternativa con menor consumo energético). Tomando en cuenta que, durante el último decenio, el 75,4% de la energía bruta del Norte Grande ha sido generada mediante la quema de carbón (Centro de Despacho Económico de Carga. Sistema Interconectado Norte Grande, 2015), un mayor consumo de energía repercute en un aumento significativo en las emisiones de carbono a la atmósfera.

## ***B. Proyecto SWAP***

Ambientalmente el Proyecto SWAP genera impactos muy similares a los causados por la Desalación directa, ya que su implementación involucra el funcionamiento de una planta de osmosis inversa de iguales características, aunque con un trazado de tuberías más acotado, debiendo intervenir una extensión menor de zonas.

## i. Aspectos Positivos

- Las aguas continentales contempladas para esta solución ya están siendo explotadas en la actualidad, por lo que no se requiere de extracciones continentales adicionales a las hoy consideradas. De esta forma, estas aguas quedan al alcance de la comunidad para usos alternativos o pueden destinarse al mantenimiento de las condiciones mínimas que garanticen la sostenibilidad de los ecosistemas.
- Igual como ocurre con la alternativa anterior, el mar, desde donde se proyecta el abastecimiento para la ciudad en esta alternativa, constituye una fuente prácticamente ilimitada del recurso, por lo que la competencia con otros usuarios del agua, así como la posible escasez del recurso producto del cambio climático u otras causas, deja de ser un problema.

- Al ubicarse la fuente de abastecimiento de la mina a una mayor cota geométrica (en comparación con el mar), se observa una reducción en la altura de impulsión requerida para entregar el agua hasta las dependencias de la mina, aumentando la eficiencia general del sistema y reduciendo el consumo energético.
- ii. Aspectos Negativos
- La desalación de agua de mar produce un volumen importante de salmuera, equivalente al 122% del agua producida, la cual es desechada de vuelta al océano, pudiendo afectar a la flora y fauna presente en el entorno.
  - Si bien esta alternativa no corresponde a la de mayor consumo energético entre las opciones definidas, tampoco resulta la mejor evaluada. Considerando los requerimientos anuales para el tratamiento y elevación del agua hasta las dependencias de la mina, la alternativa del Proyecto SWAP necesita, en promedio, 229 [GWh/año], lo que equivale a un 15% más energía que la requerida para el abastecimiento mediante Aguas Servidas Tratadas (la alternativa con menor consumo energético). Tomando en cuenta que, durante el último decenio, el 75,4% de la energía bruta del Norte Grande ha sido generada mediante la quema de carbón (Centro de Despacho Económico de Carga. Sistema Interconectado Norte Grande, 2015), un mayor consumo de energía repercute en un aumento significativo en las emisiones de carbono a la atmósfera.

### ***C. Aguas Servidas Tratadas***

#### **i. Aspectos Positivos**

- Esta alternativa contempla el reuso del agua utilizada por la población, lo que permite prescindir de extracciones de aguas continentales adicionales a las hoy consideradas. De esta forma, estas aguas quedan al alcance de la comunidad para usos alternativos o pueden destinarse al mantenimiento de las condiciones mínimas que garanticen la sostenibilidad de los ecosistemas.
- La alternativa de Aguas Servidas Tratadas corresponde a la de menor consumo energético entre las opciones definidas. Considerando los requerimientos anuales para el tratamiento y elevación del agua hasta las dependencias de la mina, esta alternativa necesita, en promedio, 210 [GWh/año], equivalente a un 11% menos energía que la requerida por el Proyecto SWAP y un 18% menos que la requerida para la Desalación Directa. Tomando en cuenta que, durante el último decenio, el 75,4% de la energía bruta del Norte Grande ha sido generada mediante la

quema de carbón (Centro de Despacho Económico de Carga. Sistema Interconectado Norte Grande, 2015), esta alternativa permite que las emisiones de CO<sub>2</sub> se reduzcan, como promedio, en 6.029 toneladas al año en comparación con las originadas por el Proyecto SWAP, y en 16.307 toneladas al año en comparación con las generadas por la Desalación Directa (según cálculo realizado considerando las emisiones de diferentes combustibles fósiles especificadas en la Guía para Evaluación Ambiental de ERNC (Comisión Nacional de Energía, 2007)).

- La implementación de una nueva planta de tratamiento de aguas servidas de carácter secundario con lodos activados, en reemplazo de las lagunas estabilizadoras de Alto Hospicio y de las desarenadoras y desengrasadoras presentes en Iquique, permite no sólo mejorar la calidad de las aguas tratadas, sino que, al ser éstas entregadas a la minería, dejan de ser evacuadas a través de los emisarios submarinos que operan en la actualidad, disminuyendo así los pasivos ambientales generados por la descarga de las aguas al mar.
- Al considerar esta alternativa existe la posibilidad de utilizar, para el mejoramiento de suelos, los lodos activados generados durante el proceso de tratamiento. Además, los gases emanados podrían ser utilizados para la generación de energía eléctrica.
- Al implementarse esta solución en una ciudad costera, donde las aguas desechadas son vertidas directamente al océano, no existe alteración de cursos superficiales ni reducción de caudales ecológicos hacia aguas abajo, como podría ocurrir en localidades ubicadas más al interior, donde las PTAS suelen verter sus aguas tratadas en ríos o lagos, siendo aprovechadas por el ecosistema o la población.

## ii. Aspectos Negativos

- Si bien dentro de las alternativas evaluadas ésta corresponde a la que presenta menores requerimientos energéticos, éstos no dejan de ser considerables. La importante diferencia de altura geométrica entre la fuente de agua (PTAS) y la mina, considerando que la ciudad se ubica en la costa y las minas evaluadas se sitúan en sector cordillerano, repercute en un alto consumo de energía para la impulsión.

## 8.2 Aspectos Sociales

### 8.2.1 Sector Agrícola

A nivel nacional, una de las principales dificultades observadas al momento de plantear el uso alternativo de aguas servidas tratadas en procesos industriales ha sido la reticencia

de los agricultores y regantes, los cuales constituyen una de las actividades productivas más importantes del país. Por lo general, los productores agrícolas irrigan sus predios utilizando agua extraída de ríos o canales, cuyos cauces muchas veces son recargados por las aguas servidas tratadas que vierten en ellos las sanitarias, viéndose, por lo tanto, disminuida la seguridad de riego al destinar este recurso para otros fines.

Sin embargo, el caso presentado en este informe se sitúa en una ciudad costera, donde las aguas servidas tratadas son vertidas directamente al mar mediante emisarios submarinos, y por lo tanto, no existen agricultores que requieran el recurso. En casos como éste, es decir, localidades cercanas a la costa y/o con presencia de emisarios submarinos, donde el recurso hídrico es desechado al mar y no presenta aprovechamiento alguno, resulta lógico pensar que el redireccionamiento y reuso de las aguas servidas tratadas no va en desmedro de los agricultores ni ningún otro actor social, sino que al contrario, permitiría a otros sectores productivos beneficiarse de un recurso que, de otra manera, sería simplemente descartado.

### **8.2.2 Impacto Tarifario**

La Ley de Tarifas de Servicios Sanitarios especifica en su artículo octavo que la determinación de las fórmulas a considerar para el cálculo de las tarifas que las empresas sanitarias deben cobrar a sus clientes, por motivo de la prestación de servicios regulados (producción, distribución, recolección y tratamiento de aguas en las zonas concesionadas), depende de la proyección de costos totales requeridos para satisfacer la demanda de estos servicios durante el período de fijación de tarifas establecido. De esta manera, queda señalado que la SISS es la encargada de ajustar y modificar las denominadas tarifas de eficiencia hasta lograr que, finalmente, los ingresos totales se equiparen a los costos totales. Sin embargo, en caso de que las instalaciones necesarias para satisfacer los servicios regulados mencionados fueran utilizadas, al mismo tiempo, para el desarrollo de servicios no regulados por parte de las sanitarias (como es el caso de la venta de aguas servidas tratadas), al momento de calcular los costos totales sólo se debe considerar una fracción de los costos correspondientes, reduciéndose a su vez los ingresos totales proyectados y, por lo tanto, las tarifas definitivas a aplicar a los clientes (Ministerio de Obras Públicas, 1988).

En el contexto descrito, resulta económicamente claro que deben efectuarse descuentos a las tarifas reguladas debido a la presencia de servicios adicionales prestados por las sanitarias, ya que los consumidores regulados financian parte del costo de producirlos. Sin embargo, la estimación de los respectivos descuentos ha causado permanentes controversias durante los procesos tarifarios, originadas, probablemente, por la falta de una metodología que cumpla dos condiciones centrales: *“que la empresa no pierda los incentivos para proveer los servicios no regulados, ya que es socialmente positivo que así ocurra; y que los consumidores regulados que financian la operación de la empresa se vean beneficiados por la provisión de estos servicios”* (Fuentes H., 2010). Para solventar esto, Fuentes ha propuesto un modelo básico que permite calcular un descuento que cumpla con las condiciones centrales presentadas y cuya aplicación es

posible considerando los niveles normales de información con los que cuenta la autoridad regulatoria.

Si bien la metodología propuesta para el cálculo del descuento tarifario no constituye una normativa formal, en los últimos Estudios de Determinación de Tarifas desarrollados para cada una de las concesiones sanitarias del país, la SISS se ha encargado de definir modelos similares al planteado por Fuentes, los cuales, ajustados a las condiciones específicas de cada caso, son presentadas en el capítulo 21 “Descuentos por la Provisión de Servicios No Regulados” de los respectivos estudios tarifarios (Superintendencia de Servicios Sanitarios, 2016). A modo de ejemplo, se presenta el caso de Aguas Chañar en la Región de Atacama, la cual, por el concepto de venta de aguas servidas, debe transferir a sus clientes una reducción anual en la tarifa equivalente a \$376 millones de pesos durante el período 2014-2019 (Superintendencia de Servicios Sanitarios, 2014).

Cabe mencionar que con fecha 21 de diciembre de 2016 es aprobada una moción en la Cámara de Diputados que pretende modificar la legislación aplicable a los servicios públicos sanitarios, en materia de servicios no regulados y de fijación tarifaria, entre otros, que establece que en caso de existir utilidades percibidas por las sanitarias producto de la venta de aguas servidas, se deberá descontar a favor de la tarifa final del usuario el equivalente a una proporción del 80% de estas ganancias (Cámara de Diputados, 2016). Sin embargo, el Ministerio de Obras Públicas responde a la Comisión de Obras Públicas encargada del proyecto que, desde una perspectiva sistémica y de incentivos, tiene sentido que se descuenta de la tarifa de los servicios regulados, la proporción destinada a financiar los costos de la prestación de servicios no regulados, mas no existe justificación de igual magnitud para descontar de la tarifa de los primeros una porción de las utilidades generadas por los segundos. Sin perjuicio de lo anterior, el Ejecutivo (a través del MOP) propone perfeccionar la fórmula de cálculo del descuento ampliando el concepto de recursos compartidos, incluyendo activos, gastos y bienes en general, además de establecer la obligatoriedad de llevar contabilidades separadas para servicios regulados y no regulados, facilitando la obtención de la proporción del uso de recursos y costos de la prestación de cada servicio (Ministerio de Obras Públicas, 2017).

En este contexto, se comprueba la existencia de un beneficio económico tangible en favor de la comunidad, ya que, al llevarse a cabo la prestación de servicios no regulados por parte de las sanitarias, como es la venta de aguas servidas tratadas, parte de las ganancias generadas por la empresa debe ser distribuida a la población por medio de un descuento aplicado a su tarifa. Esto a modo de compensación por el uso de infraestructura destinada inicialmente a la prestación de los servicios regulados.

### **8.3 Comparación de Alternativas**

A modo de resumen, la tabla 8.1 constituye un cuadro comparativo que identifica las ventajas y desventajas de cada una de las alternativas, considerando los aspectos ambientales y sociales recién descritos, además de ciertos factores técnicos u operacionales.

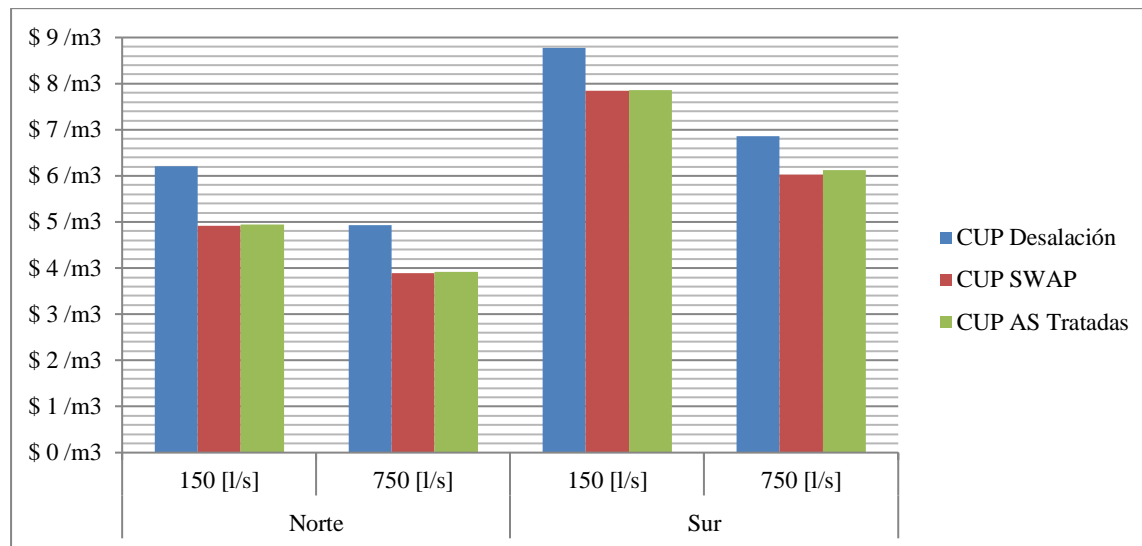
**Tabla 8.1. Comparación de Alternativas en relación a aspectos ambientales, sociales y técnico-operacionales.**  
**Fuente: Elaboración Propia.**

<b>Aspecto Evaluado</b>	<b>Desalación Directa</b>	<b>Proyecto SWAP</b>	<b>Aguas Servidas Tratadas</b>
Disponibilidad del recurso.	La fuente de abastecimiento para la mina es el mar, cuya disponibilidad es prácticamente ilimitada. Por otra parte, Iquique sigue siendo abastecida desde los acuíferos subterráneos ubicados en la pampa.	La fuente de abastecimiento para la mina corresponde a los acuíferos subterráneos ubicados en la pampa, por lo que la disponibilidad del recurso depende de la recarga de estas napas. Por otra parte, con la implementación de esta alternativa, mejora la seguridad de suministro para Iquique al considerarse el mar como su nueva fuente de abastecimiento.	La fuente de abastecimiento para la mina corresponde a las aguas servidas generadas por la población de Alto Hospicio e Iquique, por lo que la disponibilidad del recurso depende del nivel de consumo hídrico de la ciudad. Al ser ésta una localidad en constante crecimiento, se espera un aumento en la disponibilidad del recurso. Por otra parte, Iquique sigue siendo abastecida desde los acuíferos subterráneos ubicados en la pampa.
Alteración de cursos naturales de agua continental.	La alternativa no modifica cursos de agua continental.	La alternativa no modifica cursos de agua continental.	La alternativa no modifica cursos de agua continental.
Generación de desechos.	La desalación de agua de mar produce un volumen de salmuera equivalente al 122% del agua producida, la cual es desechada al océano.	La desalación de agua de mar produce un volumen de salmuera equivalente al 122% del agua producida, la cual es desechada al océano.	Se reduce el vertimiento de aguas servidas al mar, al ser éstas transportadas a las mineras. El proceso genera lodos activados y gases, los cuales pueden utilizarse para el mejoramiento de suelos agrícolas y para la generación de energía eléctrica.

<b>Aspecto Evaluado</b>	<b>Desalación Directa</b>	<b>Proyecto SWAP</b>	<b>Aguas Servidas Tratadas</b>
Calidad del agua producida.	La calidad del agua desalada es prácticamente constante y, si bien no es necesario para el desarrollo de los procesos mineros, alcanza niveles de potabilidad.	La calidad del agua extraída del acuífero subterráneo es suficiente para el correcto desarrollo de los procesos mineros. Por otra parte, el agua desalada suministrada a la población alcanza los niveles de potabilidad requeridos.	La planta de tratamiento de aguas servidas opera según los criterios necesarios para alcanzar los niveles de calidad de agua requerida para los procesos mineros.
Consumo energético.	Alternativa de mayor consumo energético. Requiere, en promedio, un 22% más energía que la alternativa de Aguas Servidas Tratadas.	Alternativa de consumo energético medio. Requiere, en promedio, un 15% más energía que la alternativa de Aguas Servidas Tratadas.	Alternativa de menor consumo energético. Reducción importante de emisiones de carbono (en comparación con las otras alternativas) al considerar que el 75,4% de la energía del Norte Grande es generada por la quema de carbón.
Descuento tarifario.	No existe descuento tarifario a la población, debido a que no se contempla el uso de instalaciones pertenecientes al servicio regulado para el abastecimiento de la mina.	No existe descuento tarifario a la población. Si bien se contempla el uso de instalaciones que actualmente pertenecen al servicio regulado (pozos), la población pasaría a ser abastecida mediante agua desalada, utilizando instalaciones independientes.	Existe descuento tarifario a la población, debido a que, para el abastecimiento de la mina, se contempla el uso de instalaciones pertenecientes al servicio regulado (planta de tratamiento de aguas servidas).

## 9 Conclusiones y Recomendaciones

Los resultados obtenidos en la evaluación económica del caso de estudio desarrollado en este informe, que compara los costos atribuibles al suministro de agua para procesos industriales de dos mineras referenciales a lo largo de 20 años, cada una abastecida considerando dos posibles escenarios de demanda (distintos caudales), mediante la implementación de tres distintos sistemas de suministro (desalación directa, SWAP y aguas servidas tratadas), indican que la alternativa más económica resulta ser el denominado Proyecto SWAP, tal y como se observa en la figura 9.1.



**Figura 9.1. CUP correspondiente a cada alternativa evaluada en los distintos escenarios de abastecimiento. Fuente: Elaboración Propia.**

Sin embargo, las diferencias obtenidas entre los valores actuales de costos de las alternativas SWAP y Aguas Servidas Tratadas resultan mínimas en todos los escenarios de evaluación, siendo estas últimas solo entre un 0,6% y un 1,4% más costosas que el SWAP. Dado lo anterior, y en vista de que la evaluación desarrollada considera parámetros solamente estimativos y de magnitud variable en el tiempo, no es posible aseverar la absoluta conveniencia económica de la implementación del Proyecto SWAP, sino que más bien ésta se presenta como una alternativa con costos equivalentes a la de Aguas Servidas Tratadas, bajo las condiciones de este análisis en particular.

Adicionalmente a los resultados obtenidos en el caso evaluado y con el objetivo de caracterizar los costos calculados, se realiza un análisis de la composición de éstos, extrayéndose las siguientes relaciones principales con respecto a los costos de inversión y costos de operación y mantenimiento (CAPEX y OPEX):

- En promedio, el valor actual de costos de las alternativas evaluadas está compuesto en un 49,8% por costos referentes a inversión y en un 50,2% por costos destinados a operación y mantenimiento (sin desviaciones excesivas).

- La alternativa de Desalación Directa es la que presenta los mayores costos de inversión, mientras que en el Proyecto SWAP se observan las inversiones más bajas.
- Por lo general la alternativa de Desalación Directa presenta también los mayores costos de operación y mantenimiento (con la excepción de un caso donde estos costos son mayores en el Proyecto SWAP), mientras que la alternativa de Aguas Servidas Tratadas es la que presenta los menores costos por este concepto.
- Al ser la alternativa SWAP la que presenta los menores costos de inversión y la alternativa de Aguas Servidas Tratadas la que presenta los menores costos de operación y mantenimiento, se infiere, a grandes rasgos, que para tiempos de evaluación relativamente cortos la alternativa más conveniente debiese corresponder al Proyecto SWAP, mientras que para tiempos de evaluación más prolongados la alternativa más económica correspondería al suministro de Aguas Servidas Tratadas.

Por otra parte, analizando la composición de los resultados en relación a los costos destinados tanto a tratamiento como a transporte de las aguas, se destacan las siguientes conclusiones:

- En promedio, solo el 22,1% del valor actual de costos de las alternativas evaluadas corresponde a costos referentes al tratamiento de las aguas, mientras que el 77,9% restante se destina a transporte e impulsión de las aguas (sin desviaciones excesivas).
- Las alternativas con mayores costos de tratamiento corresponden a la Desalación Directa y al Proyecto SWAP, cuyos costos son iguales debido a que el tratamiento contemplado en ambos casos es exactamente el mismo (desalación). Por otra parte, la alternativa de Aguas Servidas Tratadas es la que presenta menores costos por este concepto.
- La Desalación Directa es la que, por lo general, presenta mayores costos de transporte de agua (con la excepción de un caso donde los costos son mayores en la alternativa de Aguas Servidas Tratadas), siendo el Proyecto SWAP la alternativa más económica en este ámbito.

Otro aspecto analizado en esta evaluación corresponde a la sensibilización de los resultados, es decir, un estudio del grado de influencia que tienen ciertas variables, posiblemente relevantes y fluctuantes en el tiempo, sobre los resultados finales obtenidos en el desarrollo de ésta. A modo de metodología se considera una modificación, tanto al alza como a la baja, de un 30% en la magnitud del valor monómico de la energía, del valor de la tasa de descuento y del horizonte de operación total del proyecto, para luego observar la magnitud de los cambios que estas

modificaciones provocan en los costos unitarios finales. Los resultados de este estudio indican lo siguiente:

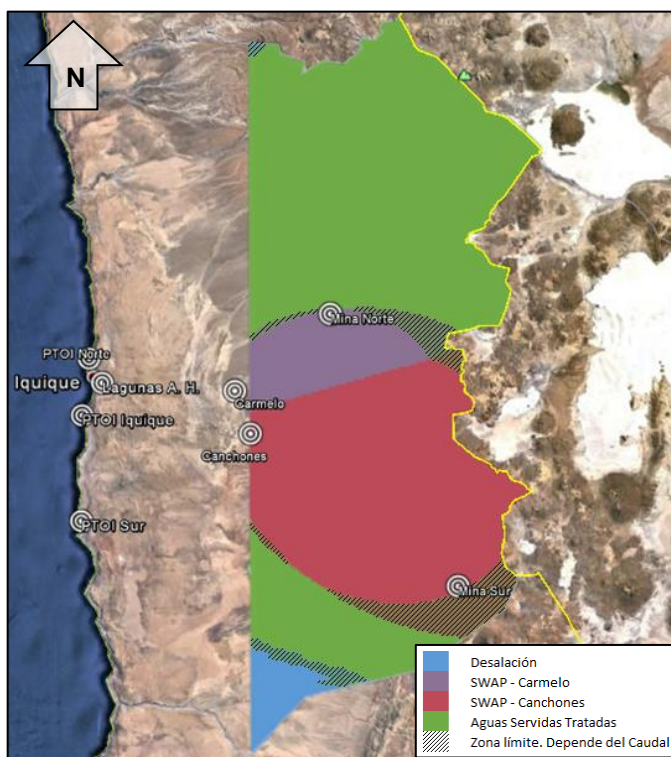
- El elemento cuya modificación produce las mayores variaciones en los costos unitarios corresponde al precio de la energía, registrándose, en promedio, una variación del 12,4% en los CUP tanto al aumentar como disminuir su valor en un 30%.
- El elemento cuya modificación produce variaciones intermedias en los costos unitarios corresponde al valor de la tasa de descuento, registrándose, en promedio, un alza del 9,6% en los CUP al aumentar la tasa de descuento en un 30%, mientras que al disminuirla en la misma cantidad, los CUP disminuyen un 8,9%.
- El elemento cuya modificación produce las menores variaciones en los costos unitarios corresponde al horizonte de operación total del proyecto, registrándose, en promedio, un alza del 8,9% en los CUP al disminuir el horizonte de operación en un 30%, mientras que al aumentarlo en la misma cantidad, los CUP disminuyen sólo un 3,1%.

