



Editorial de la
Universidad Tecnológica Nacional - U.T.N.

Tesis de Maestría en Ingeniería Ambiental

**Externalidades ambientales en la aplicación de Ósmosis
Inversa para potabilización de agua sólo para la ingesta.
Análisis de caso**

Autor: **Lic. Emanuel CABEZAS**

Director: **Mg. Ing. Olga CIFUENTES**

Co-director: **Mg. Lic. Juan ESANDI**

Facultad Regional Bahía Blanca - U.T.N.

Argentina 2013



Tesis financiada por una beca de la
Comisión de Investigaciones Científicas (CIC)

Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional – edUTecNe

<http://www.edutecne.utn.edu.ar>

edutecne@utn.edu.ar

© [Copyright]

La Editorial de la U.T.N. recuerda que las obras publicadas en su sitio web son de libre acceso para fines académicos y como un medio de difundir la producción cultural y el conocimiento generados por autores universitarios o auspiciados por las universidades, pero que estos y edUTecNe se reservan el derecho de autoría a todos los fines que correspondan.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera expresar mi agradecimiento principalmente a la directora de la presente tesis Mg. Ing. Olga Cifuentes, por su paciencia, dedicación y orientación brindada a lo largo de este trabajo.

Al co-director Mg. Lic. Juan Esandi, por sus valiosos comentarios y atinadas correcciones en el proceso de elaboración y edición de la tesis.

A los docentes y compañeros de la carrera de Maestría en Ingeniería Ambiental y al Grupo de Estudio de Ingeniería Ambiental (GEIA) de la UTN-FRBB, en particular a la Mg. Ing. Aloma Sartor por sus aportes y comentarios.

Al Sr. Intendente de la Municipalidad de Monte Hermoso Ing. Marcos Luis Fernández, por haberme permitido tener acceso a la información para desarrollar la tesis.

A la Comisión de Investigaciones Científicas (CIC) de la Provincia de Buenos Aires, Argentina, quien aportó el financiamiento para realizar la tesis a través de una Beca de Estudio para Graduados Universitarios (2012-2013).

A los actores sociales que fueron entrevistados a lo largo de la investigación, por su buena predisposición: Sr. Martín Gallardo, Jefe del Departamento Administrativo de Servicios Sanitarios del Municipio de Monte Hermoso; Sr. Juan José Quaglia, de Quaglia Tratamiento de Agua, representante en Bahía Blanca de Orbital Ingeniería; Sr. Oscar Larrosa, Jefe de Planta del Departamento de Obras Sanitarias del Municipio de Coronel Dorrego; Lic. Claudina Di Martino, tesista en desarrollo sobre el recurso hídrico subterráneo de Monte Hermoso; Sr. Marcio Bonzini, integrante de proyecto Gobernanza y Gestión Integrada de los Recursos Hídricos de la UTN-FRBB, especializado en Sistemas de Información Geográficos; Sr. Gustavo Márquez, Jefe de Operaciones de Bahía Blanca Plaza Shopping; Ing. Javier Milivinti, Encargado del mantenimiento de la planta de Ósmosis Inversa del Bahía Blanca Plaza Shopping; Sr. Francisco Chiari, Encargado de Cimes Bahía Blanca; Lic. Fernando Saroglia, Representante de Ingeniería Romin; Técnico Químico Ariel Airasca, del Laboratorio de Química de la UTN-FRBB; Patricia Salomón, Personal laboratorio de la Autoridad Del Agua (ADA) Bahía Blanca.

Por último, quiero agradecer a mi familia, por su constante apoyo y comprensión a lo largo de la carrera y a mi pareja Guadalupe, por su amor y paciencia.

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	13
I. INTRODUCCIÓN.....	16
II. HIPOTESIS Y OBJETIVOS	20
II.1. Hipótesis	20
II.2. Objetivo general	20
II.3. Objetivos particulares	20
III. MARCO TEORICO	22
III.1. Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH)	22
III.2. Sustentabilidad del servicio de agua potable	23
III.3. Vulnerabilidades del servicio de agua potable.....	25
III.4. Actores Sociales en la gestión del agua.....	27
III.5. Valor económico del agua	28
III.6. Externalidades e impactos ambientales	28
III.7. Agua potable vs. agua corriente vs. agua envasada	30
III.8. Implicancias para la salud de algunos contaminantes en el agua	32
III.8.1. Contaminantes biológicos	32
III.8.2. Contaminantes químicos	34
III.8.3. Aspectos físicos relativos a la aceptabilidad	35
III.9. Calidad de aguas en función de su salinidad	36
III.10. Opciones de tratamiento de aguas	36
III.11. Tratamiento por OI.....	40
III.11.1. Proceso y fundamentos físicos de la OI	40
III.11.2. Consideraciones de diseño de una planta de OI	41
III.11.3. Componentes de una planta típica de OI.....	42
III.11.4. Configuración de una planta de OI	44
III.11.5. Membranas de OI.....	45
III.11.6. Pre-tratamiento en la OI	47
III.11.7. Post-tratamiento en la OI.....	48
III.12. Costos de la OI.....	48
III.13. Amortización de la inversión	50
III.13.1. Período de diseño	50
III.13.2. Cálculo de la amortización	51
III.14. Impactos ambientales derivados de la OI	51
III.14.1. Impacto por el uso de la tierra	53
III.14.2. Impacto en el acuífero	53
III.14.3. Impacto del agua de rechazo y otros vertidos de la OI.....	54
III.14.4. Impacto por el ruido	55
III.14.5. Impacto por el uso intensivo de energía. Huella de carbono.....	56
III.15. Población estable, turística y recreacional.....	57
III.16. Indicadores	57
IV. MARCO METODOLÓGICO	60
IV.1. Universo de estudio.....	60
IV.2. Fuentes	60
IV.3. Instrumentos	61
V. MARCO LEGAL	68
V.1. Internacional	68

V.2. Nacional: Argentina	68
V.3. Provincial: Provincia de Buenos Aires	68
V.4. Municipal: Monte Hermoso	69
VI. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO	72
VI.1. Ubicación geográfica	72
VI.2. Caracterización climática	73
VI.3. Geomorfología	74
VI.4. Recursos hídricos	74
VI.5. Infraestructura de servicios	75
VI.6. Población estable	77
VI.7. Perfil económico-productivo y poblacional estival	78
VI.8. Proyección de la población estable y estival	78
VII. CONDICIONES DEL SERVICIO ACTUAL DE AGUA CORRIENTE.....	82
VII.1. Captación y almacenamiento.....	82
VII.2. Distribución y comercialización.....	83
VII.3. Caudales	84
VII.3.1. Cantidad de agua corriente suministrada al servicio	84
VII.3.2. Proyección de la demanda de agua	85
VII.4. Calidad de agua	86
VIII. CONDICIONES DE ENTREGA DE AGUA POTABLE ENVASADA A LA POBLACION ESTABLE	94
VIII.1. Estándares de calidad del agua requeridos	94
VIII.2. Estimación de la demanda	95
VIII.3. Condiciones para la distribución de bidones.....	95
IX. PROCESO DE PRODUCCIÓN	100
IX.1. Pretratamiento.....	102
IX.2. Proceso de OI.....	102
IX.3. Postratamiento	103
IX.4. Envasado	104
X. INVERSIONES Y COSTOS ASOCIADOS	106
X.1. Inversión inicial.....	106
X.2. Amortización de la inversión	109
X.3. Costos y gastos de operación	110
X.3.1. Proceso de OI.....	110
X.3.2. Desinfección	111
X.3.3. Envasado	111
X.3.4. Mano de obra	112
X.3.5. Mantenimiento propio de la planta de OI.....	112
X.3.6. Cargo energético fijo.....	113
X.3.7. Resumen costos y gastos de operación	113
X.4. Análisis de las capacidades a instalar	114
XI. IMPACTOS AMBIENTALES DEL PROYECTO.....	118
XI.1. Impactos ambientales en la etapa de construcción	118
XI.2. Impactos en la etapa de operación y mantenimiento	119
XI.2.1. Impactos derivados de la OI.....	119
XI.2.2. Impactos ambientales derivados de la distribución de agua envasada	130
XI.3. Impactos ambientales en la etapa de cierre	134
XI.3.1. Etapa de cierre con desmantelamiento.....	134

XI.3.2. Etapa de cierre sin desmantelamiento.....	135
XII. RESULTADO DE INDICADORES	138
XIII. ALTERNATIVAS DE GESTIÓN QUE MINIMICEN/ MITIGUEN IMPACTOS EN EL AMBIENTE	142
XIV. OTRAS EXTERNALIDADES AMBIENTALES DEL PROYECTO	146
XIV.1. Externalidades ambientales en etapa de construcción.....	146
XIV.2. Externalidades ambientales en etapa de operación	148
XIV.3. Externalidades ambientales en etapa de cierre.....	151
XV. CONSIDERACIONES FINALES.....	154
XVI. BIBLIOGRAFIA	162
XVII. PAGINAS WEB CONSULTADAS	166
XVIII. ANEXOS	168
XVIII.1. Hoja metodológica de indicadores.	168
XVIII.2. Proyección de la población de Monte Hermoso: 2013-2022.....	168
XVIII.3. Diario La Nueva Provincia, 03/07/12: “Más energía para Monte Hermoso: Comenzó la puesta a punto de la nueva subestación”.....	168
XVIII.4. Parámetros de vuelco efluentes industriales Anexo II, Resolución 336/2003, Provincia de Buenos Aires.	168
XVIII.5. Parámetros de calidad de agua potable y envasada.	168
XVIII.6. CAA, Capítulo XII, Art. 982 y 983.	168
XVIII.7. Inversiones y costos.....	168
XVIII.8. Presupuestos y especificación de planta de OI. Ingeniería Romin.	168
XVIII.9. Presupuesto planta OI, equipo de desinfección y envasado. Quaglia.....	168
XVIII.10. Especificaciones planta OI, Quaglia Tratamiento de Agua.	168
XVIII.11. Especificaciones equipo de desinfección, Quaglia Tratamiento de Agua.	168
XVIII.12. Especificaciones equipo envasado, Quaglia Tratamiento de Agua.	168
XVIII.13. Entrevista Bahía Blanca Plaza Shopping.	168
XVIII.14. Entrevista a Nalco: Mantenimiento planta OI Bahía Blanca Plaza Shopping. .	168
XVIII.15. Entrevista en planta de OI y envasado de Coronel Dorrego.	168
XVIII.16. Entrevista Cimes: Proveedor de agua potable envasada.	168
XVIII.17. Entrevista Municipalidad de Monte Hermoso.....	168
XVIII.18. Plano red de agua corriente Monte Hermoso, 2012.	168
XVIII.19. Plano red cloacal de Monte Hermoso, 2012.....	168
XVIII.20. Diario La Nueva Provincia, 07/05/12 “Monte Hermoso invertirá 4 millones en el reciclado”.....	168

REFERENCIAS

Lista de Tablas

Tabla N° 1 Parámetros de calidad de agua potable y envasada	31
Tabla N° 2 Indicadores de contaminación biológica.....	33
Tabla N° 3 Contaminantes químicos	35
Tabla N° 4 Caracterización del agua en función de su salinidad	36
Tabla N° 5 Comparación de distintas tecnologías de remoción de Arsénico	37
Tabla N° 6 Comparación de distintas tecnologías de reducción de Flúor	37
Tabla N° 7 Clasificación de costos OI	50
Tabla N° 8 Periodos de diseño en sistemas de agua potable	50
Tabla N° 9 Compuestos químicos utilizados en el pre-tratamiento	55
Tabla N° 10 Compuestos químicos utilizados en el post-tratamiento.....	55
Tabla N° 11 Indicadores teóricos propuestos	62
Tabla N° 12 Población Monte Hermoso.....	78
Tabla N° 13 Proyección de la población estable y estival de Monte Hermoso	79
Tabla N° 14 Proyección de la demanda de agua para la población y estival	85
Tabla N° 15 Análisis físico-químicos y microbiológicos del tanque elevado	89
Tabla N° 16 Resumen de los resultados de los análisis del tanque elevado	91
Tabla N° 17 Límites admisibles para agua envasada	94
Tabla N° 18 Requerimiento de bidones para el período proyectado.....	95
Tabla N° 19 Distribución agua envasada Monte Hermoso	97
Tabla N° 20 Parámetros agua de alimentación	100
Tabla N° 21 Datos filtro rápido.....	102
Tabla N° 22 Datos planta OI.....	102
Tabla N° 23 Elementos constitutivos planta OI.....	103
Tabla N° 24 Especificaciones equipo desinfección	103
Tabla N° 25 Componentes principales equipo desinfección	104
Tabla N° 26 Especificaciones lavado-llenado de envases	104
Tabla N° 27 Inversión inicial del proyecto.....	108
Tabla N° 28 Tasa de interés (BOCON PR15)	109
Tabla N° 29 Costos y gastos operativos año 2013	114
Tabla N° 30 Capacidades a instalar.....	115
Tabla N° 31 Volumen de efluente de rechazo	121
Tabla N° 32 Calidad del agua de rechazo vs. parámetros de vuelco.....	123
Tabla N° 33 Cálculo de la energía requerida por el proyecto	125
Tabla N° 34 Emisión de CO ₂ en producción de energía en Argentina	126
Tabla N° 35 Huella de carbono per cápita y por m ³	127
Tabla N° 36 Impacto de membranas y filtros	129
Tabla N° 37 Impacto ambiental de los envases	131
Tabla N° 38 Impacto ambiental de las tapas.....	132
Tabla N° 39 Volumen de agua de lavado	132
Tabla N° 40 Detergente dispuesto en el proceso	133
Tabla N° 41 Residuos del desmantelamiento	135
Tabla N° 42 Resultado indicadores propuestos	138
Tabla N° 43 Cuadro resumen impactos y alternativas de mitigación etapa de construcción .	142
Tabla N° 44 Cuadro resumen impactos y alternativas de mitigación etapa de operación.....	142

Tabla N° 45 Cuadro resumen impactos y alternativas de mitigación etapa de cierre con desmantelamiento.....	143
Tabla N° 46 Cuadro resumen impactos y alternativas de mitigación etapa de cierre sin desmantelamiento.....	143
Tabla N° 47 Externalidades ambientales en etapa de construcción.....	147
Tabla N° 48 Resumen de principales residuos para todo el período de proyecto.....	149
Tabla N° 49 Externalidades ambientales en etapa de operación.....	150
Tabla N° 50 Externalidades ambientales en etapa de cierre con desmantelamiento.....	152
Tabla N° 51 Externalidades ambientales en etapa de cierre sin desmantelamiento.....	152

Lista de Gráficos

Gráfico N° 1 Inversiones totales en tratamiento de As.....	38
Gráfico N° 2 Costos anuales de O&M en tratamiento de As.....	38
Gráfico N° 3 Variación del consumo energético en plantas de OI.....	49
Gráfico N° 4 Oferta y demanda de agua corriente.....	86
Gráfico N° 5 Análisis de Turbidez tanque elevado Monte Hermoso (1997-2012).....	86
Gráfico N° 6 Análisis de pH tanque elevado Monte Hermoso (1997-2012).....	87
Gráfico N° 7 Análisis de As tanque elevado Monte Hermoso (1997-2012).....	87
Gráfico N° 8 Análisis de F tanque elevado Monte Hermoso (1997-2012).....	88
Gráfico N° 9 Inversión inicial del proyecto.....	108
Gráfico N° 10 Costos y gastos operativos año 2013.....	113
Gráfico N° 11 Capacidad ociosa plantas OI y envasado.....	115
Gráfico N° 12 Costos y gastos operativos año 2013.....	156

Lista de Figuras

Figura N° 1 a) Fenómeno de Ósmosis b) Situación de equilibrio c) Osmosis Inversa.....	40
Figura N° 2 Proceso industrial de OI.....	42
Figura N° 3 Fotografía de una planta de OI.....	44
Figura N° 4 Diagrama tipo de un sistema de OI.....	44
Figura N° 5 Membrana de módulo arrollado en espiral.....	46
Figura N° 6 Módulo tubular.....	46
Figura N° 7 Membrana de fibra fina hueca.....	47
Figura N° 8 Límites del sistema de desalinización de aguas salobres.....	52
Figura N° 9 Ubicación geográfica de Monte Hermoso.....	72
Figura N° 10 Accesibilidad de Monte Hermoso.....	73
Figura N° 11 Recursos hídricos Monte Hermoso.....	75
Figura N° 12 Ubicación de puntos de interés en la gestión de servicios de Monte Hermoso ..	76
Figura N° 13 Captación y almacenamiento agua subterránea Monte Hermoso.....	83
Figura N° 14 Entrega de bidones en la localidad de Cnel. Dorrego.....	96
Figura N° 15 Proceso de producción de agua potable para distribución envasada.....	101
Figura N° 16 Área de influencia planta de OI.....	119
Figura N° 17 Área de influencia planta de OI.....	120
Figura N° 18 Ejemplo de utilización del agua de rechazo para riego.....	122

Figura N° 19 Membrana de OI	128
Figura N° 20 Cartuchos de filtro OI.....	129
Figura N° 21 Envases de 12 L	131
Figura N° 22 Tapas de envases de 12 L	132
Figura N° 23 Detergente limpiador y proceso de lavado de envases.....	133
Figura N° 24 Impactos, mitigaciones y externalidades principales en operación y mantenimiento.....	159

ABREVIATURAS

AA	Adsorción con Alúmina Activada
ADA	Autoridad Del Agua
Art.	Artículo
As	Arsénico
CAA	Código Alimentario Argentino
CapNet	Red Internacional para el Desarrollo de Capacidades en la Gestión Integrada de Recursos Hídricos
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CEPIS	Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente
CNEA	Comisión Nacional de Energía Atómica
CO ₂ e	Dióxido de Carbono Equivalente
COHIFE	Consejo Hídrico Federal
ENOHSa	Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento
EPA	Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos
F	Flúor
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GEIA	Grupo de Estudio de Ingeniería Ambiental
GIRH	Gestión Integrada de Recursos Hídricos
GWP	Global Water Partnership
hab	Habitante
INA - CELA	Instituto Nacional del Agua – Centro de Economía, Legislación y Administración del Agua
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
MH	Monte Hermoso
NMP	Número Más Probable
O&M	Operación y Mantenimiento
OCABA	Organismo de Control de Aguas de Buenos Aires
OI	Ósmosis Inversa
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONU	Organización de Naciones Unidas
OPS	Organización Panamericana de la Salud
SAAM	Sólidos Activos al Azul de Metileno
SSEE	Sólidos Solubles en Éter Etílico
T°	Temperatura
u	Unidad
UE	Unión Europea
UFC	Unidades Formadoras de Colonias
UV	Rayos ultra violeta

UNIDADES

°C	Grado Celsius (unidad de temperatura)
g	Gramo (unidad de peso)
h	Hora (unidad de tiempo)
ha	Hectárea (unidad de superficie)
HP	Horse Power, caballo de potencia (unidad de potencia)
kg	Kilogramo (unidad de peso)
km	Kilómetro (unidad de longitud)
kW	Kilowatt (unidad de potencia)
kWh	Kilowatt-hour, kilovatio por hora (unidad de energía)
l	Litro (unidad de volumen)
m ³	Metro cúbico (unidad de volumen)
mg/l	Miligramo por litro (unidad de concentración)
ml	Mililitro (unidad de volumen)
mm	Milímetro (unidad de longitud)
mW	Megawatt (unidad de potencia)
t	Tonelada (unidad de peso)
UNT	Unidad Nefelométrica de Turbidez
V	Volt (unidad de tensión eléctrica)

RESUMEN

La presente tesis tiene por objetivo identificar y cuantificar mediante indicadores los impactos y las externalidades ambientales de la aplicación de un sistema de Ósmosis Inversa (OI) para provisión de agua potable envasada, a fin de ser distribuida sólo para la ingesta en la localidad de Monte Hermoso, Provincia de Buenos Aires.

Para lograr lo planteado se realiza un marco teórico sobre equipos de OI, desinfección, limpieza y envasado, una revisión de la normativa respecto a la temática de estudio y una descripción de la localidad turística, incluyendo su ubicación geográfica, clima, geomorfología y recursos hídricos, infraestructura de servicios, población estable y turística, proyección de la población, perfil económico-productivo, condiciones del servicio actual de abastecimiento de agua, actores sociales involucrados, entre otros.

Luego del relevamiento se realiza una estimación de la demanda diaria de agua potable envasada y de los costos de instalación, operación y mantenimiento de una planta de OI (y equipos complementarios) para la producción de agua potable envasada sólo para la ingesta para el período 2013-2022.

Por último se identifican los impactos ambientales, que representan los efectos directos sobre el ambiente derivados de la OI y producción envasada, y las externalidades ambientales, en las cuales se incluye a los efectos indirectos que resulten en pérdidas de bienestar no compensadas y/o no incluidas en el costo del m³ de agua. A su vez se ofrecen alternativas de gestión que minimicen/mitiguen impactos en el ambiente y se plantean indicadores que permitan hacer un seguimiento del sistema, de las externalidades ambientales de este tipo de abastecimiento y de sus tendencias.

PALABRAS CLAVE: osmosis inversa - agua potable - agua envasada – impactos ambientales – externalidades

I. INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas se ha evidenciado la necesidad de hacer un uso adecuado y sustentable de los recursos naturales, dentro de los cuales el agua aparece como un tema prioritario. La creciente demanda, motivada por el crecimiento poblacional y por el mejoramiento en la calidad de vida de algunos países, y las limitaciones en la oferta, causadas por la dificultad de acceso a las fuentes y por la contaminación de los recursos hídricos, exigen una gestión responsable y sustentable del recurso agua.

“El agua es un recurso renovable, escaso y vulnerable, (...) es un elemento insustituible para el sostenimiento de la vida humana y el resto de los seres vivos, siendo al mismo tiempo un insumo imprescindible en innumerables procesos productivos. A pesar de ser renovable, la escasez del agua se manifiesta gradualmente a medida que aumentan las demandas y los conflictos por su uso. Su carácter de vulnerable se manifiesta en la creciente degradación de su calidad, lo cual amenaza la propia existencia de la vida” (COHIFE, Principios Rectores de Política Hídrica, 2006).

En la Provincia de Buenos Aires, hay localidades donde históricamente se presta un servicio de agua para la población que no cumple con todos los límites admisibles para ser considerada potable, que puede deberse a las características naturales de la fuente de captación del recurso o bien a una contaminación de origen antrópico. Esto no implica necesariamente un riesgo a corto plazo para quien ingiera el agua, siempre y cuando se cumpla con los parámetros de calidad microbiológica y que la autoridad competente de su conformidad de acuerdo a la legislación vigente, considerándola agua corriente.

Este es el caso de Monte Hermoso, localidad costera ubicada al Sur-Oeste de la Provincia de Buenos Aires, cuya fuente de abastecimiento de agua es el recurso hídrico subterráneo. Existen como antecedentes, resultados de análisis de calidad de agua de los distintos pozos de extracción (desde 1997 a 2012) aportados por el municipio que justifican la necesidad de evaluar una alternativa de abastecimiento de agua potable, ya que, de acuerdo al Decreto 878/03 de la Provincia de Buenos Aires, el servicio que se distribuye actualmente a la población es categorizado como Agua Corriente para el consumo humano e higiene (agua microbiológicamente potable pero que incumple con algunos de los parámetros físico-químicos establecidos).

Por tal motivo, el Municipio ha comenzado a analizar la posibilidad de brindar a la población Agua Potable envasada solo para la ingesta, utilizando alguno/s de los pozos de extracción y aplicando un tratamiento por Ósmosis Inversa (OI), manteniendo paralelamente el sistema actual de agua corriente para otros usos (higiene personal, limpieza, riego, entre otros).

Esta diferenciación entre ambos sistemas (agua corriente por red y agua potable envasada) se fundamenta en que sería inviable, desde el punto de vista económico y ambiental, la alternativa de tratar por OI toda el agua que consume la población y distribuirla por la red de agua corriente actual, teniendo en cuenta que se debería potabilizar un volumen 125 veces mayor que el agua potable requerida solo para ingesta.

Considerando que el uso del sistema de OI se encuentra en expansión a nivel mundial, que es un método eficiente para la remoción de Arsénico y Flúor (elementos presentes en las aguas de la región) y que el caso de estudio puede ser replicable a otras localidades costeras y/o turísticas con aguas de similares características, se pretende analizar la aplicabilidad de una planta de OI en la localidad de Monte Hermoso (Provincia de Buenos Aires, Argentina) para distribuir agua potable envasada sólo para la ingesta, evaluando los impactos ambientales y externalidades a partir de indicadores que permitan observar tendencias.

Debe hacerse la salvedad que durante el transcurso de la presente tesis se tomó conocimiento que en Marzo de 2012 el Código Alimentario Argentino (CAA) prorrogó el plazo de cinco años para alcanzar el valor de 0,01 mg/l de arsénico, hasta contar con los resultados del estudio Hidroarsenicismo y Saneamiento Básico en la República Argentina. Una vez transcurrido el período de prórroga, y si la decisión fuera mantener como límite máximo vigente 0,05 mg/l de As, perdería fuerza la hipótesis del presente trabajo, teniendo en cuenta que las aguas subterráneas del área de estudio cumplirían con dicho estándar. De todos modos, teniendo en cuenta la tendencia a nivel mundial, se espera que el valor de As se baje a 0,01 mg/l.

Teniendo en cuenta que la población turística consume el agua de Monte Hermoso durante el período estival y/o periodos cortos, y que la normativa autoriza la distribución de agua corriente para la ingesta por períodos limitados, la evaluación de los impactos y de las externalidades se hace sobre la población estable, que es la que consume el agua potable durante todo el año.

Uno de los inconvenientes que surgieron a lo largo del desarrollo de la tesis fue que las cotizaciones en pesos no se mantuvieron estables debido al proceso inflacionario verificado en nuestro país. Para salvar esta situación se tomó el mes de Marzo de 2013 como base para expresar las inversiones y costos calculados, y el dólar oficial para la equivalencia entre el peso argentino y dicha moneda extranjera.

II. HIPOTESIS Y OBJETIVOS

II. HIPOTESIS Y OBJETIVOS

II.1. Hipótesis

Puede asegurarse agua potable para la ingesta a una localidad turística a costos ambientales accesibles, tratando el agua mediante un sistema de OI, y distribuyéndola envasada.

II.2. Objetivo general

Identificar y cuantificar mediante indicadores los impactos y las externalidades ambientales de la aplicación de un sistema de Ósmosis Inversa para provisión de agua potable envasada, para ser distribuida sólo para la ingesta a una localidad turística (Caso Monte Hermoso).

II.3. Objetivos particulares

- Establecer población estable y turística; cantidad y calidad de agua potable requerida y variación estacional de la demanda.
- Estimar costos de instalación, operación y mantenimiento de una planta de OI y equipos complementarios para la producción de agua potable envasada sólo para la ingesta, para el período 2013-2022.
- Identificar los impactos y las externalidades ambientales asociados al proyecto.
- Construir indicadores que permitan hacer un seguimiento del sistema, de las externalidades ambientales de este tipo de abastecimiento y sus tendencias.
- Plantear alternativas de gestión que minimicen/mitiguen impactos en el ambiente.

III. MARCO TEÓRICO

III. MARCO TEORICO

Para dar soporte teórico a la hipótesis planteada, se brindan los principales conceptos que se utilizarán a lo largo de la investigación.

III.1. Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH)

Es necesario hacer una evaluación del proyecto en el contexto de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) desde su captación hasta su disposición final, ya que la aplicación de tecnologías como la de OI para potabilización de agua involucra el uso de un recurso (superficial o subterráneo) y que, a su vez, la aplicación de esta tecnología produce efluentes que son potencialmente contaminantes a los mismos recursos e incluso al suelo.

Puede definirse la GIRH, como un “proceso sistemático para el desarrollo sostenible, la asignación y el control del uso de los recursos hídricos en el contexto de objetivos sociales, económicos y medioambientales (...). La base de la GIRH es que existe una variedad de usos de los recursos hídricos que son interdependientes. La falla para reconocer la interdependencia junto con un uso no regulado puede llevar a las consecuencias negativas del mal uso de los recursos hídricos y, a largo plazo, a recursos hídricos insostenibles” (CapNet, 2008).

La GIRH se sustenta en cuatro principios, conocidos como Principios de Dublín (GWP, 2005):

- 1) El agua dulce es un recurso finito y vulnerable, esencial para mantener la vida, el desarrollo y el medio ambiente;
- 2) El desarrollo del recurso hídrico y su manejo deben basarse en un enfoque participativo, involucrando a los planificadores y a los legisladores en todos los niveles;
- 3) Las mujeres juegan un papel central en la provisión, manejo y preservación del agua;
- 4) El agua tiene un valor económico en todos sus usos competitivos y debe ser reconocido como un bien.

A lo largo de la investigación se demostrará que estos principios son de aplicabilidad al considerar la provisión de agua potable envasada tratada previamente mediante OI.

III.2. Sustentabilidad del servicio de agua potable

El desarrollo sostenible es uno de los objetivos de la GIRH. Las primeras nociones de sustentabilidad aparecieron como respuesta al deterioro y a la sobreexplotación de los recursos naturales. El Desarrollo Sustentable fue definido como aquel que “satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones”, siendo sus principios rectores los de “equidad social, eficiencia económica y sustentabilidad ecológica” (ONU, 1987).

De acuerdo al Decreto 878/03 ratificado por Ley N° 13.154/03, que regula los Servicios Públicos de Agua Potable en la Provincia de Buenos Aires, el servicio público sanitario “deberá prestarse en condiciones que garanticen su continuidad, regularidad, cantidad, calidad y universalidad, asegurando una prestación eficaz a los Usuarios y la protección de la salud pública y el medio ambiente, según las pautas que se correspondan con el servicio sustentable” (Art. 24). Expresa luego en su Art. 26 que un servicio es sustentable “cuando se logra equilibrar la oferta y demanda del mismo, donde la cobertura, calidad, inversiones, productividad y tarifas que reciben los Usuarios en el presente y en el futuro responden a un equilibrio, constituyendo la tarifa el principal elemento a tener en cuenta, en atención a la capacidad de pago de los Usuarios”.

Para que el servicio de provisión de agua potable sea sustentable se debe contar con un uso racional del agua. Al respecto el decreto 878/03 en su Art. 34 establece que “el manejo y consumo de agua potable deberá tender a un aprovechamiento racional, por parte de las Entidades Prestadoras, como por parte de los Usuarios del servicio, administrando cuidadosamente el agua y evitando su derroche”.

Conviene aquí definir qué se considera dotación de consumo. Para el ENOHSa (2003), existen dos definiciones al respecto:

- Dotación de consumo media anual efectiva (De): se refiere a la cantidad de agua promedio consumida en el año n por cada habitante servido.

$$De \text{ [L/hab. día]} = \frac{V_{\text{cresn}}}{365 \text{ días} \times P_{\text{sn}}}$$

Dónde:

De (litros/hab.día): Dotación efectiva (en el año n)

V cresn (litros): Volumen total consumido por usuarios residenciales durante el año n

Psn (habitantes): Población servida en el año n

- Dotación de Consumo Media Anual Aparente (Da): es el cociente entre el consumo medio diario total de agua potable, por cualquier concepto (consumos residenciales y no residenciales), y la población total servida exclusivamente.

$$Da \text{ [L/hab. día]} = \frac{V_{cn}}{365 \text{ días} \times P_{sn}}$$

Dónde:

Da (litros/hab.día): Dotación aparente (en el año n)

V cn (litros): Volumen medio consumido total de agua potable en el año n

Psn (habitantes): Población servida con agua potable en el año n

El ENOHSa (2003) sugiere un valor de dotación efectiva de consumo de “150 a 200 l/hab.día, con un máximo de 250 l/hab.día cuando hay condiciones de clima semiárido o árido”, siendo la dotación el volumen de agua consumido diariamente por habitante para todo uso (ingesta, higiene, riego, etc.).

El mismo ENOHSa (2003) en Cifuentes O. (2006) expresa que pueden haber diferencias en los consumos de acuerdo a la localidad en consideración. A continuación se transcriben algunos de los motivos expuestos por la autora que producen esta disparidad:

- Cambios en las costumbres de la población en el tiempo (ej. mayores condiciones de higiene personal);
- Diferentes costumbres de la población según el lugar (ej. mayor necesidad de riego en zonas áridas);
- Cambios debidos a avances tecnológicos que generan mayor consumo de agua domiciliario (ej. lavarropas automáticos, lavavajillas, etc.);
- Distintas condiciones meteorológicas;
- Tamaño de la ciudad (ej. mayor cantidad de habitantes mayor consumo de agua);
- Características de la ciudad (ej. ciudades con mayor actividad industrial mayor consumo de agua);
- Condición en la disposición de efluentes (ej. si existen redes colectoras cloacales habrá mayor consumo de agua pues es más fácil deshacerse de las excretas);
- Modalidad de abastecimiento (ej. si el servicio es medido o no);
- Valor de la tarifa de agua (ej. mayor costo del metro cúbico menor consumo, sobre todo si es medido);

- Calidad del agua suministrada (ej. un agua potable de excelente condición es más utilizada que una turbia, dura, con olor o sabor desagradable);
- Presión en la red distribuidora (ej. la presión en la red afecta el consumo a través de derroches y pérdidas. Partiendo del principio que el caudal a través de un orificio es proporcional a la altura de carga, las pérdidas en las cañerías aumentan con la presión. Los derroches también crecen con la presión pues es mayor el caudal que sale por una canilla abierta o un artefacto defectuoso).

En tanto que el consumo humano de agua exclusivamente para la ingesta se recomienda en 1,5 a 2,5 litros, además del agua contenida en los alimentos (FAO, 2013). Esta condición también varía de acuerdo al clima, costumbres, etc.

Estos conceptos se expresan pues a lo largo de la presente tesis se tratará de demostrar si es racional osmostizar agua para todo uso o solo para la ingesta. Como expresa el ENOHSA (2003), para el caso de aguas subterráneas, “puede plantearse, por razones económicas, la necesidad de tratar parcialmente el volumen de agua captada, dividiendo el abastecimiento en agua para consumo humano y agua para otros usos. La primera debe reunir todos los requisitos de potabilidad establecidos en las Normas de aplicación, mientras que la segunda puede no cumplirlos, si bien de todas maneras como mínimo debe asegurarse su adecuada desinfección”.

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, para futuros cálculos de dimensionamiento del proyecto se establece:

- un valor promedio de dotación de agua solo para la ingesta de 2 l/hab.día y,
- un valor promedio de dotación de agua para todo uso de 250 l/hab.día.

III.3. Vulnerabilidades del servicio de agua potable

Diferentes autores utilizan el término vulnerabilidad ligado al recurso agua. El Principio 1 de la GIRH establece que “el agua dulce es un recurso finito y vulnerable”. Gallopin G. (2003) manifiesta que, de un modo general, la vulnerabilidad de un sistema “la define su propensión a sufrir transformaciones significativas como consecuencia de su interacción con procesos externos o internos”.

Tratándose de un proyecto de provisión de agua potable para la población, se remite al Decreto 878/03, que en su Art. 8 define vulnerabilidad sanitaria como “el indicador objetivo y

relativo que cuantifica el riesgo sanitario por la combinación de la falta de agua y desagües cloacales, sumado a las condiciones socio-económicas de la población y otros parámetros estructurales”.

Si se tiene en cuenta que la fuente de extracción es el agua subterránea, deberá considerarse la vulnerabilidad del acuífero. Una definición útil la aporta Foster S. (1987, en Foster S. et al., 2002) que considera la vulnerabilidad a la contaminación “como aquellas características intrínsecas de los estratos que separan la zona saturada del acuífero de la superficie del terreno, lo cual determina su sensibilidad a ser adversamente afectado por una carga contaminante aplicada en la superficie”. Como bien expresa Di Martino C. (2012), en la localidad de Monte Hermoso “la cobertura del sistema de abastecimiento de agua coincide con la del servicio cloacal, que cubre el 66 % de las partidas. El resto utiliza pozos sépticos en coexistencia con perforaciones domiciliarias de extracción de agua para consumo, lo que representa una amenaza para la calidad del agua extraída y por lo tanto un riesgo para la salud de los consumidores”.

Otra vulnerabilidad que tiene el recurso hídrico es la asociada con la sobreexplotación de los pozos. Al respecto, la misma autora considera que “al encontrarse los pozos cercanos al mar, la sobreexplotación de los mismos por el aumento de la demanda de agua ocasionada por la población turística durante los meses de verano, podría traer aparejado problemas de salinización de las aguas extraídas para consumo”. Específicamente en cuanto al régimen de funcionamiento de los pozos ubicados en la Planta de Agua (que luego se describirá por tratarse de la localización de la planta de OI) “se deben tener en cuenta las distancias entre los mismos. Teniendo en cuenta la demanda de agua en un momento determinado, se debería alternar el funcionamiento de los pozos de tal forma que los conos de depresión no se interfieran y disminuya así su rendimiento” (Di Martino C., 2012).

Tomando en consideración que para su funcionamiento una planta de OI requiere de energía eléctrica, otra vulnerabilidad que se puede visualizar en el servicio de agua potable está relacionada con potenciales cortes en el suministro energético¹.

¹ Durante el transcurso de la tesis Monte Hermoso finalizó obras para ampliar la capacidad del servicio eléctrico.

III.4. Actores Sociales en la gestión del agua

La GIRH tiene un enfoque social y participativo (Principio 2, GIRH), ya que representa e involucra a todos los grupos de interés. Por este motivo es conveniente definir e identificar a los grupos o actores sociales que tienen participación, de manera directa o indirecta, en la gestión del servicio de agua potable.

Puede definirse como actor social a "cualquier sujeto social, individuo, grupo, clase de individuos, organización, institución, con intereses, recursos y/o capacidades de acción diferenciados, efectivos o potenciales, respecto de procesos pertinentes que modelan el campo de actuación del proyecto y/o sus condiciones de frontera" (Robirosa, M., 1991 en Cifuentes O., 2000).

El Decreto 878/03, en sus Art. 3, 4, 5 y 48, hace mención a los actores sociales involucrados en la gestión del servicio de agua potable, los que deben ser tenidos en cuenta pues de ellos depende la aceptación de la nueva forma de abastecimiento y distribución de agua potable envasada, teniendo en cuenta la movilidad que implica el acceso a la misma, el costo adicional de su servicio, entre otros. Entre los actores sociales dicho decreto menciona a:

- Las Entidades Prestadoras, que para el caso de estudio (Monte Hermoso) se corresponde al Art. 3 en su inciso 2): "Las Municipalidades titulares de los servicios por derecho propio o delegación convencional, mediante administración directa (...)".
- Autoridad Regulatoria: es el Ministerio de Infraestructura, Vivienda y Servicios Públicos de la Provincia de Buenos Aires. El mismo establece normas de funcionamiento relativas a la prestación del servicio, a las cuales deberán ajustar su accionar las empresas prestadoras. El Decreto 266/02 estableció como autoridad de aplicación de la Ley 12.257 "Código de Aguas de la Provincia de Buenos Aires" al ente descentralizado denominado Autoridad del Agua (ADA).
- Organismo de Control: es el Organismo de Control de Aguas de Buenos Aires (OCABA), y tiene como principales funciones defender los intereses de los Usuarios y hacer cumplir el Marco Regulatorio, controlando la prestación de los servicios y el cumplimiento de las obligaciones fijadas en los Contratos de Concesión en tal sentido.
- Usuarios del servicio: son considerados usuarios de los servicios de agua potable el propietario, consorcio de propietarios, poseedor o tenedor de un inmueble ubicado dentro del área servida.

III.5. Valor económico del agua

Teniendo en cuenta que se realizará una evaluación económica y de las externalidades de un proyecto de abastecimiento de agua, se destaca la existencia del valor económico del agua. Esto queda reflejado en el Principio 4 de la GIRH, que expresa que “tratar al agua como un bien económico es imperante para la toma de decisiones lógicas acerca de la asignación del agua entre sectores diferentes y competitivos, especialmente en un entorno de escasez de recursos hídricos. (...) En la GIRH, el valor económico de los usos alternativos del agua provee una guía para los tomadores de decisiones en la priorización de la inversión” (CapNet, 2008).

