

***Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Bahía Blanca***

2017

Regeneración y reutilización de aguas residuales en el marco de la perspectiva de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH). Análisis de la viabilidad socioeconómica en la implementación del reúso de aguas residuales con destino a las industrias a gran escala de la zona industrial portuaria de Bahía Blanca.



Tesis de Maestría en Administración de Negocios

Esp. Lic. Patricia SCHMIDT

Director: Mg. Lic. Juan I. ESANDI

Co-Director: Mg. Ing. Aloma S. SARTOR

INDICE

	Página
RESUMEN	12
AGRADECIMIENTOS	13
LISTADO DE ABREVIATURAS	14
INTRODUCCION	17
1. ANTECEDENTES	22
1.1. Experiencias de regeneración y reutilización de aguas residuales	23
1.1.1. En el contexto internacional	23
1.1.2. En el contexto nacional	25
1.2. Antecedentes sobre la gestión de los efluentes urbanos en Bahía Blanca	25
1.3. Antecedentes sobre la gestión del servicio de agua potable y desagües cloacales en Bahía Blanca	27
2. MARCO TEORICO	29
2.1. Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) y Gobernanza del Agua	30
2.2. Evaluación de Proyectos bajo el enfoque Costo – Beneficio	31
2.2.1. Clasificación de los efectos del proyecto	33
2.2.2. Identificación y Cuantificación de Costos y Beneficios	34
2.2.2.1. Costos	34
2.2.2.2. Beneficios	34
2.2.3. Valoración de Costos y Beneficios	35
2.2.3.1. Precios Sociales	35
2.2.3.1.1. Tasa Social de Descuento	36
2.2.3.1.2. Valor Social de la Mano de Obra	37
2.2.3.1.3. Valor Social de la Divisa	39
2.2.3.2. Valoración Económica del Medio Ambiente	41
2.2.4. Indicadores de Rentabilidad	44
2.2.4.1. Valor Actual Neto (VAN)	44
2.2.4.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)	45
2.3. Tratamiento de aguas residuales	46
2.3.1. Calidades de aguas residuales	47
2.3.2. Caracterización de aguas residuales	48

2.3.3.	Tratamiento de aguas residuales	49
2.3.3.1.	Tratamiento de la línea de agua	49
2.3.3.1.1.	Pretratamiento o Tratamiento Preliminar	50
2.3.3.1.2.	Tratamiento Primario	51
2.3.3.1.3.	Tratamiento Secundario	52
2.3.3.1.4.	Tratamiento Terciario	53
2.3.3.1.5.	Tratamiento avanzado	54
2.3.3.1.6.	Síntesis tratamientos de la línea de agua	56
2.3.3.2.	Tratamiento de la línea de fangos o lodos	57
2.3.3.2.1.	Espesamiento	58
2.3.3.2.2.	Estabilización	58
2.3.3.2.3.	Acondicionamiento	59
2.3.3.2.4.	Deshidratación	59
2.3.3.2.5.	Disposición de lodos	60
2.3.3.2.5.1.	Recuperación de energía en el sistema de tratamientos de lodos	60
2.4.	Regeneración y reutilización de aguas residuales	61
2.4.1.	Aplicaciones de aguas residuales regeneradas	62
2.4.2.	Recomendaciones y Criterios para el reúso de agua regenerada	63
2.4.2.1.	Reúso para la industria	64
3.	MARCO METODOLOGICO	68
3.1.	Área de Estudio	69
3.2.	Fuentes de información	69
3.3.	Metodología para la Evaluación Socioeconómica	71
3.3.1.	Definición de la Situación Actual	71
3.3.2.	Definición de la Situación Sin Proyecto	71
3.3.3.	Descripción del Proyecto	72
3.3.4.	Definición de la Situación Con Proyecto	72
3.3.5.	Evaluación del Proyecto	73
4.-	MARCO INSTITUCIONAL Y DE GESTION	74
4.1.	Marco Normativo	75
4.2.	Actores Sociales	79
4.3.	Alternativas de Gestión	83

5. SITUACION ACTUAL	84
5.1. Localización geográfica del área en estudio	85
5.2. Aspectos sociodemográficos y económicos	86
5.2.1. Población del proyecto	86
5.2.1.1. Definición de la Población Base (año 2010), según datos de Organismos Oficiales.	86
5.2.1.2. Selección y justificación de la población base (año 2010) utilizada para realizar la proyección de la población.	86
5.2.1.3. Selección y aplicación de las metodologías utilizadas para la proyección de la población.	86
5.2.1.4. Resumen de las proyecciones demográficas.	88
5.2.1.5. Proyección de la Población para el estudio	89
5.2.2. Indicadores económicos	90
5.3. Condiciones climatológicas e hidrológicas	91
5.3.1. Clima	91
5.3.2. Hidrología	91
5.3.2.1. Reservas hídricas subterráneas	91
5.3.2.2. Recursos Superficiales	92
5.4. Análisis de la Oferta de Agua y Saneamiento	95
5.4.1. Fuentes de suministro de agua y caudales de producción	95
5.4.2. Transporte, tratamiento, almacenamiento y distribución de agua	95
5.4.2.1.- Características de la Red de Distribución de Agua Potable	97
5.4.3. Servicio de Desagües Cloacales	99
5.4.4. Desagües Pluviales	102
5.4.5. Saneamiento	105
5.4.5.1. Cuencas de vuelco	106
5.4.5.2. Plantas de tratamiento de Líquidos Cloacales	106
5.5. Análisis de la Demanda de Agua y Saneamiento	109
5.5.1. Usuarios del sistema	109
5.5.2. Cantidad de usuarios por zona y tipo de servicio	109
5.5.3. Tarifa Actual (por m ³) y cuadro tarifario vigente	110
5.5.4. Análisis Histórico	112
5.5.4.1. Consumos de agua potable y cruda	112
5.5.4.2. Evolución de la Cobertura del Servicio	115

5.5.5.	Estimación de la demanda de agua en Bahía Blanca y Punta Alta	117
5.5.5.1.	Estimación del consumo medido de agua potable	117
5.5.5.2.	Estimación de la demanda de agua potable	119
5.5.5.3.	Estimación de la demanda total de agua	119
5.5.6.	Proyección de la Generación de Aguas Residuales	121
5.6.	Balance Oferta – Demanda en la Situación Actual	124
5.6.1.	Balance Oferta – Demanda de Agua en la Situación Actual	124
5.6.2.	Balance Oferta – Demanda de Saneamiento en la Situación Actual	125
6.	SITUACIÓN SIN PROYECTO	127
6.1.	Optimizaciones a la situación actual	128
6.2.	Oferta de agua y saneamiento sin proyecto	130
6.3.	Demanda de agua y saneamiento sin proyecto	130
6.3.1.	Demanda de Saneamiento sin proyecto – 1° Cuenca	131
6.4.	Análisis de alternativas	133
6.4.1.	Caracterización del influente	133
6.4.2.	Calidad del efluente	135
6.4.3.	Alternativas de tratamiento	136
6.4.3.1.	Alternativas para el tratamiento secundario	136
6.4.3.1.1.	Estimación de inversiones para el tratamiento secundario	136
6.4.3.1.2.	Estimación de costos totales para las etapas de tratamiento preliminar y secundario	138
6.4.3.2.	Alternativas para el tratamiento terciario y cuaternario	139
6.4.3.3.	Selección y justificación de la alternativa elegida	141
7.	DESCRIPCION DEL PROYECTO	142
7.1.	Objetivo	143
7.2.	Propósito	143
7.3.	Componentes	143
7.4.	Calendario de Actividades	144
7.5.	Sector económico, localización y zona de influencia	146
7.6.	Vida útil del proyecto	148
7.7.	Capacidad de Diseño	148
7.8.	Procesos de Operación	149

7.8.1.	Tratamiento de la Línea de Agua	149
7.8.2.	Tratamiento de la Línea de Lodos	151
7.9.	Costo total del proyecto	153
7.9.1.	Costos Privados de la Inversión Inicial	153
7.9.2.	Costos Privados de Operación y Mantenimiento	154
7.9.2.1.	Costos Variables	154
7.9.2.1.1.	Energía Eléctrica	154
7.9.2.1.2.	Productos Químicos	155
7.9.2.1.3.	Transporte y Disposición Final de Lodos	156
7.9.2.2.	Gastos Fijos	156
7.9.3.	Costo Privado Total por metro cubico de agua producida	159
8.	SITUACIÓN CON PROYECTO	160
8.1.	Efectos Directos	161
8.2.	Efectos Indirectos	161
8.3.	Externalidades	161
8.4.	Oferta de agua y saneamiento con proyecto	162
8.5.	Demanda de agua y saneamiento con proyecto	163
8.5.1.	Demanda de Saneamiento con proyecto – 1° Cuenca	163
9.	EVALUACIÓN DEL PROYECTO	165
9.1.	Identificación, cuantificación y valoración de los costos sociales	166
9.1.1.	Inversión inicial	166
9.1.2.	Costo de oportunidad del terreno	167
9.1.3.	Costos de operación y mantenimiento	168
9.2.	Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios sociales	168
9.2.1.	Beneficio por mayor disponibilidad de agua	169
9.2.1.1.	Consumo asociado a la aparición del mercado de agua regenerada	169
9.2.1.2.	Mayor disponibilidad de agua para consumo residencial	170
9.2.2.	Beneficio ambiental por la eliminación de externalidades negativas en el medio ambiente	172
9.2.3.	Beneficio por la venta de lodos secos estabilizados	173
9.2.4.	Beneficio por el impacto en la actividad económica de los pescadores	173
9.3.	Indicadores de rentabilidad social	173

9.4.	Análisis de Sensibilidad y Riesgos	174
9.4.1.	Sensibilidad respecto al monto de la inversión inicial	174
9.4.2.	Sensibilidad respecto al costo variable de la energía eléctrica	175
9.4.3.	Sensibilidad respecto a la demanda de agua regenerada	175
9.4.4.	Sensibilidad respecto a la tarifa de agua regenerada	176
9.4.5.	Sensibilidad respecto a la tasa de descuento social	176

10. CONSIDERACIONES FINALES Y RECOMENDACIONES 178

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 183

ANEXOS (Se adjuntan en CD)

Anexo I: Recomendaciones y Criterios para el reúso del agua regenerada.

Anexo II: Parámetros de Calidad. Descargas límites admisibles para efluentes cloacales.

Anexo III: Proyección de la Población de Bahía Blanca, General Daniel Cerri y Punta Alta (2016-2036).

Anexo IV: Acuerdo Salarial - Resolución N° 101/2016 y CCT 695-2005-E

Anexo V: Análisis de Sensibilidad

TABLAS

Tabla N° 1: Porcentaje de reúso de aguas residuales por países.	24
Tabla N° 2: Tasa Social de Descuento	37
Tabla N° 3: Fórmulas para la obtención de precios sociales de mano de obra.	38
Tabla N° 4: Razón Precio de Cuenta de la mano de obra.	38
Tabla N° 5: Fórmulas para la obtención del precio social en función del tipo de bien.	39
Tabla N° 6: Razón Precio de Cuenta de la Divisa.	41
Tabla N° 7: Valores típicos de los principales contaminantes de las aguas residuales.	49
Tabla N° 8: Clasificación de las etapas utilizadas para el tratamiento y reutilización de las aguas residuales.	49
Tabla N° 9: Procesos de membranas, contaminantes retenidos y su aplicación.	54
Tabla N° 10: Características y cantidades de lodo típicas.	57
Tabla N° 11: Ventajas y Desventajas de la digestión aerobia y anaerobia.	59
Tabla N° 12: Categorías de reutilización de aguas residuales municipales y posibles limitaciones.	62

Tabla N° 13: Categorías de aplicaciones de reutilización de agua.	63
Tabla N° 14: Problemas asociados a la calidad del agua de las torres de refrigeración.	65
Tabla N° 15: Parámetros recomendados de calidad de agua de calderas.	67
Tabla N° 16: Actores Sociales y su vinculación con el proyecto de PTAR propuesto.	79
Tabla N° 17: Población según CNPHV 2010.	86
Tabla N° 18: Proyección de la población por el método de la tasa geométrica decreciente.	87
Tabla N° 19: Proyección de la población por el método de Relación – Tendencia.	87
Tabla N° 20: Resumen de las proyecciones demográficas.	88
Tabla N° 21: Proyección de la población (promedio de ambos métodos).	89
Tabla N° 22: Tasa de crecimiento anual promedio para las localidades en estudio.	89
Tabla N° 23: Proyección de la población del proyecto.	89
Tabla N° 24: Fuentes de suministro complementarias y caudales de producción.	95
Tabla N° 25: Población total, servida y cobertura de servicio de agua potable.	97
Tabla N° 26: Población servida según proyecto versus ABSA.	97
Tabla N° 27: Cobertura del servicio de cloacas.	99
Tabla N° 28: Unidades de facturación – Servicio medido.	110
Tabla N° 29: Unidades de facturación – Servicio no medido.	110
Tabla N° 30: Mínimos de Consumo según Valuación Fiscal Inmobiliaria y Servicios	110
Tabla N° 31.a): Cuadro tarifario, Servicio de Agua o Desagües Cloacales - Servicio no medido	
Tabla N° 31.b): Cuadro tarifario, Servicio de Agua o de Agua y desagües cloacales - Servicio medido	111
Tabla N° 32: Consumo histórico de agua potable en Bahía Blanca.	111
Tabla N° 33: Consumo histórico de agua potable en Punta Alta.	112
Tabla N° 34: Demanda promedio per cápita de agua potable Bahía Blanca y Punta Alta.	113
Tabla N° 35: Consumo de agua cruda Polo Petroquímico.	114
Tabla N° 36: Solicitud de conexiones, servicio de agua potable y cloacas, Bahía Blanca y Punta Alta.	114
Tabla N° 37: Nuevas conexiones, medidores totales y ampliación red de agua potable en Bahía Blanca.	115
Tabla N° 38: Nuevas conexiones, medidores totales y ampliación red de agua potable en Punta Alta.	116
Tabla N° 39: Consumo medido promedio de agua potable por medidor en Bahía Blanca.	116
Tabla N° 40: Consumo medido promedio de agua potable por medidor en Punta Alta.	117
Tabla N° 41: Estimación del consumo medido de agua potable – Bahía Blanca y Punta Alta.	117

Tabla N° 42: Estimación de la demanda total de agua potable –Bahía Blanca y Punta Alta.	118
Tabla N° 43: Estimación de la demanda total de agua -Bahía Blanca y Punta Alta.	120
Tabla N° 44: Estimación del consumo no medido en Bahía Blanca.	121
Tabla N° 45: Estimación de la demanda de saneamiento (Situación actual).	122
Tabla N° 46: Estimación de la demanda de saneamiento sin proyecto – 1° Cuenca.	123
Tabla N° 47: Parámetros de Calidad Planta de Tratamiento Bahía Blanca - Descargas Límites Admisibles -	132
Tabla N° 48: Comparación de parámetros – Mayor Valor Promedio con requerimientos de las industrias.	134
Tabla N° 49: Estimación del Costo de Inversión para la Alternativa 1.	135
Tabla N° 50: Estimación del Costo de Inversión para la Alternativa 2.	137
Tabla N° 51: Estimación de Costos Operacionales (USD 2010/m ³ de agua producida).	137
Tabla N° 52: Estimación del pago anual de la inversión (USD 2010).	138
Tabla N° 53: Estimación del Costo Total (USD 2010/m ³ de agua producida).	139
Tabla N° 54: Estimación del Costo de Inversión - Tratamientos Terciario y Cuaternario (USD 2010).	139
Tabla N° 55: Estimación del pago anual de la inversión Tratamientos Terciario y Cuaternario (USD 2010/m ³ de agua producida).	140
Tabla N° 56: Estimación del Costo del Agua - Tratamientos Terciario y Cuaternario (USD 2010/m ³ agua producida).	141
Tabla N° 57: Tabla de Tiempo de las principales actividades de la PTAR propuesta.	141
Tabla N° 58: Período de diseño para el caso de Sistemas de Desagües Cloacales.	144
Tabla N° 59: Caudales esperables medio y máximo.	148
Tabla N° 60: Caudales de Diseño.	149
Tabla N° 61: Costos Privados de la Inversión Inicial (USD Junio 2016).	150
Tabla N° 62: Costo Operacional por Adición Química (USD Junio 2016).	153
Tabla N° 63: Cálculo estimado de la cantidad de personal por área.	155
Tabla N° 64: Costo de Personal anual (USD Junio 2016).	157
Tabla N° 65: Gastos Fijos Anuales (USD Junio 2016).	157
Tabla N° 66: Costo Total Medio Unitario (USD Junio 2016/m ³).	158
Tabla N° 67: Oferta de Agua Regenerada para reutilización industrial.	159
Tabla N° 68: Proyección de aguas residuales sin y con tratamiento en la 1° Cuenca.	162
Tabla N° 69: Costos Privados y Sociales de la Inversión Inicial (USD Junio 2016).	164
Tabla N° 70: Costos Privados y Sociales de Operación y Mantenimiento (USD Junio 2016).	167

Tabla N° 71: Costos fijos y variables de Operación y Mantenimiento (USD Junio 2016).	168
Tabla N° 72: Flujo neto social (USD/Junio 2016).	168
Tabla N° 73: Indicadores de rentabilidad social.	171
Tabla N° 74: Sensibilidad respecto de la inversión inicial.	174
Tabla N° 75: Sensibilidad respecto al costo variable de la energía eléctrica.	174
Tabla N° 76: Sensibilidad respecto al consumo de agua regenerada.	175
Tabla N° 77: Sensibilidad respecto a la tarifa de agua regenerada.	175
Tabla N° 78: Sensibilidad respecto de la tasa de descuento social.	176
	176

GRAFICOS

Gráfico N° 1: Proyección de la Población del proyecto por ambos métodos.	88
Gráfico N° 2: Balance Oferta – Demanda de Agua (Situación actual).	124
Gráfico N° 3: Balance Oferta – Demanda de Saneamiento (Situación actual).	125
Gráfico N° 4: Diagrama de Gantt del proyecto.	145
Gráfico N° 5: Análisis de Sensibilidad.	177

FIGURAS

Figura N° 1: Sistemas de reutilización de aguas municipales según campo de aplicación.	24
Figura N° 2: Métodos directos e indirectos de valoración económica del medio ambiente.	43
Figura N° 3: Esquema básico del tratamiento secundario.	53
Figura N° 4: Membrana de osmosis inversa en enrollamiento en espiral.	55
Figura N° 5: Membranas de fibra hueca en instalaciones de osmosis inversa.	55
Figura N° 6: Matriz de alternativas de procesos de tratamiento que han sido aplicados en recuperación y reutilización de aguas residuales.	56
Figura N° 7: Digestores anaerobios y esfera de almacenamiento de biogás.	61
Figura N° 8: Ubicación del área de estudio.	85
Figura N° 9: Obras de regulación realizadas en el marco de la crisis hídrica.	93
Figura N° 10: Cuenca del Rio Colorado.	94
Figura N° 11: Ubicación de las Plantas Potabilizadoras Patagonia y Grünbein.	96
Figura N° 12: Área servida red de agua potable en Bahía Blanca.	98
Figura N° 13: Área servida red de agua potable en Punta Alta.	98
Figura N° 14: Obras cloacales – Periodo 2005 – 2009.	99
Figura N° 15: Área servida – Servicio de Desagües cloacales en Bahía Blanca.	100

Figura N° 16: Estaciones de monitoreo en descargas de efluentes urbanos e industriales en Bahía Blanca.	102
Figura N° 17: Desagües Pluviales de Bahía Blanca.	103
Figura N° 18: Sitios de muestreo desagües pluviales en Bahía Blanca.	104
Figura N° 19: Plantas Depuradoras y cuencas de vuelco.	105
Figura N° 20: Esquema Planta Depuradora Tercera Cuenca.	107
Figura N° 21: Vista panorámica Planta Depuradora Tercera Cuenca.	108
Figura N° 22: Sector portuario industrial.	146
Figura N° 23: Planta Depuradora Bahía Blanca y área disponible para la PTAR propuesta.	147
Figura N° 24: Plantas Depuradoras, cuencas de vuelco y colectores principales de Bahía Blanca.	147
Figura N° 25: Procesos de Operación.	152

RESUMEN

El presente trabajo de tesis tiene por objetivo principal analizar la viabilidad socioeconómica de un proyecto de reúso de aguas residuales urbanas destinadas a las industrias a gran escala de la zona industrial portuaria de Bahía Blanca (Buenos Aires, Argentina), a partir de la utilización de los efluentes cloacales de la Planta de Tratamiento Bahía Blanca. Para ello se utiliza el enfoque Costo Beneficio y se emite una recomendación en torno a la factibilidad económica en términos sociales de llevar a cabo el proyecto.

Para lograr lo planteado se realiza un marco teórico sobre la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) y Gobernanza del Agua, una descripción de la Evaluación de Proyectos bajo el enfoque Costo – Beneficio y por último el tratamiento de las aguas residuales y su regeneración y reutilización. También se realiza un relevamiento del marco normativo que guarda relación con el tema, los actores sociales involucrados y las posibles alternativas de gestión.

Como parte de este trabajo, se presenta una descripción de la situación actual, que incluye la localización geográfica, la población del proyecto, las condiciones climatológicas e hidrológicas y un análisis de oferta y demanda de agua y saneamiento, tanto histórico como de su proyección. Posteriormente se presenta la demanda y oferta de agua y saneamiento, para la situación sin proyecto como con proyecto y se realiza la descripción del proyecto de una planta de tratamiento de aguas residuales, que incluye la vida útil, su capacidad de diseño, los procesos de operación y los costos privados de la inversión inicial y de operación y mantenimiento, entre otros.

Finalmente, se realiza la evaluación del proyecto con la identificación, cuantificación y valoración de los costos y beneficios sociales, los indicadores de rentabilidad social y un análisis de sensibilidad que contempla la variación que puede tener el proyecto en sus parámetros de rentabilidad ante cambios en sus principales variables tanto para el monto de la inversión inicial, el costo variable de la energía eléctrica, la demanda de agua regenerada por parte de las industrias, la tarifa de agua regenerada que pagan las industrias y por último la tasa de descuento social. Para culminar el trabajo de tesis, se presentan una serie de consideraciones finales y recomendaciones.

Palabras clave: viabilidad socioeconómica, costo beneficio, reúso de aguas residuales.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar un especial agradecimiento para el director de esta tesis, Mg. Lic. Juan I. Esandi, por sus valiosos aportes y contribuciones, por su dedicado tiempo y vocación para orientarme y por su paciencia. A mi co-directora, Mg. Ing. Aloma Sartor, por apoyarme desde el principio, por alentarme, por brindarme los conocimientos técnicos en materia de agua y saneamiento, por ayudarme a comprender la importancia de analizar la problemática ambiental desde una mirada que comprenda la relación sociedad-economía-medio ambiente.

Mi gratificación a la Dra. Anne-Laure Mascle-Allemand y su colaboradora Lic. Dinorah Vargas López, ambas del Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP) de México, por el envío específico de las metodologías para Plantas de Tratamientos de Aguas Residuales. Mi gratitud también a la Jefa del Departamento de Estadísticas de la Dirección Provincial de Estadística (DPE) de la Provincia de Buenos Aires, Sra. María Silvia Tomas, quien me brindó su conocimiento en materia de población y proyecciones, a la Lic. María Inés Frapiccini, economista del Centro Regional de Estudios Económicos de Bahía Blanca Argentina (CREEBBA), quien me brindo datos e información utilizada para la elaboración del valor agregado del sector en el PBI local. Agradezco al Sr. Gerardo Villalba, responsable Unidad Comercial de ABSA en Bahía Blanca, quien amablemente me brindo toda la información necesaria en materia de agua y las aclaraciones respectivas. A la Mg. Silvina Medus, docente universitaria quien me ayudo con la cartografía y a la Ing. Mariana González por facilitarme contactos.

También mi reconocimiento a todos los profesores de las carreras Especialización en Ingeniería Gerencial y Maestría en Administración de Negocios, por sus valiosos aportes brindados a través de cada uno de los seminarios dictados en el transcurso del cursado. Gracias a todos mis compañeros de cursado por los momentos compartidos y en especial a quienes se convirtieron en mis amigos: Juan, Andrés, Blas y Juan Carlos, por su valiosa compañía y por animarme siempre a seguir y a persistir.

Al Programa de Becas para la Finalización de Tesis de posgrado para docentes de Universidades Nacionales (PROFITE) de la Subsecretaría de Gestión y Coordinación de Políticas Universitarias del Ministerio de Educación de la Nación, por financiar parcialmente esta tesis durante el período noviembre 2013 – abril 2014.

Agradecer a la Facultad Regional Bahía Blanca de la Universidad Tecnológica Nacional, quien contribuyo a lo largo de estos años al desarrollo de mis estudios universitarios de grado y de posgrado.

Por último, mi más profundo y sincero agradecimiento a mis amigos Laura y Roberto, por su acompañamiento en esta etapa, por no dejarme bajar los brazos. A mi hermana Marcela, por ser esa luz que tengo en mi camino, a mis hijos del corazón Ignacio y Sasha que tanta veces les reste tiempo y en especial a mi amor Edgardo, por su constancia, perseverancia y porque sin él no hubiese sido posible lograrlo.

LISTADO DE ABREVIATURAS

ABSA S.A.	Aguas Bonaerenses Sociedad Anónima
ACRE	Áreas de Cultivo Restringidos Especiales
ADA	Autoridad del Agua
AGOSBA	Administración General de Obras Sanitarias de la Provincia de Buenos Aires
AIQ	Asociación Industrial Química Bahía Blanca
AMBA	Asociación Americana de Fabricantes de Calderas
ARBA	Agencia de Recaudación de la Provincia de Buenos Aires
AySA	Agua y Saneamientos Argentinos
AZURIX S.A.	Concesionaria del servicio de Agua Potable y saneamiento Pcia. Bs.As.
BaNObras	Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (México)
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CAF	Corporación Andina de Fomento
CENTA	Centro de las Nuevas Tecnologías del Agua de Sevilla
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CEPEP	Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (México)
CGPBB	Consortio de Gestión del Puerto de Bahía Blanca
CIF	Cost, Insurance and Freight (Costo, seguro y flete)
CNPHV	Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas
COHIFE	Consejo Hídrico Federal
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua (México)
CREEBBA	Centro Regional de Estudios Económicos de Bahía Blanca
CTE	Comité Técnico Ejecutivo
DBO₅	Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días
DPE	Dirección Provincial de Estadística de la Provincia de Buenos Aires
DQO	Demanda Química de Oxígeno

ENOHSa	Ente Nacional de Obras Hídricas y Saneamiento
EPH	Encuesta Permanente de Hogares
FENTOS	Federación Nacional de Trabajadores de Obras Sanitarias
FOB	<i>Free onBoard</i> (Puesto a bordo del barco)
GEIA	Grupo de Estudio de Ingeniería Ambiental
GIRH	Gestión Integrada de los Recursos Hídricos
HCD	Honorable Consejo Deliberante de Bahía Blanca
IADO	Instituto Argentino de Oceanografía
ILPES	Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social
INA	Instituto Nacional del Agua
INDEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
INTA	Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
ITC	Compañía Israelí de Tecnología
IVA	Impuesto al Valor Agregado
MBB	Municipalidad de Bahía Blanca
MDE	MekorotDevelopment and Enterprise
MOPBA	Ministerio de Obras Públicas de la Provincia de Buenos Aires
OCABA	Organismo de Control de Aguas de Buenos Aires
OI	Osmosis Inversa
ODM	Objetivos de Desarrollo del Milenio
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONU	Organización de las Naciones Unidas
OPDS	Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible
OSN	Sindicato de Obras Sanitarias de la Nación
PIM	Programa Integral de Monitoreo
PROFITE	Programa de Becas para la Finalización de Tesis de posgrado para Docentes de Universidades Nacionales
PTAR	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

PTBB	Planta de Tratamiento Bahía Blanca
RPC	Razón de Precio de Cuenta
SAyDS	Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable
SHCP	Secretaría de Hacienda y Crédito Público (México)
SOSBA	Sindicato Obras Sanitarias de la Provincia de Buenos Aires
SNIP	Sistema Nacional de Inversión Pública
SPIQPyA	Sindicato Químico y Petroquímico
SS10min	Sólidos Sedimentables en 10 minutos
SS2hs	Sólidos Sedimentables en 2 horas
TCM	Tipo de cambio de mercado
TCS	Tipo de cambio social
TIR	Tasa Interna de Rendimiento
TSD	Tasa Social de Descuento
UF	Ultra filtración
UIBB	Unión Industrial de Bahía Blanca
UNS	Universidad Nacional del Sur
US AID	Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional
US EPA	Agencia de Protección Ambiental (Estados Unidos)
UTN FRBB	Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Bahía Blanca
UTNFRR	Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Rafaela
VAB	Valor Agregado Bruto
VAN	Valor Actual Neto

INTRODUCCION

El reúso de agua residual ha sido propuesto a nivel internacional como uno de los desafíos del siglo XXI, con vistas a asegurar la provisión de un recurso finito, con demandas crecientes por aumento poblacional y de mayores consumos per cápita. La reutilización de aguas residuales es sin dudas una alternativa útil para contribuir al objetivo de garantizar disponibilidad de agua en cantidad y calidad, que acompañe la dinámica del desarrollo de la sociedad. La evolución de este tipo de actividades ha sido notable, en diferentes partes del mundo especialmente en zonas áridas y semiáridas.

Desde la perspectiva de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH), la utilización de aguas residuales tratadas plantea diversos objetivos de carácter ambiental, social y productivo, como reducir la demanda sobre las fuentes de agua dulce, disminuir los vertidos de carga contaminante sobre diferentes cuerpos receptores, potenciar el desarrollo de actividades productivas sustentables utilizando aguas residuales tratadas en zonas de secano y captar nutrientes presentes en el efluente cloacal para destinarlo como fertilizante en suelos para la producción agropecuaria¹ (Sartor, A., Cifuentes O.; 2012).

Una gestión sostenible del agua implica, no sólo atender las demandas de agua, sino también proteger las aguas superficiales y subterráneas, así como conseguir el equilibrio y la armonización del desarrollo regional y sectorial. Para ello, es preciso cambiar el modelo de gestión de forma que fomente el ahorro y la eficiencia del uso buscando fuentes alternativas de agua como la reutilización de la misma.

El desarrollo de actividades de reúso de aguas residuales destinadas al sector industrial tiene sentido en la participación que éste representa en el consumo del recurso. “El 59% del consumo total de agua en los países desarrollados se destina a uso industrial, mientras que en el mundo corresponden a un 22%. Se estima que el uso anual global de agua por parte de la industria aumente de una cantidad aproximada de 725 Km³ en 1995 a unos 1.170 Km³ en 2025. El uso industrial representará entonces un 24% del consumo total de agua. Gran parte de este aumento se llevara a cabo en aquellos países en desarrollo que se encuentren actualmente en fase de crecimiento industrial acelerado” (ONU, 2003). En la ciudad de Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires, Argentina, esta participación es igualmente representativa, debido a que se caracteriza por ser una ciudad portuaria e industrial de escala nacional e internacional, con un desarrollo químico y petroquímico importante y su demanda de agua (aproximadamente un 25% del total que se consume en la ciudad) entra en conflicto potencialmente con las demandas urbanas.

En este contexto se propone analizar la viabilidad socioeconómica de un proyecto para la instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales, que tome como insumo los efluentes cloacales de la Planta de Tratamiento Bahía Blanca (que actualmente solo realiza un único tratamiento primario en una planta de tamices), para convertirlas en aguas regeneradas para su uso en las industrias a gran escala del sector industrial portuario de la ciudad de Bahía Blanca.

¹“El destino mayor de las aguas residuales en el mundo es el riego para lo que se ha convertido en un nuevo e ineludible recurso hídrico, sin embargo el crecimiento de esta actividad en el país deberá impulsarse a partir de establecer estándares que posibiliten este uso, asegurando que su caracterización -muy especialmente el control de microorganismos patógenos y parásitos- no provoque riesgo sanitario”. (Sartor A., Cifuentes O.; 2012)

Dicho proyecto se enmarca principalmente en la limitación del abastecimiento de agua para Bahía Blanca - General Daniel Cerri y Punta Alta, que actualmente tienen como fuente principal el Embalse Paso de las Piedras, ubicado aproximadamente a 60 km. de la ciudad de Bahía Blanca. Dichas ciudades tienen una población de 311.000² (Dirección Provincial de Estadística, 2010) y 58.315 habitantes (INDEC, 2010) respectivamente. El proyecto se localiza en un área de transición a la región semiárida con períodos recurrentes de sequías, que afectan en forma directa la cantidad de agua disponible en el sistema, situación que se viene repitiendo desde hace varios años con períodos de fuertes crisis. El más reciente, es el acontecido durante 2008-2009, cuando a la inadecuada infraestructura del servicio de agua respecto al crecimiento urbano e industrial, se sumó una etapa de sequía que agravó las condiciones naturales sobre la cuenca de abastecimiento. Este desajuste y los conflictos reiterados, llevaron a la opinión pública a contraponer el destino de agua para abastecimiento de la población con su uso para la industria.

Por otra parte, destinar el agua residual tratada al Complejo Químico y Petroquímico³ se fundamenta en la significativa participación de este sector sobre el valor agregado total local. Según el estudio de estimación del Producto Bruto para el partido de Bahía Blanca⁴ realizado por el Centro Regional de Estudios Económicos de Bahía Blanca (CREEBBA), el Valor Agregado Bruto (VAB) total del Partido de Bahía Blanca en el año 2013 ascendió a 25.317 millones de pesos corrientes. El VAB en el sector “Refinación de Petróleo, Productos Químicos y Plásticos” del año 2013 que agrupa las empresas de dicho Complejo, ascendió a 5.437 millones de pesos, lo que significó un aporte de casi 24 % del ingreso total generado en el partido de Bahía Blanca (CREEBBA, 2014).

Por ello, un proyecto de recuperación y tratamiento de efluentes urbanos, que reemplace el caudal de agua potable y/o cruda que actualmente es derivado a las grandes industrias del sector portuario, sería clave para afianzar y sostener el desarrollo industrial de dicho sector, contribuyendo además a reducir los efectos negativos de las crisis hídricas que han castigado a la región en los últimos años y que amenazan profundizarse en el futuro si no se toman medidas concretas para avanzar hacia una gestión integrada de los recursos hídricos. La reutilización de los efluentes urbanos no solo mejorari  las posibilidades de suministro a la población, sino que dicho proyecto, evitar  fuentes de contaminación del Estuario de Bahía Blanca, como es el vuelco de la Planta de Tratamiento Bahía Blanca en las condiciones actuales de funcionamiento.

Sin embargo, frente a estos beneficios del reúso de aguas residuales tratadas, son múltiples los desafíos que se presentan para avanzar en este tipo de actividades, entre ellos los aspectos jurídicos, económicos, tecnológicos e institucionales, tal que aseguren que dichas actividades cumplan con condiciones sanitarias adecuadas y de sustentabilidad ambiental, sin que las mismas se conviertan en obstáculos para su desarrollo (Escalante V. et al., 2003).

Es por ello, que este trabajo parte de la siguiente hipótesis:

“La viabilidad del desarrollo de actividades de tratamiento y reúso de aguas residuales con destino a las industrias a gran escala del sector industrial portuario de Bahía Blanca, en el marco de la perspectiva de la GIRH, está fuertemente condicionada no solo por los aspectos tecnológicos sino

²Poblaci n de Referencia BB-Cerri de la Encuesta Permanente de Hogares.- 4  Trimestre 2010 (Dirección Provincial de Estadística)

³Dow, Indupa, Mega, Profertil, TGS, Petrobras (CREEBBA, 2014)

⁴El Producto Bruto representa el ingreso total generado por la actividad productiva de los establecimientos localizados en el partido de Bahía Blanca.

por problemas institucionales, legales, normativos, sociales, de gestión, de estimación de costos, de comercialización y de financiación”.

Para demostrar la hipótesis planteada, se establecieron los siguientes objetivos:

Objetivo General

Analizar la viabilidad socioeconómica de un proyecto de reúso de aguas residuales urbanas destinadas a las industrias a gran escala de la zona industrial portuaria de Bahía Blanca, a partir de la utilización de los efluentes cloacales de la Planta de Tratamiento Bahía Blanca, bajo el enfoque Costo Beneficio y emitir una recomendación en torno a la factibilidad económica en términos sociales de llevar a cabo el proyecto.

Objetivos Específicos

- Estudiar los antecedentes internacionales y nacionales sobre la evolución de las tecnologías de reúso de aguas residuales y experiencias desarrolladas.
- Realizar un diagnóstico de los aspectos que intervienen en la problemática del agua y saneamiento en Bahía Blanca, analizando las fuentes de suministro y el funcionamiento actual de los sistemas.
- Conocer la relación entre la oferta y la demanda actual y futura de agua y saneamiento.
- Describir el proyecto propuesto, los principales aspectos técnicos, económicos y organizacionales que condicionan su factibilidad.
- Valorar económicamente el beneficio ambiental del estuario de Bahía Blanca incluyéndolo dentro de la regeneración y reutilización de los efluentes cloacales urbanos, para disminuir así el impacto que estos provocan en detrimento del espacio natural.

Por el carácter incipiente de esta actividad se prevé que este trabajo pueda servir de consulta para evaluar la potencialidad del desarrollo de la actividad de reúso de aguas residuales en otros lugares, aun cuando se considera que éstas requieren de un análisis particular dada la especificidad de cada caso, lo que constituiría un aporte original. La divulgación de este documento podría ser útil para los distintos actores de la ciudad (autoridades prestadoras del servicio, organismos de control, usuarios, municipio, industrias y otros) y se espera que este trabajo se convierta en un documento de consulta y aporte de base para futuras investigaciones; en concordancia con la misión institucional de la Facultad Regional Bahía Blanca, la cual se centra en la priorización de la producción científica y tecnológica basada en la solución de problemas, pretendiendo que el conocimiento generado supere el marco de la Universidad, y que sea apropiado por la sociedad para integrarlo a los procesos productivos en el territorio, generando un desarrollo económico-social sustentable de la región.

La presente investigación ha sido desarrollada para alcanzar el título de Magíster en Administración de Negocios que dicta la Facultad Regional Bahía Blanca de la Universidad Tecnológica Nacional (Argentina). Esta tesis ha sido elaborada en el marco de los Proyectos de Investigación 25/B031 “Gobernanza y Gestión Integrada de los Recursos Hídricos” (2012-2014) y 3631TC “Agua y Energía Bahía Blanca” (2015-2016) del Grupo de Estudio de Ingeniería Ambiental (GEIA) de la Facultad Regional Bahía Blanca de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN FRBB). Fue financiada parcialmente por el Programa de Becas para la Finalización de Tesis de posgrado para docentes de Universidades Nacionales (PROFITE), a través del Ministerio de Educación, Subsecretaría de Gestión y Coordinación de Políticas Universitarias, durante el período noviembre 2013 – abril 2014.

La presente tesis se estructura en diez capítulos y cinco anexos, donde se expone la información considerada complementaria y adicional al tema de estudio. El contenido de cada capítulo se describe brevemente a continuación:

El **Capítulo 1**, presenta los antecedentes relacionados con la regeneración y reutilización de aguas residuales a nivel internacional, nacional y local, en especial en la última década. Analiza también los antecedentes sobre la gestión de los efluentes urbanos locales y sobre la gestión del servicio de agua potable y desagües cloacales en Bahía Blanca, desde el proceso de privatización hasta la actualidad.

El **Capítulo 2**, desarrolla los conceptos teóricos fundamentales que dan soporte a la tesis, como lo son los términos de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos y Gobernanza del Agua, identificación, cuantificación y valoración de costos y beneficios del proyecto, precios sociales, indicadores de rentabilidad, valoración económica del medio ambiente, tratamiento de la línea de agua y de lodos residuales y regeneración y reutilización de aguas residuales en la industria.

El **Capítulo 3**, describe la metodología empleada en este trabajo, define el área de estudio y menciona las fuentes de información que fueron consultadas para la obtención de los datos cuali – cuantitativos. Para desarrollar la evaluación socioeconómica del proyecto de construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) se tomó como base metodológica el análisis Costo-Beneficio y se realizó una descripción genérica de cada una de las etapas, que en líneas generales consiste en desarrollar un diagnóstico de la situación actual, definir la situación sin proyecto, describir el proyecto, elaborar la situación con proyecto y finalmente realizar la evaluación del mismo a fin de determinar la conveniencia de llevarlo o no a cabo.

El **Capítulo 4**, consta del marco institucional y de gestión, se presenta toda la normativa que guarda relación con el proyecto, los actores sociales involucrados y las diferentes alternativas de gestión que tiene el proyecto de llevarse a cabo.

El **Capítulo 5**, describe la situación actual: presenta la ubicación geográfica, la población del proyecto, condiciones climatológicas e hidrológicas, con especial énfasis en el diagnóstico del estado actual de los servicios de agua potable, desagües cloacales y pluviales, saneamiento y del cuerpo receptor de las aguas residuales de la ciudad, describiendo las partes que los integran y enunciando sus características particulares, analizando la oferta o infraestructura existente y la demanda actual. La etapa culmina con un análisis comparativo entre la oferta y la demanda de agua y saneamiento, describiendo en forma detallada la problemática identificada.

El **Capítulo 6**, presenta la situación esperada en ausencia del proyecto. Se incorporan las optimizaciones al sistema actual, estimando el impacto de las mismas tanto para el caso de la oferta como de la demanda de agua y saneamiento, a fin de evitar la sobrestimación de los beneficios atribuibles al proyecto durante el horizonte de evaluación. Además se describe la caracterización del influente, la calidad requerida del efluente y las alternativas de tratamiento para alcanzar dicha calidad, con sus características técnicas y económicas y la selección y justificación de la alternativa seleccionada.

El **Capítulo 7**, se señalan las características más importantes del proyecto de la PTAR, incluyendo: objetivo, propósito y componentes; calendario de actividades; sector económico, localización y zona de influencia con la ubicación de la PTAR; vida útil del proyecto; capacidad de diseño; procesos de operación y finalmente el costo total del proyecto (costo privado de la inversión inicial y el costo privado de operación y mantenimiento).

El **Capítulo 8**, se identifican los efectos del proyecto, que pueden ser directos, indirectos, externalidades e intangibles. Posteriormente se describe cómo se modifica la situación sin proyecto una vez que entra en operación el proyecto propuesto, explicando y fundamentando todos los cambios esperados en la oferta y demanda de agua y saneamiento tanto al momento inmediato de entrada en operación como en los años del horizonte de evaluación. Esta situación con proyecto será la base sobre la cual se realice la identificación, cuantificación y valoración de costos y beneficios legítimamente atribuibles al proyecto.

El **Capítulo 9**, consiste en identificar, cuantificar y valorar todos los costos sociales con los beneficios sociales del proyecto a lo largo de todo el horizonte de evaluación de 20 años. Luego, con el flujo neto de efectivo construido, se calculan los indicadores de rentabilidad VAN y TIR, con el fin de determinar la conveniencia de realizar el proyecto. Finalmente, diferentes análisis de sensibilidad muestran los efectos que ocasionan ciertas variables sobre el VAN (monto de la inversión, costo variable de la energía eléctrica, una mayor demanda de agua regenerada, la tarifa de agua regenerada y la tasa social de descuento).

Finalmente, en el **Capítulo 10**, se enuncian las consideraciones finales y algunas recomendaciones en torno a los actores sociales, a la gestión del agua y saneamiento y en cuanto a la evaluación socioeconómica y su viabilidad.

CAPITULO 1

ANTECEDENTES

CAPITULO 1

ANTECEDENTES

1.1. Experiencias de regeneración y reutilización de aguas residuales

Siendo el centro de este estudio la regeneración y reutilización de aguas residuales, es necesario conocer el estado de avance en la materia a nivel mundial, nacional y local, en especial su evolución en la última década.

1.1.1. En el contexto internacional

Existe en la actualidad una gran cantidad de instalaciones de regeneración de agua a nivel mundial, con diversos grados de tratamiento y para diversas aplicaciones: riego agrícola, diseño urbano y usos recreativos, procesamiento y refrigeración industrial y producción indirecta de agua potable, como recarga de las aguas subterráneas (Aquarec, 2006). Entre los antecedentes más relevantes se encuentran las siguientes experiencias:

China con una capacidad de reúso de más de 20,2 millones de metros cúbicos por día ($Mm^3/día$), que representan el 9,2% de los efluentes y el 13,1% de los efluentes tratados (YannianZhou et al; 2011).

En México, en el año 2009, 2.029 plantas en operación trataron el 37.1% ($88.1 m^3/s$) de las aguas residuales municipales que se generaron ($237,5 m^3/s$) y el 42% de los $209.1 m^3/s$ recolectados en los sistemas de alcantarillado. Por su parte, la industria trató el 19.3% ($36,7 m^3/s$) de las aguas residuales que se generaron ($190,4 m^3/s$), en 2.186 plantas, lo cual representa un total tratado de $3.935 Mm^3/año$. Se estima que en el año 2008 en México se reutilizaron 5,051 millones de metros cúbicos de agua (equivalente a un caudal de $160 m^3/s$). Las aguas de origen municipal se reusaron principalmente en cultivos agrícolas y en menor proporción en las industrias, así como en termoeléctricas. Las de origen industrial fueron reutilizadas en ingenios azucareros, en el cultivo de caña en el estado de Veracruz (CONAGUA-Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento, 2010).

Europa con un total de $964 Mm^3/año$ representa un 2,4 % de sus efluentes tratados con destinos diversos y distribuidos entre usos agropecuarios e industriales. España representa la proporción más grande de este volumen ($347 Mm^3/año$) junto con Italia que usa otros $233 Mm^3/año$. En ambos países, la agricultura absorbe la mayor parte de las aguas residuales tratadas.

Israel es otro gran usuario de aguas negras tratadas ($280 Mm^3/año$, alrededor del 83% del total de aguas residuales tratadas). Después de pasar por procesos de filtrados y limpieza, es inyectada en un acuífero natural para la última filtración. De allí es extraída y distribuida principalmente hacia poblaciones en el sur, hacia el desierto de Neguev. Los residuos orgánicos también se convertirán en fertilizantes gratuitos para los agricultores y el gas que produce en el proceso abastecerá a toda la planta de energía (La Nación, 2015)⁵.