De la información recabada, es posible concluir que conseguir bajos costos de energía corresponde a un aspecto fundamental al momento de implementar proyectos de esta clase, y que por lo tanto, resulta conveniente la incorporación de tecnologías de autogeneración energética, la formulación de convenios estratégicos o la implementación de otras soluciones que permitan obtener tarifas más competitivas. Por otra parte, si bien el ahorro potencial no resulta tan importante como en el caso recién expuesto, de todas maneras es recomendable implementar estas soluciones en períodos donde la economía permita acceder a tasas de descuento reducidas, obteniéndose así una disminución de costos no menor. Por último, en relación con el horizonte de operación total del proyecto, se destaca que un aumento en la vida útil por sobre el tiempo considerado en la evaluación original, no provoca un ahorro sustancial en los costos unitarios de producción, sin embargo, la implementación de soluciones con horizontes de operación menores sí podrían aumentar los costos de manera considerable.

Continuando con el análisis de sensibilidad de los resultados, otra situación examinada corresponde al caso en el que se contemple un crecimiento escalonado en el nivel de operación de las soluciones de abastecimiento. Específicamente se evalúa el escenario donde existe como requerimiento un aumento único en el suministro de agua, al cumplirse la mitad del horizonte de operación total proyectado. Evaluando distintas configuraciones de caudales, se logra concluir que mientras menor sea el caudal inicial requerido, en comparación con el caudal demandado al finalizar el proyecto, mayor es la conveniencia de parcelar las inversiones y postergarlas hasta el momento en que sean totalmente necesarias. Por el contrario, si el caudal a abastecer al iniciar la operación del proyecto es muy similar al requerido en su fase final, la evaluación indica que resulta más económica la construcción e implementación de instalaciones con capacidad para abastecer a la mina durante toda su vida útil proyectada, inclusive durante su período de

mayor demanda, concentrando la totalidad de las inversiones al inicio de la construcción del proyecto.

Con el propósito de extender la información recabada en el análisis económico, se desarrolla un modelo de extrapolación de los resultados que permita estimar, dentro de la zona cordillerana de la Región de Tarapacá, cuál corresponde a la alternativa de suministro más conveniente de implementar, además de una aproximación de su costo total, considerando como datos de entrada únicamente el caudal demandado y la ubicación específica de la faena minera a abastecer, siendo ésta cualquier punto dentro de la zona delimitada. El mapa que indica las distintas zonas de conveniencia determinadas es presentado en la figura 9.2.



**Figura 9.2. Superposición de zonas de conveniencia para suministros de 150 l/s y 750 l/s.**  
**Fuente: Elaboración Propia.**

Del estudio indicado se concluye que la principal variable a tener en cuenta al momento de identificar la alternativa de abastecimiento más conveniente corresponde a la ubicación de la minera, sin importar, en la mayoría de los casos, la magnitud del caudal demandado. Específicamente la Desalación Directa resulta más económica de implementar en sectores relativamente cercanos a la costa y más alejados de las fuentes de abastecimiento continentales; el Proyecto SWAP adquiere mayor relevancia en sectores circundantes a los pozos de extracción de agua; y el suministro de Aguas Servidas Tratadas resulta más conveniente en los lugares más alejados de las fuentes de agua subterránea que abastecen el Proyecto SWAP, pero que resultan muy costosos de abastecer mediante la Desalación Directa. En definitiva se observa un claro aumento de

los costos al considerar el abastecimiento de mineras cada vez más alejadas de las fuentes de suministro, sean éstas marítimas o continentales.

Paralelamente, el mismo estudio permite determinar que la magnitud del caudal a suministrar no repercute significativamente en la elección del sistema de abastecimiento a escoger, mas sí en el nivel de costos finales de implementación de la solución. En este aspecto resulta clara la existencia de economías de escala, lo que implica que, si bien existe un aumento en los costos totales al considerar el abastecimiento de un mayor caudal, al implementar un sistema con mayor capacidad los costos unitarios de producción se ven reducidos.

Dejando de lado la evaluación económica y considerando los impactos medioambientales que conlleva la implementación de cada una de las soluciones propuestas, resulta clara la conveniencia de implementar un sistema de reuso de las aguas servidas por sobre las otras alternativas, debido principalmente a lo siguiente:

- Si bien las alternativas de Desalación Directa y Proyecto SWAP contemplan la extracción de agua desde el océano, el cual constituye una fuente prácticamente ilimitada del recurso, la alternativa de abastecimiento de Aguas Servidas Tratadas considera el reuso del agua utilizada por la población, lo que permite prescindir totalmente de extracciones adicionales desde la naturaleza.
- La alternativa de Aguas Servidas Tratadas corresponde a la solución con menor consumo energético al año entre las opciones evaluadas, requiriendo, en promedio, un 11% menos energía que el Proyecto SWAP y un 18% menos energía que la Desalación Directa. Tomando en cuenta que, durante los últimos 10 años, el 75,4% de la energía del Norte Grande ha sido generada mediante la combustión de carbón (Centro de Despacho Económico de Carga. Sistema Interconectado Norte Grande, 2015), esta alternativa permite que las emisiones de CO<sub>2</sub> se reduzcan, como promedio, en 6.029 toneladas al año en comparación con las originadas por el Proyecto SWAP, y en 16.307 toneladas al año en comparación con las generadas por la Desalación Directa (según cálculo realizado considerando emisiones de diferentes combustibles fósiles especificadas en la Guía para Evaluación Ambiental de ERNC de la Comisión Nacional de Energía, 2007).
- La desalación de agua de mar produce un volumen de salmuera equivalente al 122% del agua dulce producida, la cual es desechada de vuelta al océano, pudiendo afectar a la flora y fauna presente en el entorno. Por otra parte, la implementación del abastecimiento mediante Aguas Servidas Tratadas, que contempla la instalación de una nueva PTAS de carácter secundario para las comunas de Alto Hospicio y/o Iquique, permitiría reducir, o incluso eliminar, el vertimiento del desecho al mar mediante los emisarios submarinos que operan en la actualidad.
- Al implementarse esta solución en una ciudad costera, donde las aguas desechadas son vertidas directamente al océano, el traslado de las aguas servidas hacia otras

instalaciones no produce alteraciones en los cursos superficiales ni reducción de caudales ecológicos hacia aguas abajo de la ciudad, como sí podría ocurrir en localidades donde las sanitarias vierten las aguas a los cauces naturales luego de ser tratadas.

En relación con este último punto, agrupaciones de productores agrícolas han demostrado reticencia sobre el hecho de que las sanitarias vendan a terceros las aguas servidas saneadas que originalmente eran vertidas a los cauces naturales, debido a que históricamente éstos las han aprovechado para el riego de sus predios (Pro Pyme Chile, 2011). Sin embargo, al considerarse el abastecimiento de una minera utilizando las Aguas Servidas Tratadas de una ciudad cercana a la costa, o cuyas aguas residuales sean vertidas al mar por medio de emisarios submarinos, el conflicto desarrollado entre sanitarias y agricultores no tendría cabida, ya que no habría presencia de agricultores ni de otros actores sociales capaces de aprovechar el recurso aguas abajo del punto de descarga. En caso de recuperar estas aguas y entregarlas a algún sector productivo, se evidencia un claro beneficio al utilizar un recurso que, de otra manera, sería simplemente descartado.

Además de los aspectos positivos recién planteados, se comprueba la existencia de un beneficio económico tangible en favor de la comunidad al desarrollarse la prestación de servicios no regulados por parte de las sanitarias, como es el caso de la venta de aguas servidas tratadas, ya que, al utilizarse infraestructura destinada inicialmente para la prestación de servicios regulados, parte de las ganancias generadas por la empresa debe ser distribuida a la población por medio de un descuento aplicado a su tarifa. Cabe destacar que, de las alternativas evaluadas en este informe, el suministro de Aguas Servidas Tratadas es la única que genera esta contribución a la sociedad.

Finalmente, luego de comprobarse la competitividad económica de la alternativa frente a otras propuestas de uso común, determinándose que su conveniencia monetaria depende de manera casi exclusiva del sector donde se establezca la minera en relación con la ubicación de las fuentes de agua disponibles; además de identificarse una preponderancia en los beneficios ambientales que ésta conlleva, como la reducción de los desechos vertidos al mar o las menores emisiones de carbono en comparación con otras soluciones; sumado a los aportes sociales que son generados al implementarla, como el descuento tarifario aplicado a la población; es posible concluir que el suministro de Aguas Servidas Tratadas como fuente alternativa a la extracción de aguas continentales corresponde no sólo a una solución factible de implementar para la correcta ejecución de los procesos de producción cupríferos en el mediano y largo plazo, sino que además resulta socio-ambientalmente atractiva y completamente competitiva.

## Referencias

- Agencia Nacional de Agua de Singapur. PUB. (s.f.). *NEWater*. Obtenido de <https://www.pub.gov.sg/watersupply/fournationaltaps/newater>
- Aguas Antofagasta. (2009). Estudio Determinación de Tarifas. Anexo 7: Detalle de Inversiones y Gastos. (A. Nuevas, Recopilador)
- Aguas Araucanía. (2009). Estudio Determinación de Tarifas. Anexo 7: Detalle de Inversiones y Gastos. (A. Nuevas, Recopilador)
- Aguas del Altiplano. (2011). Estudio Determinación de Tarifas. Anexo 7: Detalle de Inversiones y Gastos. (A. Nuevas, Recopilador)
- Aguas Nuevas. (2014). *Proyección de Operación PTAS Aguas del Altiplano*. Santiago.
- Banco Central de Chile. (junio de 2017). *Boletín Mensual*. Recuperado el 03 de agosto de 2017, de <http://si3.bcentral.cl/estadisticas/Principal1/informes/BOLETIN/pdf/bm201706.pdf>
- Banco Mundial. (31 de marzo de 2011). *Chile. Diagnóstico de la gestión de los recursos hídricos*. Recuperado el 07 de octubre de 2015, de [http://www.dga.cl/eventos/Diagnostico%20gestion%20de%20recursos%20hidricos%20en%20Chile\\_Banco%20Mundial.pdf](http://www.dga.cl/eventos/Diagnostico%20gestion%20de%20recursos%20hidricos%20en%20Chile_Banco%20Mundial.pdf)
- Cámara de Diputados. (21 de diciembre de 2016). *Proyectos de Ley*. Recuperado el 03 de agosto de 2017, de Oficio N° 13.065: [https://www.camara.cl/pley/pley\\_detalle.aspx?prmID=11239&prmBoletin=10795-33](https://www.camara.cl/pley/pley_detalle.aspx?prmID=11239&prmBoletin=10795-33)
- Centro de Despacho Económico de Carga. Sistema Interconectado Norte Grande. (2015). *Anuario y Estadísticas de Operación*. Obtenido de [http://www.cdec-sing.cl/html\\_docs/anuario2015/Espanol/files/assets/common/downloads/publication.pdf](http://www.cdec-sing.cl/html_docs/anuario2015/Espanol/files/assets/common/downloads/publication.pdf)
- Comisión Chilena del Cobre. (2017). *Consumo del agua en la minería del cobre al año 2016*. Recuperado el 03 de agosto de 2017, de <https://www.cochilco.cl/Listado%20Temtico/Consumo%20de%20agua%20en%20la%20minería%20del%20cobre%20al%202016%20-%20version%20final.pdf>
- Comisión Nacional de Energía. (mayo de 2007). *Proyectos de Biomasa*. Obtenido de Guía Para Evaluación Ambiental de Energías Renovables No Convencionales: <http://www.minenergia.cl/biogaslechero/wp-content/uploads/2015/12/GuiaBiomasa.pdf>
- Dirección General de Aguas. (s.f.). Recuperado el 29 de octubre de 2015, de <http://www.dga.cl/administracionrecursoshidricos/areasprotegidas/Paginas/default.aspx>
- Dirección General de Aguas. (03 de diciembre de 2015). Solicitud SIAC. Iquique, Región de Tarapacá, Chile.
- Economía y Negocios. (05 de julio de 2011). Recuperado el 13 de enero de 2016, de <http://www.economiaynegocios.cl/noticias/noticias.asp?id=86289>
- Emol. (14 de enero de 2011). Recuperado el 13 de enero de 2016, de <http://www.emol.com/noticias/economia/2011/01/14/458406/empresas-sanitarias-podrian-vender-aguas-servidas-tratadas-a-grandes-clientes.html>

- Federación Minera de Chile. (20 de enero de 2011). Recuperado el 13 de enero de 2016, de <http://www.federacionminera.cl/portal/?p=1009>
- Fuentes H., F. (Junio de 2010). *Descuentos por Servicios No Regulados en el Diseño de la Empresa Modelo*. Obtenido de <http://fen.uahurtado.cl/wp-content/uploads/2010/07/inv249.pdf>
- Jeppson , R. W. (1977). *Analysis of Flow in Pipe Networks*. Michigan: Ann Arbor Science.
- La Segunda. (25 de enero de 2011). Recuperado el 13 de enero de 2016, de <http://www.lasegunda.com/Noticias/Economia/2011/01/619837/Sanitarias-senalalan-que-ellos-no-amenazan-el-riego-de-los-pequenos-productores>
- La Tercera. (29 de enero de 2011). Recuperado el 13 de enero de 2016, de <http://diario.latercera.com/2011/01/29/01/contenido/opinion/11-57598-9-venta-de-aguas-servidas-tratadas.shtml>
- La Tercera. (15 de junio de 2011). Recuperado el 13 de enero de 2016, de <http://diario.latercera.com/2011/06/15/01/contenido/negocios/10-72793-9-fallo-de-la-suprema-por-aguas-agudiza-disputa-snasanitarias.shtml>
- Ministerio de Defensa Nacional. (03 de enero de 2005). *Reglamento Sobre Concesiones Marítimas*. Recuperado el 02 de mayo de 2016, de Decreto (M) N°660: <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=249023&idParte=0>
- Ministerio de Energía. (s.f.). *Geoportal*. Recuperado el 07 de octubre de 2015, de <http://sig.minenergia.cl/sig-minen/moduloCartografico/composer/>
- Ministerio de Hacienda. (05 de abril de 1960). *Sobre Concesiones Marítimas*. Recuperado el 02 de mayo de 2016, de Decreto con Fuerza de Ley N°340: <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=5473>
- Ministerio de Justicia. (13 de agosto de 1981). *Código de Aguas*. Recuperado el 10 de diciembre de 2015, de Decreto con Fuerza de Ley N°1.122: <http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=5605>
- Ministerio de Justicia. (16 de mayo de 2000). *Código Civil*. Recuperado el 02 de mayo de 2016, de Decreto con Fuerza de Ley N°1: <http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=172986>
- Ministerio de Obras Públicas. (30 de Marzo de 1988). *Decreto con Fuerza de Ley N° 70. Ley de Tarifas de los Servicios Sanitarios*. Obtenido de <http://www.leychile.cl/Navegar/?idNorma=4427>
- Ministerio de Obras Públicas. (02 de mayo de 2017). *Respuesta a Oficio de Comisión de Obras Públicas*. Recuperado el 03 de agosto de 2017, de [http://www.senado.cl/appsenado/index.php?mo=comisiones&ac=sesiones\\_celebradas&idcomision=191&tipo=3&legi=0&ano=2017&desde=0&hasta=0&comi\\_nombre=de+Obras+P&idsesion=11592&idpunto=&fecha=03%2F05%2F2017&inicio=12%3A30&termino=13%3A35&lugar=Sala+de+Comisiones](http://www.senado.cl/appsenado/index.php?mo=comisiones&ac=sesiones_celebradas&idcomision=191&tipo=3&legi=0&ano=2017&desde=0&hasta=0&comi_nombre=de+Obras+P&idsesion=11592&idpunto=&fecha=03%2F05%2F2017&inicio=12%3A30&termino=13%3A35&lugar=Sala+de+Comisiones)
- Ministerio del Interior y Seguridad Pública. (enero de 2015). *Política Nacional para los recursos Hídricos 2015*. Recuperado el 22 de agosto de 2017, de [http://www.interior.gob.cl/media/2015/04/recursos\\_hidricos.pdf](http://www.interior.gob.cl/media/2015/04/recursos_hidricos.pdf)
- Ministerio Secretaría General de la Presidencia. (07 de marzo de 2001). *Decreto 90*. Recuperado el 30 de octubre de 2015, de Establece Norma de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales: <http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=182637>

- Naciones Unidas. (1992). Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Río de Janeiro, Brasil. Obtenido de <http://www.un.org/esa/documents/ga/conf151/spanish/aconf15126-1annex1s.htm>
- Naciones Unidas. (2002). Plan de Aplicación de las Decisiones de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible. Johannesburgo, Sudáfrica. Obtenido de <http://www2.medioambiente.gov.ar/documentos/ciplycs/JOHANNESBURG.PDF>
- Naciones Unidas. (2012). Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible. Río de Janeiro, Brasil. Obtenido de <http://www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/RES/66/288>
- Naciones Unidas. (s.f.). *Qué Hacemos. Desarrollo*. Obtenido de <http://www.un.org/es/sections/what-we-do/promote-sustainable-development/>
- Now How Africa. (13 de mayo de 2016). *Now How Africa*. Recuperado el 25 de septiembre de 2016, de <http://nowhow.international/mine-using-recycled-water/>
- Pro Pyme Chile. (10 de enero de 2011). Recuperado el 13 de enero de 2016, de <http://www.propymechile.com/noticias/983-venta-de-aguas-servidas-tratadas.html>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (s.f.). *Productos Químicos y Desechos*. Obtenido de <http://www.pnuma.org/sustanciasdaninas/index.php>
- Programa de las Naciones Unidas por el Medio Ambiente. (2012). *GEO-5 Perspectivas del Medio Ambiente Mundial: Medio ambiente para el futuro que queremos*. Obtenido de <http://www.pnuma.org/geo/geo5/GEO%205%20ESPANOL%202013%20WEB.pdf>
- Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO para América Latina y el Caribe. (2013). *Desalación de agua de mar mediante sistema Osmosis Inversa y Energía Fotovoltaica para provisión de agua potable en Isla Damas, Región de Coquimbo*. Obtenido de Documento Técnico N°33: <http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002309/230987S.pdf>
- Proyecto Minera Dominga, Andes Iron SpA. (s.f.). *Conoce Dominga*. Obtenido de 100% Agua de Mar: <http://www.conocedominga.cl/100-agua-de-mar/>
- Revista Agua. (02 de agosto de 2016). Recuperado el 25 de septiembre de 2016, de Revista Agua: <http://www.revistagua.cl/2016/08/02/los-adelantos-internacionales-reuso-aguas-residuales/>
- Romero, L. (2012). *Agua de mar, alternativa viable, para el desarrollo futuro de la industria minera en Antofagasta*. Recuperado el 28 de septiembre de 2015, de III Seminario Internacional de Desalación ALADYR 2012: <http://www.desalchile.cl/pdf/6/4/romero.pdf>
- Servicio Nacional de Geología y Minería. (2011). *Atlas de Faenas Mineras*. Recuperado el 07 de octubre de 2015, de Regiones de Arica y Parinacota y de Tarapacá (versión actualizada): [http://www.sernageomin.cl/pdf/mineria/estadisticas/atlas/atlas\\_faenas\\_Arica\\_Parinacota\\_Tarapaca.pdf](http://www.sernageomin.cl/pdf/mineria/estadisticas/atlas/atlas_faenas_Arica_Parinacota_Tarapaca.pdf)
- Superintendencia de Servicios Sanitarios. (04 de julio de 2011). Recuperado el 13 de enero de 2016, de <http://www.siss.gob.cl/577/w3-article-8902.html>

- Superintendencia de Servicios Sanitarios. (Febrero de 2014). *Estudio Determinación de Tarifas 2014-2019. Empresa Aguas Chañar S.A.* Obtenido de [http://www.siss.cl/577/articles-9628\\_est\\_tarif\\_.pdf](http://www.siss.cl/577/articles-9628_est_tarif_.pdf)
- Superintendencia de Servicios Sanitarios. (2016). *Últimos procesos tarifarios terminados.* Obtenido de <http://www.siss.cl/577/w3-propertyvalue-3509.html>
- Superintendencia de Servicios Sanitarios. (s.f.). *Qué Hacemos. Otorgar Concesiones.* Recuperado el 03 de mayo de 2016, de <http://www.siss.gob.cl/577/w3-propertyvalue-3417.html>

## Anexos

### A. Consideraciones para el Cálculo de Pérdidas de Carga en Impulsiones

Las pérdidas de carga friccionales producidas en las impulsiones que trabajan a presión se calculan utilizando la ecuación A.1, propuesta bajo fundamentos empíricos por Hazen-Williams.

$$\Delta h_f = \frac{10,67}{D^{4,87}} * \left( \frac{Q}{C_{HW}} \right)^{1,852} * L \quad (A.1)$$

En donde:

$\Delta h_f$  : Pérdidas friccionales en el tramo, en [m].

$D$  : Diámetro interno de la tubería, en [m].

$Q$  : Caudal portado, en [m<sup>3</sup>/s].

$C_{HW}$  : Coeficiente friccional de Hazen-Williams, adimensional.

$L$  : Largo del tramo, en [m].

El coeficiente friccional de Hazen-Williams corresponde a un valor experimental que depende del material de la tubería. En la tabla A.1 se presentan valores usualmente considerados para distintos materiales.

**Tabla A.1. Coeficientes friccionales de Hazen-Williams.**  
Fuente: (Jeppson , 1977)

Material	$C_{HW}$
Tubería de PVC <sup>6</sup>	150
Tubería muy lisa	140
Hierro dúctil o acero soldado nuevos	130
Madera, Hormigón	120
Arcilla, acero remachado nuevo	110
Hierro fundido usado, ladrillo	100
Hierro fundido o acero muy corroídos	80
Hierro dúctil con recubrimiento de cemento	140

Para que dicha ecuación entregue resultados válidos, el agua portada debe estar a una temperatura entre 5 [°C] y 30 [°C] y transportarse por una tubería con diámetro superior a 2 pulgadas, con una velocidad no mayor a 3 [m/s]. Por lo tanto, su aplicación resulta válida para este caso de estudio.

<sup>6</sup> Para las tuberías de HDPE se considera el mismo coeficiente friccional que para las tuberías de PVC.

Adicionalmente a las pérdidas friccionales ( $\Delta h_f$ ), se considera la presencia de pérdidas singulares ( $\Delta h_s$ ), cuya magnitud se aproxima a un 10% de las pérdidas de carga friccionales, como se presenta en la ecuación A.2.

$$\Delta h_s = 0,1 * \Delta h_f \quad (\text{A.2})$$

Por lo tanto, las pérdidas de carga totales ( $\Delta h_T$ ) producidas en las impulsiones que trabajan a presión, corresponden a las expresadas en la ecuación A.3.

$$\Delta h_T = 1,1 * \frac{10,67}{D^{4,87}} * \left( \frac{Q}{C_{HW}} \right)^{1,852} * L \quad (\text{A.3})$$

## B. Consideraciones para el Cálculo de Potencia de Plantas Elevadoras

Una aproximación de la potencia requerida para que una planta elevadora impulse un caudal definido a una altura determinada se calcula utilizando la ecuación B.1.

$$P = \frac{10 \cdot Q \cdot h}{\eta} \quad (\text{B.1})$$

En donde:

$P$  : Potencia requerida, en [kW].

$Q$  : Caudal elevado, en [m<sup>3</sup>/s].