Es necesario diferenciar en esta instancia los conceptos de costo, precio y valor, a fin de que se haga una correcta lectura de este documento. Cuando se hable de costo se hará referencia a la suma de los factores empleados para la producción del agua osmotizada entregada en bidones, en tanto que precio será el importe pagado por la población, tanto en el sector público (tarifa) como en el sector privado (precio del agua en el mercado). Por otro lado, el valor del agua “mide lo que el usuario está dispuesto a pagar por ella”. En este sentido, “cuando se habla de valorar económicamente el agua se hace referencia a la búsqueda de un valor que sea indicador de su importancia en el bienestar de la comunidad” (INA – CELA, 2013).

III.6. Externalidades e impactos ambientales

Ligado al concepto de valoración económica del agua aparece el de externalidades. De un modo genérico, se puede decir que una externalidad “surge cuando las actividades sociales o económicas de un grupo de personas tiene un impacto en otro grupo y cuando ese impacto no es plenamente considerado o compensado por el primer grupo” (Comisión Europea, 2003).

Las externalidades ambientales pueden ser positivas o negativas. Una externalidad negativa (o coste externo), “ocurre cuando la acción de un individuo resulta en pérdidas de bienestar no compensadas para otro”. La compensación de una externalidad negativa no indicará la eliminación del daño o impacto ambiental, a menos que la compensación “se base precisamente en eliminar ese efecto nocivo y revertir la situación original del medio” (Delacámara G., 2008). Cabe destacar que en esta tesis, con la expresión “costos ambientales”, se hace referencia a estas externalidades ambientales negativas.

Las externalidades “causan distorsiones en el uso de los recursos porque la sociedad no paga el precio del bien en cuestión. (...) Como consecuencia de esta falla de mercado (que se manifiesta en la diferencia entre coste privado y coste social) es probable que los precios que se cobran por la energía eléctrica o por el agua potable o por los servicios de transporte sean más bajos de lo que en realidad serían si el valor de dichas externalidades fuese internalizado (es decir, reflejado en el precio al consumo). De ese modo, se incentiva por omisión el consumo de energía eléctrica y el uso de los automóviles (es decir, el consumo de combustible), y el uso de agua. La consecuencia final es una asignación ineficiente de recursos (que no se dedican a su mejor uso posible), así como una pérdida de bienestar de la sociedad” (Delacámara G., 2008).

La presencia de externalidades complejiza la valoración económica de recursos, ya que se deben internalizar todos los efectos que muchas veces son ignorados y que en algunos casos no tienen un mercado. Para la valoración de recursos y/o impactos ambientales existen diversas metodologías, entre las que se destacan el Método de Valoración Contingente y el Método de Costos Evitados o Inducidos. El Método de Valoración Contingente “trata de inferir directamente, preguntando a la persona en base a escenarios hipotéticos, el valor que la gente le asigna a los distintos usos del agua o modificaciones en su cantidad, calidad o accesibilidad. El vehículo de aplicación del mismo son, por tanto, mecanismos de encuesta y entrevistas donde se crea un mercado hipotético y se pregunta por la máxima disposición a pagar, o compensación exigida, por un cambio positivo o negativo, respectivamente, en el bien ambiental”. En tanto que el Método de Costos Evitados o Inducidos “proporciona la estimación de un valor para los recursos naturales basándose en los costos en que incurren las personas (consumidores o productores) para evitar los posibles daños causados por la pérdida de servicios que prestan dichos recursos” (INA – CELA, 2013).

Como se observa el concepto de externalidades ambientales aparece relacionado con el de impactos ambientales. Es conveniente antes de definir un impacto ambiental, delimitar qué se considera medio ambiente. Espinoza G., (2001) define medio ambiente al “sistema natural o transformado en que vive la humanidad, con todos sus aspectos sociales y biofísicos y las relaciones entre ellos”. Además comenta que impacto ambiental es la “alteración significativa de los sistemas naturales y transformados y de sus recursos, provocada por acciones humanas”.

Oportunamente en el apartado III.14 del presente capítulo se incorporará el marco teórico respecto a los impactos ambientales derivados de la producción de agua potable para la ingesta mediante tratamiento con OI. Los impactos de la distribución envasada se incluyen en el Capítulo XI por ser un aporte de la presente tesis.

Reconociendo la estrecha relación que existe entre el concepto de impactos y el de externalidades, en la presente tesis cuando se mencionen impactos, se hará referencia a los efectos directos y que convencionalmente son descriptos por la bibliografía. En tanto que el concepto de externalidades se reservará para hacer mención a los efectos indirectos que resulten en pérdidas de bienestar no compensadas y/o no incluidas en el costo del m³ de agua.

III.7. Agua potable vs. agua corriente vs. agua envasada

El Código Alimentario Argentino (CAA), en su Art. 982 establece que “con las denominaciones de agua potable de suministro público y agua potable de uso domiciliario, se entiende la que es apta para la alimentación y uso doméstico: no deberá contener sustancias o cuerpos extraños de origen biológico, orgánico, inorgánico o radiactivo en tenores tales que la hagan peligrosa para la salud. Deberá presentar sabor agradable y ser prácticamente incolora, inodora, límpida y transparente. El agua potable de uso domiciliario es el agua proveniente de un suministro público, de un pozo o de otra fuente, ubicada en los reservorios o depósitos domiciliarios”.

Por su parte el Decreto 878/03 de la Provincia de Buenos Aires, define al agua potable como aquella agua que “cumple con todos y cada uno de los límites impuestos por la Comisión Permanente de Normas de Potabilidad”. En tanto que agua corriente para el consumo humano e higiene es aquella que, cumpliendo con todos los parámetros microbiológicos, “no cumple con algunos de los límites impuestos por la Comisión Permanente de Normas de Potabilidad (...), pero cuya ingesta puede ser autorizada por períodos limitados” (Art. 8).

Como el proyecto en estudio pretende distribuir el agua potable en bidones, se debe remitir también a los parámetros fijados por el CAA, en su Cap. XII, Art. 983, que “entiende por agua de bebida envasada o agua potabilizada envasada a un agua de origen subterráneo o proveniente de un abastecimiento público, al agua que se comercialice envasada en botellas, contenedores u otros envases adecuados, provistos de la rotulación reglamentaria y que cumpla con las exigencias del presente artículo”.

La Tabla N° 1 resume los parámetros de calidad físico-químicos y microbiológicos para agua potable en red establecidos por la Ley 11.820 de la Provincia de Buenos Aires y el CAA, así como los parámetros de calidad de agua envasada establecidos por el CAA, siendo estos últimos los límites máximos admisibles a considerar para este proyecto.

Tabla N° 1 Parámetros de calidad de agua potable y envasada
(Fuente: Elaboración propia. Datos: Ley 11.820 y CAA)

Parámetros		Unidad	Ley 11.820	CAA	
			Agua Potable	Agua Potable	Agua Envasada
			Límite admisible	Límite admisible	Límite admisible
Físicos	Color	UC	15	5	5
	Olor		No ofensivo para la mayoría de los usuarios	Sin olores extraños	Característico
	Turbiedad	UNT	2	3	3
Químicos	Arsénico	mg/l	0,05	0,01 ⁽¹⁾	0,01 ⁽¹⁾
	Cloruros	mg/l	250	350	350
	Dureza	mg/l	-	400 (CaCO ₃)	-
	Fluoruro	mg/l	1,5	En fc. de T° ⁽²⁾	2
	Nitratos	mg/l	50	45 (NO ₃ -)	45
	Nitritos	mg/l	3	0,10 (NO ₂ -)	0,1
	pH	-	6,5-8,5	6,5-8,5	6-9
	SDT	mg/l	1500	1500	1500
Micro-biológicos	Sulfatos	mg/l	250	400 (SO ₄ =)	500
	Coliformes	-	⁽³⁾	3 (NMP/100ml)	3 (NMP/100ml)
	Colifecales	-	⁽⁴⁾	-	-
	E-Coli	-	⁽⁵⁾	Ausencia en 100 ml	Ausencia en 100 ml
	Pseudomona Aeruginosa	-	Ausencia en 100 ml	Ausencia en 100 ml	Ausencia en 100 ml
	Bacterias mesófilas en agar	UFC/100ml	-	< 500 ⁽⁶⁾	< 500 ⁽⁷⁾

⁽¹⁾ Por Resolución Conjunta SPReI N° 34/2012 y SAGyP N° 50/2012, el CAA en marzo de 2012 expresa: “Prorrógase el plazo de cinco (5) años previsto para alcanzar el valor de 0,01 mg/l de arsénico hasta contar con los resultados del estudio -Hidroarsenicismo y Saneamiento Básico en la República Argentina – Estudios básicos para el establecimiento de criterios y prioridades sanitarias en cobertura y calidad de aguas- cuyos términos fueron elaborados por la Subsecretaría de Recursos Hídricos del Ministerio de Planificación Federal”.

⁽²⁾ CAA: Fluoruro (F-): para los fluoruros la cantidad máxima se da en función de la temperatura promedio de la zona, teniendo en cuenta el consumo diario del agua de bebida:

T° media y máxima (°C)	Contenido de Flúor (mg/l)	
	Límite inferior	Límite superior
10,0 - 12,0	0,9	1,7
12,1 - 14,6	0,8	1,5
14,7 - 17,6	0,8	1,3
17,7 - 21,4	0,7	1,2
21,5 - 26,2	0,7	1,0
26,3 - 32,6	0,6	0,8

⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾ Ley 11.820: Límites Tolerables para los Componentes Microbiológicos Básicos:

A. Agua que entra en el sistema de distribución			
LIMITE TOLERABLE (según método de análisis)			
	Tubos Múltiples	Membrana Filtrante	Presencia-Ausencia
Coliformes totales	<2,2 NMP/100 ml	Ausencia en 100 ml	Ausencia en 100 ml
E. Coli o Coliformes	<2,2 NMP/100 ml	Ausencia en 100 ml	Ausencia en 100 ml
B. Agua en la red de distribución			
LIMITE TOLERABLE (según método de análisis)			
	Tubos Múltiples	Membrana Filtrante	Presencia-Ausencia
Coliformes totales	<2,2 NMP/100 ml	Ausencia en 100 ml	Ausencia en 100 ml
E. Coli o Coliformes	<2,2 NMP/100 ml	Ausencia en 100 ml	Ausencia en 100 ml

⁽⁶⁾ ⁽⁷⁾ En el caso de que el recuento supere las 500 UFC/ml, y se cumplan con el resto de los parámetros indicados, sólo se deberá exigir la higienización de la planta y realizar un nuevo recuento.

III.8. Implicancias para la salud de algunos contaminantes en el agua

La investigación se inicia a partir de la inquietud del proveedor del servicio que actualmente distribuye agua corriente por red a la población, en las condiciones que define el Decreto 878/03, que admite que provisoriamente pueda incumplirse con algunos parámetros físico-químicos. No obstante ello, para mejorar el servicio, se pretende suministrar agua potable para la ingesta minimizando los tenores de los parámetros que actualmente exceden las legislaciones mencionadas precedentemente (As y F). Por tal motivo se considera necesario establecer los riesgos de estos elementos para la salud y bajo qué condiciones.

Los contaminantes en las aguas pueden clasificarse de acuerdo a su origen en: biológicos, físicos o químicos. A continuación se hace un resumen de algunos contaminantes típicos, respetando esta clasificación, y recordando que solo algunos de los contaminantes químicos (As y F) están presentes en las aguas de la localidad de estudio.

III.8.1. Contaminantes biológicos

La contaminación de tipo biológica en el agua de consumo es la más extendida en el mundo, y sus posibles consecuencias sobre la salud exigen una atención prioritaria. Como indica la OMS (2006), “si no se garantiza la seguridad del agua, la comunidad puede quedar expuesta al riesgo de brotes de enfermedades intestinales y otras enfermedades infecciosas. Es particularmente importante evitar los brotes de enfermedades transmitidas por el agua de consumo, dada su capacidad de infectar simultáneamente a un gran número de personas y, potencialmente, a una gran proporción de la comunidad”. Algunas de estas enfermedades

transmitidas por el agua son gastroenteritis, diarrea, disentería, hepatitis, cólera, fiebre tifoidea, entre otras.

La importancia en el control de este tipo de agentes se refleja en la legislación, de la que se desprende que “todas las aguas destinadas a consumo humano se deben desinfectar” (Ley N° 11.820, Provincia de Buenos Aires). En tanto que la OMS (2006) considera que “la desinfección constituye una barrera eficaz para numerosos patógenos (especialmente las bacterias) durante el tratamiento del agua de consumo y debe utilizarse tanto en aguas superficiales como en aguas subterráneas expuestas a la contaminación fecal”.

Como indica la OMS (2006), “por motivos relacionados con la complejidad, el costo y el tiempo que se tarda en obtener los resultados, los análisis de agentes patógenos específicos se limitan generalmente a la validación, cuya función es comprobar si un tratamiento u otro proceso elimina de forma eficaz los microorganismos objetivo”. En la Tabla N° 2 se presentan algunos de los microorganismos utilizados como indicadores de contaminación microbiológica.

Tabla N° 2 Indicadores de contaminación biológica
(Fuente: Elaboración propia. Adaptado de OMS, 2006)

Indicador	Origen/Fuente	Implicancia/valor como indicador
Total de bacterias coliformes (coliformes totales)	Las bacterias pertenecientes a este grupo (excluida E. coli) están presentes tanto en aguas residuales como en aguas naturales. Algunas se excretan en las heces de personas y animales, pero muchos coliformes son heterótrofos y capaces de multiplicarse en suelos y medios acuáticos. También pueden sobrevivir y proliferar en sistemas de distribución de agua, sobre todo en presencia de biopelículas.	Pueden utilizarse como indicador de la eficacia de tratamientos y para evaluar la limpieza e integridad de sistemas de distribución y la posible presencia de biopelículas. No obstante, hay mejores indicadores para estos fines. Este análisis es mucho más lento y menos fiable que la medición directa de la concentración residual de desinfectante.
Escherichia coli y bacterias coliformes termotolerantes	La E-coli es un subgrupo del total de bacterias coliformes. Hay grandes cantidades de E-coli en las heces humanas y animales, en las aguas residuales y en el agua que ha estado expuesta recientemente a contaminación fecal.	Se considera que E-coli es el índice de contaminación fecal más adecuado. Indica contaminación fecal reciente.
Pseudomonas aeruginosa	Pseudomonas aeruginosa es un microorganismo común en el medio ambiente y puede encontrarse en las heces, el suelo, el agua y las aguas residuales. Puede proliferar en ambientes acuáticos, así como en la superficie de materias orgánicas propicias en contacto con el agua.	Puede asociarse la presencia concentraciones altas de pseudomona aeruginosa en el agua potable, especialmente en el agua envasada, con quejas sobre su sabor, olor y turbidez.

III.8.2. Contaminantes químicos

En general los riesgos para la salud asociados a contaminación química se dan por la exposición a ciertos compuestos químicos durante períodos prolongados. Por eso, se calculan valores de referencia que “representan normalmente la concentración de un componente que no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida” (OMS, 2006).

Como se dijo al inicio de este apartado, se han encontrado en las aguas de la localidad caso de estudio, valores de As y F que superan los estándares. Por tal motivo, se hace a continuación una breve reseña de estos elementos.

El Flúor “se encuentra en la corteza terrestre en forma de fluoruros en diversos minerales como la florita, la criolita y la fluorapatita. La mayoría del fluoruro en aguas de consumo es de origen natural, con concentraciones más altas en aguas subterráneas” (OMS, 2011).

En tanto que el Arsénico “es un elemento distribuido extensamente por toda la corteza terrestre con estados de oxidación -3 , 0 , $+3$ y $+5$, en su mayoría en forma de sulfuro de arsénico o de arseniatos y arseniuros metálicos” (OMS, 2011). Puede encontrarse en forma orgánica e inorgánica, siendo esta última la forma en que se haya en las aguas naturales. A su vez presenta cuatro estados de oxidación bajo condiciones normales, siendo los más comunes sus estados trivalente As^{+3} (arsenitos) y pentavalente As^{+5} (arsenatos). En aguas superficiales, con condiciones aeróbicas, es más frecuente encontrar el arsénico en estado pentavalente As^{+5} , mientras que en aguas profundas o de pozo, en condición de anaerobiosis es más común encontrarlo en estado trivalente As^{+3} .

La toxicidad del As “depende del estado de oxidación, estructura química y solubilidad en el medio biológico. La escala de toxicidad del arsénico decrece en el siguiente orden: arsina > As^{+3} inorgánico > As^{+3} orgánico > As^{+5} inorgánico > As^{+5} orgánico > compuestos arsenicales y arsénico elemental. La toxicidad del As^{+3} inorgánico es 10 veces mayor que la del As^{+5} inorgánico” (Castro de Esparza M., 2006).

En Tabla N° 3 se muestra un resumen de algunos contaminantes químicos, entre los que se incluyen los citados As y F y otros que pudieran aparecer teniendo en cuenta las condiciones regionales, destacando posibles orígenes y los efectos asociados de cada uno de ellos.

Tabla N° 3 Contaminantes químicos
(Fuente: Elaboración propia. Adaptado de Cifuentes O., 2006 y OMS, 2006)

Elemento	Origen	Efectos
Arsénico	Constituyente natural del suelo, actividad industrial	Riesgo solo por ingesta de Hidroarsenicismo crónico, neuropatía periférica, cambios de pigmentación, engrosamiento de la piel (hiperqueratosis), cáncer de piel, pulmones, riñones y/o vejiga.
Cloruros	Fuentes naturales, aguas residuales y vertidos industriales, escorrentía urbana con sal de deshielo, e intrusiones salinas.	Las concentraciones de cloruro que excedan de unos 250 mg/l pueden conferir al agua un sabor perceptible.
Dureza	La dureza del agua se debe al contenido de calcio y, en menor medida, de magnesio disuelto.	Puede afectar a su aceptabilidad por parte del consumidor (aspecto estético) en lo que se refiere al sabor y a la formación de incrustaciones.
Flúor	Constituyente natural del suelo, actividad industrial	Riesgo por deficiencia o por exceso. En este último caso pigmentación dental, alteración de osteogénesis.
Nitratos/ Nitritos	Excretas Humanas, aguas residuales	El principal riesgo para la salud del nitrito y el nitrato es la metahemoglobinemia (cianosis y asfixia).
Sólidos Disueltos Totales	Fuentes naturales, aguas residuales, escorrentía urbana y aguas residuales industriales.	La presencia de concentraciones altas de SDT en el agua de consumo puede resultar desagradable para los consumidores.
Sulfatos	Residuos industriales y precipitación desde la atmósfera; no obstante, las concentraciones más altas en aguas subterráneas provienen de fuentes naturales.	Posibles efectos gastrointestinales en la ingestión de agua de consumo con concentraciones altas de sulfato (> 500 mg/l). La presencia de sulfato en el agua de consumo también puede producir un sabor apreciable y contribuir a la corrosión de los sistemas de distribución.

III.8.3. Aspectos físicos relativos a la aceptabilidad

Teniendo en cuenta que los consumidores evalúan la calidad del agua que consumen a través de sus sentidos, a la hora de establecer las normativas se fijan también criterios estéticos. Los denominados contaminantes físicos, como el aspecto, el color o el sabor, son los que condicionarán la aceptabilidad por parte de los consumidores, independientemente de que tengan alguna consecuencia directa para la salud.

Por las características del agua de estudio (que se verán en Apartado VII.4), se hace mención a la turbidez, aspecto relacionado con la aceptabilidad, que “está causada por la presencia de partículas de materia, que pueden proceder del agua de origen, como consecuencia de un filtrado inadecuado, o debido a la resuspensión de sedimentos en el sistema de distribución. También puede deberse a la presencia de partículas de materia inorgánica en algunas aguas subterráneas o al desprendimiento de biopelículas en el sistema de distribución (...) Las partículas pueden proteger a los microorganismos de los efectos de la desinfección y pueden estimular la proliferación de bacterias. Siempre que se someta al agua a un tratamiento de

desinfección, su turbidez debe ser baja, para que el tratamiento sea eficaz. Además, la turbidez también es un parámetro operativo importante en el control de los procesos de tratamiento, y puede indicar la existencia de problemas, sobre todo en la coagulación y sedimentación y en la filtración” (OMS, 2006).

III.9. Calidad de aguas en función de su salinidad

El contenido de sólidos disueltos totales (SDT) representa “las sales inorgánicas (calcio, magnesio, potasio y sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos) y pequeñas cantidades de materia orgánica que están disueltas en el agua” (OMS, 2003).

De acuerdo a la salinidad (o contenido de SDT) las aguas pueden clasificarse en dulces, salobres, salinas, marinas y salmueras (Tabla N° 4). La importancia de conocer este parámetro radica en que el contenido de SDT va a condicionar el consumo de energía necesario para la desalinización (Fariñas M., 2003). Además va a determinar el contenido de SDT en el efluente de rechazo que habrá que tratar previo a su disposición.

Tabla N° 4 Caracterización del agua en función de su salinidad
(Fuente: Fariñas M., 2003)

Denominación		Concentración en sales (mg/l)
Dulces		< 1.000
Salobres	Baja	1.000 – 2.000
	Media	2.000 – 5.000
	Alta	5.000 – 10.000
Salinas		10.000 – 30.000
Marinas		30.000 – 50.000
Salmueras		50.000 – 200.000

III.10. Opciones de tratamiento de aguas

Como bien expresa el ENOHSa (2003), “la selección del sistema de potabilización a emplear tiene directa relación con la calidad del agua cruda, los requisitos a cumplir para la calidad del agua de consumo y las condiciones que aseguren la sostenibilidad del sistema y su eficiencia a través del tiempo”.

De acuerdo a las condiciones físico-químicas de las aguas de Monte Hermoso, se brinda el marco de las alternativas disponibles para la remoción de As y F (Tabla N° 5 y Tabla N° 6) destacando la eficiencia, ventajas y desventajas de cada una de ellas.

Tabla N° 5 Comparación de distintas tecnologías de remoción de Arsénico
(Fuente: ENOHSA, 2003)

Tecnología	Eficiencia (%)	Ventajas	Desventajas
Coagulación Ablandamiento con cal	70 a 100	Método sencillo. Bajo costo. Productos químicos fáciles de obtener.	Práctica sólo para plantas de gran escala. Utiliza mucha agua para lavado de los filtros. Necesita operadores entrenados. Disposición del barro.
Intercambio Iónico	55 a 82	Técnica selectiva de iones. Operación de acuerdo a la demanda.	Competencia ante la presencia de sulfatos y SDT. Alto costo de tratamiento. Regeneración. Disposición final del residuo.
Adsorción: Alúmina Activada Carbón Activado Hidróx. Férr. Gran	80 a 100	Bajo costo y técnica sencilla. Operación de acuerdo a la demanda.	Pérdida importante de adsorción en la regeneración. Competencia con sulfatos, flúor y nitratos que afectan la duración de la carrera. Disposición del residuo.
Ósmosis Inversa	84 a 100	Muy buena eficiencia.	Preacondicionamiento del agua a tratar. Alto costo de producción de agua. Cambio de membrana cada 4 años. Disposición final rechazo.
Electrodialísis	80	-	No muy usada en producción de agua potable. No competitiva con respecto a costos y eficiencia comparada con OI y NF.

Tabla N° 6 Comparación de distintas tecnologías de reducción de Flúor
(Fuente: ENOHSA, 2003)

Tecnología	Eficiencia (%)	Ventajas	Desventajas
Ablandamiento con cal	20 a 80	Método sencillo. Bajo costo. Productos químicos fáciles de obtener.	Necesidad de subir el pH a valores altos. Disposición del barro.
Coagulación con sulfato de aluminio	< a 20	Método sencillo. Bajo costo. Productos químicos fáciles de obtener.	Poco eficiente para altos valores de flúor en el agua a tratar. Necesidad de bajar el pH a valores bajos. Disposición del barro.
Adsorción Hueso Molido	> a 80	Método sencillo. Bajo costo.	Necesidad de un adecuado desengrasado del hueso para evitar problemas de olor y sabor en el agua tratada.
Adsorción Alúmina Activada	> a 80	Operación de acuerdo a la demanda. Altamente selectiva para flúor y arsénico	Necesidad de bajar el pH. Se requiere una base y un ácido para su regeneración. El medio tiende a disolverse produciendo partículas finas. Disposición del residuo.
Ósmosis Inversa	> a 80	Muy buena eficiencia.	Preacondicionamiento del agua a tratar. Alto costo de producción de agua. Cambio de membrana cada 4 años. Disposición final rechazo.
Intercambio Iónico	> a 80	Técnica selectiva de iones. Operación de acuerdo a la demanda.	Alto costo de tratamiento. Regeneración. Disposición final del residuo.

La EPA (2012) designa para cada contaminante presente en el agua para consumo la mejor tecnología disponible. Para el As^{+5} considera que las tecnologías más efectivas son: la adsorción con alúmina activada (AA), el intercambio iónico, la OI, el ablandamiento, la coagulación/filtración y la oxidación/filtración. En tanto que para remoción de Flúor designa como mejores tecnologías disponibles a la OI y la AA (EPA, 2012).

Se desprende de lo expresado por la EPA, en concordancia con el análisis del ENOHSa, que existen dos tratamientos que son eficientes tanto para remover conjuntamente el As y el F: la OI y la AA.

La EPA (2000) hace un análisis de inversiones necesarias y de costos de operación y mantenimiento (O&M) asociados a distintas tecnologías para la remoción del As, cuyos resultados pueden observarse en Gráfico N° 1 y Gráfico N° 2.

Gráfico N° 1 Inversiones totales en tratamiento de As
(Fuente: EPA, 2000)

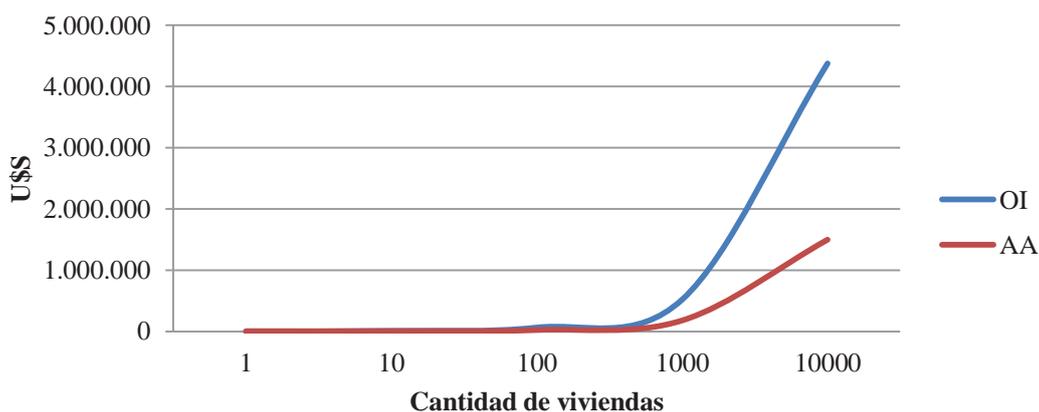
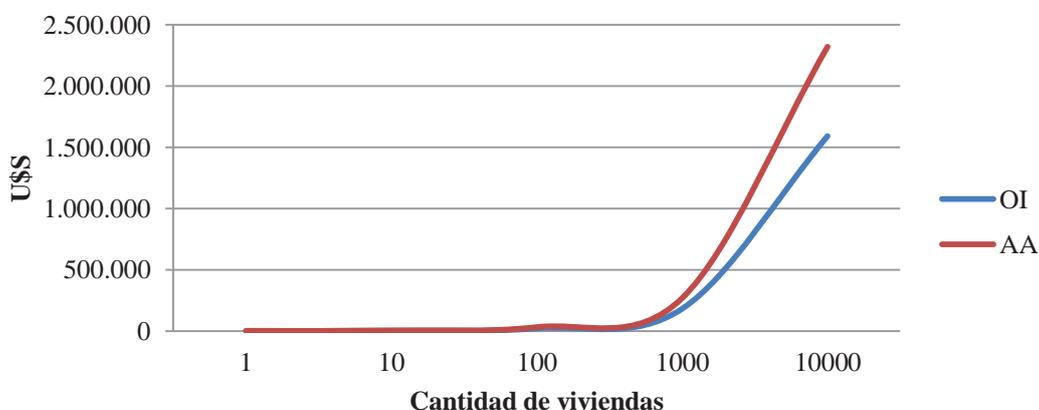


Gráfico N° 2 Costos anuales de O&M en tratamiento de As
(Fuente: EPA, 2000)



Como puede observarse en los gráficos anteriores, las inversiones que requiere el tratamiento del As mediante OI son superiores a las que requiere la AA, que, por otra parte, tiene mayores costos de O&M que la OI. Esto justificaría un análisis financiero en términos de anualidad a distintas tasas de interés para evaluar la conveniencia económica de una u otra tecnología.

Debe considerarse que, además de los factores relacionados con la eficiencia de la tecnología y de sus costos e inversiones, existen otros que van a determinar la sostenibilidad del sistema. El ENOHSa (2003) hace referencia a algunos de estos factores que deberán tenerse en cuenta para asegurar la viabilidad a largo plazo de la tecnología seleccionada:

- Institucionales: tipo de entidad prestadora y necesidad de transformaciones (empresa estatal, mixta, privada, cooperativa), factibilidad de tercerización de actividades, capacidad económica-financiera y autonomía en el manejo de los recursos, cultura organizativa e industrial, aptitud técnica y calidad de los recursos humanos para la operación de la planta, marco regulatorio de aplicación y necesidad de legislaciones y disposiciones complementarias, entre otros.
- Locales y regionales: tamaño de la población, materiales, equipos y mano de obra necesarios para la construcción, facilidad de comunicación con proveedores de servicios y repuestos, para la adquisición y recepción de los mismos, nivel de conocimientos requeridos de la tecnología en cuestión para la operación y para el mantenimiento, identificación de insumos críticos (productos químicos, repuestos), etc.
- Socioeconómicos y financieros: voluntad de pago de la población, relación de la tarifa surgida a partir de los costos de inversión y operación del sistema a implementar y los ingresos de la población, etc.
- Ambientales: destino final de la descarga de aguas residuales de la planta, riesgos operacionales y demás factores.

Este trabajo se limitará al estudio del tratamiento por OI, dado que es un sistema de uso extendido y de probada eficacia para aguas de similares características, como es el caso actual de la localidad de Coronel Dorrego, que distribuye agua potable envasada solo para la ingesta. En el Anexo XVIII.15 se adjunta la entrevista realizada al personal encargado de la operación de la planta de OI y de la distribución en bidones en dicha localidad.

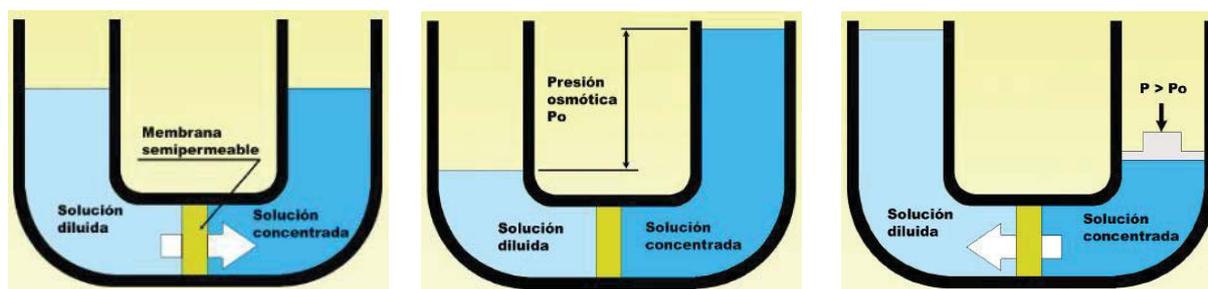
III.11. Tratamiento por OI

Dado que el objeto de estudio de esta investigación es evaluar las externalidades ambientales de la aplicación de un sistema de ósmosis inversa para distribución de agua potable envasada sólo para la ingesta de la localidad de Monte Hermoso, al hacerse el relevamiento para elaborar el marco teórico, si bien se contemplaron los distintos tipos de tratamiento para aguas, solo se profundizará técnicamente el tema de ósmosis inversa, no descartando que otros tratamientos puedan ser más competitivos.

III.11.1. Proceso y fundamentos físicos de la OI

De un modo genérico, puede definirse a la ósmosis (natural o directa) como un fenómeno físico que consiste en el paso del solvente de una disolución desde una zona de baja concentración de soluto a una de alta concentración, separadas por una membrana semipermeable (Figura N° 1.a).

Figura N° 1 a) Fenómeno de Ósmosis b) Situación de equilibrio c) Ósmosis Inversa
(Fuente: Fariñas M., 2003)



En el fenómeno de ósmosis, “la fuerza impulsora que provoca el movimiento del agua es el gradiente de concentración de soluto, el cual presenta un sentido inverso al del flujo de agua, es decir que el agua se mueve hacia el lado de la membrana donde se encuentra la solución concentrada” (ENOHSA, 2003).

“El flujo de agua a través de la membrana cesa cuando la diferencia de niveles entre el agua salada y la solución diluida alcanza un determinado valor (Figura N° 1.b). La presión que corresponde a esta diferencia de alturas es la diferencia de presiones osmóticas entre la solución concentrada y la diluida: $P_o = P_{concentrada} - P_{diluida}$ ” (Fariñas M., 2003).

En la Ósmosis Inversa “se aplica una cierta presión al agua salada forzando a las moléculas de agua pura a pasar a través de una membrana que presenta la propiedad de dejarlas pasar siendo impermeable a la mayor parte de las sales disueltas (Figura N° 1.c). De esta manera,

las sales e impurezas que no atraviesan la membrana son descargadas con el agua de rechazo” (Fariñas M., 2003).

Se denomina recuperación o conversión porcentual (C) a la cantidad de agua de producto o permeado (Q_p) por cada cien unidades de agua alimentada (Q_a). Una conversión del 60% significa que cada 100 m³ alimentados, 60 m³ pasan como producto y 40 m³ van al rechazo (Unitek, 2012).

$$C = 100 \times Q_p/Q_a$$

III.11.2. Consideraciones de diseño de una planta de OI

Se transcribe en este apartado información técnica obtenida de Unitek (2012):

“El flujo de agua que atraviesa las membranas puede expresarse por la siguiente ecuación:

$$Q_a = K_a (P - p) S$$

Donde P es la sobre-presión impuesta, p es la presión osmótica y S la superficie de intercambio. K_a es una constante característica de la membrana de que se trate.

Sin embargo, como la membrana no es perfectamente semipermeable, la exclusión de la sal no es total y hay un pequeño flujo expresado por:

$$Q_s = K_s (C_1 - C_2) S$$

Donde C1 y C2 son las concentraciones de sales a ambos lados de la membrana. K_s es nuevamente una constante característica de la membrana.

El flujo de agua se puede hacer aumentar incrementando la presión exterior aplicada, sin que esto represente mayor paso de sales. Sin embargo, la mayor presión significa un mayor costo de energía y el diseño de la instalación para conseguir y resistir esta mayor presión. Con el incremento de presión hay que controlar además que no se supere la carga superficial máxima. Para las aguas salobres² se aplican presiones de 15 a 40 kg/cm², y para el agua de mar, de 55 a 80 kg/cm².

La carga superficial es un parámetro operativo muy importante. Se refiere al caudal por unidad de superficie y se mide en m³/m² h (o m/h). Si se exceden los valores autorizados por

² Las aguas de Monte Hermoso son de calidad dulce (< 1000 mg SDT/l), por lo tanto las presiones serán inferiores a las enunciadas.

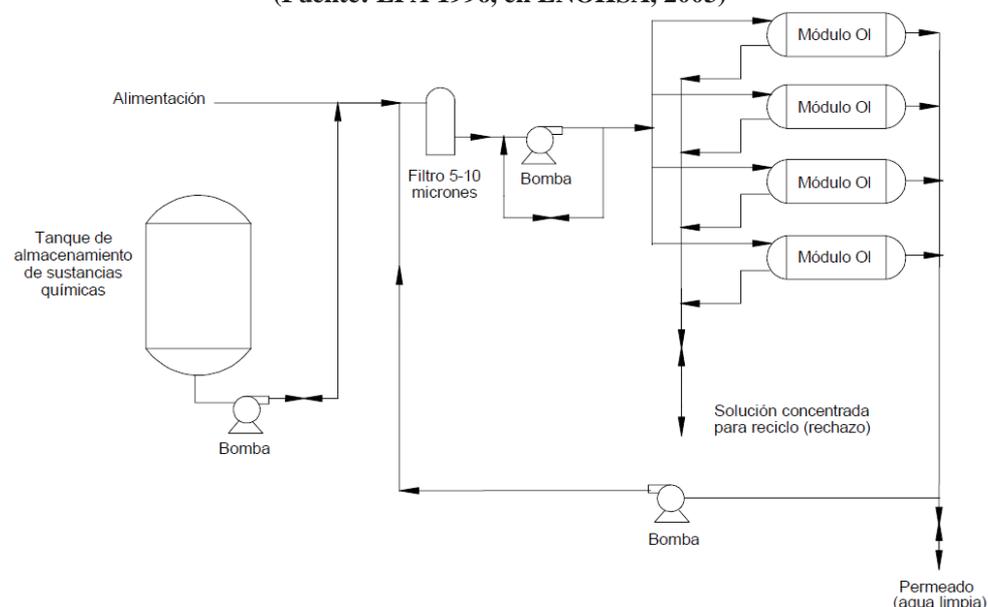
el fabricante de membranas se aumentará la velocidad de ensuciamiento y al necesitar limpiezas más frecuentes se acortará la vida útil de la membrana, medida en unidades de tiempo (que suele ser una de las garantías de operación). Si las membranas no se limpian con la frecuencia debida, se ira obstruyendo con un deterioro relacionado exponencialmente con la carga superficial.

La carga superficial excesiva crea, además, una sobre-concentración de sales junto a la membrana, conocida como polarización de la concentración, que puede provocar la precipitación de sales cuya solubilidad está sobrepasada, a pesar de que el valor medio de la concentración sea inferior. La polarización de la concentración sobre la membrana hace que la presión sea mayor y demanda una mayor presión útil exterior”.

III.11.3. Componentes de una planta típica de OI

Una planta de OI típica (Figura N° 2) está compuesta por membranas semipermeables ubicadas en una cámara de presión (módulo de OI), una bomba de alta presión y sistemas de tratamiento previo y posterior al proceso osmótico. En este sistema el agua cruda entra y recibe un pre-tratamiento físico-químico, cuyo objetivo es proteger a las membranas de suciedad y deposiciones. Luego la bomba de alta presión conduce el flujo a través del sistema de membranas. El agua que atraviesa las membranas (agua permeada o de producto) recibe un tratamiento posterior de ajuste de parámetros y desinfección. El agua que no atraviesa (agua de rechazo) sale con una mayor concentración de SDT (Einav R. et al., 2002).