⁵<http://www.lanacion.com.ar/1845964-la-solucion-israeli-a-la-escasez-de-agua>

La **Tabla N° 1** muestra el porcentaje de reutilización de aguas residuales tratadas en diferentes partes del mundo: el más alto es Chipre (el 100%) y le sigue Jordania (85 %) y Malta (el 60%), mientras que en Grecia, Italia y España la reutilización de aguas residuales tratadas es sólo entre el 5% y el 12% de sus efluentes (AQUAREC, 2006).

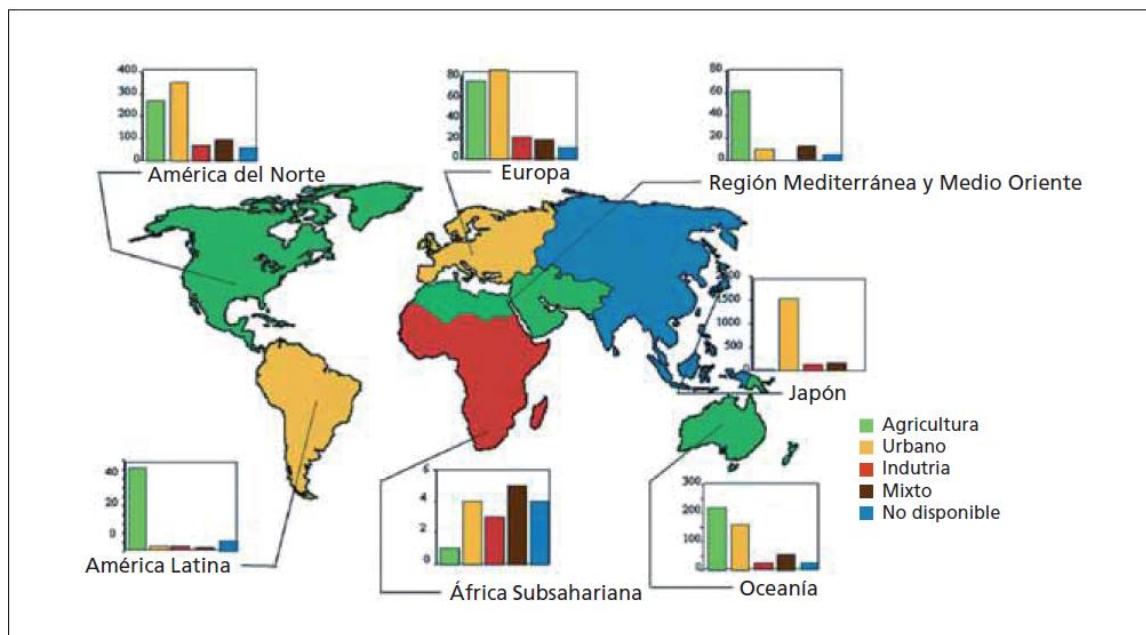
Tabla N° 1.- Porcentaje de Reúso de Aguas Residuales por países

PAISES	% REUSO
ESPAÑA	12
AUSTRALIA	9
ITALIA	8
GRECIA	5
CHIPRE	100
INDIA	25
SUDAFRICA	24
MALTA	60
TUNEZ	20-30
JORDANIA	85

Fuente: Propuesta de un Marco Normativo para una Ley Nacional de Reúso de Aguas Residuales. Sartor, A; Cifuentes, O. 18° Congreso Argentino de Saneamiento y Medio Ambiente. AIDIS .Abril 2012.

La Figura N° 1 muestra la distribución de los sistemas de reutilización de agua municipal en las diferentes regiones del mundo, según el uso que se le dé al agua reutilizada (agrícola, urbano, industrial y mixto (multipropósito)).

Figura N° 1.- Sistemas de reutilización de aguas municipales según campo de aplicación



Fuente: AQUAREC,2006en FAO, 2013

1.1.2. En el contexto nacional

En Argentina, Mendoza es la provincia que más experiencia ha desarrollado en materia de reutilización de aguas residuales, con un gran desarrollo institucional y de conocimiento de estas actividades, así como en experiencias sobre identificación de riesgos y potencialidades de las mismas. Cuenta con más de 9.408 has regadas en Áreas de Cultivo Restringidos Especiales (ACRE), a partir de una recuperación de aguas de casi el 90 % del sistema cloacal, para una población de 800.000 habitantes (Fasciolo, G.; 2001), (Reta, J.; 2002), (Mastrantonio, A.; 2006).

En el seminario “Reúso de Efluentes Líquidos Urbanos e Industriales” realizado en Puerto Madryn en 2010, se presentaron diversas experiencias con diferente grado de avance de reúso de aguas residuales, entre otros:

- reúso de efluentes cloacales urbanos: la experiencia de Puerto Madryn y el caso Ciudad de Corrientes;
- reúso de riego de aguas de la Agroindustria: El Canal Pescara en Mendoza;
- sobre tratamiento de líquidos y lodos con filtrosfitoterrestres: el Caso Esquel.

El caso de Puerto Madryn, por mencionar uno de los más importantes que se presentaron en dicho seminario, plantea un nuevo ciclo de agua que incorpora desde la captación, potabilización, transporte, utilización, tratamiento de los efluentes líquidos cloacales y plena utilización del agua de reúso generada con el vertido cero de efluentes al Golfo Nuevo. Se lleva a cabo el reúso del 100% de los efluentes cloacales urbanos tratados y existen proyectos de investigación de potabilización de agua de reúso con energías alternativas. Se han construido diversos reservorios de esta agua tratada (tanques australianos, cuencos y lagunas) que se utilizan para realizar una carga rápida de las autobombas en caso de incendio. Es decir, el agua tratada de los efluentes cloacales de la ciudad presenta dos usos de máxima importancia para la región: el reúso del agua en riegos forestales con la consecuente generación de emprendimientos productivos y un sistema de protección contra incendios de campo en la zona de la Península de Valdés, minimizando de esta manera el consumo de agua potable y reutilizando el 100% de los efluentes cloacales urbanos tratados. Además, han avanzado sobre la reglamentación, aprobando en 2006 la Ordenanza N° 6301 “Reglamento del Reúso de los Efluentes Cloacales Tratados para Riego Forestal”. En Santa Cruz también se han realizado experiencias de reúso de aguas residuales para la forestación, lo que ha permitido cubrir una deficiencia existente en cuanto a los recursos hídricos escasos de algunas regiones de la Provincia (Esandi, J. et al, 2013).

1.2. Antecedentes sobre la gestión de los efluentes urbanos en Bahía Blanca

El impacto ambiental que genera la actividad de las empresas radicadas en el Polo Petroquímico y área portuaria de la ciudad ha llevado a la sanción de leyes particulares, como la Ley N° 12.530 en el año 2000 creando un Programa Especial para la Preservación y Optimización de la Calidad Ambiental, brindándole al Estado Municipal, a través del Comité Técnico Ejecutivo -CTE- (artículo 10º de dicha ley), la posibilidad de contar con personal y equipamiento técnico acorde para llevar adelante el control de la calidad de los cuerpos receptores, como lo son el estuario de Bahía Blanca, la atmósfera, napas y el control de la calidad de las emisiones gaseosas y descargas líquidas volcadas al estuario bahiense. En este sentido se formuló el Programa Integral de Monitoreo (PIM), en ejecución desde abril de 2002, que estructura las acciones indicadas en los artículos 1º, 2º, 4º y 9º de la Ley N° 12.530. El PIM está formado por diferentes sub programas de monitoreo y control, entre ellos los que aportan datos en relación directa con el recurso agua: *Programa de control de efluentes industriales, Programa de monitoreo de la calidad de agua del estuario, Programa de monitoreo de aguas subterráneas.* También se cuenta con la información que surge del Proyecto

“Estudio de la dinámica (espacial y temporal) de los efluentes líquidos industriales y urbanos en la zona del Polo Petroquímico y Área Portuaria de B. Bahía” (Cifuentes, O. et al; 2014), según Convenio Municipalidad de Bahía Blanca (MBB) y UTN FRBB, donde se evaluó y sistematizó los datos de los Subprogramas del PIM en el período 2001-2012.

En el mismo sentido, el Instituto Argentino de Oceanografía (IADO) lleva adelante el programa de monitoreo de la calidad ambiental del estuario, cuerpo receptor de efluentes líquidos, denominado Subprograma Ría de Bahía Blanca (MBB-UTN FRBB, 2014) donde parte de los resultados son aportados al informe del PIM en el programa de monitoreo del estuario.

La identificación de los problemas de contaminación vinculados a los vuelcos de los líquidos cloacales de la *Planta de Tratamiento Bahía Blanca* ubicada en la primera cuenca, fueron los fundamentos iniciales para solicitar que se evalué la posibilidad de avanzar en el reúso de efluentes cloacales:

- Recomendación en el *Plan Estratégico de la Municipalidad de Bahía Blanca* de realizar estudios que determinen las posibilidades técnicas y la relación costo beneficio de la utilización de agua reciclada para la industria (1998): *“La planta depuradora de líquidos cloacales de la ciudad actualmente sólo permite la retención de sólidos, descargando las aguas sin mayor tratamiento al estuario. Esta situación torna imprescindible avanzar en la construcción de las etapas siguientes a fin de evitar los problemas de contaminación en el mar...Es posible que, luego de un tratamiento secundario o terciario, las aguas puedan ser utilizadas para consumo industrial. Uno de los aspectos más importantes de esta alternativa de uso lo constituye la posibilidad que el Dique Paso de las Piedras dejara de aprovisionar a parte de la industria, pudiendo de este modo orientarse principalmente al consumo de la población..... Con respecto a la posibilidad de utilización del agua reciclada para la industria o el riego, es menester realizar estudios que determinen con mayor certeza las posibilidades técnicas y la relación costo beneficio”* (Municipalidad de Bahía Blanca, 1998).
- En el ámbito de la Comisión Asesora de Medio Ambiente del Honorable Concejo Deliberante, la Subcomisión de Aguas solicitó el control de la contaminación y preservación del medio ambiente poniendo énfasis en la contaminación provocada por el efluente cloacal (Expediente 1382/1997) y la Asociación Ambientalista del Sur realizó una presentación expresando la necesidad de evaluar el mejoramiento del tratamiento de los efluentes cloacales y la exploración de la factibilidad del reúso de los mismos para destino industrial (Expediente 741/2007).

Posteriormente, en el año 2008, el Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS) otorgó el Certificado de Aptitud Ambiental a la Empresa Aguas Bonaerenses Sociedad Anónima (ABSA S.A.), condicionando el funcionamiento de la *Planta de Tratamiento de Líquidos Cloacales de la Tercera Cuenca* ala búsqueda y desarrollo de proyectos de reutilización del efluente tendientes a vuelco cero en el estuario, por las potenciales consecuencias ambientales negativas de su localización, en un área sobre el estuario en la zona interna y aguas arriba del Balneario Maldonado⁶.

⁶Desde el inicio esta planta ha tenido un funcionamiento deficiente, generando permanentes problemas que llevaron al cierre del Balneario Maldonado en el primer año de operación de la planta y la posterior adecuación del mismo, requiriendo cambiar el agua de llenado de las piletas que originalmente se tomaban directamente de la Ría a otro sistema de captación subterránea de agua dulce.

Otro antecedente local lo constituye el desarrollo de un proyecto de recuperación de aguas residuales para su reutilización en las industrias del Polo Petroquímico de Bahía Blanca⁷. ABSA S.A. le encargó a 5 de Septiembre y a Mekorot Development and Enterprise (MDE), Empresa estatal israelí, un diseño preliminar para una planta depuradora de líquidos cloacales de la primera cuenca, que en una primera etapa podría tratar hasta 2.300 m³/hora de líquidos cloacales y en una segunda etapa (año 2030) hasta 2.600 m³/hora; a este caudal el proyecto propone adicionar unos 500 m³/hora provenientes del arroyo Napostá (MDE, 2011).

Por su parte, el Informe Final del Proyecto *“Evaluación de reúso de los efluentes cloacales de la cuenca hídrica de Bahía Blanca, con destino agrícola y/o industrial”*⁸ (Abril 2013), presenta la caracterización en calidad y cantidad de los efluentes colectados en la Planta Depuradora de Líquidos Cloacales Bahía Blanca, con el fin de establecer la posibilidad de llevar a cabo su reúso en procesos industriales y/o riego.

El antecedente más reciente lo constituye la presentación efectuada por la Asociación Industrial Química de Bahía Blanca (AIQ) en las XII Jornadas Municipales de Medio Ambiente⁹, *“Planta de Reúso de Efluentes Cloacales: una contribución sustentable al problema del agua en Bahía Blanca”*, en la cual se propone la incorporación de los efluentes cloacales de la Planta de Tratamiento de la 3° Cuenca en el reúso industrial y la relocalización del tratamiento terciario y cuaternario en la Planta ubicada en la 2° Cuenca (Ingeniero White), actualmente sin funcionamiento.

En síntesis, son pocos los antecedentes públicos e información accesible, sobre la gestión de los efluentes cloacales en Bahía Blanca, consecuentemente el avance sobre su reúso sólo se ha basado en conjeturas de caudales y calidades que no implican evaluación técnico-económica y social. Existen además, estudios de pre-factibilidades económicas y financieras sobre diferentes fuentes de abastecimiento de agua (*Plan Integral de Abastecimiento de Agua a Bahía Blanca y Gran Bahía Blanca*¹⁰, 1990 - actualización 1997), sin que entre éstas, haya sido considerada la posibilidad de utilizar el reciclado de los efluentes domiciliarios para uso industrial.

1.3. Antecedentes sobre la gestión del servicio de agua potable y desagües cloacales en Bahía Blanca

Previo al proceso de privatización, la administración y gestión de los servicios básicos de agua potable y desagües cloacales, a nivel provincial, estaba a cargo de la Administración General de Obras Sanitarias de la Provincia de Buenos Aires (AGOSBA), Zona I, compartiendo la responsabilidad de la gestión y planificación del recurso hídrico con la Dirección de Hidráulica de la Provincia de Buenos Aires (Cifuentes, O.; 2000).

A partir del 1° de julio de 1999, el servicio fue concesionado a una empresa privada (Azurix S.A.), en el marco de las privatizaciones que se dieron a partir de los '90, donde el gobierno de la Provincia

⁷Acuerdo Marco entre la Municipalidad de Bahía Blanca (MBB), la Unión Industrial Bahía Blanca (UIBB), A.B.S.A., 5 de Septiembre S.A, la Compañía Israelí de Tecnología (ITC) y MDE (2010).

⁸En el marco del Convenio entre UTN FRBB, MBB, ABSA S.A y Asociación Industrial Química Bahía Blanca (AIQ) (2010).

⁹Organizadas por la Municipalidad de Bahía Blanca, los días 25 y 26 de junio de 2015, sobre *“Residuos Sólidos Urbanos”* y *“Recursos Hídricos”*.

¹⁰Convenio entre Ministerio de Obras Públicas de la Provincia de Buenos Aires, la Universidad Nacional del Sur y el Centro de Investigaciones Científicas.

de Buenos Aires definió el “Marco Regulatorio para la prestación de los Servicios Públicos de Provisión de Agua Potable y Desagües Cloacales en la Provincia de Buenos Aires” (Ley N° 11.820/96), en el que quedaron establecidos los términos de las futuras concesiones.

Esta experiencia de gestión del servicio en manos privadas, terminó en un conflicto con la empresa adjudicataria (Azurix S.A.), agravada por la crisis en Argentina en el 2001, rescindiéndose el contrato en marzo del 2002 y dando lugar, a la constitución y conformación de la actual empresa concesionaria del servicio, Aguas Bonaerenses Sociedad Anónima (ABSA S.A.). Esta es una empresa mixta con participación mayoritaria del Estado Provincial (90 %) y el 10 % restante al Sindicato de Obras Sanitarias de la Provincia de Buenos Aires, mediante Decreto N° 517/2002, ratificado por Ley N° 12.989/2003, se transfirió el patrimonio y la obligatoriedad de brindar el servicio según el marco regulatorio ya establecido, pero sin la obligación de inversión en extensión en obras nuevas.

En la actualidad, ABSA S.A. presta servicios en 91 localidades pertenecientes a 62 partidos de la Provincia de Buenos Aires, entre las que se encuentra Bahía Blanca. En julio de 2006, sumó el área de concesión de Aguas del Gran Buenos Aires. Tiene a su cargo las tareas de captación, potabilización, transporte y distribución de agua potable, así como también, la colección, tratamiento y disposición final de las aguas residuales. En el área de concesión, posee 16 plantas potabilizadoras y 950 perforaciones, de las cuales 84 fueron construidas desde el inicio de gestión. Opera 73 plantas depuradoras de líquidos cloacales y con la incorporación de la Región Metropolitana, sumó 188 pozos y 7 plantas depuradoras de líquidos cloacales (ABSA, 2015).

CAPITULO 2

MARCO TEORICO

CAPITULO 2

MARCO TEORICO

2.1. Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) y Gobernanza del Agua

Para lograr la sustentabilidad del recurso hídrico, cada vez tiene más sentido avanzar en el desarrollo de actividades de tratamiento y reúso de aguas residuales dentro de las perspectivas de la GIRH, definida ésta como “un proceso que promueve la gestión y el desarrollo coordinados del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico resultante de manera equitativa, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales”¹¹.

La gestión integradano segrega los usos de agua ni utiliza un enfoque sectorial. Por el contrario, las decisiones acerca de la asignación y la gestión del agua consideran el impacto de cada uso sobre los demás. Al hacerlo, los propósitos interdisciplinarios de la sostenibilidad social, económica y del medioambiente se consideran de forma colectiva y las políticas intersectoriales se examinan a fin de desarrollar políticas más coherentes y coordinadas. En resumen, la GIRH reconoce que el agua es un recurso natural escaso que se encuentra sujeto a varias interdependencias en su transporte y uso.

El agua debe ser utilizada y gestionada de manera equitativa, siendo consideradas en el análisis todas las necesidades. La GIRH procura garantizar que este recurso sea utilizado para hacer avanzar las metas de desarrollo social y económico de cada país, de manera que no se comprometa la sustentabilidad de los ecosistemas vitales o amenace la posibilidad de generaciones futuras de satisfacer sus necesidades de agua. “Dada la complejidad, la incertidumbre y la creciente vulnerabilidad de los sistemas tanto naturales como humanos, los gestores del agua de todo el mundo están de acuerdo en que la única manera de salir adelante pasa por un enfoque inclusivo e integrado de la gestión de los recursos hídricos (GIRH), que reconozca la necesidad de asegurar un sistema holístico de protección”¹².

En la actualidad los esfuerzos para comprender los problemas vinculados al agua, se focalizan en el estudio de su gobernanza¹³. Los conceptos de gestión sustentable del recurso han transformado el paradigma anterior, centrado en obras para responder a una demanda creciente, hacia la GIRH, que considera las dimensiones social, ambiental económica e institucional y el concepto central de la cuenca como unidad de gestión (Hidalgo Toledo, 2008). Este paradigma ha sido incorporado por todos los organismos internacionales en estas últimas dos décadas y ha impactado en el desarrollo de un proceso de innovación normativa a nivel de los países con la evolución en las políticas hídricas en tres ejes: integralidad, descentralización y participación (Gutiérrez R, 2011).

“La buena gobernabilidad se define como el ejercicio de la autoridad económica, política y administrativa de manejar los asuntos de un país en todos los niveles y ello comprende los mecanismos, procesos e instituciones, a través de los cuales los ciudadanos y los grupos articulan sus intereses, ejercitan sus derechos legales, cumplen sus obligaciones y resuelven sus diferencias”,

¹¹Comité de Asesoramiento Técnico de la Asociación Mundial del Agua (GWP TAC, sigla en inglés, 2000).

¹²Segundo Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo. (2006)

¹³4° Foro Mundial del Agua en México (2006); 5° Foro Mundial del Agua en Estambul, Turquía (2009); 6° Foro Mundial del Agua en Marsella, Francia (2012).

así lo define el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo¹⁴. En el mismo documento, se refiere al reto de la gobernabilidad del agua en la región, que consiste en hacer visible el agua como recurso fundamental para el desarrollo y a partir de ello, introducir en el proceso político de toma de decisiones, el componente hídrico como recurso clave del desarrollo social, económico y ambiental; organizando las medidas urgentes del agua en función de objetivos de mediano y largo plazo para construir condiciones sostenidas en favor de la seguridad hídrica y la **gobernabilidad eficaz del agua**, definida esta última como el “*rango de los sistemas políticos, sociales, económicos y administrativos que se establecen para desarrollar y manejar los recursos hídricos y el suministro de agua en los diferentes niveles de la sociedad*”.

La posibilidad de contar con una nueva “fuente de agua” a partir del tratamiento de aguas residuales que aseguren su aptitud para desarrollar diversas actividades, se ha convertido en una alternativa que crece sostenidamente como una opción necesaria desde la perspectiva de la sustentabilidad y que valoriza el recurso “agua dulce”, cada vez más escaso y valioso, crítico tanto para la vida como para el desarrollo de las comunidades (Urbano Díaz et al., 2006).

El agua, además de ser un bien de dominio público, se convierte en un bien económico cuando se desarrollan actividades de uso, recuperación, tratamiento y el agua regenerada se destina al reúso en el sector productivo. Este aspecto debe estudiarse para determinar cómo este nuevo bien se incorpora en el mercado actual del agua, cuál es el rol del Estado y de los sectores productivos en este proceso, etc. La proyección en la utilización de esta nueva fuente de agua no puede estar separada de una estrategia vinculada a que el mercado del agua incorpore gradualmente los costos de su disponibilidad (Escalante et al., 2003).

“El agua tiene un valor económico en todos sus diversos usos a los que se destina y debería reconocerse como un bien económico”, según se reconoce en la Declaración de Dublín sobre el Agua y el Desarrollo Sostenible (1992). Pero es necesario hacer una distinción entre el **valor, costo y precio del agua**. El agua tiene distintos **valores económicos** en sus diferentes usos y tiene un **costo económico** de suministro, que también varía en diferentes situaciones y para diversos fines. El agua entregada a un usuario particular, en un lugar específico, en cierto momento tiene un beneficio económico, pero también conlleva un costo económico. La relación entre el beneficio específico y el costo específico es la base de la justificación *económica* para abastecer a ese usuario. Finalmente, el **precio** del agua es una transacción financiera o fiscal entre el proveedor y el usuario, la cual generalmente está controlada por autoridades públicas y a veces tiene poca relación con su valor en usos específicos o con su costo de suministro (FAO, 2013).

2.2. Evaluación de Proyectos bajo el enfoque Costo – Beneficio

“Un proyecto es la fuente de costos y beneficios que ocurren en distintos períodos de tiempo” (Fontaine, E.; 2008), es decir, cuando se realiza un proyecto se asignan recursos (costos) para generar bienes o servicios que satisfacen necesidades (beneficios). “La evaluación económica de proyectos compara los costos con los beneficios económicos que éstos generan para así decidir sobre la conveniencia de llevarlos a cabo. Es decir, la medida en que el sacrificio económico derivado de la ejecución y operación es compensado por la producción de los bienes y servicios del proyecto” (Mendoza, M.V.; 2001).

La evaluación económica de proyectos es una herramienta para tomar decisiones en la asignación de recursos escasos, es un método para evaluar proyectos usando criterios objetivos y

¹⁴GWP (2002), en Colom de Morán, E. y Ballesteros, M. (2003).

racionales. Para llevar adelante una evaluación económica deben cumplirse una serie de condiciones: el proyecto debe tener límites claros, sus efectos deben ser identificables y el conjunto de costos y beneficios cuantificables y posibles de valorar. En la mayoría de este tipo de evaluaciones se utiliza un análisis *costo-beneficio*, que tal como su nombre indica, identifica y compara los costos y beneficios esperados de la propuesta y ofrece una regla de decisión (los beneficios deben ser mayores que los costos) y un criterio para comparar y clasificar propuestas: la magnitud de los beneficios netos (*Valor Actual Neto*) (FAO, 2013).

En general, los proyectos de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) se pueden clasificar en: construcción, ampliación y mantenimiento. Las causas que dan origen a los proyectos de construcción y/o ampliación de PTAR son muy variadas, siendo las más frecuentes: el aprovechamiento del agua tratada para actividades económicas, la falta de capacidad para el tratamiento total de las aguas residuales, el vertido de aguas residuales que tienen un efecto nocivo en alguna actividad económica o en la salud de la población o por el incumplimiento de la normativa de los parámetros de vuelco. Cualquiera que sea de ellas, no es condición suficiente para llevar a cabo proyectos de inversión que las eviten, sin antes realizar un estudio de evaluación que determine que es conveniente ejecutarlo, porque suele suceder que un proyecto resuelva la problemática planteada, pero los costos de llevarlo a cabo no compensen los beneficios que se obtendrán (CEPEP; 2010).

La evaluación de un proyecto puede realizarse de dos maneras: privada y/o social.

- La evaluación económica **desde el punto de vista social (socioeconómica)** considera como costos y beneficios de un proyecto a **todos** aquellos que se producen debido a su emprendimiento, independientemente de quién o quiénes sean los sujetos que perciben los beneficios o incurren en los costos. Se interesa por la situación de la comunidad como un todo, analizando si se verá beneficiada por la realización de un determinado proyecto.
- La **evaluación económica desde el punto de vista privado** tiene en cuenta sólo los costos y beneficios que debe enfrentar un productor u organismo individualmente considerado, generalmente los directos.

Los proyectos de construcción de PTAR son evaluados generalmente mediante un análisis Costo – Beneficio, es decir una evaluación socioeconómica que permite identificar, cuantificar y valorar monetariamente los costos y beneficios que un proyecto rinde para la sociedad y estimar si conviene o no llevarlo a cabo, como se indicó precedentemente. Para ello se compara la situación sin proyecto versus la situación con proyecto y se obtienen los efectos atribuibles exclusivamente a su realización (directos, indirectos y externalidades¹⁵). Los efectos de difícil cuantificación y que no se pueden valorar, se los denomina intangibles, aunque éstos, como mínimo, deben ser identificados para que se dé una descripción lo más completa posible de los resultados del proyecto (CEPEP; 2006). La evaluación socioeconómica permite conocer, dentro de cierto grado de error, si el monto de los beneficios que se espera derivar de la ejecución de un proyecto supera los costos que éste implica. Por su naturaleza, la respuesta tiene que ser cuantitativa y monetaria y por ello requiere de técnicas y metodologías especiales para cuantificar y valorar los costos y beneficios.

En la evaluación socioeconómica de proyectos, se hace el supuesto de que todas las adquisiciones se hacen de riguroso contado, con el objeto de que las posibles fuentes de financiamiento no afecten la decisión de llevar a cabo el proyecto. Es decir, primero se hace la evaluación

¹⁵En la sección siguiente (2.2.1.) se aclara el significado de estos conceptos.

socioeconómica del proyecto “puro”, y si acaso resulta rentable, entonces se analizan las posibles fuentes de financiamiento con el fin de seleccionar la mejor (CEPEP; 2006). En este trabajo, únicamente se realizara la evaluación “pura” del proyecto, mediante la utilización de la tasa social de descuento, es decir sin contemplar el efecto de las distintas propuestas de financiamiento dirigidas a su concreción.

2.2.1. Clasificación de los Efectos del Proyecto

Como se mencionó anteriormente, los efectos atribuibles a un proyecto desde el punto de vista social se clasifican en: **directos, indirectos, externalidades e intangibles.**

Los beneficios directos representan el *verdadero valor* que tiene para el país el hecho de recibir las cantidades que produce el proyecto. Los costos directos representan *el verdadero valor* que tiene para el país las cantidades de insumos que deben utilizarse para construir y operar el proyecto (CEPEP; 2004). Cuando esos *verdaderos valores* se calculan por unidad del bien, toman el nombre de precios sociales. Para llegar a estimar los precios sociales de los distintos bienes y servicios, se parte de los precios privados, es decir de los precios de mercado y se les hacen ajustes que estarán en función de las distorsiones existentes en los respectivos mercados (Ver apartado 2.2.3.1).

Los efectos indirectos (positivos o negativos) existirán si el proyecto ocasiona modificaciones en los mercados de bienes relacionados (sustitutos o complementarios) y esos mercados están distorsionados¹⁶ (CEPEP; 2004). De lo contrario, estos efectos siempre son iguales a cero.

Es decir, si por la ejecución del proyecto se modifica el precio del bien que produce o de los insumos que utiliza, entonces habrá un cambio en la demanda de los bienes relacionados. Esto hace que cambien las cantidades consumidas y producidas del bien, lo que implicaría un beneficio indirecto (en caso de que aumentara la cantidad consumida) y un costo indirecto (al aumentar el consumo del bien, tendría que producirse más del mismo, lo que implicaría un costo). Los efectos indirectos deben calcularse como la diferencia entre el beneficio indirecto y el costo indirecto, de tal manera que se tenga un efecto neto, que reflejaría la ganancia o pérdida para el país por la afectación de los mercados relacionados con el proyecto (CEPEP; 2008). Se puede decir que los beneficios indirectos los obtienen personas que no utilizan el proyecto, pero que reciben un beneficio porque el proyecto está operando; mientras que un costo indirecto lo reciben quienes no utilizan el proyecto, pero que se ven afectados por la operación del mismo (CEPEP, 2004).

Las externalidades son los efectos del proyecto en mercados distintos a los del bien o servicio que se produce y que no son complementarios o sustitutos de este mismo bien (ya que estos efectos se consideran dentro de los efectos indirectos) y son efectos que no tienen incluida su correspondiente transacción monetaria. Las externalidades pueden ser negativas o positivas, dependiendo si ocasionan un daño o un beneficio a la comunidad (CEPEP; 2004). *“Una externalidad negativa (o coste externo), ocurre cuando la acción de un individuo resulta en pérdidas de bienestar no compensadas para otro”.* Esta pérdida de bienestar tiene dos características esenciales: es un *efecto unilateral* (quien la padece, no pudo decidir si quería padecerla o no, ni qué pérdida de bienestar estaba dispuesto a asumir) y por otro lado, es una *pérdida de bienestar sin compensación*,

¹⁶Se puede decir que un mercado está distorsionado si, para la(s) cantidad(es) de equilibrio, el beneficio marginal social de esa actividad no coincide con su costo marginal social. El origen de la distorsión puede ser por la existencia de: a) acciones del gobierno sobre los mercados, tales como impuestos específicos al consumo o a la producción, impuestos a las importaciones o a las exportaciones, cuotas, etc.; b) fallas del mercado, tales como monopolios, externalidades e información incompleta, etc. (CEPEP; 2008).

puesto que si la pérdida fuese compensada, la externalidad, desde un punto de vista económico, no existiría (Delacámara, G., 2008).

Los efectos intangibles son costos o beneficios que surgen como consecuencia del proyecto y que son de difícil medición e incluso, en ocasiones, de identificación (CEPEP; 2004).

2.2.2. Identificación y Cuantificación de Costos y Beneficios

El criterio general a tener en cuenta para determinar los costos y beneficios relevantes para un proyecto, es considerar todos aquellos costos y beneficios que se producirán si se emprende el proyecto y que no se producirían si no se realiza (Mendoza, M.V; 2001).

2.2.2.1. Costos

De manera general, cualquier proyecto de ampliación y/o construcción de una PTAR incurre en los siguientes costos:

- **Costos de inversión:** se dan generalmente al inicio del proyecto y se refiere a la utilización de recursos humanos y materiales para construir las obras requeridas por el proyecto y su equipamiento.
- **Costos de operación y mantenimiento:** se dan generalmente en forma anual y se refiere a la utilización de recursos humanos y materiales para operar y mantener el servicio en un nivel adecuado.

La manera de cuantificar estos costos es mediante las cantidades de cada insumo (en unidades físicas) que el proyecto utilizará (por unidad de tiempo).

2.2.2.2. Beneficios

Los beneficios más importantes de una PTAR están relacionados con el uso que tendrá el agua tratada producida, ya que económicamente no sería muy rentable destinar recursos al tratamiento del agua, para que ésta no tenga uso alguno (CEPEP; 2010). Estos forman parte de los **beneficios directos** y representan la cantidad total de bienes y servicios que estarán a disposición de los consumidores debido a la construcción del proyecto y su cuantificación se hace a partir de las cantidades consumidas de cada uno de los bienes que produce el proyecto (por unidad de tiempo).

También se deberán identificar y cuantificar otros beneficios del proyecto, que se pueden resumir básicamente en:

- aquellos **beneficios indirectos** por el hecho de que, como consecuencia del proyecto, se ven afectados mercados de bienes relacionados (sustitutos o complementarios), como ser el de agua potable/cruda.
- la **reducción o eliminación de externalidades negativas**, es decir, reducción o eliminación de los efectos negativos (malos olores, fauna, flora, enfermedades, mejoramiento de la calidad del agua, etc.) provocados por el vertimiento de aguas residuales sin tratar a los cuerpos receptores, etc.

Más allá de los beneficios cuantificados en el análisis Costo-Beneficio, existen una serie de efectos positivos en los proyectos de reutilización del agua como la creación de empleos, efectos multiplicadores a nivel regional, vínculos hacia adelante y hacia atrás en la economía local y regional, etc. La convención normal consiste en tratar los proyectos como *marginales*, en el sentido de que no tienen un efecto sustancial en otros sectores o proyectos y que no afectan de gran manera el precio de sus mayores insumos o productos. Un proyecto puede tener *vínculos hacia adelante* al beneficiar sectores que utilizan su producto (por ej., agua de riego, agua adicional para el uso urbano o industrial) o *vínculos hacia atrás* con quienes suministran los insumos de un proyecto (por ej., servicios de extracción, equipos de tratamiento de agua, mantenimiento) (FAO, 2013).

Por último, se deberá al menos identificarlos **beneficios intangibles** que no susceptibles de una valoración económica adecuada.

2.2.3. Valoración de Costos y Beneficios

Una vez identificados y cuantificados los costos y beneficios, a efectos de evaluar el proyecto, se deben valorar los mismos (cuantificar monetariamente). Debido a la diferente naturaleza física de los bienes o servicios se hace necesario encontrar un denominador común que es la unidad monetaria. En este sentido, la estimación de beneficios y costos consiste en asignar precios a los bienes y servicios, a los recursos y a los factores productivos que entrega o usa el proyecto respectivamente (Mendoza, M.V; 2001).

Para valorar los costos y beneficios directos e indirectos se utilizan **precios sociales** (también conocidos como precios sombra o precios de cuenta), que representan el verdadero valor que para la sociedad significa contar con una unidad adicional de un bien o servicio, o el verdadero costo en que incurre cuando utiliza una unidad de un bien o servicio para la producción de otros bienes o servicios (CEPEP; 2006).

En el caso de las **externalidades** (positivas o negativas), para su valoración económica existen diferentes métodos que están internacionalmente aceptados y se detallan en el apartado 2.2.3.2.

2.2.3.1. Precios Sociales

Los precios sociales pueden ser muy diferentes de los precios de mercado cuando existen distorsiones en la economía originadas por la acción del gobierno (subsidios o impuestos), por la inacción del gobierno (monopolios o sindicatos), o bien, puede simplemente no existir un mercado y por tanto tampoco un precio, aunque sea distorsionado. El ajuste más simple que se hace en la evaluación social de proyectos consiste en eliminar tanto de los costos como de los beneficios el efecto de cualquier impuesto o subsidio que afecten o reciban los bienes o servicios involucrados (CEPEP; 2006). Cuando el proyecto involucra mercados sin distorsiones, la evaluación socioeconómica y la evaluación privada tienen los mismos resultados (CEPEP; 2008).

El cálculo de precios sociales se deberá basar en los siguientes criterios y simplificaciones:

- Los precios sociales no deben incluir impuestos ni aranceles, ya que estos corresponden sólo a transferencias.
- El precio social de los bienes subsidiados debe incluir el monto del subsidio.

- El precio social de los bienes importados se calculará descontando el arancel promedio y aplicando el precio social de las divisas.
- El precio social de los bienes no importados se calculará a partir de su precio privado.

Aunque en muchas ocasiones no se cuenta con los precios sociales para la evaluación, se pueden utilizar los llamados precios sociales "clave" que son: el precio social de la divisa, la tasa social de descuento y el precio social de la mano de obra. Se les llama clave porque se utilizan en la evaluación de cualquier proyecto (CEPEP, 2004). A continuación se presentan los principales criterios para determinar los precios sociales de los bienes producidos o insumos empleados por el proyecto se comparan diferentes precios sociales de algunos países de América Latina. Todo otro rubro que no esté contenido en los especificados aquí, será valuado considerando una razón de precio cuenta unitaria¹⁷.

En particular, el empleo del precio social de la mano de obra y el precio social de la divisa permiten calcular las razones de precios de cuenta (RPC), definidas como el cociente entre precio social y precio de mercado de un bien o un servicio. Por ejemplo, la RPC correspondiente al bien X es igual a:

$$RPC_x = \text{Precio Social de X} / \text{Precio de Mercado de X}$$

Respecto a la aplicación de los precios sociales, se puede seguir el criterio de ONUDI¹⁸ como se verá más adelante. Salvo mejor criterio, resulta impracticable el análisis en economías como la de Argentina. Es por ello que adoptan como enfoque precios efectivos con algunos reajustes, como ser, analizar los precios principales del proyecto (bien final e insumos) e identificar si hay distorsiones. Los reajustes serán para los bienes o recursos con montos más significativos y entre éstos, priorizando donde los precios estén más distorsionados.

2.2.3.1.1. Tasa Social de Descuento

La tasa social de descuento (TSD) representa el costo efectivo en que incurre la sociedad por utilizar recursos en un proyecto. Estos recursos provienen de: *menor consumo* (lo que implica necesariamente mayor ahorro), *menor inversión privada* y *menor inversión del sector externo*. Por lo tanto, se puede establecer que depende de: la *tasa de preferencia intertemporal de consumo* (sacrificio para los consumidores por el hecho de entregar recursos al proyecto que podrían consumir directamente), de la *rentabilidad marginal del sector privado* (costo para el país de las inversiones sacrificadas como consecuencia de asignar recursos al proyecto) y de la *tasa de interés de los créditos externos*. A la TSD se la utiliza, como se verá más adelante, para actualizar los flujos de costos y beneficios futuros de un proyecto y de esa manera obtener el valor presente de ambos para poder, no solo determinar la conveniencia de llevar a cabo un proyecto, sino también comparar proyectos que tienen estructuras temporales distintas y de esta manera tener la posibilidad establecer un orden de prioridades en cuanto a la utilización de los recursos disponibles (Carón, M. y Vicente, P.; 2012).

En la Tabla N° 2 se muestra la Tasa Social de Descuento para diferentes países de América Latina.

¹⁷Una razón de precio cuenta unitaria (RPC=1) implica que *Precio de mercado = Precio social*.

¹⁸“Manual para la evaluación de proyectos industriales” (1982). Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI). Naciones Unidas

Tabla N° 2.-Tasa Social de Descuento

PAIS	TSD	REFERENCIAS
Argentina	12 %	Resolución N° 110/96 de la Secretaría de Programación Económica * (1996) ¹⁹
Bolivia	12,67 %	Resolución Ministerial N° 159, La Paz, 22 de septiembre de 2006 ²⁰
Chile	6 %	Precios Sociales Vigentes 2015. Ministerio de Desarrollo Social ²¹
Colombia	12 %	Manual Metodológico General para la identificación, preparación y evaluación de programas o proyectos madre (2005). Pág. 111
México	10 %	México: Estimación del costo de oportunidad del capital para proyectos de inversión pública (Enero 2014). Secretaría de Hacienda y Crédito Público ²² .
Perú	9 %	Anexo SNIP 10. Parámetros de evaluación. Anexo Modificado por RD 002-2013. Directiva General del Sistema Nacional de Inversión Pública ²³
Uruguay	7,5 %	Precios Sociales y Pautas Técnicas para la Evaluación Socioeconómica. Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP). (Octubre 2014). Presidencia, Oficina de Planeamiento y Presupuesto. Uruguay ²⁴

* Derogada por Res. N° 13/2001. No se dispone de información más actualizada.

Fuente: Elaboración propia con base en información “Presupuesto y Evaluación de Inversiones Públicas”. Eduardo Aldunate, Experto. Área de Políticas Presupuestarias y Gestión Pública ILPES/CEPAL (2007)

En este trabajo, dado que no se dispone de información actualizada que determine la Tasa de Descuento Social para Argentina, se tomara en cuenta el costo de endeudamiento en dólares, cuyo valor al momento de la evaluación se encontraba en el 9 %²⁵. Esta tasa debe ser la real, no la nominal, por lo que para el presente análisis se considerara como tasa real dada la baja inflación en dólares.

2.2.3.1.2. Valor Social de la Mano de Obra

El precio social de la mano de obra refleja el costo de oportunidad para la sociedad por emplear un trabajador adicional de cierta calificación en un proyecto o en la producción de sus insumos. Está condicionado a la existencia de distorsiones como desempleo, salario mínimo y aportes previsionales e impuestos.

A los efectos de la evaluación privada, corresponde computar el precio de demanda de la mano de obra, que incluye el total del costo unitario que representa esa mano de obra para el empleador (no solo lo que se le paga al empleado sino también todos los adicionales que debe pagar la empresa, tales como seguros por enfermedad, accidentes, aportes jubilatorios, etc.).

¹⁹ <http://www.mecon.gov.ar/digesto/resoluciones/spe/1996/resolspe110.htm>

²⁰ <http://www.iidee.net/archivos/Inversion/%20Fconv%20Bolivia.pdf>

²¹ <http://sni.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/fotos/Precios%20Sociales%20Vigentes%202015.pdf>

²² http://hacienda.gob.mx/EGRESOS/ppi/tasa_social_bibli/resumen_banco_mundial_soberana.pdf

²³ [https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/anexos/2014/Anexo-SNIP-10-Parametros-de-Evaluaci-DNMC-04-02-2014-\(4\)-\(3\).pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/anexos/2014/Anexo-SNIP-10-Parametros-de-Evaluaci-DNMC-04-02-2014-(4)-(3).pdf)

²⁴ http://www.opp.gub.uy/images/Precios_y_pautas.pdf

²⁵ La Provincia de Buenos Aires y la Provincia de Neuquén, han sido los únicos dos distritos que lograron colocar deuda como consecuencia de la salida del default y, entre ambas, emitieron un total de US\$ 1.485 millones a una tasa promedio del 9%. <https://igdigital.com/2016/05/las-empresas-sufren-el-costo-de-endeudarse-en-dolares/>

El precio social de la mano de obra resulta de aplicar un factor de corrección o de ajuste – RPC - (ver Tabla N° 4) al salario bruto o costo para el empleador de la mano de obra (costo privado). Se calcula para cada categoría: calificada, semicalificada y no calificada, las cuáles se detallan a continuación:

- **Mano de obra No Calificada:** trabajadores que desempeñan actividades cuya ejecución no requiere de estudios ni experiencia previa, por ejemplo: jornaleros, cargadores, personas sin oficio definido.
- **Mano de obra Semicalificada:** trabajadores que desempeñan actividades para las cuales no se requiere estudios previos y que, teniendo experiencia, ésta no es suficiente para ser clasificados como mano de obra calificada.
- **Mano de obra Calificada:** trabajadores que desempeñan actividades cuya ejecución requiere estudios previos o vasta experiencia. Por ejemplo: profesionales, técnicos, obreros especializados. Entre estos últimos se debe considerar Capataces y Oficiales de Primera en general, ya sean mecánicos, electricistas, albañiles, pintores, carpinteros u otros.

En la Tabla N° 3 se presentan las fórmulas generales para la obtención de los precios sociales de las diferentes calificaciones de mano de obra.

Tabla N° 3.- Fórmulas para la obtención de precios sociales de Mano de Obra

Calificación de la Mano de Obra	Fórmula de cálculo del precio social
Calificada	Costo para el empleador (*) x RPC _{MO Calificada}
Semicalificada	Costo para el empleador (*) x RPC _{MO Semicalificada}
No Calificada	Costo para el empleador (*) x RPC _{MO No Calificada}

(*) Incluye todos los aportes exigidos por leyes sociales (aportes personales y patronales).

Fuente: Elaboración propia con base en información Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP), Uruguay (Octubre 2014)

La Tabla N° 4 presenta las razones de precio de cuenta (RPC) específicas a utilizar, según nivel de calificación, de algunos países de América Latina:

Tabla N° 4.- Razón Precio de Cuentade la Mano de Obra

PAIS	CATEGORIA	RPC	REFERENCIAS
Argentina	Calificada	0,80	Apuntes sobre Evaluación de Proyectos: Factibilidad Económico – Social. (2001) ²⁶
	No calificada	0,65	
	No calificada Para Pcia. de Bs. As. (excepto Capital y Pdos. del Conurbano)	0,878	Resolución N° 110/96 de la Secretaría de Programación Económica * (1996)
Uruguay	Calificada	1,00	Precios Sociales y Pautas Técnicas para la Evaluación Socioeconómica. SNIP (Octubre 2014). Presidencia, Oficina de Planeamiento y Presupuesto. Uruguay
	Semicalificada	0,54	
	No calificada	0,64	
Bolivia	Calificada	1,00	Resolución Ministerial N° 159, La Paz, 22 de septiembre de 2006
	Semicalificada	0,43	
	No calificada urbana	0,23	
	No calificada rural	0,47	
Chile	Calificada	0,98	Precios Sociales Vigentes 2015. Ministerio de Desarrollo Social
	Semicalificada	0,68	
	No calificada	0,62	
Colombia	Calificada	1,00	Manual Metodológico General para la identificación, preparación y evaluación de
	No calificada	0,60	

²⁶ Valeria Mendoza, Apuntes sobre Evaluación de Proyectos: Factibilidad Económico – Social (2001). Centro de Economía, Legislación y Administración del Agua. Instituto Nacional del Agua (INA). Mendoza. Argentina.

programas o proyectos madre (2005) ²⁷ . Pág 228				
Perú	No calificada	Urbano	Rural	Anexo SNIP 10. Parámetros de evaluación. Anexo Modificado por RD 002-2013. Directiva General del Sistema Nacional de Inversión Pública.
	Lima Metropolitana	0,86		
	Resto Costa	0,68	0,57	
	Sierra	0,60	0,41	
	Selva	0,63	0,49	
México	Calificada	1,00	Precio social de la divisa, costo social de la mano de obra, tasa social de descuento en la economía mexicana. CEPEP (1995) ²⁸	
	Semicalificada	0,8		
	No calificada	0,7		

* Derogada por Res. N° 13/2001. No se dispone de información más actualizada.