$h$  : Altura a elevar, en [m].

$\eta$  : Eficiencia de la bomba, en tantos por uno.

## C. Detalle de Costos de Inversión

### C.1. Abastecimiento Mina Norte

#### C.1.1. Desalación Directa

- i. Suministro de 150 [l/s]

Los costos de inversión referentes al suministro de 150 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Norte, mediante la alternativa de Desalación Directa, son presentados en las tablas C.1, C.2, C.3, C.4 y C.5, donde se especifican los costos asociados a la inversión en conducciones, plantas elevadoras, plantas de tratamiento, estanques, y estudios e imprevistos respectivamente.

**Tabla C.1. Costos de Inversión en Conducciones. Desalación Directa Norte 150 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

Partida	Mat	Diám [mm]	Presión	Característica	Parámetro	Un	Dimensión	Costo [US\$]
Conducción a PTOI	HDPE	500	baja	emisario	Longitud	m	754	\$ 2.339.254
Conducción a PTOI	HDPE	500	baja	no urbana	Longitud	m	369	\$ 183.151
Conducción a PTOI	HDPE	500	baja	alta pendiente	Longitud	m	23	\$ 16.774
Descarga Salmuera	HDPE	300	baja	emisario	Longitud	m	720	\$ 1.200.957
Descarga Salmuera	HDPE	300	baja	no urbana	Longitud	m	356	\$ 98.836
Descarga Salmuera	HDPE	300	baja	alta pendiente	Longitud	m	12	\$ 5.074
Conducción a Mina	acero	400	baja	no urbana	Longitud	m	115.976	\$ 44.477.906
Conducción a Mina	acero	400	alta	no urbana	Longitud	m	572	\$ 298.554
Conducción a Mina	acero	400	baja	alta pendiente	Longitud	m	485	\$ 279.199
<b>Total</b>								<b>\$ 48.899.705</b>

**Tabla C.2. Costos de Inversión en Plantas Elevadoras. Desalación Directa Norte 150 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

Partida	Tipo	Parámetro	Unidad	Dimensión	Costo [US\$]
PE 0	agua de mar	Potencia	kW	310	\$ 1.504.374
PE 1	agua tratada	Potencia	kW	670	\$ 1.542.351
PE 2	agua tratada	Potencia	kW	1.000	\$ 2.266.668
PE 3	agua tratada	Potencia	kW	960	\$ 2.178.872
PE 4	agua tratada	Potencia	kW	1.000	\$ 2.266.668
PE 5	agua tratada	Potencia	kW	1.000	\$ 2.266.668
PE 6	agua tratada	Potencia	kW	990	\$ 2.244.719
PE 7	agua tratada	Potencia	kW	1.000	\$ 2.266.668
<b>Total</b>					<b>\$ 16.536.988</b>

**Tabla C.3. Costos de Inversión en Plantas de Tratamiento. Desalación Directa Norte 150 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

<b>Partida</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo [US\$]</b>
PTOI	Caudal	l/s	150	\$ 17.816.900
<b>Total</b>				<b>\$ 17.816.900</b>

**Tabla C.4. Costos de Inversión en Estanques. Desalación Directa Norte 150 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

<b>Partida</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo [US\$]</b>
Estanque en PE 1	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 2	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 3	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 3	Volumen	m <sup>3</sup>	2.000	\$ 851.324
Estanque en PE 3	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 4	Volumen	m <sup>3</sup>	2.000	\$ 851.324
Estanque en PE 5	Volumen	m <sup>3</sup>	2.000	\$ 851.324
Estanque en PE 6	Volumen	m <sup>3</sup>	2.000	\$ 851.324
Estanque en PE 7	Volumen	m <sup>3</sup>	2.000	\$ 851.324
Estanque en Mina	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en Mina	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
<b>Total</b>				<b>\$ 11.555.254</b>

**Tabla C.5. Costos de Inversión en Estudios e Imprevistos. Desalación Directa Norte 150 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

<b>Partida</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo [US\$]</b>
Costos de estudios y otros	5%	\$ 4.740.442
Imprevistos	20%	\$ 18.961.769
<b>Total</b>		<b>\$ 23.702.212</b>

ii. Suministro de 750 [l/s]

Los costos de inversión referentes al suministro de 750 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Norte, mediante la alternativa de Desalación Directa, son presentados en las tablas C.6, C.7, C.8, C.9 y C.10, donde se especifican los costos asociados a la inversión en conducciones, plantas elevadoras, plantas de tratamiento, estanques, y estudios e imprevistos respectivamente.

**Tabla C.6. Costos de Inversión en Conducciones. Desalación Directa Norte 750 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.**

<b>Partida</b>	<b>Mat</b>	<b>Diám [mm]</b>	<b>Presión</b>	<b>Característica</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Un</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo [US\$]</b>
Conducción a PTOI	HDPE	1.000	baja	no urbana	Longitud	m	369	\$ 384.505
Conducción a PTOI	HDPE	1.000	baja	emisario	Longitud	m	754	\$ 5.042.807
Conducción a PTOI	HDPE	1.000	baja	alta pendiente	Longitud	m	23	\$ 35.215
Descarga Salmuera	HDPE	500	baja	no urbana	Longitud	m	356	\$ 176.415
Descarga Salmuera	HDPE	500	baja	emisario	Longitud	m	720	\$ 2.233.417
Descarga Salmuera	HDPE	500	baja	alta pendiente	Longitud	m	12	\$ 9.056
Conducción a Mina	acero	700	baja	no urbana	Longitud	m	116.548	\$ 99.186.091
Conducción a Mina	acero	700	baja	alta pendiente	Longitud	m	485	\$ 619.558
<b>Total</b>								<b>\$ 107.687.064</b>

**Tabla C.7. Costos de Inversión en Plantas Elevadoras. Desalación Directa Norte 750 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.**

<b>Partida</b>	<b>Tipo</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo [US\$]</b>
PE 0	agua de mar	Potencia	kW	1.500	\$ 6.728.236
PE 1	agua tratada	Potencia	kW	4.880	\$ 10.782.880
PE 2	agua tratada	Potencia	kW	4.890	\$ 10.804.829
PE 3	agua tratada	Potencia	kW	5.000	\$ 11.046.268
PE 4	agua tratada	Potencia	kW	4.890	\$ 10.804.829
PE 5	agua tratada	Potencia	kW	4.970	\$ 10.980.421
PE 6	agua tratada	Potencia	kW	4.950	\$ 10.936.523
PE 7	agua tratada	Potencia	kW	4.970	\$ 10.980.421
<b>Total</b>					<b>\$ 83.064.407</b>

**Tabla C.8. Costos de Inversión en Plantas de Tratamiento. Desalación Directa Norte 750 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.**

<b>Partida</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo [US\$]</b>
PTOI	Caudal	l/s	750	\$ 81.084.500
<b>Total</b>				<b>\$ 81.084.500</b>

**Tabla C.9. Costos de Inversión en Estanques. Desalación Directa Norte 750 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

<b>Partida</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo [US\$]</b>
Estanque en PE 1	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 1	Volumen	m <sup>3</sup>	2.000	\$ 851.324
Estanque en PE 2	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 3	Volumen	m <sup>3</sup>	2.000	\$ 851.324
Estanque en PE 3	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 3	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 3	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 3	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 4	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 4	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 5	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 6	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 7	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 7	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en Mina	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en Mina	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
<b>Total</b>				<b>\$ 24.574.634</b>

**Tabla C.10. Costos de Inversión en Estudios e Imprevistos. Desalación Directa Norte 750 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

<b>Partida</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo [US\$]</b>
Costos de estudios y otros	5%	\$ 14.820.530
Imprevistos	20%	\$ 59.282.121
<b>Total</b>		<b>\$ 74.102.651</b>

### ***C.1.2. Proyecto SWAP***

#### **i. Suministro de 150 [l/s]**

Los costos de inversión referentes al suministro de 150 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Norte, mediante la alternativa del Proyecto SWAP, son presentados en las tablas C.11, C.12, C.13, C.14 y C.15, donde se especifican los costos asociados a la inversión en conducciones, plantas elevadoras, plantas de tratamiento, estanques, y estudios e imprevistos respectivamente.

**Tabla C.11. Costos de Inversión en Conducciones. Proyecto SWAP Norte 150 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.**

Partida	Mat	Diám [mm]	Presión	Característica	Parámetro	Un	Dimensión	Costo [US\$]
Conducción a PTOI	HDPE	500	baja	emisario	Longitud	m	751	\$ 2.327.471
Conducción a PTOI	HDPE	500	baja	no urbana	Longitud	m	503	\$ 249.414
Conducción a PTOI	HDPE	500	baja	alta pendiente	Longitud	m	1	\$ 773
Descarga Salmuera	HDPE	300	baja	emisario	Longitud	m	720	\$ 1.200.907
Descarga Salmuera	HDPE	300	baja	no urbana	Longitud	m	1.012	\$ 281.077
Conducción a Estanque PG	acero	400	baja	no urbana	Longitud	m	2.299	\$ 881.755
Conducción a Estanque Sur	acero	600	baja	no urbana	Longitud	m	1.340	\$ 931.555
Conducción a Mina	acero	300	baja	no urbana	Longitud	m	59.378	\$ 13.518.596
Conducción a Mina	acero	300	baja	alta pendiente	Longitud	m	114	\$ 38.867
<b>Total</b>								<b>\$ 19.430.415</b>

**Tabla C.12. Costos de Inversión en Plantas Elevadoras. Proyecto SWAP Norte 150 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.**

Partida	Tipo	Parámetro	Unidad	Dimensión	Costo [US\$]
PE 0	agua de mar	Potencia	kW	270	\$ 1.328.782
PE A	agua tratada	Potencia	kW	710	\$ 1.630.147
PE 1	agua tratada	Potencia	kW	530	\$ 1.235.065
PE 2	agua tratada	Potencia	kW	1.000	\$ 2.266.668
PE 3	agua tratada	Potencia	kW	1.000	\$ 2.266.668
PE 4	agua tratada	Potencia	kW	990	\$ 2.244.719
PE 5	agua tratada	Potencia	kW	1.000	\$ 2.266.668
PE 6	agua tratada	Potencia	kW	1.000	\$ 2.266.668
<b>Total</b>					<b>\$ 15.505.385</b>

**Tabla C.13. Costos de Inversión en Plantas de Tratamiento. Proyecto SWAP Norte 150 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.**

Partida	Parámetro	Unidad	Dimensión	Costo [US\$]
PTOI	Caudal	l/s	150	\$ 17.816.900
<b>Total</b>				<b>\$ 17.816.900</b>

**Tabla C.14. Costos de Inversión en Estanques. Proyecto SWAP Norte 150 [l/s].**  
**Fuente: Elaboración Propia.**

<b>Partida</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo [US\$]</b>
Estanque en PE A	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE A	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 1	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 2	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 3	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 4	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 5	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 6	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en Mina	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en Mina	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
<b>Total</b>				<b>\$ 10.703.930</b>

**Tabla C.15. Costos de Inversión en Estudios e Imprevistos. Proyecto SWAP Norte 150 [l/s].**  
**Fuente: Elaboración Propia.**

<b>Partida</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo [US\$]</b>
Costos de estudios y otros	5%	\$ 3.172.831
Imprevistos	20%	\$ 12.691.326
<b>Total</b>		<b>\$ 15.864.157</b>

ii. Suministro de 750 [l/s]

Los costos de inversión referentes al suministro de 750 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Norte, mediante la alternativa del Proyecto SWAP, son presentados en las tablas C.16, C.17, C.18, C.19 y C.20, donde se especifican los costos asociados a la inversión en conducciones, plantas elevadoras, plantas de tratamiento, estanques, y estudios e imprevistos respectivamente.

**Tabla C.16. Costos de Inversión en Conducciones. Proyecto SWAP Norte 750 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.**

Partida	Mat	Diám [mm]	Presión	Característica	Parámetro	Un	Dimensión	Costo [US\$]
Conducción a PTOI	HDPE	1.000	baja	emisario	Longitud	m	751	\$ 5.017.404
Conducción a PTOI	HDPE	1.000	baja	no urbana	Longitud	m	503	\$ 523.617
Conducción a PTOI	HDPE	1.000	baja	alta pendiente	Longitud	m	1	\$ 1.623
Descarga Salmuera	HDPE	500	baja	emisario	Longitud	m	720	\$ 2.233.386
Descarga Salmuera	HDPE	500	baja	no urbana	Longitud	m	1.012	\$ 501.704
Conducción a Estanque PG	acero	700	baja	no urbana	Longitud	m	2.299	\$ 1.956.663
Conducción a Estanque Sur	acero	600	baja	no urbana	Longitud	m	1.340	\$ 931.555
Conducción a Mina	acero	700	baja	no urbana	Longitud	m	59.378	\$ 50.532.485
Conducción a Mina	acero	700	baja	alta pendiente	Longitud	m	114	\$ 145.284
<b>Total</b>								<b>\$ 61.843.719</b>

**Tabla C.17. Costos de Inversión en Plantas Elevadoras. Proyecto SWAP Norte 750 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.**

Partida	Tipo	Parámetro	Unidad	Dimensión	Costo [US\$]
PE 0	agua de mar	Potencia	kW	1.290	\$ 5.806.378
PE A	agua tratada	Potencia	kW	3.550	\$ 7.863.663
PE 1	agua tratada	Potencia	kW	1.490	\$ 3.342.169
PE 2	agua tratada	Potencia	kW	5.000	\$ 11.046.268
PE 3	agua tratada	Potencia	kW	4.960	\$ 10.958.472
PE 4	agua tratada	Potencia	kW	4.990	\$ 11.024.319
PE 5	agua tratada	Potencia	kW	4.990	\$ 11.024.319
<b>Total</b>					<b>\$ 61.065.588</b>

**Tabla C.18. Costos de Inversión en Plantas de Tratamiento. Proyecto SWAP Norte 750 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.**

Partida	Parámetro	Unidad	Dimensión	Costo [US\$]
PTOI	Caudal	l/s	750	\$ 81.084.500
<b>Total</b>				<b>\$ 81.084.500</b>

**Tabla C.19. Costos de Inversión en Estanques. Proyecto SWAP Norte 750 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

Partida	Parámetro	Unidad	Dimensión	Costo [US\$]
Estanque en PE A	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE A	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 1	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 1	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 2	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 2	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 3	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 4	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 5	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 5	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en Mina	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en Mina	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
<b>Total</b>				<b>\$ 18.978.648</b>

**Tabla C.20. Costos de Inversión en Estudios e Imprevistos. Proyecto SWAP Norte 750 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

Partida	Dimensión	Costo [US\$]
Costos de estudios y otros	5%	\$ 11.148.623
Imprevistos	20%	\$ 44.594.491
<b>Total</b>		<b>\$ 55.743.114</b>

### C.1.3. Aguas Servidas Tratadas

#### i. Suministro de 150 [l/s]

Los costos de inversión referentes al suministro de 150 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Norte, mediante la alternativa de Aguas Servidas Tratadas, son presentados en las tablas C.21, C.22, C.23, C.24 y C.25, donde se especifican los costos asociados a la inversión en conducciones, plantas elevadoras, plantas de tratamiento, estanques, y estudios e imprevistos respectivamente.

**Tabla C.21. Costos de Inversión en Conducciones. Aguas Servidas Tratadas Norte 150 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

Partida	Mat	Diám [mm]	Presión	Característica	Parámetro	Un	Dimensión	Costo [US\$]
Conducción a PTAS	acero	300	baja	no urbana	Longitud	m	12.000	\$ 2.731.994
Conducción a PTAS	acero	300	baja	urbana	Longitud	m	350	\$ 159.451
Conducción a Mina	acero	300	baja	no urbana	Longitud	m	94.616	\$ 21.541.229
Conducción a Mina	acero	300	baja	alta pendiente	Longitud	m	116	\$ 39.580
Conducción a Mina	acero	300	alta	no urbana	Longitud	m	3.381	\$ 1.046.940
<b>Total</b>								<b>\$ 25.519.196</b>

**Tabla C.22. Costos de Inversión en Plantas Elevadoras. Aguas Servidas Tratadas Norte 150 [l/s].**  
**Fuente: Elaboración Propia.**

<b>Partida</b>	<b>Tipo</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo [US\$]</b>
PE 1	aguas servidas	Potencia	kW	720	\$ 2.097.772
PE 2	aguas servidas	Potencia	kW	590	\$ 1.744.107
PE 3	agua tratada	Potencia	kW	1.000	\$ 2.266.668
PE 4	agua tratada	Potencia	kW	890	\$ 2.025.229
PE 5	agua tratada	Potencia	kW	1.000	\$ 2.266.668
PE 6	agua tratada	Potencia	kW	1.000	\$ 2.266.668
PE 7	agua tratada	Potencia	kW	990	\$ 2.244.719
PE 8	agua tratada	Potencia	kW	1.000	\$ 2.266.668
PE 9	agua tratada	Potencia	kW	1.000	\$ 2.266.668
<b>Total</b>					<b>\$ 19.445.167</b>

**Tabla C.23. Costos de Inversión en Plantas de Tratamiento. Aguas Servidas Tratadas Norte 150 [l/s].**  
**Fuente: Elaboración Propia.**

<b>Partida</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo [US\$]</b>
PTAS	Caudal	l/s	150	\$ 7.767.350
Monorelleno	Unidad	Un	1	\$ 6.000.000
<b>Total</b>				<b>\$ 13.767.350</b>

**Tabla C.24. Costos de Inversión en Estanques. Aguas Servidas Tratadas Norte 150 [l/s].**  
**Fuente: Elaboración Propia.**

<b>Partida</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo [US\$]</b>
Estanque en PE 1	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 2	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 3	Volumen	m <sup>3</sup>	2.000	\$ 851.324
Estanque en PE 4	Volumen	m <sup>3</sup>	2.000	\$ 851.324
Estanque en PE 5	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 6	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 7	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 8	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 9	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en Mina	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en Mina	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
<b>Total</b>				<b>\$ 8.999.449</b>

**Tabla C.25. Costos de Inversión en Estudios e Imprevistos. Aguas Servidas Tratadas Norte 150 [l/s].**  
**Fuente: Elaboración Propia.**

<b>Partida</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo [US\$]</b>
Costos de estudios y otros	5%	\$ 3.386.558
Imprevistos	20%	\$ 13.546.232
<b>Total</b>		<b>\$ 16.932.790</b>

ii. Suministro de 750 [l/s]

Los costos de inversión referentes al suministro de 750 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Norte, mediante la alternativa de Aguas Servidas Tratadas, son presentados en las tablas C.26, C.27, C.28, C.29 y C.30, donde se especifican los costos asociados a la inversión en conducciones, plantas elevadoras, plantas de tratamiento, estanques, y estudios e imprevistos respectivamente.

**Tabla C.26. Costos de Inversión en Conducciones. Aguas Servidas Tratadas Norte 750 [l/s].**  
**Fuente: Elaboración Propia.**

<b>Partida</b>	<b>Mat</b>	<b>Diám [mm]</b>	<b>Presión</b>	<b>Característica</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Un</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo [US\$]</b>
Conducción Iquique	acero	600	baja	no urbana	Longitud	m	1.761	\$ 1.224.132
Conducción Iquique	acero	600	baja	urbana	Longitud	m	4.468	\$ 6.212.844
Conducción Iquique	acero	600	baja	alta pendiente	Longitud	m	226	\$ 235.388
Conducción a PTAS	acero	700	baja	no urbana	Longitud	m	12.000	\$ 10.212.190
Conducción a PTAS	acero	700	baja	urbana	Longitud	m	350	\$ 596.027
Conducción a Mina	acero	700	baja	no urbana	Longitud	m	97.997	\$ 83.398.617
Conducción a Mina	acero	700	baja	alta pendiente	Longitud	m	116	\$ 147.952
<b>Total</b>								<b>\$ 102.027.149</b>

**Tabla C.27. Costos de Inversión en Plantas Elevadoras. Aguas Servidas Tratadas Norte 750 [l/s].**  
**Fuente: Elaboración Propia.**

<b>Partida</b>	<b>Tipo</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo [US\$]</b>
PE 1	aguas servidas	Potencia	kW	780	\$ 2.261.002
PE 2	aguas servidas	Potencia	kW	3.760	\$ 10.368.092
PE 3	aguas servidas	Potencia	kW	2.730	\$ 7.565.977
PE 4	aguas servidas	Potencia	kW	2.700	\$ 7.484.362
PE 5	agua tratada	Potencia	kW	4.240	\$ 9.378.144
PE 6	agua tratada	Potencia	kW	5.000	\$ 11.046.268
PE 7	agua tratada	Potencia	kW	5.000	\$ 11.046.268
PE 8	agua tratada	Potencia	kW	4.970	\$ 10.980.421
PE 9	agua tratada	Potencia	kW	5.000	\$ 11.046.268
<b>Total</b>					<b>\$ 81.176.802</b>

**Tabla C.28. Costos de Inversión en Plantas de Tratamiento. Aguas Servidas Tratadas Norte 750 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.**

<b>Partida</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo [US\$]</b>
PTAS	Caudal	l/s	750	\$ 30.836.750
Monorelleno	Unidad	Un	1	\$ 6.000.000
<b>Total</b>				<b>\$ 36.836.750</b>

**Tabla C.29. Costos de Inversión en Estanques. Aguas Servidas Tratadas Norte 750 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.**

<b>Partida</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo [US\$]</b>
Estanque en PE 1	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 2	Volumen	m <sup>3</sup>	2.000	\$ 851.324
Estanque en PE 3	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 4	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 4	Volumen	m <sup>3</sup>	2.000	\$ 851.324
Estanque en PE 5	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 5	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 5	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 5	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 5	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 6	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 6	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 7	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 8	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 9	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 9	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en Mina	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en Mina	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
<b>Total</b>				<b>\$ 25.547.052</b>

**Tabla C.30. Costos de Inversión en Estudios e Imprevistos. Aguas Servidas Tratadas Norte 750 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.**

<b>Partida</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo [US\$]</b>
Costos de estudios y otros	5%	\$ 12.279.388
Imprevistos	20%	\$ 49.117.551
<b>Total</b>		<b>\$ 61.396.938</b>

## C.2. Abastecimiento Mina Sur

### C.2.1. Desalación Directa

#### i. Suministro de 150 [l/s]

Los costos de inversión referentes al suministro de 150 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Sur, mediante la alternativa de Desalación Directa, son presentados en las tablas C.31, C.32, C.33, C.34 y C.35, donde se especifican los costos asociados a la inversión en conducciones, plantas elevadoras, plantas de tratamiento, estanques, y estudios e imprevistos respectivamente.