Figura N° 2 Proceso industrial de OI
(Fuente: EPA 1996, en ENOHSA, 2003)

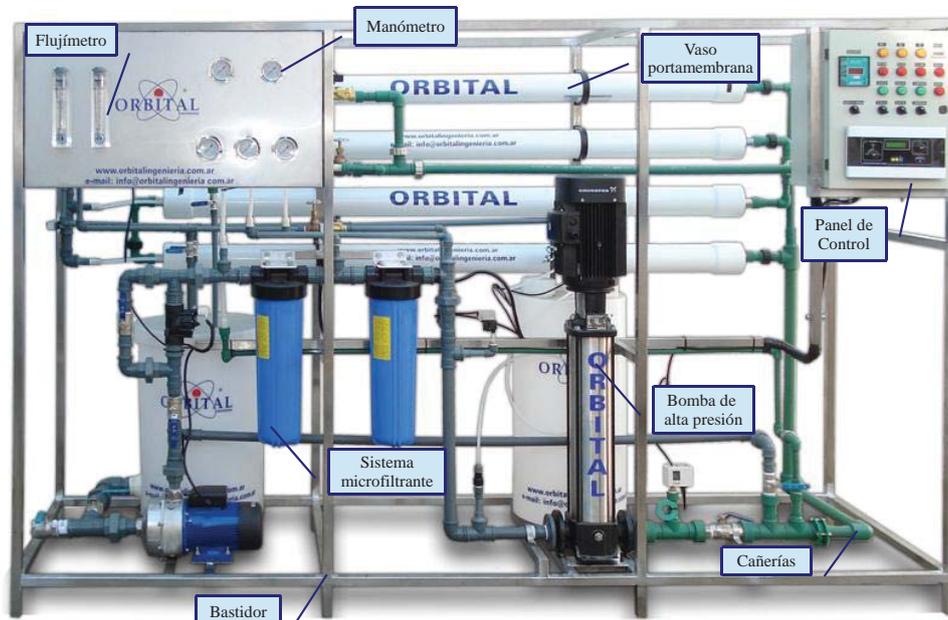


De acuerdo a Orbital Ingeniería, uno de los proveedores de plantas de OI consultados, los componentes principales de una planta tipo son (Figura N° 3):

- Bastidor: El armazón de metal que sirve de soporte a los componentes de la OI.
- Bomba de baja presión: Puede ser necesaria para garantizar el caudal y la presión que la bomba de alta presión requiere.
- Bomba de alta presión: Bombas para alimentar a las membranas de OI.
- Cañerías: Se emplean cañerías de PVC y Polipropileno para conducir el agua que el equipo procesa.
- Sistema microfiltrante: Estos equipos poseen un sistema microfiltrante por cartuchos descartables de polipropileno compactado de distintos micrones. Estos microfiltros sirven para reducir las impurezas del agua, prolongando la vida útil de las membranas. Su descarte pasará a constituir parte de las externalidades.
- Membranas de OI: Una membrana de OI consiste en varias láminas de un material semipermeable enrolladas sobre si mismas alrededor de un tubo central, que permiten el paso del agua pero retienen los sólidos disueltos (incluyendo sodio, arsénico, nitritos, nitratos, etc.). Por su importancia dentro del proceso se le dedica un apartado especial, ya que además pasarán a ser parte de las externalidades.
- Vasos portamembranas: aquí se colocan la/s membrana/s.
- Manómetro: Los manómetros de baja y alta presión permiten realizar un seguimiento de los cartuchos microfiltrantes, las presiones de trabajo del equipo y el estado de las membranas de OI.
- Presostatos: Los presostatos de baja y/o alta presión interrumpen el funcionamiento del equipo dependiendo de la presión del fluido que interese (alimentación, mezcla, rechazo).
- Caudalímetros o medidores de caudal: Instrumentos empleados para medir el caudal circulante por una cañería.
- Conductivímetros: Instrumentos para controlar la calidad de agua producto que puede interrumpir el funcionamiento del equipo si la conductividad supera el objetivo.
- Dosificadoras: Para favorecer el funcionamiento del equipo y alargar la vida útil de las membranas, puede inyectarse al sistema un químico con función anti-incrustante. También se dosifica hipoclorito de sodio en el producto para eliminar microorganismos en aguas destinados al consumo humano.

- Sistemas de limpieza química: Su función es eliminar la acumulación de sales que haya resistido los lavados de membrana que el equipo realiza con agua.

**Figura N° 3 Fotografía de una planta de OI
(Fuente: Gentileza de Orbital Ingeniería S.A.)**



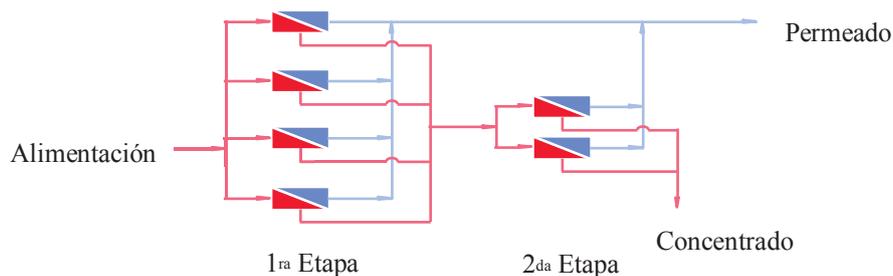
III.11.4. Configuración de una planta de OI

En este apartado se hace mención de algunos conceptos utilizados usualmente en la configuración de una planta de OI:

- Modulo o elemento: unidad básica del sistema de membranas;
- Tubos o caja de presión: tubo que contiene varios módulos de membranas;
- Etapa: set de tubos en paralelo;
- Arreglo o tren: etapas múltiples interconectadas en series.

A modo de ejemplo de un tipo de configuración se presenta la Figura N° 4. En esta se puede verificar un arreglo de 2 etapas, con 4 tubos en la primera y 2 tubos en la segunda etapa.

**Figura N° 4 Diagrama tipo de un sistema de OI
(Fuente: Unitek, 2012)**



III.11.5. Membranas de OI

Como puede desprenderse de lo expresado, las membranas son una parte fundamental en el proceso de OI. Puede definirse a una membrana como “una película delgada que separa dos fases y actúa como una barrera selectiva para el transporte de materia, permitiendo el pasaje de agua, iones o moléculas pequeñas a través de ella” (ENOHSA, 2003).

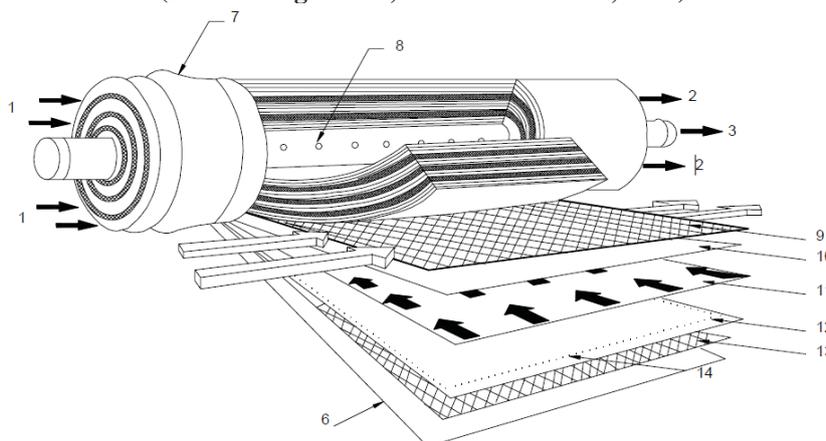
Existen diversos materiales utilizados para la fabricación de membranas, entre los que se destacan el acetato de celulosa y sus derivados, poliamidas aromáticas lineales, poliamidas aromáticas con entrecruzamientos, poliéster-urea y polisulfonas sulfonadas (Fariñas M., 2003).

De acuerdo al aspecto que presenta su corte transversal, las membranas de OI pueden ser Integrales y Compuestas de capa fina (Thin Film Composite: TFC). “Las membranas integrales están formadas por un único polímero cuya porosidad disminuye de forma notable en una de las caras formando lo que se llama la capa activa, que es la responsable de impedir el paso a las impurezas disueltas”. En tanto que las membranas compuestas de capa fina “están formadas por uno o varios materiales que actúan como soporte de la capa activa, construida con otro material” (Fariñas M., 2003).

De acuerdo a su forma, las membranas pueden clasificarse en los siguientes tipos:

- 1) Planas: fabricadas en forma de lámina de papel continuo, cortados para adoptar distintas formas según el tipo de ensamblaje, siendo el más utilizado el de arrollamiento en espiral (Fariñas M., 2003). Los módulos arrollados en espiral (Figura N° 5) “están constituidos por dos hojas planas de membrana envueltas en un tubo central o separador de corriente cuya función principal es la de recoger la corriente de agua permeada. Cada hoja plana está compuesta por dos capas integrales y una capa permeable selectiva que se encuentra situada sobre un espaciador de textura porosa, en la parte exterior del arrollamiento. La alimentación ingresa por el extremo abierto del módulo y circula paralelamente al tubo colector central, a lo largo de los espacios o canales formados por los espaciadores entre las dos caras activas de las membranas. La corriente de permeado se dirige hacia la parte exterior siguiendo un camino en forma de espiral” (ENOHSA, 2003).

Figura N° 5 Membrana de módulo arrollado en espiral
(Fuente: Degremont, 1979 en ENOHSA, 2003)

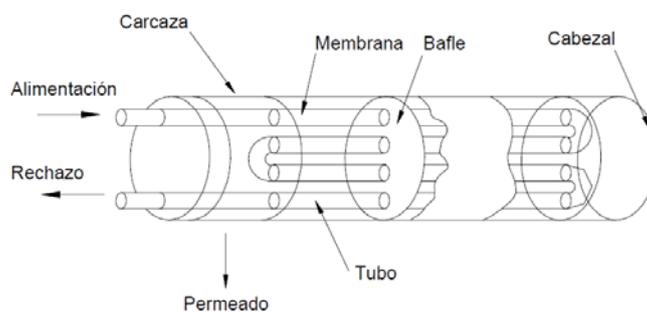


Observaciones:

- | | |
|--|--|
| 1. Agua bruta | 8. Perforaciones de recogida de permeado |
| 2. Rechazo | 9. Espaciador |
| 3. Salida de permeado | 10. Membrana |
| 4. Sentido de flujo de agua bruta | 11. Colector de permeado |
| 5. Sentido de flujo permeado | 12. Membrana |
| 6. Material de protección | 13. Espaciador |
| 7. Junta de estanqueidad entre módulo y envoltente | 14. Línea de soldadura de las membranas |

2) Tubulares (Figura N° 6): se construyen “en forma de tubo hueco de distintas longitudes. Su diámetro interior oscila entre 6 y 25 mm El agua salada circula por el interior del tubo y el agua desalada fluye radialmente del interior hacia el exterior. El rechazo se obtiene en el otro extremo del tubo” (Fariñas M., 2003).

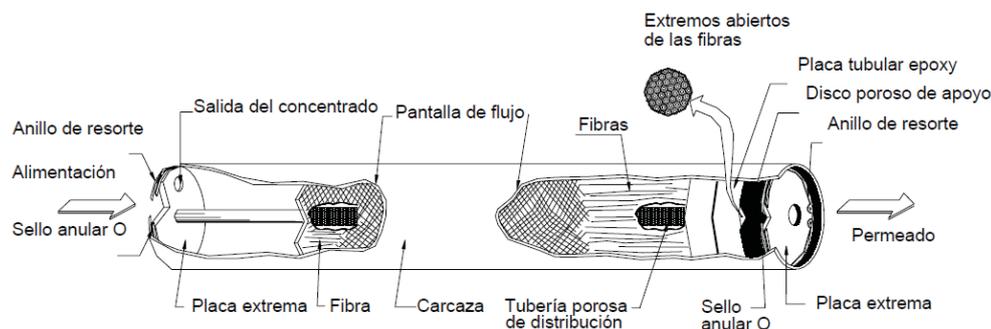
Figura N° 6 Módulo tubular
(Fuente: EPA, 1996 en ENOHSA, 2003)



3) Fibra hueca (Figura N° 7): están constituidas por fibras de muy pequeño diámetro que forman un mazo colocado dentro de un recipiente a presión cilíndrico. En general, suele colocarse a los módulos en el interior del tubo, dispuestos en forma de U, fundiéndolos con resina epoxi por uno de los extremos en una placa final. El agua a tratar ingresa a presión y se distribuye en forma radial desde el centro hacia el canal externo de

recolección de salmuera por medio de un tubo axial poroso o perforado. El agua pura atraviesa la pared de la fibra por efecto de la presión externa, pasa por el canal central y sale del módulo luego de atravesar la placa epoxi de estanqueidad (ENOHSA, 2003).

Figura N° 7 Membrana de fibra fina hueca
(Fuente: Kurita, 1978 en ENOHSA, 2003)



Si bien se ofrece un marco teórico con distintos tipos de membranas, se destaca la membrana plana de arrollamiento en espiral, por ser de uso extendido y la recomendada por los proveedores para el diseño de la planta propuesta en este estudio, como se observa en el Capítulo IX.

III.11.6. Pre-tratamiento en la OI

Para asegurar estabilidad y eficiencia en el largo plazo de los sistemas de OI es necesario contar con agua de ingreso de alta calidad, teniendo en cuenta la sensibilidad al ensuciamiento de las unidades de osmosis inversa. El pretratamiento permite reducir el potencial de ensuciamiento, aumenta la vida útil de las membranas, mantiene la eficiencia del proceso y minimiza la posibilidad de incrustaciones. Todos estos aspectos condicionan los costos operativos, por lo tanto debe considerarse el pretratamiento especialmente a la hora de diseñar una planta de OI (Fritzmán C. et al., 2007).

Migliorini G. et al. en Fritzmán C. et al. (2007), dividen el pretratamiento en dos grupos: pre-tratamiento físico y tratamiento químico. El primero se realiza por filtración mecánica, filtros de cartucho, filtros de arena y filtración con membranas. El tratamiento químico incluye la adición de inhibidores de incrustaciones, coagulantes, desinfectantes y polielectrolitos.

III.11.7. Post-tratamiento en la OI

La OMS (2011b) divide el postratamiento en dos operaciones principales: desinfección y acondicionamiento del agua tratada (por ej. mezclado y remineralización).

La desinfección no supone un desafío demasiado complejo, ya que, al tratarse de un agua desalinizada, el nivel de Carbono Orgánico Total y de contenido de partículas será bajo, al igual que la carga microbiana, y la demanda de oxidantes será mínima (OMS, 2011b).

Igualmente, teniendo en cuenta el potencial paso de virus a través de las membranas de OI y la pérdida de integridad de dichas membranas, que puede producir el paso de patógenos hacia el agua tratada, la OMS (2011b) recomienda aplicar técnicas de desinfección luego del tratamiento de OI (basadas en cloro, luz UV, ozono, etc.) que actúen como una barrera adicional para reducir posibles riesgos.

A su vez, para mejorar la aceptabilidad y reducir su agresividad “el agua desalinizada suele mezclarse con volúmenes pequeños de agua más rica en minerales” (OMS, 2006). Al respecto Fritzmann C. et al. (2007) expresan que, por tener bajos valores de SDT, el agua permeada puede ser “desagradable, corrosiva y poco saludable”. Para el caso que se distribuya el agua en cañerías, el mismo autor destaca que esta debe ser “re-endurecida para prevenir la corrosión de las cañerías, debe ajustarse el contenido de pH y de CO₂ para prevenir incrustaciones”.

Asimismo, si bien no existe un consenso de que la ingesta de agua con bajo contenido de minerales (bajo nivel de SDT) pueda tener efectos adversos en seres humanos, debe tenerse en cuenta que agua de bebida puede ser un suplemento importante de nutrientes y minerales en la dieta de algunas personas (OMS, 2011b).

III.12. Costos de la OI

Autores como Fariñas M. (2003) plantean los costos derivados de las plantas de OI y cuáles son los ítems a tener en cuenta para la desalinización de aguas marinas y salobres. En su trabajo se pueden observar cuadros comparativos de las distintas técnicas de desalinización, en los que incluye la inversión y los costos de explotación para cada una de ellas. Específicamente para aguas salobres este autor estima los costos totales por m³ en función de la amortización y los gastos de explotación. Entre estos últimos gastos destaca los

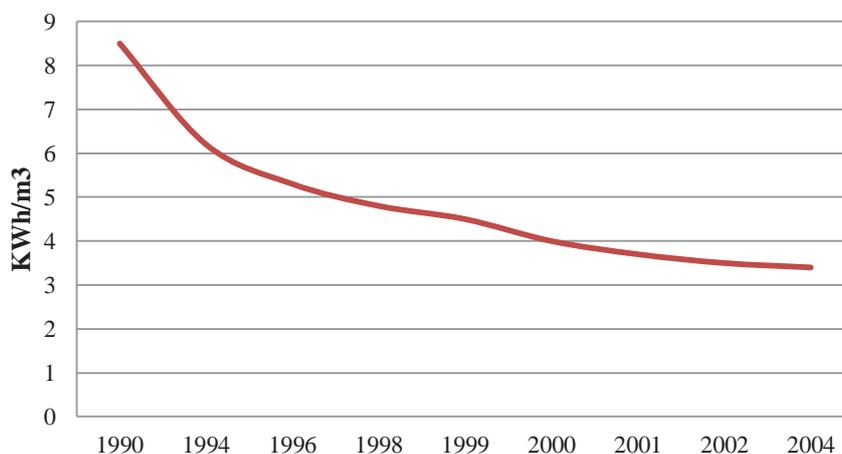
energéticos, la mano de obra, productos químicos, la reposición de membranas, el mantenimiento, entre otros.

Por su parte, Latorre M. (2004) argumenta que los costos de inversión “se han reducido considerablemente, especialmente por el abaratamiento del precio de las membranas, que además de ser cada vez de mayor calidad, valen la mitad de lo que valían hace diez años”.

En este mismo sentido, Lee K. et al. (2011) expresan que las mejoras en los aspectos mecánico, biológico y químico y el aumento de la permeabilidad de las membranas de OI, ha reducido en 10 veces el costo de la membrana por unidad de volumen de agua producida desde 1978.

En cuanto a los gastos de explotación, Latorre M. (2004) opina que “gran parte de los avances conseguidos en el campo de la desalación han ido dirigidos a la reducción del consumo energético, bien mediante el desarrollo de tecnologías más eficientes energéticamente, o a través de mejoras en los propios equipos de la planta desaladora”. El Gráfico N° 3 muestra la evolución del consumo energético en plantas de OI desde 1990 a 2004, no habiéndose encontrado información más reciente.

Gráfico N° 3 Variación del consumo energético en plantas de OI
(Fuente: Elaboración propia; datos de Latorre M., 2004)



Lee K.P. et al. (2011) atribuyen esta disminución en el consumo energético a las mejoras hechas para minimizar el ensuciamiento y para maximizar el flujo permeado y la recuperación energética.

A modo de resumen Fariñas M. (2005) propone una clasificación de los costos del agua desalinizada por OI, diferenciándolos entre costos fijos y costos variables (ver Tabla N° 7).

Tabla N° 7 Clasificación de costos OI
(Fuente: Fariñas M., 2005)

Costos	Fijos	Amortización
		Personal de operación
		Término de potencia (Energía)
		Mantenimiento y conservación
		Administración
		Varios
	Variables	Productos químicos
		Mantenimiento y conservación
		Energía eléctrica
		Reposición de membranas y cartuchos
	Renovación de equipos	

III.13. Amortización de la inversión

Uno de los costos fijos que deberá tenerse en cuenta es el de la amortización de la inversión. Para ello debe fijarse el período de diseño en función de los equipos e instalaciones, y calcular la cuota anual de amortización.

III.13.1. Período de diseño

Fariñas M. (2003) expresa que “aunque a principio de los años 70 se consideraba que el período de amortización de una desaladora era de 20 años, el tiempo transcurrido desde entonces ha puesto de manifiesto que la evolución tecnológica puede dejar la planta obsoleta a pesar de estar en perfectas condiciones de funcionamiento”. Por lo tanto, el autor fija su período de amortización técnica en 15 años.

Por otro lado, el ENOHSa (2003) plantea periodos de diseño de acuerdo al tipo de obra o instalación, destacándose el de 10 años para instalaciones electromecánicas (Tabla N° 8).

Tabla N° 8 Periodos de diseño en sistemas de agua potable
(Fuente: ENOHSa, 2003)

Sector		Período de diseño (años)
Sistemas de captación	Superficiales	20
	Pozos	10
Líneas de impulsión		15
Plantas de potabilización	Obras civiles básicas	20
	Obras civiles del módulo de tratamiento 1a etapa	10
	Instalaciones electromecánicas	10
Tanques y cisternas de almacenamiento		10

Sector		Período de diseño (años)
Redes de distribución		15
Estaciones de bombeo	Obras civiles	20
	Instalaciones electromecánicas	10
Medidores domiciliarios		5 a 8

III.13.2. Cálculo de la amortización

Fariñas M. (2005) expresa que “para el cálculo del coste de cada metro cúbico de agua desalada debido a la amortización del capital invertido, se capitaliza la inversión necesaria, a un determinado tipo de interés, durante un período de tiempo igual al de la vida útil de la planta”. La cuota anual de amortización (a) equivale a:

$$a = I \frac{i (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1}$$

Siendo:

I = Inversión a realizar

n = número de años en los que se realiza la amortización

i = tipo de interés anual en tanto por uno

La cuota obtenida “se divide por los metros cúbicos de agua desalada producidos anualmente, obteniéndose el valor correspondiente a la amortización”. Este método supone que “el valor residual de la planta es cero al final del período de amortización y que todos los años se producen los mismos metros cúbicos de agua desalada (se calcula sobre la producción promedio)” (Fariñas M., 2005).

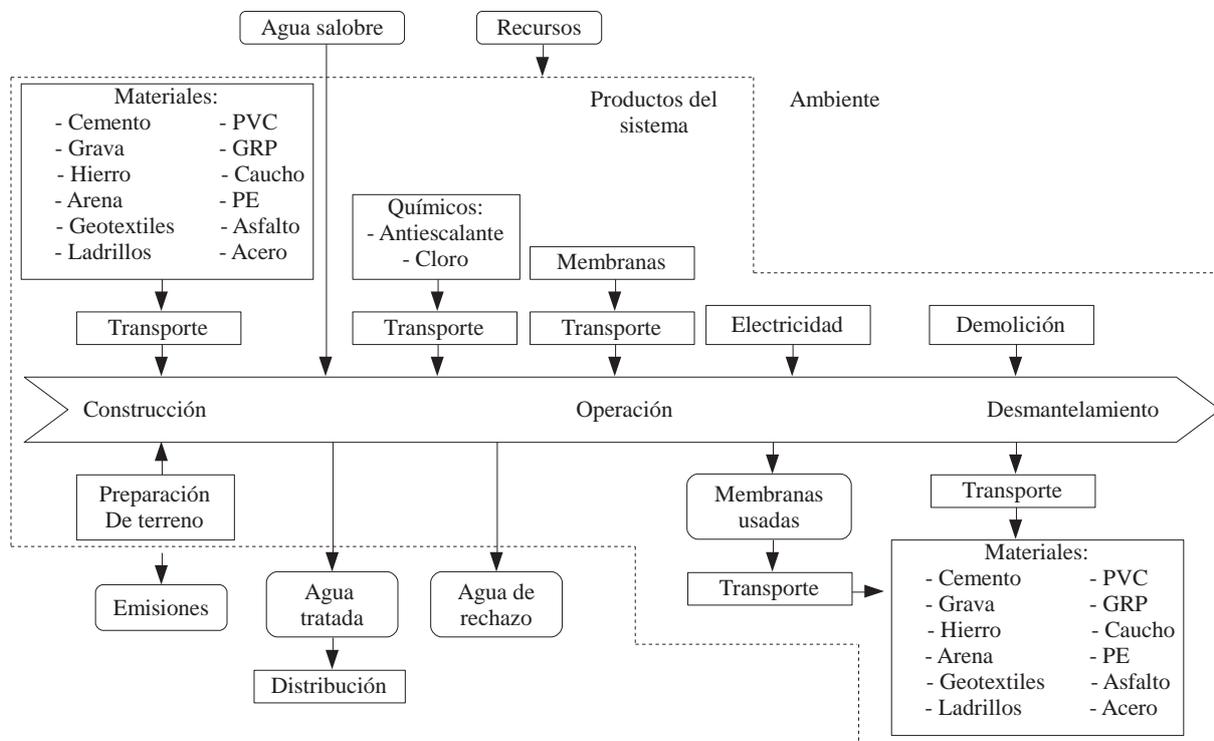
III.14. Impactos ambientales derivados de la OI

Al evaluarse los impactos ambientales de cualquier obra se debe considerar que los mismos pueden ocurrir en tres períodos distintos: construcción, operación y desmantelamiento o cierre (Figura N° 8). De acuerdo a esta clasificación, Muñoz I. et al. (2008) destacan los impactos ambientales para plantas desalinizadoras de aguas salobres:

- Impactos en la construcción: excavación del terreno, producción de materiales y equipos de construcción, transporte de dichos materiales, etc.
- Operación: consumo de electricidad, químicos, producción y disposición de membranas, descarga del agua de rechazo, entre otros.

- Desmantelamiento: demolición de estructuras edilicias, transporte y disposición de los materiales, etc.

Figura N° 8 Límites del sistema de desalinización de aguas salobres
(Elaboración propia. Adaptada de Muñoz I. et. al., 2008)



Específicamente para la etapa de operación, distintos autores comentan sobre los impactos que generan las plantas de OI dependiendo de la salinidad de las mismas. Einav R. et al. (2002) expresan que existen cinco tipos de impactos medioambientales que es preciso tener en cuenta en una planta desalinizadora de agua de mar (salinidades mayores a 30000 mg/l): impacto por el uso de la tierra, impacto en el acuífero, impacto en el medio marino, impacto por el ruido e impacto por el uso intensivo de energía. Para el caso de Monte Hermoso, de los impactos mencionados, debe excluirse el impacto en el medio marino.

Un aspecto que se incorpora por las características particulares del caso de estudio, del cual no existen antecedentes en la bibliografía, es el que se deriva del uso de envases para la distribución del agua osmotizada; se considerará la limpieza previa a cada llenado, la generación de efluentes de su lavado y el reciclado y/o disposición final de los envases y tapas una vez agotada su vida útil.

En función de la tecnología utilizada y del tipo de agua de alimentación, cada planta puede tener diferencias importantes en cada uno de los impactos citados. A continuación se hace una breve reseña de los impactos que se destacan en la bibliografía, aplicables al caso de estudio.

III.14.1. Impacto por el uso de la tierra

La mayoría de los autores plantean el impacto del uso de la tierra para localidades costeras. Al respecto, Fariñas M. (2003) señala que las plantas desalinizadoras de agua salobre “suelen construirse a una cierta distancia de la costa”, mientras que “las desalinizadoras de agua de mar sin embargo se instalan muy próximas a la costa”.

Einav R. et al. (2002) expresan que el valor del uso de la tierra en localidades de este tipo depende de la densidad poblacional y de la conciencia pública que exista. En muchos lugares este valor es despreciable, pero en lugares con costas limitadas su valor puede ser considerable, por su importancia desde el punto de vista turístico y de conservación de la naturaleza.

Una solución para minimizar el impacto del uso del terreno costero es construir la planta en una zona interior, alejada de la costa (Einav R. et al., 2002).

III.14.2. Impacto en el acuífero

Fariñas M. (2003) señala que “en la desalación de aguas salobres naturales captadas mediante pozos de un acuífero costero y abierto, esto es, que está en contacto con el mar, si las extracciones del acuífero son superiores a las aportaciones, su nivel estático desciende, pudiendo producirse intrusiones marinas y la salinización del mismo, con lo que el impacto ambiental sería enorme”.

Por otro lado, si la planta desalinizadora se construye alejada de la costa para minimizar estos impactos, deberán colocarse tuberías para transportar el agua cruda de ingreso (en el caso que se trate de agua de mar) y para disponer el agua de rechazo. Esto trae asociado el riesgo de una posible filtración de agua salada proveniente de esas tuberías que pueda penetrar en el acuífero (Einav et al., 2002). Para el caso de Monte Hermoso la fuente de agua sería subterránea, siendo el único riesgo la posible filtración del agua de rechazo al momento de disponerla en la colectora cloacal. Esto se destaca en el apartado siguiente.

III.14.3. Impacto del agua de rechazo y otros vertidos de la OI

Latorre M. (2004) plantea que una planta desalinizadora tiene como vertidos el agua de rechazo, el agua de retrolavado de los filtros de arena, los productos de limpieza de membranas y los reactivos químicos utilizados para el acondicionamiento del agua bruta y agua producto.

La Resolución 336/03 de la Provincia de Buenos Aires contempla como destinos de vuelco de los efluentes industriales (que incluye los efluentes de OI y productos químicos añadidos antes del proceso) a:

- La colectora cloacal;
- Conducto pluvial o cuerpo de agua superficial;
- Absorción por el suelo: aquí se refiere solamente a las lagunas facultativas y al riego por aspersión. Cabe destacar que la normativa prohíbe expresamente la inyección a presión en el suelo o en la napa en forma directa o indirecta de los efluentes líquidos tratados o no tratados de ningún tipo de establecimiento;
- Mar abierto.

Para el caso que el agua de rechazo sea vertida en un cuerpo de agua superficial, la legislación provincial expresa que quien genera un efluente debe solicitar un permiso de vuelco y presentar la documentación técnica referida al tratamiento ante la Autoridad Del Agua de la Provincia de Buenos Aires (ADA), según Ley Provincial N° 5.965, Decretos 2009/60 y 3970/90. A su vez el efluente debe cumplir los parámetros de vuelco de la Resolución 336/03 (ADA, 2012).

Si el agua de rechazo se dispone en la colectora cloacal el permiso de vuelco debe solicitarse a la empresa concesionaria. En este caso en particular, la concesión de la red cloacal la tiene el propio Municipio, aunque por encontrarse dentro de la Provincia de Buenos Aires, se debe cumplir con las normativas mencionadas precedentemente.

Además del agua de rechazo, una planta de OI, durante las operaciones de pre y postratamiento, genera efluentes que contienen diferentes compuestos químicos. Fritzmann C. et al. (2007) realizan un cuadro con las principales operaciones, incluyendo su objetivo, el producto utilizado y el destino de dichos productos químicos (Tabla N° 9 y Tabla N° 10).

Tabla N° 9 Compuestos químicos utilizados en el pre-tratamiento
(Fuente: Elaboración propia. Adaptado de Fritzmann C. et al., 2007)

Pre-tratamiento	Objetivo	Químicos	Destino de los químicos
Ajuste de pH	Bajar la concentración de carbonatos	Acido (H_2SO_4)	El sulfato queda en el concentrado, el pH baja
	Proteger la membrana de hidrólisis		
Anti-incrustantes	Previene la formación de incrustaciones en la membrana	Agentes dispersantes	Los complejos formados quedan en el concentrado
Coagulación-filtración	Previene el ensuciamiento y atascamiento de membranas	Coagulantes-floculantes	Los flocúlos decantan; son removidos por filtración
Desinfección	Previene el ensuciamiento biológico	Cloro (o UV)	Forma hipoclorito, subproductos de la cloración (UV)
Decloración	Protege las membranas cloro-sensibles	Bisulfato de sodio	El sulfato y el cloro quedan en el concentrado

Tabla N° 10 Compuestos químicos utilizados en el post-tratamiento
(Fuente: Elaboración propia. Adaptado de Fritzmann C. et al., 2007)

Post-tratamiento	Objetivo	Químicos	Destino de los químicos
Remoción de los gases disueltos	Remover gases (CO_2 , H_2S , radón)	Aireación, desgasificación	Emisiones gaseosas
Ajuste de pH a 7	Proteger la vida acuática en el punto de descarga	NaOH, carbonato de sodio (Na_2CO_3), cal	Incremento en el nivel sodio/calcio, pH
Desinfección	Previene el crecimiento bacteriano en el sistema de distribución	Cloro	El cloro queda en el agua producida
Reducción del nivel de cloro	Eliminar el cloro y otros oxidantes	Bisulfato de sodio	Incremento en el nivel de sulfato y de cloro
Oxigenación	Incrementar el nivel de oxígeno disuelto (OD)	Aireación	Incrementa el OD en el concentrado
Remoción de otras especies	Disminución de contaminantes en el agua producida y/o en el concentrado	Depende de la especie	-

III.14.4. Impacto por el ruido

Como expresa Fariñas M. (2003) “las plantas desaladoras, sobre todo las de agua de mar, son plantas que producen ruido. En las desaladoras de agua de mar por OI la principal fuente de ruido son las bombas de alta presión y las turbinas de recuperación de la energía del rechazo. El nivel sonoro de estas máquinas a 1 m de distancia de su eje es del orden de los 75 – 85 dB. Por este motivo suelen instalarse en el interior de un recinto cerrado y de cierta altura. El nivel sonoro justo en el exterior del edificio, con las puertas cerradas y sin ningún aislamiento especial más que el muro de cierre, es del orden de los 50 dB. En el exterior del recinto de las desaladoras no suele superar los 30 dB”. Al no ser el caso de este estudio una planta desaladora de agua de mar, este impacto se ve reducido.

Igualmente el mismo autor considera que “el ruido causado por una desaladora no tiene por qué ser un problema medioambiental porque hoy en día se dispone de la suficiente tecnología de insonorización como para reducir los niveles sonoros hasta valores aceptables”.

III.14.5. Impacto por el uso intensivo de energía. Huella de carbono

El uso intensivo de energía se considera un impacto indirecto en el ambiente, ya que para su funcionamiento las plantas de OI requieren la producción adicional de energía, lo que aumenta la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos a la atmósfera (Einav et al., 2002).

Fariñas M. (2003) destaca que la energía requerida para desalinizar 1 m³ de agua depende de su salinidad y del proceso utilizado. Por esta razón el impacto ambiental indirecto depende también de dichos parámetro. Este autor también sostiene que “al ser la ósmosis inversa la técnica que menos energía primaria consume (comparándola con otras técnicas de desalinización), también será la que produce un menor impacto indirecto por el consumo intensivo de la energía”.

Un concepto interesante que puede introducirse en este apartado y que se encuentra extendido en la medición del impacto en la producción energética es el de Huella de Carbono, que representa “la totalidad de Gases de Efecto Invernadero (GEI), expresados como dióxido de carbono equivalente (CO₂e), que resultan directa o indirectamente de una actividad o es acumulado durante la vida de un proyecto” (Shrestha E. et al., 2011). El CO₂e es la unidad de medida y puede definirse como “la concentración de dióxido de carbono que podría causar el mismo grado de forzamiento radiativo que una mezcla determinada de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero” (IPCC, 2007).

Como expresa Schneider H., et al. (2009) su cálculo sigue los principios del Protocolo de emisiones de gases de efecto invernadero o la norma ISO 14.064, y establece tres ámbitos:

- **Ámbito 1:** emisiones directas, desde fuentes propias o controladas por la empresa, como por ejemplo, las derivadas de la quema de combustibles o debidas a procesos químicos.
- **Ámbito 2:** emisiones indirectas derivadas de la generación, por parte de terceros, de energía, calor o vapor (en este caso, es indirecta, aunque sea consecuencia de las actividades de la empresa, pero fueron generadas o son controladas por terceros). Este es

el ámbito de aplicación para el cálculo de huella de carbono que se expone en el Apartado XI.2.1.f)

- **Ámbito 3:** otras emisiones indirectas que son consecuencia de las actividades de la organización que ocurren fuera de esta y no son controladas o generadas por ésta, como lo son los viajes, la gestión y disposición de residuos, la producción de insumos, etc.

III.15. Población estable, turística y recreacional

La localidad de estudio (Monte Hermoso, Provincia de Buenos Aires) tiene un marcado perfil turístico, por lo que es necesario considerar al momento de hacer una proyección de la demanda de agua que existe una población estable, una población turística y una población recreacional. Se entiende por población estable a la que tiene su domicilio principal en la localidad estudiada y que es reflejada en los Censos nacionales. Se denomina turista a aquel “pasajero que permanece una noche por lo menos en un medio de alojamiento colectivo o privado del lugar visitado”, en tanto que excursionista (o visitante recreacional) es aquel “visitante que no pernocta en un medio de alojamiento colectivo o privado del lugar visitado” (OMT: 1998 en Caruso, M. et al.; 2010).

III.16. Indicadores

Se ha expresado que uno de los objetivos particulares contemplados por la presente tesis es la construcción de indicadores, que pueden definirse como “instrumentos que, dentro de un marco definido, permiten tener información en el tiempo para evaluar la evolución de la gestión y realizar ajustes necesarios para alcanzar los objetivos planteados” (Sartor A., 2000).

Su utilidad radica en que nos permiten “monitorear el progreso (o el retroceso) hacia la sostenibilidad, ayudan a evaluar las relaciones potenciales entre la implantación de políticas públicas, el comportamiento humano y los impactos resultantes, y nos permiten comparar situaciones en diferentes regiones o en diferentes periodos” (Pires A., 2007).

Quiroga Martínez R. (2009) desarrolla una hoja metodológica para indicadores, que contiene los aspectos que debiera incluir, entre los que se destacan el nombre de indicador, descripción, fórmula de cálculo y fuente de los datos. En el Anexo XVIII.1 se muestra la hoja metodológica completa propuesta por el autor.

Por otra parte, Afgan N. et al. (1999) proponen indicadores para la evaluación de la sustentabilidad de plantas de desalinización, clasificándolos en indicadores de recursos, ambientales y económicos:

- Indicadores de recursos: Combustible (cantidad de combustible por m^3 de agua desalinizado, kg_{comb}/m^3); Materiales (cantidad de materiales utilizados en la construcción de la planta por m^3 de agua desalinizada, kg_{mat}/m^3).
- Indicadores ambientales: Gases producidos en plantas de desalinización: CO_2 (cantidad de CO_2 por m^3 de agua desalinizada, kg_{CO_2}/m^3), SO_2 (cantidad de SO_2 por m^3 de agua desalinizada, kg_{SO_2}/m^3), NO_x (cantidad de NO_x por m^3 de agua desalinizada, kg_{NO_x}/m^3).
- Indicadores económicos: Costo de inversión, operación, mantenimiento y de combustibles. Costo de desalinización por m^3 de agua ($U\$/m^3$).

De los citados, para el caso de Monte Hermoso, se utilizarán indicadores económicos (ej. costos de inversión, operación y mantenimiento, costo por m^3 de agua producida) y algunos indicadores ambientales (ej. huella de carbono, volumen y calidad de efluentes, etc.), a los que se agregarán indicadores de gestión (ej. proyección de población estable, número de bidones entregados, entre otros).

IV. MARCO METODOLÓGICO

IV. MARCO METODOLÓGICO

La presente investigación estudia la incorporación de un sistema de potabilización por ósmosis inversa de agua subterránea en una localidad que aún no cuenta con esta tecnología e incluye los conocimientos existentes acerca de la región en estudio, proponiendo una técnica para determinar su aplicabilidad en términos económicos y medioambientales.

IV.1. Universo de estudio

El universo de estudio comprende el análisis de impactos y externalidades ambientales de la aplicación de un sistema de OI para potabilización de agua sólo para la ingesta envasada, para abastecer a la población estable de la localidad de Monte Hermoso, cabecera del partido homónimo (no se incluye la localidad de Sauce Grande) durante el período 2013-2022.

IV.2. Fuentes

Para demostrar la hipótesis enunciada se utilizaron como fuentes primarias:

- Elaboración de la proyección de la población estable y turística de la localidad de estudio.
- Elaboración de mapas temáticos de la región, con el asesoramiento del Sr. Marcio Bonzini en el uso del Sistema de Información Geográfica. Software utilizado: Sistema de Información Geográfico GvSig, Versión 1.12. [Http://www.gvsig.org/web/](http://www.gvsig.org/web/) y Google Earth, Versión 7. [Http://www.google.com.ar/intl/es/earth/](http://www.google.com.ar/intl/es/earth/).
- Elaboración de cuestionarios base de entrevistas a actores sociales.
- Realización de entrevistas al proveedor del servicio (autoridades del Municipio de Monte Hermoso) y al laboratorio de la autoridad de aplicación provincial (ADA).
- Realización de entrevistas y visitas a experiencias actuales de interés: 1) la localidad de Coronel Dorrego (Provincia de Buenos Aires), con experiencia en distribución de agua envasada osmotizada; 2) Bahía Blanca Plaza Shopping, que posee una planta de OI para autoabastecerse, complementado con una entrevista a la empresa Nalco, quien realiza las tareas de operación y mantenimiento de dicha planta; 3) Cimes Bahía Blanca, empresa que potabiliza por OI y comercializa agua embotellada; 4) Profertil – Planta de Ingeniero White, que posee una planta para osmotizar agua para sus procesos industriales.

- Entrevistas a empresas proveedoras de equipamiento de plantas de potabilización por OI:
1) Orbital Ingeniera, cuyo representante en Bahía Blanca es Quaglia Tratamiento de aguas; 2) Ingeniería Romin, de la ciudad de La Plata.
- Construcción de fichas metodológicas de indicadores para hacer un seguimiento de la gestión del servicio de agua potable y de las externalidades de este tipo de abastecimiento, a fin de medir sus tendencias (ver en Apartado IV.3).

Como fuentes secundarias se consultó:

- La legislación vigente Nacional y en la Provincia de Buenos Aires respecto a agua potable, agua corriente y envasada, estándares de calidad de agua, efluentes y residuos sólidos urbanos.
- Estadísticas confeccionadas por el INDEC en cuanto a la población y provisión de servicios sanitarios.
- Estudios e información referidos a la cantidad y calidad del agua de la localidad en estudio (Ej. Análisis químicos y bacteriológicos de los pozos de extracción realizados por la Municipalidad de Monte Hermoso).
- Documentación relativa a casos similares en la región (antecedentes).
- Bibliografía, artículos y documentación técnica relacionados con OI.
- Artículos periodísticos de actualidad de la región (obras de servicio eléctrico, gestión de RSU, otros).