Fuente: Elaboración propia con base en información “*La Evaluación Social de Proyectos en América Latina. Usos y Desafíos*”. Eduardo Aldunate, Experto. Área de Políticas Presupuestarias y Gestión Pública ILPES/CEPAL.

Las razones precio de cuenta (RPC) para ajustar los valores de mercado en este trabajo se observan dentro de los vigentes en los países latinoamericanos del análisis y son:

- 0,725 (promedio entre Mano de Obra calificada y no calificada) para ajustar la Mano de Obra de la inversión inicial.
- 0,80 (Mano de Obra Calificada) para ajustar Mano de Obra de gastos operativos y de mantenimiento.

2.2.3.1.3. Valor Social de la Divisa

Un proyecto consume y produce bienes y servicios. Estos pueden ser transables (exportables o importables) o no transables (cuando su precio interno se determina por la demanda y oferta interna). Los productos exportados generan divisas y los productos que sustituyen importaciones liberan divisas, mientras que los insumos importados demandan divisas. Si hay subsidios o impuestos a las importaciones (aranceles) o a las exportaciones, el valor privado de la divisa será diferente del social. Para obtener los precios sociales o precios de cuenta en función del tipo de bien, se aplican las siguientes fórmulas (Tabla N° 5):

Tabla N° 5.- Fórmulas para la obtención del precio social en función del tipo de bien

Tipo de Bien		Productos <i>provistos por el proyecto</i> (precios para calcular beneficios)	Insumos <i>utilizados por el proyecto</i> (precios para calcular costos)
Transables	Importables	$\text{Precio CIF (en moneda local)} \times \text{RPC}_{\text{Divisa}}$	
	Exportables	$\text{Precio FOB (en moneda local)} \times \text{RPC}_{\text{Divisa}}$	
No transables		$\text{Precio de oferta} + \text{impuestos} - \text{subsidios}$	$\text{Precio de demanda} - \text{impuestos} + \text{subsidios}$

Fuente: Elaboración propia con base en información Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP), Uruguay (Octubre 2014)

Los *bienes y servicios transables* son aquellos que se comercian corrientemente entre los países. El precio relevante para un comprador o vendedor local de un bien transable es, en términos generales, el *precio internacional*.

²⁷ <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Inversiones%20y%20finanzas%20pblcas/Manual%20Metodo%20Gral%20Identificac%20Preparac%20Proys%20Madre.pdf>

²⁸ El precio social de la mano de obra ya no aplica, debe considerarse el precio de mercado vigente. “Measuring Social Opportunity Cost of Labor in the Presence of Dual Labor Markets in Mexico”, (2013). Sylvia Beatriz Guillermo Peón.

Para el caso de *bienes importados*, el precio relevante es el precio CIF²⁹ (precio del bien importado puesto en el puerto local, que incluye todos los costos de transporte y seguro desde el puerto de origen). Lo mismo ocurre con *bienes nacionales* que sustituyen importaciones.

En el caso de *bienes transables* que son *exportables*, porque los costos locales son competitivos con el precio internacional, lo que permite su exportación al exterior, el precio relevante es el llamado precio FOB³⁰ (precio del bien puesto a bordo en el puerto local, que incluye costos de transporte hacia el puerto y gastos portuarios de embarque, ambos sin impuestos).

Los *bienes y servicios no transables* se caracterizan por no ser comercializables en el mercado internacional, sea por razones intrínsecas del bien (ejemplo: altos costos de transporte) o porque existe alguna normativa que restringe su comercialización a nivel nacional (ejemplo: prohibición de importación o monopolios legales). Por tanto el mercado relevante para los bienes no transables es el mercado doméstico, donde el precio local es el que se ajusta para corregir los desequilibrios entre la oferta y demanda local.

Ahora bien, el **precio social de la divisa** es el costo alternativo para el país, cuando un proyecto utiliza divisas y surge por la existencia de aranceles a las importaciones que producen una diferencia entre el valor privado y social de éstas. Mientras más altos sean los aranceles, mayor será el precio social de la divisa. La razón precio de cuenta de la divisa debe ser aplicada a todos aquellos equipos, maquinarias o materiales que son de origen importado y que serán utilizados en un proyecto. Es decir, que es necesario utilizar el precio social de la divisa si el proyecto:

- importa insumos o bienes de capital para su realización
- si la producción puede ser exportada (y con ello se generan divisas)
- si se sustituyen importaciones (es decir, se ahorran divisas).

El precio social de la divisa o *tipo de cambio social* (TCS) es el valor que tiene para la sociedad cada unidad de divisa y se puede obtener de la siguiente manera:

$$TCS = RPCD * TCM$$

Dónde:

TCS: tipo de cambio social (definido como \$/dólar).

RPC_D: RPC de la divisa.

TCM: tipo de cambio de mercado (definido como \$/dólar).

Por ejemplo, supongamos que la razón precio de cuenta de la divisa es 1,01; lo que significa que si el dólar vale privadamente 14 \$/USD, el valor social es 14 \$/USD * 1,01 = 14,14 \$. El valor social no debe incluir el arancel, ya que es un impuesto. La Tabla N° 6 presenta la razón de precio de cuenta de la divisa para diferentes países latinoamericanos.

²⁹CIF ("Cost, Insurance and Freight"), significa "Costo, seguro y flete". El precio CIF es el precio que tiene incluidos todos los costos en los que debe incurrir el importador local para tener disponible el producto en el puerto de destino.

³⁰FOB ("Free onBoard"), significa "Puesto a bordo del barco". El precio FOB es un término utilizado en la compraventa internacional que resume el esfuerzo económico del exportador para poner el producto a bordo del buque que las transportará y en el puerto de embarque. Los riesgos de pérdidas y/o daños de las mercancías son transferidos al importador del exterior, los gastos de flete y del seguro también.

Tabla N° 6.- Razón Precio de Cuenta de la Divisa

PAIS	RPC	REFERENCIAS
Argentina	1,00 (Material y equipo nacional)	Apuntes sobre Evaluación de Proyectos: Factibilidad Económico – Social. (2001)
	0,714 (Energía)	
Bolivia	1,24	Resolución Ministerial N° 159, La Paz, 22 de septiembre de 2006
Colombia	1,18	Manual Metodológico General para la identificación, preparación y evaluación de programas o proyectos madre (2005). Pág. 228
Chile	1,01	Precios Sociales Vigentes 2015. Ministerio de Desarrollo Social
Perú	1,02	Anexo SNIP 10. Parámetros de evaluación. Anexo Modificado por RD 002-2013. Directiva General del Sistema Nacional de Inversión Pública.
Uruguay	1,21	Precios Sociales y Pautas Técnicas para la Evaluación Socioeconómica. SNIP (Octubre 2014). Presidencia, Oficina de Planeamiento y Presupuesto. Uruguay
México	1,061 (*)	Precio social de la divisa, costo social de la mano de obra, tasa social de descuento en la economía mexicana. CEPEP (1995) ³¹
	0,9969 (**)	Evaluación socioeconómica de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “San Pedro Ahuacatlán II”, en San Juan del Río, Querétaro. México (2007)

(*) Bienes Comerciales internacionalmente.- Deducción arancel promedio: 6,22 %

(**) Bienes Comerciales (excepto energía eléctrica -1,00- y disposición de lodos -0,90-)

Fuente: Elaboración propia con base en información “La Evaluación Social de Proyectos en América Latina. Usos y Desafíos”. Eduardo Aldunate, Experto. Área de Políticas Presupuestarias y Gestión Pública ILPES/CEPAL.

En general, el tipo de cambio reajustado para fines de evaluación de proyectos va asociado a la situación de balanza de pagos del país. Para países con déficit en la balanza de pagos se requiere un ajuste en el costo social de la divisa (un tipo de cambio mayor al de mercado). La idea es un tipo de cambio que tienda al equilibrio de la cuenta corriente (ONUDI, 1982). En este sentido, se realizó el cálculo del tipo de cambio reajustado siguiendo la metodología propuesta por Naciones Unidas³² con los datos de la estimación del Balance de Pagos elaborado por el INDEC, serie 2000-2015. Los resultados obtenidos³³ no fueron suficientemente confiables, por lo que se decidió trabajar con el tipo de cambio de mercado (USD junio 2016) como aproximación al tipo de cambio social (razón precio cuenta de la divisa = 1), fundado en la serie de medidas que se han venido llevando a cabo por el actual gobierno: eliminación de las restricciones en el mercado cambiario (salida del cepo al dólar, límites para ingresar y retirar divisas) con un tipo de cambio único, la quita y reducción de las retenciones en el agro, la quita de los límites en las exportaciones de carne, la apertura de las importaciones, entre otras. Por lo tanto, el tipo de cambio social es de 14,24 \$/dólar³⁴ (junio 2016).

2.2.3.2. Valoración Económica del Medio Ambiente

“Valorar económicamente el medio ambiente significa poder contar con un indicador que refleje la importancia que el medio ambiente y los recursos naturales tienen en el bienestar de la sociedad. En este sentido, lo más adecuado sería emplear un denominador común que permitiera realizar

³¹El precio social de las divisas ya no aplica, debe considerarse el precio de mercado vigente(CEPEP, 2015) <http://www.cepep.gob.mx/es/CEPEP/Materiales>

³²Tipo de cambio reajustado (Pág. 130). Manual para la evaluación de proyectos industriales. ONUDI, 1982.

³³TCR: 0,986 (Período 2000-2015) y 1,086(Período 2010-2015).

³⁴Promedio de la cotización diaria durante el mes de junio 2016.

comparaciones entre las personas y cuantificar de alguna manera la subjetividad que representan los cambios en el bienestar de un individuo o de la sociedad ante variaciones en las condiciones ambientales. En tales condiciones, el análisis económico ofrece el uso del valor monetario como alternativa e instrumento de medición de los cambios subjetivos en el nivel de bienestar individual y colectivo” (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial-Colombia, 2003).

Las externalidades que afectan los bienes o servicios ambientales son muy comunes, sobre todo por el hecho que los daños ocasionados no tienen un costo para quien lo produce y tampoco quienes se ven perjudicados reciben contraprestación alguna por el perjuicio causado. 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. Las metodologías de valoración económica de bienes y servicios ambientales que se han utilizado tradicionalmente se basan en precios del mercado y en métodos de preferencias declaradas o hipotéticas.

El método de **precios del mercado** se utiliza para estimar el valor económico de bienes y servicios ambientales que son transados en mercados comerciales, valorando cambios en la cantidad y calidad de un bien o servicio. Es decir, que para aquellos recursos para los cuales existen mercados, el valor de uso se puede determinar observando las preferencias de los individuos, por medio de la disponibilidad a pagar por los bienes y servicios a los precios ofrecidos en el mercado. El método estándar para medir el valor de uso de los recursos transados en el mercado es la estimación del *excedente de consumidor*³⁵ y el *excedente de productor*³⁶, usando la cantidad y el precio de mercado. El beneficio económico neto es la suma de ambos. Esto representa una importante limitación, pues los datos de mercado están disponibles solo para un número muy limitado de bienes y servicios proporcionados por un recurso natural (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial-Colombia, 2003).

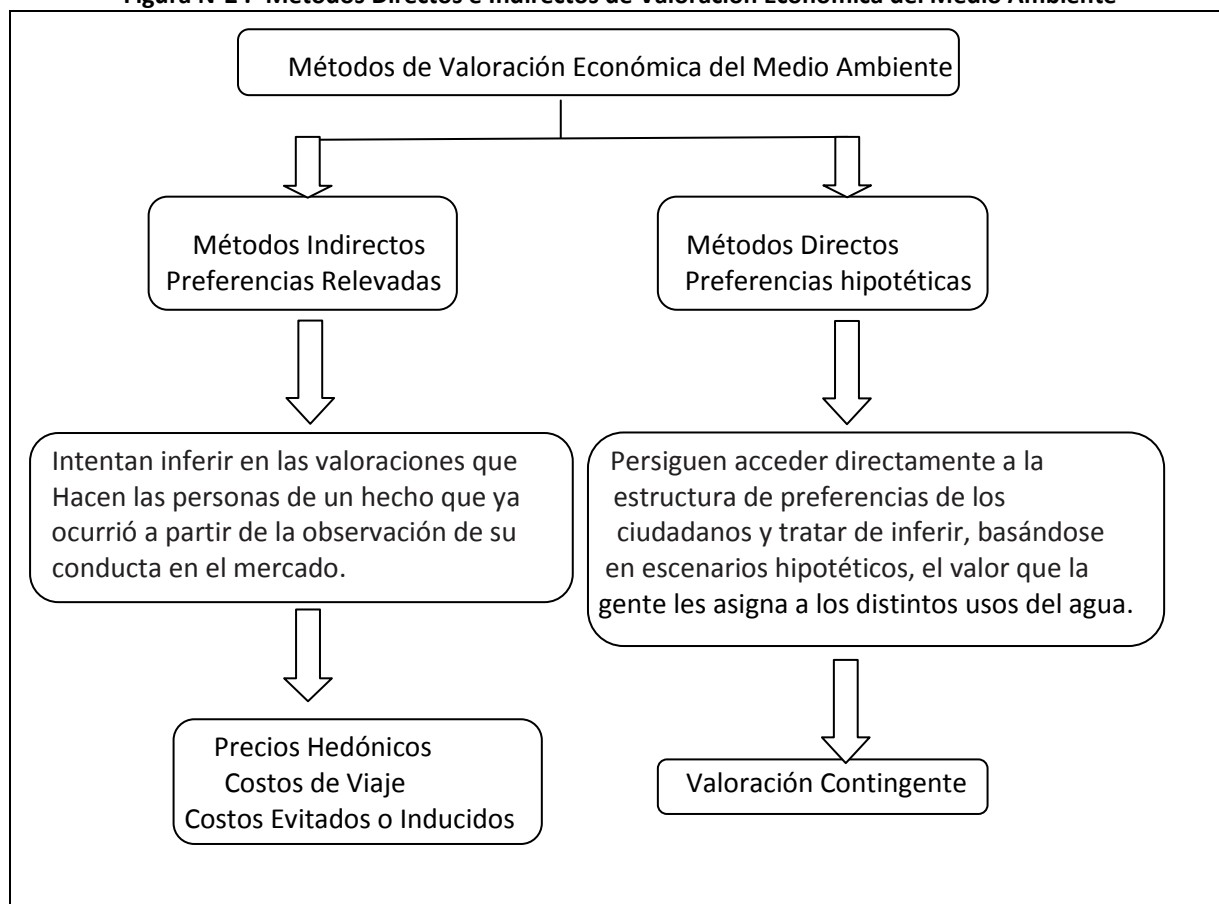
En cambio, si los bienes naturales no mercadeables no pueden valorarse mediante el método anterior, con curvas de demanda que utilizan información de mercado, entonces pueden utilizarse alguna de las **metodologías directas e indirectas** más comunes que se resumen en la Figura N° 2.

Entre los Métodos Indirectos se encuentra la técnica de los **Precios Hedónicos**, la cual se basa en que los bienes y/o servicios tienen una serie de atributos que resultan útiles a las personas. La técnica intenta separar todos los atributos del bien que explican su precio y discriminar la importancia cuantitativa de cada uno de estos. Con ello se busca atribuir a cada característica del bien su precio implícito: **la disposición marginal a pagar de la persona por una unidad adicional de la misma**. Por ejemplo, si existen dos casas con las mismas características, excepto en el nivel de contaminación de las aguas cercanas, la diferencia en el precio de esas viviendas reflejaría el valor de ese atributo, que en principio, carece de un precio explícito en el mercado (CEPEP, 2006). Esta técnica es empleada, por ejemplo, para conocer el incremento en el valor de los predios o viviendas no agrícolas aledaños a los cuerpos de agua saneados (aplicando precios debido a la eliminación de malos olores, mosquitos, mejoramiento de la salud y de la calidad ambiental en general); o bien cuantificando y valorando el ahorro de costos o el aumento de beneficios debido al proyecto. También se utiliza para cuantificar y valorar el incremento en el valor de la producción agrícola, atribuible a la mayor rentabilidad esperada debido al proyecto por el incremento en el valor de los predios.

³⁵Para estimar el excedente de consumidor, se debe estimar la función de demanda, para lo cual se requiere datos de serie de tiempo sobre la cantidad comprada a diferentes precios, entre otros datos.

³⁶Para estimar el excedente de productor, se requieren datos sobre los costos de producción y los ingresos recibidos por la venta del bien.

Figura N°2 .- Métodos Directos e Indirectos de Valoración Económica del Medio Ambiente



Fuente: Elaboración Propia

De los Métodos Directos, la más conocida es la metodología **Valoración Contingente**, que pretende estimar la máxima disponibilidad a pagar por la provisión o mejoramiento de un bien ambiental, o de manera análoga la compensación mínima que un individuo estaría dispuesto a recibir por un deterioro del bien ambiental (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial-Colombia, 2003). "Una encuesta de valoración contingente permitiría, en teoría, aproximarse a ese valor preguntando directamente por la cantidad monetaria que estaría dispuesto a percibir o desembolsar un encuestado enfrentado a una situación hipotética" (Delacámara G., 2008). El problema principal de este método es el posible condicionamiento sobre la respuesta del usuario por parte del entrevistador, motivo por el cual la elaboración de la encuesta debe ser muy cuidadosa.

Si bien, estas metodologías son las más conocidas para la internalización de las externalidades ambientales dentro de los procesos de valoración, en la comunidad científica no existe un consenso unánime sobre la validez de las mismas debido a que tienen costos elevados, son difíciles de aplicar y presentan considerables límites y sesgos. Existen otras metodologías igualmente válidas que permiten obtener el beneficio ambiental de eliminar la contaminación de un ecosistema. "A partir del trabajo pionero de Färe et al. (1993) y sucesivos desarrollos (Färe & Grosskopf, 1998; Färe et al. 2001 y Färe et al. 2006), ha surgido una corriente de investigación en el marco de los estudios de eficiencia que permite cuantificar outputs no deseables carentes de mercado. Usando el concepto de función distancia direccional, se calcula el precio sombra para aquellos bienes derivados de actividades humanas y procesos productivos que carecen de valor de mercado pero que generan importantes efectos medioambientales" (Molinos-Senante et al., 2010).

Esta metodología puede ser aplicada al proceso de depuración del agua residual, puesto que la PTAR puede ser considerada como un proceso productivo: entra agua residual y sale agua limpia, fangos o lodos y outputs no deseados (sólidos en suspensión, salinidad, nitrógeno, fósforo, etc.); el proceso de depuración del agua residual presenta significativos beneficios ambientales, los cuales se pueden traducir a términos económicos y considerarlos como externalidades positivas (coste evitado de la contaminación) (Molinos-Senante et al., 2010).

La estimación de las funciones distancia (necesarias para obtener los precios sombra) requiere usar programación lineal. Es decir, la optimización es el método de estimación de la función distancia más extendido (Färe et al., 1993; Hernández-Sancho et al., 2010) y dentro de ésta, la función translog que toma *k* unidades, *n* inputs y *m* outputs es la más utilizada ya que ofrece una mayor flexibilidad (Hernández-Sancho et al., 2010).

En este trabajo, luego del recorrido teórico de las distintas metodologías para la valoración económica de los beneficios ambientales, desde las más tradicionales hasta las de más reciente implementación, se decidió no utilizar ninguna. La decisión se fundamenta en que las primeras tienen un tiempo considerable de encuestación y las segundas requieren de una serie de datos estadísticos para ingresar en el software que no se hayan disponible en Argentina, dado que no hay información de tantas plantas de tratamiento de aguas residuales y de tantos años. No obstante, llegado el capítulo de la evaluación, en los beneficios, se menciona la tesis de Bohn (2016) que ha hecho recientemente un trabajo de tesis este tipo, donde mediante los precios sombra valora económicamente los beneficios ambientales de evitar contaminantes en el estuario de la ciudad, por parte de la Planta de Tratamiento Bahía Blanca, para lo cual se vale de información de la comunidad valenciana, en España.

2.2.4. Indicadores de Rentabilidad

Una vez identificados, cuantificados y valorados los costos y beneficios del proyecto dentro del horizonte de evaluación, se calcula el flujo de beneficios netos, para cada periodo del horizonte de evaluación del proyecto. Este último queda definido principalmente por la vida útil de la inversión, no debiendo ser superior a 30 años (CEPEP, 2004). Una vez calculado el flujo de beneficios netos del proyecto, se estiman indicadores de rentabilidad para determinar la conveniencia de llevar a cabo el proyecto. En general puede decirse que un proyecto es rentable cuando sus beneficios son mayores a los costos, es decir cuando se genera un incremento neto de riqueza para la sociedad en su conjunto, desde la perspectiva de la evaluación social.

Existen varios indicadores para medir la rentabilidad de un proyecto. Entre los más utilizados en la evaluación social cabe mencionar: el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Rendimiento (TIR).

En esta etapa, como se indicó en el apartado 2.2. se deberán excluir consideraciones relativas al financiamiento del proyecto, debido a que como primer paso, debe demostrarse que el proyecto es rentable y después analizar la mejor forma de su financiamiento.

2.2.4.1. Valor Actual Neto

El Valor Actual Neto (VAN) indica el valor “al día de hoy” del flujo de efectivo generado por el proyecto en el horizonte de evaluación. Para convertir los valores futuros en actuales se utiliza la *tasa de descuento*. Dicha tasa representa el costo de oportunidad de los fondos invertidos, es decir cuánto se podría obtener en el mejor uso alternativo existente. *La tasa social de descuento*

representa el costo para la sociedad de utilizar recursos hoy en día, para obtener beneficios en el futuro³⁷. La fórmula del VAN es:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{BN_t}{(1+r)^t}$$

Dónde:

BN_t : son los beneficios netos totales en el año t

n: número de años del horizonte de evaluación

r: es la tasa social de descuento

t: año calendario, en donde el año 0 será el inicio de las erogaciones

La regla de decisión, cuando se utiliza el VAN para medir la rentabilidad de un proyecto, es que este indicador sea positivo. Esto indica el aumento en la riqueza que obtiene la sociedad como un conjunto, por el hecho de realizar el proyecto. Por el contrario, un VAN negativo indica que se tendrían pérdidas en caso de llevarlo a cabo y por lo tanto, la realización del proyecto no sería conveniente.

2.2.4.2. Tasa Interna de Retorno

La Tasa Interna de Retorno o Rendimiento (TIR) representa cuál es el rendimiento del proyecto independientemente de la tasa de descuento que se tome en cuenta. Una definición formal de la TIR, consiste en caracterizarla como aquella tasa de descuento que hace que el VAN de un proyecto sea igual a cero. La TIR se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{BN_t}{(1+TIR)^t} = 0$$

Donde:

BN_t : son los beneficios netos totales en el año t

n: número de años del horizonte de evaluación

TIR: Tasa Interna de Retorno

t: año calendario, en donde el año 0 será el inicio de las erogaciones

La regla de decisión para este indicador, es aceptar el proyecto cuya TIR sea igual o mayor a la tasa de descuento. La TIR sólo es útil, cuando los proyectos se comportan “normalmente”, es decir, cuando los primeros flujos son negativos y los siguientes son positivos (un solo cambio de signo). Lo anterior se debe a que si cambia el signo más de una vez de los flujos netos del proyecto, se pueden obtener diferentes valores de la TIR (CEPEP, 2008).

³⁷La tasa social de descuento es un promedio ponderado (por los porcentajes de cada monto en relación a la inversión total de la economía) de la tasa de rendimiento la inversión privada (bruta de impuestos), la tasa de rendimiento al ahorro nacional (bruta de impuestos), y la tasa marginal del costo de endeudamiento externo. Ver apartado 2.2.3.1.1.

Es importante distinguir entre los *flujos de beneficios y costos sociales* y el *presupuesto* del proyecto. En los flujos de la evaluación social se descuentan los impuestos, sin embargo, la institución ejecutora debe contar con el dinero para cancelar las inversiones y costos de operación a *precios de mercado*, esto es, incluyendo Impuesto al Valor Agregado, otros impuestos, aranceles.

La evaluación social se realiza para determinar la conveniencia para el país de ejecutar o no un proyecto. Esto conlleva que las decisiones de inversiones deben trascender la conveniencia institucional o privada, en función del bienestar del país.

2.3. Tratamiento de Aguas Residuales

En el marco de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), Argentina estableció las siguientes metas en relación al mejoramiento de la cobertura de saneamiento y de agua potable (ODM 8: Asegurar un medio ambiente sostenible):

- *“Reducir en dos terceras partes la proporción de la población sin acceso a agua potable entre los años 1990 y 2015”.*
- *“Reducir en dos terceras partes la proporción de la población sin acceso a desagües cloacales entre los años 1990 y 2015”.*

De acuerdo al Informe Final 2015 de los ODM, Argentina tuvo una marcada evolución en cobertura del servicio de agua por red pública, partiendo de un 68,3% en el año 1991 hasta alcanzar el 90,2% en el año 2015. Por su parte, el servicio de recolección de aguas residuales por red pública o alcantarillado fue evolucionando en el período, partiendo de un 34,3% en el año 1991, hasta lograr una cobertura de aproximadamente el 62% en el año 2015³⁸. Dichos índices de cobertura fueron estimados para el año 2015 por el ENHOSa e indican que la meta de cobertura de agua potable se ha cumplido, pero existe aún una brecha respecto a la meta relativa a desagües cloacales.

Es evidente que a mayor recolección de aguas residuales a red pública, mayor es la necesidad de tratamiento de dichas aguas. La descarga de aguas residuales sin tratamiento, produce una serie de efectos negativos sobre los cuerpos receptores, que serán diferentes en función de las características de estos y que se pueden resumir en los siguientes (Centro de las Nuevas Tecnologías del Agua de Sevilla - CENTA, 2008):

Aparición de fangos y flotantes: la parte sedimentable de los sólidos en suspensión produce sedimentos en el fondo del cuerpo receptor. Por su parte, la parte no sedimentable puede acumularse en la superficie o en las orillas, formando capas flotantes. Este fenómeno provoca no solo un aspecto desagradable visualmente, sino que puede originar malos olores por el agotamiento del oxígeno disuelto presente en las aguas.

Agotamiento del contenido de oxígeno presente en el agua: efecto de la degradación de la materia orgánica presente en el efluente producido por las bacterias aeróbicas, con el consiguiente consumo de oxígeno. Este agotamiento puede traer aparejada la pérdida de la vida acuática. Una vez consumido el oxígeno disponible, los procesos de degradación anaeróbicos generan malos olores producto de la formación de gases.

³⁸Es importante mencionar que la defecación a hoyo y/o excavación en la tierra prácticamente no se realiza en Argentina (0,5 %) (Argentina: Informe Final 2015, ODM).

Aportes excesivos de nutrientes: las nutrientes que contienen las aguas residuales (nitrógeno y fósforo principalmente) originan un crecimiento descontrolado de algas y otras plantas en el curso de agua receptor, produciendo el efecto conocido como eutrofización.

Daños a la salud pública: las aguas residuales vertidas sin tratar pueden alimentar la reproducción de organismos patógenos (virus, bacterias, protozoos y helmintos) propagando diversas enfermedades.

Daños al estuario de Bahía Blanca: en las campañas de microbiología y química marina se realiza la toma de muestra de agua y sedimento para la determinación de parámetros químicos, oceanográficos, microbiológicos y la investigación de sustancias potencialmente contaminantes (metales pesados, hidrocarburos aromáticos policíclicos y compuestos organoclorados) (MBB-CTE; 2015).

Estos son algunos de los motivos por los cuales es necesario dar tratamiento a las aguas residuales previamente a ser descargadas a los cuerpos receptores. Las plantas depuradoras se ocupan de reducir dicha carga contaminante, vertiendo efluentes tratados que pueden ser asimilados de forma natural por los cauces receptores.

2.3.1. Calidades de aguas residuales

Para abordar el estudio de la viabilidad del desarrollo de las actividades de tratamiento y reúso de aguas residuales, se proponen las siguientes definiciones extraídas del “Proyecto de Ley Nacional para el Reúso de Aguas Residuales”(Sartor, A.; Cifuentes, O. 2012):

Aguas residuales: aquellos efluentes del sistema cloacal urbano o de sistemas productivos sin tratamiento previo.

Aguas depuradas: aquellos efluentes que han sido sometidos a un tratamiento que les permite alcanzar parámetros de vuelco establecidos por la normativa correspondiente.

Aguas regeneradas: son las aguas residuales depuradas sometidas a procesos de tratamientos adicionales o complementarios que permiten adecuar su calidad al uso al que se destinan.

También, en esta misma propuesta de Ley, se definen los siguientes términos que guardan relación con el tema de tesis:

Reutilización o reúso de aguas residuales tratadas: aplicación, antes de su vuelco al sistema hidráulico o a cuerpos receptores finales para un nuevo uso, de las aguas residuales que se han sometido a procesos de depuración o tratamiento, alcanzando los parámetros establecidos en los estándares de vuelco de la normativa y los necesarios para cumplir con las condiciones requeridas en función al destino en las que se van a utilizar.

Sistema de reutilización de las aguas: conjunto de instalaciones para realizar los procesos de regeneración de aguas, almacenamiento y distribución para su reutilización según el uso al que este destinada.

Infraestructura de almacenamiento y distribución de agua regenerada: constituye el conjunto de instalaciones que desde el punto de salida de la planta de tratamiento de aguas residuales,

transporta, almacena y distribuye el agua regenerada hasta sus puntos de entrega para su reutilización.

2.3.2. Caracterización de aguas residuales

Los componentes de las aguas residuales varían dependiendo del porcentaje y tipo de desechos presentes. Para caracterizarlas, los parámetros más comunes que se emplean y sirven para cuantificar los contaminantes son los siguientes (CENTA, 2008):

- **Aceites y grasas:** el contenido de éstos se determina mediante su extracción previa, con un disolvente apropiado y la posterior evaporación del disolvente.

- **Sólidos totales:** son una medida global de todo tipo de sustancias disueltas, suspendidas y coloidales y con un punto de ebullición superior a 105°C. Los sólidos totales se determinan evaporando un volumen determinado de muestra y pesando el residuo remanente.

- **Sólidos en suspensión:** son una fracción de los sólidos totales que quedan retenidos por una membrana filtrante de un tamaño determinado (0,45 µm). Dentro de los sólidos en suspensión se encuentran los sólidos sedimentables y los no sedimentables.

- **Sólidos sedimentables:** esta determinación tiene importancia, entre otras, para calcular los desarenadores y los tanques de decantación. Los sólidos sedimentables se determinan con vasos cónicos graduados (cono Imhoff); se anota el volumen que ocupan los sólidos dejando en reposo el efluente durante tiempos diferentes (generalmente, 10 minutos y 2 horas).

- **Sustancias con requerimiento de oxígeno:** los parámetros más usados para la cuantificación de estas sustancias son:

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días (DBO₅):** es la cantidad de oxígeno (expresada en mg/l) necesaria para oxidar biológicamente los componentes de las aguas residuales. El método más usado para la determinación de DBO es el de la dilución. Dado que el oxígeno que se disuelve en el agua es bajo, es necesario diluir el efluente con agua saturada de oxígeno, para asegurar su presencia durante la incubación que se realiza a 20 °C durante cinco días. En este tiempo se consume aproximadamente el 70% de las sustancias biodegradables.

- **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** es la cantidad de oxígeno (expresada en mg/l) necesaria para oxidar los componentes orgánicos del agua utilizando agentes químicos oxidantes (permanganato de potasio (KMnO₄) o dicromato de potasio (K₂Cr₂O₇). La ventaja del método químico es que se obtiene el resultado en menor tiempo (2 horas), mientras que la determinación de la DBO requiere cinco días, pero ésta es más útil e indicativa.

La relación entre la DBO₅ y la DQO da una idea de la naturaleza de los contaminantes orgánicos existentes en el agua:

DBO₅/DQO ≥ 0,4 Aguas muy biodegradables

DBO₅/DQO 0,2 - 0,4 Aguas biodegradables

DBO₅/DQO ≤ 0,2 Aguas poco biodegradables

Nitrógeno: se presenta en las aguas residuales en forma de nitrógeno orgánico y amoníaco, nitratos y nitritos (en menor cantidad). Para su cuantificación por lo general se emplean métodos espectrofotométricos.

Fósforo: aparece principalmente como fosfatos orgánicos y polifosfatos. Al igual que en el caso anterior, para su determinación se utilizan métodos espectrofotométricos.

Organismos patógenos: se encuentran en muy pequeñas cantidades y resulta muy difícil su aislamiento. Por eso, se utiliza generalmente los coliformes como organismo indicador.

Algunos de los rangos típicos de estos componentes se muestran en la Tabla N° 7.

Tabla N° 7.- Valores Típicos de los principales contaminantes de las aguas residuales

Parámetro	Rango habitual
Sólidos en Suspensión (mg/l)	150 – 300
DBO ₅ (mg/l)	200 – 300
DQO (mg/l)	300 – 600
Nitrógeno (mg N/l)	50 – 75
Fósforo (mg P/l)	15 – 20
Grasas (mg/l)	50 – 100
Coliformes Totales (UFC/100 ml)	10 ⁶ – 10 ⁷

Fuente: “Manual de depuración de aguas residuales urbanas” (CENTA, 2008)

2.3.3. Tratamiento de aguas residuales

Las aguas residuales se someten a una serie de procesos físicos, químicos y biológicos, cuya finalidad es reducir la mayor cantidad posible de contaminantes previo a su vertido, de manera de cumplir con los parámetros de vertido exigidos en la legislación y además puedan ser asimilados de forma natural por los cuerpos receptores, minimizando los riesgos tanto para el medio ambiente, como para las poblaciones.

Una PTAR tiene dos líneas principales de trabajo: la línea de agua y la línea de fangos.

- **Línea de agua:** incluye los tratamientos que permiten reducir los contaminantes presentes en las aguas residuales.
- **Línea de lodos:** incluye el tratamiento de los subproductos de la línea de agua.

2.3.3.1. Tratamiento de la Línea de agua

La Tabla N° 8 describe los distintos tratamientos empleados para la reutilización de las aguas residuales.

Tabla N° 8.- Clasificación de las etapas utilizadas para el tratamiento y reutilización de las aguas residuales

Nivel de Tratamiento	Descripción
Preliminar	Remoción de constituyentes como trapos, palos, arena y grasas, que pueden causar problemas de operación o mantenimiento.
Primario	Remoción de una fracción de los sólidos suspendidos y materia orgánica.

Primario avanzado	Mejora en la remoción de sólidos suspendidos y materia orgánica, generalmente por adición química o filtración.
Secundario	Remoción de materia orgánica biodegradable (en solución o suspensión). Generalmente la desinfección es también incluida en la definición de tratamiento secundario convencional.
Secundario con remoción de nutrientes	Remoción de materia orgánica, sólidos suspendidos y nutrientes (fósforo y/o nitrógeno).
Terciario	Remoción de sólidos suspendidos residuales, generalmente por filtración. La desinfección es también parte de esta etapa de tratamiento. La remoción de nutrientes también se incluye en esta etapa.
Avanzado	Remoción de sólidos disueltos totales y/o constituyentes traza como requerimiento para aplicaciones de agua reutilizada.

Fuente: Water Reuse – Issues, Technologies and Applications (Metcalf & Eddy, 2007). Pág. 99

2.3.3.1.1. Pretratamiento o Tratamiento Preliminar

Con un tratamiento preliminar o pretratamiento se pretende separar del agua residual, tanto por operaciones físicas como por operaciones mecánicas, la mayor cantidad de materias que por su naturaleza (grasas, aceites, etc.) o por su tamaño (ramas, latas, etc.) crearían problemas en los tratamientos posteriores (obstrucción de tuberías y bombas, depósitos de arenas, rotura de equipos, etc.).

Dentro del pretratamiento se incluyen las operaciones de **separación de grandes sólidos, desbaste, tamizado y desarenado—desengrase**, aunque en un PTAR no es necesaria la instalación de todas estas operaciones, pues dependerá de:

- La procedencia del agua residual (doméstica, industrial, etc.). Ejemplo: un agua residual industrial raramente necesitará un desbaste.
- La calidad del agua bruta a tratar (mayor o menor cantidad de grasas, arenas sólidos, etc...).
- Del tipo de tratamiento posterior de la PTAR.
- De la importancia de la instalación, entre otros.

El sistema de **separación de sólidos de gran tamaño** consiste en un pozo situado a la entrada del colector de la depuradora, de tronco piramidal invertido, con una reja instalada y paredes muy inclinadas, con el fin de concentrar los sólidos y las arenas decantadas en una zona específica donde se puedan extraer de una forma eficaz. Los residuos separados con esta operación se almacenan en contenedores para posteriormente transportarlos a un vertedero o llevarlos a incineración.

En la operación de **desbaste** se hace pasar el agua residual a través de una reja con aberturas (separación entre las barras) y se utiliza para retener los sólidos gruesos que pueden interferir con el funcionamiento de la planta de tratamiento. Según la separación entre las barras de la reja, el desbaste se clasifica en:

- *Desbaste fino*: con separación libre entre barras de 10-25 mm.
- *Desbaste grueso*: con separación libre entre barras de 50-100 mm.

Según el método de limpieza que se emplee, las rejillas pueden ser de limpieza manual o automática.

El **tamizado** consiste en una filtración, cuyo objetivo – al igual que en el desbaste - es la eliminación de materia que por su tamaño pueda interferir en los tratamientos posteriores. Para ello se efectúa el filtrado del efluente utilizando diferentes tipos de tamices. Entre los más utilizados se encuentran los tamices estáticos auto-limpiantes, rotativos y deslizantes.

El **desarenado** permite remover partículas de pequeño tamaño, principalmente de naturaleza inorgánica (grava, arena, arenillas). Las partículas que se separan tienen una velocidad de sedimentación, o peso específico, superiores a los de los sólidos orgánicos. El proceso es de carácter exclusivamente físico, las partículas sedimentan de forma independiente unas de otras. Existen distintos tipos de desarenadores: de *flujo variable* (utilizado en pequeñas instalaciones) y de *flujo constante* (mantienen una velocidad constante de flujo independientemente al caudal que circule por ellos).

Por último, el **desengrasado** busca eliminar grasas, aceites, espumas y demás materiales flotantes más ligeros que el agua, mediante insuflación de aire, para desmenuar las grasas y mejorar la flotabilidad. Las grasas y flotantes extraídos de los desengrasadores unidos a los flotantes extraídos en la decantación primaria suelen tratarse posteriormente en un concentrador de grasas donde se desprenden de su contenido en agua.

Homogeneización ó Ecuilización

Debido a que generalmente las descargas de aguas residuales presentan oscilaciones a lo largo del día, se utiliza este proceso antes de realizar la sedimentación primaria para atenuar la variabilidad del flujo, la cual consiste en amortiguar por laminación las variaciones de caudal con el objeto de conseguir un caudal constante. De esta manera se logra además reducir las concentraciones de los diferentes constituyentes. Las principales ventajas de este proceso son (Montserrat, V. & Uribe Echevarría, M.; 2013):

- mejora el tratamiento biológico (dilución de sustancias inhibidoras, estabilización de pH).
- mejora de la calidad del efluente y del rendimiento de los procesos secundarios.
- mejora los rendimientos de los filtros.
- mejora el control de la dosificación de los reactivos, amortiguando las cargas aplicadas.

2.3.3.1.2. Tratamiento Primario

El objetivo de esta etapa de tratamiento es la eliminación de sólidos en suspensión, parte de estos sólidos están constituidos por materia orgánica, por lo tanto se produce una primera reducción de la DBO del efluente ingresado. Los tratamientos primarios más habituales son la decantación primaria o sedimentación y los tratamientos fisicoquímicos (coagulación – floculación, flotación y filtración). Se considera que mediante estos procesos, la DBO₅ de los efluentes de entrada se reduce, por lo menos, en un 20 por ciento antes del vertido, mientras que del total de sólidos en suspensión, la reducción llega al 50 por ciento (CENTA, 2008).

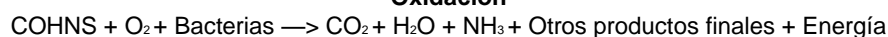
En la *decantación primaria* se busca eliminar la mayor parte posible de los sólidos sedimentables, mediante la acción de la gravedad. En los *tratamientos fisicoquímicos*, se adicionan reactivos químicos, con la finalidad de alterar el estado físico de los sólidos disueltos y en suspensión y facilitar su eliminación por sedimentación (CENTA, 2008).

2.3.3.1.3. Tratamiento Secundario

El tratamiento secundario o tratamiento biológico se emplea para remover la materia orgánica biodegradable (en solución o suspensión) y los sólidos suspendidos no eliminados en los procesos anteriores. En tratamientos secundarios convencionales también pueden incluirse la desinfección. Cuando el tratamiento incluye remoción de nutrientes, como fósforo o nitrógeno se lo denomina “tratamiento secundario con remoción de nutrientes” (Metcalf & Eddy Inc., 2003).

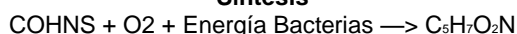
La remoción de materia orgánica biodegradable se realiza con ayuda de microorganismos (fundamentalmente bacterias), que en condiciones aerobias actúan sobre ella, degradándola. Una parte de la materia orgánica es **oxidada** por la flora bacteriana, que obtiene de esta forma la energía necesaria para el mantenimiento celular (CENTA, 2008).

Oxidación



Otra fracción de materia orgánica, simultáneamente, convierte en nuevo tejido celular (**síntesis**), empleando la energía liberada en la fase de oxidación (CENTA, 2008).

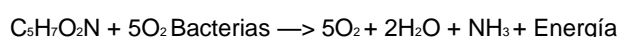
Síntesis



COHNS representa los elementos predominantes en la materia orgánica presente en las aguas residuales y la composición media de los microorganismos encargados de la biodegradación de la materia orgánica se expresan como $\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2\text{N}$ (CENTA, 2008).

Un tercer proceso tiene lugar cuando se consume la materia orgánica disponible, que es el alimento de los microorganismos, las nuevas células comienzan a consumir su propio tejido celular con el fin de obtener energía para su mantenimiento, efecto conocido como **respiración endógena** (CENTA, 2008).

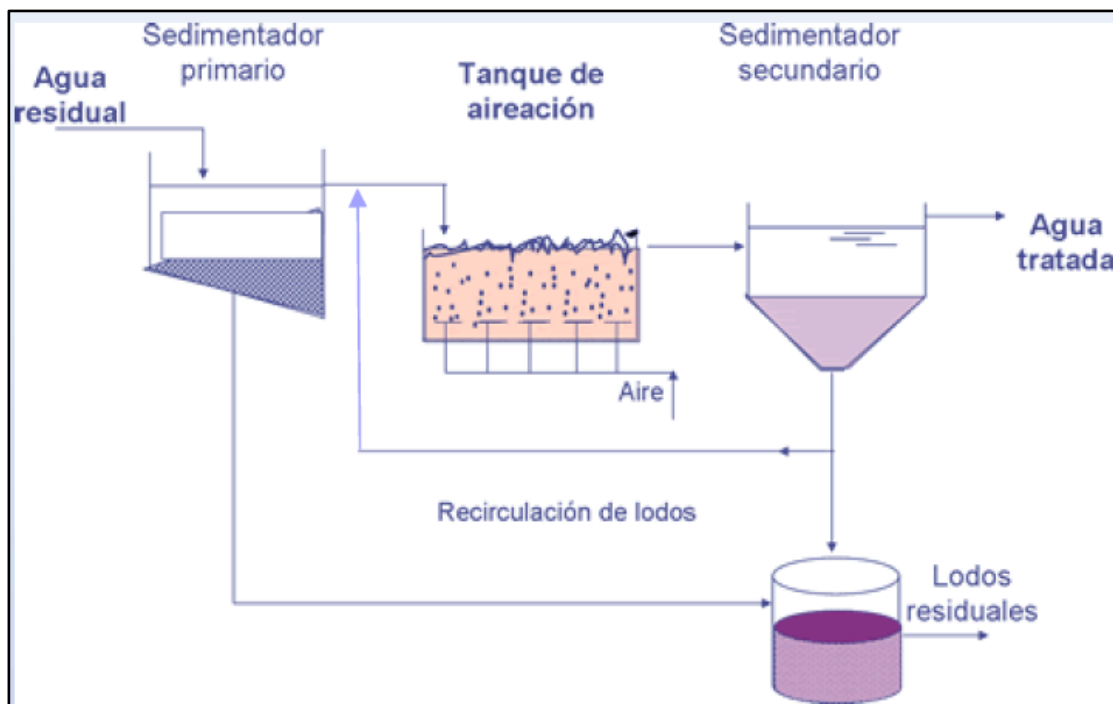
Respiración endógena



El oxígeno necesario para asegurar las reacciones de **oxidación, síntesis y respiración endógena**, se incorpora en forma forzada mediante la utilización de aireadores. Los recipientes donde se llevan a cabo estas transformaciones se los denomina *reactores biológicos o cubas de aireación*. Las nuevas bacterias formadas como consecuencia de las reacciones dentro de las cubas tienden a unirse (**floculación**), formando agregados de mayor densidad que el líquido que los contiene y en cuya superficie, se adsorbe la materia en forma coloidal (CENTA, 2008).

Para la separación de estos agregados, denominados **lodos o fangos**, el contenido de los reactores biológicos (licor de mezcla), se conduce a una etapa posterior de sedimentación, denominada **decantación o clarificación secundaria**, donde por acción de la gravedad se logra la separación de los lodos del efluente depurado. De los lodos decantados, la parte en exceso se la separa y se la envía al tratamiento de **lodos**, mientras que otra parte se **recircula al reactor biológico**, con el fin de mantener en él una concentración determinada de microorganismos necesaria para el funcionamiento correcto del sistema (CENTA, 2008).

Figura N° 3.- Esquema básico del tratamiento secundario.



Fuente: UTN FRR. Boletín "Químicamente". Noviembre 2013. Pág. 6

2.3.3.1.4. Tratamiento Terciario

El tratamiento terciario consiste en la remoción de los sólidos suspendidos residuales no removidos durante el tratamiento secundario. Para efectuar este tipo de tratamiento se utilizan técnicas como la de mallas o micro filtrado. También se incluye la eliminación de nutrientes y la desinfección (Metcalf & Eddy Inc., 2003). Estos tratamientos permiten obtener efluentes de mejor calidad para que puedan ser vertidos en zonas donde las regulaciones son más exigentes o puedan ser regenerados para su reutilización.