**Tabla C.31. Costos de Inversión en Conducciones. Desalación Directa Sur 150 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

Partida	Mat	Diám [mm]	Presión	Característica	Parámetro	Un	Dimensión	Costo [US\$]
Conducción a PTOI	HDPE	500	baja	emisario	Longitud	m	752	\$ 2.331.719
Conducción a PTOI	HDPE	500	baja	no urbana	Longitud	m	1.372	\$ 679.893
Conducción a PTOI	HDPE	500	baja	alta pendiente	Longitud	m	1	\$ 981
Descarga Salmuera	HDPE	300	baja	emisario	Longitud	m	720	\$ 1.200.907
Descarga Salmuera	HDPE	300	baja	no urbana	Longitud	m	1.532	\$ 425.373
Conducción a Mina	acero	400	baja	no urbana	Longitud	m	173.982	\$ 66.723.741
Conducción a Mina	acero	400	alta	no urbana	Longitud	m	10.638	\$ 5.548.688
Conducción a Mina	acero	400	baja	alta pendiente	Longitud	m	283	\$ 162.840
<b>Total</b>								<b>\$ 77.074.143</b>

**Tabla C.32. Costos de Inversión en Plantas Elevadoras. Desalación Directa Sur 150 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

Partida	Tipo	Parámetro	Unidad	Dimensión	Costo [US\$]
PE 0	agua de mar	Potencia	kW	350	\$ 1.679.966
PE 1	agua tratada	Potencia	kW	1.000	\$ 2.266.668
PE 2	agua tratada	Potencia	kW	990	\$ 2.244.719
PE 3	agua tratada	Potencia	kW	700	\$ 1.608.198
PE 4	agua tratada	Potencia	kW	1.000	\$ 2.266.668
PE 5	agua tratada	Potencia	kW	1.000	\$ 2.266.668
PE 6	agua tratada	Potencia	kW	1.000	\$ 2.266.668
PE 7	agua tratada	Potencia	kW	980	\$ 2.222.770
PE 8	agua tratada	Potencia	kW	990	\$ 2.244.719
PE 9	agua tratada	Potencia	kW	990	\$ 2.244.719
PE 10	agua tratada	Potencia	kW	980	\$ 2.222.770
PE 11	agua tratada	Potencia	kW	1.000	\$ 2.266.668
<b>Total</b>					<b>\$ 25.801.201</b>

**Tabla C.33. Costos de Inversión en Plantas de Tratamiento. Desalación Directa Sur 150 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

<b>Partida</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo [US\$]</b>
PTOI	Caudal	l/s	150	\$ 17.816.900
<b>Total</b>				<b>\$ 17.816.900</b>

**Tabla C.34. Costos de Inversión en Estanques. Desalación Directa Sur 150 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

<b>Partida</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo [US\$]</b>
Estanque en PE 1	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 2	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 2	Volumen	m <sup>3</sup>	2.000	\$ 851.324
Estanque en PE 3	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 3	Volumen	m <sup>3</sup>	2.000	\$ 851.324
Estanque en PE 3	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 4	Volumen	m <sup>3</sup>	2.000	\$ 851.324
Estanque en PE 5	Volumen	m <sup>3</sup>	2.000	\$ 851.324
Estanque en PE 6	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 7	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 8	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 9	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 10	Volumen	m <sup>3</sup>	2.000	\$ 851.324
Estanque en PE 11	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en Mina	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en Mina	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
<b>Total</b>				<b>\$ 15.446.759</b>

**Tabla C.35. Costos de Inversión en Estudios e Imprevistos. Desalación Directa Sur 150 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

<b>Partida</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo [US\$]</b>
Costos de estudios y otros	5%	\$ 6.806.950
Imprevistos	20%	\$ 27.227.801
<b>Total</b>		<b>\$ 34.034.751</b>

ii. Suministro de 750 [l/s]

Los costos de inversión referentes al suministro de 750 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Sur, mediante la alternativa de Desalación Directa, son presentados en las tablas C.36, C.37, C.38, C.39 y C.40, donde se especifican los costos asociados a la inversión en conducciones, plantas elevadoras, plantas de tratamiento, estanques, y estudios e imprevistos respectivamente.

**Tabla C.36. Costos de Inversión en Conducciones. Desalación Directa Sur 750 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

Partida	Mat	Diám [mm]	Presión	Característica	Parámetro	Un	Dimensión	Costo [US\$]
Conducción a PTOI	HDPE	1.000	baja	emisario	Longitud	m	752	\$ 5.026.563
Conducción a PTOI	HDPE	1.000	baja	no urbana	Longitud	m	1.372	\$ 1.427.357
Conducción a PTOI	HDPE	1.000	baja	alta pendiente	Longitud	m	1	\$ 2.060
Descarga Salmuera	HDPE	500	baja	emisario	Longitud	m	720	\$ 2.233.386
Descarga Salmuera	HDPE	500	baja	no urbana	Longitud	m	1.532	\$ 759.262
Conducción a Mina	acero	800	baja	no urbana	Longitud	m	176.854	\$ 178.068.916
Conducción a Mina	acero	800	alta	no urbana	Longitud	m	7.766	\$ 10.634.566
Conducción a Mina	acero	800	baja	alta pendiente	Longitud	m	283	\$ 427.522
<b>Total</b>								<b>\$ 198.579.632</b>

**Tabla C.37. Costos de Inversión en Plantas Elevadoras. Desalación Directa Sur 750 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

Partida	Tipo	Parámetro	Unidad	Dimensión	Costo [US\$]
PE 0	agua de mar	Potencia	kW	1.680	\$ 7.518.400
PE 1	agua tratada	Potencia	kW	4.990	\$ 11.024.319
PE 2	agua tratada	Potencia	kW	4.840	\$ 10.695.084
PE 3	agua tratada	Potencia	kW	4.980	\$ 11.002.370
PE 4	agua tratada	Potencia	kW	4.980	\$ 11.002.370
PE 5	agua tratada	Potencia	kW	4.980	\$ 11.002.370
PE 6	agua tratada	Potencia	kW	4.940	\$ 10.914.574
PE 7	agua tratada	Potencia	kW	4.990	\$ 11.024.319
PE 8	agua tratada	Potencia	kW	4.920	\$ 10.870.676
PE 9	agua tratada	Potencia	kW	4.980	\$ 11.002.370
PE 10	agua tratada	Potencia	kW	2.800	\$ 6.217.488
PE 11	agua tratada	Potencia	kW	3.360	\$ 7.446.632
<b>Total</b>					<b>\$ 119.720.972</b>

**Tabla C.38. Costos de Inversión en Plantas de Tratamiento. Desalación Directa Sur 750 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

Partida	Parámetro	Unidad	Dimensión	Costo [US\$]
PTOI	Caudal	l/s	750	\$ 81.084.500
<b>Total</b>				<b>\$ 81.084.500</b>

**Tabla C.39. Costos de Inversión en Estanques. Desalación Directa Sur 750 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

<b>Partida</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo [US\$]</b>
Estanque en PE 1	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 2	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 2	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 2	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 3	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 3	Volumen	m <sup>3</sup>	2.000	\$ 851.324
Estanque en PE 3	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 3	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 3	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 3	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 3	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 3	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 4	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 4	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 5	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 6	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 7	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 8	Volumen	m <sup>3</sup>	2.000	\$ 851.324
Estanque en PE 9	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 9	Volumen	m <sup>3</sup>	2.000	\$ 851.324
Estanque en PE 10	Volumen	m <sup>3</sup>	2.000	\$ 851.324
Estanque en PE 10	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 10	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 11	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 11	Volumen	m <sup>3</sup>	2.000	\$ 851.324
Estanque en PE 11	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 11	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en Mina	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en Mina	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
<b>Total</b>				<b>\$ 43.674.376</b>

**Tabla C.40. Costos de Inversión en Estudios e Imprevistos. Desalación Directa Sur 750 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

<b>Partida</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo [US\$]</b>
Costos de estudios y otros	5%	\$ 22.152.974
Imprevistos	20%	\$ 88.611.896
<b>Total</b>		<b>\$ 110.764.870</b>

### C.2.2. Proyecto SWAP

#### i. Suministro de 150 [l/s]

Los costos de inversión referentes al suministro de 150 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Sur, mediante la alternativa del Proyecto SWAP, son presentados en las tablas C.41, C.42, C.43, C.44 y C.45, donde se especifican los costos asociados a la inversión en conducciones, plantas elevadoras, plantas de tratamiento, estanques, y estudios e imprevistos respectivamente.

**Tabla C.41. Costos de Inversión en Conducciones. Proyecto SWAP Sur 150 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

Partida	Mat	Diám [mm]	Presión	Característica	Parámetro	Un	Dimensión	Costo [US\$]
Conducción a PTOI	HDPE	500	baja	emisario	Longitud	m	751	\$ 2.327.471
Conducción a PTOI	HDPE	500	baja	no urbana	Longitud	m	503	\$ 249.414
Conducción a PTOI	HDPE	500	baja	alta pendiente	Longitud	m	1	\$ 773
Descarga Salmuera	HDPE	300	baja	emisario	Longitud	m	720	\$ 1.200.907
Descarga Salmuera	HDPE	300	baja	no urbana	Longitud	m	1.012	\$ 281.077
Conducción a Estanque PG	acero	400	baja	no urbana	Longitud	m	2.299	\$ 881.755
Conducción a Estanque Sur	acero	600	baja	no urbana	Longitud	m	1.340	\$ 931.555
Conducción a Mina	acero	300	baja	no urbana	Longitud	m	134.211	\$ 30.555.891
Conducción a Mina	acero	300	baja	alta pendiente	Longitud	m	4.099	\$ 1.399.870
Conducción a Mina	acero	300	alta	no urbana	Longitud	m	3.575	\$ 1.107.052
Conducción a Mina	acero	300	alta	alta pendiente	Longitud	m	75	\$ 34.940
<b>Total</b>								<b>\$ 38.970.706</b>

**Tabla C.42. Costos de Inversión en Plantas Elevadoras. Proyecto SWAP Sur 150 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

Partida	Tipo	Parámetro	Unidad	Dimensión	Costo [US\$]
PE 0	agua de mar	Potencia	kW	270	\$ 1.328.782
PE A	agua tratada	Potencia	kW	710	\$ 1.630.147
PE 1	agua tratada	Potencia	kW	990	\$ 2.244.719
PE 2	agua tratada	Potencia	kW	740	\$ 1.695.994
PE 3	agua tratada	Potencia	kW	990	\$ 2.244.719
PE 4	agua tratada	Potencia	kW	1.000	\$ 2.266.668
PE 5	agua tratada	Potencia	kW	1.000	\$ 2.266.668
PE 6	agua tratada	Potencia	kW	990	\$ 2.244.719
PE 7	agua tratada	Potencia	kW	980	\$ 2.222.770
PE 8	agua tratada	Potencia	kW	990	\$ 2.244.719
PE 9	agua tratada	Potencia	kW	980	\$ 2.222.770
PE 10	agua tratada	Potencia	kW	980	\$ 2.222.770
PE 11	agua tratada	Potencia	kW	960	\$ 2.178.872
PE 12	agua tratada	Potencia	kW	1.000	\$ 2.266.668
<b>Total</b>					<b>\$ 29.280.985</b>

**Tabla C.43. Costos de Inversión en Plantas de Tratamiento. Proyecto SWAP Sur 150 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

<b>Partida</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo [US\$]</b>
PTOI	Caudal	l/s	150	\$ 17.816.900
<b>Total</b>				<b>\$ 17.816.900</b>

**Tabla C.44. Costos de Inversión en Estanques. Proyecto SWAP Sur 150 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

<b>Partida</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo [US\$]</b>
Estanque en PE A	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE A	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 1	Volumen	m <sup>3</sup>	2.000	\$ 851.324
Estanque en PE 2	Volumen	m <sup>3</sup>	2.000	\$ 851.324
Estanque en PE 3	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 4	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 5	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 6	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 7	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 8	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 9	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 10	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 11	Volumen	m <sup>3</sup>	2.000	\$ 851.324
Estanque en PE 12	Volumen	m <sup>3</sup>	2.000	\$ 851.324
Estanque en Mina	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en Mina	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
<b>Total</b>				<b>\$ 15.081.644</b>

**Tabla C.45. Costos de Inversión en Estudios e Imprevistos. Proyecto SWAP Sur 150 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

<b>Partida</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo [US\$]</b>
Costos de estudios y otros	5%	\$ 5.057.512
Imprevistos	20%	\$ 20.230.047
<b>Total</b>		<b>\$ 25.287.559</b>

ii. Suministro de 750 [l/s]

Los costos de inversión referentes al suministro de 750 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Sur, mediante la alternativa del Proyecto SWAP, son presentados en las tablas C.46, C.47, C.48, C.49 y C.50, donde se especifican los costos asociados a la inversión en conducciones, plantas elevadoras, plantas de tratamiento, estanques, y estudios e imprevistos respectivamente.

**Tabla C.46. Costos de Inversión en Conducciones. Proyecto SWAP Sur 750 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

Partida	Mat	Diám [mm]	Presión	Característica	Parámetro	Un	Dimensión	Costo [US\$]
Conducción a PTOI	HDPE	1.000	baja	emisario	Longitud	m	751	\$ 5.017.404
Conducción a PTOI	HDPE	1.000	baja	no urbana	Longitud	m	503	\$ 523.617
Conducción a PTOI	HDPE	1.000	baja	alta pendiente	Longitud	m	1	\$ 1.623
Descarga Salmuera	HDPE	500	baja	emisario	Longitud	m	720	\$ 2.233.386
Descarga Salmuera	HDPE	500	baja	no urbana	Longitud	m	1.012	\$ 501.704
Conducción a Estanque PG	acero	700	baja	no urbana	Longitud	m	2.299	\$ 1.956.663
Conducción a Estanque Sur	acero	700	baja	no urbana	Longitud	m	1.340	\$ 931.555
Conducción a Mina	acero	800	baja	no urbana	Longitud	m	126.125	\$ 126.991.187
Conducción a Mina	acero	800	baja	alta pendiente	Longitud	m	3.621	\$ 5.468.089
Conducción a Mina	acero	800	alta	no urbana	Longitud	m	11.662	\$ 15.969.294
Conducción a Mina	acero	800	alta	alta pendiente	Longitud	m	554	\$ 1.137.596
<b>Total</b>								<b>\$ 160.732.117</b>

**Tabla C.47. Costos de Inversión en Plantas Elevadoras. Proyecto SWAP Sur 750 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

Partida	Tipo	Parámetro	Unidad	Dimensión	Costo [US\$]
PE 0	agua de mar	Potencia	kW	1.290	\$ 5.806.378
PE A	agua tratada	Potencia	kW	3.550	\$ 7.863.663
PE 1	agua tratada	Potencia	kW	1.800	\$ 4.022.588
PE 2	agua tratada	Potencia	kW	3.770	\$ 8.346.541
PE 3	agua tratada	Potencia	kW	4.980	\$ 11.002.370
PE 4	agua tratada	Potencia	kW	4.950	\$ 10.936.523
PE 5	agua tratada	Potencia	kW	4.990	\$ 11.024.319
PE 6	agua tratada	Potencia	kW	4.950	\$ 10.936.523
PE 7	agua tratada	Potencia	kW	4.950	\$ 10.936.523
PE 8	agua tratada	Potencia	kW	4.910	\$ 10.848.727
PE 9	agua tratada	Potencia	kW	4.950	\$ 10.936.523
<b>Total</b>					<b>\$ 102.660.678</b>

**Tabla C.48. Costos de Inversión en Plantas de Tratamiento. Proyecto SWAP Sur 750 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

Partida	Parámetro	Unidad	Dimensión	Costo [US\$]
PTOI	Caudal	l/s	750	\$ 81.084.500
<b>Total</b>				<b>\$ 81.084.500</b>

**Tabla C.49. Costos de Inversión en Estanques. Proyecto SWAP Sur 750 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.**

<b>Partida</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo [US\$]</b>
Estanque en PE A	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE A	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 1	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 1	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 1	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 2	Volumen	m <sup>3</sup>	2.000	\$ 851.324
Estanque en PE 2	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 2	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 3	Volumen	m <sup>3</sup>	2.000	\$ 851.324
Estanque en PE 3	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 4	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 5	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 6	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 6	Volumen	m <sup>3</sup>	2.000	\$ 851.324
Estanque en PE 7	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 7	Volumen	m <sup>3</sup>	2.000	\$ 851.324
Estanque en PE 8	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 9	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 9	Volumen	m <sup>3</sup>	2.000	\$ 851.324
Estanque en PE 9	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 9	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 9	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 9	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en Mina	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en Mina	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
<b>Total</b>				<b>\$ 38.808.620</b>

**Tabla C.50. Costos de Inversión en Estudios e Imprevistos. Proyecto SWAP Sur 750 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.**

<b>Partida</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo [US\$]</b>
Costos de estudios y otros	5%	\$ 19.164.296
Imprevistos	20%	\$ 76.657.183
<b>Total</b>		<b>\$ 95.821.479</b>

### **C.2.3. Aguas Servidas Tratadas**

- i. Suministro de 150 [l/s]

Los costos de inversión referentes al suministro de 150 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Sur, mediante la alternativa de Aguas Servidas Tratadas, son presentados en las

tablas C.51, C.52, C.53, C.54 y C.55, donde se especifican los costos asociados a la inversión en conducciones, plantas elevadoras, plantas de tratamiento, estanques, y estudios e imprevistos respectivamente.

**Tabla C.51. Costos de Inversión en Conducciones. Aguas Servidas Tratadas Sur 150 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

Partida	Mat	Diám [mm]	Presión	Característica	Parámetro	Un	Dimensión	Costo [US\$]
Conducción a PTAS	acero	400	baja	no urbana	Longitud	m	10.998	\$ 4.217.655
Conducción a PTAS	acero	400	baja	urbana	Longitud	m	3.691	\$ 2.831.048
Conducción a Mina	acero	400	baja	no urbana	Longitud	m	176.960	\$ 67.865.930
Conducción a Mina	acero	400	baja	alta pendiente	Longitud	m	60	\$ 34.343
Conducción a Mina	acero	400	alta	no urbana	Longitud	m	10.638	\$ 5.548.672
<b>Total</b>								<b>\$ 80.497.648</b>

**Tabla C.52. Costos de Inversión en Plantas Elevadoras. Aguas Servidas Tratadas Sur 150 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

Partida	Tipo	Parámetro	Unidad	Dimensión	Costo [US\$]
PE 1	aguas servidas	Potencia	kW	950	\$ 2.723.487
PE 2	agua tratada	Potencia	kW	1.000	\$ 2.266.668
PE 3	agua tratada	Potencia	kW	1.000	\$ 2.266.668
PE 4	agua tratada	Potencia	kW	1.000	\$ 2.266.668
PE 5	agua tratada	Potencia	kW	1.000	\$ 2.266.668
PE 6	agua tratada	Potencia	kW	1.000	\$ 2.266.668
PE 7	agua tratada	Potencia	kW	1.000	\$ 2.266.668
PE 8	agua tratada	Potencia	kW	1.000	\$ 2.266.668
PE 9	agua tratada	Potencia	kW	1.000	\$ 2.266.668
PE 10	agua tratada	Potencia	kW	1.000	\$ 2.266.668
<b>Total</b>					<b>\$ 23.123.499</b>

**Tabla C.53. Costos de Inversión en Plantas de Tratamiento. Aguas Servidas Tratadas Sur 150 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

Partida	Parámetro	Unidad	Dimensión	Costo [US\$]
PTAS	Caudal	l/s	150	\$ 7.767.350
Monorelleno	Unidad	Un	1	\$ 6.000.000
<b>Total</b>				<b>\$ 13.767.350</b>

**Tabla C.54. Costos de Inversión en Estanques. Aguas Servidas Tratadas Sur 150 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.**

<b>Partida</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo [US\$]</b>
Estanque en PE 1	Volumen	m <sup>3</sup>	2.000	\$ 851.324
Estanque en PE 2	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 2	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 2	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 3	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 3	Volumen	m <sup>3</sup>	2.000	\$ 851.324
Estanque en PE 4	Volumen	m <sup>3</sup>	2.000	\$ 851.324
Estanque en PE 5	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 6	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 7	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 8	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 9	Volumen	m <sup>3</sup>	2.000	\$ 851.324
Estanque en PE 10	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en Mina	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en Mina	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
<b>Total</b>				<b>\$ 16.055.895</b>

**Tabla C.55. Costos de Inversión en Estudios e Imprevistos. Aguas Servidas Tratadas Sur 150 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.**

<b>Partida</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo [US\$]</b>
Costos de estudios y otros	5%	\$ 6.672.220
Imprevistos	20%	\$ 26.688.878
<b>Total</b>		<b>\$ 33.361.098</b>

ii. Suministro de 750 [l/s]

Los costos de inversión referentes al suministro de 750 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Sur, mediante la alternativa de Aguas Servidas Tratadas, son presentados en las tablas C.56, C.57, C.58, C.59 y C.60, donde se especifican los costos asociados a la inversión en conducciones, plantas elevadoras, plantas de tratamiento, estanques, y estudios e imprevistos respectivamente.

**Tabla C.56. Costos de Inversión en Conducciones. Aguas Servidas Tratadas Sur 750 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

Partida	Mat	Diám [mm]	Presión	Característica	Parámetro	Un	Dimensión	Costo [US\$]
Conducción Iquique	acero	600	baja	no urbana	Longitud	m	1.761	\$ 1.224.132
Conducción Iquique	acero	600	baja	urbana	Longitud	m	4.468	\$ 6.212.844
Conducción Iquique	acero	600	baja	alta pendiente	Longitud	m	226	\$ 235.388
Conducción a PTAS	acero	800	baja	no urbana	Longitud	m	10.998	\$ 11.073.063
Conducción a PTAS	acero	800	baja	urbana	Longitud	m	3.691	\$ 7.432.654
Conducción a Mina	acero	800	baja	no urbana	Longitud	m	187.598	\$ 188.887.131
Conducción a Mina	acero	800	baja	alta pendiente	Longitud	m	60	\$ 90.165
<b>Total</b>								<b>\$ 215.155.376</b>

**Tabla C.57. Costos de Inversión en Plantas Elevadoras. Aguas Servidas Tratadas Sur 750 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

Partida	Tipo	Parámetro	Unidad	Dimensión	Costo [US\$]
PE 1	aguas servidas	Potencia	kW	780	\$ 2.261.002
PE 2	aguas servidas	Potencia	kW	3.760	\$ 10.368.092
PE 3	aguas servidas	Potencia	kW	4.580	\$ 12.598.902
PE 4	agua tratada	Potencia	kW	4.990	\$ 11.024.319
PE 5	agua tratada	Potencia	kW	4.970	\$ 10.980.421
PE 6	agua tratada	Potencia	kW	4.960	\$ 10.958.472
PE 7	agua tratada	Potencia	kW	4.920	\$ 10.870.676
PE 8	agua tratada	Potencia	kW	4.950	\$ 10.936.523
PE 9	agua tratada	Potencia	kW	4.930	\$ 10.892.625
PE 10	agua tratada	Potencia	kW	4.880	\$ 10.782.880
PE 11	agua tratada	Potencia	kW	4.190	\$ 9.268.399
PE 12	agua tratada	Potencia	kW	3.950	\$ 8.741.623
<b>Total</b>					<b>\$ 119.683.934</b>

**Tabla C.58. Costos de Inversión en Plantas de Tratamiento. Aguas Servidas Tratadas Sur 750 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

Partida	Parámetro	Unidad	Dimensión	Costo [US\$]
PTAS	Caudal	l/s	750	\$ 30.836.750
Monorelleno	Unidad	Un	1	\$ 6.000.000
<b>Total</b>				<b>\$ 36.836.750</b>

**Tabla C.59. Costos de Inversión en Estanques. Aguas Servidas Tratadas Sur 750 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.**

<b>Partida</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo [US\$]</b>
Estanque en PE 1	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 2	Volumen	m <sup>3</sup>	2.000	\$ 851.324
Estanque en PE 3	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 3	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 4	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 4	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 4	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 4	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 4	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 4	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 4	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 4	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 4	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 4	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 4	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 5	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 5	Volumen	m <sup>3</sup>	2.000	\$ 851.324
Estanque en PE 5	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 6	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 6	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 7	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 8	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 9	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 9	Volumen	m <sup>3</sup>	2.000	\$ 851.324
Estanque en PE 10	Volumen	m <sup>3</sup>	2.000	\$ 851.324
Estanque en PE 11	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 11	Volumen	m <sup>3</sup>	2.000	\$ 851.324
Estanque en PE 11	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 11	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 12	Volumen	m <sup>3</sup>	1.000	\$ 486.209
Estanque en PE 12	Volumen	m <sup>3</sup>	2.000	\$ 851.324
Estanque en PE 12	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en PE 12	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en Mina	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
Estanque en Mina	Volumen	m <sup>3</sup>	5.000	\$ 1.946.669
<b>Total</b>				<b>\$ 49.391.456</b>

**Tabla C.60. Costos de Inversión en Estudios e Imprevistos. Aguas Servidas Tratadas Sur 750 [l/s].**  
**Fuente: Elaboración Propia.**

<b>Partida</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo [US\$]</b>
Costos de estudios y otros	5%	\$ 21.053.376
Imprevistos	20%	\$ 84.213.503
<b>Total</b>		<b>\$ 105.266.879</b>

## D. Detalle de Costos de Operación

### D.1. Abastecimiento Mina Norte

#### D.1.1. Desalación Directa

i. Suministro de 150 [l/s]

Los costos de operación referentes al suministro de 150 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Norte, mediante la alternativa de Desalación Directa, son presentados en las tablas D.1 y D.2, donde se especifican los costos asociados a la operación de plantas elevadoras y de plantas de tratamiento respectivamente.