IV.3. Instrumentos

Tomando como base lo expresado por Quiroga Martínez R. (2009) y las tesis de Bertoni D. (2009) y Bukoski M. (2008), se desarrolla una hoja metodológica de indicadores con los siguientes aspectos:

- Nombre de indicador (N)
- Descripción (D)
- Relevancia (R)
- Fórmula de cálculo (F)
- Unidad (U)
- Fuente de los Datos (FD)

En la Tabla N° 11 se proponen los indicadores teóricos cuyos resultados para el caso de estudio serán expuestos en el Capítulo XII.

Tabla N° 11 Indicadores teóricos propuestos

Nombre del Indicador		Aspectos considerados (D: Descripción, R: Relevancia, F: Fórmula de cálculo, U: Unidad, FD: Fuente de los Datos)
I.1	Proyección de la población estable	<p>D: Mide mediante métodos estadísticos la proyección en el número de habitantes de la población estable de Monte Hermoso.</p> <p>R: El valor de este indicador multiplicado por la dotación de agua solo para la ingesta (2 l/hab.día) permite estimar la proyección de la demanda de agua potable envasada para la ingesta.</p> <p>F: Para su cálculo se utiliza el método de tasa geométrica decreciente. Fórmulas en Anexo XVIII.2.</p> <p>U: Habitantes.</p> <p>FD: Elaboración propia a partir de ENOHS (2003) e INDEC.</p>
I.2	Proyección de la demanda de agua envasada para la ingesta de la población estable 1.Diaria 2.Anuale	<p>D: Mide la cantidad (diaria y anual) de agua envasada solo para la ingesta consumida por la población estable según el crecimiento demográfico.</p> <p>R: Este indicador permite:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Proyectar los requerimientos de agua potable envasada demandada por la población estable; - Prever la necesidad de nuevas fuentes de abastecimiento - Establecer los requerimientos de infraestructuras necesarias - Prever los futuros costos de inversión y amortización asociados - Calcular el número de bidones y tapas descartados (I.13 e I.14) <p>F: I.2.1 = Población año n (N° hab.) x Dotación de agua solo para la ingesta (m³/hab. día) I.2.2 = Población año n (N° hab.) x Dotación de agua solo para la ingesta (m³/hab. día) x 365 días/año</p> <p>U: I.2.1: m³/día I.2.2: m³/año</p> <p>FD: Elaboración propia, datos de INDEC y estadística dotación de agua para ingesta.</p>
I.3	N° de bidones entregados I.3.1.Diario I.3.2.Anuale	<p>D: Estima la cantidad de bidones de 12 l consumidos por la población estable por día y por año.</p> <p>R: Este indicador permite:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estimar los costos asociados a la distribución de agua envasada. - Estimar el posible impacto por el descarte de bidones. <p>F: I.3.1 = I.2.1. x (1000 l/m³ / 12 l/bidón) I.3.2 = I.2.2. x (1000 l/m³ / 12 l/bidón)</p> <p>U: I.3.1: N° de bidones/día. I.3.2: N° de bidones/año.</p> <p>FD: Elaboración propia.</p>
I.4	Energía consumida por año por el proyecto	<p>D: Mide la energía consumida por los procesos de OI, desinfección y envasado.</p> <p>R: Este indicador permite:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Conocer el gasto en energía. - Prever obras de instalación eléctrica en función de la capacidad actual. - Estimar el impacto energético sobre la población. - Calcular la huella de carbono. <p>F: I.4 = Σ potencias de cada equipo (kW) x hs/año de funcionamiento</p> <p>U: I.4 = kWh/año</p> <p>FD: Elaboración propia en base a datos de fabricantes.</p>
I.5	% Energía consumida respecto al consumo de la población	<p>D: Estima el impacto energético del proyecto sobre el consumo de la población en estudio.</p> <p>R: Conocer el compromiso que el emprendimiento implica al servicio eléctrico de la localidad.</p> <p>F: I.5 = (Energía consumida por la planta / Energía total población) x 100 = (I.4 / Energía total población) x 100</p> <p>U: %</p> <p>FD: Elaboración propia en base a I.4 y Secretaría de Energía de la Nación</p>

Nombre del Indicador		Aspectos considerados (D: Descripción, R: Relevancia, F: Fórmula de cálculo, U: Unidad, FD: Fuente de los Datos)
I.6	Huella de carbono anual	<p>D: Cuantifica el impacto por la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que genera la producción de la energía eléctrica requerida para el proceso. La unidad de medida es el kg CO₂ equivalente (kg CO₂e). Para su cálculo se utilizan el consumo energético del proceso y un factor de emisión promedio de CO₂e en Argentina. Este factor es una variable que debe ser actualizada, ya que puede modificarse por mejoras tecnológicas y/o por cambios en la política energética nacional.</p> <p>R: Permite observar cuanto contribuye el proyecto a la emisión de GEI, y verificar su tendencia a lo largo de tiempo.</p> <p>F: $I.6 = \text{Energía consumida por año por el proyecto (kWh/año)} \times \text{Factor de emisión promedio en Argentina (kgCO}_2\text{e/kWh)} = I.4 \times \text{Factor de emisión promedio en Argentina}$</p> <p>U: kg CO₂e/año</p> <p>FD: Elaboración propia, datos de Cooperativa Eléctrica de Monte Hermoso y Secretaría de Energía de la Nación.</p>
I.7	Huella de carbono del proceso por año por habitante	<p>D: Cuantifica el impacto por la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que genera la producción de la energía eléctrica requerida para el proceso asignada por habitante en un determinado año n.</p> <p>R: Permite establecer una tendencia y realizar comparativas con la producción de otros bienes y servicios</p> <p>F: $I.7 = \text{Huella de carbono total anual} / \text{número de habitantes año n} = I.6 / I.1n$</p> <p>U: kg CO₂e / año x habitante</p> <p>FD: Elaboración propia</p>
I.8	Volumen diario de rechazo OI	<p>D: Mide la cantidad de efluentes generados en el proceso de OI por día</p> <p>R: Permite:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Evaluar la eficiencia del equipo de OI (% conversión) y detectar problemas en la operación y/o mantenimiento - Evaluar impactos ambientales y sus externalidades solo por rechazo OI <p>F: $I.8 = (1 - \text{Conversión}) \times \text{Caudal diario de ingreso a planta OI}$</p> <p>U: m³/día</p> <p>FD: Elaboración propia en base a datos de fabricante</p>
I.9	Volumen diario de efluentes de lavado de envases	<p>D: Mide el volumen de efluentes generados en todo el proceso de lavado de envases por día. Se estima a partir de experiencias actuales de funcionamiento de máquinas lavadora/llenadora de envases (ver Apartado I.1.1.a)</p> <p>R: Permite:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Evaluar la eficiencia del equipo de lavado. - Evaluar impactos ambientales y sus externalidades solo por efluente lavado <p>F: $I.9 = I.3.1 \times \text{consumo agua de lavado}$</p> <p>U: m³/día</p> <p>FD: Elaboración propia en base a datos del fabricante</p>
I.10	Calidad del agua de ingreso a planta OI	<p>D: Mide los valores de los parámetros físico - químicos y bacteriológicos del agua subterránea de la zona. Teniendo en cuenta las condiciones particulares del caso de estudio se evalúan: Arsénico, Flúor, Sólidos Disueltos Totales (SDT), Sulfatos y Coliformes totales. A estos deberán agregarse aquellos que sean críticos para el proceso de OI y los que puedan condicionar el tratamiento/destino de los efluentes según solicitud de proveedores de OI.</p> <p>R: Este indicador permite:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Detectar si es necesario realizar un tratamiento previo al proceso de OI - Evaluar la gestión del recurso hídrico subterráneo y tomar medidas previas al proceso de producción, en caso de verificarse una sobreexplotación del acuífero y/o contaminación del mismo - Estimar los valores que tendrá el agua de rechazo de la OI <p>F: No contiene.</p> <p>U: mg As/l, mg F/l, mg SDT/l, mg Sulfatos/l, NMP Colif. Totales /100mL</p> <p>FD: Municipalidad de Monte Hermoso / ADA</p>

Nombre del Indicador		Aspectos considerados (D: Descripción, R: Relevancia, F: Fórmula de cálculo, U: Unidad, FD: Fuente de los Datos)
I.11	Calidad del efluente de rechazo de la planta OI	D: Mide los valores estimados de los parámetros físico - químicos del agua de rechazo del proceso de OI R: Permite verificar si se cumple con los parámetros de vuelco de efluentes industriales (Resolución 336/03) y medir tendencias F: $I.11 = I.10 / (1 - \text{conversión})$ U: mg As/l, mg Sulfatos/l, mg F/l, mg SDT/l, otros FD: Elaboración propia
I.12	Calidad del efluente del lavado de envases	D: Mide los valores estimados de los parámetros físico - químicos del agua de lavado de los envases. R: Permite verificar si se cumple con los parámetros de vuelco de efluentes industriales (Resolución 336/03) y medir tendencias F: No contiene. U: mg SAAM/l, otros. FD: Elaboración propia.
I.13	Número de tapas descartadas por año	D: Número de tapas por año para cerramiento de los envases, las que se utilizan una sola vez y se descartan R: Permite determinar el volumen y peso generado que podrá ser reutilizado, reciclado y/o que una vez trasladado a su disposición final, ocupará dicho volumen en el relleno sanitario y/o basural F: $I.13 = I.3.2$ U: N° de tapas/año FD: Elaboración propia.
I.14	Número de envases descartados por año	D: Número de bidones que en función de su vida útil son descartados por año R: Permite determinar el volumen y peso generado que podrá ser reutilizado, reciclado y/o que una vez trasladado a su disposición final, ocupará dicho volumen en el relleno sanitario y/o basural F: $I.14 = I.3.2 \times \% \text{ rotura}$ U: N° de bidones/año FD: Elaboración propia, en función de la vida útil de los mismos y de información relevada de experiencias (Municipalidad de Cnel. Dorrego).
I.15	Volumen de envases descartados por año sin compactar	D: Lugar que ocuparán los envases que se descarten por año en su disposición final R: Permite determinar los costos del traslado y/o disposición final F: $I.15 = I.14 \times 12 \text{ l/bidón} \times 1 \text{ m}^3 / 1000 \text{ l}$ U: $\text{m}^3/\text{año}$ FD: Elaboración propia.
I.16	Número de membranas descartadas por año	D: Número de membranas descartadas por año en función de su vida útil (2 años) R: Permite determinar el volumen y peso generado que podrá ser reutilizado, reciclado y/o que una vez trasladado a su disposición final, ocupará dicho volumen en el relleno sanitario y/o basural F: $I.16 = \text{Unidades utilizadas} / \text{Vida útil}$ U: N° de membranas/año FD: Elaboración propia, datos de fabricantes.
I.17	Número de filtros cartucho descartados por año	D: Número de filtros descartados por año en función de su vida útil R: Permite determinar el volumen y peso generado que podrá ser reutilizado, reciclado y/o que una vez trasladado a su disposición final, ocupará dicho volumen en el relleno sanitario y/o basural F: $I.17 = \text{Unidades utilizadas} / \text{Vida útil}$ U: N° de filtros/año FD: Elaboración propia, datos de fabricantes.
I.18	Tarifa mínima de Monte Hermoso solo por servicio de agua corriente (año n)	D: Valor mínimo en pesos argentinos (\$) pagado por los usuarios por el servicio de agua corriente de red. La tasa abonada es función del valor básico del inmueble y/o un valor mínimo por cada unidad habitacional, cuando no se poseé medidor domiciliario.

Nombre del Indicador		Aspectos considerados (D: Descripción, R: Relevancia, F: Fórmula de cálculo, U: Unidad, FD: Fuente de los Datos)
		<p>R: Permite comparar con indicador I.19 (agua potable) y comprobar la sustentabilidad del servicio de agua potable envasada osmotizada</p> <p>F: No contiene</p> <p>U: \$/bimestre x conexión</p> <p>FD: Cuadro tarifario de ordenanza impositiva municipal.</p>
I.19	Costo del m ³ de agua osmotizada envasada	<p>D: Costo por m³ del agua envasada (OI + desinfección + lavado/llenado)</p> <p>R: Al comparar con el indicador I.18 permite determinar el incremento de la tarifa mínima (Indicador I.22); Al compararlo con el Indicador I.20 permite observar el beneficio de la entrega de agua potable envasada por el Municipio versus el agua envasada distribuida en el mercado local.</p> <p>F: No contiene</p> <p>U: \$/m³</p> <p>FD: Elaboración propia</p>
I.20	Precio del m ³ de agua envasada en el mercado local	<p>D: Precio por m³ del agua envasada en el mercado local de Monte Hermoso</p> <p>R: Al comparar con I.19 permite determinar el beneficio de la entrega de agua potable envasada por el Municipio versus el agua envasada distribuida en el mercado local.</p> <p>F: = No contiene</p> <p>U: \$/m³</p> <p>FD: Datos del mercado de agua envasada en Monte Hermoso</p>
I.21	Relación Precio agua envasada mercado local / Costo agua osmotizada envasada	<p>D: Es el cociente entre el precio del m³ de agua envasada en el mercado local y el costo del m³ de agua osmotizada envasada (sin ganancias) por el Municipio</p> <p>R: Permite demostrar si vale la pena para el usuario y el proveedor pensar en una distribución de agua envasada municipal. Permite demostrar si sería competitiva la distribución del municipio versus la compra en el mercado local</p> <p>F: $I.21 = I.20 / I.19$</p> <p>U: %</p> <p>FD: Elaboración propia</p>
I.22	Incremento de la tarifa mínima con provisión de agua corriente + agua potable envasada	<p>D: Es el incremento que sufriría la tarifa actual por agua corriente si se agregara el servicio de agua potable envasada. Se lo calcula en función del valor mínimo de la facturación (61 \$/bimestre por conexión) y de la dotación de 2 L/hab x día, considerando una familia tipo de 4 personas/conexión en el periodo de 60 días.</p> <p>R: Permite determinar si el sistema puede ser abordado por el usuario</p> <p>F: $I.22 = [(I.19 \times 4 \text{ hab/conex} \times 60 \text{ d/bimestre} \times 2 \text{ l/hab.d} \times 1 \text{ m}^3/1000 \text{ l}) / I.18] \times 100$</p> <p>U: %</p> <p>FD: Elaboración propia.</p>
I.23	Costo anual del sistema	<p>D: Costo anual en \$ del sistema de agua osmotizada envasada solo para la ingesta de la población estable</p> <p>R: Permite conocer el costo anual que deberá afrontar el Municipio y/o los usuarios para cada año n</p> <p>F: $I.23 = I.19 [\\$/\text{m}^3] \times I.3.2 [\text{N}^\circ \text{ de bidones/año } n] \times [12\text{L/bidón}] [1\text{m}^3/1000\text{L}]$</p> <p>U: \$/año</p> <p>FD: Elaboración propia.</p>

V. MARCO LEGAL

V. MARCO LEGAL

A continuación se hace mención de las leyes, decretos y demás normas de carácter legal que fueron citados y tienen alcance al presente trabajo. También se agregan guías que se consideran de referencia en la materia y que fueron consultadas.

V.1. Internacional

- Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, Río de Janeiro (1992) Agenda 21.
- Guías de la Organización Mundial de la Salud (OMS).
- Guías y documentación técnica de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA).

V.2. Nacional: Argentina

- Constitución Nacional.
- Ley 18.284/69 - Código Alimentario Argentino y su Decreto Reglamentario N° 2.126/71; Resolución Conjunta SPRyRS y SAGPyA N° 68/2007 y N° 196/2007; Modificaciones Resolución Conjunta SPReI N° 34/2012 y SAGyP N° 50/2012.
- Ley 19587/72 de “Higiene y seguridad en el trabajo” y sus Decretos N° 351/79 y N° 1338/96. Valores límite en el ruido en ambiente laboral.
- Guías del Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento (ENOHSa), 2003.

V.3. Provincial: Provincia de Buenos Aires

- Ley N° 5.965/58 de “Protección a las fuentes de provisión y a los cursos y cuerpos receptores de agua y a la atmósfera”, Decretos reglamentarios N° 2009/60 y N° 3970/90, y Resolución N° 336/03, que define los parámetros de vuelco de efluentes a cumplir.
- Ley N° 11.459/93 de “Radicación industrial” de aplicación a todas las industrias instaladas, que se instalen, amplíen o modifiquen sus establecimientos o explotaciones dentro de la jurisdicción de la Provincia de Buenos Aires. Mediante esta ley, se exige a las industrias el Certificado de Aptitud Ambiental.

- Ley N° 11.723/95 “Ley Integral del Medio Ambiente y los Recursos Naturales”.
- Ley N° 11.720/96 y Decreto reglamentario 806/97 de “Residuos Especiales”. La ley regula la generación, manipulación almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de residuos especiales en el territorio de la Provincia de Buenos Aires.
- Ley 11.820/96 “Marco Regulatorio para la Prestación de los Servicios Públicos de Provisión de Agua Potable y Desagües Cloacales”.
- Ley N° 12.257/99 “Código de Aguas de la Provincia de Buenos Aires”.
- Decreto N° 878/03 “Marco Regulatorio para la Prestación de los Servicios Públicos de Provisión de Agua Potable y Desagües Cloacales”.
- Ley N° 13.592/06 “Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos”.

V.4. Municipal: Monte Hermoso

- Ordenanza Impositiva Municipal Año 2012 y 2013.

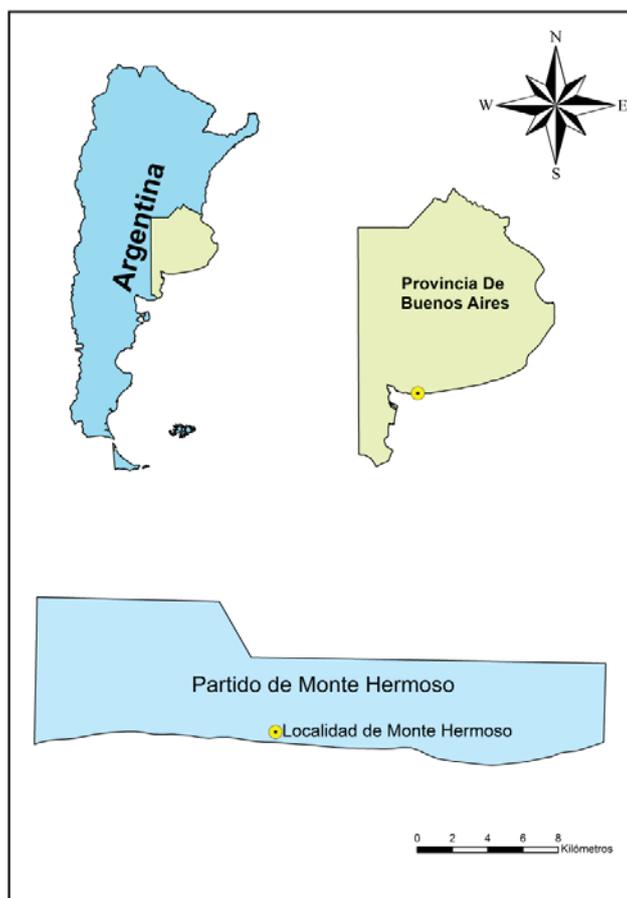
VI. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

VI. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

VI.1. Ubicación geográfica

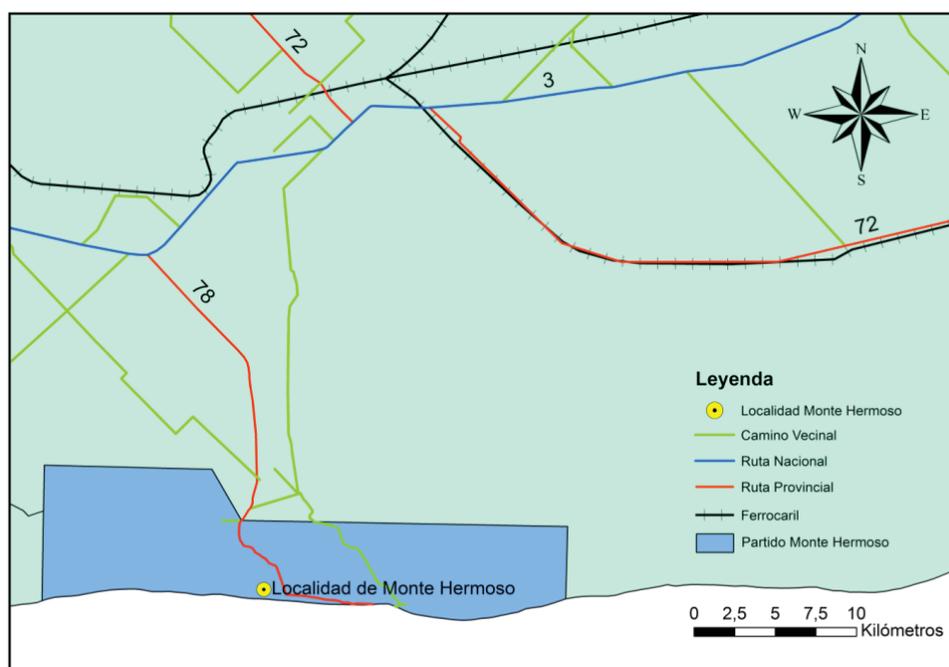
El Partido de Monte Hermoso está ubicado sobre la costa Atlántica al Sur-Oeste de la Provincia de Buenos Aires, a los $38^{\circ}58'57''$ latitud Sur y a $61^{\circ}17'41''$ longitud Oeste. Limita al Norte y Este con el Partido de Coronel Dorrego, al Oeste con el Partido de Coronel de Marina Leonardo Rosales y al sur con el Océano Atlántico. Comprende “una superficie de 230 km^2 y se extiende a manera de franja paralela al mar, a lo largo de 32 km en dirección Este-Oeste, incluyendo la laguna Sauce Grande y el río homónimo hasta su desembocadura, que marca el deslinde con el Partido de Coronel Dorrego” (Caruso M. et al., 2010). En el año 1979 se produce el desprendimiento de Monte Hermoso del Partido de Coronel Dorrego y a partir de 1983 toma su denominación actual como Partido de Monte Hermoso. La localidad de Monte Hermoso (caso de estudio) es la cabecera del partido (Figura N° 9).

Figura N° 9 Ubicación geográfica de Monte Hermoso
(Fuente: Elaboración propia en colaboración con Bonzini M., 2013.
Software utilizado: gvSIG)



Como se observa en Figura N° 10, la localidad “se comunica con el resto de la Provincia a través de la ruta nacional N° 3, accediéndose por medio de la ruta provincial N° 78, totalmente asfaltada en su tramo de 26 km, que finaliza en el centro urbano. Aproximadamente a 5 km de la ciudad, la entrada al ejido se bifurca en dos accesos: el Este, totalmente pavimentado y el Oeste, consolidado” (Vaquero M. et al., 2004).

Figura N° 10 Accesibilidad de Monte Hermoso
(Fuente: Elaboración propia en colaboración con Bonzini M., 2013.
Software utilizado: gvSIG)



VI.2. Caracterización climática

El área de estudio se “encuentra dentro de la zona de clima templado pampeano, con características bien diferenciadas debido a la influencia del mar. La temperatura media anual es de aprox. 15° C, siendo Junio el mes más frío (7,7° C) y Enero el más cálido (21,7° C). Las máximas extremas pueden alcanzar los 49° C en días que no sopla la brisa marina”.

En cuanto al régimen pluviométrico, Monte Hermoso “presenta lluvias abundantes durante el otoño y la primavera. El promedio anual de precipitaciones es de 656,8 mm, siendo Marzo y Abril los meses más lluviosos y los de menos precipitaciones Junio a Agosto. La humedad relativa promedio es de 73%. A diferencia de otras zonas costeras bonaerenses, aquí se destacan las altas temperaturas del agua de mar, con 21° C de promedio durante el verano, llegando a un máximo de 27° C”.

“Los vientos predominantes provienen del continente, mostrando una tendencia a soplar del NO durante el invierno, y de NE en verano. No obstante, son frecuentes los períodos de tormenta con vientos de SE y SO, los que ejercen una alta influencia erosiva sobre la playa. Durante los meses cálidos hay generación de vientos locales, como la brisa marina de tierra y de mar, que influye en la reducción o aumento de la energía de las olas” (Del Pozo, O., 2001 en Caruso M. et al., 2010).

VI.3. Geomorfología

En la región existen “dos claros ambientes geomorfológicos diferenciables: al Norte del Río Sauce Grande se desarrolla una amplia llanura, con suave declive hacia el sur y topografía monótona. Se encuentra surcada por cursos de agua permanentes, comúnmente asociados a zonas anegadizas. Al Sur del Río Sauce Grande, y hasta la costa marítima, se desarrolla un importante cordón costero litoral, constituido por dunas de arena pertenecientes a tres ciclos sedimentarios definidos. Estos sistemas de dunas tienen un ancho promedio de 5 km y alturas que no superan los 25 m” (Del Pozo, O., 2001 en Caruso M. et al., 2010). Para el presente trabajo, interesa el cordón costero litoral, ya que “constituye el área de recarga preferencial del acuífero y sobre el cual se halla emplazada la localidad de Monte Hermoso” (Di Martino C., 2012).

VI.4. Recursos hídricos

El Río Sauce Grande “recorre un valle amplio con terrazas húmedas cubiertas de vegetación higrófila. Antes de ingresar al Partido de Monte Hermoso y en el mismo límite con Coronel Rosales, presenta un cauce sinuoso, conformando una zona de pajonales y bañados. Luego, sus aguas se indican por la presencia de dunas formando una importante laguna, que recibe el mismo nombre. El arroyo de las Mostazas, su principal afluente en esta zona, corre paralelo a la ruta de acceso al balneario y presenta las mismas características. Otros cursos se infiltran en su recorrido y alimentan una serie de pequeñas lagunas sin llegar al mar”.

En el mismo ambiente del cordón costero litoral, “se encuentra un acuífero freático alojado en sedimentos arenosos francos. En algunos sectores aparecen niveles segmentados que le confieren características de semiconfinamiento. En profundidad, ya en sedimentos pampeanos, existe un complejo acuífero con niveles productivos arenosos intercalados en materiales acuitardos” (Del Pozo, O., 2001 en Caruso M. et al., 2010).

A pesar de contar con este curso de agua, Monte Hermoso se abastece de agua subterránea, ya el río aguas abajo del Dique Paso de las Piedras apenas alcanza el caudal ecológico. Además, si se optara por transportar el agua a la localidad, se requeriría de un tendido de cañerías como mínimo de 3,4 km de longitud.

La extracción de agua para consumo de la localidad “se desarrolla en el acuífero libre, alojado en la Formación Punta Médanos (Sección Hidroestratigráfica Epiparaneano). Esta Formación se apoya sobre los denominados sedimentos pampeanos portadores del acuífero libre de toda la región. La elevada permeabilidad vertical que presentan las dunas y que constituye un factor altamente favorable para la recarga, actúa en sentido inverso con respecto a la vulnerabilidad del agua subterránea” (Di Martino C., 2012).

Figura N° 11 Recursos hídricos Monte Hermoso
(Fuente: Elaboración propia en colaboración con Bonzini M., 2013.
Software utilizado: gvSIG. Imagen satelital Google Earth)



VI.5. Infraestructura de servicios

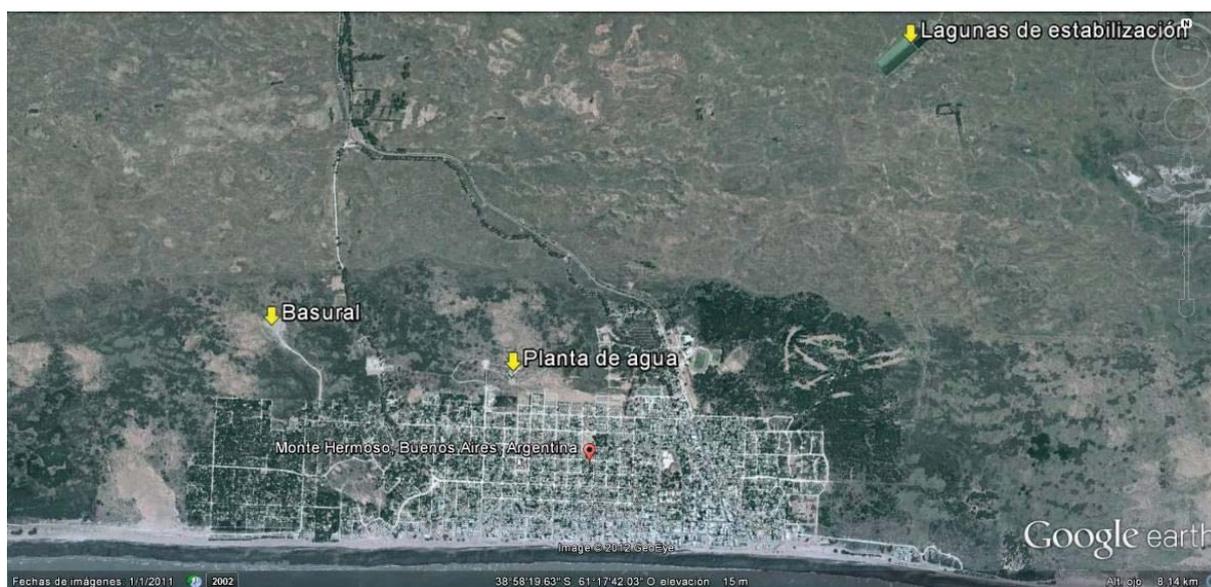
El servicio de agua corriente y de recolección de efluentes domiciliarios de la localidad de Monte Hermoso es prestado por el Municipio. Sobre las 11804 partidas que tiene la localidad (inmuebles edificados, no se incluyen baldíos), 7890 tienen servicio de agua (cobertura del 66,84%) y 7731 tienen red cloacal (65,49%). De las partidas con domicilio postal de facturación en Monte Hermoso, que pueden dar una idea de la población estable con

conexión, 1826 de agua corriente y 1741 tienen servicio de cloacas³. La descripción del servicio de agua corriente se desarrolla con mayor profundidad en el Capítulo VII.

El efluente cloacal es “conducido a la ex planta depuradora y de allí por bombeo a través de una cañería de 4 km (2 km por impulsión y 2 km por gravedad), y transportado para su tratamiento a lagunas de estabilización (Figura N° 12). Las mismas se encuentran al Norte del núcleo urbano y al Sur del Sauce Grande, ocupando unas 12,5 Has., sobre suelos en los que a una profundidad de entre 8 y 10 m, aparecen arenas eólicas sueltas cuarzosas y que han sido impermeabilizadas con una base de tosca y cemento. Una vez depurado el efluente es derivado al Río Sauce Grande” (Di Martino C., 2012).

Los planos de cobertura de red de agua corriente y de efluentes domiciliarios pueden observarse en los Anexos XVIII.18 y XVIII.19.

Figura N° 12 Ubicación de puntos de interés en la gestión de servicios de Monte Hermoso
(Fuente: Elaboración propia. Imagen satelital de Google Earth, 2012)



La recolección de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) se encuentra a cargo de la Municipalidad de Monte Hermoso. Los residuos son dispuestos en un basural a cielo abierto de unas 3 hectáreas, ubicado al Nor-oeste del ejido urbano (Figura N° 12). Actualmente, no se realiza ningún tratamiento a los RSU antes de su disposición final, pero se prevé concretar un proyecto de instalación de un relleno sanitario y una planta de reciclaje de RSU en el área donde actualmente está emplazado el basural (Ver Anexo XVIII.20).

³ Información obtenida por comunicación verbal con el Departamento de Administración de Servicios Sanitarios, Municipalidad de Monte Hermoso

El servicio de gas natural es administrado por la empresa privada Camuzzi Gas Pampeana, con una cobertura de red de aprox. 70%, siendo la ampliación más reciente, la zona del barrio Las Dunas que se realizó en el periodo 2008-2009 (Caruso M. et al., 2010).

La energía eléctrica es administrada por la Cooperativa Eléctrica de Monte Hermoso Limitada. La línea eléctrica con la que contaba la localidad, explotada por más de 30 años, se encontraba superada en su capacidad. Por tal motivo, en el año 2012 se inauguró la ampliación del tendido eléctrico, triplicando la capacidad actual. La nueva línea de 132 kva trabaja en forma coordinada con la actual de 33 kva y pretende solucionar los problemas generados por la mayor demanda energética en época estival (ver Anexo XVIII.3).

Según comunicación verbal de personal de la Cooperativa Eléctrica, en el 2012 la potencia demandada por la localidad era de 3,5 MW, con picos en temporada de verano de 9 MW (capacidad máxima 9,5 MW, aprox.⁴). Esta potencia no considera la ampliación mencionada, que se puso en marcha durante el transcurso de la presente tesis.

De acuerdo a lo publicado por la Secretaría de Energía de la Nación (2010), el consumo energético de la localidad, facturado por la Cooperativa de Monte Hermoso, durante el año 2010 fue de 18.902 MWh.

VI.6. Población estable

De acuerdo al último Censo de Población, Hogares y Viviendas, la localidad de Monte Hermoso contaba con una población de 6351 habitantes (INDEC, 2010). Si se lo compara con el censo anterior, en el que se censaron 5394 personas (INDEC, 2001), hubo un aumento del 17%. En el año 1991 había 3514 habitantes (INDEC, 1991), en tanto que en el año 1980 la población ascendía a 3122 (INDEC, 1980). La Tabla N° 12 resume los datos poblacionales de la localidad.

No se cuenta con registros poblacionales anteriores, ya que “los censos para el Partido de Monte Hermoso comienzan en el año 1980, pues recién en el año 1979 se produce su desprendimiento del Partido de Coronel Dorrego. A partir de 1983 toma su denominación actual: Partido de Monte Hermoso” (Di Martino C., 2012).

⁴ Información brindada verbalmente por la Cooperativa Eléctrica de Monte Hermoso Ltda.

Tabla N° 12 Población Monte Hermoso
(Fuente: Elaboración propia. Datos: INDEC)

Año	Población estable	% Variación
1980	3122	-
1991	3514	+ 12,55%
2001	5394	+ 53,50%
2010	6351	+ 17,74%

VI.7. Perfil económico-productivo y poblacional estival

En cuanto al perfil económico productivo, se destaca el turismo como la principal actividad de la localidad. “Este rasgo ha favorecido el mantenimiento de la población estable y, con ello, su evolución de balneario a centro turístico, caracterizado por un uso intensivo del espacio litoral. Se convierte así en el centro turístico de mayor crecimiento y expansión del Suroeste Bonaerense” (Vaquero M. et al., 2007 en Huamantincos Cisneros M. et al., 2010).

En la localidad “el flujo de personas hacia la costa se evidencia por la gran cantidad de vehículos que ingresan y circulan por la zona urbana en la época estival. En la temporada 1998/99 ingresaron a Monte Hermoso 122.113 vehículos” (Del Pozo, 2001 en Huamantincos Cisneros M. et al., 2010). “Según datos suministrados por la Secretaría de Turismo de la Municipalidad de Monte Hermoso (2009), ingresaron 206.376 vehículos durante la temporada 2008/2009. Este dato demuestra el creciente flujo hacia este centro turístico” (Huamantincos Cisneros M. et al., 2010).

Para estimar el número de personas que pernoctan en los días pico de la temporada estival, “el Municipio considera un promedio de 6 personas por cada una de las 11.338 partidas habitacionales (esto incluye las plazas y alojamientos mencionados precedentemente), lo que implica unos 70.000 habitantes, sin considerar los excursionistas” (Caruso M. et al., 2010).

VI.8. Proyección de la población estable y estival

De acuerdo al ENOHSa (2003) existen varios métodos para hacer una proyección poblacional, en cuanto a proyectos de aguas y saneamiento se refiere. Uno de ellos es el de tasas geométricas decrecientes, que se utiliza “para localidades que han sufrido un aporte inmigratorio o un incremento poblacional significativo en el pasado reciente, debido a factores que generan atracción demográfica tales como, por ejemplo, la instalación de parques industriales, mejores niveles de ingreso y/o calidad de vida, nuevas vías de comunicación, etc. y cuyo crecimiento futuro previsible sea de menor importancia”.

Este método es aplicable a la localidad de Monte Hermoso, teniendo en cuenta que, como expresa Vaquero et al. (2003), el turismo fue un factor de atracción que sirvió para el mantenimiento de la población estable, y que la tasa de crecimiento poblacional decayó en el último período censado. Por tal motivo, se aplica el método de tasas geométricas decrecientes para proyectar la población estable para el período 2013-2022.

Como se mencionó precedentemente, el número de personas que pernoctan en Monte Hermoso es de aprox. 70.000. Para la temporada estival 2010, puede estimarse entonces una población de 11 veces la población estable (70.000 hab. / 6351 hab.). A partir de esta relación población estival/población estable se proyecta la población estival (Tabla N° 13). En Anexo XVIII.2 se adjuntan las ecuaciones del método de cálculo y las proyecciones realizadas, las que son fórmula del indicador proyección de la población.

Tabla N° 13 Proyección de la población estable y estival de Monte Hermoso

Año	Población estable	Población estival
2013	6.706	73.917
2014	6.829	75.270
2015	6.954	76.649
2016	7.082	78.052
2017	7.211	79.482
2018	7.343	80.937
2019	7.478	82.419
2020	7.615	83.929
2021	7.754	85.466
2022	7.896	87.031

VII. CONDICIONES DEL SERVICIO ACTUAL DE AGUA CORRIENTE

VII. CONDICIONES DEL SERVICIO ACTUAL DE AGUA CORRIENTE

Se acordó con el Municipio de Monte Hermoso, que el agua de alimentación para la planta de OI sería la que se distribuye desde el tanque elevado ubicado en la denominada “Planta de Agua”, previa su desinfección. Se concluyó que, al tratarse de una zona perimetrada, la misma se encuentra resguardada y más protegida del vandalismo. Además, como el tanque contiene la mezcla del agua de la batería de pozos, los valores la calidad tenderán a ser más homogéneos.

Por este motivo, en el presente capítulo se describen sintéticamente las condiciones del servicio actual de agua corriente, incluyendo la captación, almacenamiento, distribución y comercialización. Se analiza la cantidad de agua inyectada a la red (actual y proyectada), para evaluar la sustentabilidad del recurso hídrico subterráneo. Se incorporan estudios sobre la calidad del agua a la salida del tanque, que incluyen los parámetros físico-químicos y microbiológicos que condicionarán posteriormente el diseño de la planta de OI.

VII.1. Captación y almacenamiento

La Municipalidad de Monte Hermoso “extrae agua subterránea para el abastecimiento del servicio a la población mediante la explotación de 51 pozos (Figura N° 13). La extracción de agua se realiza a una profundidad que varía entre los 20 y 30 metros y la producción promedio es de 20 m³/h, siendo este valor teórico función de la estimación del rendimiento de las bombas”.

De la totalidad de los pozos que se encuentran en funcionamiento, “25 están ubicados en la Planta de Agua localizada al norte de la ciudad, 16 están distribuidos en la planta urbana y 10 están ubicados en la zona del Paseo del Pinar, un predio municipal ubicado al NE de la localidad”.

El caudal extraído de los pozos de la Planta de Agua, que es la zona de interés para el presente estudio, “va a una cisterna de 1000 m³ de capacidad, donde es enviada a un tanque elevado de 1000 m³. Luego el agua se dirige a la red principal, pasando previamente por un dosificador de hipoclorito de sodio para su desinfección” (Di Martino C., 2012).

Figura N° 13 Captación y almacenamiento agua subterránea Monte Hermoso
(Fuente: Di Martino C., Bonzini M., 2013. Software utilizado: gvSIG. Imagen satelital Google Earth)



VII.2. Distribución y comercialización

La red de distribución de agua corriente de Monte Hermoso, es de aproximadamente 110 km. El número de partidas con red de agua corriente habilitada es de 7890 (cobertura del 66,84%), no poseyendo el servicio medidores domiciliarios de consumo. El servicio sanitario se cobra a través de una tasa en función del valor básico de la propiedad. Una ordenanza impositiva establece distintas fórmulas de cálculo y coeficientes según sea la actividad comercial desempeñada y la utilización del servicio. Por ello, no tributan todos por igual, frente a la actividad desarrollada. La tasa del servicio de cloacas es el 50% del cálculo de la tasa de agua corriente.

La cobrabilidad del servicio sanitario, de acuerdo al Municipio, es aproximadamente del 75%. No se asignan tarifas diferenciadas para ningún tipo de institución ni se aplica Tarifas de Interés Social (Caruso M. et al., 2010).