La eliminación de la materia en suspensión y la turbiedad del agua pueden conseguirse sometiendo al agua a diversos **procesos físico-químicos** antes de proceder a su **desinfección**. Este conjunto de procesos se designa comúnmente como tratamiento terciario e incluye **la coagulación, la floculación, la decantación y la filtración**. El tratamiento terciario permite, además, eliminar un porcentaje elevado de virus, bacterias y parásitos contenidos en el afluente, confiriendo así una mayor fiabilidad al proceso de regeneración.

Para la eliminación de nutrientes (nitrógeno y fósforo), son de aplicación más frecuente los procesos biológicos desarrollados precedentemente. No obstante, en el caso del fósforo, se complementa con el agregado de la **precipitación química** mediante el empleo de sales de hierro y aluminio (CENTA, 2008).

La etapa de **filtración** consiste en hacer pasar agua a través de un lecho filtrante o por una membrana y por acción de una fuerza impulsora se obtiene un permeado y un rechazo de sólidos. Los procesos de membranas se clasifican de acuerdo con el tamaño de partícula que pueden remover, en orden descendente son: **microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración, osmosis inversa y electrodiálisis** (Fuentes Díaz, M.; 2003). En la Tabla N° 9 se señalan los diámetros

de partícula que puede remover cada uno de estos procesos y sus aplicaciones en el tratamiento de aguas residuales.

Tabla N° 9.- Procesos de membranas, contaminantes retenidos y su aplicación

Proceso de membrana	Intervalo de operación micrómetros (μm)	Contaminantes retenidos	Aplicación
Microfiltración	0,08 – 2,0	SST, turbiedad, protozoarios, quistes, algunas bacterias y virus.	Separación de biomasa en sistemas de lodos activados (sustituye al sedimentador) y en reactores anaerobios completamente mezclados.
Ultrafiltración	0,005 – 0,2	Macromoléculas, coloides, la mayoría de las bacterias, virus y proteínas.	Para pulir efluentes de filtros de arena con fines de reúso del agua. Como pretratamiento para nanofiltración y ósmosis inversa.
Nanofiltración	0,001 – 0,01	Moléculas pequeñas, solutos iónicos, virus.	Para tratar efluentes prefiltrados para recarga de acuíferos. Para reducir la concentración de iones multivalentes, causantes de dureza, para reúso.
Ósmosis inversa	0,0001 – 0,001	Moléculas muy pequeñas, color, dureza, sulfatos, nitratos y algunos iones metálicos.	Para tratar efluentes prefiltrados para recarga de acuíferos o para descargar en embalses utilizados como fuente de suministro de agua potable. Instalaciones de dos etapas se utilizan para obtener agua para calderas de alta presión.
Electrodialisis		Sales ionizadas	Para remover iones, desmineralización del agua.

Fuente: Fuentes Díaz, M.;(2003). “Identificación de sistemas terciarios para el tratamiento de Aguas Residuales”. Comisión Nacional del Agua – Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Con relación a la **desinfección** y eliminación de patógenos de los efluentes depurados, la cloración sigue siendo la más utilizada, aunque por la necesidad de disminuir la cantidad de cloro residual en el efluente, ha sido preciso incorporar procesos posteriores de de-cloración o la sustitución de este tratamiento, por sistemas de desinfección alternativos, como la radiación ultravioleta, el empleo de ozono o de membranas. La desinfección es el proceso más importante desde el punto de vista de la inactivación de organismos patógenos (CENTA, 2008).

2.3.3.1.5. Tratamiento Avanzado

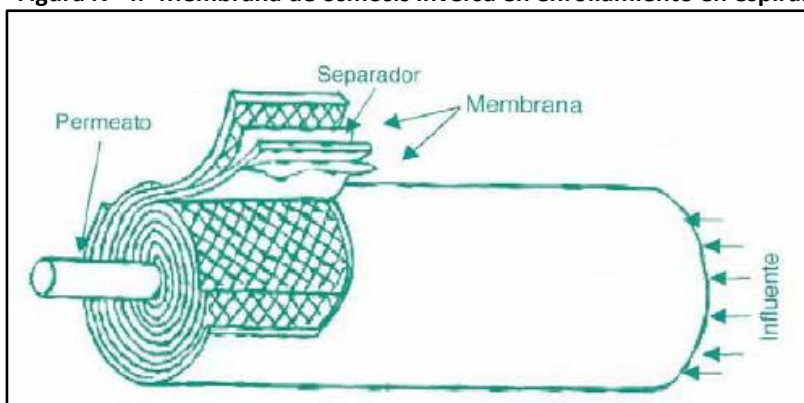
En el tratamiento avanzado (o cuaternario) se utilizan combinaciones de operaciones unitarias y procesos para la remoción de constituyentes que no fueron eliminados en los tratamientos secundario y terciario convencionales, para fines de reutilización del agua. La ósmosis inversa (OI) es uno de los procesos más utilizados para el reúso de agua tratada que requiere altos niveles de calidad.

Este proceso de OI, se encuadra también dentro de los procesos de membrana (Tabla N° 10) y separa las sales disueltas en disolución mediante la filtración a través de una membrana semipermeable que elimina tanto las moléculas orgánicas como las inorgánicas, pero utilizando mayores presiones que para el resto de éste tipo de procesos. El fenómeno de la ósmosis se produce cuando el agua pura fluye, a través de la membrana, desde el compartimiento con la

solución salina diluida al otro con una solución salina con mayor concentración que el anterior. El flujo de agua se detendrá cuando la presión de la columna de la solución salina sea igual a la diferencia de potencial químico entre las dos soluciones acuosas. El punto de equilibrio de la altura de la columna de agua en términos de presión de agua contra la membrana se llama presión osmótica. La presión de filtración de osmosis inversa varía en función de: la cantidad de sales que contenga el agua, el porcentaje de rechazo que se busque y la propia tecnología de la membrana. En este proceso se puede remover entre el 90 y 99 % de los compuestos disueltos, dependiendo del diseño del sistema. Una unidad de OI consta de tres flujos principales: alimentación de agua previamente acondicionada y presurizada por la bomba de alta presión, permeato o producto y flujo concentrado de rechazo.

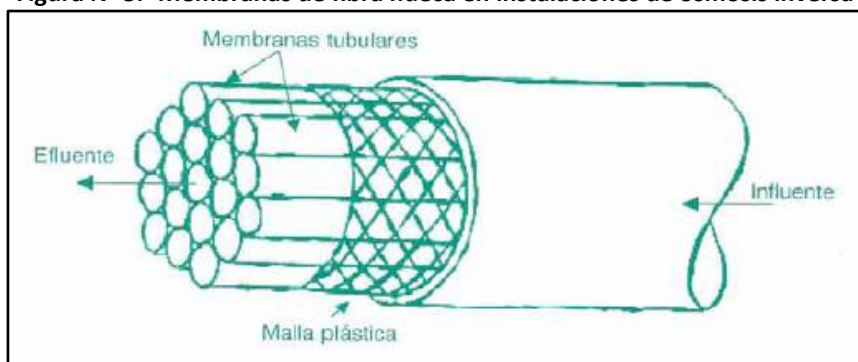
Las membranas se montan dentro de tubos horizontales de diámetros normalizados, al conjunto de la membrana y los tubos o carcasas se los denomina módulos. En estos módulos, pueden estar contenidas las membranas enrolladas en forma de espiral³⁹ (Figura N° 4) o las de fibra hueca⁴⁰ (Figura N° 5).

Figura N° 4.- Membrana de ósmosis inversa en enrollamiento en espiral



Fuente: Fuentes Díaz, M.;(2003). “Identificación de sistemas terciarios para el tratamiento de Aguas Residuales”. Comisión Nacional del Agua– Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Figura N° 5.- Membranas de fibra hueca en instalaciones de ósmosis inversa



Fuente: Fuentes Díaz, M.;(2003). “Identificación de sistemas terciarios para el tratamiento de Aguas Residuales”. Comisión Nacional del Agua– Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

³⁹Las membranas de espiral están enrolladas en torno a un tubo central perforado que recoge el producto; el agua circula en canales separados en una dirección.

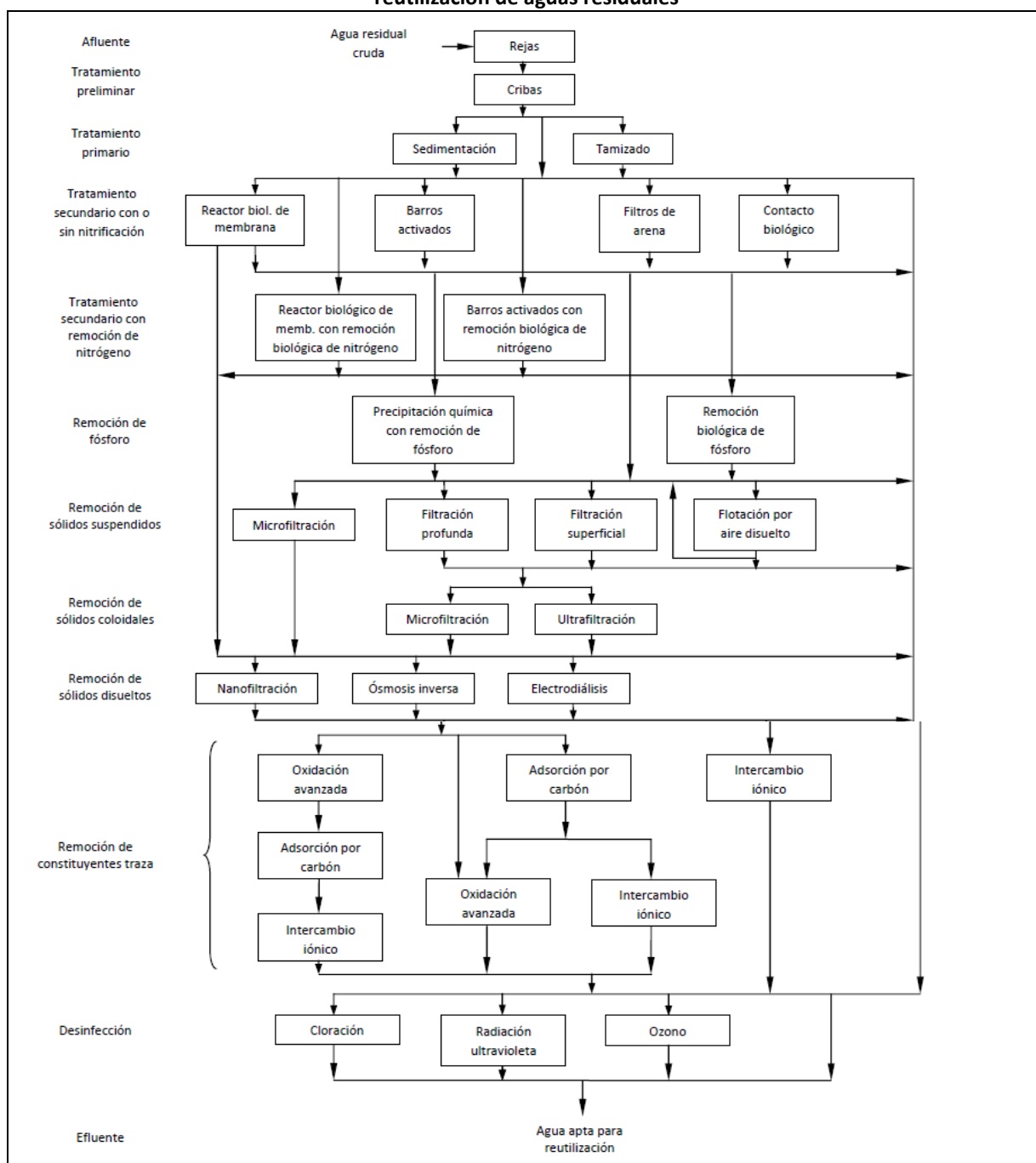
⁴⁰Las membranas de fibra hueca contienen un gran número de ellas – cuyo diámetro es semejante al cabello humano – con su punta pegada a una resina epóxica y mantenidos en una vasija a presión.

Las membranas de fibra hueca tienen más capacidad ya que ocupan mucha más superficie en el mismo volumen de módulo, aunque sean menos permeables, necesitan mayor presión para operar que las de espiral, con lo que su consumo de energía eléctrica también es mayor.

2.3.3.1.6. Síntesis tratamientos de la línea de agua

En la Figura N° 6 se observa que pueden ser desarrollados un sinnúmero de organigramas de procesos de tratamiento, dependiendo de las exigencias de calidad del agua.

Figura N° 6.- Matriz de alternativas de procesos de tratamiento que han sido aplicados en recuperación y reutilización de aguas residuales



Fuente: Water Reuse – Issues, Technologies and Applications (Metcalf & Eddy, 2007). Pág. 267

2.3.3.2. Tratamiento de la Línea de Fangos o Lodos

El tratamiento de las aguas residuales conduce a la producción de una serie de subproductos llamados lodos o fangos, los cuáles reciben su nombre en función de la etapa del proceso en que se obtienen. Los *lodos primarios* son aquellos sólidos decantados en el tratamiento primario y *lodos secundarios o biológicos* son los que surgen como consecuencia de la decantación en el clarificador tras el paso de las aguas por el reactor biológico (CENTA, 2008).

La cantidad de lodo producido y sus características dependen también del tipo de proceso en el que éste es producido. Un lodo primario, por ejemplo, presenta mejores características de sedimentación que uno secundario, además tendrá una mayor concentración de sólidos. En la **Tabla N° 10** se presentan las características y cantidades de lodo que se producen normalmente en diferentes procesos de tratamiento.

Tabla N° 10.- Características y cantidades de lodo típicas

Proceso	Gravedad específica sólidos	Gravedad específica lodo	Producción de sólidos secos, Kg/1000 m ³
Sedimentación primaria	1,4	1,02	110 – 170
Lodos activados (purga)	1,25	1,005	70 – 100
Filtro biológico (purga)	1,45	1,025	60 – 100
Aireación extendida (purga)	1,30	1,015	80 – 120
Laguna aireada (purga)	1,30	1,01	80 – 120
Filtración	1,20	1,005	12 – 24
Remoción algal	1,20	1,005	12 – 24
Sedimentación primaria con adición de cal (350 – 500 mg/l)	1,9	1,04	240 – 400
Sedimentación primaria con adición de cal (800 – 1.600 mg/l)	2,2	1,05	600 – 1.300
Desnitrificación con biomasa suspendida	1,20	1,005	12 – 30
Filtro biológico con desbaste	1,28	1,02	-

Fuente: "Los Lodos de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, ¿Problema o Recurso?". Limón Macías, J. G. (2013). Guadalajara, Jalisco. México. Pág. 12-13.

Los lodos producidos la línea de agua de una PTAR presentan las siguientes características:

- Tienen una gran cantidad de agua (95-99%), por lo que ocupan un volumen importante y son de difícil manipulación.
- Tienen gran cantidad de materia orgánica, por lo que entran fácilmente en descomposición (putrefacción), produciendo malos olores.
- Poseen una gran cantidad de organismos patógenos, causantes de enfermedades.

Los diferentes tratamientos a los que son sometidos los fangos o lodos se pueden resumir en:

- Espesamiento
- Estabilización
- Acondicionamiento
- Deshidratación

2.3.3.2.1. Espesamiento

Con este tratamiento se incrementa la concentración de los lodos mediante la eliminación de parte del agua que contienen. Al reducirse el volumen de lodos mediante el espesamiento, se obtienen una serie de ventajas, como ser:

- Reducción del volumen de los tanques posteriores al espesamiento, así como su equipamiento.
- Reducción de la cantidad de calor requerida para el calentamiento de los lodos en procesos tales como digestión anaerobia, secado térmico e incineración.
- Reducción y mejora de los rendimientos de los equipos de deshidratación.

Los métodos más frecuentes de espesamiento son (Metcalf & Eddy Inc., 2003):

- **Por gravedad** (se utiliza para los fangos primarios y los mixtos, así como para los procedentes de una precipitación química, localizándose antes del proceso de la digestión anaerobia).
- **Por flotación** (el más apropiado para el espesamiento de los lodos biológicos procedentes del decantador secundario, también llamados lodos en exceso).
- **Por centrifugación** (el más indicado para concentrar lodos muy hidrófilos (que difícilmente liberan el agua que contienen), de difícil compactación).

2.3.3.2.2. Estabilización

Esta fase está destinada a la reducción de los agentes patógenos, la eliminación de malos olores y la inhibición, reducción o eliminación de los elementos putrefactibles presentes en la fracción sólida de las aguas residuales. La eliminación en mayor o menor medida de los elementos mencionados será función de los procesos de estabilización aplicados sobre la fracción volátil u orgánica de los sólidos y biosólidos presentes en el agua (Metcalf & Eddy Inc., 2003).

Los principales métodos de estabilización son (Metcalf & Eddy Inc.; 2003; CENTA, 2008):

- Estabilización química o alcalina, mediante la elevación del pH por adición de cal.
- Digestión aeróbica y anaeróbica, mediante la cual se elimina hasta el 50 % de la materia orgánica presente en el lodo.
- Tratamiento térmico.
- Compostaje.

La **estabilización alcalina con adición de cal** tiene como ventaja una inversión menos costosa y más fácil de operar que los procesos anteriores. Sin embargo, tiene la gran desventaja de que los biosólidos producidos pueden regresar a su estado inestable si el pH cae después del tratamiento, lo que ocasiona el crecimiento de nuevos microorganismos. En los lodos que serán utilizados como mejoradores o acondicionadores de suelos se usa por lo general el **compostaje** (Limón Macías, J. G., 2013).

Los procesos de digestión anaerobia y aerobia presentan las siguientes ventajas y desventajas (Tabla N° 11).

Tabla N° 11.- Ventajas y desventajas de la digestión aerobia y anaerobia

Proceso	Ventajas	Desventajas
Digestión anaerobia	<ul style="list-style-type: none"> - Oportunidad de recuperación de energía. - Los costos de operación disminuyen si el gas metano que se genera, se utiliza. - Los biosólidos son adecuados para utilizarse en agricultura. - Buena inactivación de patógenos. - Reduce la masa total de lodos. - Bajos requerimientos netos de energía. 	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere operadores altamente capacitados. - Lenta recuperación del proceso cuando se desestabiliza. - El sobrenadante tiene alta carga de DBO, DQO, SST y N amoniacal. - La limpieza del reactor es complicada. - Potencial de emisión de olor. - Altos costos de inversión inicial. - Riesgos de seguridad relativos al manejo del biogás (inflamable).
Digestión aerobia	<ul style="list-style-type: none"> - Menores costos de inversión inicial. - Sobrenadante menos agresivo que el anaeróbico. - Simplicidad operativa. - Adecuadamente diseñado, no emite olores. - Reduce la masa total de lodo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Altos costos de operación por consumo de energía eléctrica. - Disminución del pH y alcalinidad. - Potencial de dispersión de patógenos a través de los aerosoles. - Los lodos digeridos usualmente son más complicados de deshidratar. - No genera biogás con potencial de generación de energía.

Fuente: Adaptado de WaterEnvironmentFederatio, 2010, (Metcalf& Eddy, 2003) en Limón Macías, J. G., 2013.

2.3.3.2.3. Acondicionamiento

Para mejorar la deshidratación de lodos, contribuyendo a la separación y eliminación del agua excedente, se utilizan diferentes métodos. El más utilizados es el agregado de productos químicos, aunque también puede emplearse calor (Metcalf& Eddy, 2003).

El acondicionamiento químico reduce entre el 65 a 85 % del agua presente, llegando en algunos casos hasta el 90 y 99 %, dependiendo de la naturaleza de los fangos a tratar. Los productos químicos facilitan la coagulación de los barros y la separación del agua excedente (Metcalf& Eddy Inc., 2003).

2.3.3.2.4. Deshidratación

Esta última fase del tratamiento consiste en la separación física del agua contenida en los lodos, transformándolos en sólidos fácilmente manejables y transportables. Entre las razones que justifican este proceso, se encuentran las siguientes (Metcalf& Eddy, 2003):

- Disminución del costo de traslado a los sitios de disposición final de los lodos o biosólidos generados.
- Facilidad de manejo respecto al lodo acuoso.
- Disminución del calor requerido para la incineración.
- Facilita el compostaje.

Los métodos de deshidratación más habituales son: centrifugación, empleo de filtros de banda, secado térmico y eras de secado (CENTA, 2008).

2.3.3.2.5. Disposición de lodos

Las exigencias legales de disposición final de lodos demandan su tratamiento in situ o ex situ, en ambos casos deben ser instalaciones aprobadas. Por ejemplo, la Resolución SAyDS N° 97/2001 define los estándares de los lodos según formas de uso y de disposición final.

2.3.3.2.5.1. Recuperación de energía en el sistema de tratamientos de lodos

De la energía total que utiliza el sistema de saneamiento, la recolección y transporte de las aguas servidas representa el 10% (dependiendo de la topografía); el tratamiento utiliza el 55% del requerimiento energético, mayormente para aireación en el caso de las tecnologías que la usan y la disposición o reúso de los lodos provenientes del tratamiento demandan el restante 35% de la energía utilizada en el sistema. Este consumo de energía depende del tamaño de la planta, el tipo de proceso y la eficiencia (Ferro, G y Lentini E., 2015). Dado que las plantas de reúso de aguas residuales tienen un factor de intensidad energética alto⁴¹, es importante evaluar las alternativas de métodos que permitan recuperar energía, como por ejemplo en forma de biogás, de modo tal de compensar este factor.

En Estados Unidos, la intensidad energética estimada para grandes instalaciones de tratamiento de aguas residuales (aproximadamente 380.000 m³/día) es entre 0,272 kWh/m³ y 0,314 kWh/m³ para el tratamiento de lodos activados y 0,412 kWh/m³ para el tratamiento avanzado de lodos activados con desnitrificación (Liu y otros, 2012 en Ferro, G y Lentini E., 2015). La presencia de aireación en los procesos de tratamiento y los requerimientos de bombeo adicionales incrementa la intensidad energética.

Como *fuerza de energía*, los lodos producidos en una planta de tratamiento se pueden aprovechar por medio del biogás, que se obtiene como subproducto en la digestión anaerobia de los lodos (Figura N° 7). La digestión anaerobia es un proceso de estabilización, en el cual se lleva a cabo la destrucción de la materia orgánica e inorgánica en ausencia de oxígeno. El biogás generado puede producir entre 50 y 100 % de la energía requerida en un tratamiento biológico convencional⁴² (Limón Macías, J. G., 2013).

La resolución SAyDS N° 97/2001 establece algunos otros usos, como ser:

- Como abonos o enmiendas en cultivos extensivos e intensivos y en pasturas naturales y cultivadas.
- Como abonos o enmiendas en plantaciones forestales, viveros o en áreas con bosques naturales degradados y sujetos a recuperación.
- Para recuperación de suelos degradados.
- Para recuperación de áreas que fueron sometidas a extracción minera o en aquellas sujetas a pérdida de suelos superficiales debido a obras de infraestructura.
- Como insumo en procesos de elaboración de productos fertilizantes o de abonos o enmiendas a través de tratamientos físicos, químicos y biológicos que modifiquen su calidad original.

⁴¹La intensidad energética se define como el total de energía requerida para proveer un determinado volumen de agua en una localización específica (Cohen, Nelson y Wolff, 2004 en Ferro, G y Lentini E., 2015).

⁴²Se puede aprovechar el biogás en un sistema de cogeneración, que genera electricidad y energía térmica simultáneamente, logrando una eficiencia global mayor a la que se obtiene cuando se utilizan sistemas separados con el mismo propósito.

Figura N° 7.- Digestores anaerobios y esfera de almacenamiento de biogás



Fuente: "Los Lodos de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, ¿Problema o Recurso?".
Limón Macías, J. G. (2013). Guadalajara, Jalisco. México. Pág. 24

2.4. Regeneración y Reutilización de Aguas Residuales

La regeneración es el proceso de tratamiento necesario para que un agua depurada pueda ser reutilizada, devolviéndole, parcial o totalmente, el nivel de calidad que tenía antes de ser utilizada. Un proyecto de regeneración debe cumplir con dos requisitos esenciales y complementarios: 1) definir niveles de calidad adecuados en función de los posibles usos que se vaya a dar al agua y 2) establecer los procesos de tratamiento y los límites de calidad del efluente recomendados para cada uno de los usos previstos. Estos dos aspectos técnicos son lo más cuestionado en todo programa de reutilización, por la dificultad de establecer una relación causal entre la calidad del agua y los posibles efectos sobre la salud y el medio ambiente (Mujeriego, R.; 2006).

Un programa de reutilización planificada del agua está conformado principalmente por tres cuestiones técnicas (Mujeriego, R.; 2006):

- 1.- El transporte desde la planta de regeneración hasta el lugar donde será utilizada.
- 2.- El almacenamiento o regulación para adecuar el caudal suministrado por la planta a los caudales de consumo.
- 3.- La definición de normas de utilización del agua que permitan minimizar posibles riesgos para el medio ambiente, las personas que la utilizan, la población cercana al lugar de uso y los consumidores de cualquier producto cultivado con agua regenerada.

Según Mujeriego (2006), *“la regeneración del agua se concibe actualmente como un proceso destinado a obtener un producto de calidad. La elaboración y la comercialización de este producto deben plantearse en un marco más amplio que el tradicional de lucha contra la contaminación, y con una nueva mentalidad en la concepción y explotación de los procesos de regeneración diferente a la adoptada generalmente en la depuración del agua residual, cuyo resultado final suele considerarse un residuo líquido o sólido. Esta nueva forma de plantear la regeneración del agua ha hecho que la reutilización planificada del agua haya pasado a ser un elemento esencial de la gestión integral de los recursos hídricos”*.

2.4.1. Aplicaciones de aguas residuales regeneradas

La planificación e implementación de un sistema de regeneración y reutilización de aguas residuales debe considerar en primer lugar la finalidad a la cual estará destinada el agua tratada, de donde surgirá el grado de complejidad a aplicar al proceso de tratamiento y operación. Las principales categorías de aplicaciones para reutilización y sus posibles limitaciones pueden observarse en la Tabla N° 12, en orden descendente por volumen de uso. Como puede observarse la mayoría de los usos corresponden a aplicaciones para destino no potable.

Tabla N° 12.- Categorías de reutilización de aguas residuales municipales y posibles limitaciones

Categoría	Usos	Posibles problemas /limitaciones
Riego agrícola	Riego de cultivos Viveros comerciales	Contaminación superficial y subterránea si no es manejado correctamente. Mercadeo de los cultivos y aceptación del público.
Sistemas de irrigación	Parques Pacios de escuelas Áreas de autopistas Campos de golf Cementerios Zonas verdes Zonas residenciales	Efectos sobre la calidad del agua, particularmente salinidad, sobre suelos y cultivos. Problemas de salud pública (virus, parásitos y bacterias). Incremento en los costos de instalación de los sistemas si se necesitan establecer zonas de control o protección.
Reciclaje y reutilización industrial	Agua de enfriamiento Alimentación de calderas Agua de proceso Construcciones pesada	Constituyentes del agua regenerada pueden producir incrustaciones, corrosión, aumento de organismos patógenos, etc. Inconvenientes en la salud pública, principalmente en la transmisión de patógenos vía aérea provenientes del agua de refrigeración. Contaminación del agua corriente por fugas en la línea de agua regenerada.
Recarga de aguas subterráneas	Recarga de acuíferos Control de infiltración de aguas saladas Control de subsidencias	Posible contaminación de acuíferos subterráneos utilizados para la provisión de agua potable. Efectos tóxicos por la presencia de compuestos químicos no eliminados. Presencia de sólidos totales disueltos, nitratos y patógenos en el agua regenerada.
Usos recreativos y ambientales	Lagos y estanques Mejora de zonas pantanosas Aumento de caudales de los cursos de agua Pesca Fabricación de nieve artificial	Problemas de salud pública por la presencia de bacterias y virus. Eutroficación debido a la incorporación de nitratos y fosfatos en el cuerpo receptor. Toxicidad para la vida acuática.
Usos urbanos no potables	Protección contra incendios Aire acondicionado Agua de sanitarios	Problemas de salud pública relacionados a la transmisión de agentes patógenos vía aérea. Constituyentes del agua regenerada pueden producir incrustaciones, corrosión, aumento de organismos patógenos, etc. Contaminación del agua corriente por fugas en la línea de agua regenerada

Reutilización potable	Mezcla en depósitos de agua de abastecimiento Mezcla en aguas subterráneas Suministro directo de agua	Efectos tóxicos por la presencia en el agua regenerada de trazas de compuestos orgánicos. Aceptación pública del reúso de agua regenerada como agua potable. Problemas de salud pública por la transmisión de agentes patógenos, en especial virus fecales.
-----------------------	---	---

Fuente: Adaptado de “WATER REUSE - Issues, Technologies and Applications”, Metcalf & Eddy. (2007) y “Wastewater Engineering. Treatment and Reuse”, Metcalf & Eddy. (2003). Mc. GrawHill.

2.4.2. Recomendaciones y Criterios para el reúso de agua regenerada

Las regulaciones de reutilización de agua por lo general incluyen exigencias de proceso de tratamiento de aguas residuales, exigencias de eficiencias de tratamiento, criterios de calidad de agua recuperada y otros. Debido al papel creciente de la reutilización del agua, la Agencia de Protección Ambiental (US EPA) junto a la Agencia para Desarrollo Internacional (US AID), publicaron una serie de recomendaciones y criterios a tener en cuenta para el manejo del agua regenerada dentro de los cuales indica la calidad requerida en función del uso al que estaría destinada. Estas directrices no intentan ser usadas como criterios definitivos de recuperación y reutilización de agua, sino que pretenden proporcionar una guía razonable para oportunidades de reutilización de agua, en particular en aquellos estados que no han desarrollado sus propios criterios o directrices.

Estas recomendaciones fueron publicadas por primera vez en 1992, actualizadas en 2004 y la última versión data de 2012, bajo la denominación de “Guidelines for Water Reuse” (US EPA, 2012), agrupadas en las categorías de reúso que se detallan en la Tabla N° 13.

Tabla N° 13.- Categorías de aplicaciones de reutilización de agua

Categoría de reúso	Descripción
Reúso Urbano	Uso no potable en entornos municipales donde el acceso no está restringido.
	Uso no potable en entornos municipales donde el acceso público es controlado o restringido por barreras físicas o institucionales.
Reúso agrícola	Riego de cultivos destinados a alimentos para consumo humano.
	Riego de cultivos que son procesados antes del consumo humano o que no son consumidos por seres humanos.
Recreación / Paisaje	De libre acceso, no se imponen limitaciones en actividades de recreación, donde el agua está en contacto con el cuerpo humano.
	Acceso restringido, donde el contacto con el cuerpo humano es ocasional y limitado.
Reúso ambiental	Para crear, mejorar, mantener o aumentar los cuerpos de agua como humedales, hábitats acuáticos o caudales.
Reúso industrial	Aplicaciones industriales, instalaciones, producción de energía y extracción de combustibles fósiles.
Recarga de aguas subterráneas	Recarga de acuíferos que no se utilizan como una fuente de agua potable.
Reúso potable	Indirecto Aumento de una fuente de agua potable (superficie o agua subterránea), precede al tratamiento del agua potable normal.
	Directo Introducción de agua reciclada directamente en una planta de tratamiento de agua, ya sea colocada o remota desde el sistema de tratamiento de aguas residuales avanzado.

Fuente: Adaptado de “Guidelines for Water Reuse” (US EPA, 2012)

Para cada una de estas categorías, se establecen procesos de tratamiento recomendados, límites de calidad de agua recuperada, frecuencias de monitoreo y distancia de seguridad de aplicación que se detallan en el **Anexo I – Tabla N° 1**.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) también ha proporcionado guías para el uso seguro de aguas residuales durante años (1973, 1989 y 2006). Las directrices de la OMS pueden ser consideradas apropiadas como una medida intermedia en el contexto de realidad socioeconómica de muchos países, hasta que ellos desarrollen la capacidad para lograr una más alta calidad del agua recuperada (Metcalf & Eddy, 2007). La tercera edición de sus *“Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater in Agriculture and Aquaculture”* (Directrices para el Uso Seguro de Aguas Residuales, Excretas y Aguas Grises) publicada en 2006, fue una extensa actualización de las dos ediciones previas (1973 y 1989), ampliada a fin de incluir evidencias científicas y acercamientos al manejo de riesgos. El documento se estructura en 4 volúmenes y pretenden ser utilizadas como la base para el desarrollo de estándares y regulaciones nacionales e internacionales relacionadas al manejo de riesgos para la salud asociados con aguas residuales usadas en agricultura y acuicultura (Anexo I – Tabla N° 2).

También existe reglamentación de estándares para la reutilización de aguas residuales regeneradas en diferentes países, como es el caso de España que a través del Decreto Real 1620/2007 establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas (Anexo I – Tabla N° 3, 4 y 5) y en México, diversas normas oficiales, como NOM-003-ECOL-1997, NOM-004-SEMARNAT-2002, NOM-014-CONAGUA-2003 que establecen los requisitos y límites máximos permitidos para el aprovechamiento y disposición final de lodos y biosólidos y para el reúso de agua residual tratada (Anexo I – Tabla N° 6).

En Argentina, las provincias de Mendoza y Chubut, en particular la ciudad de Puerto Madryn han desarrollado legislación que reglamenta el uso del agua residual tratada. En la provincia de Mendoza, a través de la Res. N° 400/2003 HTA se regulan las condiciones de reúso en agricultura de aguas recuperadas mediante depuración de efluentes tratados (Anexo I – Tabla N° 7) y en Puerto Madryn, la Ordenanza Municipal N° 6301/2006 reglamenta el Reúso de los Efluentes Cloacales Tratados en las áreas de riego delimitada por la Autoridad de Reúso.

2.4.2.1. Reúso en la industria

Una parte importante del agua consumida por muchas industrias la representa el agua de aporte de las torres de refrigeración, aunque en la actualidad su uso se ha diversificado y es utilizado en una gran variedad de industrias y procesos, desde la electrónica a procesos en la industria alimenticia para fines que van desde el agua de procesos, agua de alimentación de calderas, torres de refrigeración y generales tales como sanitarios y riego. En el caso de industrias de producción de energía eléctrica, refinerías de petróleo y muchos otros tipos de industrias manufactureras, el agua de aporte de las torres de refrigeración puede representar entre una cuarta parte y la mitad del consumo total de agua (Metcalf & Eddy, 2007).

Las torres de enfriamiento son sistemas de refrigeración que utilizan el agua regenerada para absorber el calor producto de los procesos y transferirlo por evaporación al medio. Si bien el agua de refrigeración normalmente es reciclada, deben reponerse las pérdidas no recuperadas. Para ello se utiliza el agua regenerada. También se la utiliza como alimentación cuando el agua del sistema de refrigeración debe ser renovada para evitar las incrustaciones y la acumulación de sólidos disueltos.

Las torres de refrigeración presentan una muy alta eficiencia, con menos del 2 por ciento de pérdida de agua del circuito, por evaporación, por cada 6° C de disminución de temperatura del agua. Por tal motivo es muy reducida la necesidad de suplementar el sistema de flujo con agua regenerada (US EPA, 2012). No obstante ello, producto de la evaporación, aumenta la concentración de sólidos disueltos y minerales (tales como calcio y magnesio insoluble, como así también el sílice y el aluminio), los que deben ser retirados o tratados para evitar la acumulación y daños en los equipos. El tratamiento del agua, normalmente mediante procesos de ablandamiento y filtración, se debe realizar previo a su disposición en las plantas de tratamiento de efluentes.

En el funcionamiento de las torres de refrigeración de uso industrial se suelen presentar cuatro tipos de problemas asociados con la calidad del agua del sistema (Metcalf& Eddy, 2007):

- Formación de incrustaciones.
- Corrosión de metales
- Crecimientos biológicos
- Obturaciones en los intercambiadores de calor y en los condensadores.

Tanto el agua de abastecimiento como el agua residual recuperada contienen contaminantes que pueden dar origen a estos problemas (Tabla N° 14), pero suelen estar presentes en concentraciones más elevadas en las aguas residuales recuperadas.

Tabla N° 14.- Problemas asociados a la calidad del agua de las torres de refrigeración

Problema	Descripción	Tratamientos
Incrustación	Formación de depósitos duros, normalmente sobre superficies calientes, que reducen la eficiencia en el intercambio de calor. Las incrustaciones cálcicas (carbonato de calcio, sulfato de calcio y fosfato de calcio) son las principales causantes de los problemas de incrustación. Las incrustaciones magnésicas (carbonato y fosfato de magnesio) también pueden provocar problemas. Las deposiciones de sílice son especialmente difíciles de eliminar de las superficies de intercambio de calor, pero la mayoría de las aguas contienen cantidades de sílice relativamente pequeñas.	La reducción del potencial de formación de incrustaciones en el agua residual se lleva a cabo controlando la formación de calcio, que es la primera sal cálcica en precipitar (siempre que haya fosfatos presentes). El tratamiento se suele llevar a cabo eliminando los fosfatos mediante técnicas de precipitación. Otras técnicas alternativas, como el intercambio iónico, reducen la formación de incrustaciones eliminando el calcio y el magnesio presentes, pero son técnicas comparativamente caras y su uso es limitado.
Corrosión de metales	La corrosión se puede producir cuando se crea una diferencia de potencial eléctrico entre superficies de metales diferentes. La calidad del agua tiene una gran influencia en la corrosión de metales. La presencia de contaminantes (como los sólidos disueltos totales – SDT).aumenta la conductividad eléctrica de la solución y por lo tanto acelera la reacción de corrosión. El oxígeno disuelto, así como determinados metales (manganeso, hierro y aluminio), favorecen el proceso de corrosión debido a su elevado potencial de oxidación.	El potencial de corrosión del agua de refrigeración se puede controlar mediante la adición de inhibidores químicos del proceso. Las necesidades de especies químicas para el control de la corrosión en aguas residuales recuperadas suelen ser mucho mayores que las asociadas a aguas limpias, ya que la concentración de SDT suele ser entre dos y cinco veces superior.
Crecimiento biológico	En el interior de las torres de refrigeración se desarrolla un entorno cálido y húmedo, ambiente ideal para el crecimiento biológico. La presencia	El control de este tipo de crecimientos biológicos se lleva a cabo por adición de biocidas como parte del proceso de

	de nutrientes (Nitrógeno y Fosforo) y de compuestos orgánicos favorece aún más el crecimiento de microorganismos que se pueden adherir y depositar sobre las superficies de intercambio de calor, dificultando la transferencia de calor y el flujo de agua. Los crecimientos biológicos pueden también sedimentar y ligarse con otros residuos presentes en el agua de refrigeración, lo cual puede dificultar aún más la eficiencia de transferencia de calor.	tratamiento químico interno, el cual puede consistir en la adición de ácidos para controlar el pH y de biocidas e inhibidores del proceso de formación de incrustaciones y obturaciones de origen biológico. En los casos en los que se emplea agua residual recuperada para aplicaciones de refrigeración, la protección de la salud de los trabajadores obliga a asegurar una adecuada desinfección del agua.
Obturaciones	Proceso de adhesión y crecimiento de depósitos de diferente naturaleza (crecimientos biológicos, sólidos suspendidos, limos, productos de la corrosión, e incrustaciones inorgánicas) sobre los elementos de los sistemas de refrigeración, provocando la inhibición de la transferencia de calor en los intercambiadores de calor.	El control se lleva a cabo mediante la adición de dispersantes químicos que evitan la formación de agregados de partículas que posteriormente sedimentan. Los procesos de coagulación química y de filtración necesarios para eliminar el fósforo presente también resultan efectivos en la reducción de la concentración de contaminantes.

Fuente: Elaboración propia con base en información “WATER REUSE - Issues, Technologies and Applications”, Metcalf& Eddy. (2007). Mc Graw Hill. Pág. 1140-1141

En los sistemas de refrigeración sin recirculación, en la mayoría de los casos, se abastecen de afluentes secundarios desinfectados. En las torres de refrigeración con recirculación, la no eliminación de los constituyentes presentes en la mayoría de las aguas residuales, obliga a las industrias a adoptar ciclos de concentración muy reducidos. Los procesos de tratamiento adicional incluyen la clarificación con cal, la precipitación por alúmina o el intercambio iónico (Metcalf& Eddy, 2007).

En España, por ejemplo, hay normativa específica que establece criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis⁴³ que debe cumplir el agua regenerada que se utiliza en torres de refrigeración y condensadores evaporativos (Real Decreto 865/2003), además de una adecuada desinfección para asegurar el control de los niveles de nutrientes, fosfato, nitrógeno, sólidos en suspensión para evitar corrosiones, incrustaciones, etc., establecidos en el Real Decreto 1620/2007 (Anexo I.- Tabla N° 3).

En cuanto al agua regenerada utilizada como alimentación de calderas, además de requerir tratamiento terciario, la calidad del agua para calderas depende de la presión de trabajo a la que estará sometida, siendo las más altas las que requieren mayor calidad. La Asociación Americana de Fabricantes de Calderas (American Boiler Manufacturers Association – ABMA) determinó los límites máximos recomendados de calidad de agua para calderas en función de la presión de trabajo, valores que se expresan en la Tabla N° 15 (US EPA, 2012).

⁴³“La legionelosis es una enfermedad bacteriana de origen ambiental que suele presentar dos formas clínicas diferenciadas: la infección pulmonar o «Enfermedad del Legionario», que se caracteriza por neumonía con fiebre alta, y la forma no neumónica, conocida como «Fiebre de Pontiac», que se manifiesta como un síndrome febril agudo y de pronóstico leve” (Real Decreto 865/2003).

Tabla N° 15.- Parámetros recomendados de calidad de agua de calderas

Presión de funcionamiento (PSIG)	0-300	301-450	451-600	601-750	751-900	901-1000	1001-1500	1501-2000	OTSG
VAPOR									
SDT máx. (ppm)	0,2-1,0	0,2-1,0	0,2-1,0	0,1-0,5	0,1-0,5	0,1-0,5	0,1	0,1	0,5
AGUA DE CALDERA									
Alcalinidad máx. (ppm)	700-3500	600-3000	500-2000	200-1000	150-750	125-625	100	50	0,05
SST máx. (ppm)	350	300	250	200	150	100	n/a	n/a	n/a
Conductividad máx. (µmho/cm)	1100-5400	900-4600	800-3800	300-1500	200-1200	200-1000	150	80	0,15-0,25
Arena (ppm SiO ₂)	150	90	40	30	20	8	2	1	0,02
AGUA DE ALIMENTACION (Condensada y recuperada después del desgasificador)									
Oxígeno disuelto (en ppm O ₂)	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	n/a
Hierro total (ppm Fe)	0,1	0,05	0,03	0,025	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
Cobre total (ppm Cu)	0,05	0,025	0,02	0,02	0,015	0,01	0,01	0,01	0,002
Dureza total (ppm CaCO ₃)	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,05	n/d	n/d	n/d
pH a 25 °C	8,3-10,0	8,3-10,0	8,3-10,0	8,3-10,0	8,3-10,0	8,8-9,6	8,8-9,6	8,8-9,6	n/a
COT no volátiles (ppm C)	1	1	0,5	0,5	0,5	0,2	0,2	0,2	n/d
Sustancias aceitosas (ppm)	1	1	0,5	0,5	0,5	0,2	0,2	0,2	n/d
SDT: Sólidos Disueltos Totales SST: Sólidos Suspendidos Totales COT: Carbono Orgánico Total PSIG (PoundSquareInch gauge): Libra por pulgada cuadrada relativa o manométrica OTSG (Once ThroughSteamGenerators): Generador de vapor de un solo paso.									

Fuente: Adaptado de “GuidelinesforWaterReuse”- US EPA, 2012. Cap. 3-22 (Pág. 108)

CAPITULO 3

MARCO METODOLOGICO

CAPITULO 3

MARCO METODOLOGICO

3.1.- Área de Estudio

Se considera como área de estudio la localidad de Bahía Blanca, centrándose el análisis en el servicio de saneamiento a ésta ciudad y en el servicio de agua potable a las ciudades de Bahía Blanca y Punta Alta, por abastecerse ambas de la misma fuente de agua.

3.2.- Fuentes de información

El diseño de investigación tiene un carácter exploratorio – descriptivo.

Se consultaron diferentes metodologías sobre el Análisis Costo - Beneficio, aplicando algunas de las que utiliza el Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP)⁴⁴: *“Metodología General para la Evaluación de Proyectos”* (CEPEP, 2008); *“Guía General para la Preparación y Presentación de Estudios de Evaluación Socioeconómica de Proyectos para la Construcción de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales”* (CEPEP, 2006); *“Metodología para la Evaluación Socioeconómica de Proyectos de Construcción de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)”* (CEPEP, 2010) y *“Guía para elaborar y presentar los análisis Costo y Beneficio de Proyectos de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)”* (Unidad de Inversiones, Secretaría de Hacienda y Crédito Público de México, 2008). En el mismo sentido, se relevaron y recopilaron trabajos en los que se había aplicado la metodología Costo - Beneficio para realizar la evaluación socioeconómica en la implementación de una PTAR, así como de otros estudios e investigaciones que guardan relación con el trabajo en el ámbito local.

Para la elaboración del marco institucional y de gestión se realizaron análisis de fuentes periodísticas y otros antecedentes de fuentes bibliográficas (tesis, trabajos gubernamentales y trabajos de congreso). Se relevaron diferentes normativas vigentes a nivel nacional, provincial y municipal que regulan los servicios de agua potable y saneamiento, la gestión de efluentes líquidos urbanos e industriales detallando los parámetros de calidad de las descargas límites admisibles y el manejo sustentable de barros generados en plantas de tratamiento de efluentes líquidos (cloacales, mixtos cloacales-industriales y/o especiales). También se relevaron y describieron diferentes reglamentaciones de estándares en torno al agua regenerada para su reutilización según el destino final, en diferentes partes del mundo (Anexos I y II).