**Tabla D.1. Costos de Operación de Plantas Elevadoras. Desalación Directa Norte 150 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

Partida	Potencia de Operación [kW]	Parámetro	Unidad	Dimensión	Costo anual [US\$]
PE 0	307,01	Energía	kWh/año	2.420.467	\$ 314.661
PE 1	664,96	Energía	kWh/año	5.242.545	\$ 681.531
PE 2	998,54	Energía	kWh/año	7.872.489	\$ 1.023.424
PE 3	956,69	Energía	kWh/año	7.542.544	\$ 980.531
PE 4	997,51	Energía	kWh/año	7.864.369	\$ 1.022.368
PE 5	994,14	Energía	kWh/año	7.837.800	\$ 1.018.914
PE 6	986,21	Energía	kWh/año	7.775.280	\$ 1.010.786
PE 7	998,14	Energía	kWh/año	7.869.336	\$ 1.023.014
<b>Total</b>					<b>\$ 7.075.228</b>

**Tabla D.2. Costos de Operación de Plantas de Tratamiento. Desalación Directa Norte 150 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

Partida	Parámetro	Unidad	Dimensión	Costo anual [US\$]
PTOI	Energía	kWh/año	17.029.440	\$ 2.213.827
PTOI	Operación	m <sup>3</sup> /año	4.257.360	\$ 1.362.355
<b>Total</b>				<b>\$ 3.576.182</b>

ii. Suministro de 750 [l/s]

Los costos de operación referentes al suministro de 750 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Norte, mediante la alternativa de Desalación Directa, son presentados en las tablas D.3 y D.4, donde se especifican los costos asociados a la operación de plantas elevadoras y de plantas de tratamiento respectivamente.

**Tabla D.3. Costos de Operación de Plantas Elevadoras. Desalación Directa Norte 750 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

<b>Partida</b>	<b>Potencia de Operación [kW]</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo anual [US\$]</b>
PE 0	1.497,41	Energía	kWh/año	11.805.580	\$ 1.534.725
PE 1	4.880,00	Energía	kWh/año	38.473.920	\$ 5.001.610
PE 2	4.898,59	Energía	kWh/año	38.620.484	\$ 5.020.663
PE 3	4.999,17	Energía	kWh/año	39.413.456	\$ 5.123.749
PE 4	4.982,25	Energía	kWh/año	39.280.059	\$ 5.106.408
PE 5	4.961,96	Energía	kWh/año	39.120.093	\$ 5.085.612
PE 6	4.942,42	Energía	kWh/año	38.966.039	\$ 5.065.585
PE 7	4.967,69	Energía	kWh/año	39.165.268	\$ 5.091.485
<b>Total</b>					<b>\$ 37.029.837</b>

**Tabla D.4. Costos de Operación de Plantas de Tratamiento. Desalación Directa Norte 750 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

<b>Partida</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo anual [US\$]</b>
PTOI	Energía	kWh/año	85.147.200	\$ 11.069.136
PTOI	Operación	m <sup>3</sup> /año	21.286.800	\$ 6.811.776
<b>Total</b>				<b>\$ 17.880.912</b>

### **D.1.2. Proyecto SWAP**

- i. Suministro de 150 [l/s]

Los costos de operación referentes al suministro de 150 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Norte, mediante la alternativa del Proyecto SWAP, son presentados en las tablas D.5 y D.6, donde se especifican los costos asociados a la operación de plantas elevadoras y de plantas de tratamiento respectivamente.

**Tabla D.5. Costos de Operación de Plantas Elevadoras. Proyecto SWAP Norte 150 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

<b>Partida</b>	<b>Potencia de Operación [kW]</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo anual [US\$]</b>
PE 0	265,57	Energía	kWh/año	2.093.754	\$ 272.188
PE A	704,45	Energía	kWh/año	5.553.884	\$ 722.005
PE 1	525,38	Energía	kWh/año	4.142.096	\$ 538.472
PE 2	995,60	Energía	kWh/año	7.849.310	\$ 1.020.410
PE 3	999,85	Energía	kWh/año	7.882.817	\$ 1.024.766
PE 4	989,18	Energía	kWh/año	7.798.695	\$ 1.013.830
PE 5	995,75	Energía	kWh/año	7.850.493	\$ 1.020.564
PE 6	998,94	Energía	kWh/año	7.875.643	\$ 1.023.834
<b>Total</b>					<b>\$ 6.636.070</b>

**Tabla D.6. Costos de Operación de Plantas de Tratamiento. Proyecto SWAP Norte 150 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.**

<b>Partida</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo anual [US\$]</b>
PTOI	Energía	kWh/año	17.029.440	\$ 2.213.827
PTOI	Operación	m <sup>3</sup> /año	4.257.360	\$ 1.362.355
<b>Total</b>				<b>\$ 3.576.182</b>

ii. Suministro de 750 [l/s]

Los costos de operación referentes al suministro de 750 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Norte, mediante la alternativa del Proyecto SWAP, son presentados en las tablas D.7 y D.8, donde se especifican los costos asociados a la operación de plantas elevadoras y de plantas de tratamiento respectivamente.

**Tabla D.7. Costos de Operación de Plantas Elevadoras. Proyecto SWAP Norte 750 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.**

<b>Partida</b>	<b>Potencia de Operación [kW]</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo anual [US\$]</b>
PE 0	1.287,09	Energía	kWh/año	10.147.418	\$ 1.319.164
PE A	3.546,38	Energía	kWh/año	27.959.660	\$ 3.634.756
PE 1	1.488,73	Energía	kWh/año	11.737.147	\$ 1.525.829
PE 2	4.994,42	Energía	kWh/año	39.376.007	\$ 5.118.881
PE 3	4.960,24	Energía	kWh/año	39.106.532	\$ 5.083.849
PE 4	4.988,66	Energía	kWh/año	39.330.595	\$ 5.112.977
PE 5	4.988,23	Energía	kWh/año	39.327.205	\$ 5.112.537
<b>Total</b>					<b>\$ 26.907.993</b>

**Tabla D.8. Costos de Operación de Plantas de Tratamiento. Proyecto SWAP Norte 750 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.**

<b>Partida</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo anual [US\$]</b>
PTOI	Energía	kWh/año	85.147.200	\$ 11.069.136
PTOI	Operación	m <sup>3</sup> /año	21.286.800	\$ 6.811.776
<b>Total</b>				<b>\$ 17.880.912</b>

**D.1.3. Aguas Servidas Tratadas**

i. Suministro de 150 [l/s]

Los costos de operación referentes al suministro de 150 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Norte, mediante la alternativa de Aguas Servidas Tratadas, son presentados en las tablas D.9 y D.10, donde se especifican los costos asociados a la operación de plantas elevadoras y de plantas de tratamiento respectivamente.

**Tabla D.9. Costos de Operación de Plantas Elevadoras. Aguas Servidas Tratadas Norte 150 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

<b>Partida</b>	<b>Potencia de Operación [kW]</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo anual [US\$]</b>
PE 1	717,81	Energía	kWh/año	5.659.214	\$ 735.698
PE 2	587,86	Energía	kWh/año	4.634.688	\$ 602.509
PE 3	998,45	Energía	kWh/año	7.871.780	\$ 1.023.331
PE 4	886,30	Energía	kWh/año	6.987.589	\$ 908.387
PE 5	996,22	Energía	kWh/año	7.854.198	\$ 1.021.046
PE 6	999,62	Energía	kWh/año	7.881.004	\$ 1.024.531
PE 7	982,60	Energía	kWh/año	7.746.818	\$ 1.007.086
PE 8	993,55	Energía	kWh/año	7.833.148	\$ 1.018.309
PE 9	999,10	Energía	kWh/año	7.876.904	\$ 1.023.998
<b>Total</b>					<b>\$ 8.364.895</b>

**Tabla D.10. Costos de Operación de Plantas de Tratamiento. Aguas Servidas Tratadas Norte 150 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

<b>Partida</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo anual [US\$]</b>
PTAS	Energía	kWh/año	1.702.944	\$ 221.383
PTAS	Operación	m <sup>3</sup> /año	4.257.360	\$ 1.192.061
<b>Total</b>				<b>\$ 1.413.444</b>

ii. Suministro de 750 [l/s]

Los costos de operación referentes al suministro de 750 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Norte, mediante la alternativa de Aguas Servidas Tratadas, son presentados en las tablas D.11 y D.12, donde se especifican los costos asociados a la operación de plantas elevadoras y de plantas de tratamiento respectivamente.

**Tabla D.11. Costos de Operación de Plantas Elevadoras. Aguas Servidas Tratadas Norte 750 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

<b>Partida</b>	<b>Potencia de Operación [kW]</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo anual [US\$]</b>
PE 1	772,28	Energía	kWh/año	6.088.656	\$ 791.525
PE 2	3.751,12	Energía	kWh/año	29.573.830	\$ 3.844.598
PE 3	2.725,23	Energía	kWh/año	21.485.713	\$ 2.793.143
PE 4	2.695,25	Energía	kWh/año	21.249.351	\$ 2.762.416
PE 5	4.235,43	Energía	kWh/año	33.392.130	\$ 4.340.977
PE 6	4.998,93	Energía	kWh/año	39.411.564	\$ 5.123.503
PE 7	4.993,29	Energía	kWh/año	39.367.098	\$ 5.117.723
PE 8	4.962,73	Energía	kWh/año	39.126.163	\$ 5.086.401
PE 9	4.999,52	Energía	kWh/año	39.416.216	\$ 5.124.108
<b>Total</b>					<b>\$ 34.984.394</b>

Tabla D.12. Costos de Operación de Plantas de Tratamiento. Aguas Servidas Tratadas Norte 750 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.

Partida	Parámetro	Unidad	Dimensión	Costo anual [US\$]
PTAS	Energía	kWh/año	8.514.720	\$ 1.106.914
PTAS	Operación	m <sup>3</sup> /año	21.286.800	\$ 5.960.304
<b>Total</b>				<b>\$ 7.067.218</b>

## D.2. Abastecimiento Mina Sur

### D.2.1. Desalación Directa

- i. Suministro de 150 [l/s]

Los costos de operación referentes al suministro de 150 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Sur, mediante la alternativa de Desalación Directa, son presentados en las tablas D.13 y D.14, donde se especifican los costos asociados a la operación de plantas elevadoras y de plantas de tratamiento respectivamente.

Tabla D.13. Costos de Operación de Plantas Elevadoras. Desalación Directa Sur 150 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.

Partida	Potencia de Operación [kW]	Parámetro	Unidad	Dimensión	Costo anual [US\$]
PE 0	348,24	Energía	kWh/año	2.745.524	\$ 356.918
PE 1	996,46	Energía	kWh/año	7.856.091	\$ 1.021.292
PE 2	984,54	Energía	kWh/año	7.762.113	\$ 1.009.075
PE 3	693,12	Energía	kWh/año	5.464.558	\$ 710.393
PE 4	999,29	Energía	kWh/año	7.878.402	\$ 1.024.192
PE 5	998,88	Energía	kWh/año	7.875.170	\$ 1.023.772
PE 6	997,30	Energía	kWh/año	7.862.713	\$ 1.022.153
PE 7	980,00	Energía	kWh/año	7.726.320	\$ 1.004.422
PE 8	981,11	Energía	kWh/año	7.735.071	\$ 1.005.559
PE 9	988,09	Energía	kWh/año	7.790.102	\$ 1.012.713
PE 10	973,46	Energía	kWh/año	7.674.759	\$ 997.719
PE 11	998,01	Energía	kWh/año	7.868.311	\$ 1.022.880
<b>Total</b>					<b>\$ 11.211.087</b>

Tabla D.14. Costos de Operación de Plantas de Tratamiento. Desalación Directa Sur 150 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.

Partida	Parámetro	Unidad	Dimensión	Costo anual [US\$]
PTOI	Energía	kWh/año	17.029.440	\$ 2.213.827
PTOI	Operación	m <sup>3</sup> /año	4.257.360	\$ 1.362.355
<b>Total</b>				<b>\$ 3.576.182</b>

ii. Suministro de 750 [l/s]

Los costos de operación referentes al suministro de 750 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Sur, mediante la alternativa de Desalación Directa, son presentados en las tablas D.15 y D.16, donde se especifican los costos asociados a la operación de plantas elevadoras y de plantas de tratamiento respectivamente.

**Tabla D.15. Costos de Operación de Plantas Elevadoras. Desalación Directa Sur 750 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

<b>Partida</b>	<b>Potencia de Operación [kW]</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo anual [US\$]</b>
PE 0	1.672,94	Energía	kWh/año	13.189.459	\$ 1.714.630
PE 1	4.990,60	Energía	kWh/año	39.345.890	\$ 5.114.966
PE 2	4.836,58	Energía	kWh/año	38.131.597	\$ 4.957.108
PE 3	4.980,39	Energía	kWh/año	39.265.395	\$ 5.104.501
PE 4	4.976,67	Energía	kWh/año	39.236.066	\$ 5.100.689
PE 5	4.977,92	Energía	kWh/año	39.245.921	\$ 5.101.970
PE 6	4.937,02	Energía	kWh/año	38.923.466	\$ 5.060.051
PE 7	4.983,22	Energía	kWh/año	39.287.706	\$ 5.107.402
PE 8	4.916,25	Energía	kWh/año	38.759.715	\$ 5.038.763
PE 9	4.979,09	Energía	kWh/año	39.255.146	\$ 5.103.169
PE 10	2.795,46	Energía	kWh/año	22.039.407	\$ 2.865.123
PE 11	3.359,19	Energía	kWh/año	26.483.854	\$ 3.442.901
<b>Total</b>					<b>\$ 53.711.271</b>

**Tabla D.16. Costos de Operación de Plantas de Tratamiento. Desalación Directa Sur 750 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

<b>Partida</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo anual [US\$]</b>
PTOI	Energía	kWh/año	85.147.200	\$ 11.069.136
PTOI	Operación	m <sup>3</sup> /año	21.286.800	\$ 6.811.776
<b>Total</b>				<b>\$ 17.880.912</b>

### **D.2.2. Proyecto SWAP**

i. Suministro de 150 [l/s]

Los costos de operación referentes al suministro de 150 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Sur, mediante la alternativa del Proyecto SWAP, son presentados en las tablas D.17 y D.18, donde se especifican los costos asociados a la operación de plantas elevadoras y de plantas de tratamiento respectivamente.

**Tabla D.17. Costos de Operación de Plantas Elevadoras. Proyecto SWAP Sur 150 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

<b>Partida</b>	<b>Potencia de Operación [kW]</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo anual [US\$]</b>
PE 0	265,57	Energía	kWh/año	2.093.754	\$ 272.188
PE A	704,45	Energía	kWh/año	5.553.884	\$ 722.005
PE 1	989,27	Energía	kWh/año	7.799.405	\$ 1.013.923
PE 2	735,46	Energía	kWh/año	5.798.367	\$ 753.788
PE 3	988,03	Energía	kWh/año	7.789.629	\$ 1.012.652
PE 4	995,45	Energía	kWh/año	7.848.128	\$ 1.020.257
PE 5	994,24	Energía	kWh/año	7.838.588	\$ 1.019.016
PE 6	982,73	Energía	kWh/año	7.747.843	\$ 1.007.220
PE 7	973,07	Energía	kWh/año	7.671.684	\$ 997.319
PE 8	990,78	Energía	kWh/año	7.811.310	\$ 1.015.470
PE 9	972,13	Energía	kWh/año	7.664.273	\$ 996.355
PE 10	979,65	Energía	kWh/año	7.723.561	\$ 1.004.063
PE 11	956,54	Energía	kWh/año	7.541.361	\$ 980.377
PE 12	998,51	Energía	kWh/año	7.872.253	\$ 1.023.393
<b>Total</b>					<b>\$ 12.838.025</b>

**Tabla D.18. Costos de Operación de Plantas de Tratamiento. Proyecto SWAP Sur 150 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

<b>Partida</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo anual [US\$]</b>
PTOI	Energía	kWh/año	17.029.440	\$ 2.213.827
PTOI	Operación	m <sup>3</sup> /año	4.257.360	\$ 1.362.355
<b>Total</b>				<b>\$ 3.576.182</b>

ii. Suministro de 750 [l/s]

Los costos de operación referentes al suministro de 750 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Sur, mediante la alternativa del Proyecto SWAP, son presentados en las tablas D.19 y D.20, donde se especifican los costos asociados a la operación de plantas elevadoras y de plantas de tratamiento respectivamente.

**Tabla D.19. Costos de Operación de Plantas Elevadoras. Proyecto SWAP Sur 750 [l/s].**  
**Fuente: Elaboración Propia.**

<b>Partida</b>	<b>Potencia de Operación [kW]</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo anual [US\$]</b>
PE 0	1.287,09	Energía	kWh/año	10.147.418	\$ 1.319.164
PE A	3.546,38	Energía	kWh/año	27.959.660	\$ 3.634.756
PE 1	1.799,03	Energía	kWh/año	14.183.553	\$ 1.843.862
PE 2	3.769,86	Energía	kWh/año	29.721.576	\$ 3.863.805
PE 3	4.973,83	Energía	kWh/año	39.213.676	\$ 5.097.778
PE 4	4.943,16	Energía	kWh/año	38.971.873	\$ 5.066.344
PE 5	4.989,43	Energía	kWh/año	39.336.666	\$ 5.113.767
PE 6	4.942,01	Energía	kWh/año	38.962.807	\$ 5.065.165
PE 7	4.848,52	Energía	kWh/año	38.225.732	\$ 4.969.345
PE 8	4.901,09	Energía	kWh/año	38.640.194	\$ 5.023.225
PE 9	4.948,91	Energía	kWh/año	39.017.206	\$ 5.072.237
<b>Total</b>					<b>\$ 46.069.447</b>

**Tabla D.20. Costos de Operación de Plantas de Tratamiento. Proyecto SWAP Sur 750 [l/s].**  
**Fuente: Elaboración Propia.**

<b>Partida</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo anual [US\$]</b>
PTOI	Energía	kWh/año	85.147.200	\$ 11.069.136
PTOI	Operación	m <sup>3</sup> /año	21.286.800	\$ 6.811.776
<b>Total</b>				<b>\$ 17.880.912</b>

### ***D.2.3. Aguas Servidas Tratadas***

#### **i. Suministro de 150 [l/s]**

Los costos de operación referentes al suministro de 150 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Sur, mediante la alternativa de Aguas Servidas Tratadas, son presentados en las tablas D.21 y D.22, donde se especifican los costos asociados a la operación de plantas elevadoras y de plantas de tratamiento respectivamente.

**Tabla D.21. Costos de Operación de Plantas Elevadoras. Aguas Servidas Tratadas Sur 150 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.**

<b>Partida</b>	<b>Potencia de Operación [kW]</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo anual [US\$]</b>
PE 1	944,15	Energía	kWh/año	7.443.679	\$ 967.678
PE 2	999,87	Energía	kWh/año	7.882.975	\$ 1.024.787
PE 3	999,99	Energía	kWh/año	7.883.921	\$ 1.024.910
PE 4	999,51	Energía	kWh/año	7.880.137	\$ 1.024.418
PE 5	999,81	Energía	kWh/año	7.882.502	\$ 1.024.725
PE 6	999,47	Energía	kWh/año	7.879.821	\$ 1.024.377
PE 7	999,25	Energía	kWh/año	7.878.087	\$ 1.024.151
PE 8	997,62	Energía	kWh/año	7.865.236	\$ 1.022.481
PE 9	999,31	Energía	kWh/año	7.878.560	\$ 1.024.213
PE 10	998,57	Energía	kWh/año	7.872.726	\$ 1.023.454
<b>Total</b>					<b>\$ 10.185.194</b>

**Tabla D.22. Costos de Operación de Plantas de Tratamiento. Aguas Servidas Tratadas Sur 150 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.**

<b>Partida</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo anual [US\$]</b>
PTAS	Energía	kWh/año	1.702.944	\$ 221.383
PTAS	Operación	m <sup>3</sup> /año	4.257.360	\$ 1.192.061
<b>Total</b>				<b>\$ 1.413.444</b>

ii. Suministro de 750 [l/s]

Los costos de operación referentes al suministro de 750 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Sur, mediante la alternativa de Aguas Servidas Tratadas, son presentados en las tablas D.23 y D.24, donde se especifican los costos asociados a la operación de plantas elevadoras y de plantas de tratamiento respectivamente.

**Tabla D.23. Costos de Operación de Plantas Elevadoras. Aguas Servidas Tratadas Sur 750 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.**

<b>Partida</b>	<b>Potencia de Operación [kW]</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo anual [US\$]</b>
PE 1	772,28	Energía	kWh/año	6.088.656	\$ 791.525
PE 2	3.751,12	Energía	kWh/año	29.573.830	\$ 3.844.598
PE 3	4.574,46	Energía	kWh/año	36.065.043	\$ 4.688.456
PE 4	4.989,95	Energía	kWh/año	39.340.766	\$ 5.114.300
PE 5	4.968,80	Energía	kWh/año	39.174.019	\$ 5.092.622
PE 6	4.952,90	Energía	kWh/año	39.048.664	\$ 5.076.326
PE 7	4.918,14	Energía	kWh/año	38.774.616	\$ 5.040.700
PE 8	4.947,15	Energía	kWh/año	39.003.331	\$ 5.070.433
PE 9	4.925,41	Energía	kWh/año	38.831.932	\$ 5.048.151
PE 10	4.872,65	Energía	kWh/año	38.415.973	\$ 4.994.076
PE 11	4.189,77	Energía	kWh/año	33.032.147	\$ 4.294.179
PE 12	3.948,75	Energía	kWh/año	31.131.945	\$ 4.047.153
<b>Total</b>					<b>\$ 53.102.520</b>

**Tabla D.24. Costos de Operación de Plantas de Tratamiento. Aguas Servidas Tratadas Sur 750 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.**

<b>Partida</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo anual [US\$]</b>
PTAS	Energía	kWh/año	8.514.720	\$ 1.106.914
PTAS	Operación	m <sup>3</sup> /año	21.286.800	\$ 5.960.304
<b>Total</b>				<b>\$ 7.067.218</b>

## E. Cálculo de Valor Actual de Costos

### E.1. Abastecimiento Mina Norte

#### E.1.1. Desalación Directa

##### i. Suministro de 150 [l/s]

Los valores actuales de costos correspondientes al suministro de 150 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Norte, mediante la alternativa de Desalación Directa, son presentados en la tabla E.1.