VII.3. Caudales

VII.3.1. Cantidad de agua corriente suministrada al servicio

Teniendo en consideración que el sistema de abastecimiento de la ciudad de Monte Hermoso no posee caudalímetros ni medidores domiciliarios para la medición de caudales, Caruso M. et al. (2010) calculan los mismos a partir del número de bombas, sus horas de bombeo y los rendimientos supuestos de las mismas.

El régimen de funcionamiento viene dado por la demanda, incorporando los pozos ante mayor requerimiento. Considerando que el promedio estimado de rendimiento de bombas es de 20 m³/h por pozo, y que, en temporada baja, funcionaban 20 pozos durante las 24 horas, Caruso M. et al. (2010) estiman un caudal 9.600 m³/día. A medida que incrementa la demanda se incorporan pozos hasta alcanzar un rendimiento total de 21.600 m³/d aproximadamente.

Teniendo en cuenta la realización de los nuevos pozos de extracción, Di Martino C. (2012) estima un nuevo caudal de 24.480 m³/día (51 pozos, 20 m³/hora.pozo, 24 hs./día) y calcula las dotaciones para temporada baja (D_{baja}) y para temporada alta (D_{alta}):

$$D_{baja} = \frac{9600 \text{ m}^3/\text{d}}{6351 \text{ hab.}} = 1,511 \text{ m}^3/\text{hab. día} = 1511 \text{ l/hab. día}$$

$$D_{alta} = \frac{24.480 \text{ m}^3/\text{d}}{70.000 \text{ hab.}} = 0,349 \text{ m}^3/\text{hab. día} = 349 \text{ l/hab. día}$$

De acuerdo a los resultados obtenidos, la dotación de consumo aparente de la población estable (D_{baja}) es mayor a la de la población estival (D_{alta}). Di Martino C. (2012) argumenta que esto puede deberse a las limitaciones en la capacidad de bombeo, lo que restringe la oferta de agua corriente en los meses de mayor demanda.

Recordando que la dotación aparente representa una estimación y que no tiene en cuenta las eventuales pérdidas en la red de distribución, puede observarse que la dotación de consumo en temporada baja (1551 l/hab.día) estaría muy por encima de lo recomendado como consumo racional (250 l/hab.día). La dotación de consumo de temporada alta (349 l/hab.día) se acercaría más a ese consumo racional, tal vez por los motivos esgrimidos en el párrafo anterior.

VII.3.2. Proyección de la demanda de agua

A partir de las proyecciones de población estable y estival y de sus dotaciones de consumo aparente calculadas, se proyectan las demandas de agua para la temporada baja y alta del período 2013-2022 (Tabla N° 14).

Esta información es de vital importancia para el proyecto de abastecimiento de agua potable para la ingesta (cuyas condiciones serán explicadas en el Capítulo VIII), ya que la fuente de agua del mismo es la batería actual de pozos ubicados en la “Planta de Agua” y que se utiliza actualmente para abastecer la red de agua corriente. Una gestión poco sustentable del servicio de agua corriente pondrá en riesgo también la sustentabilidad del proyecto de agua potable envasada, en cuanto a la cantidad y calidad del agua de alimentación del proceso de OI.

Tabla N° 14 Proyección de la demanda de agua para la población y estival

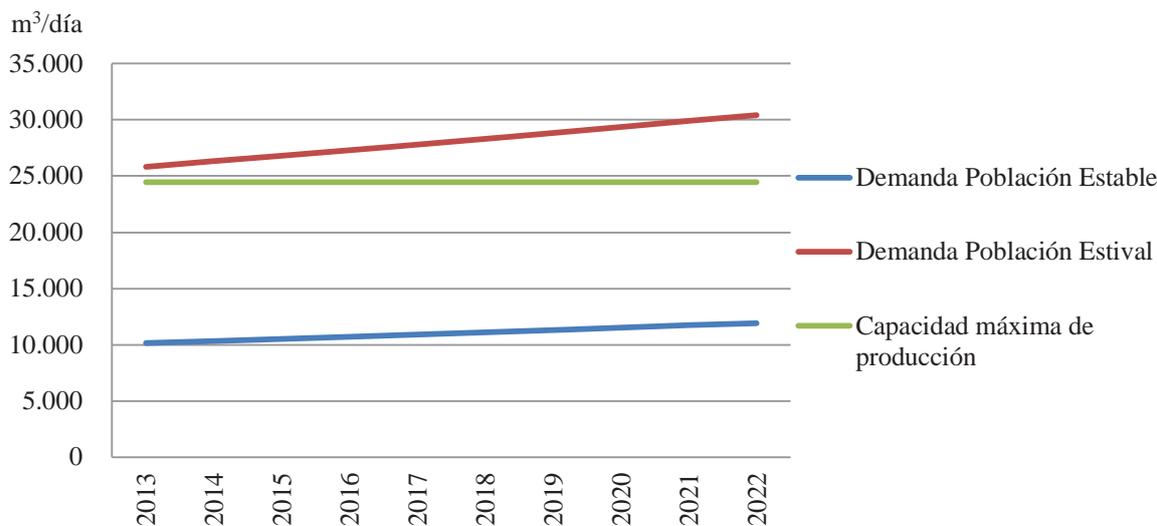
Año	Población estable (hab.)	Población estival (hab.)	D _{baja} (m ³ /hab.día)	D _{alta} (m ³ /hab.día)	Demanda Población Estable (m ³ /día)	Demanda Población Estival (m ³ /día)	Capacidad máxima de producción (m ³ /día)
2013	6.706	73.917	1,512	0,350	10.137	25.850	24.480
2014	6.829	75.270	1,512	0,350	10.323	26.323	24.480
2015	6.954	76.649	1,512	0,350	10.512	26.805	24.480
2016	7.082	78.052	1,512	0,350	10.704	27.296	24.480
2017	7.211	79.482	1,512	0,350	10.900	27.796	24.480
2018	7.343	80.937	1,512	0,350	11.100	28.305	24.480
2019	7.478	82.419	1,512	0,350	11.303	28.823	24.480
2020	7.615	83.929	1,512	0,350	11.510	29.351	24.480
2021	7.754	85.466	1,512	0,350	11.721	29.889	24.480
2022	7.896	87.031	1,512	0,350	11.936	30.436	24.480

Referencias: D_{baja}: Dotación de consumo aparente de la población estable; D_{alta}: Dotación de consumo aparente de la población estival.

A partir de los resultados de la Tabla N° 14 se puede ver que la demanda de la población estable estaría garantizada para el período de proyección. En cambio, de verificarse las proyecciones de demanda estival, se observa que la misma no podrá ser satisfecha con la capacidad actual de extracción. Esto puede visualizarse en el Gráfico N° 4.

De la Tabla N° 14 también se desprende que sería impracticable dar agua en calidad de potable para todos los usos a los costos de tratamiento de As y F por OI (que se calcularán en el Capítulo X), tanto para las demandas de la población estable como estival. Esto hace desestimar momentáneamente (por volumen y por costos) la posibilidad de brindar agua osmotizada para todos los usos. Por este motivo, se vuelcan los esfuerzos de esta tesis a realizar una investigación para tratar agua sólo para la ingesta.

Gráfico N° 4 Oferta y demanda de agua corriente

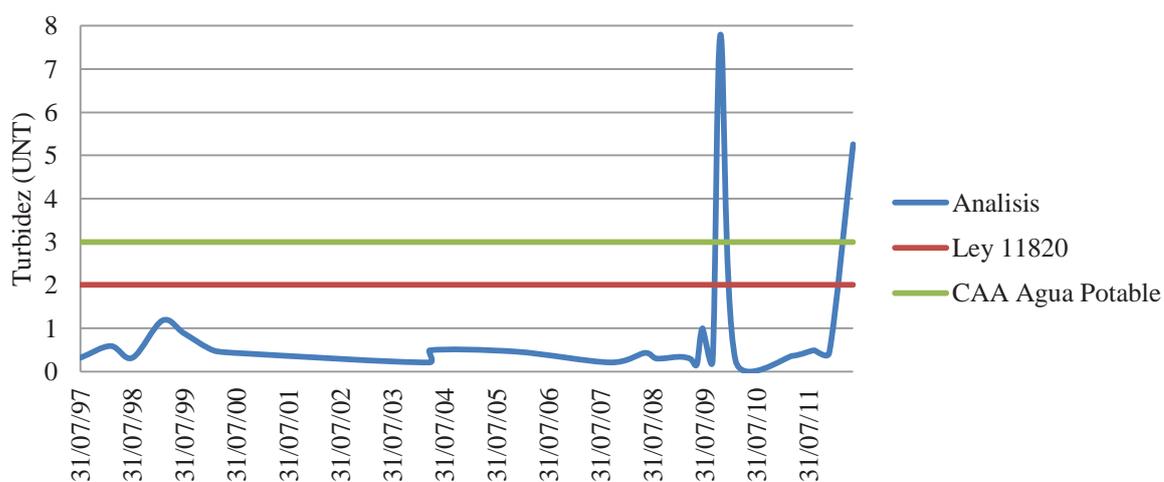


VII.4. Calidad de agua

De los análisis de calidad de agua del tanque elevado, aportados por el municipio de Monte Hermoso (desde 1997 a 2012) se desprende que se trata de un agua dulce ($SDT \leq 1000$), Corriente para el consumo humano e higiene y no potable, en los términos de Decreto 878/03, pues por periodos no prolongados incumple con los siguientes parámetros de calidad exigidos por la legislación (Datos en Tabla N° 15, pág. 89):

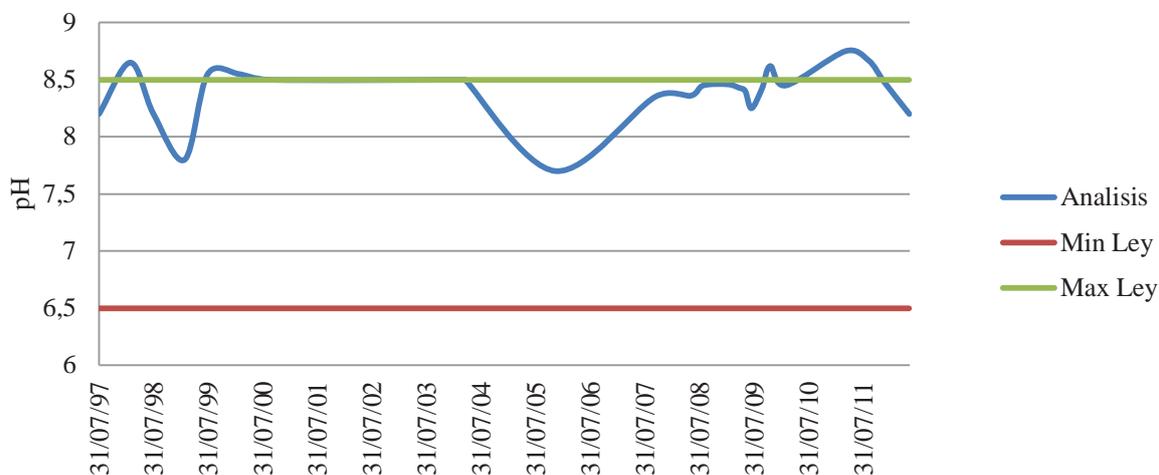
- Turbidez: 8% de las veces supera la Ley 11.820 y el CAA.

Gráfico N° 5 Análisis de Turbidez tanque elevado Monte Hermoso (1997-2012)
(Fuente: Elaboración propia. Datos: ADA)



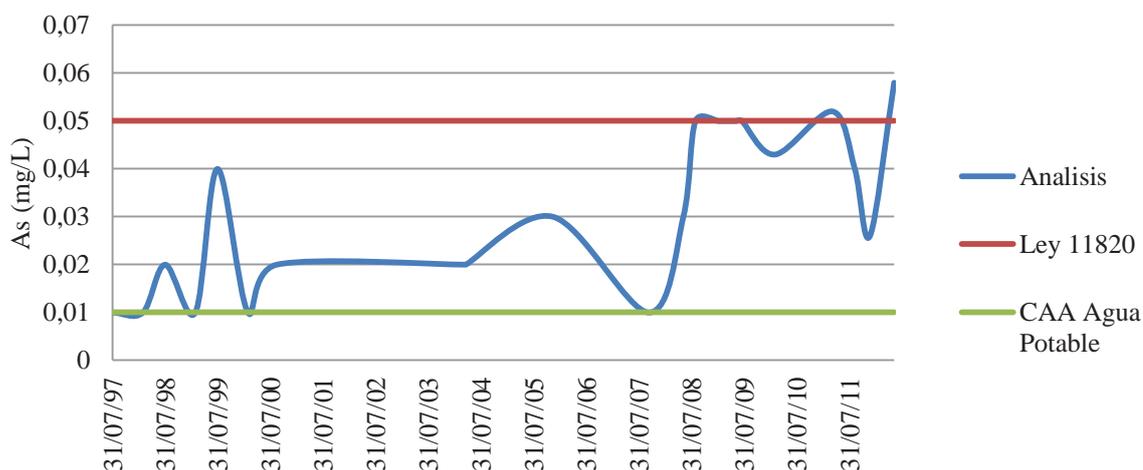
- pH: 25% de las veces supera el límite máximo establecido por la Ley 11.820 y el CAA.

Gráfico N° 6 Análisis de pH tanque elevado Monte Hermoso (1997-2012)
(Fuente: Elaboración propia. Datos: ADA)



- Arsénico: 77 % supera al CAA (0,01 mg/l)⁵ y 9 % está por encima de la Ley 11.820 (0,05 mg/l). Se observa que no existen estudios acerca de su estado de oxidación.

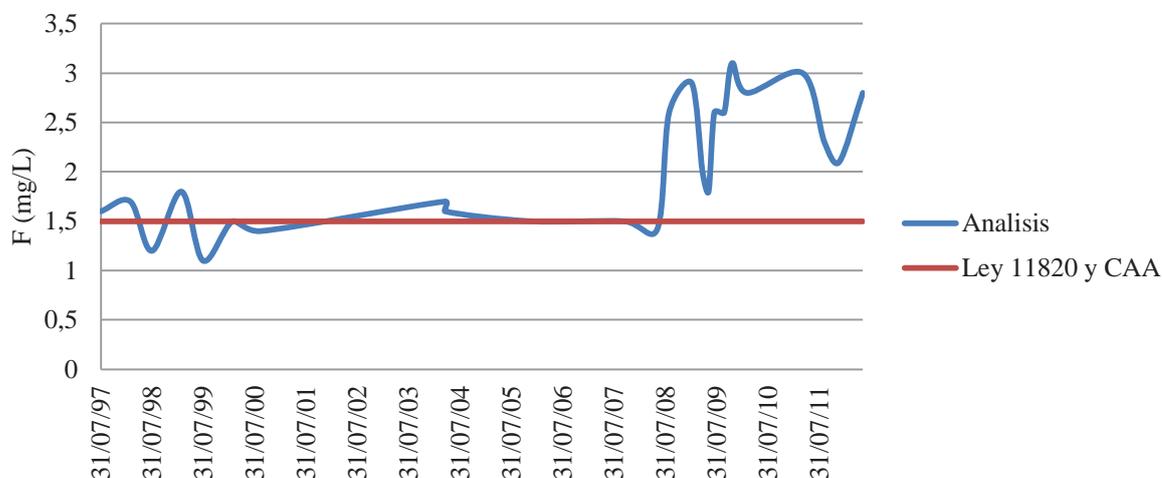
Gráfico N° 7 Análisis de As tanque elevado Monte Hermoso (1997-2012)
(Fuente: Elaboración propia. Datos: ADA)



⁵ Se recuerda que en 2012 el CAA prorrogó “el plazo de cinco (5) años previsto para alcanzar el valor de 0,01 mg/l de arsénico hasta contar con los resultados del estudio Hidroarsenicismo y Saneamiento Básico en la República Argentina”.

- Flúor: 71 % de los análisis realizados superan Ley 11.820 y el CAA.

Gráfico N° 8 Análisis de F tanque elevado Monte Hermoso (1997-2012)
(Fuente: Elaboración propia. Datos: ADA)



- En cuanto a los parámetros microbiológicos, se observa que de los pocos análisis obtenidos, algunos se encuentran por encima de lo admitido por la legislación vigente, por lo que se requeriría de mayor cantidad de ensayos para hacer un juicio de valor al respecto. En lo que respecta a la presente tesis, la contaminación microbiológica tiene relevancia ya que puede representar un problema operativo en el proceso de OI (por ensuciamiento de las membranas), requiriendo un costo adicional de pretratamiento.

De los análisis de calidad de agua evaluados que no cumplen con la legislación vigente, el As y F muestran una tendencia creciente en los últimos años a partir de 2007, lo que podría reflejar un proceso de deterioro de la calidad del recurso hídrico subterráneo. Esto reforzaría la necesidad de un tratamiento del agua para la ingesta.

Tabla N° 15 Análisis físico-químicos y microbiológicos del tanque elevado

Fecha del Análisis	Caracteres Organolépticos				Determinaciones Químicas (mg/l)													Determinaciones microbiológicas			
	Color	Olor	Turbiedad	Sedimentos	pH	Alcalinidad	As	Cloruros	Dureza	Flúor	Nitratos	Nitritos	Sulfatos	Ca	Mg	SDT	Coliformes	Coliferales	I.A.C	Pseudomonas	
	UC		UNT		upH	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	NMP/100 ml	NMP/100 ml	-	-	
Ley 11.820	15	No ofensivo	2	-	6,5-8,5	-	0,05	250	-	1,5	50	3	250	-	-	1500	< 2,2	< 2,2	-	Ausencia en 100 ml	
CAA Agua potable	5	Sin olores	3	-	6,5-8,5	-	0,01*	350	400	1,5**	45	0,1	400	-	-	1500	< 3	Ausencia	-	Ausencia en 100 ml	
31/07/1997	5	Inod	0,32	Nulo	8,20	142	0,01	36	84	1,6	1,3	0,01	22	21,1	7,6	275					
31/07/1997	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38	19	19	(+)	
26/02/1998	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<2,2	(-)	(-)	(-)	
26/02/1998	5	Inod	0,59	Nulo	8,65	142	0,01	46	112	1,7	1,3	0,02	29	18	16,3	348					
31/07/1998	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<2,2	(-)	(-)	(-)	
31/07/1998	5	Inod	0,32	Nulo	8,20	128	0,02	34	82	1,2	0,75	0,01	23	14,9	10,9	271					
25/02/1999	5	Inod	1,18	Nulo	7,80	212	0,01	56	84	1,8	3	0,02	19	13	12,5	402					
25/02/1999	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	3			
29/07/1999	5	Inod	0,88	Nulo	8,55	224	0,04	38	102	1,1	1,9	0,01	29	16,4	14,8	586					
25/02/2000	5	Inod	0,48	Nulo	8,55	164	0,01	52	90	1,5	1	0,009	21	20,4	9,5	315					
12/09/2000	5	Inod	0,42	Nulo	8,50	164	0,02	46	110	1,4	0,7	0,003	18	18,9	15,2	278					
12/09/2000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Ausencia	Negativo			
16/04/2004	5	s/g	0,21	Nulo	8,50	158	0,02	56	138	1,7	1,9	0,026	77	21	20,8	335					
16/04/2004	5	s/g	0,49	Nulo	8,50	164	0,02	54	127	1,6	3,7	0,036	22	18	20	341					
12/12/2005	5	s/g	0,46	Nulo	7,70	206	0,03	62	90	1,5	0,5	0,036	32,9	16,7	11,7	404					
10/10/2007	5	s/g	0,21	Nulo	8,35	170	0,01	54	123	1,5	1,1	0,012	22,7	26,6	24,6	390					
27/08/2008	5	s/g	0,30	Nulo	8,45	184	0,05	83	93	2,6	1,2	0,017	34,6	11,3	15,7	516					
04/06/2008	5	s/g	0,43	Nulo	8,36	158	0,03	60	102	1,42	0,7	0,062	25,7	29,6	6,8	438					

Fecha del Análisis	Caracteres Organolépticos				Determinaciones Químicas (mg/l)												Determinaciones microbiológicas			
	Color	Olor	Turbiedad	Sedimentos	pH	Alcalinidad	As	Cloruros	Dureza	Flúor	Nitratos	Nitritos	Sulfatos	Ca	Mg	SDT	Coliformes	Coliferales	I.A.C	Pseudo-monas
	UC		UNT		upH	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	NMP/100 ml	NMP/100 ml	-	-
Ley 11.820	15	No ofensivo	2	-	6,5-8,5	-	0,05	250	-	1,5	50	3	250	-	-	1500	< 2,2	< 2,2	-	Ausencia en 100 ml
CAA Agua potable	5	Sin olores	3	-	6,5-8,5	-	0,01*	350	400	1,5**	45	0,1	400	-	-	1500	< 3	Ausencia	-	Ausencia en 100 ml
04/02/2009	5	s/g	0,34	Nulo	8,46	290	0,05	92	82	2,9	0,65	0,016	48	14,6	11,1	605				
10/02/2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Ausencia	Ausencia		
22/04/2009	5	s/g	0,29	Nulo	8,43	196	0,05	68	108	2	1	0,014	28,5	19,2	14,6	411				
04/06/2009	5	s/g	0,16	Nulo	8,40	184	0,05	90	120	1,8	0,25	0,014	17,1	35,2	7,8	389				
15/07/2009	5	s/g	1	Nulo	8,25	220	0,05	90	120	2,6	0,96	0,015	47	17,5	18,5	558				
23/09/2009	5	s/g	0,25	Nulo	8,42	232	-	91	120	2,6	0,54	0,013	53,7	20,8	16,5	560				
18/11/2009	8	s/g	7,8	Nulo	8,62	266	-	72	88	3,1	9,3	0,037	66,6	19,2	9,7	650				
03/03/2010	5	s/g	0,26	Nulo	8,45	256	0,043	102	98	2,8	1,27	0,016	50	16,2	14	623				
05/04/2011	5	s/g	0,36	Nulo	8,75	274	0,052	96	124	3	1,65	0,014	28,6	-	-	636				
07/09/2011	5	s/g	0,49	Nulo	8,67	316	0,04	90	116	2,3	1,15	0,018	44,3	-	-	568				
21/12/2011	5	s/g	0,43	Nulo	8,48	302	0,026	111	114	2,1	1,1	0,006	64,8	-	-	659				
06/06/2012	8	s/g	5,26	Nulo	8,20	247	0,058	109	180	2,8	0,43	0,009	98,8	-	-	713				

* Se recuerda que en 2012 el CAA prorrogó el plazo de cinco (5) años previsto para alcanzar el valor de 0,01 mg/l de arsénico.

** Teniendo en cuenta las condiciones climáticas de Monte Hermoso y el criterio que toma la Autoridad Del Agua (ADA), se adopta 1,5 mg/l como límite superior.

Referencias:

SDT: Sólidos Disueltos Totales

IAC: Bacterias Intermedias Aerogenes Cloacae

UFC: Unidades Formadoras de Colonias

UC: Unidad de Color

UNT: Unidad Nefelométrica de Turbidez

Supera sólo los valores de CAA

upH: Unidad de pH

mg/l: Miligramos por litro

NMP/100 ml: Número Más Probable en 100 mililitros

Inod: Inodora

s/g: Sui Generis (olor típico de las aguas de la región)

Supera conjuntamente los valores del CAA y de la Ley 11.820

Tabla N° 16 Resumen de los resultados de los análisis del tanque elevado

	Caracteres Organolépticos				Determinaciones Químicas (mg/l)											Determinaciones microbiológicas				
	Color	Olor	Turbiedad	Sedim	pH	Alcalinidad	As	Cloruros	Dureza	Flúor	Nitratos	Nitritos	Sulfatos	Ca	Mg	SDT	Coliformes	Colifecales	IAC	Pseudo-monas
	UC		UNT		upH	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	NMP/100 ml	NMP/100 ml		
Ley 11.820	15	No ofensivo	2	-	6,5-8,5	-	0,05	250	-	1,5	50	3	250	-	-	1500	< 2,2	< 2,2		Ausencia en 100 ml
CAA Agua potable	5	Sin olores	3	-	6,5-8,5	-	0,01	350	400	1,5	45	0,1	400	-	-	1500	< 3	Ausencia		Ausencia en 100 ml
Máximo	8	0	7,8	0	8,75	316	0,058	111	180	3,1	9,3	0,062	98,8	35,2	24,6	713	-	-	-	-
Medio	5,25	-	0,96	-	8,39	208	0,032	70	109	2,0	1,6	0,018	38,5	19,4	13,9	470	-	-	-	-
Cantidad total de ensayos	24	24	24	24	24	24	22	24	24	24	24	24	24	20	20	24	6	6	3	3
Ensayos >= Ley11820	0	0	2	0	6	0	2	0	0	17	0	0	0	0	0	0	2	2	0	1
Ensayos >= CAA	2	0	2	0	6	0	17	0	0	17	0	0	0	0	0	0	2	2	0	1
% >= Ley 11820	0%	0%	8%	0%	25%	0%	9%	0%	0%	71%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	(*)	(*)	(*)	(*)
% >= CAA	8%	0%	8%	0%	25%	0%	77%	0%	0%	71%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	(*)	(*)	(*)	(*)

(*) Estadísticamente no significativo.

VIII. CONDICIONES DE ENTREGA DE AGUA POTABLE ENVASADA PARA LA POBLACION ESTABLE

VIII.CONDICIONES DE ENTREGA DE AGUA POTABLE ENVASADA A LA POBLACION ESTABLE

Dado que, como se ha manifestado, el agua que se distribuye tiene calidad de agua corriente, el municipio ha considerado la necesidad de avanzar en la entrega de agua potable envasada. Esto es lo que ha motivado la hipótesis de investigación de evaluar la entrega de agua potable osmotizada sólo para la ingesta a la población estable de Monte Hermoso, planteando las externalidades ambientales que genera esta modalidad. Teniendo en cuenta que la población turística consume agua temporalmente (en ocasión de estar en la localidad) y que el Decreto 878/03 prevé la distribución de agua corriente para el consumo humano e higiene (agua microbiológicamente potable, que no cumple con alguno de los límites tolerables, pero cuya ingesta puede ser autorizada por periodos limitados), se evalúa el abastecimiento de agua potable envasada solamente a la población estable, que es la que la ingiere durante todo el año.

VIII.1. Estándares de calidad del agua requeridos

Como se ha expresado anteriormente (Apartado III.7), un agua potable que se distribuya envasada debe ajustarse a los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del CAA (Tabla N° 17).

Tabla N° 17 Límites admisibles para agua envasada
(Fuente: CAA)

Parámetros		Unidad	CAA
			Agua Envasada Limite admisible
Físicos	Color	UC	5
	Olor		Característico
	Turbiedad	UNT	3
Químicos	Arsénico	mg/l	0,01
	Cloruros	mg/l	350
	Dureza	mg/l	-
	Fluoruro	mg/l	2
	Nitratos	mg/l	45
	Nitritos	mg/l	0,1
	pH	-	6-9
	SDT	mg/l	1500
Micro- biológicos	Sulfatos	mg/l	500
	Coliformes	-	3 (NMP/100mL)
	E-Coli	-	Ausencia en 100 ml
	Pseudomona Aeruginosa	-	Ausencia en 100 ml
	Bacterias mesófilas en agar	UFC/100mL	< 500

A su vez, el CAA hace consideraciones con respecto al envasado, obturado y rotulado del agua de bebida envasada. Mayores especificaciones pueden observarse en Anexo XVIII.6 (CAA, Art. 983 de “agua de bebida envasada o agua potabilizada envasada”).

VIII.2. Estimación de la demanda

A partir de la proyección de la población estable estimada en el Apartado VI.8, se calcula la demanda de agua (en l y m³ por día) y de bidones (de 12 l) para la población estable de Monte Hermosos para el período 2013-2022 (Tabla N° 18).

Tabla N° 18 Requerimiento de bidones para el período proyectado

Año	Población estable	Volumen agua (l/día)	Volumen agua (m ³ /día)	Bidones de 12 l (bidón/día)	Bidones de 12 l (bidón/año)
2013	6706	13412	13,41	1118	408070
2014	6829	13658	13,66	1138	415370
2015	6954	13908	13,91	1159	423035
2016	7082	14164	14,16	1180	430700
2017	7211	14422	14,42	1202	438730
2018	7343	14686	14,69	1224	446760
2019	7478	14956	14,96	1246	454790
2020	7615	15230	15,23	1269	463185
2021	7754	15508	15,51	1292	471580
2022	7896	15792	15,79	1316	480340

VIII.3. Condiciones para la distribución de bidones

Se plantea la distribución de agua potable para la ingesta, teniendo como modelo la experiencia actual de la localidad de Coronel Dorrego, Provincia de Buenos Aires. De acuerdo a la Ordenanza Municipal N° 1.437/03 del Municipio de Dorrego, se distribuye sin cargo agua potable para la ingesta en bidones, a los usuarios que:

- a) Acrediten tener domicilio en la localidad de Coronel Dorrego.
- b) Tengan la tasa por servicios sanitarios⁶ al día o en plan de regularización en idéntica situación.
- c) Tengan el aval de la Dirección de Desarrollo Social para aquellas personas que no puedan acreditar la circunstancia prevista en el inc. b), y que su situación social lo justifique.

⁶ Es la que se abonan los usuarios por el servicio de agua corriente de red.

De esta manera, en Dorrego se entrega agua potable envasada de acuerdo al número de personas que habitan el inmueble conectado a la red de agua corriente, de acuerdo al siguiente cuadro (Bertoni D., 2009):

- Conexión con hasta 2 personas, se le da 4 bidones de 12 l al mes;
- Conexión con 3 a 4 personas, se le da 5 bidones de 12 l al mes;
- Conexión con 5 o más personas, se le da 6 bidones de 12 l al mes.

Figura N° 14 Entrega de bidones en la localidad de Cnel. Dorrego
(Fuente: Álbum propio)



Para Monte Hermoso podría seguirse un criterio similar, es decir, hacer la entrega del agua envasada de manera gratuita a quienes acrediten tener al día el pago del servicio de agua corriente, o también podría optarse por incrementar la tarifa a los usuarios para afrontar los nuevos costos derivados del tratamiento por OI. En este último caso, podría instrumentarse un cobro diferenciado para la población estable, que es la que consumirá el agua envasada. Una manera de determinar quiénes forman parte de la población estable podría ser incluir aquellas conexiones que poseen domicilio de facturación en Monte Hermoso, aunque este dato debería ser cotejado con los datos poblacionales del último censo.

Se fija para los cálculos una entrega semanal para cada conexión, pudiéndose retirar lo necesario para cubrir la demanda en ese periodo. Esto se hace con criterio económico, ya que si se entregaran todos los bidones del mes en una sola vez se debería contar con stock de envases cuatro veces superior, incrementando notablemente la inversión.

En Tabla N° 19, se plantea un cuadro de la distribución de envases en función del número de habitantes por conexión y respetando lo que supone un consumo racional de 2 l/hab.día de agua potable para la ingesta.

Tabla N° 19 Distribución agua envasada Monte Hermoso

Cantidad de personas	Agua entregada (L/semana)	Bidones/semana	Bidones/mes
Hasta 2	28	3	12
3 a 4	56	5	20
5 en adelante	70	6	24

Estos datos son estimativos y dan una idea de la cantidad de bidones por conexión que se podrían retirar. Para el dimensionamiento de la planta, que describe en el capítulo siguiente, se utilizará como base de cálculo el número de habitantes.

IX. PROCESO DE PRODUCCIÓN

IX. PROCESO DE PRODUCCIÓN

A partir de la proyección de la población estable de Monte Hermoso y, teniendo en cuenta la calidad del agua (resultados máximos de los últimos 8 análisis realizados, volcados en Tabla N° 20), se diseñó el proceso para el suministro de agua potable envasada solo para la ingesta⁷. Para ello, se tuvieron en cuenta experiencias actuales de aplicación de procesos de OI y de envasado de agua potable aplicadas en la región, así como sugerencias aportadas por empresas proveedoras de dicha tecnología. La Figura N° 15 permite visualizar el proceso de producción propuesto.

Tabla N° 20 Parámetros agua de alimentación

Parámetro	Unidad	Valor
Color	UC	8
Olor	-	s/g
Turbidez	UNT	7,8
Sedimento	-	Nulo
pH	U pH	8,75
Alcalinidad	mg/l	316
Arsénico	mg/l	0,058
Cloruros	mg/l	111
Dureza	mg/l	180
Flúor	mg/l	3,1
Nitratos	mg/l	9,3
Nitritos	mg/l	0,037
Sulfatos	mg/l	98,8
Calcio	mg/l	35,2
Magnesio	mg/l	18,5
SDT	mg/l	713 ⁸

Los equipos fueron seleccionados para cumplir con la demanda de la población estable proyectada a lo largo de todo el período (calculada en el Apartado VIII.2), considerando una dotación para ingesta de 2 l/hab.día. Teniendo en cuenta que existe una capacidad ociosa, queda abierta la posibilidad absorber parte de la población estival y/o disponer de hasta 3 l por persona por día. En el Apartado X.4 se presenta una breve descripción de la capacidad a instalar.

⁷ Teniendo en cuenta que la normativa autoriza la distribución de agua corriente para la ingesta por períodos limitados, se recuerda que la planta se diseñó solo para abastecer a la población estable, que es la que consume el agua potable durante todo el año.

⁸ De acuerdo a la clasificación presentada en apartado III.9 esta agua se clasifica como dulce.

Figura N° 15 Proceso de producción de agua potable para distribución envasada



¹ Según Anexo II, Resolución 336/2003, Provincia de Buenos Aires.

IX.1. Pretratamiento

Como se observa en la Figura N° 15, el agua de alimentación, que proviene del Tanque Elevado de la Planta de Agua, requiere de un pre-tratamiento. Por las condiciones de turbidez que se registraron en los últimos análisis de agua (Tabla N° 20), los proveedores de equipos de OI han recomendado la instalación de un filtro rápido de arena y grava de distinta granulometría, a fin de evitar una rápida saturación de los cartuchos microfiltrantes, cuyas especificaciones se muestran en Tabla N° 21. En esta etapa de pretratamiento se aplican reactivos químicos anti-incrustantes, controlados mediante dosificador automático, y de ajuste del pH, ambos con el objeto de proteger las membranas de la OI.

Tabla N° 21 Datos filtro rápido
(Fuente: Orbital Ingeniería)

Parámetro	Valor	Unidad
Producción máxima	2000	l/h
Tanque	Polyglass	
Válvula exterior	100% automática	
Carga	Piedra, arena y antracita	
Conexión eléctrica	220	V
Dimensiones (ancho x alto)	30 x 122	cm
Conexiones de agua	Alimentación, producto, desecho	

IX.2. Proceso de OI

Luego del pre-tratamiento, el agua ingresa a la planta de OI, que tiene incorporado un sistema de filtración. Este sistema microfiltrante está compuesto por cartuchos descartables de polipropileno que reducen las impurezas del agua, prolongando la vida útil de las membranas. De allí, el agua ingresa los módulos de OI para su tratamiento. Las características de la planta de OI pueden verse en la Tabla N° 22 y Tabla N° 23 (especificaciones en Anexo XVIII.10).

Tabla N° 22 Datos planta OI
(Fuente: Orbital Ingeniería)

Parámetro	Valor	Unidad
Capacidad de producción máxima (permeado)	1250	l/h
Dimensiones (frente x alto x profundidad)	300x210x100	cm
Peso aprox.	400	kg
Potencia eléctrica (380 V)	4	HP
Máximo nivel de SDT soportado	4.000	ppm
Máximo contenido de Cloro soportado	0	ppm
Máxima turbidez soportada	1	NTU
Temperatura mínima de operación	25	°C
Temperatura máxima de operación	44	°C

Tabla N° 23 Elementos constitutivos planta OI
(Fuente: Orbital Ingeniería)

Elemento	Cantidad	Detalle
Bomba principal	1	Centrifuga multietapa marca Grundfos
Prefiltrado	1	Cartuchos descartables de polipropileno compactado insertos en carcazas plásticas
Membranas	5	Espiraladas de larga duración (soportan limpiezas químicas)
Vasos portamembranas	3	PRFV, Codeline o equivalente
Flushing automático	1	Lavado de membranas mediante la apertura automática de 1 válvula solenoide, cada periodos de tiempo programables
Conductímetro	1	En línea, para medición de la conductividad del permeado
Manómetros	4	De baja y alta presión, bañados en glicerina
Caudalímetro	1	Para medición del volumen filtrado
Presostatos	1	Para controlar alta presión
Controles de nivel	2	Envían señales de apagado/encendido al equipo según niveles en tanque de alimentación y producto

IX.3. Postratamiento

Como se expresó en el marco teórico (Pág. 48), el postratamiento consiste en dos operaciones principales: desinfección y acondicionamiento del agua tratada. En cuanto al acondicionamiento, la bibliografía recomienda la remineralización del agua osmotizada. Esto puede hacerse mezclando el agua de producto con una parte del agua de rechazo, con agua cruda o con la adición de minerales, logrando una mezcla que se ajuste con los parámetros exigidos para un agua de bebida envasada.

Para la desinfección se optó por una Unidad Integral Esterilizadora (UIE). De acuerdo al proveedor consultado, el equipo posee varias lámparas y un sistema de electrólisis que desprende iones de plata, combinando el poder de esterilización por radiación UV y el efecto residual de ionización con plata. En Tabla N° 24 se exponen las especificaciones y en Tabla N° 25 los componentes principales del equipo de desinfección (en Anexo XVIII.11).

Tabla N° 24 Especificaciones equipo desinfección
(Fuente: Orbital Ingeniería)

Modelo	Esterilizador UIE 005000 2.0 - Orbital
Caudal soportado	Hasta 5000 l/h
Automatización	Automático, mediante micro-controlador electrónico
Presión de trabajo	De 0 a 1,5 bar.
Conexión eléctrica	A 220 V - 120 W
Conexiones H2O	Alimentación 1 1/4" y producto 1 1/4"
Dimensiones	160x120x30 cm en alto x frente x profundidad
Peso aprox.	75 kg

**Tabla N° 25 Componentes principales equipo desinfección
(Fuente: Orbital Ingeniería)**

Bastidor	Construido en hierro con acabado de Powder coating (pintura en polvo termoendurecida)
Cañería	PVC y Polipropileno, con uniones pegadas, termofusionadas y/o roscadas
Lámpara UV	4 x 30 W marca Phillips o equivalente
Óptica	Para inspección visual, inhibidora de rayos UV
Ionizador	Equipado con 4 placas de Plata (Ag)
Computadora	Para controlar el funcionamiento del equipo, con llave de encendido/apagado, alarmas por fallas, display y potenciómetro.

IX.4. Envasado

Luego de realizar el postratamiento, el agua es enviada a un tanque de almacenamiento. De allí, de acuerdo al requerimiento de producción, es derivada a la maquina envasadora de bidones, donde se realizan los procesos automáticos de lavado, llenado y tapado. Las características del equipamiento se presentan en Tabla N° 26 (más especificaciones en Anexo XVIII.12):

**Tabla N° 26 Especificaciones lavado-llenado de envases
(Fuente: Orbital Ingeniería)**

Marca	Aliotti AT120
Producción	120 bidones de 20-10-12 l/hora
	350 bidones de 5 l/hora
Potencia	2,5 HP
Alimentación eléctrica:	3x380 V
Tiempos	• En lavado, 120 segundos
	• En enjuague, 30 segundos.
Dimensiones Lavadora	2600 x 800 mm Montaje en ele
Dimensiones Llenadora	1500 x 500 mm Montaje en ele
Peso aprox.	250 kg

X. INVERSIONES Y COSTOS ASOCIADOS

X. INVERSIONES Y COSTOS ASOCIADOS

X.1. Inversión inicial

A partir del proceso descrito en el Capítulo IX, se realiza una estimación de las inversiones necesarias para suministrar agua potable envasada solo para la ingesta de la población estable. Como se ha expresado, el equipamiento fue dimensionado para cumplir con la demanda del período de proyección, planteando realizar toda la inversión al inicio de la actividad.

Cabe destacar que las inversiones, que fueron presupuestadas en diferentes períodos, se presentan en pesos argentinos a precios constantes, expresados a una fecha común (01/03/13)⁹. En la Tabla N° 27 al final del apartado, se muestra un resumen de estas inversiones en equipamiento, cuyas características fueron descriptas en el capítulo anterior, agregando en este capítulo otras inversiones (envasado, obras civiles y análisis de agua).