Para la enumeración de los antecedentes sobre la gestión de los efluentes urbanos en Bahía Blanca se consultaron los diferentes subprogramas de monitoreo y control del PIM, en especial los que aportan datos en relación directa con el recurso agua (*Programa de control de efluentes industriales, Programa de monitoreo de la calidad de agua del estuario, Programa de monitoreo de aguas subterráneas*), el Proyecto *“Estudio de la dinámica (espacial y temporal) de los efluentes líquidos industriales y urbanos en la zona del Polo Petroquímico y Área Portuaria de B. Bahía”*, el

⁴⁴ El CEPEP es un centro creado por el Gobierno Federal de México en el año 1994 a través de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) y administrado por el Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (Banobras), cuyo propósito es contribuir a optimizar el uso de los recursos destinados a la realización de proyectos y programas de inversión, así como la capacitación permanente en preparación y evaluación socioeconómica de proyectos, para todos los niveles de gobierno.

programa de monitoreo de la calidad ambiental del estuario denominado *Subprograma Ría de Bahía Blanca* que lleva adelante el IADO, el *Plan Estratégico de la Municipalidad de Bahía Blanca*, Expedientes de la Subcomisión de Aguas de la Comisión Asesora de Medio Ambiente del Honorable Concejo Deliberante, el Certificado de Aptitud Ambiental a ABSA S.A. otorgado por el OPDS sobre el proyecto de la *Planta de Tratamiento de Líquidos Cloacales de la Tercera Cuenca*, el *Informe Final* del diseño preliminar de una planta depuradora de líquidos cloacales en la primera cuenca elaborado por Mekorot Development and Enterprise (2011), el Informe Final del Proyecto “*Evaluación de reúso de los efluentes cloacales de la cuenca hídrica de Bahía Blanca, con destino agrícola y/o industrial*” (2013) y la presentación “*Planta de Reúso de Efluentes Cloacales: una contribución sustentable al problema del agua en Bahía Blanca*” efectuada por la AIQ en las XII Jornadas Municipales de Medio Ambiente (2015).

Para estimar la población del proyecto, se consultaron estadísticas de censos nacionales, series históricas de población, proyecciones disponibles y metodologías utilizadas por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC) y por la Dirección Provincial de Estadística de la Provincia de Buenos Aires (DPE) en sus páginas web y mediante consultas (telefónicas y por correo electrónico) con la Jefa del Departamento de Estadísticas, como así también guías del Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento (ENOHSa) en lo que refiere a métodos de proyección de población para proyectos de esta naturaleza.

En cuanto a las proyecciones de población, se encontraron publicadas las que realiza el INDEC⁴⁵, por sexo y grupo de edad, a nivel país y por provincias, para el período 2010 – 2040⁴⁶. Según lo informado por la Jefa del Departamento de Estadísticas de la DPE (agosto de 2014), el INDEC no había realizado la proyección a nivel partido (estaba prevista realizarla pero sin definición de fecha). Por lo tanto, al no disponerse de una proyección oficial por partido o aglomerado, se procedió a realizar una proyección propia de la población del proyecto. Para ello se realizaron los siguientes pasos, siguiendo los lineamientos del ENOHSa y adoptando algunos supuestos que se detallan en el Capítulo 5:

- Definición de la población base (año 2010).
- Aplicación de las metodologías seleccionadas (Método de Tasa Geométrica Decreciente y Método de Relación – Tendencia).
- Cálculo de la tasa de crecimiento inter-períodos en base a los resultados obtenidos.
- Proyección de la población afectada al proyecto.

Para realizar el análisis de la oferta y demanda de agua y saneamiento se entrevistaron a funcionarios de la empresa operadora del servicio, ABSA S.A., tanto del área comercial como del área operativa de las plantas de tratamiento de efluentes cloacales, en diferentes oportunidades. También se consultaron diversos documentos de referencia en la materia.

Los parámetros para definir la calidad de diseño considerada en las alternativas de tratamiento fueron tomados del Proyecto UTN FRBB “*Evaluación de reúso de los efluentes cloacales de la cuenca hídrica de Bahía Blanca, con destino agrícola y/o industrial*” (Monserrat, V. & Uribe Echevarría, M.; 2013) y el análisis de las alternativas de tratamiento propuestas surgen del estudio que ABSA le encargo a la Empresa Mekorot (2011).

⁴⁵La DPE elabora informes donde presenta los resultados correspondientes a las proyecciones de población para la Provincia de Buenos Aires realizados por el INDEC, pero no realiza proyecciones propias (como por ejemplo en base a la Encuesta Permanente de Hogares).

⁴⁶Mediante el Método de los Componentes, considerando los resultados definitivos del Censo 2010, la evaluación demográfica efectuada en base a información proveniente de censos anteriores y la información de registros vitales y estimaciones de migración (interna e internacional) entre 2001 y 2010.

3.3.- Metodología para la Evaluación Socioeconómica

Para desarrollar la evaluación socioeconómica del proyecto de construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) se tomó como base metodológica el análisis *Costo-Beneficio*⁴⁷, recomendado para proyectos de infraestructura de largo plazo, de acuerdo a lo expuesto en el apartado 2.2.

Una evaluación socioeconómica debe contemplar los siguientes puntos (CEPEP, 2015):

- Las cifras deben estar expresadas a precios de un mismo año, que generalmente es el año en que se realiza el proyecto. En este caso se considera junio 2016.
- La valoración de los costos y beneficios deberán expresarse en términos reales, es decir, sin el efecto de la inflación.
- Cuando se utilicen precios de mercado, se les deberá corregir las distorsiones que presente el mercado, como los impuestos, subsidios o cualquier otro tipo de distorsión.
- En su caso, se deberán utilizar precios sociales especiales como el de la divisa.
- Además, cuando se tenga la información, se deberá cuantificar y de ser posible, valorar las externalidades que genere el proyecto.
- Si es el caso, se debe identificar los efectos intangibles que deriven del proyecto.

A continuación se presenta una descripción genérica de cada una de las etapas desarrolladas para llevar adelante la evaluación socioeconómica bajo el método costo-beneficio, que en líneas generales consiste en desarrollar un diagnóstico de la situación actual, definir la situación sin proyecto, describir el proyecto, elaborar la situación con proyecto y finalmente realizar la evaluación del mismo a fin de determinar la conveniencia de llevarlo o no a cabo.

3.3.1.- Definición de la Situación Actual

En la situación actual, se analizaron todos aquellos aspectos que se han puesto de manifiesto en la problemática a resolver, susceptibles de modificarse con el proyecto. Se puso especial énfasis en el diagnóstico del estado actual de los servicios de agua potable, desagües cloacales y pluviales, saneamiento y del cuerpo receptor de las aguas residuales de la ciudad, describiendo las partes que los integran y enunciando sus características particulares, analizando la oferta o infraestructura existente y la demanda actual. La etapa culmina con un análisis comparativo entre la oferta y la demanda de agua y saneamiento, describiendo en forma detallada la problemática identificada.

3.3.2.- Definición de la Situación Sin Proyecto

Es la situación esperada en ausencia del proyecto. En algunos casos, la situación actual es susceptible de ser optimizada mediante la introducción de modificaciones, como la incorporación de proyectos que ya han sido programados y autorizados, la ejecución de inversiones marginales en reparaciones menores o la aplicación de medidas administrativas. Por lo tanto en esta etapa se describieron las optimizaciones a la situación actual, estimando el impacto de las mismas tanto

⁴⁷ Siguiendo la *“Guía General para la Preparación y Presentación de Estudios de Evaluación Socioeconómica de Proyectos para la Construcción de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales”* (CEPEP, Diciembre de 2006), la *“Guía para elaborar y presentar los análisis Costo y Beneficio de Proyectos de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)”* (Unidad de Inversiones, Secretaría de Hacienda y Crédito Público de México, Abril 2008) y *“Metodología para la Evaluación Socioeconómica de Proyectos de Construcción de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)”* (CEPEP, Diciembre 2010).

para el caso de la oferta como de la demanda de agua y saneamiento, a fin de evitar la sobrestimación de los beneficios atribuibles al proyecto durante el horizonte de evaluación. Además se describió la caracterización del influente, la calidad requerida del efluente y las alternativas de tratamiento para alcanzar dicha calidad, con sus características técnicas y económicas y la selección y justificación de la alternativa seleccionada.

3.3.3.- Descripción del Proyecto

En esta sección⁴⁸ se señalan las características más importantes del proyecto de la PTAR, incluyendo:

- *Objetivo, propósito y componentes* (principales activos necesarios para alcanzar el propósito del mismo).
- *Calendario de actividades* y la representación gráfica en un diagrama de Gantt con la programación estimada de las principales acciones que se requieren para generar los componentes del proyecto, las pruebas y la operación de la PTAR.
- *Sector económico, localización y zona de influencia* con la ubicación de la PTAR, las características del área a utilizar y los colectores principales.
- *Vida útil del proyecto*: expresa el período de operación conforme a la tecnología seleccionada. Este valor es clave para determinar el horizonte de evaluación del proyecto.
- *Capacidad de diseño*: el caudal de tratamiento de aguas residuales y su evolución en el horizonte de evaluación del proyecto.
- *Procesos de operación*: se describe cada uno de los tratamientos de las aguas residuales y de los lodos, con sus operaciones unitarias a realizar y su representación en un diagrama integral. En este apartado se detalla la calidad del efluente de la PTAR.
- *Costo total del proyecto*: se detalla el costo privado de la inversión inicial entre sus principales componentes (identificando el costo por supervisión de la obra y contingencias) y el costo privado de operación y mantenimiento desglosado en gastos fijos y costos variables (energía eléctrica, productos químicos, transporte y disposición final de lodos, etc.).

3.3.4.- Definición de la Situación Con Proyecto

Se identifican los efectos del proyecto, que pueden ser directos, indirectos, externalidades e intangibles. Los *directos* se analizan en el mercado del bien o servicio que entregará el proyecto, en este caso agua regenerada. Los *indirectos* son identificados en el mercado de agua potable o agua cruda, en virtud de que este bien puede constituirse, para determinados usos, en un *sustituto* del agua tratada y viceversa. El análisis de las *externalidades* hace referencia al hecho de que este tipo de proyectos proporcionan, además, el servicio de limpieza de las aguas residuales, evitando el deterioro de la calidad de los cuerpos de agua que reciben las descargas de las mismas. Así, se analizan los efectos sobre la salud de la población; el valor de la producción agrícola; el valor de los predios de uso residencial y la protección de los mantos freáticos. Todos éstos son efectos relacionados con el mejoramiento de la calidad de los cuerpos de agua y a los usos vinculados con los mismos. Finalmente se identifican los efectos *intangibles*, que se caracterizan por su dificultad que representa su cuantificación económica.

Posteriormente se describe cómo se modifica la situación con proyecto una vez que entra en operación el proyecto propuesto, explicando y fundamentando todos los cambios esperados en la

⁴⁸ Algunas metodologías consideran la *Descripción del Proyecto* en la etapa de la situación con proyecto.

oferta y demanda de agua y saneamiento tanto al momento inmediato de entrada en operación como en los años del horizonte de evaluación. Esta situación con proyecto será la base sobre la cual se realice la identificación, cuantificación y valoración de costos y beneficios legítimamente atribuibles al proyecto.

3.3.5.- Evaluación del Proyecto

En esta etapa se compara la situación sin proyecto (actual optimizada) con la situación con proyecto, a lo largo del horizonte de evaluación⁴⁹ de 20 años, considerando los siguientes elementos:

a) *Identificación, cuantificación y valoración de los costos sociales del proyecto:* se considera el flujo anual de costos sociales del proyecto.

Los costos atribuibles al proyecto son aquellos en los que incurre la sociedad para construirlo y aquellos que surgen durante la vida útil del mismo. En este trabajo corresponden a costos de inversión, de operación y mantenimiento y los colectores y emisores que serán construidos para conducir el agua residual hasta las plantas del sector portuario industrial para su reúso. Para cuantificar y valorar se toman los costos identificados y se los corrige por los precios sociales.

b) *Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios sociales del proyecto:* se considera el flujo anual de los beneficios sociales del proyecto. Para el horizonte de evaluación, se especifican, cuantifican y proyectan los beneficios: directos, indirectos y externalidades.

c) *Cálculo de los indicadores de rentabilidad:* deberán calcularse a partir de los flujos netos a lo largo del horizonte de evaluación, con el fin de determinar la conveniencia de realizar el proyecto. Para el cálculo de los indicadores de rentabilidad, valor actual neto (VAN) y tasa interna de retorno (TIR), deberán considerarse las fórmulas contenidas en el apartado 2.2.4.

d) *Análisis de Sensibilidad y Riesgos:* El VAN de un proyecto es el resultado de una serie de estimaciones, tanto de precios como de cantidades de costos y beneficios atribuibles a su realización. La sensibilidad del proyecto se define como el cambio del VAN ante cambios porcentuales en las variables más importantes que lo determinan. El análisis de sensibilidad es una herramienta útil para medir el riesgo del proyecto (CEPEP, 2006). En este apartado se muestran los efectos que ocasiona la modificación de algunas de las variables más relevantes del proyecto sobre el VAN. Entre otros aspectos, se considera el efecto derivado de variaciones porcentuales en el monto total de inversión, el costo variable de energía eléctrica, el consumo de agua regenerada, la tarifa residencial y la tarifa de agua cruda y potable que pagan las industrias.

⁴⁹Período de tiempo en el cual se analizan y comparan los efectos del proyecto, respecto a la situación sin proyecto. Puede aplicarse como horizonte de evaluación el de la vida útil de la obra del proyecto, como es el caso de estudio.

CAPITULO 4

MARCO INSTITUCIONAL Y DE GESTION

CAPITULO 4

MARCO INSTITUCIONAL Y DE GESTION

A nivel mundial, el desarrollo de actividades de reúso de aguas residuales ha estado acompañado por una transformación en los marcos legales de cada país, incorporando y adaptando la actividad de reúso a las normativas existentes sobre la gestión del agua. Gradualmente se fueron incorporando criterios que limitan su utilización, estableciendo condiciones sanitarias y ambientales que minimicen los riesgos de su utilización (Sartor, A.; Cifuentes, O.; 2012).

Argentina no tiene un marco legal que establezca las condiciones mínimas requeridas, así como una política de promoción para el desarrollo de esta actividad; sin embargo, existen experiencias aisladas de reutilización de aguas residuales con diferentes grados de consolidación, especialmente en actividades de carácter productivo; a excepción de la provincia de Mendoza, que cuenta con una arquitectura institucional y jurídica compleja en materia de gestión de agua y utilización de las aguas residuales y que debiera convertirse en antecedente valioso para definir los criterios esenciales de una ley a nivel nacional (Bertranou, A.; Araujo, E. 2002).

4.1. Marco Normativo

Se presenta en este apartado, el marco normativo e institucional con alcance a un proyecto de reúso de aguas residuales en Bahía Blanca, actualmente sin la existencia de una normativa específica en reúso de aguas residuales a nivel nacional.

La **Constitución Nacional**, en su artículo 41, establece que *“Todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras; y tienen el deber de preservarlo...”*, así como reconoce titulares de los recursos naturales a las Provincias y delega en la Nación normar sobre los presupuestos mínimos para su preservación... *“Corresponde a la Nación dictar las normas que contengan los presupuestos mínimos de protección, y a las provincias, las necesarias para complementarlas, sin que aquéllas alteren las jurisdicciones locales...”*.

La **Ley Nacional N° 25.688 “Régimen de Gestión Ambiental de Aguas”** (2002), establece los presupuestos mínimos ambientales, para la preservación de las aguas, su aprovechamiento y uso racional en el marco de la Constitución Nacional (Artículo 41), define qué se entiende por agua y por cuenca hídrica superficial y declara que son indivisibles las cuencas hídricas, como unidad ambiental de gestión del recurso.

En particular, las actividades de reúso de aguas residuales no tienen una normativa específica, sin embargo el documento **"Principios Rectores de Política Hídrica de la República Argentina"** suscripto por representantes de las áreas hídricas de 23 provincias y por el Director Nacional de Políticas, Coordinación y Desarrollo Hídrico de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación en 2003, incluye en su capítulo “El Agua y el Ambiente”, el principio 11: “Conservación y Reúso del Agua”, que establece: *“Las prácticas conservacionistas y el reúso del agua brindan oportunidades para el ahorro del recurso que derivan en importantes beneficios sociales, productivos y ambientales; beneficios que deben compartirse entre los múltiples usuarios del recurso. El reciclado del agua a partir de la modificación de procesos industriales, la disminución de los altos consumos de agua potable, el reúso de aguas residuales proveniente de centros urbanos e industriales en*

otras actividades, el aumento de eficiencia en el consumo de agua por el sector agrícola bajo riego; constituyen líneas de acción concurrentes en pos del uso racional y sustentable del recurso” (COHIFE, 2003).

Un último antecedente a considerar es el **Proyecto de Ley Nacional para el Reúso de Aguas Residuales** actualmente en estado parlamentario para su tratamiento (Expediente: 0922-D-2011; Trámite Parlamentario N° 11- Fecha: 17/03/2011, vuelto a presentar según Expediente: 4087-D2013). Este proyecto está directamente relacionado con la tesis, dado que propone la definición de políticas nacionales en las actividades de reúso de aguas, que fijen presupuestos mínimos que favorezcan a su preservación, impulsa mecanismos de coordinación jurisdiccional y diferenciación de responsabilidades, fijando estándares que prioricen el aspecto sanitario y el fortalecimiento de recursos destinados a infraestructura sanitaria, incorporando soluciones a diferentes escalas y diversidad de tecnologías, según sean las características de cada asentamiento, clima, morfología y superficies disponibles. Además, plantea avanzar en el desarrollo de políticas de planificación integrada de las cuencas, el fortalecimiento del sistema de gestión y control de la calidad de los vuelcos a la red cloacal (que recibe actualmente todo tipo de efluentes lo que lo transforma en otro de carga contaminante asimilable a las características de un efluente industrial) y la coordinación entre diferentes organismos y autoridades de control del agua. En los últimos artículos de la propuesta de ley, se establecen mecanismos destinados a promover proyectos de reutilización de las aguas residuales - desgravación impositiva, líneas crediticias y otras medidas, con los alcances que establezca la reglamentación - y plantea la necesidad de avanzar en la utilización de esta nueva fuente de agua, la cual no puede estar separada de una estrategia vinculada a que el mercado del agua incorpore gradualmente los costos de su disponibilidad, especialmente cuando se trata como destino en actividades productivas (Sartor, A.; Cifuentes, O. 2012).

A nivel provincial, al igual que la Constitución Nacional, la **Constitución de la Provincia de Buenos Aires**, en su artículo 28, establece *“Los habitantes de la Provincia tienen el derecho a gozar de un ambiente sano y el deber de conservarlo y protegerlo en su provecho y en el de las generaciones futuras...”*. Y conforme al artículo 28, la **Ley N°11.723/1995** tiene por objeto la protección, conservación, mejoramiento y restauración de los recursos naturales y del ambiente en general en el ámbito de la Provincia de Buenos Aires, a fin de preservar la vida en su sentido más amplio; asegurando a las generaciones presentes y futuras la conservación de la calidad ambiental y la diversidad biológica. Esta ley obliga a presentar una evaluación de impacto ambiental a todo proyecto susceptible de producir algún efecto negativo al ambiente.

En referencia a la prestación del servicio de agua potable y saneamiento, en la Provincia de Buenos Aires, la Ley 11.820/96 aprueba el **“Marco Regulatorio para la Prestación de los Servicios Públicos de Provisión de Agua Potable y Desagües Cloacales en la Provincia de Buenos Aires, y las Condiciones Particulares de Regulación para la Concesión de los Servicios Sanitarios de jurisdicción Provincial”**. Pero, ante el fracaso demostrado de la gestión privada de los servicios públicos, situación generada por la rescisión del contrato de concesión con Azurix S.A. y la creación de Aguas Bonaerenses S.A., mediante Decreto N° 517/03, ratificado por Ley 12.989, en 2003, se establece por Decreto N° 878, el **“Nuevo Marco Regulatorio para prestación de los servicios públicos de provisión de agua y desagües cloacales de la Provincia de Buenos Aires”**. En su Art. 1º califica como *servicio público sanitario*, regulado por dicho marco, a *“toda captación y potabilización, almacenamiento, transporte, distribución y comercialización de agua potable; y la recepción, tratamiento, disposición y comercialización de desagües cloacales, incluyéndose también aquellos efluentes industriales que el régimen vigente permita que se viertan al sistema cloacal y la comercialización de los efluentes líquidos y los subproductos derivados de su tratamiento”*, es decir, establece la base jurídica para el desarrollo de las actividades de reúso de aguas y su comercialización. Este nuevo régimen además, establece a diferencia del anterior, la posibilidad de

que el servicio público pueda ser prestado por el propio Estado –en su calidad de titular del mismo-, o mediante la técnica de la concesión de servicio público, delegando su prestación en actores particulares, como sociedades anónimas o cooperativas de usuarios u otros sujetos de derecho público. Otra innovación importante que introduce este nuevo Marco Regulatorio es la distinción entre la *autoridad regulatoria* (el Ministerio de Infraestructura, Vivienda y Servicios Públicos) y la *autoridad de control del servicio*, a cuyos efectos crea un ente autárquico denominado Organismo de Control de Aguas de Buenos Aires (OCABA), cuya única función es la de controlar y verificar el estricto cumplimiento de las obligaciones legales y contractuales a cargo de los prestadores y la defensa de los derechos de los usuarios.

Otra ley con injerencia directa a nivel provincial en el desarrollo de actividades de reúso de aguas residuales es la Ley N° 12.257/98, que aprueba el **Código de Agua de la Provincia de Buenos Aires**, cuyo objeto es establecer el régimen de protección, conservación y manejo del recurso hídrico y crea la Autoridad del Agua (ADA) como ente autárquico de derecho público y naturaleza multidisciplinaria, como responsable de definir políticas de obras, controlar el aprovechamiento de los recursos superficiales y subterráneos y asegurar la transparencia y comunicación de las políticas sobre el recurso. El Código de Aguas establece en su artículo 104, el *cumplimiento de estándares de calidad en los efluentes antes del vuelco al ambiente* según lo establecen las leyes provinciales:

- **Ley N° 5965/58**, “Ley de Protección a las fuentes de provisión y a los cursos y cuerpos receptores de agua y a la atmósfera” (Decreto Reglamentario N° 2009/60, modificado por su similar N° 3970/90), **Resolución AGOSBA N° 389/98** que establece las normas de calidad de los vertidos de los efluentes líquidos residuales y/o industriales a los distintos cuerpos receptores de la Provincia de Buenos Aires) y la **Resolución ADA N° 336/2003** que modifica la Resolución AGOSBA N° 389/98 e incorpora ramas de actividades a las que no se les permite disponer sus efluentes líquidos residuales y/o industriales a pozos absorbentes, modifica parámetros de descarga admisibles y agrega el listado de Pesticidas Organoclorados y Organofosforados que figuran en la Ley Provincial N° 11.720.
- **Ley N° 11.720/95**, regula la generación, manipulación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos especiales en el territorio de la provincia de Buenos Aires.
- **Ley N° 11.347/92** sobre tratamiento, manipuleo, transporte y disposición final de Residuos Patogénicos.

En el **ANEXO II** se muestran los “*Parámetros de calidad de las descargas límite admisibles*” - **Resolución ADA N° 336/2003**, los “*Parámetros de calidad – descargas límites admisibles para efluentes cloacales*” que fija la **Ley Provincial N° 11.820/96** y una comparación de los mismos en referencia a los límites de descarga a un cuerpo superficial de agua.

Uno de los aspectos más cuestionados en las actividades de reúso de aguas residuales es la presencia de patógenos que ponen en riesgo la salud de la población. Esta característica requiere establecer criterios sanitarios y ambientales definidos por medio de estándares que fijen los parámetros físicos, químicos y biológicos para diferentes usos finales. Sobre esta última cuestión se ha avanzado sustancialmente en las últimas décadas, tanto en incorporación de nuevas tecnologías para el tratamiento de los efluentes, como en la implementación de marcos normativos que definan usos y condiciones para permitir dichas actividades. La experiencia en reutilización de aguas residuales, las tecnologías disponibles y el conocimiento desarrollado respecto de los riesgos inherentes a esta actividad, han llevado a los países que tienen normas sobre el uso de aguas regeneradas o aguas residuales tratadas y a la Organización Mundial de la Salud (OMS) a definir

criterios sanitarios y ambientales, cada vez más flexibles, que permiten evaluaciones especiales, según el uso posterior de cada proyecto. Existen numerosos antecedentes de reglamentación de los estándares de aguas residuales para su reutilización según el destino final en diferentes partes del mundo: México **NOM-003-SEMARNAT-1997**; **NOM-004-SEMARNAT-2002**; US EPA, **Guidelines for Water Reuse, (1992), (2004), (2012)**; España, **Decreto Real 1620/2007**; OMS, **Guías para el reúso de aguas residuales en agricultura y acuicultura** (1989) (revisión 2006); (Esandi et. al, 2013). En Argentina, existen provincias como Mendoza y Chubut (Puerto Madryn), donde se han regulado las condiciones de reúso de las aguas residuales tratadas, en particular reutilizadas en agricultura (Ver Anexo I), pero a nivel nacional no existen leyes que avancen sobre estos aspectos, aunque en el proyecto de ley sobre reúso de aguas residuales, citado anteriormente, se fundamenta la necesidad de establecer estos límites por vía reglamentaria.

Otro aspecto importante a considerar es el resultado de la remoción de contaminantes en los procesos de tratamiento de aguas residuales, donde se producen diferentes subproductos, siendo el más importante los lodos o barros⁵⁰. Los lodos provienen de las etapas de tratamiento primario y secundario, y sus características, volumen y masa dependen del proceso donde se originaron y del tratamiento que han recibido. En Argentina, la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDS) es la autoridad de aplicación del “Reglamento para el manejo sustentable de barros generados en plantas de tratamiento de efluentes líquidos (Cloacales, mixtos cloacales-industriales y/o especiales)”, aprobado por **Resolución SAyDS N° 97/01**. Esta norma tiene por objeto regular el manejo, tratamiento, utilización y disposición final de los barros, a efectos de asegurar una gestión sustentable de estos productos, subproductos y residuos. En el año 2014 y ante la necesidad de elaborar un marco normativo actualizado, que se adecue a los cambios producidos desde la sanción de la Resolución del 2001, se crea el “Programa para el manejo sustentable de barros generados en plantas de tratamiento de efluentes líquidos y de plantas potabilizadoras” por **Resolución SAyDS N° 511/14**.

Por su parte, la Autoridad del Agua por **Resolución ADA N° 734/2014** deroga la Resolución ADA N° 82/2012 que enmarca la emisión de los Certificados de Prefactibilidad para el Vuelco de los Efluentes Líquidos y aprueba la documentación para ordenar la *Gestión de Permisos* para nuevos proyectos y para establecimientos en funcionamiento, emitiendo a partir de la fecha de vigencia de la presente resolución, un solo Permiso Conjunto de extracción y vuelco, adaptándose a la integralidad del ciclo del agua y la **Resolución ADA N° 636/14** que deroga la resolución ADA N° 698/10 y establece como requisito para los trámites de Permisos de Explotación y Vuelco establecidos en la Ley N° 12.257 y concordantes, que el interesado solicite a las prestatarias del Servicio Público de abastecimiento de agua y colección y tratamiento de efluentes cloacales, la *Factibilidad de Satisfacción de las demandas de agua y servicio de colección y transporte de aguas residuales tratadas*, relacionadas con la actividad que desarrolla.

Otra condición que contribuirá a valorar las actividades de reúso de aguas residuales, como una nueva fuente de agua, es la normativa de la Autoridad del Agua de la Provincia de Buenos Aires, a partir del **Decreto ADA N° 429/13**, que reglamenta la aplicación del “Canon de Agua” establecido en los Art. 43 y 67 de la Ley N° 12.257 “Código de Aguas de la Provincia de Buenos Aires” (1998) y contempla los conceptos de *Huella Hídrica*⁵¹, la generación de condiciones para mejorar el

⁵⁰“Acumulación de sólidos separados en los procesos de tratamiento de efluentes líquidos”. Resolución 97/2001, Anexo A, Art. 1°.

⁵¹“Se define como el volumen total de agua usado para producir los bienes y servicios producidos por una empresa, o consumidos por un individuo o comunidad. El uso de agua se mide en el volumen de agua consumida, evaporada o contaminada, ya sea por unidad de tiempo o por unidad de masa. La huella de agua se puede calcular para cualquier grupo definido de consumidores (por ejemplo, individuos, familias, pueblos,

conocimiento hidrológico de la región y el uso sustentable del recurso, lo cual ejercerá más control y presión para cumplir condiciones de preservación del recurso y la **Resolución ADA N° 257/2014**, mediante la cual se implementa el cobro del Canon a los usuarios por uso del agua pública en el territorio de la Provincia de Buenos Aires, reglamentado por el Decreto N° 429/13. Si bien se ha avanzado en este sentido con la **Resolución ADA N° 465/13**, que ordena los requerimientos y procedimientos de ingreso al Banco Único de Datos de Usuarios de Recursos Hídricos (BUDURH) y la **Resolución ADA N° 198/15**, que establece los requerimientos para las pymes localizadas en la planta urbana, es de esperar que se sigan fortaleciendo.

4.2. Actores Sociales

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).

En un proyecto de reúso, es de suma importancia tanto la vinculación y coordinación interinstitucional, como la participación en la toma de decisiones a los diferentes actores relevantes involucrados. En el proyecto de reúso de aguas residuales de la PTAR propuesta, destinadas al abastecimiento de las empresas a gran escala del área industrial portuaria, se identifican a diferentes instituciones nacionales, provinciales y locales, públicas o privadas y se vinculan considerando los intereses directos o indirectos sobre el proyecto, que impulsan a cada actor a asociarse en pos de la realización del proyecto o en detrimento de su logro (Tabla N° 16).

Tabla N° 16.- Actores sociales y su vinculación con el proyecto de PTAR propuesto

Actor Social	Vinculación con el Proyecto de PTAR
Ámbito Nacional	
Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios	El proyecto puede financiarse por medio de: endeudamiento internacional o licitación pública. Para la primera opción, se requiere un involucramiento del gobierno nacional con la autorización de dicho endeudamiento. Otra alternativa para el desarrollo del proyecto podría ser a través de una convocatoria a licitación privada para su construcción y con derecho de operación de la misma.
Ámbito Provincial	
Gobierno de la Provincia de Buenos Aires	La vía de ejecución en este ámbito para los proyectos de infraestructura sanitaria son: fondos propios del presupuesto provincial o concesión de la gestión del Proyecto a través de licitación pública o adjudicación directa. En relación al proyecto en estudio, el gobernador de la Provincia de Buenos Aires firmó un Acuerdo Marco el 29/11/2010 con el Estado de Israel para la elaboración del diseño preliminar del proyecto, en el que participan la MBB, la UIBB, ABSA S.A., 5 de Septiembre, ITC y MDE.
Ministerio de Infraestructura, Subsecretarías de Servicios Públicos y Obras Públicas de la	Organismo responsable de planificar, proyectar y organizar la construcción y mantenimiento de las obras de agua potable y desagües cloacales que ejecute el Estado Provincial; el Ministerio en cuestión, tiene injerencia directa en las decisiones de proyectos vinculados al saneamiento en toda la provincia, en particular en el área de concesión

ciudades, provincias, estados o naciones) o productores (por ejemplo, organismos públicos, empresas privadas o el sector económico)”(Decreto ADA N° 429/13).

Provincia de Buenos Aires	de la empresa ABSA S.A., ya que el Gobierno de la Provincia de Buenos Aires tiene el 90% de las acciones de dicha empresa.
Autoridad del Agua (ADA)	Organismo responsable de controlar los objetivos de preservación del recurso fijados por el Código de Aguas Ley N° 12.257/98. En el caso del proyecto, deberá controlar en la etapa operativa la calidad de los efluentes del proceso y su vuelco final. En este caso, tendría que incorporar el control de calidad de las aguas residuales tratadas con destino a las industrias.
Organismo de Control del Agua de Buenos Aires (OCABA)	Organismo dependiente del Ministerio de Infraestructura de la Provincia de Buenos Aires, tiene como objetivo controlar el cumplimiento del Marco Regulatorio en materia del servicio público de agua y desagües cloacales.
Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS)	Ejerce la autoridad de aplicación de la Ley N° 11.723, en materia de control ambiental en el ámbito de la Provincia de Buenos Aires. Deberá ser el organismo que evalúe ambientalmente el Proyecto de la Planta de Tratamiento para el reúso de aguas residuales, apruebe el Estudio de Impacto Ambiental y otorgue el Certificado de Aptitud Ambiental para permitir el funcionamiento de la planta.
Ámbito Local	
Secretaría de Obras y Servicios Públicos de la Municipalidad de Bahía Blanca	La gestión de esta Secretaría está centrada en la coordinación de actores de diferentes jurisdicciones, es receptor de las demandas sobre la mejora de las infraestructuras sanitarias en general y además asume políticamente la responsabilidad de gestionar ante las otras jurisdicciones.
Agencia Ambiental de la Municipalidad de Bahía Blanca	Tiene delegada por Ley N° 12.530 el monitoreo y control de emisiones gaseosas y efluentes líquidos de origen industrial en el área portuaria y Polo Petroquímico de Bahía Blanca y es responsable de las acciones del Comité Técnico Ejecutivo y el Programa de Monitoreo Ambiental. Desde la Agencia se diseñan las políticas de control ambiental de las actividades urbanas, que para el caso de los efluentes líquidos que se vuelcan al sistema cloacal, debe coordinar acciones con el ADA.
Comité Técnico Ejecutivo (CTE)	Creado por Ley Provincial N° 12.530 “Programa Especial para la Preservación y Optimización de la Calidad Ambiental”, su ámbito de aplicación es el Polo Petroquímico y Área Portuaria de Bahía Blanca. En su artículo 9º, establece la obligación de presentar un Plan de Monitoreo del Área en relación a las emisiones y fugas gaseosas generadas por las industrias y el control y monitoreo periódico de los efluentes líquidos que son volcados al estuario bahiense ⁵² . El Programa Integral de Monitoreo (PIM) que está en ejecución desde 2002 se organiza en subprogramas entre los que se encuentra el Programa de Control de Calidad del Estuario. Anualmente son auditados por una Comisión Ad-Hoc, integrada por profesionales técnicos que representan a la Universidad Nacional del Sur (UNS), la UTN FRBB, Poder Ejecutivo del Municipio y la UIBB. En particular el área del proyecto de reúso de aguas residuales podría ser alcanzada por los alcances de la Ley N° 12.530 y las industrias que consumirían el agua residual están dentro del área de control del PIM. La ejecución del

⁵²Para la ejecución de estos monitoreos y controles, la propia Ley N° 12.530 prevé la implementación de una tasa municipal en su artículo 13 que establece en función del Nivel de Complejidad Ambiental de cada establecimiento, cuyo pago está a cargo de las industrias alcanzadas por el ámbito de jurisdicción de dicha disposición.

	proyecto debiera tener un impacto directo en la calidad del estuario ya que se anularía uno de los vuelcos con carga contaminante más importantes.
Honorable Consejo Deliberante (HCD) de Bahía Blanca – Comisión Asesora de Medio Ambiente (Ordenanza N° 6209)	Integrada por instituciones públicas y privadas, asesora en los proyectos referidos al control y reducción de la contaminación y la preservación del ambiente, analiza y emite juicio sobre emprendimientos urbanos y localización de industrias, con libre acceso a los vecinos. Tratándose de una Comisión Asesora, sus conclusiones y recomendaciones no tienen carácter vinculante, pero son necesarias para el tratamiento de cualquier temática ambiental por parte del HCD como sería el caso de evaluar un Proyecto de reúso de aguas residuales.
Aguas Bonaerenses S.A. (ABSA S.A.)	Asume la concesión en marzo de 2002, tiene a su cargo las tareas de captación, potabilización, transporte y distribución de agua potable y la colección, tratamiento y disposición final de las aguas residuales en la ciudad de Bahía Blanca. Entre las posibilidades que le otorga el Decreto N° 878/03, Marco Regulatorio para su operación, se establece la de comercializar los efluentes, por lo que ABSA S.A. estaría en condiciones de operar la planta; sin embargo, se considera que el gobierno de la provincia puede separar la operación de la nueva planta buscando otra alternativa en una nueva concesión.
Mekorot Development & Enterprise Ltd. (MDE)	Empresa del Estado Israelí que participó en la elaboración del diseño preliminar de la planta de reúso de aguas residuales (2011). Por ser MDE una empresa del estado, su interés en el desarrollo de proyectos de infraestructura sanitaria en el país dependerá no sólo de la sustentabilidad financiera de los mismos, sino que ambos países tengan políticas exteriores compatibles en materia de Medio Oriente.
5 de Septiembre, Fundación del Sindicato de Obras Sanitarias de la Provincia de Buenos Aires	Esta empresa tiene injerencia muy fuerte en la decisión sobre el proyecto dada la relación de la misma con el Sindicato y el propio Gobierno Provincial. Los proyectos ejecutados en el área de concesión de ABSA S.A. son elaborados por esta empresa y los antecedentes de la operación de ABSA muestran su vinculación con la participación de dicha empresa, para el caso el estudio preliminar realizado por MDE partió de un convenio donde participa la empresa relacionada con el Sindicato de Obras Sanitarias de la Provincia de Buenos Aires.
Industrias del área portuaria industrial	Constituyen los usuarios cautivos del proyecto y su representación en torno a este proyecto ha sido a través de la AIQ ⁵³ y la UIBB. Actualmente cada empresa como gran consumidor tiene un contrato individual con ABSA S.A. para adquirir el agua que necesita para su actividad. El consumo de agua potable correspondiente a las industrias del polo petroquímico (SolvayIndupa, Dow y Profertil) en los últimos 6 años alcanza en promedio los 620 m ³ /h y el de agua cruda rondaría actualmente 1.250 m ³ /h, lo que en total sumaría algo más de 1.800 m ³ /h destinado al polo petroquímico (agua potable y cruda), que representaría el volumen actual a sustituir con agua residual tratada (ABSA S.A., 2014).
Consortio de Gestión del Puerto de Bahía Blanca (CGPBB)	Entrega agua potable a barcos de distintos tamaños que utilizan los muelles que están entre Profertil y Cargill. Otras 7 terminales portuarias concesionadas entregan en sus muelles pequeñas cantidades. En la Posta para Inflamables de Puerto Galván, tiene a su cargo la provisión de agua

⁵³La Asociación Industrial Química de Bahía Blanca (AIQ) está integrada por Compañía MEGA, DOW Argentina y SolvayIndupa.

	potable, Tegral S.A. Entre todos, entregan alrededor de 1500 m ³ /mes. El consumo de agua portuario destinado a usos que no requieran agua potable podrá ser sustituido con aguas residuales tratadas, ya que el área coincide con el área de incumbencia del proyecto.
Universidades	La UTN FRBB y la UNS han participado en diversas investigaciones e informes con opiniones de los técnicos de ambas casas de estudio sobre diferentes aspectos que hacen a la problemática del agua en la región de Bahía Blanca, realizando propuestas concretas de alternativas a corto y largo plazo y cuentan con proyectos de investigación y desarrollo específicos (<i>“Informe Técnico sobre Aspectos Relevantes de la Problemática del Agua en la Región de Bahía Blanca”</i> y <i>“Opinión de las Universidades Públicas de Bahía Blanca ante la actual Situación de Crisis Hídrica que afecta a la región”</i>). Por otra parte, la UTN FRBB participo del proyecto <i>“Evaluación de reúso de los efluentes cloacales de la cuenca hídrica de Bahía Blanca, con destino agrícola y/o industrial”</i> sobre la <i>Planta de la Cuenca de Bahía Blanca</i> (Montserrat, V. y Uribe Echevarría, M.; 2013) y el <i>“Estudio de la dinámica (espacial y temporal) de los efluentes líquidos industriales y urbanos en la zona del Polo Petroquímico y Área Portuaria de B. Bahía”</i> (Cifuentes, O. et al; 2014).
Instituto Argentino de Oceanografía (IADO)	Estudia y monitorea la calidad ambiental del estuario aportando información sobre su evolución. Su vinculación con el proyecto es a través del conocimiento que servirá de insumo para monitorear el impacto positivo del mismo, en términos de mejorar la calidad del estuario al evitar el vuelco de la Planta de Tratamiento Bahía Blanca, ubicada en la denominada Primera Cuenca. Link el último informe medioambiental: http://bahia blanca.gob.ar/subidos/medio-ambiente/pim2015/1-1-Subprograma-Estuario-de-Bahia-Blanca.pdf
Organizaciones No Gubernamentales	Diversas organizaciones civiles en materia ambiental han realizado un ejercicio de defensa del medio ambiente en diferentes ámbitos institucionales públicos que integran: Comisión Asesora de Medio Ambiente; Comité de Control y Monitoreo de la Ley N° 12.530 (integrado por representantes de universidades nacionales, gremios empresarios y de trabajadores, sociedades de fomento y asociaciones ambientalistas con personería jurídica) y audiencias públicas, etc.
Ciudadanos	Participan como parte central de los reclamos de mejora en los servicios, a través del uso que hacen del recurso. La educación de la población respecto a la problemática del suministro y a la generación de aguas residuales permite generar conciencia respecto de las limitaciones del recurso y su uso eficiente, tornándose indispensable para la sustentabilidad del mismo en nuestra ciudad. El desarrollo de actividades de reúso de aguas residuales requiere avanzar en aumentar la conciencia sobre su escasez y la necesidad de incorporar nueva forma de uso, con responsabilidad y cumplimiento de condiciones de calidad y operación necesarias para no poner en riesgo el medio ambiente y la salubridad.

Fuente: adaptado de Esandi, J. et al. (2013). *“Evaluación de factibilidad en el reúso de aguas con destino industrial. (Primer Avance)”*. II Reunión Anual PRODECA. UTN Facultad Regional Córdoba. Argentina.

4.3. Alternativas de Gestión

De llevarse a cabo el proyecto existen diferentes alternativas de gestión. Puede ser pública, privada o mixta (pública – privada), la misma operadora ABSA u otra podrían ser empresas mixta que se encargan de la gestión. También podría llegar a estar condicionada la gestión, que sea privada y que el valor del agua regenerada sea un valor que regulen ellos mismos.

La eficiencia total del proceso depende de la eficiencia de cada etapa, la calidad del tratamiento secundario debe adecuarse para la eficiencia del tratamiento terciario y cuaternario. Si la empresa operadora actual, ABSA S.A, no gestiona eficientemente la calidad del efluente del tratamiento secundario, no sirve para los restantes procesos. Este es un punto muy importante.

A nivel local, el desarrollo de actividades de regeneración y reutilización de aguas residuales requiere el desarrollo de normativa, con controles específicos en la calidad de los vuelcos a la red. En este caso es la Autoridad del Agua, el Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible y el Ministerio de Infraestructura a través de la Subsecretarías de Servicios Públicos y Obras Públicas de la Provincia de Buenos Aires, quienes deben ejercer dichos control. También en la Provincia de Buenos Aires es necesario desarrollar normativa para regularizar dichas actividades de regeneración y reutilización de aguas residuales.

CAPITULO 5

SITUACION ACTUAL

CAPITULO 5

SITUACION ACTUAL

5.1.- Localización geográfica del área en estudio

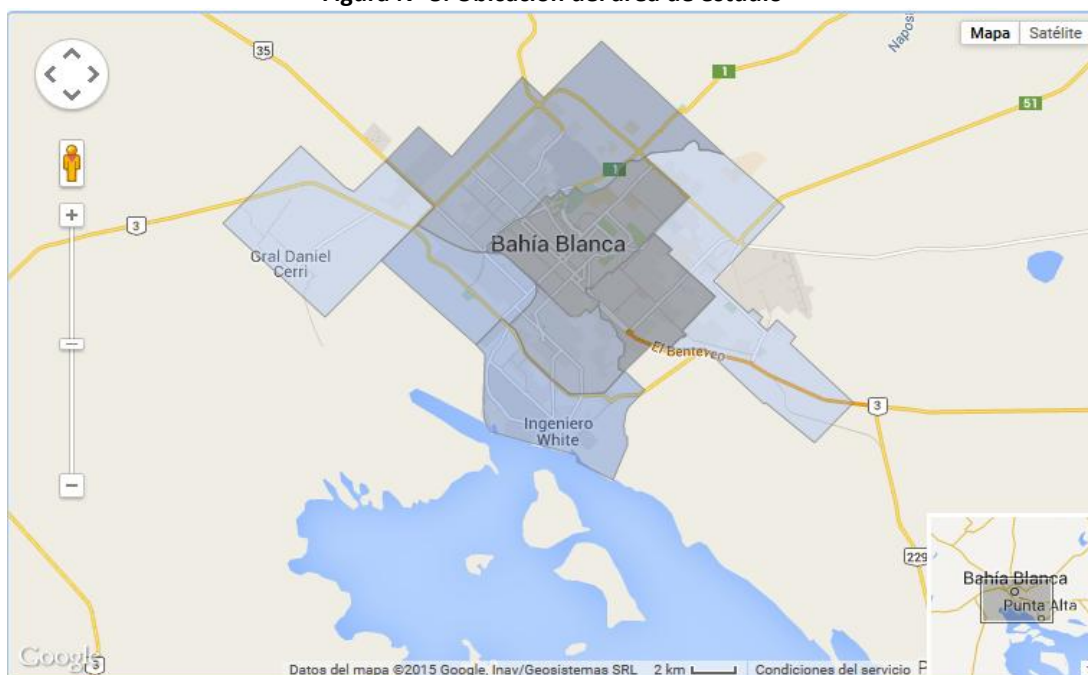
Se considera como área de estudio a la ciudad de Bahía Blanca (cabecera del partido) con su complejo químico y petroquímico, incluyendo las localidades de General Daniel Cerri e Ingeniero White, correspondientes al Partido de Bahía Blanca y a la ciudad de Punta Alta (cabecera del partido), con la Base Naval Puerto Belgrano, correspondientes al partido Coronel de Marina L. Rosales (**Figura N° 15: Ubicación del área de estudio**). Ambas ciudades, con sus localidades incluidas, guardan vinculación directa con el proyecto de regeneración y reutilización de aguas residuales, pues se proveen del mismo sistema de abastecimiento de agua y un proyecto de esta naturaleza, plantea la alternativa de una “fuente de agua” a partir del tratamiento de aguas residuales urbanas, como una opción necesaria desde la perspectiva de la sustentabilidad.

Las ciudades de Bahía Blanca y Punta Alta se encuentran localizadas al sudoeste de la Provincia de Buenos Aires, República Argentina, sobre la costa del Océano Atlántico. Bahía Blanca en las coordenadas 38° 44' Latitud Sur y 62° 16' Longitud Oeste y Punta Alta en las coordenadas 38° 52' Latitud Sur y 62° 04' Longitud Oeste, del meridiano de Greenwich.