**Tabla E.1. Valor Actual de Costos. Desalación Directa Norte 150 [l/s].  
Fuente: Elaboración Propia.**

<b>Evaluación</b>												
Abastecimiento mina desde planta desaladora												
Valores en US\$												
Valor Actual de Costos		150 l/s										
Caudal producido												
Costo por Obra		CAPEX US\$	CAPEX PTOI US\$	CAPEX PEAP US\$	CAPEX Otros US\$	Total CAPEX US\$	OPEX Op. y energía US\$	OPEX Mantenimiento US\$	Total OPEX US\$	Total Costo US\$	Producción AP [m³/año]	
Tuberías		\$ 48.898.705				\$ 48.898.705						
PTOI		\$ 17.816.900	\$ 17.816.900	\$ 16.536.988	\$ 84.157.170	\$ 118.511.058						
PEAP		\$ 16.536.988				\$ 16.536.988						
Estudios		\$ 11.555.254				\$ 11.555.254						
Estudios e imprevisos		\$ 23.702.212				\$ 23.702.212						
<b>TOTAL</b>		\$ 118.511.058	\$ 118.511.058	\$ 10.651.410	\$ 10.651.410	\$ 119.162.468	\$ 10.651.410	\$ 10.651.410	\$ 21.302.820	\$ 140.465.288	4.257.360	
<b>Tasa Evaluación</b>	10%											
<b>Reposición de Equipos</b>												
Reinversión PTOI cada 10 años	30%											
Reinversión PEAP cada 10 años	40%											
<b>Mantenimiento anual</b>												
Equipos e instalaciones eléctricas	2%											
Obras civiles	0,5%											
<b>Composición inversión</b>												
Equipos e instalaciones eléctricas	40%											
Obras civiles	60%											
<b>VAN</b>		\$ 19.877.656	\$ 19.087.278	\$ 84.157.170	\$ 133.121.104	\$ 89.098.195	\$ 8.723.753	\$ 97.821.947	\$ 220.944.052	\$ 35.612.476		
<b>Costo US\$/m³</b>		<b>\$ 0,56</b>	<b>\$ 0,54</b>	<b>\$ 2,36</b>	<b>\$ 3,46</b>	<b>\$ 2,50</b>	<b>\$ 0,24</b>	<b>\$ 2,75</b>	<b>\$ 6,20</b>			

ii. Suministro de 750 [l/s]

Los valores actuales de costos correspondientes al suministro de 750 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Norte, mediante la alternativa de Desalación Directa, son presentados en la tabla E.2.

**Tabla E.2. Valor Actual de Costos. Desalación Directa Norte 750 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

Valor Actual de Costos		Evaluación									
Caudal producido		Abastecimiento mina desde planta desaladora									
750 l/s		Valores en US\$									
Costo por Obra	Año	CAPEX PTOI	CAPEX PEAP	CAPEX Otros	Total CAPEX	OPEX Op. y energía	OPEX Mantenimiento	Total OPEX	Total Costo	Producción AP	
		US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	AP	
Tuberías	0	\$ 81.084.500	\$ 83.064.407	\$ 206.364.349	\$ 370.513.256	-	-	-	\$ 370.513.256	-	
PTOI	1	-	-	-	-	\$ 54.910.749	\$ 3.260.517	\$ 58.171.266	\$ 58.171.266	21.286.800	
PEAP	2	\$ 81.084.500	\$ 17.880.912	-	\$ 98.965.412	\$ 54.910.749	\$ 3.260.517	\$ 103.876.161	\$ 152.841.573	21.286.800	
Estruques	3	\$ 24.574.634	-	-	\$ 24.574.634	\$ 54.910.749	\$ 3.260.517	\$ 58.171.266	\$ 111.747.427	21.286.800	
Estudios e imprevistos	4	\$ 74.102.651	-	-	\$ 74.102.651	\$ 54.910.749	\$ 3.260.517	\$ 58.171.266	\$ 129.919.088	21.286.800	
TOTAL	5	\$ 370.513.256	\$ 54.910.749	-	\$ 425.424.005	\$ 54.910.749	\$ 3.260.517	\$ 58.171.266	\$ 483.594.531	21.286.800	
	6	-	-	-	-	\$ 54.910.749	\$ 3.260.517	\$ 58.171.266	\$ 111.747.427	21.286.800	
	7	-	-	-	-	\$ 54.910.749	\$ 3.260.517	\$ 58.171.266	\$ 111.747.427	21.286.800	
	8	-	-	-	-	\$ 54.910.749	\$ 3.260.517	\$ 58.171.266	\$ 111.747.427	21.286.800	
	9	-	-	-	-	\$ 54.910.749	\$ 3.260.517	\$ 58.171.266	\$ 111.747.427	21.286.800	
Tasa Evaluación	10	\$ 24.325.350	\$ 33.225.763	-	\$ 57.551.113	\$ 54.910.749	\$ 3.260.517	\$ 58.171.266	\$ 115.722.378	21.286.800	
	11	-	-	-	-	\$ 54.910.749	\$ 3.260.517	\$ 58.171.266	\$ 111.747.427	21.286.800	
	12	-	-	-	-	\$ 54.910.749	\$ 3.260.517	\$ 58.171.266	\$ 111.747.427	21.286.800	
	13	-	-	-	-	\$ 54.910.749	\$ 3.260.517	\$ 58.171.266	\$ 111.747.427	21.286.800	
Reposición de Equipos	14	-	-	-	-	\$ 54.910.749	\$ 3.260.517	\$ 58.171.266	\$ 111.747.427	21.286.800	
Reinversión PTOI cada 10 años	15	-	-	-	-	\$ 54.910.749	\$ 3.260.517	\$ 58.171.266	\$ 111.747.427	21.286.800	
Reinversión PEAP cada 10 años	16	-	-	-	-	\$ 54.910.749	\$ 3.260.517	\$ 58.171.266	\$ 111.747.427	21.286.800	
	17	-	-	-	-	\$ 54.910.749	\$ 3.260.517	\$ 58.171.266	\$ 111.747.427	21.286.800	
	18	-	-	-	-	\$ 54.910.749	\$ 3.260.517	\$ 58.171.266	\$ 111.747.427	21.286.800	
	19	-	-	-	-	\$ 54.910.749	\$ 3.260.517	\$ 58.171.266	\$ 111.747.427	21.286.800	
Mantenimiento anual	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Equipos e instalaciones eléctricas	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Obras civiles	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Composición Inversión	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Equipos e instalaciones eléctricas	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Obras civiles	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
VAN		\$ 90.462.975	\$ 95.874.377	\$ 206.364.349	\$ 392.701.701	\$ 459.324.027	\$ 27.273.961	\$ 486.597.988	\$ 879.299.689	178.062.381	
Costo US\$/m3		\$ 0,51	\$ 0,54	\$ 1,16	\$ 2,21	\$ 2,58	\$ 0,15	\$ 2,73	\$ 4,94		

## E.1.2. Proyecto SWAP

### i. Suministro de 150 [l/s]

Los valores actuales de costos correspondientes al suministro de 150 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Norte, mediante la alternativa del Proyecto SWAP, son presentados en las tablas E.3, E.4 y E.5, donde respectivamente se presentan las fases de desalación (tratamiento y transporte desde la planta de osmosis inversa hasta la ciudad de Iquique), fase de extracción y conducción por la pampa (extracción del acuífero y transporte hasta la mina) y el cálculo total de los valores actuales de costos de la alternativa (ambas fases).

**Tabla E.3. Valor Actual de Costos. SWAP Norte 150 [l/s] (Fase de Desalación).**  
Fuente: Elaboración Propia.

Evaluación SWAP con abastecimiento desde Carmo									
Valores en US\$									
Caudal producido 150 l/s									
Costo por Obra	Año	CAPEX		OPEX		Mantenimiento		Total Costo	Producción AP (m³/año)
		PTOI US\$	Otros US\$	PEAP US\$	Op. y energía US\$	OPEX US\$	OPEX US\$		
Tuberías	0	\$ 17.816.900	\$ 2.558.929	\$ 17.401.815	\$ 38.177.648	-	-	\$ 38.177.648	-
PTOI	1	\$ 5.872.952	-	-	\$ 4.570.375	\$ 335.963	-	\$ 4.906.339	\$ 4.906.339
PEAP	2	\$ 17.816.900	\$ 3.576.182	-	\$ 4.570.375	\$ 335.963	-	\$ 4.906.339	\$ 4.906.339
Estanques	3	\$ 2.958.929	\$ 994.193	-	\$ 4.570.375	\$ 335.963	-	\$ 4.906.339	\$ 4.906.339
Estudios e imprevisos	4	\$ 3.893.338	-	-	\$ 4.570.375	\$ 335.963	-	\$ 4.906.339	\$ 4.906.339
TOTAL	5	\$ 7.635.530	-	-	\$ 4.570.375	\$ 335.963	-	\$ 4.906.339	\$ 4.906.339
	6	\$ 38.177.648	\$ 4.570.375	-	\$ 4.570.375	\$ 335.963	-	\$ 4.906.339	\$ 4.906.339
	7	-	-	-	\$ 4.570.375	\$ 335.963	-	\$ 4.906.339	\$ 4.906.339
	8	-	-	-	\$ 4.570.375	\$ 335.963	-	\$ 4.906.339	\$ 4.906.339
	9	-	-	-	\$ 4.570.375	\$ 335.963	-	\$ 4.906.339	\$ 4.906.339
Tasa Evaluación	10	\$ 5.345.070	\$ 1.183.572	-	\$ 6.528.642	\$ 335.963	-	\$ 4.906.339	\$ 11.434.980
	11	-	-	-	\$ 4.570.375	\$ 335.963	-	\$ 4.906.339	\$ 4.906.339
	12	-	-	-	\$ 4.570.375	\$ 335.963	-	\$ 4.906.339	\$ 4.906.339
	13	-	-	-	\$ 4.570.375	\$ 335.963	-	\$ 4.906.339	\$ 4.906.339
	14	-	-	-	\$ 4.570.375	\$ 335.963	-	\$ 4.906.339	\$ 4.906.339
	15	-	-	-	\$ 4.570.375	\$ 335.963	-	\$ 4.906.339	\$ 4.906.339
	16	-	-	-	\$ 4.570.375	\$ 335.963	-	\$ 4.906.339	\$ 4.906.339
Reinversión PTOI cada 10 años	17	-	-	-	\$ 4.570.375	\$ 335.963	-	\$ 4.906.339	\$ 4.906.339
Reinversión PEAP cada 10 años	18	-	-	-	\$ 4.570.375	\$ 335.963	-	\$ 4.906.339	\$ 4.906.339
	19	-	-	-	\$ 4.570.375	\$ 335.963	-	\$ 4.906.339	\$ 4.906.339
Mantenimiento anual	20	-	-	-	-	-	-	-	-
	21	-	-	-	-	-	-	-	-
Equipos e instalaciones eléctricas	22	-	-	-	-	-	-	-	-
Obras civiles	23	-	-	-	-	-	-	-	-
	24	-	-	-	-	-	-	-	-
	25	-	-	-	-	-	-	-	-
	26	-	-	-	-	-	-	-	-
	27	-	-	-	-	-	-	-	-
	28	-	-	-	-	-	-	-	-
	29	-	-	-	-	-	-	-	-
Composición Inversión									
Equipos e instalaciones eléctricas									
Obras civiles									
VAN		\$ 19.877.656	\$ 3.415.247	\$ 17.401.815	\$ 40.694.722	\$ 38.230.824	\$ 2.810.306	\$ 41.041.130	\$ 81.735.853
Costo US\$/m³		\$ 0,56	\$ 0,10	\$ 0,49	\$ 1,14	\$ 1,07	\$ 0,08	\$ 1,15	\$ 2,30
									FASE DE DESALACIÓN

Tabla E.4. Valor Actual de Costos. SWAP Norte 150 [l/s] (Fase Extracción y Conducción Pampa).  
Fuente: Elaboración Propia.

Evaluación SWAP con abastecimiento desde Carmelo Valores en US\$									
Año	CAPEX PTOI	CAPEX PEAP	CAPEX Otros	Total CAPEX	OPEX Op. y energía	OPEX Mantenimiento	Total OPEX	Total Costo	Producción AP
	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	[m3/año]
0	-	\$ 12.546.456	\$ 28.596.682	\$ 41.143.138	-	-	-	\$ 41.143.138	-
1	-	-	-	-	\$ 5.641.877	\$ 362.060	\$ 6.003.937	\$ 6.003.937	4.257.360
2	-	-	-	-	\$ 5.641.877	\$ 362.060	\$ 6.003.937	\$ 6.003.937	4.257.360
3	-	-	-	-	\$ 5.641.877	\$ 362.060	\$ 6.003.937	\$ 6.003.937	4.257.360
4	-	-	-	-	\$ 5.641.877	\$ 362.060	\$ 6.003.937	\$ 6.003.937	4.257.360
5	-	-	-	-	\$ 5.641.877	\$ 362.060	\$ 6.003.937	\$ 6.003.937	4.257.360
6	-	-	-	-	\$ 5.641.877	\$ 362.060	\$ 6.003.937	\$ 6.003.937	4.257.360
7	-	-	-	-	\$ 5.641.877	\$ 362.060	\$ 6.003.937	\$ 6.003.937	4.257.360
8	-	-	-	-	\$ 5.641.877	\$ 362.060	\$ 6.003.937	\$ 6.003.937	4.257.360
9	-	-	-	-	\$ 5.641.877	\$ 362.060	\$ 6.003.937	\$ 6.003.937	4.257.360
10	-	\$ 5.018.582	-	\$ 5.018.582	\$ 5.641.877	\$ 362.060	\$ 11.022.519	\$ 11.022.519	4.257.360
11	-	-	-	-	\$ 5.641.877	\$ 362.060	\$ 6.003.937	\$ 6.003.937	4.257.360
12	-	-	-	-	\$ 5.641.877	\$ 362.060	\$ 6.003.937	\$ 6.003.937	4.257.360
13	-	-	-	-	\$ 5.641.877	\$ 362.060	\$ 6.003.937	\$ 6.003.937	4.257.360
14	-	-	-	-	\$ 5.641.877	\$ 362.060	\$ 6.003.937	\$ 6.003.937	4.257.360
15	-	-	-	-	\$ 5.641.877	\$ 362.060	\$ 6.003.937	\$ 6.003.937	4.257.360
16	-	-	-	-	\$ 5.641.877	\$ 362.060	\$ 6.003.937	\$ 6.003.937	4.257.360
17	-	-	-	-	\$ 5.641.877	\$ 362.060	\$ 6.003.937	\$ 6.003.937	4.257.360
18	-	-	-	-	\$ 5.641.877	\$ 362.060	\$ 6.003.937	\$ 6.003.937	4.257.360
19	-	-	-	-	\$ 5.641.877	\$ 362.060	\$ 6.003.937	\$ 6.003.937	4.257.360
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VAN	\$ 0	\$ 14.481.337	\$ 28.596.682	\$ 43.078.019	\$ 47.193.851	\$ 3.028.600	\$ 50.222.451	\$ 93.300.470	35.612.476
<b>Costo US\$/m3</b>	<b>\$ 0,00</b>	<b>\$ 0,41</b>	<b>\$ 0,80</b>	<b>\$ 1,21</b>	<b>\$ 1,33</b>	<b>\$ 0,09</b>	<b>\$ 1,41</b>	<b>\$ 2,62</b>	
<b>FASE DE EXTRACCIÓN Y CONDUCCIÓN PAMPA</b>									

Valor Actual de Costos FASE DE EXTRACCIÓN Y CONDUCCIÓN PAMPA Caudal producido 150 l/s	
Costo por Obra	OPEX US\$/año
Tuberías	\$ 13.557.463
PEAP	\$ 12.546.456
Estanques	\$ 6.810.592
Estudios e Imprevistos	\$ 8.228.628
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 41.143.138</b>

Tasa Evaluación	10%
Reposición de Equipos	30%
Reinversión PTOI cada 10 años	40%

Mantenimiento anual	2%
Equipos e instalaciones eléctricas	0,5%
Obras civiles	

Composición inversión	40%
Equipos e instalaciones eléctricas	60%
Obras civiles	

**Tabla E.5. Valor Actual de Costos. SWAP Norte 150 [l/s] (Total).**  
**Fuente: Elaboración Propia.**

Valor Actual de Costos TOTAL (AMBAS FASES)		Evaluación SWAP con abastecimiento desde Carmelo									
Caudal producido		Valores en US\$									
150 l/s											
Costo por Obra		Año	CAPEX PTOI	CAPEX PEAP	CAPEX Otros	Total CAPEX	OPEX Op. y energía	OPEX Mantenimiento	Total OPEX	Total Costo	Producción AP
			US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	[m <sup>3</sup> /año]
Tuberías	\$ 19.430.415	0	\$ 17.816.900	\$ 15.505.385	\$ 45.998.502	\$ 79.320.787	-	-	-	\$ 79.320.787	-
PTOI	\$ 17.816.900	1	-	-	-	-	\$ 10.212.252	\$ 698.023	\$ 10.910.275	\$ 10.910.275	4.257.360
PEAP	\$ 15.505.385	2	-	-	-	-	\$ 10.212.252	\$ 698.023	\$ 10.910.275	\$ 10.910.275	4.257.360
Estanques	\$ 10.703.930	3	-	-	-	-	\$ 10.212.252	\$ 698.023	\$ 10.910.275	\$ 10.910.275	4.257.360
Estudios e imprevistos	\$ 15.864.157	4	-	-	-	-	\$ 10.212.252	\$ 698.023	\$ 10.910.275	\$ 10.910.275	4.257.360
TOTAL	\$ 79.320.787	5	-	-	-	-	\$ 10.212.252	\$ 698.023	\$ 10.910.275	\$ 10.910.275	4.257.360
		6	-	-	-	-	\$ 10.212.252	\$ 698.023	\$ 10.910.275	\$ 10.910.275	4.257.360
		7	-	-	-	-	\$ 10.212.252	\$ 698.023	\$ 10.910.275	\$ 10.910.275	4.257.360
		8	-	-	-	-	\$ 10.212.252	\$ 698.023	\$ 10.910.275	\$ 10.910.275	4.257.360
		9	-	-	-	-	\$ 10.212.252	\$ 698.023	\$ 10.910.275	\$ 10.910.275	4.257.360
		10	\$ 5.345.070	\$ 6.202.154	-	\$ 11.547.224	\$ 10.212.252	\$ 698.023	\$ 10.910.275	\$ 22.457.499	4.257.360
		11	-	-	-	-	\$ 10.212.252	\$ 698.023	\$ 10.910.275	\$ 10.910.275	4.257.360
		12	-	-	-	-	\$ 10.212.252	\$ 698.023	\$ 10.910.275	\$ 10.910.275	4.257.360
		13	-	-	-	-	\$ 10.212.252	\$ 698.023	\$ 10.910.275	\$ 10.910.275	4.257.360
		14	-	-	-	-	\$ 10.212.252	\$ 698.023	\$ 10.910.275	\$ 10.910.275	4.257.360
		15	-	-	-	-	\$ 10.212.252	\$ 698.023	\$ 10.910.275	\$ 10.910.275	4.257.360
		16	-	-	-	-	\$ 10.212.252	\$ 698.023	\$ 10.910.275	\$ 10.910.275	4.257.360
		17	-	-	-	-	\$ 10.212.252	\$ 698.023	\$ 10.910.275	\$ 10.910.275	4.257.360
		18	-	-	-	-	\$ 10.212.252	\$ 698.023	\$ 10.910.275	\$ 10.910.275	4.257.360
		19	-	-	-	-	\$ 10.212.252	\$ 698.023	\$ 10.910.275	\$ 10.910.275	4.257.360
		20	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		21	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		22	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		23	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		24	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		26	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		27	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		28	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		29	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		VAN	\$ 19.877.656	\$ 17.896.584	\$ 45.998.502	\$ 83.772.742	\$ 85.424.675	\$ 5.838.906	\$ 91.263.581	\$ 175.036.323	35.612.476
		<b>Costo US\$/m<sup>3</sup></b>	<b>\$ 0,56</b>	<b>\$ 0,50</b>	<b>\$ 1,29</b>	<b>\$ 2,35</b>	<b>\$ 2,40</b>	<b>\$ 0,16</b>	<b>\$ 2,56</b>	<b>\$ 4,92</b>	
		<b>TOTAL (AMBAS FASES)</b>									

ii. Suministro de 750 [l/s]

Los valores actuales de costos correspondientes al suministro de 750 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Norte, mediante la alternativa del Proyecto SWAP, son presentados en la tabla E.6, E.7 y E.8, donde respectivamente se presentan las fases de







### E.1.3. Aguas Servidas Tratadas

#### i. Suministro de 150 [l/s]

Los valores actuales de costos correspondientes al suministro de 150 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Norte, mediante la alternativa de Aguas Servidas Tratadas, son presentados en la tabla E.9.

**Tabla E.9. Valor Actual de Costos. Aguas Servidas Tratadas Norte 150 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

Valor Actual de Costos		Evaluación										Recarga de AS tratadas	
150 l/s		Abastecimiento mina con aguas servidas tratadas										[m3/año]	
Caudal producido		Valores en US\$										Costo US\$	
Costo por Obra		Año	CAPEX PTAS US\$	CAPEX PEAS y PEAP US\$	CAPEX Otros US\$	Total CAPEX US\$	OPEX Op. y energía US\$	OPEX Mantenimiento US\$	Total OPEX US\$	Total Costo US\$	Total Costo US\$		
PEAS y PEAP		0	\$ 7.767.350	\$ 19.445.167	\$ 57.451.435	\$ 84.663.952	-	-	-	-	\$ 84.663.952	-	
Tuberías		1	-	-	-	-	\$ 9.778.338	\$ 679.043	\$ 10.457.381	\$ 10.457.381	\$ 10.457.381	4.257.360	
PTAS		2	-	-	-	-	\$ 9.778.338	\$ 679.043	\$ 10.457.381	\$ 10.457.381	\$ 10.457.381	4.257.360	
Monorelleno		3	-	-	-	-	\$ 9.778.338	\$ 679.043	\$ 10.457.381	\$ 10.457.381	\$ 10.457.381	4.257.360	
Estanques		4	-	-	-	-	\$ 9.778.338	\$ 679.043	\$ 10.457.381	\$ 10.457.381	\$ 10.457.381	4.257.360	
Estudios e imprevistos		5	-	-	-	-	\$ 9.778.338	\$ 679.043	\$ 10.457.381	\$ 10.457.381	\$ 10.457.381	4.257.360	
TOTAL		6	-	-	-	-	\$ 9.778.338	\$ 679.043	\$ 10.457.381	\$ 10.457.381	\$ 10.457.381	4.257.360	
		7	-	-	-	-	\$ 9.778.338	\$ 679.043	\$ 10.457.381	\$ 10.457.381	\$ 10.457.381	4.257.360	
		8	-	-	-	-	\$ 9.778.338	\$ 679.043	\$ 10.457.381	\$ 10.457.381	\$ 10.457.381	4.257.360	
		9	-	-	-	-	\$ 9.778.338	\$ 679.043	\$ 10.457.381	\$ 10.457.381	\$ 10.457.381	4.257.360	
Tasa Evaluación	10%	10	\$ 2.330.205	\$ 7.778.067	-	\$ 10.108.272	\$ 9.778.338	\$ 679.043	\$ 10.457.381	\$ 20.565.653	\$ 20.565.653	4.257.360	
		11	-	-	-	-	\$ 9.778.338	\$ 679.043	\$ 10.457.381	\$ 10.457.381	\$ 10.457.381	4.257.360	
		12	-	-	-	-	\$ 9.778.338	\$ 679.043	\$ 10.457.381	\$ 10.457.381	\$ 10.457.381	4.257.360	
		13	-	-	-	-	\$ 9.778.338	\$ 679.043	\$ 10.457.381	\$ 10.457.381	\$ 10.457.381	4.257.360	
		14	-	-	-	-	\$ 9.778.338	\$ 679.043	\$ 10.457.381	\$ 10.457.381	\$ 10.457.381	4.257.360	
		15	-	-	-	-	\$ 9.778.338	\$ 679.043	\$ 10.457.381	\$ 10.457.381	\$ 10.457.381	4.257.360	
		16	-	-	-	-	\$ 9.778.338	\$ 679.043	\$ 10.457.381	\$ 10.457.381	\$ 10.457.381	4.257.360	
Reinversión PTAS cada 10 años	30%	17	-	-	-	-	\$ 9.778.338	\$ 679.043	\$ 10.457.381	\$ 10.457.381	\$ 10.457.381	4.257.360	
Reinversión PEAS y PEAP cada 10 años	40%	18	-	-	-	-	\$ 9.778.338	\$ 679.043	\$ 10.457.381	\$ 10.457.381	\$ 10.457.381	4.257.360	
		19	-	-	-	-	\$ 9.778.338	\$ 679.043	\$ 10.457.381	\$ 10.457.381	\$ 10.457.381	4.257.360	
Mantenimiento anual		20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Equipos e instalaciones eléctricas	2%	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Obras civiles	0,5%	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Composición inversión		28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Equipos e instalaciones eléctricas	40%	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Obras civiles	60%		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
VAN			\$ 8.665.745	\$ 22.443.948	\$ 57.451.435	\$ 88.561.128	\$ 81.795.019	\$ 5.080.139	\$ 87.475.157	\$ 176.036.286	\$ 35.612.476		
Costo US\$/m3			\$ 0,24	\$ 0,63	\$ 1,61	\$ 2,49	\$ 2,30	\$ 0,16	\$ 2,46	\$ 4,94			

ii. Suministro de 750 [l/s]

Los valores actuales de costos correspondientes al suministro de 750 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Norte, mediante la alternativa de Aguas Servidas Tratadas, son presentados en la tabla E.10.