En cuanto al envasado, debe prestarse especial atención a la cantidad de bidones en circulación. Un stock excesivamente alto de envases requerirá una gran inversión inicial y el costo de tenerlos ociosos. Por eso, como se explicó en Pág. 97, se plantea la alternativa de hacer entregas semanales. Si para el 2013 la población estable proyectada es de 6706 habitantes, se tendrá una demanda diaria de 1118 bidones. Teniendo en cuenta que cada semana la población deberá devolver el envase y en ese mismo momento retirará otro lleno, deberá tenerse una cantidad de bidones de por los menos el doble. Se calcula entonces el stock inicial de bidones como:

$$\text{Stock inicial} = 1118 \text{ bidones/día} \times 7 \text{ días/semana} \times 2 \text{ semanas} = 15.652 \text{ bidones}$$

También se incluye la inversión en dispensers de agua, que se utilizarán para conectar a los bidones de 12 l. Estos serán entregados por única vez a cada nueva conexión. Para calcular el número dispensers requeridos para en el primer año (2013), se toma como dato la cantidad de conexiones con domicilio postal en Monte Hermoso en el año 2012 (1826 conexiones), que puede indicar las partidas con población estable, al que se le aplica el factor de crecimiento poblacional. Esto dato como resultado:

$$\text{Stock inicial dispensers} = 1858 \text{ conexiones} = 1858 \text{ dispensers}$$

⁹ En esa fecha 1 U\$S = 5,05 \$ argentinos.

Además, se considera las compras de envases y dispensers producto de la incorporación de nuevas conexiones a lo largo del período de proyección. Estos se incluyen como un costo por la compra adicional de envases y dispensers en cada año (Ver pág. 111).

Respecto a las obras civiles, se incorpora la inversión del recinto donde se ubicará la planta de OI, el equipo de desinfección y la máquina lavadora-llenadora de bidones. Para su cálculo se tomó como base el área a ocupar (que se estima en el Apartado XI.2.1.a) y el precio del m² construido¹⁰.

A su vez se incluye el costo del tanque de almacenamiento del agua tratada. Para el cálculo de su capacidad se toma como base el volumen necesario de un día de funcionamiento, aproximadamente de 16 m³, contemplando la condición de mayor producción a fin del periodo de proyección. Para asegurar la continuidad de las tareas se recomendó además un margen de seguridad, con dos tanques funcionando en paralelo, para poder realizar tareas de limpieza y mantenimiento sin detener la producción. Por este motivo se incorpora al cálculo de inversiones el precio de dos tanques de 10 m³ de capacidad.

Se agrega como otro ítem de obra civil la cañería para el agua de rechazo, aunque dependerá de la decisión que se tome respecto a su disposición. Si se decidiera enviarla a la colectora cloacal habría que añadir el tendido de la cañería de 160 mm de diámetro, desde la planta de OI hasta la boca de registro más cercana, que se encuentra a unos 200 m. El costo aproximado del metro lineal, según constructoras de la zona de Bahía Blanca, es de \$650¹¹ (incluye mano de obra, equipos y materiales).

No se incluye en el cuadro de inversiones el costo del tanque de almacenamiento del agua de rechazo de la OI, el que podría ser útil para bajar las concentraciones de los parámetros para vuelco exigidos por la legislación vigente, si se la mezclara con otros efluentes generados en el proceso (Ej. mezclando el agua de rechazo con el efluente de lavado de los envases, puede diluirse las concentraciones de sales y, a su vez, bajar el contenido de detergentes generados por la limpieza de bidones).

Respecto al análisis del agua de producto y de rechazo, para un diseño más ajustado de las condiciones de funcionamiento del proceso de OI, algunos proveedores que prestan el

¹⁰ Costo del m² construido a Marzo de 2013: \$ 4.853,15. Dato de la Revista "Obras & protagonistas", Abril de 2013, Año XXIII, N° 213, Bahía Blanca.

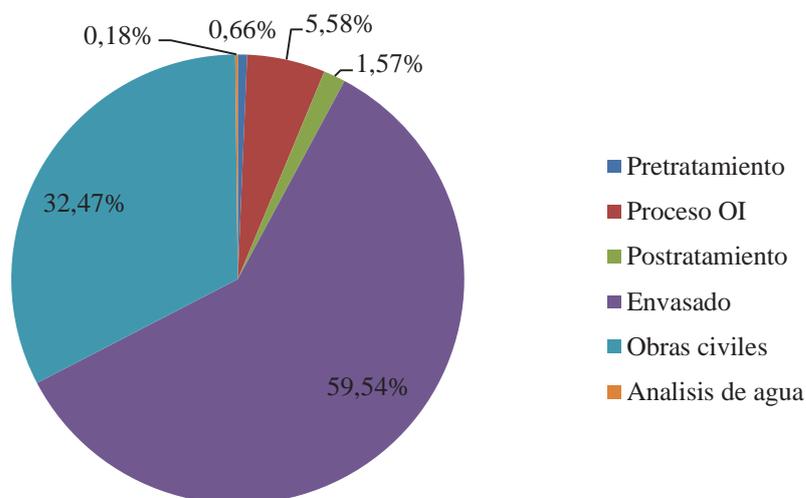
¹¹ Valor promedio cotizado por empresas locales al 14/03/2013.

servicio de operación y mantenimiento de plantas de OI, recomiendan hacer un perfil de OI, que es un análisis completo de los parámetros del agua de alimentación. Además se deberán hacer estudios específicos de parámetros de vuelco (en Anexo XVIII.4), tanto en etapa de diseño como de operación, para determinar si es necesario realizar algún tratamiento de los efluentes previo a la descarga.

Tabla N° 27 Inversión inicial del proyecto

Concepto		Precio en pesos (\$ al 01/03/13)
Pretratamiento	Filtro rápido multimedia	7.575
	Total Pretratamiento	7.575
Proceso OI	Dosificador Anti-incrustante	3.025
	Equipo OI	60.600
	Total proceso OI	63.625
Postratamiento	Unidad Integral Esterilizadora	17.857
	Total postratamiento	17.857
Envasado	Embotelladora	100.789
	Bidones (Inversión inicial)	542.720
	Dispensers (Inversión inicial)	35.251
	Total Envasado	678.760
Obras civiles	Tanques de almacenamiento	51.010
	Construcciones	190.172
	Disposición efluente de rechazo	128.978
	Total obras civiles	370.161
Análisis de agua	Perfil de OI	2.086
	Total análisis de agua	2.086
TOTAL INVERSION		1.140.063

Gráfico N° 9 Inversión inicial del proyecto



El equipamiento es fabricado en Argentina, aunque algunos de sus insumos son importados (membranas, bombas de alta presión, otros), lo que podría representar un factor de riesgo por las restricciones impuestas para realizar compras en el exterior en caso de que se concrete el proyecto (gestión de autorización para importar y permiso para la compra de divisas).

X.2. Amortización de la inversión

Para esta tesis se plantea una amortización de 10 años, dado que los equipos electromecánicos, en general, responden a una vida útil de 10 años, momento a partir del cual no se justifica la inversión de los gastos de mantenimiento.

Tal como se expresó en el marco teórico (Pág. 51), la cuota anual de amortización (a) se obtiene de la siguiente manera:

$$a = I \frac{i (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1}$$

Siendo:

I = Inversión a realizar

n = número de años en los que se realiza la amortización

i = tipo de interés anual en tanto por uno

Asumiendo que la ejecución del proyecto estaría a cargo del Municipio y que su financiación se llevaría a cabo a través de un crédito del estado, se toma como tasa de interés para la amortización de la inversión la de un título público nacional, en pesos y con un vencimiento a la fecha de finalización del periodo de proyección.

Tabla N° 28 Tasa de interés (BOCON PR15)

Descripción	Bonos de consolidación (BOCON) 8° serie PR15
Vencimiento	2022
TIR anual (marzo 2013)	19,73 %

Se calcula entonces para dicha tasa de interés la cuota de amortización anual, que será incluida en el cuadro de costos y gastos de operación (se verá en Tabla N° 29):

$$a = I \frac{i (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1} = \$ 1.140.063 \frac{0,1973 (1 + 0,1973)^{10}}{(1 + 0,1973)^{10} - 1}$$

a = \$ 269.442,11

X.3. Costos y gastos de operación

A partir de las entrevistas realizadas a los proveedores de plantas de OI y de envasado de bidones se obtuvo información sobre los requerimientos energéticos, de insumos, de mano de obra, entre otros, que luego se verificó con plantas que actualmente se encuentran en funcionamiento (ver Anexo XVIII.13 a XVIII.16). Para el cálculo se tomó como base la población de 6706 habitantes, proyectada para el año 2013.

Se presentan a continuación los costos y gastos operativos asociados al proceso de OI y al llenado de envases para la distribución a la población estable de Monte Hermoso, expresados al 01/03/2013, cuyo resumen puede observarse al final del apartado en Tabla N° 29. En el Anexo XVIII.7 se presenta un detalle de los cálculos realizados.

X.3.1. Proceso de OI

- **Energía:** Para el cálculo del costo energético se tuvo en cuenta la potencia requerida por las bombas que alimentan a las membranas de OI, las horas de funcionamiento de la planta y el valor del kWh proporcionado por la Cooperativa Eléctrica de Monte Hermoso.
- **Anti-incrustante y cartuchos del sistema microfiltrante:** Para su estimación se tuvo en cuenta la experiencia actual de la localidad de Coronel Dorrego, que procesa un agua de similares características físico-químicas a la de la localidad de estudio. Conociendo su producción mensual de bidones de 12 l y el consumo mensual promedio de insumo (anti-incrustante y filtros) se obtuvo el consumo promedio por bidón de 12 l (y por m³ de agua de producto). El precio del producto anti-incrustante y de los filtros fue facilitado por el proveedor del equipo de OI.
- **Reposición de membranas:** En este ítem se incorporó el costo por la reposición de membranas (no se incluyen las membranas con las que se comienza a trabajar, que fueron contempladas en la inversión inicial). Se consideró para el cálculo, la vida útil de las membranas y su costo, en función de consultas realizadas a proveedores. Luego se estimó la producción que se obtiene durante la vida útil de las membranas, para conocer el costo de reposición de las mismas por bidón de 12 l y por m³ de agua tratada.

X.3.2. Desinfección

- **Reposición de lámparas:** Para el sistema de desinfección del agua osmotizada se utilizan lámparas UV. Teniendo en cuenta la vida útil de las lámparas (8000 h) y la producción estimada durante dicho período (lo que da la cantidad de horas de funcionamiento de la máquina), se obtuvo el costo unitario de este insumo, por bidón de 12 l y por m³ de agua tratada.
- **Energía:** Para su cálculo se tuvo en cuenta el consumo energético de las lámparas UV, las horas que se encuentran en funcionamiento y el valor del kWh en el área de estudio.

X.3.3. Envasado

- **Lavado de envases:** en este ítem se incorporó el gasto correspondiente al consumo de detergente biodegradable utilizado en la maquina lavadora de envases. Para estimarlo se utilizó un valor de consumo típico (en base a la experiencia de Coronel Dorrego) y el precio del producto (por bidón de 25 kg).
- **Reposición de bidones:** El cálculo de la reposición de bidones se hizo también en base de la experiencia de Dorrego. Puede observarse su cálculo en el Apartado XI.2.2. donde se estima la cantidad de bidones descartados durante el período del proyecto. El gasto de reposición de bidones equivale a la cantidad de bidones descartados, multiplicados por el precio (dato provisto por proveedores).
- **Bidones para futuras conexiones:** Del análisis de la proyección de la población estable, surge que Monte Hermoso aumentará unos 119 habitantes en promedio por año. Esos habitantes incrementarán la producción en 20 bidones diarios, lo que da unos 140 bidones semanales. Recordando que como cada semana, al momento de retirar un bidón, se devolverá el envase, se deberá contar con un stock similar en cantidad de bidones para el recambio. Esto da como resultado que anualmente se deberá incorporar un stock de 280 bidones adicionales, lo que multiplicado por el precio de cada bidón (dato de proveedor) dará el costo anual a adicionar.
- **Tapas:** teniendo en cuenta que las tapas se utilizan por única vez y se descartan, su costo se calcula multiplicando el precio de cada tapa (dato de proveedores) por la cantidad de bidones entregados en cada periodo.

- **Dispensers:** En función del crecimiento de la población estable de Monte Hermoso de 119 habitantes en promedio por año, y considerando que una familia tipo cuenta con 3/4 habitantes por conexión, se estima para cada nuevo año unas 33 conexiones adicionales. Este es el dato que se toma para calcular el costo por la entrega de dispensers para las nuevas partidas.
- **Energía:** Se tuvo en cuenta la potencia requerida por la planta de lavado, llenado y tapado de envases, las horas de funcionamiento y el valor de kWh en las mismas condiciones establecidas para desinfección.

X.3.4. Mano de obra

Las tareas de los operarios incluyen el seguimiento de los parámetros básicos de la planta de OI y, principalmente, las actividades relacionadas con la distribución: colocación de envases vacíos al principio de la línea, retiro de los envases llenos, chequeo de la disponibilidad de insumos, entrega de los bidones a la población, etc. Teniendo en cuenta que la planta de OI funciona de manera automática, la dedicación de los operarios se estima teniendo en cuenta la cantidad de horas que funciona la máquina llenadora de bidones (que requiere la presencia de personal) y que, a su vez, dependerá de la producción. Por ejemplo, para el año 2013, los operarios tendrán un promedio de dedicación del 39% (aprox. 9,3 h de funcionamiento de la máquina de envasado sobre las 24 h del día).

La cantidad de operarios se estima en 2 por turno (en turnos de 8 horas, que es el actual régimen de funcionamiento), lo que da un total de 6 operarios. A estos se suman 2 más que serán los que cubran los francos, totalizando 8 operarios que trabajan en cada mes.

Sobre la base del salario de los operarios del sector de la Planta de Agua de Monte Hermoso¹², se calculan los gastos por mano de obra. A esto se le agregan las cargas sociales correspondientes.

X.3.5. Mantenimiento propio de la planta de OI

Este gasto de mantenimiento se estima multiplicando el valor hora típico de mantenimiento por las horas de trabajo requeridas para hacer dicho mantenimiento. El valor hora y la

¹² Datos provistos por el Departamento de Administración de Servicios Sanitarios de Monte Hermoso.

cantidad aproximada de horas necesarias fueron provistos por la empresa Nalco, que se especializa en tareas de diseño y operación de plantas de OI (ver Anexo XVIII.14).

X.3.6. Cargo energético fijo

El cargo energético fijo incluye lo que la Cooperativa Eléctrica de Monte Hermoso cobra por tener disponible la conexión al servicio, independientemente del consumo que se registre en el período. No incluye el consumo variable, que fue calculado en los ítems de Energía del proceso de OI, desinfección y envasado (a partir del consumo de los equipos).

El cargo fijo surge del cuadro tarifario vigente del Ministerio de Infraestructura de la Provincia de Buenos Aires, al que se adhiere la Cooperativa Eléctrica de Monte Hermoso, para la Categoría T2BT Medianas demandas (entre 10 y 50 kW a 380 V). Si el consumo total del predio superara los 50 kW, se deberá aplicar otra tarifa.

X.3.7. Resumen costos y gastos de operación

La Tabla N° 29 resume los costos y gastos operativos descriptos precedentemente, aplicados al año 2013. Como puede visualizarse en el Gráfico N° 10, casi la mitad de los costos operativos corresponden al envasado, especialmente en función del costo de las tapas. Lo siguen en importancia la amortización de la inversión, que incluye el costo del capital y estará condicionada por la tasa de interés, y luego la mano de obra, que será sensible a las variaciones en los salarios y a las horas de dedicación a verificar una vez que el proyecto se encuentre en operación.

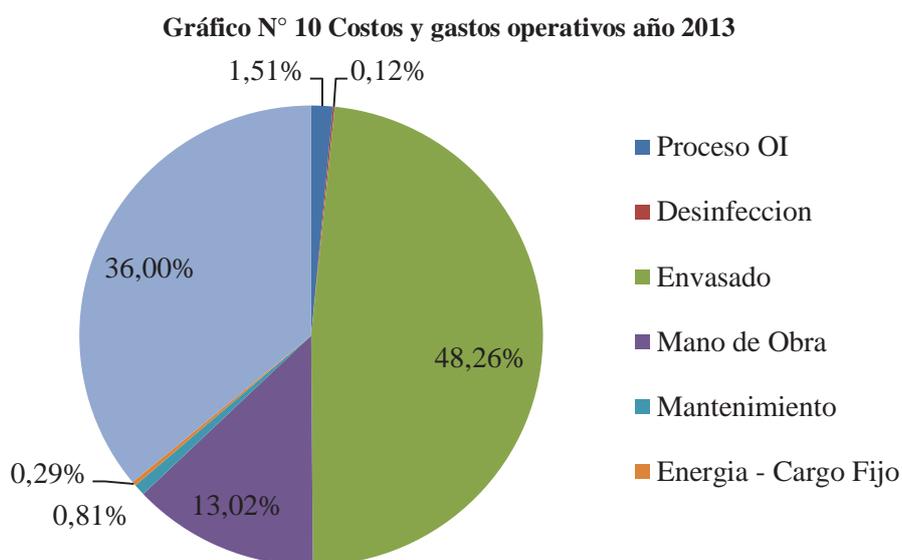


Tabla N° 29 Costos y gastos operativos año 2013

Concepto		\$/bidón	Costo (\$/m ³)	Costo diario (\$/día)	Costo mensual (\$/mes)	Costo anual (\$/año)	% respecto al total
Proceso OI	Energía	0,011	0,92	12,33	375	4.502	0,60%
	Anti-incrustante	0,003	0,28	3,74	114	1.364	0,18%
	Filtros	0,003	0,21	2,82	86	1.030	0,14%
	Membranas de Reposición	0,011	0,89	11,99	365	4.377	0,58%
	Total OI (1)	0,028	2,30	30,88	939	11.272	1,51%
Desinfección	Reposición de lámparas	0,002	0,17	2,30	70	841	0,11%
	Energía	0,000	0,01	0,12	4	45	0,01%
	Total Desinfección (2)	0,002	0,18	2,43	74	886	0,12%
Envasado	Energía	0,006	0,50	6,69	204	2.442	0,33%
	Detergente	0,007	0,60	8,10	246	2.957	0,40%
	Bidones (Reposición)	0,193	16,05	215,30	6.549	78.585	10,50%
	Bidones (Nuevas conexiones)	0,024	1,98	26,60	809	9.709	1,30%
	Tapas	0,654	54,52	731,21	22.241	266.892	35,66%
	Dispensers (Nuevas conexiones)	0,002	0,13	1,72	52	626	0,08%
	Total Envasado (3)	0,885	73,79	989,62	30.101	361.211	48,26%
Mano de Obra (4)		0,239	19,90	266,95	8.120	97.437	13,02%
Mantenimiento (5)		0,015	1,24	16,60	505	6.060	0,81%
Energía - Cargo Fijo (6)		0,005	0,45	6,03	183	2.202	0,29%
Total costo de operación (7) = (1+2+3+4+5+6)		1,174	97,86	1.312,51	39.922	479.067	64,00%
Amortización de la inversión (8)		0,660	55,04	738,20	22.454	269.442	36,00%
TOTAL (7+8)		1,83	152,90	2.051	62.376	748.510	100%

X.4. Análisis de las capacidades a instalar

Como se señaló al iniciar el presente capítulo, todos los equipos fueron dimensionados para cumplir con la demanda de la población estable (con un margen de seguridad) durante todo el período proyectado, realizando una única inversión al inicio.

Otra alternativa podría ser la de adquirir un equipamiento para una menor capacidad, con un plan de expansión gradual. Esta alternativa se descartó, al menos para esta investigación, y se optó por realizar una única inversión en una planta que se considera pequeña (1,25 m³/hora vs los 5 m³/hora de Coronel Dorrego, 5 m³/hora del Bahía Blanca Plaza Shopping), garantizando la oferta de todo el período. Además, si bien la planta de OI funciona de manera automática, se requiere personal para su monitoreo y para las tareas de envasado, por lo que funcionar al 100% de capacidad implicaría tener operarios las 24 hs al 100% de dedicación, lo que aumentaría los costos de mano de obra y complicaría su gestión.

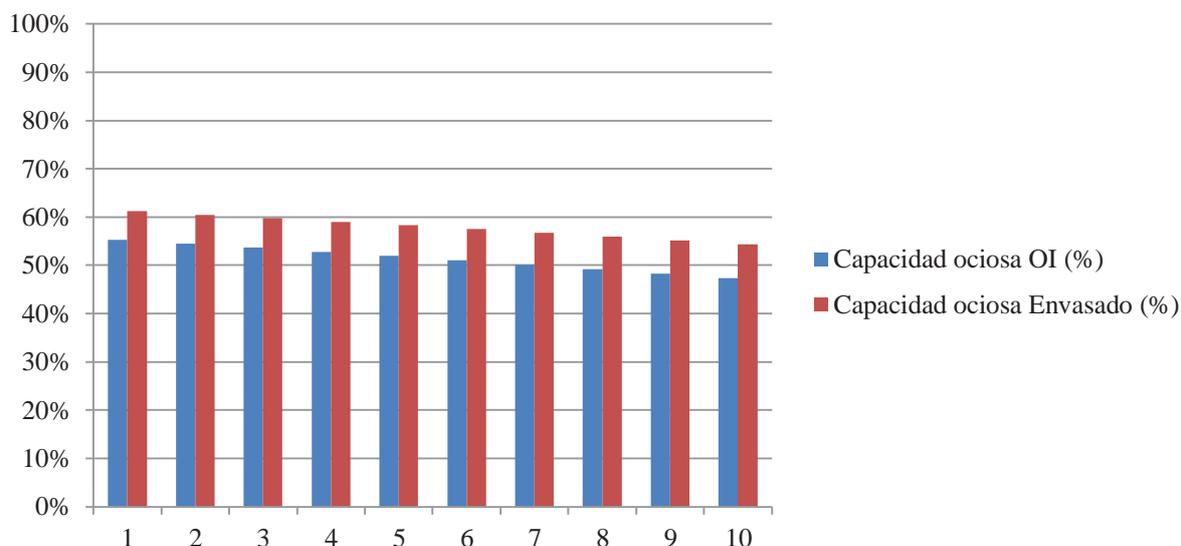
La capacidad ociosa absorbe las variaciones de la dotación media de consumo fijada de 2 l/hab.día y podría cubrir los 2,5 l recomendados por la FAO y hasta 3 l, incorporando el requerimiento de agua para cocción de alimentos.

Se calculó en Tabla N° 30 las capacidades ociosas de los dos equipos principales: la planta de OI y la máquina de envasado. Como se observa en dicha tabla, la planta de OI tendrá una capacidad ociosa que va desde el 55 % en el primer año a 47 % en el último, en tanto que el equipo de envasado tendrá un 61 % ocioso en el primer año y 54 % en el último.

Tabla N° 30 Capacidades a instalar

Concepto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Población estable	6706	6829	6954	7082	7211	7343	7478	7615	7754	7896
Producción diaria (bidón/día)	1118	1138	1159	1180	1202	1224	1246	1269	1292	1316
Capac. de prod. Max. OI (bidón/día)	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500
Capacidad ociosa OI (%)	55%	54%	54%	53%	52%	51%	50%	49%	48%	47%
Capac. Prod. Max. envasado (bidón/día)	2880	2880	2880	2880	2880	2880	2880	2880	2880	2880
Capacidad ociosa Envasado (%)	61%	60%	60%	59%	58%	58%	57%	56%	55%	54%

Gráfico N° 11 Capacidad ociosa plantas OI y envasado



Una alternativa que queda pendiente de análisis es la de producir en horas ociosas para cubrir la demanda de la población turística o para vender los excedentes en el mercado de agua envasada, con lo que se podría financiar parte de la inversión. En este caso se deberá evaluar el mayor consumo energético, el mayor caudal de efluentes a tratar y/o disponer, etc.

XI. IMPACTOS AMBIENTALES DEL PROYECTO

XI. IMPACTOS AMBIENTALES DEL PROYECTO

En este capítulo se describen los impactos ambientales enunciados genéricamente en la revisión bibliográfica (Apartado III.14), aplicados al proyecto particular del caso de investigación. Los impactos descritos en este capítulo son los relacionados directamente con la producción de agua envasada a través de un sistema de OI, quedando pendiente para el Capítulo XIV sobre otras externalidades ambientales, la descripción de otros efectos indirectos no contemplados que resulten en pérdidas de bienestar no compensadas y/o incluidas en el costo de m³ de agua envasada.

Se toma para su descripción la clasificación de impactos de acuerdo al momento en que ocurren, diferenciando en impactos en la etapa de construcción, impactos en la etapa de operación y mantenimiento e impactos en la etapa de cierre y/o abandono de la planta. Los impactos en etapa de operación y mantenimiento se enuncian en el documento de acuerdo a la secuencia del proceso Figura N° 15, diferenciando entre impactos derivados de la OI (visual y por uso de la tierra, del efluente de rechazo y de otros vertidos de la OI, por ruidos, por la utilización de energía eléctrica, por el descarte de residuos sólidos e impacto en la salud) e impactos asociados a la distribución de agua envasada (por la disposición de envases y tapas, por vertido de efluente de lavado y por la distribución de envases). Para los impactos en etapa de cierre se analizan dos alternativas: con y sin desmantelamiento de instalaciones.

Aquellos impactos que pueden ser cuantificados, se calculan para abastecer de agua potable para la ingesta a la población estable a lo largo del periodo proyectado¹³.

XI.1. Impactos ambientales en la etapa de construcción

En esta etapa se generarán impactos relacionados con el acondicionamiento del terreno, la construcción de las instalaciones y el transporte del equipamiento.

El movimiento de tierras y las actividades de preparación del terreno impactarán negativamente a la atmósfera por la emisión de material particulado; la construcción de las instalaciones involucra la utilización de máquinas y el tráfico de vehículos, lo que generará ruidos en las inmediaciones de la planta. Además, este movimiento de vehículos provoca la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a la atmósfera.

¹³ Considerando que para la población turística algunos impactarán aprox. 11 veces más.

Un impacto positivo será la generación de puestos de trabajo para realizar las actividades de construcción, que estará acotado al período de duración de las obras.

XI.2. Impactos en la etapa de operación y mantenimiento

XI.2.1. Impactos derivados de la OI

XI.2.1.a) Impacto visual y por el uso de la tierra

Como se ha expresado en el Capítulo VII de Condiciones del Servicio actual de Agua Corriente, la localización de la planta de OI y equipos complementarios se ha fijado en el predio municipal denominado Planta de Agua. Actualmente se encuentra funcionando allí una batería de pozos y un tanque de almacenamiento que abastecen al servicio de agua corriente por red. Como puede observarse en la Figura N° 16, la planta de OI se ubicaría a unos 245 m de la construcción domiciliaria más cercana y por sus dimensiones no impactaría visualmente.

Figura N° 16 Área de influencia planta de OI
(Fuente: Elaboración propia. Imagen satelital de Google Earth, 2012)



Las instalaciones incluyen equipamiento con las siguientes dimensiones:

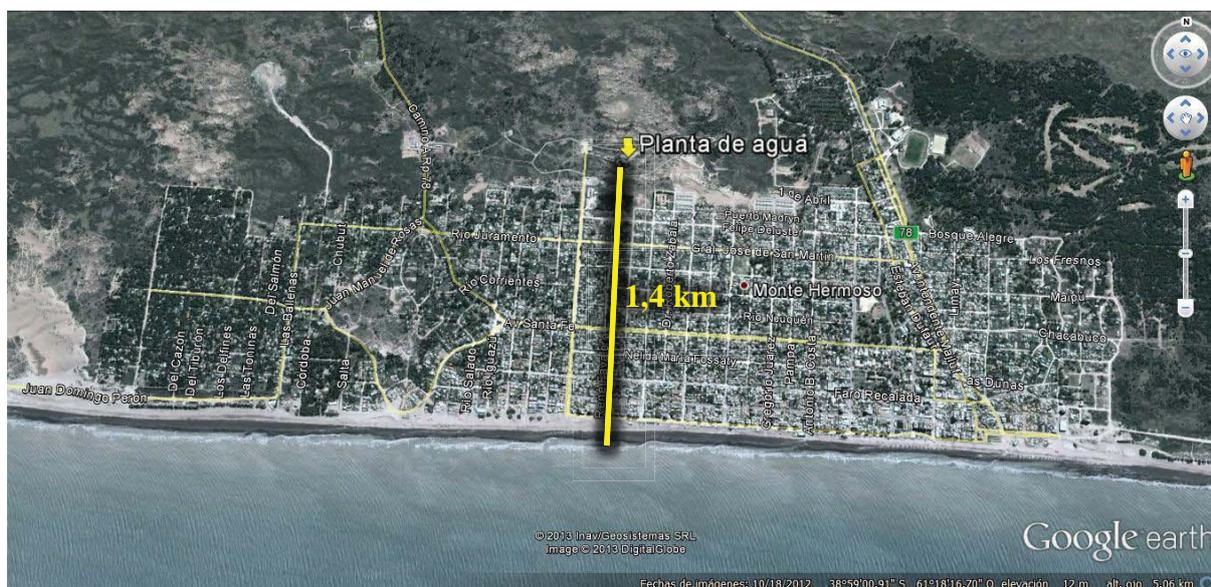
- Planta de OI (frente x alto x profundidad): 3 m x 2,1 m x 1 m.
- Desinfección (frente x alto x profundidad): 1,2 m x 1,6 m x 0,3 m.
- 2 tanques de almacenamiento de agua potable (diámetro x altura): 2 m x 3,67 m.

- Lavadora (profundidad x frente): 2,6 m x 0,8 m.
- Llenadora (profundidad x frente): 1,5 m x 0,5 m.

La instalación ocupará un espacio aproximado de 40 m², lo que no representa un impacto visual significativo.

Este predio se encuentra en una zona interior, alejada de la costa, algo que es recomendado por la bibliografía para evitar el impacto del uso del terreno costero (Figura N° 17). Como también se desprende de distintos autores, esta distancia de la planta con la costa condiciona la gestión de vuelco del efluente de rechazo de la OI y otros vertidos derivados del lavado de bidones, ya que su disposición en el mar deja de ser una opción económicamente viable. El impacto del agua de rechazo de la OI será considerado en el Apartado XI.2.1.b)

Figura N° 17 Área de influencia planta de OI
(Fuente: Elaboración propia. Imagen satelital de Google Earth, 2012)



XI.2.1.b) Impacto del efluente de rechazo de la OI

Como se mencionó al construir el marco teórico (Pág. 40), en un proceso de OI se denomina conversión a la cantidad de agua producida por cada cien unidades de agua de alimentación. Considerando que la planta de OI tiene una conversión del 50% y que, para el primer año (2013), se tendrá una producción de 1118 bidones de 12 l/d, el volumen generado de agua de rechazo será de 13413 l/d (13,41 m³/d). La Tabla N° 31 resume los valores de efluente de rechazo a lo largo del período de proyección.

Tabla N° 31 Volumen de efluente de rechazo

Año	Población estable (hab.)	Volumen de agua cruda (m ³ /d)	Volumen agua producida (m ³ /d)	Volumen efluente de rechazo (m ³ /d)
	[A]	$[B = A \times d \times 1/c\% \times 1m^3/1000 l]$	$[C = B \times c\%]$	$[D = B \times (1-c\%)]$
2013	6706	26,82	13,41	13,41
2014	6829	27,32	13,66	13,66
2015	6954	27,82	13,91	13,91
2016	7082	28,33	14,16	14,16
2017	7211	28,84	14,42	14,42
2018	7343	29,37	14,69	14,69
2019	7478	29,91	14,96	14,96
2020	7615	30,46	15,23	15,23
2021	7754	31,02	15,51	15,51
2022	7896	31,58	15,79	15,79

Referencias: d = Dotación de agua solo para ingesta (2 l/hab.d); c%: Conversión OI (50%).

Como se expresó en apartados anteriores (Pág. 54), existen distintas alternativas para la disposición del rechazo generado en una planta de OI. De ellas, se descartan para el caso de estudio:

- La disposición a un conducto pluvial, pues la esorrentía en la zona es natural.
- La descarga a un curso de agua superficial, por no existir en las inmediaciones de la planta.
- La descarga a mar abierto por el mismo motivo: el predio donde se ubicaría la planta de OI se encuentra alejado de la costa, a unos 1,4 km (Figura N° 17), por lo que necesitaría una inversión adicional para el tendido de las cañerías que transporten el efluente de rechazo hasta el mar. Esta alternativa sería viable en el caso de que la planta de OI cambie su ubicación.

Quedan entonces como destino para los efluentes de rechazo del proyecto la disposición en la colectora cloacal, la absorción por el suelo (con lagunas facultativas o por riego por aspersión), la comercialización del rechazo, entre otros.

Para la alternativa de disposición del efluente en la colectora cloacal, deberá considerarse el tendido de las cañerías hasta la red cloacal, cuya localización más cercana a boca de registro se encuentra a unos 200 metros (dependerá del emplazamiento real que se dé a la obra dentro del predio de la planta, ver plano de red cloacal en Anexo XVIII.19). La demanda diaria de agua corriente de red de la población estable es de 9600 m³/día, y aproximadamente solo el 70% de esa demanda va a la colectora cloacal (porcentaje que depende de condiciones

climáticas, costumbres, etc.). Si tenemos en cuenta que la cobertura de red de agua es similar a la cobertura de red de efluentes domiciliarios (66,84% vs. 65,49%), se estima que el caudal que llega a la planta depuradora es de aprox. 6720 m³/día (9600 m³/d x 0,7). La relación entre el mencionado volumen de efluentes domiciliarios y el volumen de agua de rechazo de 15,79 m³/día (para la condición más desfavorable de producción al año 2022), implica una dilución del efluente de rechazo de aprox. 400 veces, siendo más favorable la dilución en la temporada estival porque el caudal es mayor.

No obstante ello, se deberá controlar periódicamente que se cumplan los máximos admisibles de vuelco a colector cloacal, fijados por la legislación vigente de la Provincia de Buenos Aires, Decreto 336/03.

En cuanto a la disposición del rechazo por absorción del suelo, existen ejemplos de aplicación en la región. A partir de visitas realizadas a plantas de OI, pudo verificarse que se suele utilizar el efluente para el riego de calles aledañas (Ver Figura N° 18; más información de la visita en Anexo XVIII.13). Para ello, deberá contarse con un tanque de almacenamiento del agua de rechazo y sus parámetros deberán ajustarse a los límites establecidos por la Resolución 336/03.

Figura N° 18 Ejemplo de utilización del agua de rechazo para riego
(Fuente: Gentileza Navarrete C., Pacheco J.¹⁴ –izq.- y álbum propio –der.-)



Otra alternativa consiste en donar o comercializar el agua de rechazo para la elaboración de hormigón. También puede disponerse el efluente a través de un camión atmosférico que lo recoja periódicamente para evitar el tendido de una red hasta la boca de registro más cercana (200 m). Cualquiera sea la opción, los parámetros del efluente deberán ajustarse a los límites establecidos por la Resolución 336/03 de la Provincia de Buenos Aires, según el destino final

¹⁴ Alumnos de la Cátedra “Tratamientos de Aguas Salobres y Marinas”, carrera de Ingeniería Civil, UTN – FRBB, 2011.

del mismo (ver Anexo XVIII.4). Para los dos últimos casos deberá instalarse un tanque de almacenamiento del efluente de rechazo.

Dado que los resultados de análisis utilizados para esta investigación son los proporcionados por el Municipio de Monte Hermoso, que realiza análisis físico-químicos y microbiológicos del agua con el propósito de verificar que el agua sea apta para el consumo humano, no se dispone de análisis de alguno de los parámetros que contempla la legislación para la disposición de un efluente. Por lo tanto, para obtener una mejor caracterización del mismo será necesario realizar una corrida completa de análisis que incluya todos los parámetros de vuelco.

A partir de la información actual, y recordando que la conversión y/o recuperación del proceso de OI proyectada es del 50%, puede estimarse la concentración de algunos de los parámetros de vuelcos. Se reitera que la conversión del 50% indica que de cada m³ de agua que ingresa 0,5 m³ salen como agua de rechazo, con una concentración que equivale al doble de la concentración de agua de ingreso, y 0,5 m³ como agua de producto o permeado, con una concentración de elementos químicos prácticamente nula.

En función de los análisis de agua con los que se contó para el estudio, se exponen en Tabla N° 32 algunas concentraciones de parámetros físico-químicos esperadas del agua de rechazo, las que se comparan con los máximos que admite la legislación vigente para vuelco en colectora cloacal y absorción por el suelo (ver parámetros de vuelco Resolución 336/03 en Anexo XVIII.4).

Como ejemplo, puede verse a partir de los resultados obtenidos que la concentración estimada de As en el efluente de rechazo es de 0,116 mg/l. Este valor se encuentra por debajo de lo establecido por la ley para descargar en colectora cloacal (0,5 mg/l) y por encima del límite para absorción por el suelo (0,1 mg/l). En el caso de que la concentración de As, o de otros elementos, superen los límites máximos previstos por la Resolución 336/03, deberá hacerse un tratamiento y/o dilución del agua de rechazo previo a su descarga.

Tabla N° 32 Calidad del agua de rechazo vs. parámetros de vuelco

Parámetro	Unidad	Análisis de agua ingreso	Calculo en agua rechazo	Parámetros vuelco	
				Colectora cloacal	Absorción por el suelo (h)
pH	U pH	8,75	-	7,0-10	6,5-10
Arsénico	mg/l	0,058	0,116	≤ 0,5	≤ 0,1
Sulfatos	mg/l	98,8	197,6	≤ 1000	≤ 1000

XI.2.1.c) Impacto de vertidos de pre y postratamiento de la OI

Los vertidos derivados de operaciones de pre y postratamiento de la OI, cuya estimación de calidad es dificultosa en etapa de proyecto, son derivados de productos anti-incrustantes (aprox. 15 l/año), productos para ajuste de pH, coagulantes-floculantes, entre otros. Se recomienda realizar una corrida de análisis una vez puesta en marcha la planta, para considerar la necesidad de su tratamiento y/o dilución previa a su vuelco al cuerpo receptor.

Algunos parámetros, cuyos límites están establecidos en la Resolución 336/03, pueden estimarse a priori por el tipo de agua de entrada y por el tratamiento que se le da. Ej. Como la desinfección se realiza con iones de plata y por radiación UV, no habrá presencia de cloro en el agua de rechazo.

XI.2.1.d) Impacto por el ruido

El proceso de OI, al utilizar bombas de alta presión, genera ruidos que podrían impactar en las inmediaciones de la planta. Se desconoce a priori cual será el nivel de ruidos en las cercanías de la planta, pero como expresa la bibliografía hoy se cuenta con la tecnología como para reducir los niveles sonoros, tales como paneles acústicos, silenciadores, etc.

En cuanto al ambiente de trabajo, un valor indicativo del nivel de ruidos surge a partir de datos obtenidos en una visita a una planta de OI (que trata un caudal de ingreso de 10 m³/h vs. los 1,25 m³/h que trata la planta a instalar en Monte Hermoso; ver Anexo XVIII.13); según una medición tomada por el personal de la empresa¹⁵, el nivel pico llega a 83 dBA 30 min. De acuerdo a la Ley Nacional 19.587, Decreto 351/79, para una jornada de 8 horas el valor límite para el nivel de presión acústica es de 85 dBA. De superarse dicho valor se debería prever y exigir el uso de sordinas personales a los operarios.

Como la ubicación de la planta de OI es en una zona donde actualmente se hacen trabajos de extracción de agua (utilizando bombas) y alejada del núcleo urbano (a 245 m), un nivel de ruido similar al expresado en el párrafo anterior no debería resultar una molestia para la población. Sin embargo, para mitigar cualquier impacto es recomendable que tanto la planta de OI como la planta envasadora se encuentren en un recinto cerrado, de cierta altura y con las aislaciones acústicas correspondientes.

¹⁵ Gentiliza Bahía Blanca Plaza Shopping.

XI.2.1.e) Impacto por la utilización de la energía eléctrica

Existe un impacto por la utilización de energía eléctrica, cuyo servicio se encuentra comprometido por el crecimiento poblacional y por los picos de demanda que ocurren en la época estival.