La ciudad de Bahía Blanca cuenta con condiciones estratégicas, geográficas y de infraestructuras, como vías de acceso (rutas nacionales N°33, 35, 3 Norte, 3 Sur y 22, y ruta provincial N° 51; y ferroviarias), un puerto de aguas profundas y los gasoductos Neuba I y II, que fomentaron la consolidación de un polo industrial con un importante desarrollo químico y petroquímico, cuyos consumos de agua entran potencialmente en conflicto con las demandas urbanas.

El partido de Bahía Blanca cubre una superficie de 2.247 km² (Censo 2010) y limita con los distritos de Villarino, Tornquist, Coronel Pringles y Coronel Rosales.

Figura N° 8: Ubicación del área de estudio



Fuente: CREEBBA, 2015

5.2.- Aspectos sociodemográficos y económicos

5.2.1. Población del Proyecto

Como se indicó en el marco metodológico, al momento de desarrollar esta sección, no se contaba con una proyección de población por partido o aglomerado por parte de los organismos oficiales. Siendo la proyección de la población del área de estudio, una condición determinante para la definición de la estimación de la demanda del proyecto, fue necesario realizar una proyección propia, con base en información histórica, evaluación del crecimiento demográfico por medio de diferentes métodos, analizando los resultados obtenidos y bajo supuestos adoptados. A continuación se detallan los pasos seguidos:

5.2.1.1.- Definición de la Población Base (año 2010), según datos de Organismos Oficiales

a) INDEC: Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010 (CNPHV 2010). La Tabla N° 17 muestra la población del último censo de las localidades bajo estudio:

Tabla N° 17: Población según CNPHV 2010

Localidad	Habitantes
Bahía Blanca (incluye Ing. White)	291.327
General Daniel Cerri	6.745
Punta Alta	58.315

Fuente: Elaboración propia en base a datos INDEC, CNPHV 2010

b) DPE: Encuesta Permanente de Hogares 2010. La población estimada de referencia del área cubierta por la Encuesta Permanente de Hogares (EPH) para el aglomerado Bahía Blanca – Cerri del cuarto trimestre del año 2010 fue de 311.000 habitantes⁵⁴.

5.2.1.2.- Selección y justificación de la población base (año 2010) utilizada para realizar la proyección de la población

Para realizar la proyección de la población de Bahía Blanca y Gral. D. Cerri se adopta el último dato oficial de la EPH (para el aglomerado Bahía Blanca-Cerri) correspondiente al 4° trimestre 2010 (311.000 habitantes), presumiendo que éste representa la mejor estimación. Para el caso de Punta Alta, se considera como población base la correspondiente al CNPHV 2010 (58.315 habitantes).

5.2.1.3.- Selección y aplicación de las metodologías utilizadas para la proyección de la población

De acuerdo a ENOHSa (2003)⁵⁵, existen diferentes métodos para efectuar la proyección poblacional en cuanto a proyectos de agua y saneamiento se refiere. En este trabajo se utilizó el Método de Tasa Geométrica Decreciente y de la Relación – Tendencia.

⁵⁴http://www.ec.gba.gov.ar/estadistica/social/eph/2010/EPH_cont_4trim10.pdf

⁵⁵“Guía para la presentación de proyectos de agua potable - Cap. 2: Estudios preliminares para el diseño de las Obras” Pág. 27

Para efectuar la proyección demográfica en todos los casos se debe dividir al período de diseño total del proyecto (20 años) en dos subperíodos de n_1 y n_2 años de duración cada uno, preferentemente iguales (10 años cada uno). A los efectos de la presente proyección, se considera el período de diseño total del proyecto 2016-2036.

A continuación se muestra una síntesis de los resultados obtenidos de la aplicación de cada uno de los métodos y en **Anexo III** se adjunta la metodología, los cálculos y los resultados de las proyecciones realizadas en detalle.

a) Método de Tasa Geométrica Decreciente

Con base en datos oficiales de los últimos tres censos de población, se determinan las tasas medias anuales de variación poblacional, de los dos últimos períodos intercensales (para Bahía Blanca-Cerri se ajusta la tasa en función del último dato oficial estimado por la EPH 2010) y se promedian las mismas, siguiendo las consideraciones del método. En la Tabla N° 1 del Anexo III se detalla el cálculo de la tasa de crecimiento utilizada y en la Tabla N° 2 del mismo anexo, se presentan los resultados de la proyección realizada para todo el período de diseño. A continuación, la Tabla N° 18 muestra la población base y la proyectada para el período inicial del proyecto y los dos subperíodos:

Tabla N° 18.- Proyección de la Población por el Método de la Tasa Geométrica Decreciente

Población/Año	2.010	2.016	2.026	2.036
Bahía Blanca-Cerri	311.000	329.245	362.064	398.154
Punta Alta	58.315	58.928	59.965	61.019
Total Proyecto	369.315	388.174	422.029	459.173

Fuente: Elaboración propia

b) Método Relación-Tendencia

Este método se basa en el análisis de las relaciones entre la población total del país, la total de la provincia, el departamento y la localidad. Para el caso del proyecto, se utilizó la relación entre la población total de la provincia de Buenos Aires y las localidades objeto de estudio (Bahía Blanca-Cerri y Punta Alta). Los valores históricos de población se obtienen de los últimos tres censos nacionales (INDEC 1991, 2001 y 2010) y pueden observarse en la Tabla N° 4 del Anexo III; la proyección oficial para las próximas tres décadas (2010-2040) corresponde a la efectuada por el INDEC (2013) - Tabla N° 5 del Anexo III.

En Anexo III (Tablas N° 4 a 15) se detalla la aplicación del método tanto para Bahía Blanca-Cerri, como para Punta Alta; obteniéndose la siguiente proyección de la población:

Tabla N° 19.- Proyección de la Población por el Método Relación – Tendencia

Población/Año	2.010	2.016	2.026	2.036
Bahía Blanca-Cerri	311.000	326.564	349.337	366.444
Punta Alta	58.315	57.073	57.095	56.103
Total Proyecto	369.315	383.636	406.432	422.547

Fuente: Elaboración propia

5.2.1.4.- Resumen de las proyecciones demográficas

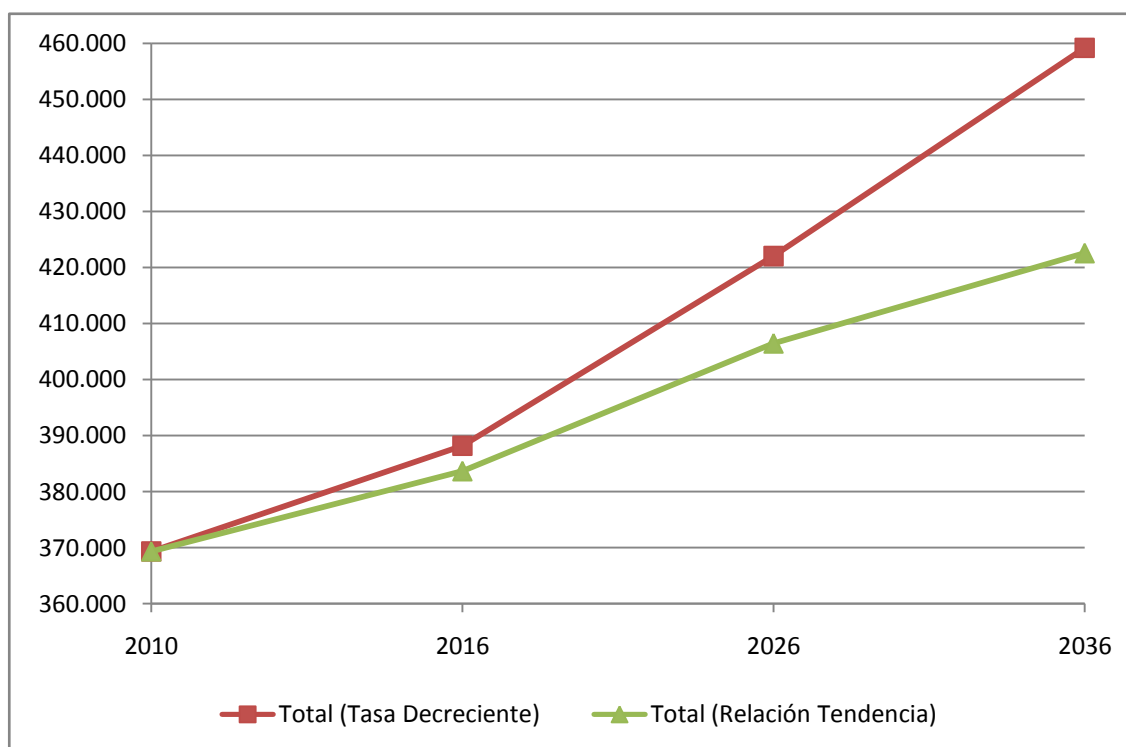
En la Tabla N° 20 se comparan los resultados que surgen de la aplicación de los dos métodos utilizados. La representación gráfica de la proyección de la población total del proyecto se puede apreciar en el Gráfico N° 1.

Tabla N° 20.- Resumen de las proyecciones demográficas

Localidad	Año	Método	
		Tasa Decreciente	Relación Tendencia
Bahía Blanca-Cerri	2016	329.245	326.564
	2026	362.064	349.337
	2036	398.154	366.444
Punta Alta	2016	58.928	57.073
	2026	59.965	57.095
	2036	61.019	56.103
Total Proyecto	2016	388.174	383.636
	2026	422.029	406.432
	2036	459.173	422.547

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 1.- Proyección de la población del proyecto por ambos métodos



Fuente: Elaboración propia

5.2.1.5.- Proyección de la Población para el estudio

Considerando las incertidumbres de las proyecciones en esta etapa del trabajo, se parte de considerar un promedio entre ambos métodos para tener una estimación de la población en los años puntuales indicados del período de diseño (Tabla N° 21), tomando como referencia antecedentes de otro estudio de demanda consultado⁵⁶.

Tabla N° 21.- Proyección de la población (promedio de ambos métodos)

Población/Año	2.010	2.016	2.026	2.036
Bahía Blanca-Cerri	311.000	327.905	355.701	382.299
Punta Alta	58.315	58.000	58.530	58.561
Total Proyecto	369.315	385.905	414.230	440.860

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, para estimar el crecimiento de la población a lo largo del período de diseño, se adopta entre cada subperíodo, las tasas de crecimiento anual promedio de cada localidad, según se muestra en la Tabla N° 22:

Tabla N° 22.- Tasa de crecimiento anual promedio para las localidades en estudio

Tasa de Crec. Anual Promedio / Períodos	2010-2016	2017-2026	2027-2036
Bahía Blanca-Cerri	0,89%	0,82%	0,72%
Punta Alta	-0,09%	0,09%	0,01%

Fuente: Elaboración propia

La Tabla N° 23 muestra la proyección de la población vinculada al proyecto, obtenida para el período de diseño 2016-2036, como resultado de los supuestos adoptados.

Tabla N° 23.- Proyección de la población del proyecto

Año	Bahía Blanca-Cerri	Punta Alta	POBLACION TOTAL
2016	327.905	58.000	385.905
2017	330.584	58.053	388.637
2018	333.284	58.106	391.390
2019	336.007	58.159	394.166
2020	338.752	58.212	396.964
2021	341.520	58.264	399.784
2022	344.310	58.317	402.628
2023	347.123	58.370	405.493
2024	349.959	58.423	408.382
2025	352.818	58.477	411.295

⁵⁶ Por ejemplo, “PROPUESTA DE PLAN DIRECTOR DE AGUA POTABLE PARA LAS LOCALIDADES DE UNQUILLO Y MENDIOLAZA”. Capítulo 5: Estudio de la Demanda. Rodríguez, Marcos. Universidad Nacional De Córdoba – Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

2026	355.701	58.530	414.230
2027	358.275	58.533	416.808
2028	360.868	58.536	419.404
2029	363.480	58.539	422.019
2030	366.110	58.542	424.653
2031	368.760	58.545	427.305
2032	371.429	58.548	429.977
2033	374.117	58.552	432.669
2034	376.825	58.555	435.379
2035	379.552	58.558	438.110
2036	382.299	58.561	440.860

Fuente: Elaboración propia

5.2.2.- Indicadores Económicos

Según datos de la última publicación realizada por el CREEBBA⁵⁷, el Producto Bruto del Partido de Bahía Blanca durante el año 2013, ascendería a 25.317 millones de pesos corrientes, lo que indicaría con respecto a la medición de 2012 (primer año en que se realizó la estimación), un incremento en términos nominales del 24,7 %. Al igual que en ese primer informe correspondiente al año 2012, el peso que tienen las actividades de las empresas del Complejo Químico y Petroquímico (Dow, Indupa, Mega, Profertil, TGS y Petrobras) sobre el valor agregado total local es altamente significativo (casi un 24 % del ingreso total generado en el partido de Bahía Blanca durante 2013). Por otra parte, la industria química y petroquímica requiere grandes cantidades de agua y se abastece del mismo sistema que la ciudad, sistema que actualmente depende mayoritariamente del embalse Paso de la Piedras sobre la cuenca del Río Sauce Grande y que ante períodos de sequía recurrentes, sumados a la insuficiente infraestructura del servicio de agua, contrapone el destino del agua para abastecimiento de la población con su uso para la industria. De allí, la importancia de destinar agua regenerada a este sector.

En cuanto al empleo total, asciende a casi 120 mil puestos de trabajo, siendo el comercio el principal generador de empleos con poco más de 25 mil puestos de trabajo y una participación del 21 % sobre la ocupación total. Otros sectores relevantes desde el punto de vista del empleo son construcción (17 mil ocupados), servicios empresariales e inmobiliarios (15.5 mil ocupados), enseñanza (11 mil empleos). La economía local creció levemente durante el año 2013 (1,3 %), siendo el desempeño inferior al del conjunto del país (CREEBBA, 2014).

⁵⁷ CREEBBA, “Estimación del Producto Bruto del Partido de Bahía Blanca. Resultados preliminares correspondientes al año 2013”. Diciembre 2014, Bahía Blanca, Argentina.

5.3.- Condiciones climatológicas e hidrológicas

5.3.1.- Clima

El clima es predominantemente templado, con temperaturas moderadas. La temperatura media anual es de 15,5° C y oscila entre los 8° C promedio en invierno y los 23° C promedio en verano, dependiendo en gran medida de la influencia del viento. Un rasgo característico en materia de temperaturas está dado por las heladas tardías, cuyo período de ocurrencia suele extenderse hasta la primera quincena de noviembre. El viento predominante del sector norte-noroeste, es por lo general moderado (promedio 25 Km/hora), aunque tiende a ser regular/fuerte en las estaciones de primavera y verano, alcanzando los 60 km/hora, con ráfagas eventuales de hasta 80 y 100 km/hora, en verano. La humedad media de la ciudad alcanza el 65 %. El promedio anual de precipitaciones para la serie 1959-2010 del partido de Bahía Blanca es de 637,7mm (INTA, 2010)⁵⁸. Dado el marcado relieve hacia el mar, prácticamente no se registran inundaciones pluviométricas.

5.3.2.- Hidrología

La región de Bahía Blanca cuenta con numerosos recursos hídricos disponibles, con aguas subterráneas y superficiales.

5.3.2.1.- Reservas hídricas subterráneas

Las reservas hídricas subterráneas se encuentran en la cuenca alta del arroyo Sauce Chico, en la cuenca superior del Napostá Grande y en la cuenca del arroyo Chasicó (Cifuentes, 2000). Se pueden distinguir tres acuíferos principales (Albouy, 2007) (UNS-UTN, 2009):

- El acuífero profundo o sistema hidrotermal profundo de Bahía Blanca

El sistema hidrotermal profundo (SHP) tiene una extensión continental de 3.000 km². Su descubrimiento tuvo lugar en el año 1912 en la perforación del pozo Argerich realizado por la ex Dirección General de Minas y Geología. Las profundidades de las perforaciones fluctúan comúnmente entre los 700 y 800 metros, aunque en el surgente del Vivero (camino La Carrindanga frente al paso Vanoli) da un valor de 1720 metros (Paoloni, J. D; 2010). Se caracteriza por contener aguas termales (con temperaturas entre 55,5 °C y 61,5°C) y surgentes de muy buena calidad, propiedades que las hacen comercializables como “aguas minerales”. Hasta el final de la década de 1.960, la ciudad de Bahía Blanca se abastecía con el agua proveniente de 25 perforaciones del SHP pero con la construcción del dique Paso de las Piedras (actualmente principal fuente de abastecimiento) en su gran mayoría fueron reemplazadas.

- Acuífero intermedio

Se aloja a una profundidad media de unos 200 m. Sus aguas tienen una temperatura de alrededor de 25 a 30 °C y en algunos lugares son surgentes, pero poseen un contenido de sales algo elevado que restringen su uso como agua potable, aunque pueden utilizarse para el llenado de piletas de natación y el lavado de instalaciones o el uso sanitario en algunas industrias. De hecho existen en la ciudad varios natatorios que aprovechan este recurso.

⁵⁸INTA, EEA Bordenave. “Partido de Bahía Blanca. Caracterización del estado productivo actual. Julio 2010”. Información preparada por los Ing. Agr. A. Marinissen, A. Lauric y C. Coma.

- Acuífero freático

Se aloja a escasos metros de profundidad en la ciudad de Bahía Blanca (de 2,5 a 10 m), más profundo en la zona alta norte (entre 40 y 50 m) y a profundidades intermedias hacia la zona de las Sierras de la Ventana. Sus aguas se encuentran saturando materiales constituidos por arenas y limos y conforman el nivel freático de la región.

La calidad química de las aguas subterráneas situadas en la zona urbana de Bahía Blanca es mala, pues además de estar naturalmente salinizadas, en algunos sectores están contaminadas por vertidos de pozos ciegos y con combustible proveniente de roturas de tanques subterráneos de estaciones de servicio, por lo que no pueden utilizarse para consumo humano. Por otra parte, a principios del 2.000, la empresa Azurix, por entonces concesionaria del servicio de agua potable a Bahía Blanca, solicitó a la UNS nuevos estudios con base en otros previamente realizados, para profundizar en la cuenca del Arroyo Napostá Chico. El Grupo de Investigaciones Hidrogeológicas del Departamento de Geología de la UNS llevó a cabo la perforación de seis pozos exploratorios de 120 m de profundidad en las cercanías de la localidad de Cabildo, los que erogaron caudales superiores a los 100 m³/hora de agua subterránea de muy buena calidad química para abastecimiento humano. La exploración a niveles más profundos (debido a que los sondeos eléctricos verticales realizados señalaban esta posibilidad con agua de baja salinidad) no fue posible, debido a los costos de perforación, por lo que la iniciativa quedó como una recomendación del estudio. De esta forma, el acuífero freático se evaluó solo hasta los 120 m de profundidad, estimándose un valor conservador de la recarga asumida como recurso potencial sostenible de 0,8 m³/s, siempre excluyendo la posibilidad de aportes de agua de niveles por debajo de dicha profundidad (UNS-UTN, 2009).

5.3.2.2.- Recursos superficiales

En cuanto a los recursos superficiales, la región cuenta con un número importante, como ser el Río Sauce Grande, Río Sauce Chico, Arroyo Napostá Grande y Arroyo Napostá Chico, además de otros pequeños afluentes, como el arroyo El Divisorio. Estos cursos de agua y sus respectivas cuencas, están dentro de la misma región climática, caracterizados por un régimen hídrico pluvial, con sus caudales picos en los meses de otoño y primavera. Estos recursos naturales de escurrimiento superficial representan 217,27 Hm³/año⁵⁹.

En 1.978 se inauguró el Dique⁶⁰ y el Acueducto Paso de las Piedras sobre el río Sauce Grande, ubicado a 60 km de la ciudad de Bahía Blanca, reemplazándose las obras preexistentes, con el fin de almacenar agua en los períodos en que la oferta hídrica superara a la demanda y cubrir aquellos períodos en que la relación se invirtiera, convirtiéndose en la única fuente de abastecimiento para las ciudades de Bahía Blanca y Punta Alta. Sin embargo, el hecho de localizarse en un área de transición a la región semiárida con períodos recurrentes de sequías que afectan en forma directa la cantidad de agua disponible en el sistema, ha generado que desde hace varios años, se atraviesen fuertes períodos de crisis. La más reciente, acontecida durante los años 2008-2009, cuando a una etapa de sequía se le sumó, una gestión de erogación de aguas en el embalse previa que ante fuertes crecidas bajo el nivel. No puede dejarse de lado los efectos sobre el sistema de abastecimiento de una inadecuada infraestructura del servicio de agua respecto al crecimiento urbano e industrial (fugas, roturas, pérdidas de presión, etc.). En el marco de esta emergencia

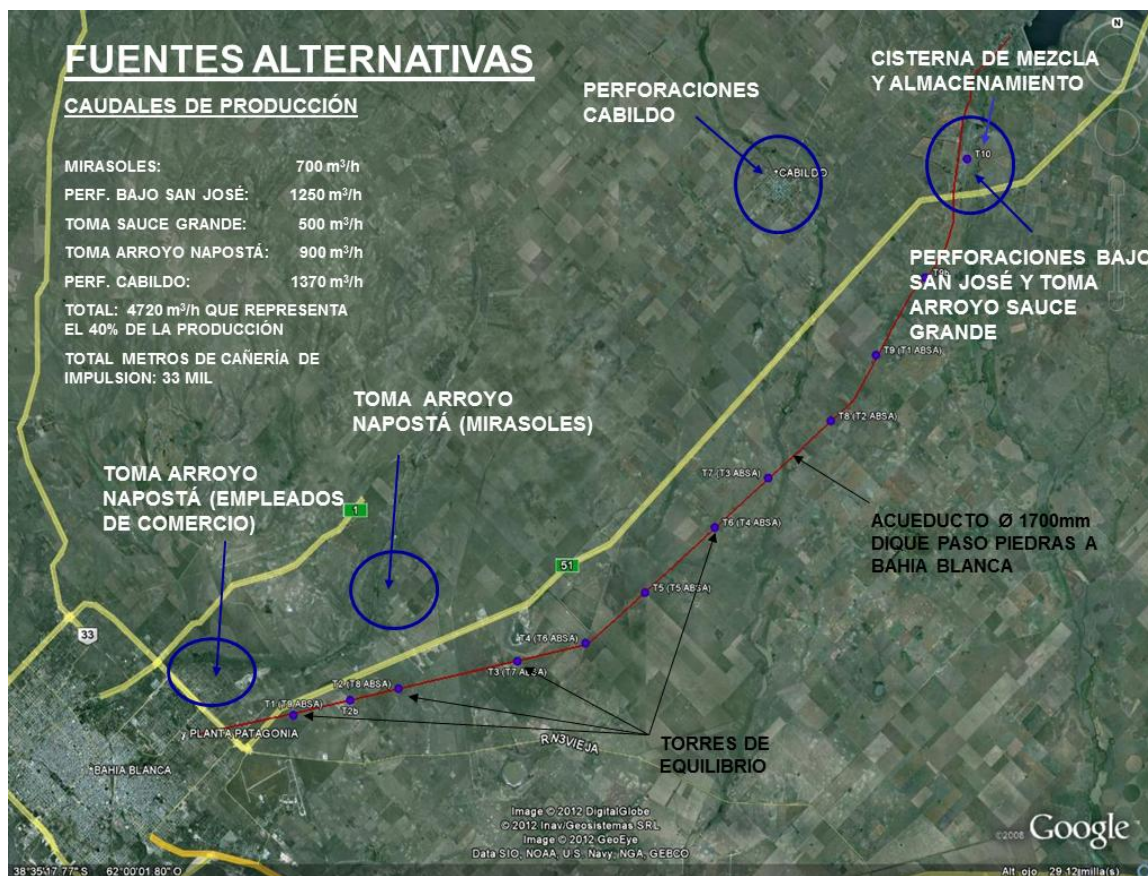
⁵⁹Schefer, Juan C. (2004). “Los Recursos Hídricos y el Abastecimiento de Agua. Región de Bahía Blanca”.

⁶⁰Cubre aprox. 4000 Has. con promedio de profundidades de 10 metros y un máximo de 28 metros. Está proyectado para una capacidad de 328 Hm³ de agua y 165 m.s.n.m. de altura de vertedero.

hídrica, declarada por Decreto N° 1518/09 y prorrogada por Decreto N° 2067/10, se incorporaron algunas fuentes de agua complementarias (Figura N° 9), entre las que se pueden mencionar:

- Construcción y puesta en funcionamiento de 16 pozos en la zona de Bajo San José, a 50 Km. de la ciudad de Bahía Blanca (incluyó la perforación y vinculación con los acueductos existentes) y construcción de un endicamiento y toma sobre el río Sauce Grande en la misma zona.
- Construcción de un endicamiento y toma sobre el Arroyo Napostá (predio de Empleados de Comercio, en Aldea Romana) y acueducto vinculante de 4 km. hasta la Planta Potabilizadora de Patagonia.
- Ampliación de la toma del Arroyo Napostá en el paraje Mirasoles, duplicando su capacidad de captación y conducción.
- Ejecución de un acueducto subterráneo de 800 mm que transporta agua extraída de los 15 pozos realizados en Cabildo hasta los conductos de Paso de las Piedras, para luego ser potabilizada en la Planta Patagonia de Bahía Blanca.

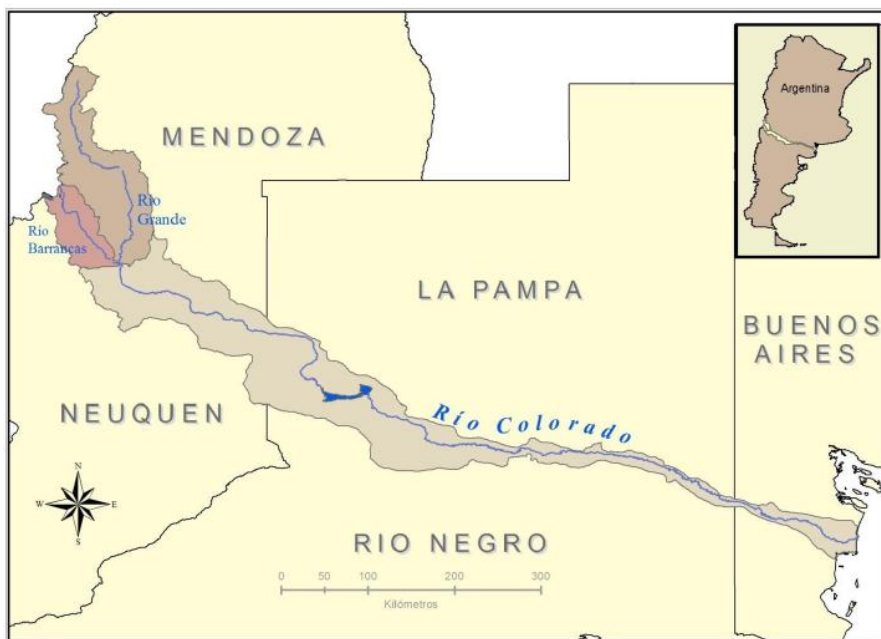
Figura N°9: Obras de regulación realizadas en el marco de la crisis hídrica



Fuente: ABSA, 2014

Por otra parte, también desde la última crisis hídrica (2008-09) se evalúa la realización del acueducto Río Colorado⁶¹. Este río está formado por la confluencia de los ríos Grande y Barrancas. Desde sus orígenes en la Cordillera de los Andes, hasta su desembocadura en el Océano Atlántico, presenta una extensión de 1.200 km., de los cuales 920 km. corresponden al Colorado propiamente dicho (Figura N° 10).

Figura N° 10: Cuenca Del Río Colorado, subcuencas Río Grande y Río Barrancas



Fuente: COIRCO, 2013

Este río, de régimen nival, con crecidas puntuales que inician en octubre o noviembre y se extienden hasta enero o febrero, dependiendo de las condiciones climáticas, tiene un caudal medio del orden de 150 m³/s (aproximadamente 35 veces mayor que el Sauce Grande) y cuenta con una obra de regulación, la Presa Embalse Casa de Piedra, ubicada 100 km al norte de la ciudad de General Roca. Dicha obra pertenece a las provincias de Buenos Aires, La Pampa y Río Negro, beneficiarias de la regulación y atenuación de crecidas, como así también al Estado Nacional. De llevarse a cabo esta obra, se estaría agregando confiabilidad al sistema de abastecimiento, puesto que esta fuente estaría “gobernada” por un régimen climático diferente al de nuestra región, con incidencia directa en los cursos superficiales e indirecta a largo plazo, en los cursos subterráneos. Sin embargo, es necesario aclarar, que si bien el caudal del Río Colorado es de 150 m³/s, el proyecto de abastecimiento de agua a Bahía Blanca y la región está elaborado en función de un caudal de diseño de sólo 2 m³/s, contemplando para la primera etapa sólo 1 m³/s (UTN – UNS, 2009). En tal sentido, solo garantizará un suministro mínimo en caso de una crisis extrema en el embalse Paso de las Piedras o una rotura del acueducto principal. En referencia al proyecto, implicará un gran

⁶¹La ministra de Economía bonaerense, Silvina Batakis, anunció que se logró financiamiento por 150 millones de dólares para el acueducto que unirá a las ciudades de Río Colorado y Bahía Blanca, préstamo aprobado por el Directorio de la Corporación Andina de Fomento – CAF – (La Nueva Provincia, 15/03/2015). El acuerdo con la CAF (Banco de Desarrollo conformado por 18 países de América Latina, el Caribe y Europa), lo había anunciado el titular de ARBA, Iván Budassi, en visita a Bahía Blanca, quién había informado que “el préstamo a devolver en 12 años se prevé que alcance para el trabajo de los dos primeros años de la obra y se licitaría a mediados del 2015” (La Brújula, 29/11/2014).

consumo energético dado que consiste en una estación de toma, que bombeará el agua cruda a través de una tubería de impulsión hasta la planta potabilizadora, ubicada a 1,6 Km. de distancia, en la localidad de Pedro Luro. Allí, una vez potabilizada el agua, se impulsará desde las estaciones de bombeo hasta el centro de distribución en Bahía Blanca mediante el acueducto troncal, con un largo de 120,8 km. Con la construcción del acueducto, además de Bahía Blanca, también se incrementará la disponibilidad de agua potable en Pedro Luro, Hilario Ascasubi, Mayor Buratocivh, Teniente Origone, Médanos, Argerich, La Mascota, General Cerri, Ingeniero White y Punta Alta (Tiempo Industrial, 2015).

5.4.- Análisis de la Oferta de Agua y Saneamiento

5.4.1.- Fuentes de suministro de agua y caudales de producción

El abastecimiento de agua a Bahía Blanca, General Daniel Cerri, Ingeniero White y Punta Alta proviene principalmente del Embalse y Dique Paso de las Piedras. La Tabla N° 24 muestra las fuentes de agua complementarias que surgieron en el marco de la última crisis hídrica (2008-2009) y sus caudales de producción, que aportan en total 4.720 m³/hora (ABSA, 2014). El caudal de ingreso al embalse Paso de las Piedras, aportado por el río Sauce Grande y su afluente el arroyo El Divisorio, es de aproximadamente 4 m³/s ⁶².

Tabla N° 24.- Fuentes de suministro complementarias y caudales de producción

Fuente de suministro	Caudal de Producción (m³/h)
Perforaciones Bajo San José – 16 Pozos	1.250
Perforaciones Cabildo – 15 Pozos	1.370
Toma Arroyo Napostá (Empleados de Comercio)	900
Estación Mirasoles	700
Toma Sauce Grande	500
Total	4.720

Fuente: Elaboración propia con base en datos ABSA, 2014

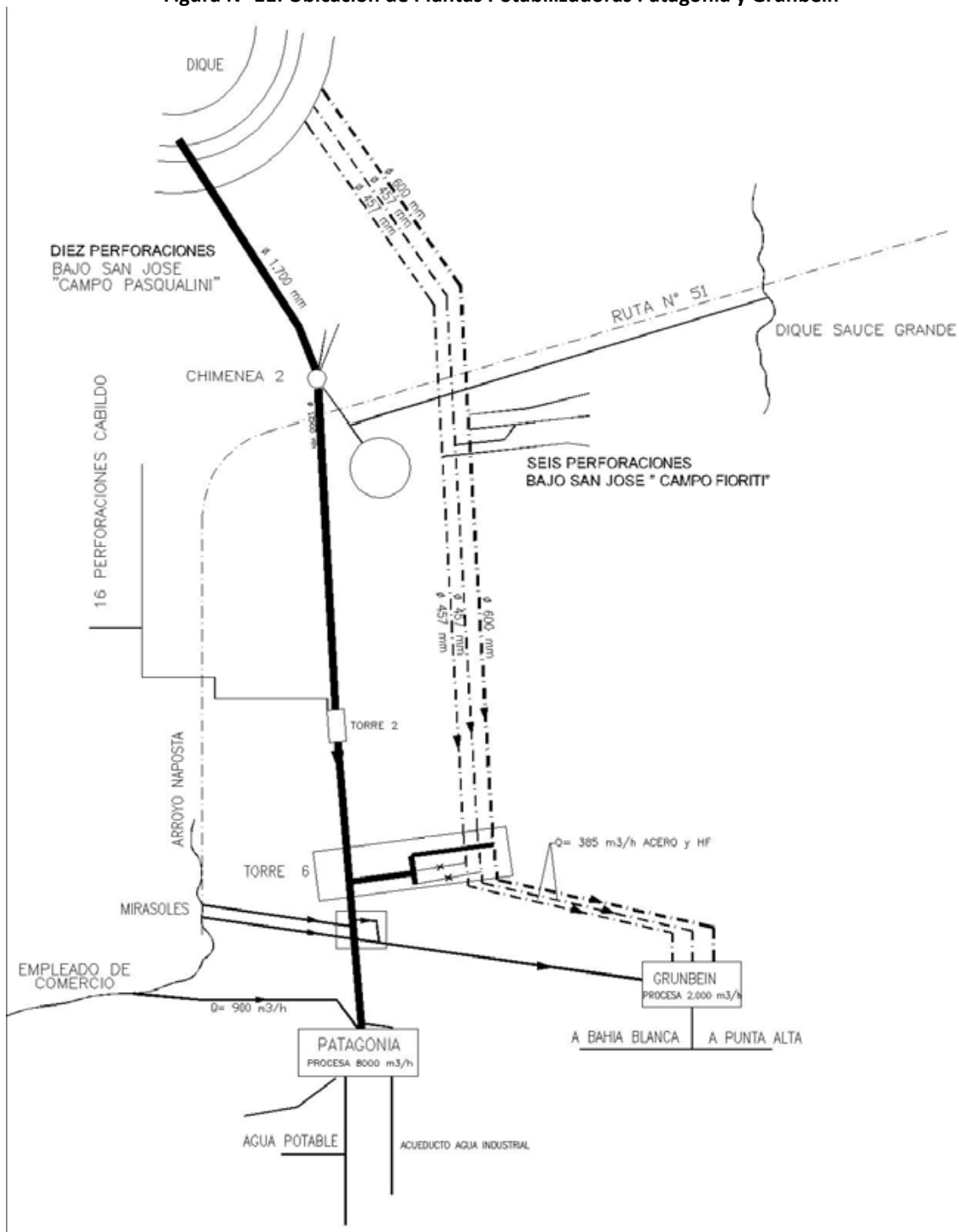
5.4.2.- Transporte, tratamiento, almacenamiento y distribución de agua

El volumen captado en el Dique Paso de las Piedras es transportado por efecto de la gravedad a Bahía Blanca hasta las Plantas Potabilizadoras de los barrios Patagonia y Grünbein (Figura N° 11), a través de un acueducto principal, inaugurado en 1978, que ha superado su vida útil. Cuenta con una sección variable y posee a lo largo de su recorrido nueve torres dispersoras de energía necesarias para disminuir la presión generada por la diferencia de altura entre el dique y la ciudad. Tiene una extensión aproximada de 58 Km (28 km. de 1700 mm de diámetro y el resto de 1500 mm) y posee una capacidad de transporte de 259.200 m³/día (3 m³/s) (Cifuentes, 2000). Existen varios acueductos secundarios para captación de agua de fuentes alternativas que aportan a Planta Patagonia y Planta Grunbein (ABSA, 2013). Además, se abastece de agua cruda al Polo

⁶²Según “Plan Integral de Abastecimiento de Agua a Bahía Blanca y Gran Bahía Blanca, (1997)”. Según Schefer, Juan C. en “Los Recursos Hídricos y el Abastecimiento de Agua. Región de Bahía Blanca”, (2004) indica 4,54 m³/s y fundamenta que en realidad el caudal aprovechable es mayor a esto.

Petroquímico por medio de un acueducto industrial de 13,5 km (derivación desde el acueducto principal, que nace en cercanías de la Planta Potabilizadora Patagonia).

Figura N° 11: Ubicación de Plantas Potabilizadoras Patagonia y Grünbein



Fuente: ABSA - Sistema Agua potable para B. Blanca, P. Alta, Ing. White, Polo Industrial y Gral. D. Cerri.

La Planta Potabilizadora Patagonia cuenta con una capacidad de tratamiento de 8.000 m³/hora (192.000 m³/día). Es una planta de filtración directa, cuenta con 20 filtros rápidos de arena y actualmente se encuentra en reconversión a sistema de floco-floto-filtración, sistema que agrega un nuevo estadio en el tratamiento del agua para separar las algas. El agua tratada es transportada,

por gravedad, a una torre tanque existente en el Parque Independencia y de allí a una cisterna de regulación subterránea de 30.000 m³ y a la red de distribución de la ciudad de Bahía Blanca. No existe una medición exacta del caudal entregado efectivamente después del tratamiento a la salida de la planta.

La Planta Potabilizadora Grünbein tiene una capacidad de tratamiento de 2.300 m³/hora (55.000 m³/día) y el agua potabilizada es derivada a tres cisternas ubicadas en Grünbein, a 7 km de la ruta provincial N° 229, cuya capacidad de almacenamiento es de 25.000 m³, 29.000 m³ y 30.000 m³. Desde allí es distribuida a un sector SE de Bahía Blanca, Ingeniero White, Punta Alta y Puerto Belgrano. Resumiendo, las reservas de las cisternas alcanzan los 114.000 m³ (Cifuentes, 2000). La ampliación de las cisternas de agua potable sería una de las obras prioritarias, porque con las existentes, ante una emergencia, se cubren menos de 24 horas de consumo de la ciudad.

También existen algunas iniciativas privadas de potabilización de agua de perforación para autoconsumo, como el caso de la Planta Potabilizadora Bahía Blanca Plaza Shopping, inaugurada en enero de 2010. Con esta incorporación, se dejan de consumir unos 3.500 m³ mensuales de la red (CREEBBA, 2011).

5.4.2.1.- Características de la Red de Distribución de Agua Potable

La Tabla N° 25 muestra la población servida que informa la empresa ABSA, a partir de los datos de la población total y el porcentaje de cobertura de agua, que en el caso de Bahía Blanca, General Daniel Cerri e Ingeniero White alcanza al 97 % de la población, mientras que en la ciudad de Punta Alta es del 92 % (Oficina Comercial ABSA, 2014). En las Figuras N° 12 y 13 se muestra el área servida de la red de agua potable para cada ciudad, respectivamente.

Tabla N° 25.- Población Total, Servida y Cobertura de servicio de agua potable

	B. Blanca	Gral. Cerri	Ing. White	P. Alta
Población Total	273.916	8.716	10.486	61.565
Población servida - Agua	265.131	8.449	10.159	56.640
Habitantes Servidos %	97%	97%	97%	92%

Fuente: Oficina Comercial ABSA, 2014

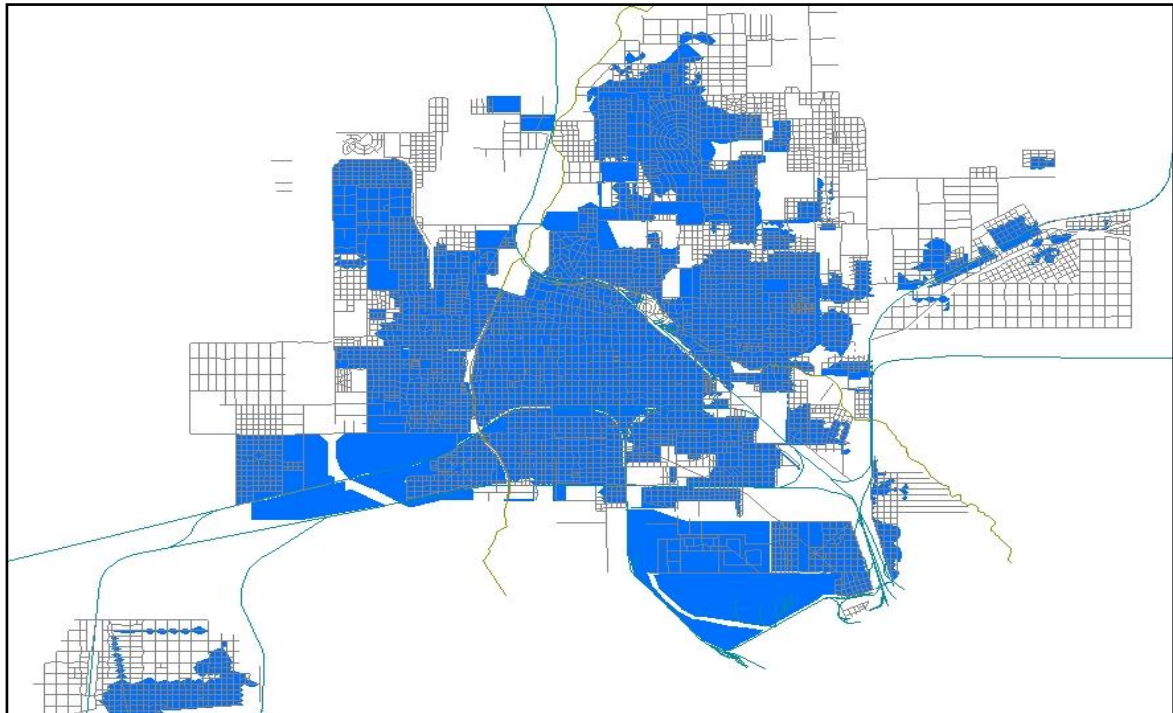
La Tabla N° 26 muestra la diferencia que surge entre la población servida que informa la empresa concesionaria, según se aprecia en la Tabla N° 25 (para la cual no pudo establecerse el año de referencia de los datos de población total) y la población servida que se obtiene de aplicar a la población estimada del proyecto, en ambas ciudades para el año 2013 (Tabla N° 23), el porcentaje de cobertura correspondiente.

Tabla N° 26.- Población Servida según Proyecto versus ABSA

Ciudad	Población Estimada (hab.)	Cobertura (%)	Población Servida (hab.)	Población Servida ABSA (hab.)
Bahía Blanca (Cerri – IW)	319.340	97	309.760	283.739
Punta Alta	58.157	92	53.505	56.640

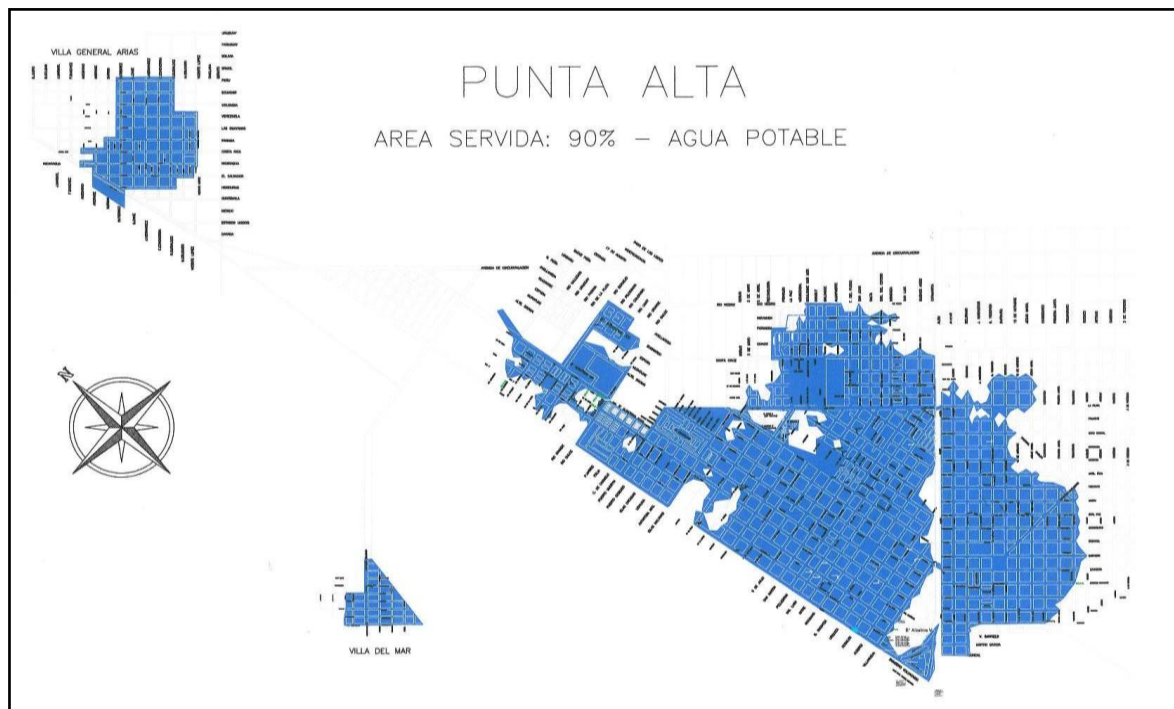
Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 12: Área Servida Red de Agua Potable en Bahía Blanca



Fuente: ABSA

Figura N° 13: Área Servida Red de Agua Potable en Punta Alta



Fuente: ABSA, 2014

5.4.3.-Servicio de Desagües Cloacales

La capacidad de colección de efluentes cloacales está definida por su infraestructura: cantidad de conexiones domiciliarias, extensión y capacidad de colectores principales. En lo que refiere a población servida de cloacas, según se detalla en la Tabla N° 27, Bahía Blanca e Ingeniero White cuentan con una cobertura del 84 %, mientras que General Daniel Cerri y Punta Alta, tienen una cobertura del 93 % (Oficina Comercial ABSA, 2014).