**Tabla E.10. Valor Actual de Costos. Aguas Servidas Tratadas Norte 750 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

Evaluación												
Abastecimiento mina con aguas servidas tratadas												
Valores en US\$												
Valor Actual de Costos	Caudal producido	750 l/s	Año	CAPEX		OPEX		CAPEX		OPEX		Recarga de AS tratadas [m3/año]
				PTAS	PEAS y PEAP	Op. y energía	Mantenimiento	Total CAPEX	Total OPEX	Total Costo		
				US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	
PEAS y PEAP			0	\$ 30.836.750	\$ 81.176.802	\$ 194.971.139	\$ 306.984.691	-	-	\$ 306.984.691	-	-
Tuberías			1	\$ 81.176.802	\$ 34.984.394	-	-	\$ 42.051.611	\$ 2.635.465	\$ 44.687.077	\$ 44.687.077	21.286.800
PTAS			2	\$ 102.027.149	-	-	-	\$ 42.051.611	\$ 2.635.465	\$ 44.687.077	\$ 44.687.077	21.286.800
Monorelleno			3	\$ 30.836.750	\$ 7.067.218	-	-	\$ 42.051.611	\$ 2.635.465	\$ 44.687.077	\$ 44.687.077	21.286.800
Estanques			4	\$ 6.000.000	-	-	-	\$ 42.051.611	\$ 2.635.465	\$ 44.687.077	\$ 44.687.077	21.286.800
Estudios e imprevistos			5	\$ 25.547.052	-	-	-	\$ 42.051.611	\$ 2.635.465	\$ 44.687.077	\$ 44.687.077	21.286.800
TOTAL			6	\$ 61.396.938	-	-	-	\$ 42.051.611	\$ 2.635.465	\$ 44.687.077	\$ 44.687.077	21.286.800
			7	\$ 306.984.691	\$ 42.051.611	-	-	\$ 42.051.611	\$ 2.635.465	\$ 44.687.077	\$ 44.687.077	21.286.800
			8	-	-	-	-	\$ 42.051.611	\$ 2.635.465	\$ 44.687.077	\$ 44.687.077	21.286.800
			9	-	-	-	-	\$ 42.051.611	\$ 2.635.465	\$ 44.687.077	\$ 44.687.077	21.286.800
			10	\$ 9.251.025	\$ 32.470.721	-	\$ 41.721.746	\$ 42.051.611	\$ 2.635.465	\$ 44.687.077	\$ 86.408.822	21.286.800
			11	-	-	-	-	\$ 42.051.611	\$ 2.635.465	\$ 44.687.077	\$ 44.687.077	21.286.800
			12	-	-	-	-	\$ 42.051.611	\$ 2.635.465	\$ 44.687.077	\$ 44.687.077	21.286.800
			13	-	-	-	-	\$ 42.051.611	\$ 2.635.465	\$ 44.687.077	\$ 44.687.077	21.286.800
			14	-	-	-	-	\$ 42.051.611	\$ 2.635.465	\$ 44.687.077	\$ 44.687.077	21.286.800
			15	-	-	-	-	\$ 42.051.611	\$ 2.635.465	\$ 44.687.077	\$ 44.687.077	21.286.800
			16	-	-	-	-	\$ 42.051.611	\$ 2.635.465	\$ 44.687.077	\$ 44.687.077	21.286.800
			17	-	-	-	-	\$ 42.051.611	\$ 2.635.465	\$ 44.687.077	\$ 44.687.077	21.286.800
			18	-	-	-	-	\$ 42.051.611	\$ 2.635.465	\$ 44.687.077	\$ 44.687.077	21.286.800
			19	-	-	-	-	\$ 42.051.611	\$ 2.635.465	\$ 44.687.077	\$ 44.687.077	21.286.800
			20	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			21	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			22	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			23	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			24	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			26	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			27	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			28	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			29	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			VAN	\$ 34.403.421	\$ 93.695.671	\$ 194.971.139	\$ 323.070.230	\$ 351.758.369	\$ 22.045.457	\$ 373.803.826	\$ 696.874.056	178.062.381
			<b>Costo US\$/m3</b>	<b>\$ 0,19</b>	<b>\$ 0,53</b>	<b>\$ 1,09</b>	<b>\$ 1,81</b>	<b>\$ 1,98</b>	<b>\$ 0,12</b>	<b>\$ 2,10</b>	<b>\$ 3,91</b>	



ii. Suministro de 750 [l/s]

Los valores actuales de costos correspondientes al suministro de 750 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Sur, mediante la alternativa de Desalación Directa, son presentados en la tabla E.12.

**Tabla E.12. Valor Actual de Costos. Desalación Directa Sur 750 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

Valor Actual de Costos		Evaluación										
Caudal producido		Abastecimiento mina desde planta desaladora										
750 l/s		Valores en US\$										
Costo por Obra		CAPEX	CAPEX	CAPEX	CAPEX	Total	OPEX	OPEX	OPEX	Total	Total	Producción
		US\$	PEAP	Otros	US\$	CAPEX	Op. y energía	Mantenimiento	OPEX	Costo	AP	
		US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	(m3/año)	
Tuberías		\$ 198.579.632				\$ 198.579.632						
PTOI		\$ 81.084.500	\$ 119.720.972	\$ 353.018.878	\$ 553.824.350							
PEAP		\$ 119.720.972	\$ 53.711.271									
Estanques		\$ 43.674.376										
Estudios e imprevistos		\$ 110.764.870										
TOTAL		\$ 553.824.350	\$ 71.592.183									
<b>Tasa Evaluación</b>	10%											
<b>Reposición de Equipos</b>												
Reinversión PTOI cada 10 años	30%											
Reinversión PEAP cada 10 años	40%											
<b>Mantenimiento anual</b>												
Equipos e instalaciones eléctricas	2%											
Obras civiles	0,5%											
<b>Composición inversión</b>												
Equipos e instalaciones eléctricas	40%											
Obras civiles	60%											
VAN		\$ 90.462.975	\$ 138.184.019	\$ 353.018.878	\$ 581.665.873	\$ 598.862.889	\$ 40.767.729	\$ 639.630.617	\$ 1.221.296.490	\$ 178.062.381		
<b>Costo US\$/m3</b>		<b>\$ 0,51</b>	<b>\$ 0,78</b>	<b>\$ 1,98</b>	<b>\$ 3,27</b>	<b>\$ 3,36</b>	<b>\$ 0,23</b>	<b>\$ 3,59</b>	<b>\$ 6,86</b>			

## E.2.2. Proyecto SWAP

### i. Suministro de 150 [l/s]

Los valores actuales de costos correspondientes al suministro de 150 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Sur, mediante la alternativa del Proyecto SWAP, son presentados en la tabla E.13, E.14 y E.15, donde respectivamente se presentan las fases de desalación (tratamiento y transporte desde la planta de osmosis inversa hasta la ciudad de Iquique), fase de extracción y conducción por la pampa (extracción del acuífero y transporte hasta la mina) y el cálculo total de los valores actuales de costos de la alternativa (ambas fases).

**Tabla E.13. Valor Actual de Costos. SWAP Sur 150 [l/s] (Fase de Desalación).**  
Fuente: Elaboración Propia.

Valor Actual de Costos		150 l/s	
FASE DE DESALACIÓN		CAPEX	OPEX
Caudal producido		US\$	US\$/año
Tuberías		\$ 5.872.952	
PTOI		\$ 17.816.900	\$ 3.576.182
PEAP		\$ 2.558.929	\$ 994.183
Estanques		\$ 3.893.338	
Estudios e imprevisos		\$ 7.635.530	
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 38.177.1648</b>	<b>\$ 4.570.375</b>
<b>Tasa Evaluación</b> 10%			
<b>Reposición de Equipos</b>			
Reinversión PTOI cada 10 años		30%	
Reinversión PEAP cada 10 años		40%	
<b>Mantenimiento anual</b>			
Equipos e instalaciones eléctricas		2%	
Obras civiles		0.5%	
<b>Composición Inversión</b>			
Equipos e instalaciones eléctricas		40%	
Obras civiles		60%	

Evaluación SWAP con abastecimiento desde Canchones											
Valores en US\$											
Año	CAPEX PTOI	CAPEX PEAP	CAPEX Otros	Total CAPEX	OPEX Op-y energía	OPEX Mantenimiento	Total OPEX	Total Costo	Producción AP		
	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	[m <sup>3</sup> /año]		
0	\$ 17.816.900	\$ 2.558.929	\$ 17.401.819	\$ 38.177.1648	-	-	-	\$ 38.177.1648	-		
1	-	-	-	-	\$ 4.570.375	\$ 335.963	\$ 4.906.339	\$ 4.906.339	4.257.360		
2	-	-	-	-	\$ 4.570.375	\$ 335.963	\$ 4.906.339	\$ 4.906.339	4.257.360		
3	-	-	-	-	\$ 4.570.375	\$ 335.963	\$ 4.906.339	\$ 4.906.339	4.257.360		
4	-	-	-	-	\$ 4.570.375	\$ 335.963	\$ 4.906.339	\$ 4.906.339	4.257.360		
5	-	-	-	-	\$ 4.570.375	\$ 335.963	\$ 4.906.339	\$ 4.906.339	4.257.360		
6	-	-	-	-	\$ 4.570.375	\$ 335.963	\$ 4.906.339	\$ 4.906.339	4.257.360		
7	-	-	-	-	\$ 4.570.375	\$ 335.963	\$ 4.906.339	\$ 4.906.339	4.257.360		
8	-	-	-	-	\$ 4.570.375	\$ 335.963	\$ 4.906.339	\$ 4.906.339	4.257.360		
9	-	-	-	-	\$ 4.570.375	\$ 335.963	\$ 4.906.339	\$ 4.906.339	4.257.360		
10	\$ 5.345.070	\$ 1.184.572	-	\$ 6.528.642	\$ 4.570.375	\$ 335.963	\$ 11.434.980	\$ 11.434.980	4.257.360		
11	-	-	-	-	\$ 4.570.375	\$ 335.963	\$ 4.906.339	\$ 4.906.339	4.257.360		
12	-	-	-	-	\$ 4.570.375	\$ 335.963	\$ 4.906.339	\$ 4.906.339	4.257.360		
13	-	-	-	-	\$ 4.570.375	\$ 335.963	\$ 4.906.339	\$ 4.906.339	4.257.360		
14	-	-	-	-	\$ 4.570.375	\$ 335.963	\$ 4.906.339	\$ 4.906.339	4.257.360		
15	-	-	-	-	\$ 4.570.375	\$ 335.963	\$ 4.906.339	\$ 4.906.339	4.257.360		
16	-	-	-	-	\$ 4.570.375	\$ 335.963	\$ 4.906.339	\$ 4.906.339	4.257.360		
17	-	-	-	-	\$ 4.570.375	\$ 335.963	\$ 4.906.339	\$ 4.906.339	4.257.360		
18	-	-	-	-	\$ 4.570.375	\$ 335.963	\$ 4.906.339	\$ 4.906.339	4.257.360		
19	-	-	-	-	\$ 4.570.375	\$ 335.963	\$ 4.906.339	\$ 4.906.339	4.257.360		
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
27	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
29	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
<b>VAN</b>	\$ 19.877.656	\$ 3.415.247	\$ 17.401.819	\$ 40.694.722	\$ 58.230.824	\$ 2.810.306	\$ 41.041.130	\$ 81.735.853	35.612.476		
<b>Costo US\$/m<sup>3</sup></b>	<b>\$ 0.56</b>	<b>\$ 0.10</b>	<b>\$ 0.49</b>	<b>\$ 1.14</b>	<b>\$ 1.07</b>	<b>\$ 0.08</b>	<b>\$ 1.15</b>	<b>\$ 2.30</b>			

Tabla E.14. Valor Actual de Costos, SWAP Sur 150 [l/s] (Fase de Extracción y Conducción Pampa).  
Fuente: Elaboración Propia.

Evaluación									
SWAP con abastecimiento desde Canchones									
Valores en US\$									
Año	CAPEX PTOI US\$	CAPEX PEAP US\$	CAPEX Otros US\$	CAPEX Total US\$	OPEX Op. y energía US\$	OPEX Mantenimiento US\$	Total OPEX US\$	Total Costo US\$	Producción AP [m3/año]
0	-	\$ 26.322.056	\$ 61.938.089	\$ 88.260.145	-	-	-	\$ 88.260.145	-
1	-	-	-	-	\$ 11.843.832	\$ 776.689	\$ 12.620.521	\$ 12.620.521	4.257.360
2	-	-	-	-	\$ 11.843.832	\$ 776.689	\$ 12.620.521	\$ 12.620.521	4.257.360
3	-	-	-	-	\$ 11.843.832	\$ 776.689	\$ 12.620.521	\$ 12.620.521	4.257.360
4	-	-	-	-	\$ 11.843.832	\$ 776.689	\$ 12.620.521	\$ 12.620.521	4.257.360
5	-	-	-	-	\$ 11.843.832	\$ 776.689	\$ 12.620.521	\$ 12.620.521	4.257.360
6	-	-	-	-	\$ 11.843.832	\$ 776.689	\$ 12.620.521	\$ 12.620.521	4.257.360
7	-	-	-	-	\$ 11.843.832	\$ 776.689	\$ 12.620.521	\$ 12.620.521	4.257.360
8	-	-	-	-	\$ 11.843.832	\$ 776.689	\$ 12.620.521	\$ 12.620.521	4.257.360
9	-	-	-	-	\$ 11.843.832	\$ 776.689	\$ 12.620.521	\$ 12.620.521	4.257.360
10	-	\$ 10.528.822	-	\$ 10.528.822	\$ 11.843.832	\$ 776.689	\$ 12.620.521	\$ 23.149.344	4.257.360
11	-	-	-	-	\$ 11.843.832	\$ 776.689	\$ 12.620.521	\$ 12.620.521	4.257.360
12	-	-	-	-	\$ 11.843.832	\$ 776.689	\$ 12.620.521	\$ 12.620.521	4.257.360
13	-	-	-	-	\$ 11.843.832	\$ 776.689	\$ 12.620.521	\$ 12.620.521	4.257.360
14	-	-	-	-	\$ 11.843.832	\$ 776.689	\$ 12.620.521	\$ 12.620.521	4.257.360
15	-	-	-	-	\$ 11.843.832	\$ 776.689	\$ 12.620.521	\$ 12.620.521	4.257.360
16	-	-	-	-	\$ 11.843.832	\$ 776.689	\$ 12.620.521	\$ 12.620.521	4.257.360
17	-	-	-	-	\$ 11.843.832	\$ 776.689	\$ 12.620.521	\$ 12.620.521	4.257.360
18	-	-	-	-	\$ 11.843.832	\$ 776.689	\$ 12.620.521	\$ 12.620.521	4.257.360
19	-	-	-	-	\$ 11.843.832	\$ 776.689	\$ 12.620.521	\$ 12.620.521	4.257.360
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VAN \$ 0 \$ 30.381.373 \$ 61.938.089 \$ 92.319.462 \$ 99.072.709 \$ 6.496.944 \$ 105.569.652 \$ 197.889.114 35.612.476									
Costo US\$/m3 \$ 0,00 \$ 0,85 \$ 1,74 \$ 2,59 \$ 2,78 \$ 0,18 \$ 2,96 \$ 5,56									
FASE DE EXTRACCIÓN Y CONDUCCIÓN PAMPA									

Valor Actual de Costos		
FASE DE EXTRACCIÓN Y CONDUCCIÓN PAMPA		
Caudal producido 150 L/s		
Costo por Obra	CAPEX US\$	OPEX US\$/año
Tuberías	\$ 33.097.754	
PEAP	\$ 26.322.056	\$ 11.843.832
Estanques	\$ 11.188.306	
Estudios e imprevistos	\$ 17.652.029	
TOTAL	\$ 88.260.145	\$ 11.843.832

Tasa Evaluación	10%
-----------------	-----

Reposición de Equipos	
Reinversión PTOI cada 10 años	30%
Reinversión PEAP cada 10 años	40%

Mantenimiento anual	
Equipos e instalaciones eléctricas	2%
Obras civiles	0,5%

Composición inversión	
Equipos e instalaciones eléctricas	40%
Obras civiles	60%

Tabla E.15. Valor Actual de Costos, SWAP Sur 150 [l/s] (Total).  
Fuente: Elaboración Propia.

Valor Actual de Costos TOTAL (AMBAS FASES)		Evaluación SWAP con abastecimiento desde Canchones									
Caudal producido		Valores en US\$									
150 l/s											
Costo por Obra	Año	CAPEX PTOI US\$	CAPEX PEAP US\$	CAPEX Otros US\$	Total CAPEX US\$	OPEX Op. y energía US\$	OPEX Mantenimiento US\$	Total OPEX US\$	Total Costo US\$	Producción AP [m3/año]	
Tuberías	0	\$ 17.816.900	\$ 29.280.985	\$ 79.339.908	\$ 126.437.793	-	-	-	\$ 126.437.793	-	
PTOI	1	\$ 17.816.900	-	-	-	\$ 16.414.207	\$ 1.112.653	\$ 17.526.860	\$ 17.526.860	4.257.360	
PEAP	2	-	\$ 29.280.985	-	-	\$ 16.414.207	\$ 1.112.653	\$ 17.526.860	\$ 17.526.860	4.257.360	
Estanques	3	-	\$ 15.081.644	-	-	\$ 16.414.207	\$ 1.112.653	\$ 17.526.860	\$ 17.526.860	4.257.360	
Estudios e imprevistos	4	-	\$ 25.287.559	-	-	\$ 16.414.207	\$ 1.112.653	\$ 17.526.860	\$ 17.526.860	4.257.360	
TOTAL	5	-	\$ 126.437.793	\$ 16.414.207	-	\$ 16.414.207	\$ 1.112.653	\$ 17.526.860	\$ 17.526.860	4.257.360	
	6	-	-	-	-	\$ 16.414.207	\$ 1.112.653	\$ 17.526.860	\$ 17.526.860	4.257.360	
	7	-	-	-	-	\$ 16.414.207	\$ 1.112.653	\$ 17.526.860	\$ 17.526.860	4.257.360	
	8	-	-	-	-	\$ 16.414.207	\$ 1.112.653	\$ 17.526.860	\$ 17.526.860	4.257.360	
	9	-	-	-	-	\$ 16.414.207	\$ 1.112.653	\$ 17.526.860	\$ 17.526.860	4.257.360	
Tasa Evaluación	10	\$ 5.345.070	\$ 11.712.394	-	\$ 17.057.464	\$ 16.414.207	\$ 1.112.653	\$ 17.526.860	\$ 34.584.324	4.257.360	
	11	-	-	-	-	\$ 16.414.207	\$ 1.112.653	\$ 17.526.860	\$ 17.526.860	4.257.360	
	12	-	-	-	-	\$ 16.414.207	\$ 1.112.653	\$ 17.526.860	\$ 17.526.860	4.257.360	
	13	-	-	-	-	\$ 16.414.207	\$ 1.112.653	\$ 17.526.860	\$ 17.526.860	4.257.360	
	14	-	-	-	-	\$ 16.414.207	\$ 1.112.653	\$ 17.526.860	\$ 17.526.860	4.257.360	
	15	-	-	-	-	\$ 16.414.207	\$ 1.112.653	\$ 17.526.860	\$ 17.526.860	4.257.360	
Reposición de Equipos	16	-	-	-	-	\$ 16.414.207	\$ 1.112.653	\$ 17.526.860	\$ 17.526.860	4.257.360	
Reinversión PTOI cada 10 años	17	-	-	-	-	\$ 16.414.207	\$ 1.112.653	\$ 17.526.860	\$ 17.526.860	4.257.360	
Reinversión PEAP cada 10 años	18	-	-	-	-	\$ 16.414.207	\$ 1.112.653	\$ 17.526.860	\$ 17.526.860	4.257.360	
	19	-	-	-	-	\$ 16.414.207	\$ 1.112.653	\$ 17.526.860	\$ 17.526.860	4.257.360	
Mantenimiento anual	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Equipos e instalaciones eléctricas	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Obras civiles	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Composición inversión	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Equipos e instalaciones eléctricas	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Obras civiles	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	71	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	77	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	81	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	89	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	91	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	96	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	97	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	98	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	101	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	102	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	103	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	104	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	105	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	106	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	107	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	108	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	109	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	111	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	112	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	113	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	114	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	115	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	116	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	117	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	118	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	119	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	121	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	122	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	123	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	124	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	125	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	126	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	127	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	128	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	129	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	131	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	132	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	133	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	134	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	135	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	136	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	137	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	138	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	139	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	140	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	141	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	142	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	143	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	144	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

presentados en la tabla E.16, E.17 y E.18, donde respectivamente se presentan las fases de desalación (tratamiento y transporte desde la planta de osmosis inversa hasta la ciudad de Iquique), fase de extracción y conducción por la pampa (extracción del acuífero y transporte hasta la mina) y el cálculo total de los valores actuales de costos de la alternativa (ambas fases).