Para estimar el impacto del proyecto sobre el consumo poblacional, se calcula la energía requerida por el proceso de producción. En función de los requerimientos de producción proyectados (cantidad de bidones) y de las capacidades máximas de procesamiento de los equipos se estiman las horas de funcionamiento de cada uno de ellos y la energía requerida. La Tabla N° 33 muestra el cálculo de la energía para el año 2013, por ser el primer año de actividad, y para el 2022, ya que para este año se prevé la mayor producción de bidones.

Tabla N° 33 Cálculo de la energía requerida por el proyecto

Etapa	Potencia (HP)	Potencia (kW)	Capac. Máx. Procesamiento (bidones/h)	Horas en funcionamiento 2013 (h/año)	Horas en funcionamiento 2022 (h/año)	Energía 2013 (kWh/año)	Energía 2022 (kWh/año)
	[A]	[B = A*0,746]	[C]	[D = Prod. 2013 ¹ /C]	[E = Prod. 2022 ² /C]	[F = B*D]	[G = B*E]
Proceso OI	4	2,98	104,17	3.917	4.611	11.673	13.741
Desinfección	0,16	0,12	416,67	979	1.153	117	138
Lavado-llenado	2,5	1,87	120	3.401	4.003	6.360	7.486
TOTAL	6,66	4,97	-	8.297	9.767	18.150	21.365

¹ Producción en año 2013: 408.070 bidones.

² Producción en año 2022: 480.340 bidones.

Como se expresó en el apartado de descripción del área (Pág. 77), el consumo energético de Monte Hermoso para el año 2010 fue de aproximadamente 18.902 MWh (18.902.000 kWh/año). A partir de los cálculos realizados (Tabla N° 33), puede observarse que el consumo total de la planta durante el año 2013 representará aprox. el **0,10 %** de ese consumo. No se calcula el porcentaje para la condición de mayor producción al año 2022 porque es incierto el consumo energético que tendrá la localidad para dicha fecha.

XI.2.1.f) Impacto indirecto por el uso de energía. Huella de carbono

Además del impacto por la utilización de energía eléctrica existe un impacto indirecto asociado a la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Cualquier establecimiento de tipo industrial utiliza energía eléctrica para su funcionamiento, lo que genera un impacto indirecto en el medio ambiente por la emisión de GEI. En un proceso de OI se considera que

este impacto puede ser importante, ya que requiere de la utilización de bombas para obtener la presión de trabajo requerida. En el caso particular de estudio, se agrega el requerimiento energético de la maquina lavadora-llenadora de bidones.

La huella de carbono, tal como se definió en el marco teórico (Pág. 56), es un indicador utilizado para cuantificar el impacto por emisión de GEI que genera la producción de bienes, servicios o actividades. En este apartado se calcula la huella de carbono de Ámbito 2, es decir, solamente se contabilizan las emisiones indirectas que genera la utilización de energía, sin considerar las producidas en las otras etapas (no se miden huellas de carbono de Ámbito 1 ni de Ámbito 3).

Para estimar la huella de carbono en Argentina, se calcula el factor de emisión promedio de dióxido de carbono equivalente (CO₂e). A partir de la revisión de la bibliografía (Shrestha E. et al., 2011) se obtiene un factor de emisión promedio de CO₂e de cada tipo de tecnología de obtención de energía [A]. Este factor de emisión indica la cantidad de CO₂e por cada kWh producido (g CO₂e/kWh). Luego, se introduce la distribución de la producción de energía de acuerdo a la fuente de generación de energía eléctrica en Argentina [B]. Por último, multiplicando los factores de emisión promedio por su porcentaje de incidencia en nuestro país se obtiene un factor de emisión estimado en Argentina [C = A*B], que resulta de 495,70 gCO₂e/kWh. En Tabla N° 34 se reflejan los cálculos realizados.

Tabla N° 34 Emisión de CO₂ en producción de energía en Argentina
(Fuente: Elaboración propia, Datos de factor de emisión CO₂:
Shrestha E. et al., 2011; Datos: Producción Energía en Argentina: CNEA, 2012)

Tipo de energía	Factor de emisión promedio de CO ₂ (g CO ₂ e/kWh)	Producción Energía en Argentina (%)	Factor de emisión medio de CO ₂ en Argentina (g CO ₂ e/kWh)
	[A]	[B]	[C = A*B]
Carbón	1022,9	60,54%	486,02
Petróleo	779,6		
Gas natural	605,9		
Solar/Fotovoltaica	70,8	0,02%	0,01
Hidroeléctrica	25,4	35,84%	9,10
Eólica	31,1	0,36%	0,11
Nuclear	14	3,24%	0,45
Biomasa	85,6	0,00%	0,00
Geotérmica	66,7	0,00%	0,00
		100 %	495,70

A partir de los cálculos de Tabla N° 34 y de los datos de consumo energético de Tabla N° 33 se desprende que la huella de carbono asociada a la utilización de energía eléctrica será:

- Huella de carbono = Consumo energético x Factor de emisión promedio
- En el año 2013: 18.150 kWh/año x 495,70 g CO₂e/kWh x 1 t/10³ kg = 8.997 kg CO₂e/año.
- En el año 2022: 21.365 kWh/año x 495,70 g CO₂e/kWh x 1 t/10³ kg = 10.591 kg CO₂e/año.

Los resultados de estos cálculos se transcriben en Tabla N° 35, junto con la población servida y producción para los años 2013 y 2022, para luego obtener la huella de carbono por habitante y por m³ de agua producida por año.

Tabla N° 35 Huella de carbono per cápita y por m³

Periodo	Consumo energético (kWh/año)	Huella de CO ₂ (kg CO ₂ e/año)	Población servida (hab)	Producción (m ³ /año)	Huella de CO ₂ per cápita (kg CO ₂ e/hab.año)	Huella de CO ₂ por m ³ (kg CO ₂ e/m ³)
	[A]	[B]	[C]	[D]	[E = B / C]	[F = B / D]
Año 2013	18.150	8.997	6.706	4.895	1,34	1,84
Año 2022	21.365	10.591	7.896	5.763	1,34	1,84

De aquí surge que la huella de carbono por la utilización de energía eléctrica para el proceso de producción es de 1,34 kg CO₂e/habitante x año y de 1,84 kg CO₂e/m³ de agua producida.

Según la Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable (2008), la huella de carbono en Argentina es de 5710 kg CO₂e/habitante x año. Esto implica que la huella del proceso de producción no es significativa (1,34 kg CO₂e/habitante x año / 5710 kg CO₂e/habitante x año = 0,0002 = 0,02%).

XI.2.1.g) Impacto por descarte de residuos sólidos

En cuanto a la generación de residuos sólidos en la planta de OI, se analizan los elementos principales, no descartando que queden otros pendientes de descripción.

Como se mencionó anteriormente, la planta de OI utiliza 5 membranas. Sabiendo para las que la vida útil de cada una de ellas es de aprox. 3 años, se calcula la cantidad de membranas que se van a recambiar y disponer a lo largo del período del proyecto, el peso dispuesto y el volumen que ocuparía en el lugar de disposición final:

$$\text{Disposición total} = \frac{\text{Unidades utilizadas}}{\text{Vida útil}} \times \text{Período proyecto}$$

$$\text{Disposición total} = \frac{5 \text{ membranas}}{3 \text{ años}} \times 10 \text{ años} \cong 17 \text{ membranas}$$

$$\text{Peso dispuesto} = 17 \text{ membranas} \times 10 \frac{\text{kg}}{\text{membrana}} = 170 \text{ kg}$$

Teniendo en cuenta que, por su forma cilíndrica, cada membrana va a ocupar un espacio mayor en el lugar de disposición final, se asume para los cálculos que toma forma de ortoedro.

- Diámetro x largo de membrana = 4" x 40"
= 0,1016 m x 1,016 m
- Volumen del ortoedro de cada membrana
= 0,1016 m x 0,1016 m x 1,016 m =
0,0104876 m³
- Volumen dispuesto en el período de proyecto = 17 membranas x 0,0104876 m³
/ membrana = **0,17829 m³**

Figura N° 19 Membrana de OI



Como se puede observar, este volumen de descarte es mínimo y en consecuencia su impacto es bajo.

Otro residuo generado durante el proceso de OI es el derivado de recambio de los filtros. Como se expresó anteriormente, la planta de OI utiliza 2 filtros de cartucho. A partir de la experiencia actual de la localidad de Cnel. Dorrego, que procesa unos 900 bidones al día con calidad de agua similar, se estimó la vida útil de los filtros en un mes.

$$\text{Disposición total} = \frac{\text{Unidades utilizadas}}{\text{Vida útil}} \times \text{Período proyecto}$$

$$\text{Disposición total} = \frac{2 \text{ filtros}}{1 \text{ mes}} \times \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} \times 10 \text{ años} = 240 \text{ filtros}$$

$$\text{Peso dispuesto} = 240 \text{ filtros} \times 4 \frac{\text{kg}}{\text{filtro}} = 960 \text{ kg}$$

Al igual que para el cálculo de las membranas, partir de la forma cilíndrica de los filtros se asume la forma de ortoedro para determinar el volumen potencial ocupado en el lugar de disposición final.

- Diámetro x largo del filtro = 2,5" x 10" = 0,0635 m x 0,254 m
- Volumen del ortoedro de cada filtro = 0,0635 m x 0,0635 m x 0,254 m = 1,0242x10⁻³ m³
- Volumen dispuesto en el período de proyecto = 240 filtros x 1,0242x10⁻³ m³ = **0,2458 m³**

Figura N° 20 Cartuchos de filtro OI
(Fuente: Álbum propio; tomado de la planta de OI de Coronel Dorrego)



La Tabla N° 36 resume los impactos generados por el descarte de las membranas de la OI y por los cartuchos de microfiltración.

Tabla N° 36 Impacto de membranas y filtros

Residuo	Material	Vida útil (años)	Cantidad	Peso (kg)	Volumen (m ³)
Membranas	Poliamida aromática, polisulfona, poliéster	3	17	170	0,1783
Filtros	Polipropileno	0,083	240	960	0,2458
TOTAL	-	-	-	1130	0,42

Además al cabo del proyecto se habrán dispuesto unas 20 lámparas UV para el proceso de desinfección (10 años/2 años vida útil x 4 unidades).

XI.2.1.h) Impacto económico sobre el poder adquisitivo de la población¹⁶

En caso de que se decida amortizar la inversión a través de un aumento de tarifas, puede darse un impacto negativo sobre el poder adquisitivo de la población. Esto dependerá de la decisión que tome el municipio, pudiendo ser asumido el aumento de los costos por el propio estado.

Aplicando la ficha metodológica del Indicador I.22 “Incremento de la tarifa mínima con provisión de agua corriente + agua potable envasada” al año 2013, se obtiene:

- Incremento tarifario = (Costo agua osmotizada envasada x habitantes/conexión x dotación agua para ingesta) / Tarifa actual servicio agua corriente

¹⁶ Este impacto también es derivado de la distribución envasada, ya que el costo calculado incorpora los gastos de envasado.

- Incremento tarifario = $(152,90 \text{ \$/m}^3 \times 4 \text{ hab/conexión} \times 60 \text{ d/bimestre} \times 2 \text{ l/hab.d} \times 1 \text{ m}^3/1000 \text{ l}) / 61 \text{ \$/bimestre.conexión} = 1,20 = 120 \%$

Como se observa, el incremento en el costo de la tarifa resultaría alto (120%), por lo que impactaría sobre el poder adquisitivo de la población y consecuentemente en la sensibilidad de la misma.

XI.2.1.i) Impacto positivo en la calidad de vida de la población

Se menciona aquí el impacto positivo por la provisión de agua potable envasada, que además de minimizar los riesgos a la salud, se traducirá en un mejoramiento en la calidad de vida de los habitantes y es el disparador del proyecto. Esta mejora en la calidad de vida incluye el impacto que implica erradicar la incertidumbre de la población por la inseguridad que percibe respecto a la calidad del agua que consume, que algunas veces llega a ser real (lo que puede considerarse también como una externalidad, pues puede traducirse en costos por tratamiento psicológico). El valor del agua suministrada para la ingesta como agua segura minimiza el malestar de los usuarios y la afectación del estado psicológico que, en algunas ocasiones, puede evidenciarse en el reclamo efectuado por los usuarios a través de medios de comunicación (Bukoski M., 2008).

XI.2.2. Impactos ambientales derivados de la distribución de agua envasada

XI.2.2.a) Impacto por la disposición de los envases

Como no se dispuso de información precisa acerca de la durabilidad de los envases, se tomó para los cálculos la experiencia de Coronel Dorrego. En esta localidad, que cuenta con una producción estimada de 900 bidones/día, se compran unos 110 bidones de reposición por mes. A partir de estos datos experimentales, se calcula el porcentaje de reposición de bidones:

$$\% \text{ reposición de bidones} = 110 \frac{\text{bidones}}{\text{mes}} \times \frac{1 \text{ día}}{900 \text{ bidones}} \times \frac{1 \text{ mes}}{22 \text{ días}} = 0,00555 \cong 0,56\%$$

Este porcentaje indica que, de cada 1.000 bidones que son llenados (o producidos), 5/6 bidones deben remplazarse por desgaste o rotura de los mismos. A partir de este índice se calcula la cantidad de bidones descartados, los kg de residuo generados y volumen que ocuparían en el lugar de disposición final. Se aclara que cada bidón pesa 0,8 kg y ocupa un volumen sin compactar de 0,012 m³.

Tabla N° 37 Impacto ambiental de los envases

Año	Población estable (hab.)	Bidones de 12 l producidos por año	Bidones descartados por año	Peso generado (kg/año)	Volumen ocupado (m ³ /año)
	[A]	[B]	[C=B*0,56%]	[D=C*0,8]	[E=C*0,012]
2013	6706	408070	2286	1829	27
2014	6829	415370	2327	1862	28
2015	6954	423035	2369	1895	28
2016	7082	430700	2412	1930	29
2017	7211	438730	2457	1966	29
2018	7343	446760	2502	2002	30
2019	7478	454790	2547	2038	31
2020	7615	463185	2594	2075	31
2021	7754	471580	2641	2113	32
2022	7896	480340	2690	2152	32
TOTAL	-	-	24825	19860	298

Figura N° 21 Envases de 12 L
(Fuente: Álbum propio: tomado de la planta de OI de Dorrego)



XI.2.2.b) Impacto por la disposición de tapas

En cuanto a las tapas de los bidones, las experiencias recolectadas muestran que las mismas se utilizan una sola vez y luego se descartan. Se calcula entonces la cantidad de tapas a disponer durante el período de proyección, las que equivalen en número a la producción de bidones entregados en dicho período calculada en Apartado VIII.2.

Tabla N° 38 Impacto ambiental de las tapas

Año	Población estable	Cantidad de tapas (u/año)
2013	6706	408070
2014	6829	415370
2015	6954	423035
2016	7082	430700
2017	7211	438730
2018	7343	446760
2019	7478	454790
2020	7615	463185
2021	7754	471580
2022	7896	480340
TOTAL	-	4432560

Figura N° 22 Tapas de envases de 12 L
(Fuente: Álbum propio; tomado de la planta de OI de Dorrego)



XI.2.2.c) Impacto de vertidos por el lavado

En este ítem se calcula el volumen de efluente de lavado de envases que contendrá, entre otros parámetros, detergente. A modo de estimación, y luego de haber visitado plantas de lavado-llenado de envases que se encuentran en funcionamiento, se calcula que cada bidón utiliza unos 6 l de agua para las operaciones de lavado y enjuagado. A partir de ese dato se calcula el volumen diario de agua total utilizada para estas operaciones (Tabla N° 39).

Tabla N° 39 Volumen de agua de lavado

Año	Población estable (hab.)	Bidones de 12 l producidos (bidón/día)	Volumen agua de lavado (m ³ /día)	Volumen agua de lavado (l/día)
	[A]	[B = A*2/12]	[C = B*6/1000]	[D = B*6]
2013	6706	1118	6,71	6708
2014	6829	1138	6,83	6828
2015	6954	1159	6,95	6954
2016	7082	1180	7,08	7080
2017	7211	1202	7,21	7212
2018	7343	1224	7,34	7344
2019	7478	1246	7,48	7476
2020	7615	1269	7,61	7614
2021	7754	1292	7,75	7752
2022	7896	1316	7,90	7896

La cantidad de detergente utilizado en el proceso se calcula en base a la experiencia de Coronel Dorrego (entrevista en Anexo XVIII.15), donde se consume a razón de 25 kg de detergente cada 2,5 meses, aprox., para una producción de 19.800 bidones/mes, lo que da unos 5×10^{-4} kg (500 mg) de detergente por cada bidón producido. A partir de esos datos se

obtiene la cantidad de detergente utilizado y la concentración en el efluente de lavado de envases (Tabla N° 40 y Figura N° 23).

Tabla N° 40 Detergente dispuesto en el proceso

Año	Bidones de 12 l producidos (bidón/día)	Detergente utilizado (mg/día)	Volumen agua de lavado (l/día)	Concentración de detergente (mg/l)
	[A]	[B = A*500]	[C]	[D = B/C]
2013	1118	559000	6708	83
2014	1138	569000	6828	83
2015	1159	579500	6954	83
2016	1180	590000	7080	83
2017	1202	601000	7212	83
2018	1224	612000	7344	83
2019	1246	623000	7476	83
2020	1269	634500	7614	83
2021	1292	646000	7752	83
2022	1316	658000	7896	83

Figura N° 23 Detergente limpiador y proceso de lavado de envases
(Fuente: Álbum propio; tomado de la planta Cimes Bahía Blanca)



El contenido de detergente, que en la legislación se establece de un contenido máximo de 10 mg SAAM/L para vuelco en colectora cloacal y de 2 mg SAAM/L para absorción en suelo, podría ser bajado notoriamente en caso de ser mezclado con el efluente de la OI. Si tenemos en cuenta, que por ejemplo, para el año 2013 se dispondrán diariamente de aprox. 14 m³ de agua de rechazo y 7 m³ de agua de lavado, si ambos efluentes se mezclan, la cantidad de detergentes por el lavado se verá reducida a 1/3 de su valor. Igualmente se deberán hacer

análisis de dichos efluentes para verificar el cumplimiento de la legislación vigente y descartar la necesidad de otros tratamientos previo a su descarga.

XI.2.2.d) Impacto del transporte para la distribución de envases

Dado el sistema de distribución en envases, se requiere de la movilización por parte de la población a los puntos de distribución. Esto traerá consigo impactos como la emisión de GEI de los vehículos y la generación de ruidos, así como otros no cuantificables respecto a la sensibilidad de la población por el esfuerzo de traslado.

Pero tal vez esto se traduzca en un impacto positivo para la población, debido a la posibilidad de conformar pymes o proyectos de tipo mixto junto con la Municipalidad, para desarrollar las tareas de recolección de los envases vacíos y distribución de los llenos. Esto se plantea como una alternativa de inclusión social, generando puestos de trabajo y facilitando el acceso al agua potable para la población en general.

XI.3. Impactos ambientales en la etapa de cierre

En cuanto a los impactos ambientales en la etapa de cierre, se ofrecen dos alternativas: con desmantelamiento de los equipos e instalaciones y sin desmantelamiento. En este apartado no se diferencia entre impactos potenciales derivados de la OI y del envasado, sino que se considera el proyecto en general.

XI.3.1. Etapa de cierre con desmantelamiento

En la etapa de cierre con desmantelamiento se tendrán impactos debidos a la generación de residuos sólidos, con el consecuente aumento del volumen a trasladar al lugar de disposición final. Igualmente existirá la alternativa de la comercialización de los materiales desmantelados para su reutilización o reciclado, generando un recupero por la venta y una disminución del volumen destinado a disposición final. En la Tabla N° 41 se muestra un resumen de algunos de los residuos que se tendrán al finalizar las operaciones si se opta por desmantelar la planta, asumiendo que la totalidad sería enviada para su disposición final.

Otro de los impactos serán los derivados del transporte de dichos residuos y del ruido producido al llevar a cabo el desarme, lo que puede llegar a ser una perturbación para la

población circundante. Además podría haber una contaminación del ambiente producto de descarte de los reactivos de la planta.

Tabla N° 41 Residuos del desmantelamiento

Ítem	Material	Cantidad	Peso unitario (kg/u)	Peso total (kg)	Volumen unitario (m ³ /u)	Volumen total (m ³)
Planta OI	Hierro, PVC, Polipropileno, PRFV, otros	1	342	342	0,006	0,006
Equipo desinfección	Hierro, PVC, Polipropileno	1	75	75	0,001	0,001
Equipo lavado-llenado	Acero inoxidable	1	250	250	2,83	2,83
Membranas OI	Poliamida aromática, polisulfona, poliéster	5	10	50	0,01	0,05
Filtros OI	Polipropileno	2	4	8	0,001	0,002
Envases circulantes*	PET o policarbonato	18424	0,8	14739	0,012	221
TOTAL	-	-	-	15.464	-	224

* No se incluyen los envases de reposición, que fueron considerados como impactos en etapa de O&M (Apartado XI.2.2.a) Sólo se contabilizan aquí los envases circulantes para el año 2022 al finalizar el proyecto: 1316 bidones/día x 7 días/semana x 2 semanas = 18424 bidones.

XI.3.2. Etapa de cierre sin desmantelamiento

En el caso que no haya desmantelamiento, un potencial impacto será el visual, por el abandono de las instalaciones. Además se agregan la posibilidad de posibles robos, presencia de vectores, etc. Al igual que en la etapa de cierre con desmantelamiento, deben sumarse en este caso los impactos ya descriptos de las disposición de los envases y dispensers que se encuentren en circulación al momento de finalizar el período del proyecto y de la contaminación por el descarte de reactivos.

XII. RESULTADO DE INDICADORES

XII. RESULTADO DE INDICADORES

A partir de los indicadores propuestos en el marco metodológico (Pág. 61) y teniendo en cuenta la información recopilada en los apartados precedentes, se exponen a continuación (Tabla N° 42) los resultados de los indicadores para el año 2013. Esta medición servirá de base para la ponderación del nivel de impacto esperado, que se calcula en el capítulo siguiente, y para realizar un seguimiento de la gestión.

Tabla N° 42 Resultado indicadores propuestos

Nombre del Indicador		Resultado (año 2013)	Unidad	Observaciones – referencias	
I.1	Proyección población estable	6706	Habitantes	Proyección para el año 2013	
I.2	Proyección demanda de agua envasada para la ingesta de la población estable	1.Diaria	13,41	m ³ /día	Dotación solo para la ingesta: 2 l/hab.día
		2.Anual	4895	m ³ /año	
I.3	N° de bidones entregados	I3.1.Diario	1118	bidones/día	Bidones de 12 l de capacidad
		I3.2.Anual	408.070	bidones/año	
I.4	Energía consumida por año por el proyecto	18150	kWh/año	Considera el gasto energético del equipamiento de OI, desinfección y envasado.	
I.5	% Energía consumida respecto al consumo de la población	0,10	%	Consumo energético de Monte Hermoso año 2010: 18.902.000 kWh (Secretaria de Energía de la Nación). Durante el transcurso del trabajo se amplió la capacidad energética de la localidad.	
I.6	Huella de carbono anual	8997	kg CO ₂ e /año	I.6 = I.4 x 0,4957 kgCO ₂ e/kWh Factor de emisión medio en Argentina: 495,70 gCO ₂ e/kWh. (Datos Shrestha E. et al., 2011 y CNEA, 2012). En este indicador se mide solo la huella de carbono de ámbito 2, derivado de la utilización de energía eléctrica.	
I.7	Huella de carbono del proceso por año por habitante	1,34	kg CO ₂ e / hab. x año	Huella de carbono en Argentina: 5.710 kgCO ₂ e/ hab. x año (Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2008). Esto sugiere que la huella de carbono no es significativa (0,02%)	
I.8	Volumen diario de rechazo OI	13,41	m ³ /día	Recuperación/conversión: 50%	
I.9	Volumen diario de efluentes de lavado de envases	6,71	m ³ /día	Consumo de agua en operación de lavado y enjuagado: 6 l/bidón	
I.10	Calidad del agua de ingreso a planta OI	Arsénico *	0,058	mg As /l	* Por seguridad se optó por los máximos resultados de Tabla N° 15. Requiere tratamiento según legislación vigente.
		Flúor *	3,1	mg F/l	* Ídem anterior Requiere tratamiento según legislación vigente. Tabla N° 15

Nombre del Indicador		Resultado (año 2013)	Unidad	Observaciones – referencias	
	SDT *	713	mg SDT/l	* Ídem anterior. No requiere tratamiento según legislación vigente.	
	Sulfatos*	98,8	mg Sulfatos/l	* Ídem anterior. No requiere tratamiento según legislación vigente.	
	Coliformes Totales **	-	NMP/100ml Coliformes Totales	** Dado que los resultados de estos análisis son estadísticamente no representativos (Tabla N° 15), se observa que será necesario un mayor monitoreo a fin de determinar la necesidad de tratamientos previos a la OI.	
I.11	Calidad del efluente de rechazo de la planta OI	Arsénico	0,116	mg As/l	Límite para descarga a cuerpo receptor (Resolución 336/03): a colectora cloacal 0,5 mg/l a absorción por suelo: 0,1 mg/l.
		Flúor	6,2	mg F/l	No se fija límite para descarga
		SDT	1426	mg SDT/l	No se fija límite para descarga.
		Sulfatos	197,6	mg Sulfatos/l	Límite para descarga a cuerpo receptor (Resolución 336/03): a colectora cloacal o absorción por suelo 1000 mg/l
I.12	Calidad del efluente de lavado envases	Detergentes	83	mg SAAM/l	Valor estimado en función de relevamientos en Coronel Dorrego. Oportunamente se deberá analizar el efluente a fin de verificar y/o rectificar resultados para dar cumplimiento a la Resolución 336/03. Límite para descarga a cuerpo receptor: a colectora cloacal 10 mg/l a absorción por suelo: 2 mg/l.
I.13	Número de tapas descartadas por año	408.070	N° de tapas /año	Las tapas se utilizan solo una vez.	
I.14	Número de envases descartados por año	2286	N° de envases /año	En base al stock inicial de 15.652 bidones y en función de su vida útil según información relevada de Dorrego. Según experiencias relevadas, porcentaje de reposición de 0,56%.	
I.15	Volumen de envases descartados por año sin compactar	27	m ³ /año	Ídem anterior.	
I.16	Número de membranas descartadas por año	2	N° memb. /año	Implica un volumen total para el periodo de proyecto (10 años) de 0,18 m ³ . Ver pág. 129.	
I.17	Número de filtros cartucho descartados por año	24	N° filtros/año	Implica un volumen total para el periodo de proyecto (10 años) de 0,25 m ³ . Ver pág. 129.	
I.18	Tarifa mínima de Monte Hermoso solo por servicio de agua corriente	61	\$/bimestre x conex (marzo 2013)	El cobro de Monte Hermoso es en función de la valuación de la propiedad (no poseen medidores domiciliarios).	
I.19	Costo del m ³ de agua osmotizada envasada	152,90	\$/m ³	Cálculo propio que incluye: gastos energéticos, insumos, mano de obra, mantenimiento y amortización de la inversión. Valores al 01/03/13.	
I.20	Precio del m ³ de agua envasada en mercado local	1500	\$/m ³	Precio del bidón de 12 l en el mercado: \$18 (Dato de Monte Hermoso, al 01/03/13).	

Nombre del Indicador		Resultado (año 2013)	Unidad	Observaciones – referencias
I.21	Relación Precio agua envasada mercado local / Costo agua osmotizada envasada	9,81	-	$I.21 = I.20/I.19 = 1500 \$/m^3 / 152,90 \$/m^3$ Esto implica que la provisión de agua potable envasada suministrada por el Municipio sería 10 veces más barata que la misma comprada en el mercado local. Incluso si se adicionara una ganancia de 30%, el costo de agua en el mercado sería 8 veces superior a la suministrada por el Municipio
I.22	Incremento de la tarifa mínima con provisión de agua corriente + agua potable envasada	120	%	Esto indica que la tarifa mínima actual solo por servicio de agua corriente de 61 \$/bimestre x conexión (I.18) pasaría a costar 134,39 \$/bimestre x conexión, por la adición del servicio de agua potable envasada solo para ingesta. Ver pág. 129.
I.23	Costo anual del sistema	748.510	\$/año	Ídem I.19

XIII. ALTERNATIVAS DE GESTIÓN QUE MINIMICEN/ MITIGUEN IMPACTOS EN EL AMBIENTE

XIII. ALTERNATIVAS DE GESTIÓN QUE MINIMICEN/ MITIGUEN IMPACTOS EN EL AMBIENTE

Luego de analizar los impactos ambientales que podrían aparecer en las distintas etapas del proyecto y de haber cuantificado algunos de ellos a través de los indicadores propuestos, se ofrecen a continuación las medidas minimizadoras o mitigadoras de los impactos negativos, incorporando a su vez, una ponderación del nivel de cada impacto. El nivel de los impactos surge de la descripción realizada en el Capítulo XI.

Tabla N° 43 Cuadro resumen impactos y alternativas de mitigación etapa de construcción

Acciones impactantes	Impacto	Tipo	Nivel	Mitigación
Movimiento de tierras	Contaminación atmosférica por emisión de material particulado	Negativo	Bajo	Minimizar actividades de excavación y relleno, cuando se pueda. Regar el terreno luego de realizar las actividades diarias
Tráfico de vehículos, utilización de maquinas	Contaminación atmosférica por emisión de GEI	Negativo	Bajo	Utilizar tecnologías limpias
	Contaminación sonora por ruidos de vehículos	Negativo	Medio	No realizar actividades de construcción en horario de descanso de la población
	Accidentes laborales	Negativo	Bajo	Dar cumplimiento a la legislación vigente sobre higiene y seguridad laboral
Requerimiento de mano de obra actividades de construcción	Generación de puestos de trabajo	Positivo	Bajo	-

Tabla N° 44 Cuadro resumen impactos y alternativas de mitigación etapa de operación

Acciones impactantes	Impacto	Tipo	Nivel	Mitigación
Radicación de la planta	Visual y por el uso de la tierra	Negativo	Bajo	Ubicar en área industrial
Disposición del agua de rechazo OI	Aumento de contenido de As y F en cuerpo receptor	Negativo	Bajo	Descarga a red colectora cloacal pues el rechazo, en función de la conversión enunciada, cumple con los máximos admisibles para dicho cuerpo receptor. Si se opta por descargar a suelo absorbente se deberá recurrir a un tratamiento y/o dilución previa para lograr los parámetros de vuelco a la descarga
Disposición otros vertidos OI (Ej. reactivos limpieza de membranas)	Aumento del contenido de anti-incrustantes, cambios de pH, otros en cuerpo receptor	Negativo	Bajo	Previo análisis de los parámetros correspondientes, ídem anterior
Disposición de agua de lavado envases	Aumento del contenido de detergentes en cuerpo receptor	Negativo	Bajo	Previo análisis de los parámetros correspondientes, ídem anterior
Operación de bombas y equipos	Contaminación sonora por ruidos de vehículos	Negativo	Bajo	Utilizar equipamiento con bajo nivel de ruido. Instalar equipos en recintos cerrados, con aislamiento especial adicional al muro
Consumo energético (OI, desinfección y envasado)	Compromiso del servicio eléctrico de la población ¹	Negativo	Bajo	Producir en horarios no pico de consumo energético (de 23 a 18 hs.)
	Contaminación atmosférica por emisión de GEI	Negativo	Bajo	Utilizar de tecnologías limpias para producción de energía de la planta de OI
Descarte de bidones	Aumento del volumen de residuos sólidos en la	Negativo	Medio	Comprar bidones. Reutilizar y/o reciclar
Descarte de tapas		Negativo	Medio	Reciclar. Enviar a instituciones para acopio y gestión

Acciones impactantes	Impacto	Tipo	Nivel	Mitigación
Descarte de membranas	disposición final ²	Negativo	Bajo	Recuperar y reutilizar (a través del proveedor de membranas)
Descarte de cartuchos de filtros		Negativo	Bajo	Reciclar
Transporte para distribución de envases	Contaminación atmosférica por emisión de GEI	Negativo	Bajo	Utilizar tecnologías limpias de producción de energía
	Contaminación sonora por ruidos de vehículos	Negativo	Medio	-
	Accidentes laborales	Negativo	Bajo	Cumplir la legislación vigente sobre higiene y seguridad laboral
	Movilización población para retirar los envases	Negativo	Medio	Crear pymes para la distribución
	Creación de pymes y/o cooperativas	Positivo	Medio	-
Aumento de tarifas	Económico sobre el poder adquisitivo de la población.	Negativo	Alto	Informar a la población de los beneficios que se le están brindando. Comparar los costos de los mismos volúmenes de agua potable envasada comprada en el mercado local.
Provisión de agua potable	Mejoramiento de la calidad de vida.	Positivo	Alto	-

¹ Durante el transcurso del trabajo se amplió la capacidad energética de la localidad.

² Actualmente en basural. A futuro previsto planta de tratamiento de reciclado y/o relleno sanitario anexo. Se recomienda dar cumplimiento a Ley Provincia de Buenos Aires N° 13.592/06 de Gestión integral de los residuos sólidos urbanos.

Tabla N° 45 Cuadro resumen impactos y alternativas de mitigación etapa de cierre con desmantelamiento

Acciones impactantes	Impacto	Tipo	Nivel	Mitigación
Tráfico de vehículos, utilización de maquinas	Contaminación sonora por ruidos de vehículos	Negativo	Bajo	Limitar la actividad al horario laboral
Descarte de membranas, filtros cartucho y otros materiales	Aumento del volumen de residuos sólidos en la disposición final	Negativo	Bajo	Reutilizar, reciclar o compactar
Descarte de envases en circulación y remanentes	Aumento del volumen de residuos sólidos en la disposición final	Negativo	Medio	Compactar bidones. Reutilizar y/o reciclar
Descarte de reactivos	Contaminación de suelos y agua	Negativo	Medio	Retirarlos de la planta y/o darle un adecuado tratamiento de aislación

Tabla N° 46 Cuadro resumen impactos y alternativas de mitigación etapa de cierre sin desmantelamiento

Acciones impactantes	Impacto	Tipo	Nivel	Mitigación
Abandono de instalaciones	Visual	Negativo	Bajo	-
	Proliferación de vectores	Negativo	Bajo	Aplicar de tareas de desinfección y eliminación de vectores
	Desmantelamiento clandestino. Robos	Negativo	Bajo	Aplicar de condiciones de seguridad
Descarte de envases en circulación y remanentes	Aumento del volumen de residuos sólidos en la disposición final	Negativo	Medio	Compactar bidones. Reutilizar y/o reciclar
Descarte de reactivos	Contaminación de suelos y agua	Negativo	Medio	Retirarlos de la planta y/o darle un adecuado tratamiento de aislación

XIV. OTRAS EXTERNALIDADES AMBIENTALES DEL PROYECTO

XIV. OTRAS EXTERNALIDADES AMBIENTALES DEL PROYECTO

Como se observó en el marco teórico (Pág. 28), las externalidades surgen cuando las actividades sociales o económicas de un grupo de personas tiene un impacto en otro grupo y cuando ese impacto no es plenamente considerado o compensado por el primer grupo.

El objeto de esta tesis fue, además de identificar los impactos ambientales de la provisión de agua potable envasada tratada mediante OI (descritos en el Capítulo XI), realizar la descripción de algunas de las externalidades ambientales (positivas y negativas) asociadas a un proyecto de este tipo, permitiendo visualizar o poner en relieve aspectos que en general no son contemplados en una evaluación de impactos ambientales.

Siguiendo este criterio, y tomando como partida las tablas del Capítulo XIII de Alternativas de gestión para mitigación de impactos ambientales, se ofrece a continuación una descripción cualitativa de las externalidades asociadas a las acciones impactantes, de acuerdo al período en que ocurren (etapas de construcción, operación y cierre). Se estimará en cada caso una valoración de dichas externalidades, y cuando no sea posible se sugerirá la utilización de métodos o aproximaciones de valoración que abran futuras líneas de investigación.

Cabe destacar que las externalidades que se describen son las que ocurrirían si la acción y su correspondiente impacto se produjeran y no fueran mitigados. Luego, a final de cada apartado, se agregan algunas externalidades que se darían en el caso de que se tomaran las medidas minimizadoras/mitigadoras de impactos ambientales descriptas en el Capítulo XII.

XIV.1. Externalidades ambientales en etapa de construcción

Como puede observarse en Tabla N° 47, una de las externalidades ambientales que se detecta en la etapa de construcción es la de la sensibilidad de la población, tanto por la emisión de material particulado por el movimiento de tierras como por la generación de ruidos por el tráfico de vehículos y por la utilización de maquinarias. Se considera que esta externalidad no será relevante ya que solamente se deberá construir un recinto donde ubicar el equipamiento, sin que esto represente una molestia para la población circundante (la más cercana a 245 m).

Otra externalidad es el aumento en la cantidad de GEI emitidos a la atmósfera debido a la utilización de combustibles fósiles para movilizar vehículos y maquinas. Una cuantificación

económica de dicha externalidad podría hacerse a partir de mercado de Bonos de Carbono¹⁷, estimando el beneficio que se estaría dejando de percibir por estar emitiendo GEI.

Además se verifica la externalidad de aumento de costos en salud por accidentes en situación de trabajo, en el caso de que no se cumpla con la legislación de higiene y seguridad laboral.

Se observan las externalidades positivas a partir de la generación de puestos de trabajo, como son la creación de nuevas demandas para proveedores locales y la aparición de nuevos contribuyentes, aunque no se consideran relevantes en esta etapa ya que estarán acotadas puntualmente al periodo que demande la construcción de las obras.

Tabla N° 47 Externalidades ambientales en etapa de construcción

Acciones impactantes	Impacto	Tipo	Nivel	Mitigación	Externalidades
Movimiento de tierras	Contaminación atmosférica por emisión de material particulado	Negativo	Bajo	Minimizar actividades de excavación y relleno, cuando se pueda. Regar el terreno luego de realizar las actividades diarias	Sensibilidad de la población
Tráfico de vehículos, utilización de maquinas	Contaminación atmosférica por emisión de GEI	Negativo	Bajo	Utilizar tecnologías limpias	Aumento de la cantidad de GEI en la atmósfera
	Contaminación sonora por ruidos de vehículos	Negativo	Medio	No realizar actividades de construcción en horario de descanso de la población	Sensibilidad de la población
	Accidentes laborales	Negativo	Bajo	Dar cumplimiento a la legislación vigente sobre higiene y seguridad laboral	Aumento de costos en salud en caso de accidentes
Requerimiento de mano de obra actividades de construcción	Generación de puestos de trabajo	Positivo	Bajo	-	Nuevos contribuyentes y demandas para proveedores locales.

Por último se incluyen algunas externalidades que aparecerían en caso de que se mitigasen algunos de los impactos señalados:

- El impacto de emisión de GEI a la atmósfera puede mitigarse utilizando energías limpias, lo que supone un costo extra por su mayor valor de mercado. Podría medirse el beneficio de la reducción de CO₂e a partir del ya mencionado mercado de bonos de carbono.
- El impacto derivado de los riesgos laborales puede ser minimizado haciendo cumplir las normas sobre seguridad e higiene laboral, lo que supone un costo extra asociado o un ahorro por aplicar una medicina preventiva, según sea el grado de cumplimiento.

¹⁷ Los Bonos de Carbono son un sistema que “ofrece incentivos económicos para que empresas privadas contribuyan a la mejora de la calidad ambiental y se consiga regular la contaminación generada por sus procesos productivos, considerando el derecho a contaminar como un bien canjeable y con un precio establecido en el mercado. Las reducciones de emisiones de GEI se miden en toneladas de CO₂ equivalente, y se traducen en Certificados de Emisiones Reducidas (CER). Un CER equivale a una tonelada de CO₂ que se deja de emitir a la atmósfera, y puede ser vendido en el mercado de carbono” (<http://www.codigor.com.ar>)

XIV.2. Externalidades ambientales en etapa de operación

Algunas de las externalidades detectadas para esta etapa es la del costo de oportunidad por la ocupación de un terreno municipal, que podría destinarse a otros usos. Su valoración estaría dada por el precio que tenga el terreno en el mercado inmobiliario.

También se observa como externalidad el costo de recuperación del recurso hídrico superficial o subterráneo potencialmente afectado, para remediar el impacto de los efluentes de la planta (con contenidos de As, F, anti-incrustantes, detergentes, otros). Esta externalidad, de difícil cuantificación, podrá ser evitada si se hace un correcto tratamiento y/o disposición de los efluentes de la planta, recordando que esto es una exigencia legal.