Tabla N° 27.- Cobertura del Servicio de Cloacas

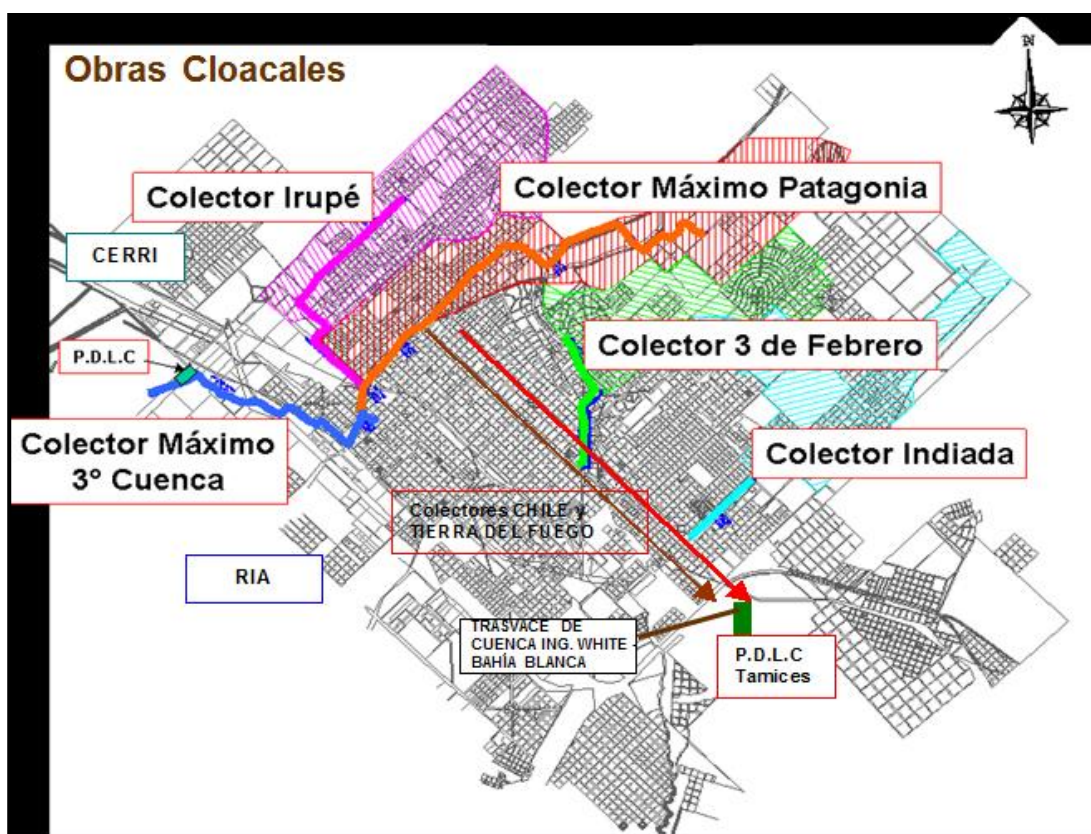
	B. Blanca	Gral. Cerri	Ing. White	P. Alta
Población Total	273.916	8.716	10.486	61.565
Población Servida – Cloacas	231.450	8.106	8.808	57.255
Habitantes Servidos %	84%	93%	84%	93%

Fuente: Oficina Comercial ABSA

La Figura N° 14 muestra las obras de infraestructura ejecutadas en el período 2005-2009 (ABSA, 2014) que posibilitaron la cobertura actual de desagües cloacales (Figura N° 15):

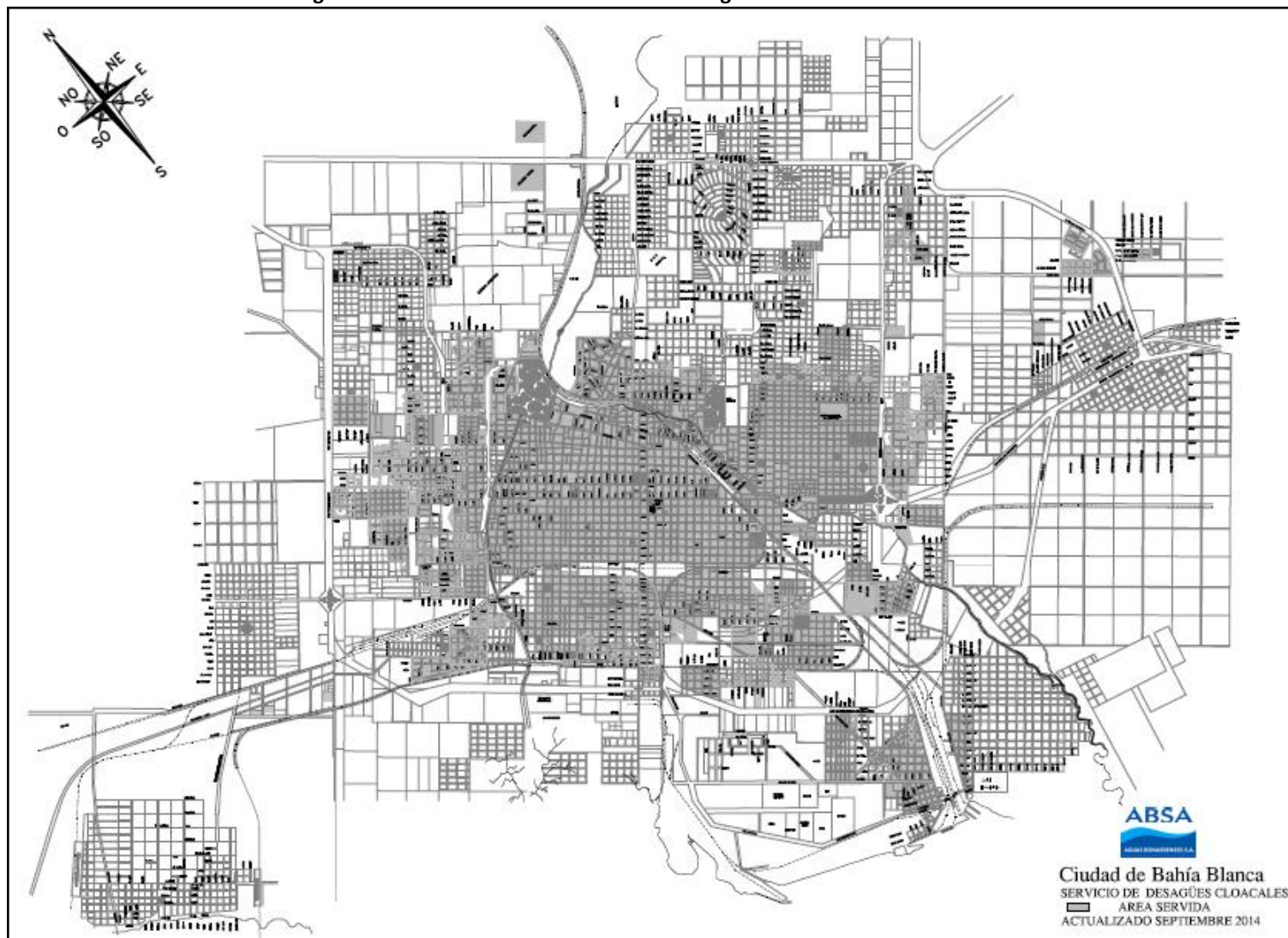
- Colector Cloacal Patagonia: Sector 1, 2 A y 2B, III y IV(Enero y abril 2009)
- Traslase de Cuenca Ing. White – Bahía Blanca: Tramo I, II y III(Abril 2008)
- Colector Irupé: Sector 1, 2 (Julio 2007)
- Colector Cloacal Tercera Cuenca: Sector 1-2 (Sept. 2006)-3 y 4 (Marzo 2007)
- Colector de alivio Indiada (Agosto 2005)
- Colector de alivio 3 de Febrero: Sector 1 y 2 (Septiembre 2006)

Figura N° 14: Obras Cloacales – Período 2005-2009



Fuente: ABSA, 2014.

Figura N° 15: Área Servida – Servicio de Desagües Cloacales en Bahía Blanca



Fuente: ABSA, 2014

El estado de las redes del sistema cloacal presenta graves deficiencias en su capacidad y mantenimiento, según informes de fuentes de ABSA son más de 750 los puntos de pérdidas de la red, los reclamos diarios por obstrucciones/desbordes son en promedio 20 y por reparaciones 6. El colector Máximo a la 3° Cuenca ha sufrido dos roturas desde enero a la fecha (12/09/2014), que impactan en la zona de servicio y produce el derrame en las calles y en el canal Maldonado (ABSA, 2014).

Es importante aclarar en este punto, que en la ciudad se presentan problemas ambientales debido a la gestión de los efluentes cloacales en casos de saturación de pozos negros con o sin cámaras sépticas en las zonas, en los desbordes del sistema cloacal por roturas, taponamiento que fluyen por las calles o derivan a cuerpos de agua (Arroyo Napostá o Canal Maldonado)⁶³ y en los efluentes que se vuelcan al estuario desde la Planta de Tratamiento Bahía Blanca (con tratamiento incompleto) o con mal funcionamiento como la Planta de la Tercera Cuenca. En este último caso, la autorización de la misma por el Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS) estuvo condicionada a implementar proyectos de reúso de dichos efluentes tendientes a vuelco cero, aún no realizados (Res. N° 1826/06).

La red cloacal de la ciudad es de tipo separativo, independientemente del sistema pluvial, que pertenece al ámbito municipal y no a la empresa ABSA. Sin embargo, existen conexiones clandestinas de pluviales a la red de desagües cloacales que se evidencia en el volumen de agua residual que llega a las plantas de tratamiento cuando se producen lluvias (aprox. 10 % en la primera cuenca y entre 30 al 50 % en la tercera cuenca)⁶⁴.

El Estuario de Bahía Blanca es el cuerpo receptor de las descargas de la ciudad, de efluentes cloacales e industriales, tratados o no. Existe abundante información del “Programa de Estudio del Impacto de la Descarga Cloacal de la ciudad sobre el estuario de Bahía Blanca” del Instituto Argentino de Oceanografía (IADO), del Programa Integral de Monitoreo (PIM) que elabora el Comité Técnico Ejecutivo de la Municipalidad de Bahía Blanca (MBB) (por Ley N° 12.530/2001) y recientemente del Proyecto “Estudio de la dinámica (espacial y temporal) de los efluentes líquidos industriales y urbanos en la zona del Polo Petroquímico y Área Portuaria de B. Bahía”, según Convenio entre la MBB y la UTN FRBB (2014), sobre los efectos de los puntos de vertido localizados en la franja costera, que impactan sobre el ambiente estuarial interno, cuya principal característica es una extensa presencia de humedales con aportes de agua dulce de los arroyos (Napostá, Saladillo García, Sauce Chico) que generan un ambiente propicio de alta biodiversidad y productividad ecológica (Freije y Marcovecchio; 2004). Su valor ambiental ha llevado a que sea reconocido jurídicamente a través de la creación de la “Reserva Natural de Usos Múltiples de Bahía Blanca, Bahía Falsa y Bahía Verde” con una superficie de protección de 210.000 hectáreas a través de la Ley N° 11.074, ratificada por Ley N° 12.101/98 (UTN FRBB; 2011).

La Figura N° 16 muestra las descargas que se realizan de manera directa o indirecta en el estuario de Bahía Blanca, a través de los afluentes de agua dulce, naturales o artificiales (Cifuentes et al, 2013):

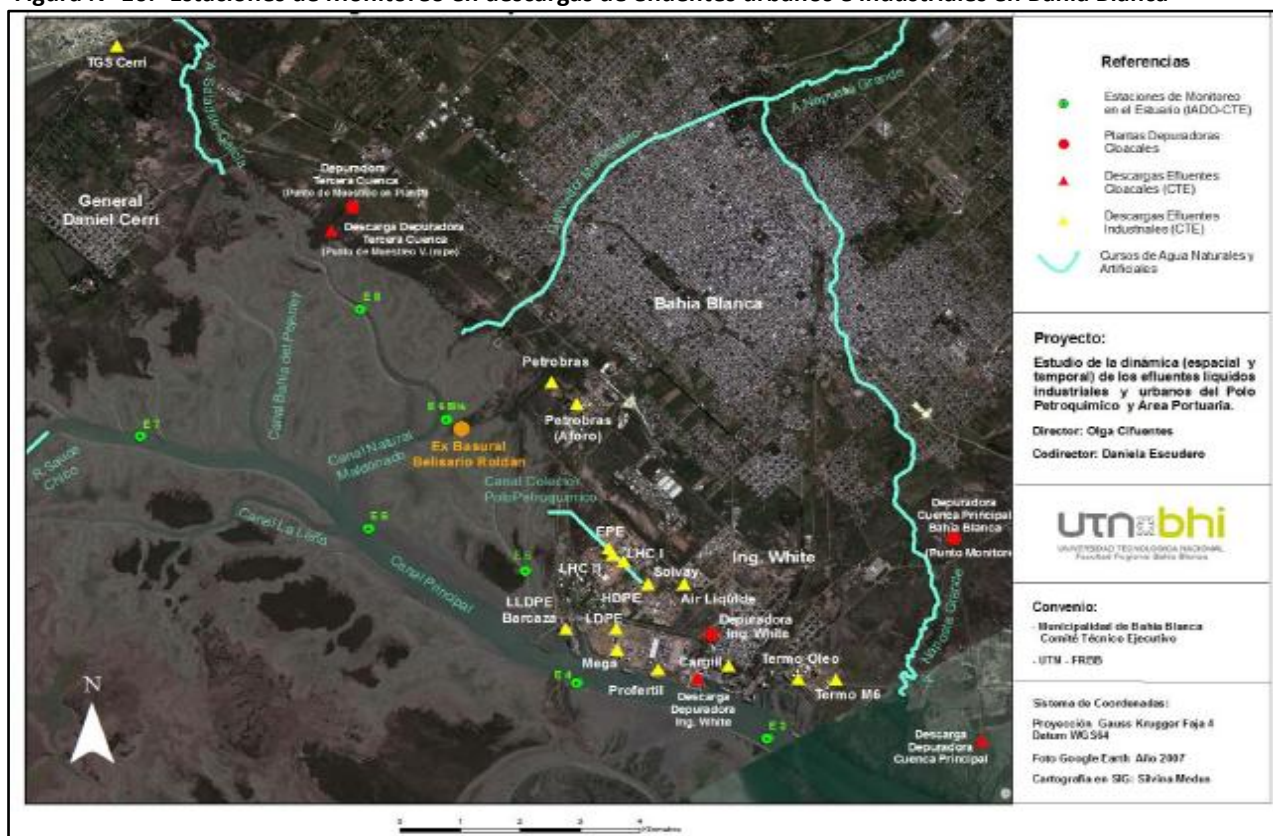
- *Río Sauce Chico*, que atraviesa la zona de quintas cercanas a la localidad de General Cerri y desemboca en el estuario.
- *Arroyo Saladillo de García*, que recibe las descargas de Transportadora de Gas del Sur y de la Planta Depuradora de líquidos cloacales de la Tercera Cuenca.

⁶³En oportunidad de aumentar la tarifa de agua, en la Audiencia Pública obligatoria previa realizada en San Cayetano el 19 de agosto de 2014, se manifestó reiteradamente la deficiencia del servicio cloacal con más de 750 puntos de desbordes cloacales en la ciudad de Bahía Blanca.

⁶⁴Información suministrada por funcionario de las Plantas de Tratamiento en Bahía Blanca (diciembre 2014).

- Descargas de efluentes industriales de las empresas: Petrobras, Dow-Chemical – PBB Polisor (Planta LLDPE-Barcaza), Compañía Mega, Profertil, Cargill y Central Piedra Buena.
- Canal Colector del Polo Petroquímico: cuerpo receptor de agua superficial, recibe los efluentes industriales de las empresas SolvayIndupa (punto de vuelco unificado de las plantas Cloro Soda, PVC y VCM) y PBB Polisor (punto de vuelco unificado de las plantas de craqueo LHC I y LHC II y las descargas de las plantas LDPE, HDPE y EPE).
- Planta Depuradora de la Cuenca Principal de Bahía Blanca: descarga puntual, que además recibe las descargas de la empresa Air Liquide y de otras industrias radicadas en el Parque Industrial.
- Arroyo Napostá: atraviesa la ciudad en dirección N-S, desembocando en el estuario.
- Canal artificial Maldonado, aliviador del Arroyo Napostá: recoge desagües pluviales y recibe efluentes domiciliarios e industriales clandestinos.

Figura N° 16.- Estaciones de Monitoreo en descargas de efluentes urbanos e industriales en Bahía Blanca

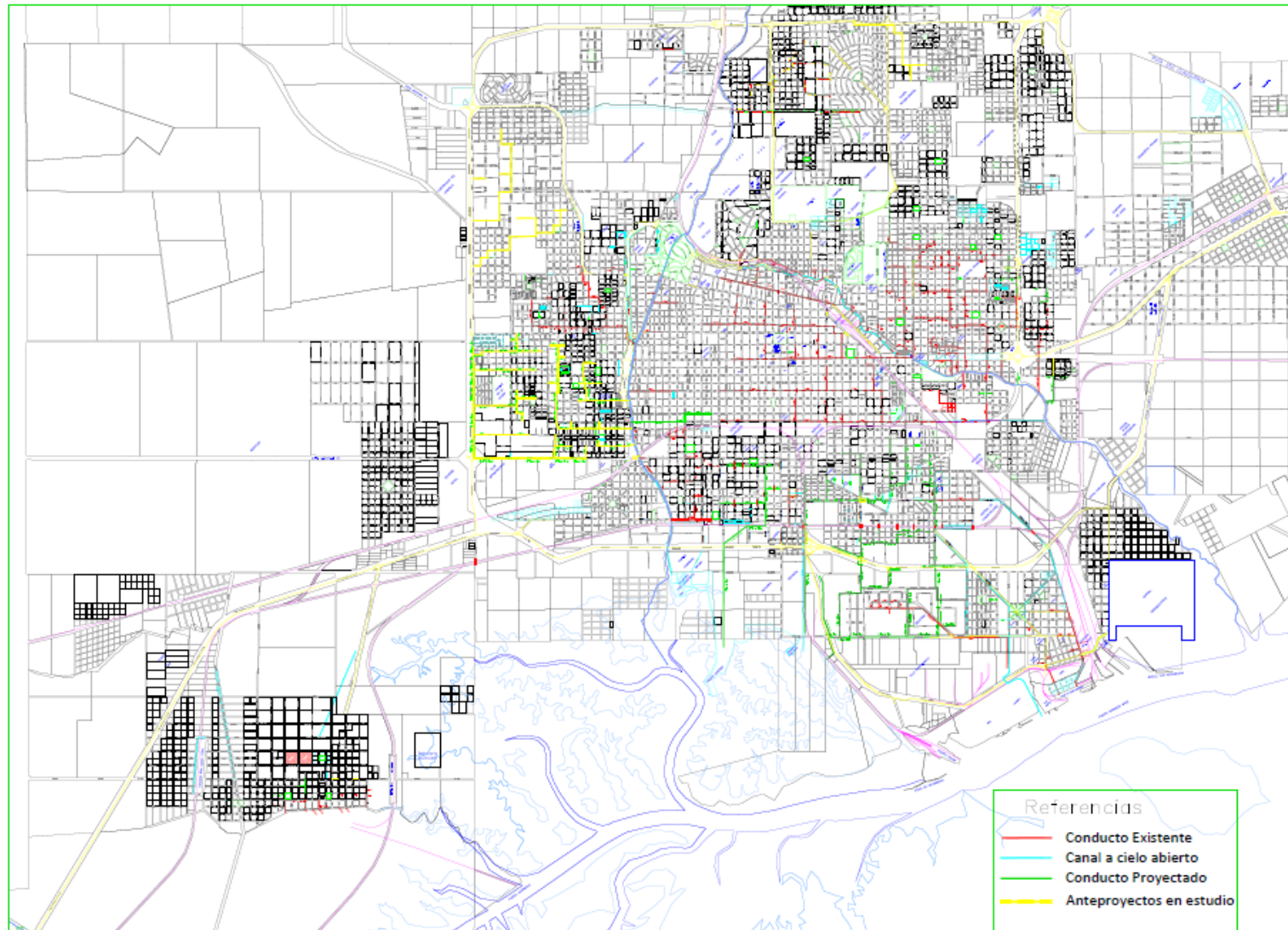


Fuente: Proyecto MBB- UTN FRBB, (2014). “Estudio de la dinámica (espacial y temporal) de los efluentes líquidos industriales y urbanos del Polo Petroquímico y Área Portuaria de B. Bahía”.

5.4.4.-Desagües Pluviales

La Figura N° 17 muestra los desagües pluviales de la ciudad de Bahía Blanca. Si bien existen conexiones clandestinas, es conveniente no mezclar aguas residuales con agua pluvial, ya que ésta última, relativamente limpia, es una fuente potencial muy valiosa y podría considerarse a futuro, como insumo para el proyecto de la PTAR.

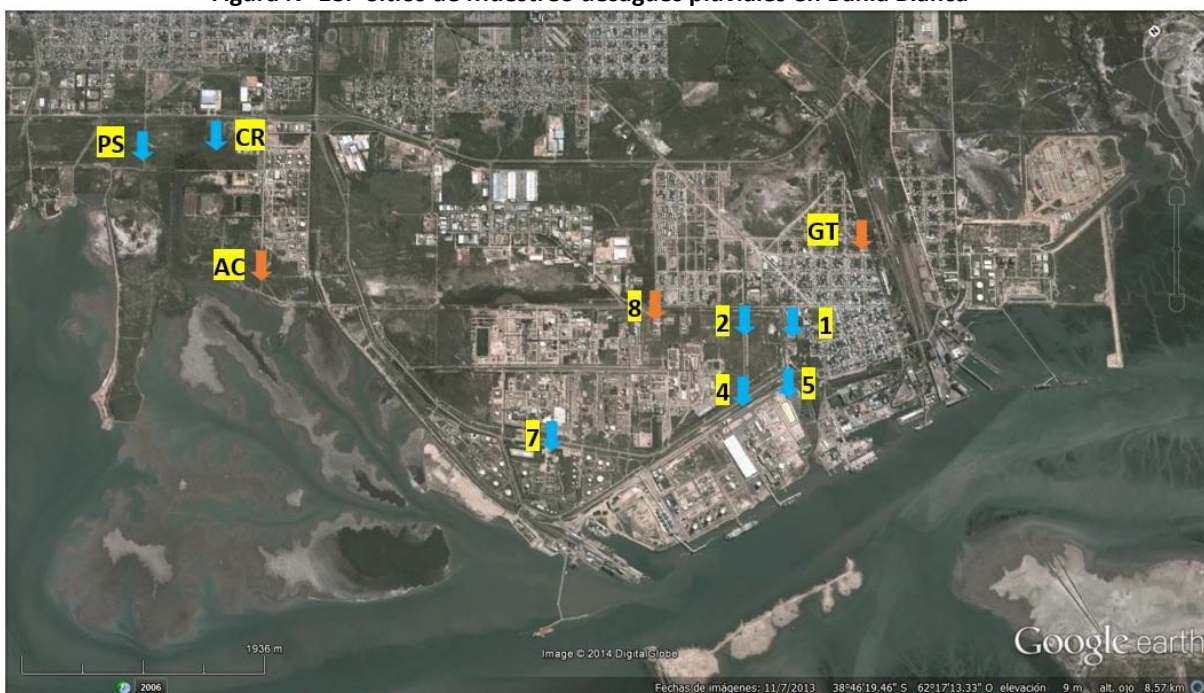
Figura N° 17.- Desagües Pluviales de Bahía Blanca



Fuente: Municipalidad de Bahía Blanca, 2014

El PIM, incorporó desde el año 2008, el monitoreo de las descargas de los canales pluviales que vuelcan al estuario de Bahía Blanca, con el fin de evaluar la calidad fisicoquímica y las concentraciones de metales pesados de estos cursos, ya que son considerados fuente importante de ingreso de contaminantes al cuerpo receptor. En el último informe del PIM 2013, se concluye que *“A fin de evaluar los resultados obtenidos se consideran dos alternativas. Por una parte, y teniendo en cuenta que el objetivo del monitoreo es evaluar los aportes al estuario, se puede considerar aceptable comparar los resultados con la Resolución 336/03 ya que, al igual que el resto de los afluentes del estuario, al ingresar en él, sufren procesos de dilución. Con este criterio, se puede indicar que todos los valores obtenidos se encuentran por debajo de los límites admisibles. En segundo lugar, se puede considerar a estos cursos de agua como cuerpos receptores. En este sentido, y comparando con los niveles guía del Decreto 831/93 (para agua salobre), se observa que los valores de plomo superaron el nivel guía, mientras que para el resto de los metales nunca lo hicieron”* (MBB, 2013). La Figura N° 18, muestra las ubicaciones de los sitios de muestreos, que incluye aquellos canales pluviales a cielo abierto, en el área del Polo Petroquímico e Ingeniero White.

Figura N° 18.- Sitios de Muestreo desagües pluviales en Bahía Blanca



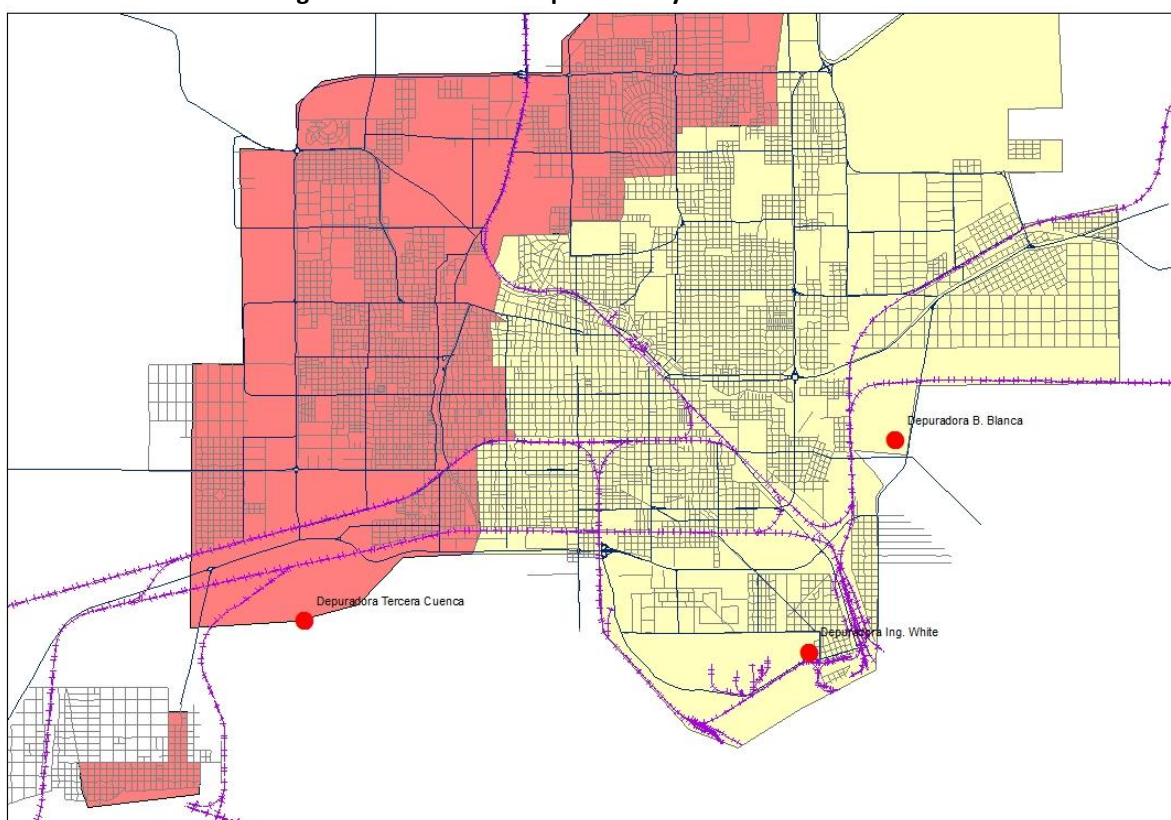
Referencias: PS: canal frente al Barrio Puertas del Sur; CR: canal pluvial en Ruta 3 Sur; AC: canal pluvial Avenida Colón; GT: canal pluvial calle Guillermo Torres.

Fuente: Municipalidad de Bahía Blanca - Comité Técnico Ejecutivo. Programa Integral de Monitoreo 2013, Monitoreo de cuerpos receptores, Subprograma Estuario de Bahía Blanca. Pág. 72

5.4.5.- Saneamiento

Actualmente, la ciudad de Bahía Blanca cuenta con dos plantas de tratamiento de efluentes cloacales en funcionamiento: la *Planta Depuradora de Líquidos Cloacales Bahía Blanca* (ubicada en la Primera Cuenca) y la *Planta Depuradora de Líquidos Cloacales de la Tercera Cuenca*. Existe una tercera planta depuradora ubicada en la localidad de Ingeniero White que comenzó a funcionar en el año 1977, pero desde hace tiempo no se encuentra operando como tal, sino que desde allí se bombean los efluentes cloacales a la Planta Depuradora Bahía Blanca⁶⁵. En la Figura N° 19 se visualizan las *Plantas Depuradoras* y sus correspondientes *cuencas de vuelco*.

Figura N° 19.- Plantas Depuradoras y cuencas de vuelco



Fuente: PID UTN 1451 *“Estudio de la dinámica (espacial y temporal) de los efluentes líquidos industriales y urbanos del Polo Petroquímico y Área Portuaria de B. Bahía”* y Departamento de Catastro de la Municipalidad de Bahía Blanca.

Como información complementaria, los efluentes cloacales de la ciudad Punta Alta son conducidos a la planta depuradora de líquidos cloacales ubicada en el barrio “Ciudad Atlántida”, distante a solo 10 cuadras del centro comercial y urbano de la ciudad, operadora también por la empresa Aguas Bonaerenses S.A. Dicha planta funciona deficientemente, con un impacto negativo sobre el medio ambiente y la calidad de vida de los vecinos del barrio, por la emisión de fuertes olores. Como el análisis estará centrado en los efluentes urbanos de la ciudad de Bahía Blanca, éstos últimos no serán considerados.

⁶⁵Ratificado por funcionario de la Planta de Tratamiento Bahía Blanca (12/12/2014).

5.4.5.1- Cuencas de Vuelco

Las aguas residuales del área de la Primera Cuenca son recolectadas en dos troncos de gravedad que descargan en la Planta Depuradora Bahía Blanca. Considerando que la población estimada en esta cuenca es de 175.303 habitantes (ABSA, 2010) y la cobertura de cloacas en ese año alcanzó al 80,4 % (INDEC, 2010), la población conectada al sistema es aproximadamente de 140.944 habitantes.

Según los resultados de los monitoreos realizados en el período 2011-2012, volcados en el Proyecto “Evaluación de reúso de los efluentes cloacales de la cuenca hídrica de Bahía Blanca, con destino agrícola y/o industrial” (Monserrat, V. & Uribe Echeverría, M.; 2013)⁶⁶, el caudal horario promedio máximo es de 2.345 m³/h y el acordado entre las partes integrantes del convenio como caudal posible para realizar futuros tratamientos es de 1.750 m³/h, sin considerar la contribución del vuelco de los camiones atmosféricos que depositan las aguas residuales de los pozos sépticos residenciales que no están conectados a la red cloacal, en el conducto de salida de la planta depuradora.

El área de recolección de la Segunda Cuenca que incluye a la localidad de Ing. White tiene un caudal de vuelco de 100 m³/h y se caracteriza por contener alta salinidad (unos 10.000 µS/cm) (Mekorot, 2011), los cuales se colectan y bombean a la Planta Depuradora Bahía Blanca.

El área de la Tercera Cuenca es servida por la Planta Depuradora de la Tercera Cuenca, con una población cercana a 40.000 habitantes y un caudal estimado de 350 m³/hora. (ABSA, 2014).

En síntesis, el caudal promedio que se trata actualmente en la Planta de Tratamiento de Bahía Blanca es de 1.750 m³/h y el de la Tercera Cuenca de 350 m³/h. Es decir, del total de aguas residuales tratadas en las plantas, el 83 % corresponde a la Planta de Tratamiento Bahía Blanca.

5.4.5.2.- Plantas Depuradoras de Líquidos Cloacales

- Planta Depuradora de Líquidos Cloacales Bahía Blanca (Primera Cuenca)

La Planta Depuradora de Líquidos Cloacales Bahía Blanca, inaugurada en el año 1997, se encuentra ubicada en la calle Reconquista 2800 (Ruta 252 km 7.5), en la zona costera de la localidad de Ingeniero White, a unos 8 km del centro de la ciudad y a unos 4 km de los establecimientos del polo petroquímico local. La planta fue diseñada originalmente para un tratamiento de tipo primario, compuesto por un sistema de rejillas, un pozo de bombeo con 6 bombas tipo flygt con capacidad de 1000 m³/h cada una y 30 HP, filtros con tamices rotativos conformados por 3 filtros con capacidad de retención de sólidos de dimensiones superiores a 0,75 mm y capacidad de filtración total 2,1 m³/s (7.560 m³/h), sistema de extracción de sólidos y una cámara de contacto para desinfección (ABSA, 2010). Actualmente, el tratamiento preliminar está conformado por tres rejillas de 50 mm de espacio entre barras que se limpian manualmente, seguido por 5 bombas de 800 m³/h cada una (cuatro en servicio y una de soporte) que pueden descargar 3.200 m³/h en tres filtros con tamices rotativos de # 0,75 mm, quedando espacio para una bomba adicional. El efluente desemboca en una cámara de recogida y va al mar por gravedad en una tubería de hormigón de 1.100 mm de diámetro y 1.500 m de largo (Mekorot, 2011). Para el presente trabajo, se considerará como capacidad de tratamiento, 0 m³/h.

⁶⁶ Proyecto en el marco del convenio realizado entre UTN, CTE, ABSA y AIQ

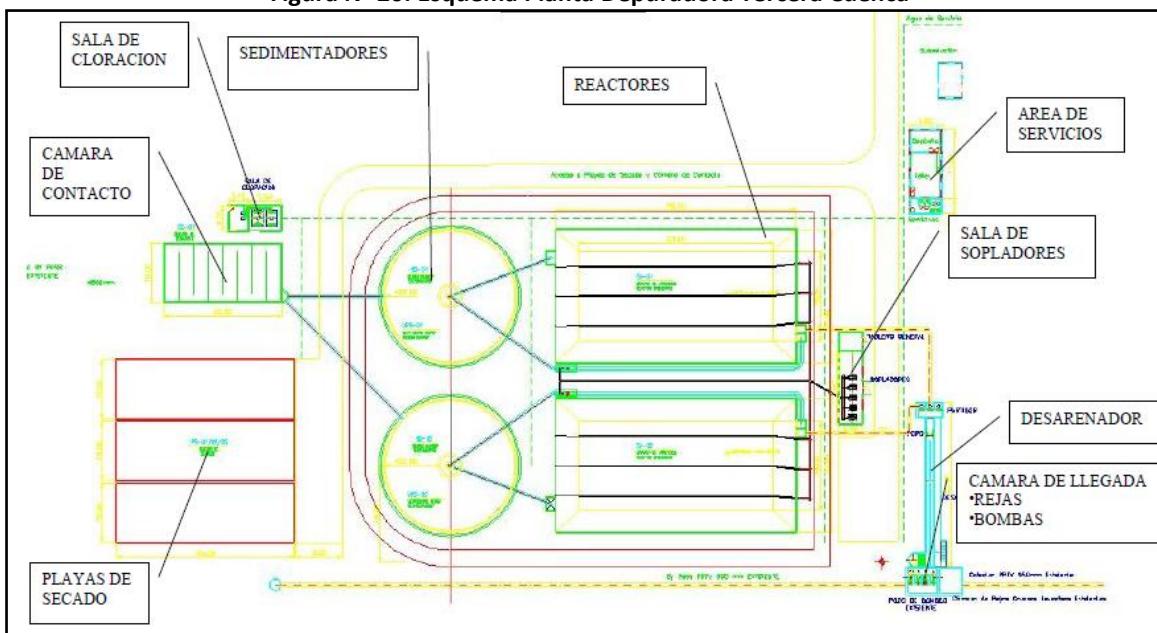
- Planta Depuradora de Líquidos Cloacales de la Tercera Cuenca

Se encuentra ubicada en el sector suroeste de la ciudad, sobre la proyección del Camino Sesquicentenario (Av. Alfredo Palacios al 2500), delimitada por la Ruta Nacional N° 3 al Noreste y el canal Brasili del Estuario de Bahía Blanca al Suroeste. Su localización en el sector más interno del estuario y la cercanía con el Balneario Maldonado, fue fuertemente cuestionada por especialistas de diferentes ámbitos universitarios y científicos debido a los impactos que esta actividad generaría. Sin embargo, la obra se terminó en el sector previsto y desde su puesta en funcionamiento en el año 2008, ha provocado niveles de contaminación que amenazan seriamente el ecosistema estuarial.

La planta tiene un caudal de diseño de $500 \text{ m}^3/\text{h}$, con potencialidad de ampliación para duplicar la misma. En este momento está recibiendo un caudal aproximado de $350 \text{ m}^3/\text{h}$ ⁶⁷ del sector de la ciudad de Bahía Blanca denominado Tercera Cuenca. Desde el punto de vista de su altimetría, es un punto favorable para la descarga de líquidos cloacales, el desnivel entre el punto más alejado de la red y el punto de descarga de los líquidos cloacales es muy significativo, lo cual favorece su evacuación a través de los colectores *Máximo Tercera Cuenca* (Cuenca Irupé y del Colector Máximo Brasil), *Máximo Irupé* (sector oeste de la ciudad) y *Máximo Patagonia* (barrios del sector noreste). Esta planta permite el vuelco de líquido cloacal tratado en el Arroyo Saladillo de García con desembocadura final en el Estuario de Bahía Blanca.

Consiste en una planta de tratamiento de Aireación Extendida (secundario) que se materializa mediante: rejas finas de separación, desarenador, reactores aeróbicos, sedimentadores secundarios, cámara de cloración y playas de secado (Figura N° 20: Esquema Planta Depuradora Tercera Cuenca y Figura N° 21: Vista Panorámica Planta Depuradora Tercera Cuenca).

Figura N° 20: Esquema Planta Depuradora Tercera Cuenca



Fuente: ABSA-Sistema Cloacal de Bahía Blanca y Alternativas de Reutilización de Aguas Residuales, 2010

⁶⁷ Información suministrada por funcionario de la Planta (12/12/2014).

Figura N° 21: Vista Panorámica Planta Depuradora Tercera Cuenca



Fuente: ABSA-Sistema Cloacal de Bahía Blanca y Alternativas de Reutilización de Aguas Residuales, 2010

El tratamiento secundario incluye dos reactores de 5.000 m^3 de 3,5 metros de profundidad cada uno. El aire es suministrado por 4 sopladores, además de un soporte, con una capacidad de aire de $1.800 \text{ m}^3/\text{h}$ cada uno. Los reactores son seguidos por 2 clarificadores finales de $\varnothing 15.0 \text{ m}$ cada uno. El efluente fluye al tanque con cloro en contacto. El exceso de residuos de lodos se descarga en tres playas de secado (Mekorot, 2011).

Desde el año 2009, a pedido de Honorable Consejo Deliberante (Exp. 203/HCD/2009), se están realizando inspecciones para controlar la calidad del efluente cloacal de la planta, observando un alto porcentaje de parámetros que superan los límites máximos establecidos por la legislación vigente. En respuesta a estas inspecciones y al seguimiento realizado por el CTE, ABSA informó que desde agosto del 2012 hasta febrero de 2013 realizó varias mejoras en la planta que incluyeron: la adquisición, montaje y puesta en marcha de un sistema de oxigenación de reactores y de un sistema de aireación de burbuja fina; y la adquisición y montaje de un sistema de tratamiento de lodos de descarte, a “... efectos de realizar las correcciones en el proceso de depuración...”. Esto obligó a modificar la operación de la planta, lo que provocó alteraciones en los parámetros de salida del efluente (PIM, 2013).

5.5.- Análisis de la Demanda de agua y de Saneamiento

5.5.1.- Usuarios del sistema

Se denomina **Usuario Medido** a aquel inmueble, independientemente del carácter (residencial, comercial o industrial), cuyo consumo es registrado por un caudalímetro o medidor para su posterior facturación. A su vez, los usuarios medidos, se clasifican en las siguientes categorías (ABSA, 2014):

- Grandes Usuarios Privados (GUP)
- Medianos Usuarios Privados (MUP)
- Usuarios Oficiales (OFI)
- Residenciales (R)
- Tarifa de Interés Social (TIS)

Los GUP son aquellos usuarios cuyos consumos bimestrales de agua son superiores a 1.000 m³. Los que consumen, al menos una vez al año, 300 m³ o más durante un período, son considerados MUP. El grupo OFI incluye a todos los usuarios oficiales con consumos inferiores a 300 m³ por bimestre. La categoría Residenciales incluye a todos los usuarios comerciales y residenciales no incluidos en GUP ni en MUP. Los usuarios con Tarifa de Interés Social (TIS) son personas beneficiadas por su condición de bajos ingresos, cuyos consumos en algunos casos se bonifica en su totalidad, haciéndose cargo de la facturación la Municipalidad de Bahía Blanca.

Por otra parte, se encuentra el **Usuario no Medido**, cuyo consumo no es registrado por un medidor sino que la facturación se determina en función a la valuación fiscal inmobiliaria (suministrada por la Gerencia General de Información y Desarrollo Territorial).

En este trabajo y con base en la información relevada en el trabajo de campo, se adopta para el servicio medido, la siguiente clasificación:

- **Residenciales:** usuarios con consumos bimestrales de agua inferiores a 1.000 m³
- **Grandes usuarios:** usuarios con consumos bimestrales de agua superiores a 1.000 m³.
- **Polo Petroquímico:** esta categoría la conforman tres grandes industrias:
 - o SolvayIndupa (tiene tres unidades productivas: cloro-soda, VCM y PVC)
 - o Dow (integrado por 6 plantas: 2 de Etileno y 4 de Polietileno)
 - o Profertil (urea granulada y amoníaco)

La demanda de agua del Polo Petroquímico es importante individualizarla de los grandes usuarios, debido a que el proyecto plantea la sustitución del consumo de agua de este sector, tanto potable como cruda, con agua regenerada, liberando dicho volumen para otros destinos.

5.5.2.- Cantidad de usuarios por zona y tipo de servicio

Las unidades de facturación totales por servicio para Bahía Blanca, General Daniel Cerri, Ingeniero White y Punta Alta (Tablas N° 28 y 29) representan un total de 123.997 usuarios, distribuidos de la siguiente manera:

- Servicio Medido de Agua: 18.049 usuarios
- Servicio Medido de Agua con Cloacas: 87.491 usuarios
- Servicio no Medido de Agua y Cloacas: 18.457 usuarios

Tabla N° 28.- Unidades de facturación – Servicio Medido

Servicio Medido	B. Blanca	Gral. Cerri	Ing. White	P. Alta
Agua	14.082	340	867	2.760
Agua y Cloacas	66.046	1.978	4.720	14.747
Total Medidores	80.128	2.318	5.587	17.507

Fuente: Oficina Comercial ABSA, 2014

Tabla N° 29.- Unidades de facturación – Servicio No Medido

Servicio No Medido	B. Blanca	Gral. Cerri	Ing. White	P. Alta
Agua	6.324	187	401	1.099
Agua y Cloacas	6.971	395	633	2.106
Cloacas	288	22	3	28
Total	13.583	604	1.037	3.233

Fuente: Oficina Comercial ABSA, 2014

5.5.3.- Tarifa actual (por m³) y cuadro tarifario vigente

A partir del 1° de junio de 2016, el cuadro tarifario sufrió un aumento del 140 % en el costo del metro cúbico de agua, pasando el costo inicial de **\$ 2,39 a \$ 5,74 por metro cúbico**. Dicho aumento estuvo notificado por decreto provincial 409/16, que además incorporó un valor adicional para el servicio según la valuación fiscal de cada inmueble en el registro de la Agencia de Recaudación bonaerense. La medición es bimestral, pero el importe a facturar es mensual, con un mínimo de 15 metros cúbicos para las propiedades que valen hasta \$ 50.000.

Tabla N° 30: Mínimos de Consumo según Valuación Fiscal Inmobiliaria y Servicios

Tramo	Valuación Fiscal Inmobiliaria	m3 mensuales asignados	
		Servicio de agua	Servicio de agua y desagües cloacales
1	De 0 hasta 40.000	15	15
2	De más de 40.000 hasta 50.000	15	15
3	De más de 50.000 hasta 70.000	17	18,5
4	De más de 70.000 hasta 100.000	19,5	21
5	De más de 100.000 hasta 150.000	21,5	23
6	De más de 150.000 hasta 200.000	25	26,5
7	De más de 200.000	28	29,5

Fuente: ABSA, Decreto Provincial N° 409/16

El incremento aplicado al servicio público de agua potable y desagües cloacales, realizado por Aguas Bonaerenses S.A. (ABSA) en 2012, que en algunas zonas llegó al 180% sobre el valor general del metro cúbico de agua, fue obligado a devolver en futuras facturaciones por parte de la Suprema Corte de Justicia de la Provincia de Buenos Aires, con el argumento de no haberse contemplado la opinión de los usuarios en las audiencias públicas⁶⁸ (Télam, abril 2015). En marzo

⁶⁸<http://www.telam.com.ar/notas/201504/101122-quedo-firme-el-fallo-que-obliga-a-absa-a-devolver-los-aumentos-de-hasta-un-180.html>

de 2016, en La Plata, autoridades de ABSA y de la Provincia realizaron una audiencia pública, exigida por ley con el objeto de debatir el aumento, oportunidad en que algunos expositores solicitaron que en aquellos lugares que había carencias o déficit en el sistema, como Bahía Blanca, quede suspendido. Este pedido no tener carácter vinculante, no fue considerado.

La Tabla N° 31.a) muestra el cuadro tarifario vigente del servicio de agua no medido, de facturación mensual.