**Tabla E.26. Valor Actual de Costos. SWAP Sur 750 [l/s] (Fase de Desalación).**  
**Fuente: Elaboración Propia.**

Valor Actual de Costos		Evaluación									
FASE DE DESALACIÓN		SWAP con abastecimiento desde Canchones									
Caudal producido		Valores en US\$									
750 L/s											
Costo por Obra		Año	CAPEX PTOI	CAPEX PEAP	CAPEX Otros	Total CAPEX	OPEX Op. Y energía	OPEX Mantenimiento	Total OPEX	Total Costo	Producción AP
	US\$		US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	[m <sup>3</sup> /año]
Tuberías	\$ 11.165.951	0	\$ 81.084.500	\$ 13.670.041	\$ 42.512.746	\$ 137.267.287	-	-	\$ 137.267.287	-	-
PTOI	\$ 81.084.500	1	-	-	-	-	\$ 22.834.832	\$ 1.207.952	\$ 24.042.784	\$ 24.042.784	21.286.800
PEAP	\$ 13.670.041	2	-	-	-	-	\$ 22.834.832	\$ 1.207.952	\$ 24.042.784	\$ 24.042.784	21.286.800
Estanques	\$ 3.893.338	3	-	-	-	-	\$ 22.834.832	\$ 1.207.952	\$ 24.042.784	\$ 24.042.784	21.286.800
Estudios e imprevistos	\$ 27.453.457	4	-	-	-	-	\$ 22.834.832	\$ 1.207.952	\$ 24.042.784	\$ 24.042.784	21.286.800
TOTAL	\$ 137.267.287	5	-	-	-	-	\$ 22.834.832	\$ 1.207.952	\$ 24.042.784	\$ 24.042.784	21.286.800
		6	-	-	-	-	\$ 22.834.832	\$ 1.207.952	\$ 24.042.784	\$ 24.042.784	21.286.800
		7	-	-	-	-	\$ 22.834.832	\$ 1.207.952	\$ 24.042.784	\$ 24.042.784	21.286.800
		8	-	-	-	-	\$ 22.834.832	\$ 1.207.952	\$ 24.042.784	\$ 24.042.784	21.286.800
		9	-	-	-	-	\$ 22.834.832	\$ 1.207.952	\$ 24.042.784	\$ 24.042.784	21.286.800
Tasa Evaluación	10%	10	\$ 24.325.350	\$ 5.468.016	-	\$ 29.793.366	\$ 22.834.832	\$ 1.207.952	\$ 24.042.784	\$ 53.836.151	21.286.800
		11	-	-	-	-	\$ 22.834.832	\$ 1.207.952	\$ 24.042.784	\$ 24.042.784	21.286.800
		12	-	-	-	-	\$ 22.834.832	\$ 1.207.952	\$ 24.042.784	\$ 24.042.784	21.286.800
		13	-	-	-	-	\$ 22.834.832	\$ 1.207.952	\$ 24.042.784	\$ 24.042.784	21.286.800
Reposición de Equipos		14	-	-	-	-	\$ 22.834.832	\$ 1.207.952	\$ 24.042.784	\$ 24.042.784	21.286.800
		15	-	-	-	-	\$ 22.834.832	\$ 1.207.952	\$ 24.042.784	\$ 24.042.784	21.286.800
Reinversión PTOI cada 10 años	30%	16	-	-	-	-	\$ 22.834.832	\$ 1.207.952	\$ 24.042.784	\$ 24.042.784	21.286.800
Reinversión PEAP cada 10 años	40%	17	-	-	-	-	\$ 22.834.832	\$ 1.207.952	\$ 24.042.784	\$ 24.042.784	21.286.800
		18	-	-	-	-	\$ 22.834.832	\$ 1.207.952	\$ 24.042.784	\$ 24.042.784	21.286.800
		19	-	-	-	-	\$ 22.834.832	\$ 1.207.952	\$ 24.042.784	\$ 24.042.784	21.286.800
Mantenimiento anual		20	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		21	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Equipos e instalaciones eléctricas	2%	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Obras civiles	0,5%	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		24	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		26	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		27	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Composición inversión		28	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Equipos e instalaciones eléctricas	40%	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Obras civiles	60%		-	-	-	-	-	-	-	-	-
VAN			\$ 90.462.975	\$ 15.778.198	\$ 42.512.746	\$ 148.753.920	\$ 191.011.546	\$ 10.104.423	\$ 201.115.969	\$ 349.869.889	178.062.381
Costo US\$/m <sup>3</sup>			\$ 0.51	\$ 0.09	\$ 0.24	\$ 0.84	\$ 1.07	\$ 0.06	\$ 1.13	\$ 1.96	
FASE DE DESALACIÓN											

Tabla E.37. Valor Actual de Costos, SWAP Sur 750 [l/s] (Fase de Extracción y Conducción Pampa).  
Fuente: Elaboración Propia.

Valor Actual de Costos		FASE DE EXTRACCIÓN Y CONDUCCIÓN PAMPA		750 l/s	
Caudal producido		CAPEX	OPEX	CAPEX	OPEX
		US\$	US\$/año	US\$	US\$/año
Costo por Obra					
Tuberías		\$ 149.566.166			
PEAP		\$ 88.990.637	\$ 41.115.527		
Estanques		\$ 34.915.282			
Estudios e imprevistos		\$ 68.368.021			
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 341.840.106</b>	<b>\$ 41.115.527</b>		
<b>Tasa Evaluación</b>					
			10%		
<b>Reposición de Equipos</b>					
Reinversión PTOI cada 10 años			30%		
Reinversión PEAP cada 10 años			40%		
<b>Mantenimiento anual</b>					
Equipos e instalaciones eléctrica			2%		
Obras civiles			0.5%		
<b>Composición inversión</b>					
Equipos e instalaciones eléctrica			40%		
Obras civiles			60%		

Evaluación SWAP con abastecimiento desde Canchones									
Valores en US\$									
Año	CAPEX PTOI	CAPEX PEAP	CAPEX Otros	Total CAPEX	OPEX Op. y energía	OPEX Mantenimiento	Total OPEX	Total Costo	Producción AP
	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	[m3/año]
0	-	\$ 88.990.637	\$ 252.849.469	\$ 341.840.106	-	-	-	\$ 341.840.106	-
1	-	-	-	-	\$ 41.115.527	\$ 3.008.193	\$ 44.123.720	\$ 44.123.720	21.286.800
2	-	-	-	-	\$ 41.115.527	\$ 3.008.193	\$ 44.123.720	\$ 44.123.720	21.286.800
3	-	-	-	-	\$ 41.115.527	\$ 3.008.193	\$ 44.123.720	\$ 44.123.720	21.286.800
4	-	-	-	-	\$ 41.115.527	\$ 3.008.193	\$ 44.123.720	\$ 44.123.720	21.286.800
5	-	-	-	-	\$ 41.115.527	\$ 3.008.193	\$ 44.123.720	\$ 44.123.720	21.286.800
6	-	-	-	-	\$ 41.115.527	\$ 3.008.193	\$ 44.123.720	\$ 44.123.720	21.286.800
7	-	-	-	-	\$ 41.115.527	\$ 3.008.193	\$ 44.123.720	\$ 44.123.720	21.286.800
8	-	-	-	-	\$ 41.115.527	\$ 3.008.193	\$ 44.123.720	\$ 44.123.720	21.286.800
9	-	-	-	-	\$ 41.115.527	\$ 3.008.193	\$ 44.123.720	\$ 44.123.720	21.286.800
10	-	\$ 35.596.255	-	\$ 35.596.255	\$ 41.115.527	\$ 3.008.193	\$ 44.123.720	\$ 79.719.974	21.286.800
11	-	-	-	-	\$ 41.115.527	\$ 3.008.193	\$ 44.123.720	\$ 44.123.720	21.286.800
12	-	-	-	-	\$ 41.115.527	\$ 3.008.193	\$ 44.123.720	\$ 44.123.720	21.286.800
13	-	-	-	-	\$ 41.115.527	\$ 3.008.193	\$ 44.123.720	\$ 44.123.720	21.286.800
14	-	-	-	-	\$ 41.115.527	\$ 3.008.193	\$ 44.123.720	\$ 44.123.720	21.286.800
15	-	-	-	-	\$ 41.115.527	\$ 3.008.193	\$ 44.123.720	\$ 44.123.720	21.286.800
16	-	-	-	-	\$ 41.115.527	\$ 3.008.193	\$ 44.123.720	\$ 44.123.720	21.286.800
17	-	-	-	-	\$ 41.115.527	\$ 3.008.193	\$ 44.123.720	\$ 44.123.720	21.286.800
18	-	-	-	-	\$ 41.115.527	\$ 3.008.193	\$ 44.123.720	\$ 44.123.720	21.286.800
19	-	-	-	-	\$ 41.115.527	\$ 3.008.193	\$ 44.123.720	\$ 44.123.720	21.286.800
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	-	-	-	-	-	-	-	-	-

VAN	\$ 0	\$ 102.714.534	\$ 252.849.469	\$ 355.564.003	\$ 343.928.096	\$ 25.163.294	\$ 369.091.389	\$ 724.655.392	1.178.062.381
<b>Costo US\$/m3</b>	<b>\$ 0,00</b>	<b>\$ 0,58</b>	<b>\$ 1,42</b>	<b>\$ 2,00</b>	<b>\$ 1,93</b>	<b>\$ 0,14</b>	<b>\$ 2,07</b>	<b>\$ 4,07</b>	<b>FASE DE EXTRACCIÓN Y CONDUCCIÓN PAMPA</b>

**Tabla E.48. Valor Actual de Costos. SWAP Sur 750 [l/s] (Total).**  
**Fuente: Elaboración Propia.**

Valor Actual de Costos TOTAL (AMBAS FASES)		Evaluación SWAP con abastecimiento desde Canchones										
Caudal producido		Valores en US\$										
750 l/s												
Costo por Obra	CAPEX US\$	OPEX US\$/año	Año	CAPEX PTOI US\$	CAPEX PEAP US\$	CAPEX Otros US\$	Total CAPEX US\$	OPEX Op. y energía US\$	OPEX Mantenimiento US\$	Total OPEX US\$	Total Costo US\$	Producción AP [m <sup>3</sup> /año]
Tuberías	\$ 160.732.117		0	\$ 81.084.500	\$ 102.660.678	\$ 295.362.215	\$ 479.107.393				\$ 479.107.393	-
PTOI	\$ 81.084.500	\$ 17.880.912	1	-	-	-	-	\$ 63.950.359	\$ 4.216.145	\$ 68.166.504	\$ 68.166.504	21.286.800
PEAP	\$ 102.660.678	\$ 46.069.447	2	-	-	-	-	\$ 63.950.359	\$ 4.216.145	\$ 68.166.504	\$ 68.166.504	21.286.800
Estanques	\$ 38.808.620		3	-	-	-	-	\$ 63.950.359	\$ 4.216.145	\$ 68.166.504	\$ 68.166.504	21.286.800
Estudios e imprevistos	\$ 95.821.479		4	-	-	-	-	\$ 63.950.359	\$ 4.216.145	\$ 68.166.504	\$ 68.166.504	21.286.800
TOTAL	\$ 479.107.393	\$ 63.950.359	5	-	-	-	-	\$ 63.950.359	\$ 4.216.145	\$ 68.166.504	\$ 68.166.504	21.286.800
			6	-	-	-	-	\$ 63.950.359	\$ 4.216.145	\$ 68.166.504	\$ 68.166.504	21.286.800
			7	-	-	-	-	\$ 63.950.359	\$ 4.216.145	\$ 68.166.504	\$ 68.166.504	21.286.800
			8	-	-	-	-	\$ 63.950.359	\$ 4.216.145	\$ 68.166.504	\$ 68.166.504	21.286.800
			9	-	-	-	-	\$ 63.950.359	\$ 4.216.145	\$ 68.166.504	\$ 68.166.504	21.286.800
<b>Tasa Evaluación</b>	<b>10%</b>		10	\$ 24.325.350	\$ 41.064.271	-	\$ 65.389.621	\$ 63.950.359	\$ 4.216.145	\$ 68.166.504	\$ 133.556.125	21.286.800
			11	-	-	-	-	\$ 63.950.359	\$ 4.216.145	\$ 68.166.504	\$ 68.166.504	21.286.800
			12	-	-	-	-	\$ 63.950.359	\$ 4.216.145	\$ 68.166.504	\$ 68.166.504	21.286.800
			13	-	-	-	-	\$ 63.950.359	\$ 4.216.145	\$ 68.166.504	\$ 68.166.504	21.286.800
<b>Reposición de Equipos</b>			14	-	-	-	-	\$ 63.950.359	\$ 4.216.145	\$ 68.166.504	\$ 68.166.504	21.286.800
Reinversión PTOI cada 10 años	30%		15	-	-	-	-	\$ 63.950.359	\$ 4.216.145	\$ 68.166.504	\$ 68.166.504	21.286.800
Reinversión PEAP cada 10 años	40%		16	-	-	-	-	\$ 63.950.359	\$ 4.216.145	\$ 68.166.504	\$ 68.166.504	21.286.800
			17	-	-	-	-	\$ 63.950.359	\$ 4.216.145	\$ 68.166.504	\$ 68.166.504	21.286.800
			18	-	-	-	-	\$ 63.950.359	\$ 4.216.145	\$ 68.166.504	\$ 68.166.504	21.286.800
			19	-	-	-	-	\$ 63.950.359	\$ 4.216.145	\$ 68.166.504	\$ 68.166.504	21.286.800
<b>Mantenimiento anual</b>			20	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Equipos e instalaciones eléctricas	2%		21	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Obras civiles	0,5%		22	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			23	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			24	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			26	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			27	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Composición inversión</b>			28	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Equipos e instalaciones eléctricas	40%		29	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Obras civiles	60%			-	-	-	-	-	-	-	-	-
VAN				\$ 90.462.975	\$ 118.492.732	\$ 295.362.215	\$ 504.317.923	\$ 534.939.641	\$ 35.267.717	\$ 570.207.358	\$ 1.074.525.281	178.062.381
<b>Costo US\$/m<sup>3</sup></b>				<b>\$ 0,51</b>	<b>\$ 0,67</b>	<b>\$ 1,66</b>	<b>\$ 2,83</b>	<b>\$ 3,00</b>	<b>\$ 0,20</b>	<b>\$ 3,20</b>	<b>\$ 6,03</b>	
<b>TOTAL (AMBAS FASES)</b>												

### E.2.3. Aguas Servidas Tratadas

#### i. Suministro de 150 [l/s]

Los valores actuales de costos correspondientes al suministro de 150 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Sur, mediante la alternativa Aguas Servidas Tratadas, son presentados en la tabla E.19.

**Tabla E.59. Valor Actual de Costos. Aguas Servidas Tratadas Sur 150 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

<b>Evaluación</b>												
Abastecimiento mina con aguas servidas tratadas												
Valores en US\$												
150 L/s												
Valor Actual de Costos	Año	CAPEX PTAS	CAPEX PEAS y PEAP	CAPEX Otros	Total CAPEX	OPEX Op. y energía	Mantenimiento	Total OPEX	Total Costo	Recarga de AS tratadas		
Caudal producido		US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	[m3/año]		
Costo por Obra		US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$	US\$			
PEAS y PEAP	0	\$ 7.767.350	\$ 23.123.499	\$ 135.914.641	\$ 166.805.490	-	-	-	-	-	\$ 166.805.490	-
Tuberías	1	\$ 80.497.648	-	-	-	\$ 11.598.637	\$ 1.401.888	\$ 13.000.526	\$ 13.000.526	-	\$ 13.000.526	4.257.360
PTAS	2	\$ 7.767.350	\$ 1.413.444	-	-	\$ 11.598.637	\$ 1.401.888	\$ 13.000.526	\$ 13.000.526	-	\$ 13.000.526	4.257.360
Monorello	3	\$ 6.000.000	-	-	-	\$ 11.598.637	\$ 1.401.888	\$ 13.000.526	\$ 13.000.526	-	\$ 13.000.526	4.257.360
Estranques	4	\$ 16.055.895	-	-	-	\$ 11.598.637	\$ 1.401.888	\$ 13.000.526	\$ 13.000.526	-	\$ 13.000.526	4.257.360
Estudios e imprevistos	5	\$ 33.361.098	-	-	-	\$ 11.598.637	\$ 1.401.888	\$ 13.000.526	\$ 13.000.526	-	\$ 13.000.526	4.257.360
TOTAL	6	\$ 166.805.490	\$ 11.598.637	-	-	\$ 11.598.637	\$ 1.401.888	\$ 13.000.526	\$ 13.000.526	-	\$ 13.000.526	4.257.360
	7	-	-	-	-	\$ 11.598.637	\$ 1.401.888	\$ 13.000.526	\$ 13.000.526	-	\$ 13.000.526	4.257.360
	8	-	-	-	-	\$ 11.598.637	\$ 1.401.888	\$ 13.000.526	\$ 13.000.526	-	\$ 13.000.526	4.257.360
	9	-	-	-	-	\$ 11.598.637	\$ 1.401.888	\$ 13.000.526	\$ 13.000.526	-	\$ 13.000.526	4.257.360
<b>Tasa Evaluación</b>	10	\$ 2.330.205	\$ 9.249.400	-	\$ 11.579.605	\$ 11.598.637	\$ 1.401.888	\$ 13.000.526	\$ 13.000.526	\$ 24.580.130	\$ 42.580.130	4.257.360
	11	-	-	-	-	\$ 11.598.637	\$ 1.401.888	\$ 13.000.526	\$ 13.000.526	-	\$ 13.000.526	4.257.360
	12	-	-	-	-	\$ 11.598.637	\$ 1.401.888	\$ 13.000.526	\$ 13.000.526	-	\$ 13.000.526	4.257.360
	13	-	-	-	-	\$ 11.598.637	\$ 1.401.888	\$ 13.000.526	\$ 13.000.526	-	\$ 13.000.526	4.257.360
	14	-	-	-	-	\$ 11.598.637	\$ 1.401.888	\$ 13.000.526	\$ 13.000.526	-	\$ 13.000.526	4.257.360
	15	-	-	-	-	\$ 11.598.637	\$ 1.401.888	\$ 13.000.526	\$ 13.000.526	-	\$ 13.000.526	4.257.360
	16	-	-	-	-	\$ 11.598.637	\$ 1.401.888	\$ 13.000.526	\$ 13.000.526	-	\$ 13.000.526	4.257.360
	17	-	-	-	-	\$ 11.598.637	\$ 1.401.888	\$ 13.000.526	\$ 13.000.526	-	\$ 13.000.526	4.257.360
	18	-	-	-	-	\$ 11.598.637	\$ 1.401.888	\$ 13.000.526	\$ 13.000.526	-	\$ 13.000.526	4.257.360
	19	-	-	-	-	\$ 11.598.637	\$ 1.401.888	\$ 13.000.526	\$ 13.000.526	-	\$ 13.000.526	4.257.360
<b>Mantenimiento anual</b>	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Reposición de Equipos</b>												
Reinversión PTAS cada 10 años												
Reinversión PEAS y PEAP cada 10 años												
<b>Mantenimiento anual</b>												
Equipos e instalaciones eléctricas												
Obras civiles												
<b>Composición inversión</b>												
Equipos e instalaciones eléctricas												
Obras civiles												
<b>VAN</b>		\$ 8.665.745	\$ 26.689.543	\$ 135.914.641	\$ 171.269.929	\$ 97.021.674	\$ 11.726.684	\$ 108.748.358	\$ 280.018.286	\$ 35.612.476		
<b>Costo US\$/m3</b>		<b>\$ 0,24</b>	<b>\$ 0,75</b>	<b>\$ 3,82</b>	<b>\$ 4,81</b>	<b>\$ 2,72</b>	<b>\$ 0,33</b>	<b>\$ 3,05</b>	<b>\$ 7,86</b>			

ii. Suministro de 750 [l/s]

Los valores actuales de costos correspondientes al suministro de 750 [l/s] para el abastecimiento de la Mina Sur, mediante la alternativa Aguas Servidas Tratadas, son presentados en la tabla E.20.

**Tabla E.20. Valor Actual de Costos. Aguas Servidas Tratadas Sur 750 [l/s].**  
Fuente: Elaboración Propia.

<b>Evaluación</b>																		
Abastecimiento mina con aguas servidas tratadas																		
Valores en US\$																		
750 L/s																		
<b>Valor Actual de Costos</b>																		
<b>Caudal producido</b>																		
<b>Costo por Obra</b>																		
Año	CAPEX PTAS US\$	CAPEX PEAS y PEAP US\$	CAPEX Otros US\$	Total CAPEX US\$	OPEX Op. y energía US\$	OPEX Mantenimiento US\$	Total OPEX US\$	Total Costo US\$	Recarga de AS tratadas [m <sup>3</sup> /año]									
0	\$ 119.683.934	\$ 30.836.750	\$ 119.683.934	\$ 375.813.711	\$ 526.334.395	-	-	\$ 526.334.395	-									
1	\$ 215.155.376	-	-	-	\$ 60.169.737	\$ 4.565.743	\$ 64.735.480	\$ 64.735.480	\$ 64.735.480	21.286.800								
2	\$ 30.836.750	-	-	-	\$ 60.169.737	\$ 4.565.743	\$ 64.735.480	\$ 64.735.480	\$ 64.735.480	21.286.800								
3	\$ 6.000.000	-	-	-	\$ 60.169.737	\$ 4.565.743	\$ 64.735.480	\$ 64.735.480	\$ 64.735.480	21.286.800								
4	\$ 49.391.456	-	-	-	\$ 60.169.737	\$ 4.565.743	\$ 64.735.480	\$ 64.735.480	\$ 64.735.480	21.286.800								
5	\$ 105.266.879	-	-	-	\$ 60.169.737	\$ 4.565.743	\$ 64.735.480	\$ 64.735.480	\$ 64.735.480	21.286.800								
6	\$ 526.334.395	-	-	-	\$ 60.169.737	\$ 4.565.743	\$ 64.735.480	\$ 64.735.480	\$ 64.735.480	21.286.800								
7	-	-	-	-	\$ 60.169.737	\$ 4.565.743	\$ 64.735.480	\$ 64.735.480	\$ 64.735.480	21.286.800								
8	-	-	-	-	\$ 60.169.737	\$ 4.565.743	\$ 64.735.480	\$ 64.735.480	\$ 64.735.480	21.286.800								
9	-	-	-	-	\$ 60.169.737	\$ 4.565.743	\$ 64.735.480	\$ 64.735.480	\$ 64.735.480	21.286.800								
10	\$ 9.251.025	\$ 47.873.574	-	\$ 57.124.599	\$ 60.169.737	\$ 4.565.743	\$ 64.735.480	\$ 121.860.078	\$ 121.860.078	21.286.800								
11	-	-	-	-	\$ 60.169.737	\$ 4.565.743	\$ 64.735.480	\$ 64.735.480	\$ 64.735.480	21.286.800								
12	-	-	-	-	\$ 60.169.737	\$ 4.565.743	\$ 64.735.480	\$ 64.735.480	\$ 64.735.480	21.286.800								
13	-	-	-	-	\$ 60.169.737	\$ 4.565.743	\$ 64.735.480	\$ 64.735.480	\$ 64.735.480	21.286.800								
14	-	-	-	-	\$ 60.169.737	\$ 4.565.743	\$ 64.735.480	\$ 64.735.480	\$ 64.735.480	21.286.800								
15	-	-	-	-	\$ 60.169.737	\$ 4.565.743	\$ 64.735.480	\$ 64.735.480	\$ 64.735.480	21.286.800								
16	-	-	-	-	\$ 60.169.737	\$ 4.565.743	\$ 64.735.480	\$ 64.735.480	\$ 64.735.480	21.286.800								
17	-	-	-	-	\$ 60.169.737	\$ 4.565.743	\$ 64.735.480	\$ 64.735.480	\$ 64.735.480	21.286.800								
18	-	-	-	-	\$ 60.169.737	\$ 4.565.743	\$ 64.735.480	\$ 64.735.480	\$ 64.735.480	21.286.800								
19	-	-	-	-	\$ 60.169.737	\$ 4.565.743	\$ 64.735.480	\$ 64.735.480	\$ 64.735.480	21.286.800								
20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-								
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-								
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-								
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-								
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-								
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-								
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-								
27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-								
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-								
29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-								
<b>Tasa Evaluación</b>										10%								
<b>Reposición de Equipos</b>																		
Reinversión PTAS cada 10 años										30%								
Reinversión PEAS y PEAP cada 10 años										40%								
<b>Mantenimiento anual</b>																		
Equipos e instalaciones eléctricas										2%								
Obras civiles										0.5%								
<b>Composición Inversión</b>																		
Equipos e instalaciones eléctricas										40%								
Obras civiles										60%								
VAN										\$ 34.403.421	\$ 138.141.269	\$ 375.813.711	\$ 548.358.401	\$ 503.315.044	\$ 38.192.073	\$ 541.507.116	\$ 1.089.865.517	178.062.381
<b>Costo US\$/m<sup>3</sup></b>										\$ 0,19	\$ 0,78	\$ 2,11	\$ 3,08	\$ 2,83	\$ 0,21	\$ 3,04	\$ 6,12	