La sensibilidad de la población también podría ser una externalidad, en este caso debido a la contaminación sonora por los ruidos generados por las bombas y equipos durante el proceso de tratamiento, lavado y llenado de envases, y por la distribución, dada la necesidad de movilización por parte de la población.

La utilización de energía, de manera indirecta, y la utilización de vehículos producen un aumento en la cantidad de GEI emitidos a la atmosfera. El cálculo de la magnitud de dicha externalidad podría hacerse a través del ya mencionado mercado de Bonos de Carbono.

La generación de residuos sólidos en la etapa operativa (bidones, tapas, membranas, filtros, etc.), con un aumento del volumen ocupado en el sitio de disposición final, generan un costo de transporte y de tratamiento. Como se mencionó anteriormente, la localidad de Monte Hermoso se encuentra trabajando en un proyecto que prevé el reciclado y la disposición en un relleno sanitario de los residuos. El costo de tratamiento surgiría de la tasa que cobre el municipio por la disposición final, al que debería agregársele el costo de transporte hasta el sitio de disposición final. Tomando como referencia la tasa por el uso del relleno sanitario de Bahía Blanca¹⁸, fijada en 144,90 \$/tonelada (o fracción), el costo por la disposición de residuos al finalizar el proyecto incluyendo los generados en las etapas de operación y de desmantelamiento (Tabla N° 48), sin considerar los gastos de transporte, sería el siguiente:

$$\text{Costo de disposicion} = 36.454 \text{ kg} \times \frac{1 \text{ t}}{1.000 \text{ kg}} \times 144,90 \frac{\$}{\text{t}} = \mathbf{5.282,18 \$}$$

¹⁸ Municipalidad de Bahía Blanca. Proyecto de Ordenanza Impositiva 2013. Art. 8 y 60. <http://www.bahiablanca.gov.ar/digesto/impositiva2013.pdf>

Tabla N° 48 Resumen de principales residuos para todo el período de proyecto

Residuos generados		Peso (kg)
Etapa de operación	Membranas	170
	Filtros	960
	Envases	19.860
Etapa de desmantelamiento		15.464
TOTAL		36.454

La provisión de agua potable con el consecuente aumento de la calidad de vida y una mejora en la salud de la población produce la externalidad de minimización de los costos en salud, no solo por los efectos físicos de la calidad del agua sobre el cuerpo humano, sino también por los psicológicos, por la confianza de la población en el consumo de agua potable. Existen diversas metodologías para cuantificar estas externalidades; podría hacerse una valoración con el Método de Costos evitados o inducidos, que estima el ahorro de gastos en salud (medicamentos, atención médica, etc.) por brindar un agua de mejor calidad. Otro método que podría aplicarse y que tal vez se ajusta más al caso de estudio, es el de Valoración Contingente, en el cual se trata de inferir a través de encuestas y entrevistas a la población, cuál sería la máxima disposición a pagar por disponer de agua de mejor calidad. Estas valoraciones no se realizaron en esta investigación por no contar con la disponibilidad económica para efectuar los relevamientos y debido a que la tesis estaba prácticamente finalizada cuando se tuvo acceso a esta información.

En esta etapa se repite la externalidad negativa del aumento de costos hospitalarios en caso de accidentes en situación de trabajo, que fue mencionada para la etapa de construcción.

En cuanto al impacto económico, un potencial aumento tarifario podría inducir a una merma en la cobrabilidad del servicio, con un posible rechazo de la población hacia las autoridades.

Por último, se señalan las externalidades positivas de desarrollo de recursos humanos, construcción de capacidades locales, creación de nuevas demandas para proveedores locales y de nuevos contribuyentes, que también se daban en la etapa constructiva, pero que en este caso serían sostenidas en el tiempo.

Tabla N° 49 Externalidades ambientales en etapa de operación

Acciones impactantes	Impacto	Tipo	Nivel	Mitigación	Externalidades
Radicación de la planta	Visual y por el uso de la tierra	Negativo	Bajo	Ubicar en área industrial	Costo de ocupar el espacio
Disposición del agua de rechazo OI	Aumento de contenido de As y F en cuerpo receptor	Negativo	Bajo	Descarga a red colectora cloacal pues el rechazo, en función de la conversión enunciada, cumple con los máximos admisibles para dicho cuerpo receptor. Si se opta por descargar a suelo absorbente se deberá recurrir a un tratamiento y/o dilución previa para lograr los parámetros de vuelco a la descarga	Costo posterior de recuperación del recurso hídrico superficial o subterráneo afectado (pasivo ambiental)
Disposición otros vertidos OI (Ej. reactivos limpieza de membranas)	Aumento del contenido de anti-incrustantes, cambios de pH, otros en cuerpo receptor	Negativo	Bajo	Previo análisis de los parámetros correspondientes, ídem anterior	Ídem
Disposición de agua de lavado envases	Aumento del contenido de detergentes en cuerpo receptor	Negativo	Bajo	Previo análisis de los parámetros correspondientes, ídem anterior	Ídem
Operación de bombas y equipos	Contaminación sonora por ruidos de vehículos	Negativo	Bajo	Utilizar equipamiento con bajo nivel de ruido. Instalar equipos en recintos cerrados, con aislamiento especial adicional al muro	Sensibilidad de la población
Consumo energético (OI, desinfección y envasado)	Compromiso del servicio eléctrico de la población ¹	Negativo	Bajo	Producir en horarios no pico de consumo energético (de 23 a 18 hs.)	No se las pudo reconocer
	Contaminación atmosférica por emisión de GEI	Negativo	Bajo	Utilizar de tecnologías limpias para producción de energía de la planta de OI	Aumento de la cantidad de GEI en la atmósfera
Descarte de bidones	Aumento del volumen de residuos sólidos en la disposición final ²	Negativo	Medio	Comprar bidones. Reutilizar y/o reciclar	Costo de transporte para su disposición final / costo de disposición
Descarte de tapas		Negativo	Medio	Reciclar. Enviar a instituciones para acopio y gestión	Ídem
Descarte de membranas		Negativo	Bajo	Recuperar y reutilizar (a través del proveedor de membranas)	Ídem
Descarte de cartuchos de filtros		Negativo	Bajo	Reciclar	Ídem
Transporte para distribución de envases	Contaminación atmosférica por emisión de GEI	Negativo	Bajo	Utilizar tecnologías limpias de producción de energía	Aumento de la cantidad de GEI en la atmósfera
	Contaminación sonora por ruidos de vehículos	Negativo	Medio	-	Sensibilidad de la población
	Accidentes laborales	Negativo	Bajo	Cumplir la legislación vigente sobre higiene y seguridad laboral	Aumento de costos en salud en caso de accidentes
	Movilización población para retirar los envases	Negativo	Medio	Crear pymes para la distribución	Sensibilidad de la población
	Creación de pymes y/o cooperativas	Positivo	Medio	-	Nuevos contribuyentes. Nuevas demandas para proveedores locales. Desarrollo de recursos humanos. Construcción de capacidades locales.

Acciones impactantes	Impacto	Tipo	Nivel	Mitigación	Externalidades
Aumento de tarifas	Económico sobre el poder adquisitivo de la población.	Negativo	Alto	Informar a la población de los beneficios que se le están brindando. Comparar los costos de los mismos volúmenes de agua potable envasada comprada en el mercado local.	Merma en el % de cobrabilidad del servicio. Rechazo de la población
Provisión de agua potable	Mejoramiento de la calidad de vida.	Positivo	Alto	-	Medicina preventiva para la salud de la población. Minimización de costos en salud. Tranquilidad psicológica de la población por consumir agua segura.

¹ Durante el transcurso del trabajo se amplió la capacidad energética de la localidad.

² Actualmente en basural. A futuro previsto planta de tratamiento de reciclado y/o relleno sanitario anexo. Se recomienda dar cumplimiento a Ley Provincia de Buenos Aires N° 13.592/06.

En esta etapa, en caso de tomarse medidas tendientes a mitigar los impactos, podrían ocurrir algunas de las siguientes externalidades por:

- Costo adicional por realizar un tratamiento al agua de rechazo y otros vertidos de la OI y del agua de lavado de envases.
- Costo del equipamiento con menor nivel de ruido y/o de aislación acústica.
- Costo extra de destinar personal a las tareas en horario nocturno (luego del horario pico, que va de las 18 a las 23 hs.), lo que va en contra de no trabajar en horas de descanso.
- Costo extra por utilizar energías limpias.
- Costos asociados a una medicina preventiva en materia de higiene y seguridad laboral.

XIV.3. Externalidades ambientales en etapa de cierre

En cuanto a las externalidades ambientales en la etapa de cierre debe diferenciarse de acuerdo a dos situaciones hipotéticas: con desmantelamiento (Tabla N° 50) y sin desmantelamiento de las instalaciones (Tabla N° 51).

En el caso de que se decida desmantelar las instalaciones, se tendrá como una externalidad el costo de transporte y por la disposición de los residuos desmantelados (membranas, filtros, etc.). El desmantelamiento generará además una sensibilidad en la población, producto del ruido por el movimiento de vehículos y la utilización de maquinarias.

Si se optara por no desmantelar, existirá también sensibilidad o malestar en la población, esta vez dada por el abandono de las instalaciones, que propicia la presencia de vectores, el desmantelamiento clandestino, entre otros.

Por último se mencionan dos externalidades que serán comunes a los escenarios con y sin desmantelamiento: el costo de transporte y de la disposición de los envases en circulación y remanentes, y el costo de recuperación del recurso hídrico superficial o subterráneo afectado por el descarte de reactivos.

Tabla N° 50 Externalidades ambientales en etapa de cierre con desmantelamiento

Acciones impactantes	Impacto	Tipo	Nivel	Mitigación	Externalidades
Tráfico de vehículos, utilización de maquinas	Contaminación sonora por ruidos de vehículos	Negativo	Bajo	Limitar la actividad al horario laboral	Sensibilidad de la población
Descarte de membranas, filtros cartucho y otros materiales	Aumento del volumen de residuos sólidos en la disposición final	Negativo	Bajo	Reutilizar, reciclar o compactar	Costo de transporte para su disposición final / costo de disposición
Descarte de envases en circulación y remanentes	Aumento del volumen de residuos sólidos en la disposición final	Negativo	Medio	Compactar bidones. Reutilizar y/o reciclar	Costo de transporte para su disposición final / costo de disposición
Descarte de reactivos	Contaminación de suelos y agua	Negativo	Medio	Retirarlos de la planta y/o darle un adecuado tratamiento de aislación	Costo posterior de recuperación del recurso hídrico superficial o subterráneo afectado

Tabla N° 51 Externalidades ambientales en etapa de cierre sin desmantelamiento

Acciones impactantes	Impacto	Tipo	Nivel	Mitigación	Externalidades
Abandono de instalaciones	Visual	Negativo	Bajo	-	Sensibilidad de la población
	Proliferación de vectores	Negativo	Bajo	Aplicar de tareas de desinfección y eliminación de vectores	Ídem
	Desmantelamiento clandestino. Robos	Negativo	Bajo	Aplicar de condiciones de seguridad	Ídem
Descarte de envases en circulación y remanentes	Aumento del volumen de residuos sólidos en la disposición final	Negativo	Medio	Compactar bidones. Reutilizar y/o reciclar	Costo de disposición final
Descarte de reactivos	Contaminación de suelos y agua	Negativo	Medio	Retirarlos de la planta y/o darle un adecuado tratamiento de aislación	Si no se trata o aísla, el costo posterior de recuperación del recurso hídrico superficial o subterráneo afectado

En la etapa de cierre, en caso de que se deseara mitigar el impacto de los reactivos de descarte, se tendrá como una externalidad adicional el costo de tratamiento y/o aislación de dichos reactivos.

XV. CONSIDERACIONES FINALES

XV. CONSIDERACIONES FINALES

La hipótesis de investigación planteaba que podía asegurarse agua potable para la ingesta a una localidad turística a costos ambientales accesibles, tratando el agua mediante un sistema de Osmosis Inversa (OI) y entregándola envasada. En la localidad turística se pueden diferenciar la población estable, que es la que reside en forma permanente, y la población turística, que lo hace por periodos no muy prolongados. Al resguardo de la legislación vigente (Decreto 878/03 de la Provincia de Buenos Aires), que permite la ingesta de agua corriente por períodos limitados, se consideró inicialmente investigar si era factible asegurar al menos el abastecimiento de agua potable a la población estable a costos accesibles, considerando impactos y externalidades ambientales.

Como el tratamiento por OI, lavado y envasado del agua puede realizarse en forma modular, se consideró que los impactos y costos equivalentes para el abastecimiento a la población de la temporada estival posteriormente podrían estimarse como unas 11 veces los generados por el abastecimiento a la población estable, siempre manteniendo el sistema actual de distribución de agua corriente por red para otros usos (higiene personal, limpieza, riego, entre otros). Quedan pendientes de evaluación otros posibles tipos de tratamiento y/o distribución.

De la descripción del área, de los requerimientos del sistema de OI, de sus impactos y de la distribución del agua envasada, surgieron los indicadores para cuantificar impactos ambientales y realizar un seguimiento del sistema.

Luego de realizar la descripción de los impactos ambientales por la provisión de agua potable envasada tratada mediante OI a la población estable, se destaca como impacto positivo más significativo el mejoramiento de la calidad de vida y de la salud de la población. Este impacto, que es el disparador de un proyecto de provisión de agua potable, actúa además como una medicina preventiva, ahorrando costos en salud a futuro.

En contrapartida, por el tipo de distribución en bidones, la necesidad de movilización de la población será uno de los impactos negativos más importantes, ya que provocará una molestia en los usuarios, un aumento en el tráfico y un incremento en las emisiones asociadas a la utilización de combustibles fósiles. Como se observó a lo largo del trabajo, el impacto por la molestia que genera la necesidad de movilización podría ser mitigado a partir de la creación de pymes y/o cooperativas para realizar las tareas de retiro y entrega de bidones a los

usuarios, generando puestos de trabajo, desarrollando capacidades y realizando un estímulo a la economía local, reconvirtiéndose en un impacto positivo.

Otro impacto que se destaca es la generación de residuos sólidos, asociados a la distribución envasada (bidones, tapas) y al tratamiento del agua (descarte de membranas, filtros). Estos impactos se darán tanto en la etapa de operación y mantenimiento como en la de cierre.

Existen impactos típicos relacionados con el tratamiento por OI: la disposición del agua de rechazo y otros vertidos se considera como un impacto de nivel bajo, aunque debe tenerse en cuenta que, si bien los parámetros estimados de calidad de efluentes cumplirían con los establecidos por la legislación para vuelco en colectora cloacal, un cambio en la calidad del agua que ingresa al proceso de OI podría hacer necesario un tratamiento de dichos efluentes, influyendo esto en los costos calculados.

El impacto por la utilización de energía eléctrica para el proceso es, en este caso, de poca relevancia. Al estimar el consumo energético, se obtuvo que el mismo representa sólo un 0,10% del consumo total de la población de Monte Hermoso. Además, se sugiere la opción de producir en horarios fuera de pico como alternativa de aliviar el sistema eléctrico de la localidad y, a su vez, bajar los costos en energía del proyecto.

Para evaluar el impacto indirecto asociado a la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) se incluyó el concepto de Huella de Carbono. Mediante este indicador se observó que se emitirían a la atmósfera 1,34 kg CO₂e por habitante por año. Si bien para su cálculo se consideró solamente las emisiones indirectas (asociadas a la producción de energía para el proceso), el mismo es poco significativo comparado con los 5170 kg de CO₂ que genera un habitante argentino promedio por año.

Otros impactos característicos de este tipo de tratamientos, como son el visual y la generación de ruidos, se ven reducidos por la localización de las instalaciones, que se encuentra a 245 m de las construcciones más cercanas y en un área que actualmente ya se destina a tareas relacionadas con la provisión del agua corriente de la localidad.

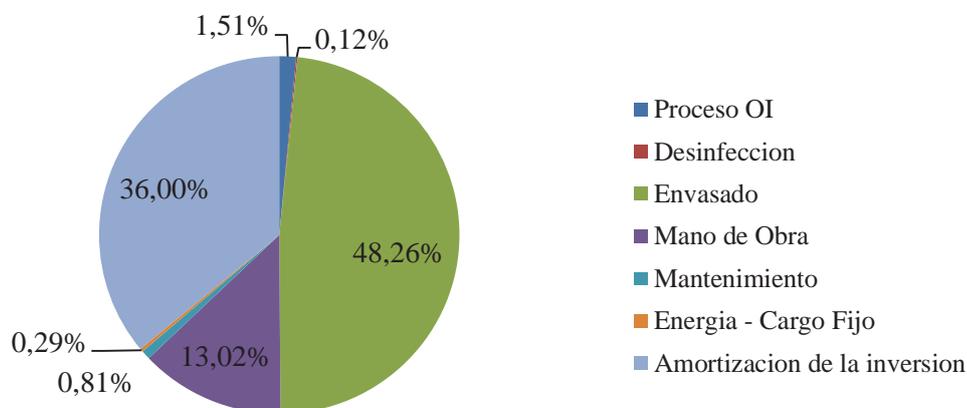
Del análisis económico, en el que se consideró la provisión de agua potable solamente para la población estable, se obtuvo que el costo de tratamiento por m³ de agua envasada incrementaría un 120 % la tarifa actual que cobra el Municipio por el servicio de agua corriente. Esto indica que sería dificultoso para el Municipio afrontar las inversiones requeridas y/o para los usuarios, en caso de que se optara por financiarlas mediante un

aumento tarifario. Considerando que en el periodo estival la población turística se estima 11 veces la población estable, la inversión y los costos de proveer a la población turística resultarían aún más difíciles de afrontar. Debe tenerse especial cuidado en las decisiones a adoptar, ya que una mala gestión respecto al cuadro tarifario puede poner en riesgo la sustentabilidad del proyecto. Esto se destaca en el Decreto 878/03 de la Provincia de Buenos Aires, que expresa que un servicio es sustentable cuando se logra equilibrar la oferta y demanda del mismo y la tarifa es el principal elemento a tener en cuenta, en atención a la capacidad de pago de los usuarios.

Por otra parte, si se tiene en cuenta que el precio del m³ de agua envasada en bidones en el mercado local es de \$1500, el costo calculado para el municipio en las mismas condiciones de 152,90 \$/m³, aparece como competitivo.

Del análisis económico también surge que el envasado representa el 48,26 % de los costos, seguido por la cuota de amortización de la inversión con 36 % y por la mano de obra con 13,02 % (Gráfico N° 12). Los costos de envasado, a pesar de no incluir costos de logística (Ej. gastos de retiro y distribución de bidones a la población) encarecen notablemente el servicio.

Gráfico N° 12 Costos y gastos operativos año 2013



En cuanto a la inversión necesaria para iniciar el proyecto, se pudo comprobar que la misma representaría un 1,47% del presupuesto anual total de la localidad de Monte Hermoso (\$1.140.063 / \$77.736.962¹⁹).

Además de realizar la identificación de impactos ambientales y de cuantificarlos mediante indicadores, se propusieron algunas medidas de gestión para su mitigación. Luego se efectuó

¹⁹ Presupuesto 2013 - Municipalidad de Monte Hermoso, Secretaría de Economía y Finanzas.

una descripción de externalidades ambientales, en las cuales se incluyó a los efectos indirectos que resultaran en pérdidas de bienestar no compensadas y/o contempladas, permitiendo visualizar aspectos que en general no se incluyen en una evaluación de impactos ambientales. Como externalidades principales se destacan: la minimización de costos en salud por la entrega de una agua de mejor calidad; la merma en la cobrabilidad del servicio de agua y el rechazo de la población, en caso de que se decida realizar un aumento tarifario; el costo de transporte y disposición final de residuos sólidos; el costo de recuperación del recurso hídrico en caso de que no se haga una correcta disposición y/o tratamiento de los efluentes y de los reactivos en la etapa de cierre; la generación de nuevos contribuyentes y demandas para proveedores locales por la generación de nuevos puestos de trabajo; la sensibilidad de la población producto de las actividades de construcción, la necesidad de movilización para retiro de envases y por contaminación sonora; entre otros.

La Figura N° 24 (en pág. 159) incluye los impactos principales en la etapa de operación y mantenimiento, acompañado de posibles alternativas de gestión para su mitigación y de externalidades ambientales asociadas. En el apartado correspondiente se evaluaron los impactos y externalidades de las 3 etapas: construcción, operación y mantenimiento, y cierre.

Durante el periodo de ejecución del estudio (2012-2013), una de las principales limitaciones estuvo dada por la dificultad para estimar las inversiones iniciales y amortizaciones, así como los costos de operación del servicio, debido a la creciente inestabilidad de precios en el marco de una tasa de inflación ascendente.

Además, se sumó la dificultad para asegurar el acceso a algunos insumos importados, debido a las restricciones impuestas por el gobierno para realizar compras en el exterior, requiriéndose de la autorización para importar y de la obtención del permiso para la compra de divisas. Estas contingencias representan factores de riesgo que deben considerarse, si se evalúa la concreción del proyecto.

Por este motivo, se optó por presentar las cotizaciones a precios del momento de la consulta y reexpresar su valor al tipo de cambio oficial. Para insumos importados su cotización se expresó en dólares al tipo de cambio oficial, asumiendo que en caso de llevarse a cabo el proyecto, no habría inconvenientes para acceder al mercado oficial de cambios ni para gestionar las autorizaciones para la importación de equipamiento.

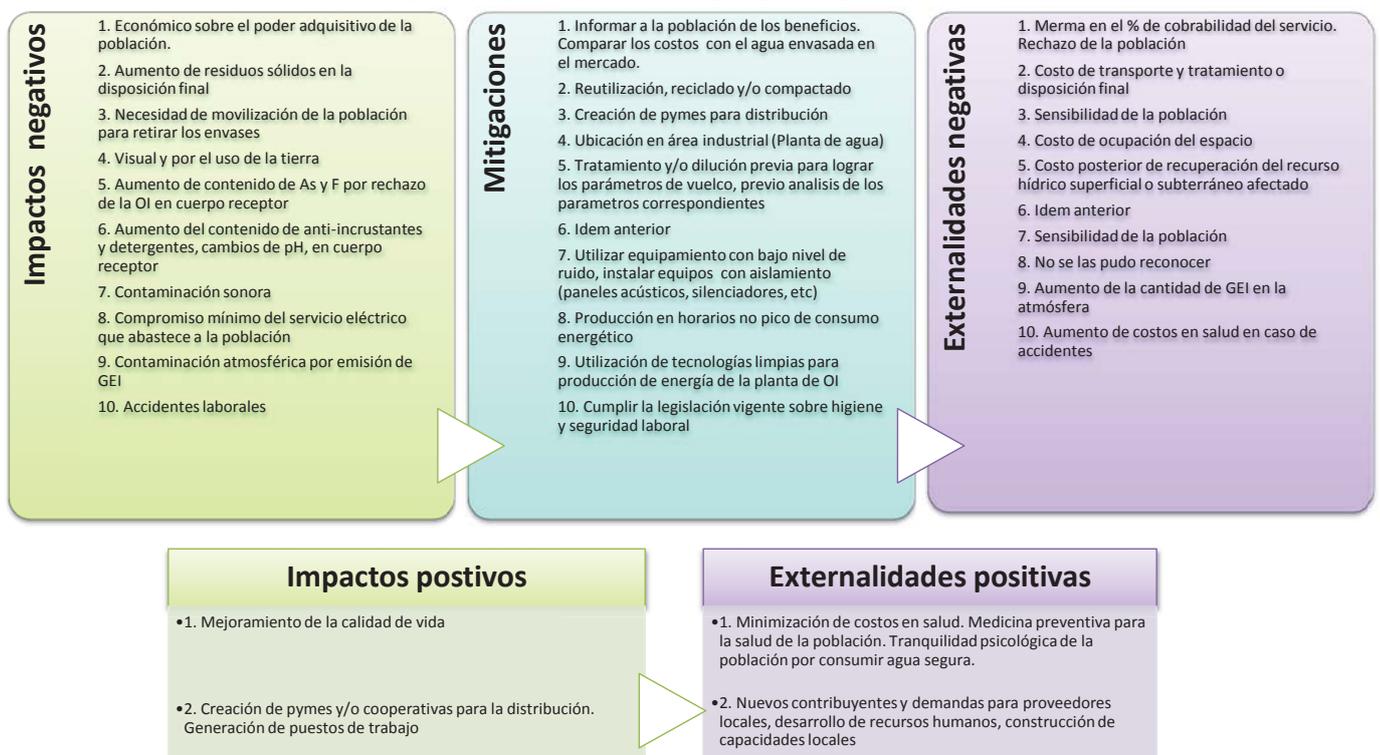
Otro aspecto a considerar, que surge a partir de la construcción de los indicadores, es que se debería realizar una corrida completa de análisis microbiológicos y físico-químicos al agua que ingresaría a la planta de OI. Esto serviría tanto al momento del diseño del proceso de OI, como para el ajuste en detalle en la etapa de funcionamiento. Además, el análisis completo de la calidad del agua permitiría una caracterización de los efluentes (agua de rechazo, agua de lavado) para alcanzar una mejor gestión conforme a la legislación vigente.

Antes de considerar un emprendimiento de este tipo, el Municipio debería realizar un análisis del agua para determinar el estado de oxidación del Arsénico, así como si el mismo es orgánico o inorgánico, debido a que los análisis que hace regularmente el organismo de control miden contenido total, sin distinguir su especiación. Se recuerda que la toxicidad del As^{+3} inorgánico es 10 veces mayor que la del As^{+5} inorgánico.

Durante el desarrollo de la tesis se modificó el Código Alimentario Argentino, prorrogando el plazo de cinco (5) años previsto en los artículos 982 y 983 del mismo, para alcanzar el valor de 0,01 mg/l de arsénico en los términos previstos en dichos artículos, hasta contar con los resultados del estudio sobre Hidroarsenicismo y Saneamiento Básico en la República Argentina, estudios básicos para el establecimiento de criterios y prioridades sanitarias en cobertura y calidad de aguas, cuyos términos fueron elaborados por la Subsecretaría de Recursos Hídricos del Ministerio de Planificación Federal (Boletín Oficial de la República Argentina, 02/03/2012).

Dado que la ley permite el consumo de agua corriente por períodos limitados, que los costos de la aplicación de un sistema de OI son elevados y que no se cuenta con los resultados de los estudios mencionados precedentemente, tal vez sería oportuno evaluar otro tipo de tratamientos más accesibles para eliminar Flúor solamente (Ej. adsorción con hueso molido), hasta tanto haya una definición en la legislación vigente respecto al Arsénico. Igualmente la tendencia a nivel mundial (OMS, EPA, UE) es a hacer cada vez más exigentes los estándares de calidad de agua, por lo que es esperable que el límite para el Arsénico se reduzca a 0,01 mg/l en el futuro.

Figura N° 24 Impactos, mitigaciones y externalidades principales en operación y mantenimiento



XVI. BIBLIOGRAFIA

XVI. BIBLIOGRAFIA

- Afgan N.; Darwish M.; Carvalho M. (1999). "Sustainability assessment of desalination plants for water production". *Desalination*, N° 124. Pág. 22.
- Bertoni D. (2009). "Vulnerabilidades en la gestión del servicio de agua potable y/o corriente de Coronel Dorrego". Tesis de grado de la carrera Licenciatura en Gestión Ambiental. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Tandil, Argentina. Págs. 38-46, 79.
- Bukoski M. (2008). "Vulnerabilidades en la Gestión del Servicio de Agua Potable de la localidad de Oriente". Tesis de grado de la carrera de Licenciatura en Gestión Ambiental. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Tandil, Argentina. Págs. 39-49.
- CapNet. (2008). "Aspectos económicos en la gestión sostenible del agua: Manual de capacitación y Guía para moderadores". Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Págs. 4, 10-11.
- Caruso M.; Cifuentes O.; Vaquero M. (2010). "Impacto del turismo sobre los servicios de agua corriente y desagües domiciliarios. Estudio de caso: Monte Hermoso, Provincia de Buenos Aires". Congreso Latinoamericano de Investigación Turística. Montevideo, Uruguay. ISBN 978-9974-98-057-0. Publicación 70. Págs. 3, 10-19.
- Castro de Esparza M. (2006). "Presencia de arsénico en el agua de bebida en América Latina y su efecto en la salud pública". International Congress México City. Natural Arsenic in Groundwaters of Latin America. CEPIS. Págs. 3-4.
- Cifuentes, O. (2000). "Vulnerabilidad en la gestión del servicio de agua potable para la ciudad de Bahía Blanca (En el proceso de transformación del Estado)". Tesis de Maestría en Gestión Ambiental del Desarrollo Urbano (GADU). Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina. Pág. 18.
- Cifuentes, O. (2006). Apuntes Cátedra de Ingeniería Sanitaria, Capítulo N° 1 "Enfermedades de origen hídrico". Págs. 4-6; Capítulo N° 4 "Estudios para un proyecto de abastecimiento de agua". Págs. 16-17. Carrera de Ingeniería. Civil, UTN- FRBB.
- Comisión Europea. (2003). "External Costs. Research results on socio-environmental damages due to electricity and transport" Pág. 5. Disponible en: http://europa.eu.int/comm/research/rtdinfo_en.html
- Comisión Nacional de Energía Atómica – CNEA. (2012). "Síntesis del mercado eléctrico mayorista (MEM)". Agosto 2012. Pág. 4.
- Delacámara G. (2008). "Guía para decisores. Análisis económico de externalidades ambientales". CEPAL. Colección Documentos de proyectos. Págs. 12-14.
- Di Martino C. (2012). "Memoria Técnica N° 1: Sustentabilidad del recurso hídrico subterráneo de la ciudad de Monte Hermoso, Provincia de Buenos Aires, República Argentina". FUNDATEC, Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Bahía Blanca, Argentina. Págs. 16-18.
- Einav R.; Harussi K.; Perry D. (2003). "The footprint of the desalination processes on the environment". *Desalination* N° 152. ISSN 0011-9164. Págs 143-152.

- Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento – ENOHSa. (2003). “Guía para la presentación de proyectos de agua potable: Fundamentación. Capítulo II, Págs. 14-15, 19, 29 (Estudios preliminares para el diseño de las obras); Capítulo VII, sección 1, Págs. 1, 2, 5 (Selección del sistema de tratamiento); Capítulo VIII, sección 5, Pág. 24 (Remoción de flúor) y sección 6, Pág. 29 (Remoción de Arsénico); Capítulo VIII, sección 7, Págs. 4, 5, 6, 13, 19, 20 (Utilización de membranas y alternativas para la desalinización); Capítulo IX, Pág. 11 (Tratamientos y disposición de residuos de plantas de potabilización y reuso de agua). Argentina.
- EPA, Office of Water. (2000). “Technologies and Costs for Removal of Arsenic from Drinking Water”. EPA 815-R-00-028. Págs. 174-180.
- Espinoza G. (2001) “Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental”. Banco Interamericano de Desarrollo (BID) - Centro de Estudios para el Desarrollo (CED), Chile.
- FAO. (2013). “Necesidades nutricionales del ser humano”. Folleto. Pág. 63. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/014/am401s/am401s03.pdf>
- Fariñas M. (2003). “Desalinización de aguas marinas y salobres”. Curso Experto universitario en diseño y cálculo de infraestructuras hidráulicas municipales. Universidad Internacional de Andalucía, Sevilla, España.
- Fariñas M. (2005). “El coste del agua producida por las grandes desaladoras de agua de mar en España” Ingeniería y territorio. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. N° 72. Tercera época. Págs. 62 a 67. Disponible en: http://www.ciccp.es/revistaIT/portada/img_portada/issue_265/pdf/IT72.pdf
- Foster S., Hirata R., Gomes D., D'Elia M., Paris M. (2002). “Protección de la Calidad del Agua Subterránea. Guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales”. Groundwater Management Advisory Team (GW.MATE). Banco Mundial. Pág. 18.
- Fritzmann C., Löwenberg J., Wintgens T., Melin T. (2007). “State-of-the-art of reverse osmosis desalination”. Desalination N° 216, ISSN 0011-9164. Págs. 39, 48 y 61.
- Gallopin G. (2003). “Una síntesis sistémica de las relaciones entre vulnerabilidad, Amenaza, exposición e impacto, dirigida a la identificación de Políticas”. Págs. 2 a 5 en “Manual para la evaluación del impacto socioeconómico y ambiental de los Desastres” Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Global Water Partnership (GWP) - Asociación Mundial del Agua. (2005). “Estimulando el cambio: Un manual para el desarrollo de estrategias de gestión integrada de recursos hídricos (GIRH) y de optimización del agua”. Pág. 8. Disponible en: http://www.unwater.org/v2_08/downloads/Catalyzing_change_Spanish.pdf
- Huamantínco Cisneros M., Piccolo M. (2010). “Índices de confort aplicados al balneario de Monte Hermoso, Argentina”. Instituto de Geografía, Universidad de Alicante. Investigaciones Geográficas N° 52, ISSN: 0213-4691. Pág. 204.
- INA – CELA. (2013). “Economía aplicada a la Gestión Integrada de Recursos Hídricos”. Material soporte de Curso de Posgrado “Valoración Económica De Los Recursos Naturales Con Énfasis En Los Recursos Hídricos”. Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata. Págs. 8, 11-20.

- Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC. (2007). “Summary for Policymakers”. En *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment. Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA. Pág. 3.
- Latorre M. (2004). “Costes económicos y medioambientales de la desalación de agua de mar”. IV Congreso Ibérico de Gestión y Planificación del Agua. Tortosa, España. Págs. 6-15.
- Lee K.P.; Arnot T.C.; Mattia D. (2011). “A review of reverse osmosis membrane materials for desalination - Development to date and future potential”. *Journal of Membrane Science* N° 370. Págs. 2-3.
- Muñoz I.; Rodríguez Fernández-Alba A. (2008). “Reducing the environmental impacts of reverse osmosis desalination by using brackish groundwater resources”. *Water Research* N° 42. Pág. 803.
- Organización de Naciones Unidas – ONU. (1987). “Informe Nuestro futuro en común - El informe Brundtland”. Pág. 23. Disponible en: <http://www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/42/427>
- Organización Mundial de la Salud. (2006). “Guías para la calidad del agua potable: primer apéndice a la tercera edición”. Volumen 1. Recomendaciones”. Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf
- Organización Mundial de la Salud. (2011a). “Guidelines for drinking-water quality, 4th ed”. Disponible en: http://whqlibdoc.who.int/publications/2011/9789241548151_eng.pdf
- Organización Mundial de la Salud. (2011b). “Safe Drinking-water from Desalination”. Disponible en: http://whqlibdoc.who.int/hq/2011/WHO_HSE_WSH_11.03_eng.pdf
- Pires A. (2007). “Indicadores de Sostenibilidad para la Gestión Integral del Agua a nivel de Cuenca”. Workshop Internacional: Gestión sostenible del agua: nuevas tendencias de reutilización, tratamiento y evaluación de la calidad. Cátedra UNESCO de Sostenibilidad. Universidad Politécnica de Cataluña, España. Pág. 8.
- Quiroga Martínez R. (2009). “Guía metodológica para desarrollar indicadores ambientales y de desarrollo sostenible”. CEPAL - Serie Manuales No 61. Santiago de Chile. Anexo 1. Hoja Metodológica con descripción de campos. Pág. 104.
- Sartor, A. (2000). “Generación de Residuos y Sustentabilidad del Sistema Urbano. Las ciudades Intermedias ante Nuevos Desafíos de Gestión. Caso Bahía Blanca”. Tesis de Maestría en GADU, Universidad Nacional del Comahue y Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina.
- Schneider H., Samaniego J. (2009) “La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios”. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Colección Documentos de proyectos. Págs. 17 y 18.
- Secretaría de Energía de la Nación. (2010). “Informe Estadístico del Sector Eléctrico 2010”. Disponible en: <http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3250>

- Shrestha E., Ahmad S., Johnson W., Shrestha P., Batista J. (2011). “Carbon footprint of water conveyance versus desalination as alternatives to expand water supply”. *Desalination* N° 280. Págs. 33 y 38.
- Vaquero M., Pascale, J., Ercolani P. (2004). “Comunidad-Municipio-Universidad. Propuesta de desarrollo turístico. Estudio de caso: Municipio de Monte Hermoso”. Centro de Investigaciones Turísticas. Facultad de Ciencias Económicas y Sociales, Universidad Nacional de Mar del Plata. Págs. 77-80.

XVII. PAGINAS WEB CONSULTADAS

- COHIFE. Principios rectores de la política hídrica federal. Consultado el 15/05/2012. En: <http://www.cohife.org.ar/cohife-principios1.html#1>
- EPA. Consultas sobre mejores tecnologías disponibles para remoción de As y F. Consultada el 26/09/2012. En: <http://ofmpub.epa.gov/tdb/pages/general/home.do>
- OPDS. Marco Regulatorio de medio ambiente en la Provincia de Buenos Aires. Consultado durante 2012 y 2013. En: <http://www.opds.gba.gov.ar/index.php/leyes/resumen>
- Orbital Ingeniería. Proveedor equipos de ósmosis inversa. Información técnica de equipos de ósmosis inversa. En: <http://orbitalingenieria.com.ar/>
- Unitek S.A. Proveedor equipos de ósmosis inversa. Informe técnico de ósmosis inversa. Consultada el 18/07/2012. En: [http://www.unitek.com.ar/productos-osmosis-inversa.php?id lib tecnica=3](http://www.unitek.com.ar/productos-osmosis-inversa.php?id_lib_tecnica=3)

XVIII. ANEXOS

XVIII. ANEXOS

- XVIII.1. Hoja metodológica de indicadores.
- XVIII.2. Proyección de la población de Monte Hermoso: 2013-2022.
- XVIII.3. Diario La Nueva Provincia, 03/07/12: “Más energía para Monte Hermoso: Comenzó la puesta a punto de la nueva subestación”.
- XVIII.4. Parámetros de vuelco efluentes industriales Anexo II, Resolución 336/2003, Provincia de Buenos Aires.
- XVIII.5. Parámetros de calidad de agua potable y envasada.
- XVIII.6. CAA, Capítulo XII, Art. 982 y 983.
- XVIII.7. Inversiones y costos.
- XVIII.8. Presupuestos y especificación de planta de OI. Ingeniería Romin.
- XVIII.9. Presupuesto planta OI, equipo de desinfección y envasado. Quaglia.
- XVIII.10. Especificaciones planta OI, Quaglia Tratamiento de Agua.
- XVIII.11. Especificaciones equipo de desinfección, Quaglia Tratamiento de Agua.
- XVIII.12. Especificaciones equipo envasado, Quaglia Tratamiento de Agua.
- XVIII.13. Entrevista Bahía Blanca Plaza Shopping.
- XVIII.14. Entrevista a Nalco: Mantenimiento planta OI Bahía Blanca Plaza Shopping.
- XVIII.15. Entrevista en planta de OI y envasado de Coronel Dorrego.
- XVIII.16. Entrevista Cimes: Proveedor de agua potable envasada.
- XVIII.17. Entrevista Municipalidad de Monte Hermoso.
- XVIII.18. Plano red de agua corriente Monte Hermoso, 2012²⁰.
- XVIII.19. Plano red cloacal de Monte Hermoso, 2012²¹.
- XVIII.20. Diario La Nueva Provincia, 07/05/12 “Monte Hermoso invertirá 4 millones en el reciclado”.

²⁰ Gentileza Martín Gallardo Jefe del Departamento de Administración de Servicios Sanitarios, Municipalidad de Monte Hermoso.

²¹ Op. Cit. Ref. 20.

[para bajar los ANEXOS](#)

Tesis de Maestría en Ingeniería Ambiental

Externalidades ambientales en la aplicación de Ósmosis Inversa para potabilización de agua sólo para la ingesta. Análisis de caso

Autor: Lic. Emanuel Cabezas

Director: Mg. Ing. Olga Cifuentes

Co-director: Mg. Lic. Juan Esandi

Tesis financiada por una beca de la Comisión de Investigaciones Científicas (CIC)

2013

Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Bahía Blanca

Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional – edUTecNe

<http://www.edutecne.utn.edu.ar>

edutecne@utn.edu.ar

© [Copyright] La Editorial de la U.T.N. recuerda que las obras publicadas en su sitio web son de libre acceso para fines académicos y como un medio de difundir la producción cultural y el conocimiento generados por autores universitarios o auspiciados por las universidades, pero que estos y edUTecNe se reservan el derecho de autoría a todos los fines que correspondan.