Tabla N° 31.a).- Cuadro tarifario, Servicio de Agua o Desagües Cloacales - Servicio no medido

Rango	Valuación Fiscal Inmobiliaria	Módulos
	Baldíos	12
	Cocheras, Bauleras y Locales Complementarios	8
1	De 0 hasta 40.000	19
2	De más de 40.000 hasta 50.000	24
3	De más de 50.000 hasta 70.000	29
4	De más de 70.000 hasta 100.000	34
5	De más de 100.000 hasta 150.000	39
6	De más de 150.000 hasta 200.000	47
7	De más de 200.000	55

Fuente: ABSA, Decreto Provincial N° 409/16

Cada módulo tiene el mismo valor que un metro cúbico de agua (\$ 5,74). Por ejemplo, el dueño de una casa de \$ 75.000 de valor fiscal pagará por el servicio \$ 195,16 más los adicionales correspondientes. Para el rango 7 se fija una alícuota adicional de 0,6 m³/10.000 sobre el excedente de 200.000 de valuación fiscal inmobiliaria. Este importe es mensual y resulta facturado con esa periodicidad.

En el caso del servicio medido, el importe a facturar es el que resulta de multiplicar el volumen de agua potable suministrada, de acuerdo a la metodología detallada en la Tabla N° 31.b).

Tabla N° 31.b).- Cuadro tarifario, Servicio de Agua o de Agua y desagües cloacales - Servicio medido

Escala	Consumo mensual m ³	Calculo según escala de consumo
1	hasta 15 m ³	15 m ³ x Vm ³
2	hasta 17,5 m ³	primeros 15 m ³ x Vm ³ excedente x Vm ³ x 1.60
3	hasta 20 m ³	primeros 17,5 m ³ ídem anterior excedente x Vm ³ x 1.70
4	hasta 22,5 m ³	primeros 20 m ³ ídem anterior excedente x Vm ³ x 1.80
5	hasta 25 m ³	primeros 22,5 m ³ ídem anterior excedente x Vm ³ x 1.90
6	hasta 30 m ³	primeros 25 m ³ ídem anterior excedente x Vm ³ x 2.00
7	hasta 35 m ³	primeros 30 m ³ ídem anterior excedente x Vm ³ x 2.10
8	hasta 40 m ³	primeros 35 m ³ ídem anterior excedente x Vm ³ x 2.20
9	hasta 45 m ³	primeros 40 m ³ ídem anterior excedente x Vm ³ x 2.30

10	hasta 50 m ³	primeros 45 m ³ ídem anterior excedente x Vm ³ x 2.40
11	hasta 62,5 m ³	primeros 50 m ³ ídem anterior excedente x Vm ³ x 2.50
12	hasta 75 m ³	primeros 62,5 m ³ ídem anterior excedente x Vm ³ x 3.50
13	más de 75 m ³	primeros 75 m ³ ídem anterior excedente x Vm ³ x 4.50

Fuente: ABSA; Decreto Provincial N° 409/16

La periodicidad de la lectura del servicio medido es bimestral y el importe a facturar es mensual. Se cobra en todos los casos del servicio medido, un cargo para mantenimiento de medidor y un cargo de reposición de medidores, equivalente al valor de 2,5 m³ de agua potable por mes, por cada concepto, al precio del valor del metro cubico (Vm³). Esto es, cada uno de ellos, sale \$ 14,35.

En el caso de los desagües cloacales, tanto en el servicio no medido como el medido, el cargo es equivalente al costo de agua potable, es decir, las tarifas aplicables por tal concepto equivalen a un 100% del valor del agua. Es decir, en el caso que el cliente reciba el servicio de agua potable y desagües cloacales simultáneamente, el total a pagar por éste es igual al valor determinado para el servicio de agua por un coeficiente de 2. En caso de recibir sólo el servicio de desagües cloacales, el importe a facturarse se calculará como el producto entre el valor del servicio de agua y un coeficiente igual a 1.

Finalmente, la factura incluye un ítem por la Tasa de Fiscalización y Control del OCABA (4 %), que se calcula sobre el precio ponderado de agua y cloaca (no se incluyen los cargos fijos) y el IVA consumidor final (21 %).

5.5.4. Análisis Histórico

5.5.4.1.- Consumo de agua potable y cruda

Los consumos anuales de agua potable por tipo de usuario, para las ciudades de Bahía Blanca y Punta Alta, durante el período 2008-2013, corresponden a datos obtenidos en la Oficina Comercial de ABSA y se observan en las Tablas N° 32 y 33 respectivamente. Este consumo corresponde únicamente al servicio medido (agua contabilizada) y no alcanza a las localidades de General Daniel Cerri e Ingeniero White.

Tabla N° 32.- Consumo Histórico de agua potable en Bahía Blanca

Bahía Blanca (no incluye General Daniel Cerri e Ingeniero White)				
Año	Consumo de Agua Potable (m³/año)			
	Residenciales	Grandes Usuarios	Polo Petroquímico	Total
2008	23.687.018	580.883	6.248.585	30.516.486
2009	23.095.937	727.054	6.100.382	29.923.373
2010	18.155.942	963.098	5.246.367	24.365.407
2011	19.145.989	1.617.296	5.149.844	25.913.129
2012	20.509.469	1.782.446	4.645.312	26.937.227
2013	19.796.593	1.849.317	4.801.499	26.447.409
Promedio	20.731.825	1.253.349	5.365.332	27.350.505

Fuente: Oficina Comercial ABSA, 2014

Tabla N° 33.- Consumo Histórico de agua potable en Punta Alta

Punta Alta			
Año	Consumo de Agua Potable (m ³ /año)		
	Residenciales	Grandes Usuarios	Total
2008	3.787.502	14.842	3.802.344
2009	3.550.935	19.563	3.570.498
2010	2.646.253	16.353	2.662.606
2011	3.263.720	18.494	3.282.214
2012	2.949.391	22.034	2.971.425
2013	2.751.665	23.834	2.775.499

Fuente: Oficina Comercial ABSA, 2014

De acuerdo a información suministrada por la empresa ABSA en Bahía Blanca, el volumen de agua potabilizada que se entrega al sistema (diciembre 2014) es de 13.000.000 m³/bimestre (216.667 m³ diarios), mientras que el facturado por servicio medido y no medido, asciende a 9.000.000 m³/bimestre, lo que representa 150.000 m³ diarios (valores aproximados). El resto, unos 66.667 m³ diarios, que representa el 30 % sobre el volumen entregado⁶⁹ y el 45 % del volumen facturado, es agua potable que ingresa al sistema de distribución pero no es registrada en los medidores de los usuarios, principalmente por imprecisión de estos instrumentos -superaron su vida útil-, por fugas en la red de distribución -filtraciones-, por consumos fraudulentos -conexiones ilegales- o por consumos que no se cobran según lo establece el Decreto N° 838/03.

Para el año 2014, el volumen de agua potable contabilizada de las localidades de Bahía Blanca, Ingeniero White, Punta Alta y General Daniel Cerri alcanzó 32.977.030 m³ (ABSA, 2015), lo que representa aproximadamente 90.350 m³ diarios. Considerando que se facturan 150.000 m³ diarios, esto indicaría que el servicio no medido representa aproximadamente el 40 % del total facturado y cerca del 30 % de la demanda total del sistema. Teniendo en cuenta la población total del 2014⁷⁰, el volumen de agua potabilizada entregada al sistema, el volumen de agua potable facturada y el consumo medido de agua potable (en los tres casos descontado el consumo promedio de los últimos 6 años del Polo Petroquímico -5.365.332 m³/año -), esto supone una demanda promedio per cápita de 569 litros diarios, demanda que baja a 381 litros/hab.-día si se considera el agua potable que efectivamente se factura y a 216 litros/hab.-día por servicio medido, considerando la población 2014 según datos ABSA (354.683 habitantes). En cambio, con la población estimada para el proyecto (380.275 habitantes), estos consumos per cápita disminuyen a 531, 355 y 202 litros-hab.-día, respectivamente, según puede observarse en la Tabla N° 34. Además, se expresan en dicha tabla estos consumos per cápita en m³/hab.-hora, que serán utilizados para la proyección de la demanda total de agua potable del sistema.

⁶⁹Según los datos oficiales en Israel, la pérdida de agua en la distribución alcanza el 5%, en el área metropolitana de Buenos Aires la cifra es cercana al 25 por ciento y en muchos otros países alcanza hasta el 40 por ciento. Fuente: La Nación, 16/11/2015, “La solución israelí a la escasez de agua”. <http://www.lanacion.com.ar/1845964-la-solucion-israeli-a-la-escasez-de-agua>

⁷⁰Población total de Bahía Blanca, Ing. White, Gral. Daniel Cerri y Punta Alta.

Tabla N° 34.-Demanda promedio per cápita de agua potable Bahía Blanca y Punta Alta (1)

Unidades	Agua Potable entregada al sistema	Agua Potable facturada	Agua Potable contabilizada
m ³ /bimestre	12.105.778	8.105.778	4.601.950
m ³ /día	201.763	135.096	76.699
litros/hab.-día (2)	569	381	216
litros/hab.-día (3)	531	355	202
m ³ /hab.-hora (2)	0,024	0,016	0,009
m ³ /hab.-hora (3)	0,022	0,015	0,008

Notas:

(1) No incluye consumo medido del Polo Petroquímico

(2) Consumo per cápita estimado sobre población total ABSA, 2014 (354.683 hab).

(3) Consumo per cápita estimado sobre población total del proyecto, 2014 (380.275 hab).

Fuente: Elaboración propia

En cuanto al consumo de agua cruda, se encuentra vigente hasta el 2016, el Convenio entre Profertil y el Ministerio de Obras Públicas de la Provincia de Buenos Aires firmado en el año 1999, previo a la privatización del servicio. Mediante este convenio, se le asegura el suministro de hasta 50.000 m³/día de agua cruda con baja turbidez para ser utilizado en el sector industrial. En la Tabla N° 35 se detalla el consumo de agua cruda del sector en el período enero-septiembre 2014, medido al ingreso de cada planta.

Tabla N° 35.- Consumo de Agua Cruda Polo Petroquímico

Período (2014)	Consumo de Agua Cruda (m ³ /mes)		Consumo Total	
	PROFERTIL	PBB	m ³ /mes	m ³ /hora
Enero	623.256	495.717	1.118.973	1.504
Febrero	543.848	421.355	965.203	1.436
Marzo	536.272	435.847	972.119	1.307
Abril	481.261	384.358	865.619	1.202
Mayo	563.960	386.387	950.347	1.277
Junio	452.560	310.738	763.298	1.060
Julio	358.059	289.406	647.465	870
Agosto	387.282	351.462	738.744	993
Septiembre	542.397	355.794	898.191	1.247
CONSUMO TOTAL	4.488.895	3.431.064	7.919.959	1.250

Fuente: Elaboración Propia con base en información de la Oficina Comercial ABSA, 2014

De la Tabla N°32, se infiere que el consumo de agua potable correspondiente a las industrias del polo petroquímico (SolvayIndupa, Dow y Profertil) en los últimos 6 años alcanza en promedio los 620 m³/h, con un consumo máximo de 710 m³/h en 2008 y un consumo mínimo de 550 m³/h en 2013. La disminución de dicho consumo en el período bajo análisis, podría explicarse por una disminución en la producción, por la inversión realizada de las industrias del sector (en tecnología de punta, reemplazando distintos equipamientos existentes, etc.) que provocan una reducción del gasto de energía y de agua, tal es el caso de Profertil en 2013⁷¹, entre otros casos. Para la proyección del consumo de agua potable de este sector, se considerara con criterio conservador,

⁷¹Artículo referido a las inversiones de la empresa Profertil en Santa Fé y Bahía Blanca, extraído del Periódico Tiempo Industrial, UIBB, 2013 – Año 7 – N° 61 - Pág. 5: <http://uibb.org.ar/ti/ti-a07nro61.pdf>

el consumo promedio del período (620 m³/h). Por otra parte, el consumo de agua cruda de este sector rondaría actualmente 1.250 m³/h (Tabla N° 35), lo que en total sumaría algo más de 1.800 m³/h destinado al polo petroquímico (agua potable y cruda), que representaría el volumen actual a sustituir con agua residual tratada.

También se abastece con agua cruda a la empresa Coca Cola, ubicada en Grunbein. Este consumo no es representativo (promedio 24 m³/h) y no está previsto sustituirlo con agua regenerada de la planta que se propone en este trabajo. Otras industrias, como es el caso de SolvayIndupa, consumen agua cruda (20 m³/h), pero es agua de perforación, por la cual le pagan un canon a la Autoridad del Agua.

5.5.4.2.- Evolución de la Cobertura del Servicio

La Tabla N° 36 muestra las nuevas conexiones realizadas en el servicio de agua potable y cloacas en Bahía Blanca (incluye Ingeniero White y Gral. Daniel Cerri) y Punta Alta, desde el año 2008 hasta el momento en que se suministró la información (ABSA, 2014).

Tabla N° 36.- Solicitud de conexiones, servicio de agua potable y cloacas, Bahía Blanca y Punta Alta

2008	Agua	Cloacas
Bahía Blanca	1054	254
Punta Alta	287	71
2009	Agua	Cloacas
Bahía Blanca	1011	187
Punta Alta	240	46
2010	Agua	Cloacas
Bahía Blanca	112	213
Punta Alta	80	40
2011	Agua	Cloacas
Bahía Blanca	1229	291
Punta Alta	323	47
2012	Agua	Cloacas
Bahía Blanca	1059	254
Punta Alta	136	36
2013	Agua	Cloacas
Bahía Blanca	1124	300
Punta Alta	118	36
2014 Hasta 15 Octubre	Agua	Cloacas
Bahía Blanca	665	215
Punta Alta	75	22

Fuente: Oficina Comercial ABSA

A partir de la información de la Tabla N° 36 y teniendo en cuenta la cantidad de medidores de agua en el año 2014 (Tabla N° 28), se calculó la cantidad de medidores efectivos de agua en cada año del período 2008-2014 (Tablas N° 37 y 38). Para ello, se partió de la cantidad de medidores existentes actualmente (dato 2014) y se le resta las nuevas conexiones realizadas en ese año, obteniéndose de esta manera los medidores correspondientes al año 2013 y así sucesivamente. Como el dato de consumo medido de agua potable que se obtuvo de la empresa corresponde a la ciudad de Bahía Blanca únicamente y las nuevas conexiones que surgen de la Tabla N° 36 incluyen a Ing. White y Gral. D. Cerri, es necesario contar con la cantidad de medidores efectivos sólo de Bahía Blanca. Para ello, se estimó una tasa de crecimiento anual de nuevas conexiones a partir de las conexiones efectivas obtenidas para Bahía Blanca, Ing. White y Gral. Daniel Cerri y se supuso constante este crecimiento para las conexiones en la ciudad de Bahía Blanca (Tabla N° 37).

Tabla N° 37.- Nuevas conexiones, medidores totales y ampliación red de Agua Potable en Bahía Blanca

Año	Nuevas Conexiones	Total Medidores (BB-IW-GDC)	Crecimiento nuevas conexiones	Total Medidores Bahía Blanca
2008	1054	82.833	1,27%	75.450
2009	1011	83.844	1,21%	76.360
2010	112	83.956	0,13%	76.462
2011	1229	85.185	1,44%	77.565
2012	1059	86.244	1,23%	78.517
2013	1.124	87.368	1,29%	79.527
2014	665	88.033	0,76%	80.128
Promedio crecimiento anual servicio agua potable			1,05 %	

Fuente: Elaboración Propia con base en datos Oficina Comercial ABSA

Tabla N° 38.- Nuevas conexiones, medidores totales y ampliación red de Agua Potable en Punta Alta

Año	Nuevas Conexiones	Cantidad de Medidores	Crecimiento nuevas conexiones
2008	287	16.535	1,74%
2009	240	16.775	1,43%
2010	80	16.855	0,47%
2011	323	17.178	1,88%
2012	136	17.314	0,79%
2013	118	17.432	0,68%
2014	75	17.507	0,43%
Promedio crecimiento anual servicio agua potable			1,06%

Fuente: Elaboración Propia con base en datos Oficina Comercial ABSA

En cuanto al promedio del crecimiento anual de medidores, se desestimó trabajar con este dato, dado que es muy bajo (0,34%), utilizando como punto de partida para la proyección los datos que surgen de la Tabla N° 28, de la cual se puede inferir que el 83 % de los medidores en Bahía Blanca, Ing. White y Gral. Daniel Cerri, sin considerar Punta Alta, corresponden al servicio de cloacas y asumiendo esta cobertura constante para el período de proyección.

5.5.5.- Estimación de la demanda de agua en Bahía Blanca y Punta Alta

5.5.5.1.- Estimación del consumo medido de agua potable

A continuación, con base en información histórica de consumo medido para Bahía Blanca y Punta Alta – Residenciales y Grandes Usuarios - (Tablas N° 32 y 33) y la cantidad de medidores efectivos (Tablas N° 37 y 38), se estimó el *consumo medido promedio histórico por medidor* en cada ciudad según se puede observar en las Tablas N° 39 y 40.

Tabla N° 39.- Consumo medido promedio de agua potable por medidor en Bahía Blanca

Año	Consumo medido	Cantidad de Medidores	Consumo medido promedio (m ³ -año/medidor)	Consumo medido promedio (m ³ - hora/medidor)
	m ³ /año			
2008	24.267.901	75.450	322	0,0367
2009	23.822.991	76.360	312	0,0356
2010	19.119.040	76.462	250	0,0285
2011	20.763.285	77.565	268	0,0306
2012	22.291.915	78.517	284	0,0324
2013	21.645.910	79.527	272	0,0311
		Promedio	285	0,0325

Fuente: Elaboración Propia con base en datos Oficina Comercial ABSA

Tabla N° 40.- Consumo medido promedio de agua potable por medidor en Punta Alta

Año	Consumo medido	Cantidad de Medidores	Consumo medido promedio (m ³ -año/medidor)	Consumo medido promedio (m ³ - hora/medidor)
	m ³ /año			
2008	3.802.344	16.535	230	0,0263
2009	3.570.498	16.775	213	0,0243
2010	2.662.606	16.855	158	0,0180
2011	3.282.214	17.178	191	0,0218
2012	2.971.425	17.314	172	0,0196
2013	2.775.499	17.432	159	0,0182
		Promedio	187	0,0214

Fuente: Elaboración Propia con base en datos Oficina Comercial ABSA

Este consumo medido promedio histórico por medidor del período 2008-2013 es utilizado para proyectar el consumo medido en Bahía Blanca y Punta Alta. Para Ing. White y Gral. D. Cerri se asume el mismo consumo medido promedio por medidor que para Bahía Blanca (0,0325 m³-hora /medidor). Otra información que surge de las Tablas N° 37 y 38, que será tenida en cuenta para proyectar la cantidad de medidores, es la tasa de crecimiento de nuevas conexiones en el servicio de agua potable, que para Bahía Blanca, Ingeniero White y Gral. Daniel Cerri resulta del 1,05 % y para Punta Alta del 1,06 %.

La Tabla N° 41 muestra la estimación del consumo medido de agua potable en la ciudad de Bahía Blanca - incluye Ingeniero White y General Daniel Cerri- y Punta Alta. La última columna, tal como se aclara, incluye el consumo medido del Polo Petroquímico⁷²(620 m³/hora), constante para

⁷²Se considera que el Polo Petroquímico tiene únicamente servicio medido.

todo el período de proyección. En este último caso, podría darse que en el período de proyección haya un aumento en la capacidad de producción de las industrias⁷³ o la radicación de nuevas industrias⁷⁴, lo que generaría una mayor demanda de agua potable. Dada la incertidumbre en la estimación a partir de cuándo y en qué medida podría aumentar este consumo de agua, no se considera esta alternativa en un primer escenario.

Tabla N° 41.- Estimación del consumo medido de agua potable - Bahía Blanca y Punta Alta

Año	Bahía Blanca		Punta Alta		CONSUMO MEDIDO TOTAL m ³ /hora
	(1)	(2)	(3)	(4)	
	Cantidad de Medidores	Consumo medido m ³ /hora	Cantidad de Medidores	Consumo medido m ³ /hora	
	1,05%	0,0325	1,06%	0,02	
2013	87.368	2.842	17.432	372	3.835
2014	88.285	2.872	17.617	376	3.868
2015	89.212	2.902	17.804	380	3.903
2016	90.149	2.933	17.992	384	3.937
2017	91.096	2.964	18.183	388	3.972
2018	92.052	2.995	18.376	392	4.007
2019	93.019	3.026	18.570	396	4.043
2020	93.995	3.058	18.767	401	4.079
2021	94.982	3.090	18.966	405	4.115
2022	95.980	3.123	19.167	409	4.152
2023	96.987	3.155	19.370	414	4.189
2024	98.006	3.189	19.576	418	4.226
2025	99.035	3.222	19.783	422	4.264
2026	100.075	3.256	19.993	427	4.303
2027	101.126	3.290	20.205	431	4.341
2028	102.187	3.325	20.419	436	4.380
2029	103.260	3.359	20.636	441	4.420
2030	104.345	3.395	20.854	445	4.460
2031	105.440	3.430	21.075	450	4.500
2032	106.547	3.466	21.299	455	4.541
2033	107.666	3.503	21.525	459	4.582
2034	108.797	3.540	21.753	464	4.624
2035	109.939	3.577	21.983	469	4.666
2036	111.093	3.614	22.216	474	4.709

⁷³Dow anunció que invertirá 450 Millones de Pesos para la ampliación de su Complejo Productivo en Bahía Blanca: <http://ar.dow.com/es-ar/noticias-y-prensa/noticias/20141113a>

⁷⁴A partir de la puesta en marcha de la Central Termoeléctrica Guillermo Brown en General Cerri. Se prevé que la primer turbina comience a funcionar en el segundo trimestre de este año, incorporando 270 Mw de potencia eléctrica al sistema eléctrico nacional, posibilitando generar más de 2.000.0000 Mw-h de electricidad, que comparativamente se puede entender como más del 150% de la demanda de energía que tienen los usuarios bahienses. Y de ponerse en marcha la segunda turbina según está previsto, implicará sumar otros 270 Mw de potencia de energía eléctrica al sistema interconectado nacional (La Brújula, 06/04/2015). <http://labrujula24.com/noticias/2015/14062-Avanza-construccion-de-la-central-termoelectrica-Guillermo-Brown>

Notas:

(1) Las nuevas conexiones para Bahía Blanca aumentan a la tasa de crecimiento promedio anual de los últimos 7 años (1,05 %).

(2) Se considera constante el consumo promedio por medidor (0,0325 m³-hora/medidor - 285 m³-año/medidor). No incluye consumo medido del Polo Petroquímico.

(3) Las nuevas conexiones para Punta Alta aumentan a la tasa de crecimiento promedio anual de los últimos 7 años (1,06 %).

(4) Se considera constante el consumo promedio por medidor (0,0214 m³-hora/medidor = 187 m³-año/medidor).

(5) Incluye consumo medido promedio del período 2008-2013 del Polo Petroquímico, constante para todo el período de proyección (620 m³/hora) - Tabla N° 32

Fuente: Elaboración Propia

5.5.5.2.-Estimación de la Demanda de Agua Potable

La Tabla N° 42 muestra la demanda total de aguapotable estimada para Bahía Blanca y Punta Alta, para la cual se parte de la población estimada del proyecto (Tabla N° 23) y el consumo per cápita (Tabla N° 34), el cual no incluye el consumo del Polo Petroquímico. Por lo tanto, una vez estimada la demanda en función al consumo de la población, se agrega en la misma columna, la demanda de agua potable que realiza el sector (620 m³/hora, constante). Luego se calcula el volumen por pérdidas (fugas en la red de distribución, filtraciones, imprecisión de los medidores, conexiones clandestinas o consumos fraudulentos), considerando un 30 %, que es la pérdida actual sobre el volumen de agua potable entregado (se supone constante para el período de proyección); se agrega el consumo medido estimado anteriormente y por diferencia se estima el consumo no medido.

5.5.5.3.- Estimación de la Demanda Total de Agua

La Tabla N° 43 muestra la demanda total de agua (potable y cruda) estimada para Bahía Blanca y Punta Alta, para lo cual se agrega a la demanda de agua potable estimada en la Tabla N° 42, la demanda de agua cruda por parte del Polo Petroquímico.

Para estimar la demanda de agua cruda del Polo Petroquímico, se supone para el período de proyección un consumo constante (1.250 m³/hora), que es el consumo actual (Tabla N° 35). En este caso, al igual que el consumo de agua potable de este sector, podría darse en el período de proyección un aumento en la capacidad de producción de las industrias o la radicación de nuevas industrias, lo que generaría también una mayor demanda de agua cruda. Como primera aproximación, tampoco aquí se considera esta alternativa, por las mismas razones expuestas anteriormente.

Tabla N° 42.- Estimación de la Demanda Total de Agua Potable – Bahía Blanca y Punta Alta

Año	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Población Total	Demanda Total Agua Potable	Pérdidas en el sistema	Consumo Medido Total	Consumo no Medido
	(Hab.)	m ³ /hora			
		0,022	30%		
2013	377.498	8.965	2.690	3.835	2.441
2014	380.275	9.027	2.708	3.868	2.450
2015	383.077	9.089	2.727	3.903	2.460
2016	385.905	9.151	2.745	3.937	2.469
2017	388.637	9.212	2.763	3.972	2.476
2018	391.390	9.273	2.782	4.007	2.484
2019	394.166	9.334	2.800	4.043	2.491
2020	396.964	9.396	2.819	4.079	2.498
2021	399.784	9.458	2.837	4.115	2.506
2022	402.628	9.521	2.856	4.152	2.513
2023	405.493	9.584	2.875	4.189	2.520
2024	408.382	9.648	2.894	4.226	2.527
2025	411.295	9.713	2.914	4.264	2.534
2026	414.230	9.777	2.933	4.303	2.542
2027	416.808	9.834	2.950	4.341	2.543
2028	419.404	9.892	2.968	4.380	2.544
2029	422.019	9.950	2.985	4.420	2.545
2030	424.653	10.008	3.002	4.460	2.546
2031	427.305	10.066	3.020	4.500	2.546
2032	429.977	10.126	3.038	4.541	2.547
2033	432.669	10.185	3.056	4.582	2.547
2034	435.379	10.245	3.073	4.624	2.548
2035	438.110	10.305	3.092	4.666	2.548
2036	440.860	10.366	3.110	4.709	2.548

Notas:

(1) La Población Total considera población de Bahía Blanca, General Daniel Cerri, Ingeniero White y Punta Alta (Tabla N° 23)

(2) Considera constante el consumo per cápita (0,022 m³/hab.-hora) y se agrega demanda constante del Polo Petroquímico (620 m³/hora).

(3) Considera constante el porcentaje de pérdidas en el sistema (30 %).

(4) Consumo estimado en Tabla N° 41.

(5) Consumo estimado por diferencia entre la demanda total de Agua Potable, las pérdidas y el servicio medido.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 43.- Estimación de la Demanda Total de Agua – Bahía Blanca y Punta Alta

Año	(1)	(2)
	Demanda Total Agua Potable	DEMANDA TOTAL DE AGUA
	m ³ /hora	
2014	9.027	10.277
2015	9.089	10.339
2016	9.151	10.401
2017	9.212	10.462
2018	9.273	10.523
2019	9.334	10.584
2020	9.396	10.646
2021	9.458	10.708
2022	9.521	10.771
2023	9.584	10.834
2024	9.648	10.898
2025	9.713	10.963
2026	9.777	11.027
2027	9.834	11.084
2028	9.892	11.142
2029	9.950	11.200
2030	10.008	11.258
2031	10.066	11.316
2032	10.126	11.376
2033	10.185	11.435
2034	10.245	11.495
2035	10.305	11.555
2036	10.366	11.616

Notas:
 (1) Demanda estimada en Tabla N° 42.
 (2) Incluye demanda constante de agua cruda del Polo Petroquímico - 1.250 m³/hora.- (Tabla N° 35)

Fuente: Elaboración Propia

5.5.6.- Proyección de la Generación de Aguas Residuales

A partir del consumo estimado (medido y no medido) de agua potable en Bahía Blanca, Ingeniero White y General D. Cerri, se determinan las cantidades de aguas residuales generadas y las vertidas al sistema de desagüe cloacal (Tabla N° 45). Para ello, se aplica al consumo de agua potable, el coeficiente de retorno de aguas residuales⁷⁵, que para nuestro país en general, se utiliza un coeficiente de 0,8. Posteriormente se estima la cantidad de agua residual generada que llega a la red cloacal, asumiendo constante la cobertura actual del 83 %, esto indica que se considera que los medidores crecen a igual ritmo que las nuevas conexiones (aproximada por la tasa de crecimiento de la población).

⁷⁵El coeficiente de retorno de aguas residuales conocido también como coeficiente de retorno “C”, es la razón entre la cantidad de aguas residuales y la cantidad de agua consumida. De modo general, el coeficiente está en el rango de 0,5 a 0,9 dependiendo de las condiciones locales (CEPEP, 2010).

El consumo medido de agua potable de Bahía Blanca corresponde al estimado en la Tabla N° 41, dado que no incluye el consumo del polo petroquímico y ello es necesario diferenciar, pues este sector no vuelca a la red cloacal. En cuanto al servicio no medido, como en la Tabla N° 42 se presenta unificado para Bahía Blanca y Punta Alta, es necesario discriminarlo. Para ello, se estimó la relación entre el volumen del servicio no medido respecto al servicio medido en ambas ciudades (sin considerar el consumo del Polo Petroquímico) y esta relación se la mantuvo constante para estimar el consumo no medido en Bahía Blanca, respecto al consumo medido en dicha ciudad (Tabla N° 44).

Tabla N° 44.- Estimación del consumo no medido en Bahía Blanca

Año	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Consumo Medido	Consumo no Medido	Relación No Medido / Medido	Consumo Medido B. Blanca	Consumo no Medido B. Blanca
m ³ /hora					
2013	3.215	2.441	0,76	2.842	2.159
2014	3.248	2.450	0,75	2.872	2.167
2015	3.283	2.460	0,75	2.902	2.175
2016	3.317	2.469	0,74	2.933	2.183
2017	3.352	2.476	0,74	2.964	2.190
2018	3.387	2.484	0,73	2.995	2.196
2019	3.423	2.491	0,73	3.026	2.202
2020	3.459	2.498	0,72	3.058	2.209
2021	3.495	2.506	0,72	3.090	2.215
2022	3.532	2.513	0,71	3.123	2.222
2023	3.569	2.520	0,71	3.155	2.228
2024	3.606	2.527	0,70	3.189	2.234
2025	3.644	2.534	0,70	3.222	2.241
2026	3.683	2.542	0,69	3.256	2.247
2027	3.721	2.543	0,68	3.290	2.248
2028	3.760	2.544	0,68	3.325	2.249
2029	3.800	2.545	0,67	3.359	2.250
2030	3.840	2.546	0,66	3.395	2.250
2031	3.880	2.546	0,66	3.430	2.251
2032	3.921	2.547	0,65	3.466	2.251
2033	3.962	2.547	0,64	3.503	2.252
2034	4.004	2.548	0,64	3.540	2.252
2035	4.046	2.548	0,63	3.577	2.252
2036	4.089	2.548	0,62	3.614	2.252

Notas:

(1) Consumo estimado para Bahía Blanca y Punta Alta (Tabla N° 41) - Sin consumo medido Polo Petroquímico.

(2) Consumo estimado para Bahía Blanca y Punta Alta (Tabla N° 42).

(3) Relación entre el consumo no medido de ambas ciudades respecto al consumo medido en las mismas.

(4) Consumo estimado para Bahía Blanca (Tabla N° 41) - Sin consumo medido del Polo Petroquímico.

(5) Se estima con la relación obtenida en (3) con el servicio medido para Bahía Blanca (4).

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 45.-Estimación de la Demanda de Saneamiento – Situación Actual

Año	(1)	(2)	(3)	(4)
	Consumo medido Agua Potable BB	Consumo no medido Agua Potable BB	Agua Residual Generada	Aportación Agua Residual
			0,8	83%
m ³ /hora				
2013	2.842	2.159	4.001	3.321
2014	2.872	2.167	4.031	3.346
2015	2.902	2.175	4.062	3.371
2016	2.933	2.183	4.093	3.397
2017	2.964	2.190	4.123	3.422
2018	2.995	2.196	4.153	3.447
2019	3.026	2.202	4.183	3.472
2020	3.058	2.209	4.214	3.497
2021	3.090	2.215	4.244	3.523
2022	3.123	2.222	4.275	3.549
2023	3.155	2.228	4.307	3.575
2024	3.189	2.234	4.338	3.601
2025	3.222	2.241	4.370	3.627
2026	3.256	2.247	4.402	3.654
2027	3.290	2.248	4.430	3.677
2028	3.325	2.249	4.459	3.701
2029	3.359	2.250	4.487	3.725
2030	3.395	2.250	4.516	3.748
2031	3.430	2.251	4.545	3.772
2032	3.466	2.251	4.574	3.797
2033	3.503	2.252	4.604	3.821
2034	3.540	2.252	4.633	3.846
2035	3.577	2.252	4.663	3.870
2036	3.614	2.252	4.693	3.895

Notas:

(1) Considera consumo del servicio medido en Bahía Blanca, Ing. White y Gral. Daniel Cerri (no incluye consumo Polo Petroquímico)

(2) Se estimó a partir de la relación consumo no medido total / consumo medido total (Tabla N° 44).

(3) Considera constante el coeficiente de retorno de aguas residuales (0,80).

(4) Considera constante situación de cobertura de cloacas (83 %).

Fuente: Elaboración Propia

Cabe resaltar que el volumen de agua residual que llega a la red cloacal se estima únicamente en función al consumo de agua potable, pues no se considera ni el volumen de agua por conexiones ilegales de pluviales con el sistema de red cloacal, que en épocas de lluvias aumentan el caudal que llega a las plantas de tratamiento como se mencionó en el apartado 5.4.3.- *Servicio de Desagües Cloacales* (aprox. 10 % en la primera cuenca y entre 30 al 50 % en la tercera cuenca) como así tampoco, la eficiencia del sistema de conducción de las aguas residuales hasta las plantas de tratamiento actuales, debido a que la empresa prestataria no cuenta con dicha

información. Aunque esto último puede inferirse a partir del caudal que se trata actualmente en las plantas de tratamiento, como se verá más adelante.

En cuanto al aprovechamiento de las aguas residuales crudas y tratadas- parcialmente -, actualmente no tienen ningún uso directo ni indirecto, no existe un mercado para ellas. El total de agua residual que se trata en las Plantas Depuradoras de Bahía Blanca y de la Tercera Cuenca es descargado al Estuario de Bahía Blanca, al igual que las aguas residuales industriales, tratadas o no.

5.6.- Balance Oferta – Demanda en la Situación Actual

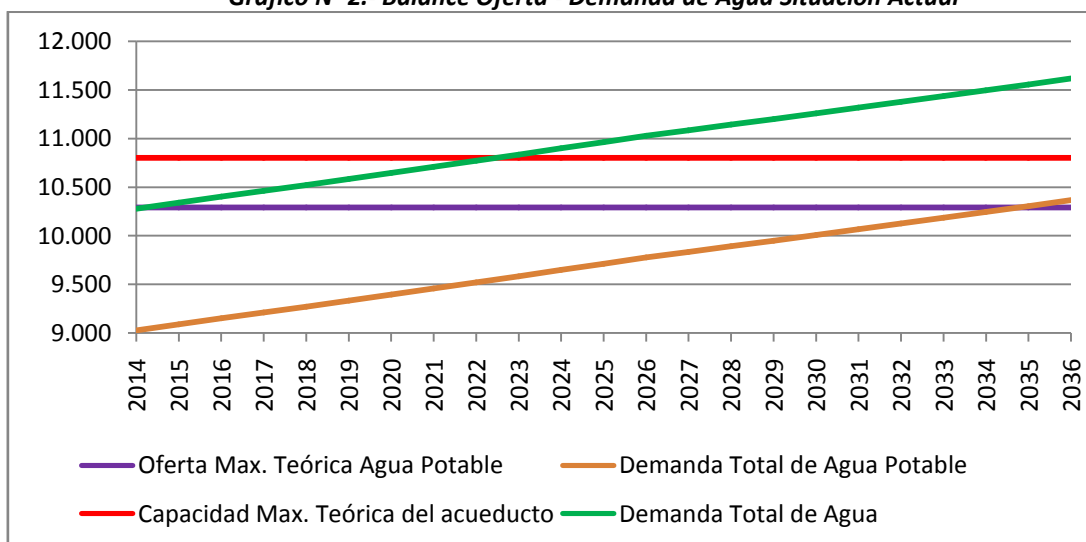
Partiendo de los datos actuales de la oferta y de la proyección de la demanda de los sistemas de agua y saneamiento, se busca determinar las problemáticas existentes en la ciudad de Bahía Blanca que dan origen al proyecto de una nueva PTAR, por lo que se realizan los siguientes análisis:

- Balance Oferta – Demanda de Agua
- Balance Oferta – Demanda de Saneamiento

5.6.1.- Balance Oferta - Demanda de Agua en la Situación Actual

El balance Oferta – Demanda de Agua contrasta, por un lado la demanda total de agua potable de Bahía Blanca y Punta Alta (Tabla N° 43) con la oferta máxima teórica que pueden tratar las plantas potabilizadoras Patagonia y Grünbein ($10.292 \text{ m}^3/\text{h}$); y por otro lado, la demanda total de agua del sistema (Tabla N° 43) con la capacidad máxima teórica de abastecimiento ($10.800 \text{ m}^3/\text{h}$), dada por la capacidad de transporte del acueducto principal⁷⁶ - Gráfico N° 2-.

Gráfico N° 2.- Balance Oferta - Demanda de Agua Situación Actual



Fuente: Elaboración Propia

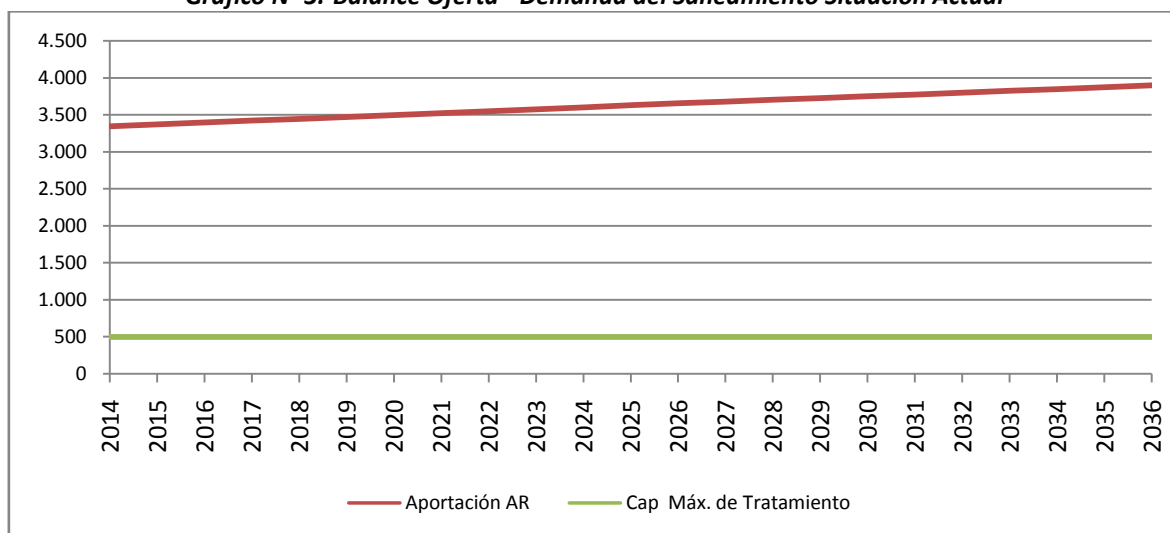
⁷⁶Inaugurado en 1978, que ya ha superado su tiempo de operación estimado, lo que implica un alto riesgo.

5.6.2.- Balance Oferta - Demanda de Saneamiento en la Situación Actual

El balance Oferta – Demanda de Saneamiento se presenta en el Gráfico N° 3 y muestra la cantidad de aguas residuales crudas vertidas al sistema de desagüe cloacal a partir del consumo de agua potable en Bahía Blanca (Tabla N° 45), frente a la capacidad teórica de tratamiento de aguas residuales de la ciudad. La capacidad de tratamiento teórica está dada por la información sobre la capacidad máxima de tratamiento, en el caso de la Planta Depuradora Bahía Blanca corresponde a 0 (aunque está planificada 3.200 m³/h actualmente solo hace una separación de sólidos) y para la Tercera Cuenca, 500 m³/h. Esta capacidad se supone teórica porque no se conoce con exactitud en la práctica que volumen pueden operar y que tipos de procesos se llevan efectivamente a cabo.

El volumen teórico de agua residual generado considera que toda el agua residual vertida llegaría potencialmente a las plantas para su tratamiento, cuando la realidad indica que el sistema de conducción de las aguas residuales presenta pérdidas, obstrucciones, desbordes, etc. Esta pérdida se calcula para el año 2013 en un 37 %, a partir del volumen de agua residual estimado que se vuelca a la red cloacal (3.321 m³/h) y el que se trata - en promedio - en ambas plantas (2.100 m³/h⁷⁷).

Gráfico N° 3.-Balance Oferta - Demanda del Saneamiento Situación Actual



Fuente: Elaboración Propia

En síntesis, algunos de los aspectos que sintetizan las problemáticas que dan origen al proyecto de construcción de la PTAR son:

Vulnerabilidad en el abastecimiento del consumo de agua potable: entre algunas de las razones que la originan se encuentran: la dependencia climatológica de la principal fuente de abastecimiento; la vida útil del acueducto principal de suministro de agua que ha sido superada y no existe planificación para la construcción de otro; el estado deficitario de la red de distribución de agua potable (falta de mantenimiento y reposición); el desfasaje entre el abastecimiento de agua y el crecimiento poblacional e industrial (búsqueda de fuentes complementarias); entre otras. Este conjunto de factores justifican la propuesta de instalación de una PTAR que produzca agua tratada para sustituir el consumo de agua potable y/o cruda del sector portuario industrial, liberando ese caudal para ser utilizado en el abastecimiento urbano u otros fines no industriales.

⁷⁷Siendo 1.750 m³/h tratados en la Planta de Tratamiento de Bahía Blanca (Montserrat, V. y Uribe Echevarría, M., 2013) y 350 m³/h en la Tercera Cuenca (ABSA, 2014), asumiendo que este mismo caudal se trató en el año 2013.

Sin embargo, la planificación de un proyecto de regeneración de aguas residuales para su reutilización en dicho sector, exigen prioritariamente el análisis y la actuación sobre las condiciones críticas de infraestructura existente en el servicio de agua y saneamiento. El atraso en los servicios públicos se profundiza en el servicio cloacal donde se ha destinado históricamente menor inversión y está más deteriorado según los indicadores analizados. Es de resaltar, que para recuperar agua de los efluentes es imprescindible el fortalecimiento y desarrollo de la infraestructura sanitaria como una primera condición.

Incumplimiento de la normativa respecto a los parámetros de vuelco de agua en los cuerpos receptores: esto queda evidenciado mediante el control de la calidad que se ejerce en los cuerpos receptores, como es el estuario de Bahía Blanca para las descargas líquidas urbanas e industriales. Como se mencionó en el apartado de Actores Sociales, dicho control se encuentra a cargo del Comité Técnico Ejecutivo (CTE) de la Municipalidad de Bahía Blanca (MBB), a través del Programa Integral de Monitoreo (PIM), en ejecución desde abril de 2002, quien publica periódicamente los informes de las Auditorías Medioambientales. En el *“Estudio de la dinámica espacial y temporal de los efluentes líquidos industriales y urbanos del Polo Petroquímico y Área Portuaria de Bahía Blanca”* (MBB-UTN FRBB, 2014), donde se evaluó y sistematizó los datos de los Subprogramas del PIM en el período 2001-2012, se concluyó, evaluando los últimos cinco años del período, que la mayor carga másica contaminante que se vuelca al estuario proviene de las dos salidas de las plantas de tratamiento de líquidos cloacales existentes. En referencia a la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y a la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), la carga másica de la descarga Cloacal de la Cuenca Principal Bahía Blanca es 22 y 30 veces superior a la descarga industrial de mayor aporte, respectivamente y la de la Tercera Cuenca, 3 veces superior en ambos parámetros. Además, las descargas cloacales, tanto de la Primera como la Tercera Cuenca, son las que mayor número de desviaciones presentan, especialmente en los parámetros referidos a DBO, SS10min, SS2hs, DQO, Mercurio, Nitrógeno total y PH. Como puede observarse, las descargas de aguas residuales provenientes de ambas plantas de tratamiento, no están cumpliendo con los parámetros de vuelco que establece la normativa. Con la construcción de una PTAR que trate dichos efluentes para ser reutilizados en el área industrial portuaria, se eliminarían estas fuentes de contaminación, que de no tomarse medidas preventivas y correctivas, continuarán empeorando la calidad del estuario de Bahía Blanca.

Por último, la construcción de una PTAR se convierte en una nueva fuente de agua para acompañar el crecimiento del área portuario industrial, siguiendo políticas actuales de gestión del agua en zonas semiáridas en diferentes partes del mundo.

CAPITULO 6

SITUACION SIN PROYECTO

CAPITULO 6

SITUACION SIN PROYECTO

Con la finalidad de no atribuirle al proyecto costos y beneficios injustificados, debe tomarse en cuenta el efecto de las medidas de optimización para establecer las bases de la evaluación del proyecto. El objetivo de las optimizaciones es precisamente el de asignarle al nuevo proyecto solamente los beneficios que aporta y no los que se pueden alcanzar con tales medidas de optimización. Con ello se obtiene la situación base optimizada o situación sin proyecto, que es la que se debe comparar con la situación con proyecto. Las optimizaciones son inversiones menores o medidas administrativas que de tomarse, permitirían mejorar la operación actual del sistema. También se deberán tomar en cuenta los efectos de los proyectos que se encuentren en ejecución o con presupuesto asignado, que también modifiquen la situación sin proyecto, considerando los impactos tanto en la oferta como en la demanda que puedan tener.

6.1. Optimizaciones a la situación actual

Dentro de las optimizaciones a la situación actual, se encuentran las mejoras propuestas recientemente por la Empresa ABSA a través del “Plan de Trabajo 2015”⁷⁸, al que destinará 40 millones de pesos⁷⁹ y que afectará las condiciones del servicio de agua y saneamiento en Bahía Blanca.

En cuanto al servicio de agua, la empresa propone:

- Aumentarla cantidad de cuadrillas en la calle (5 cuadrillas tercerizadas) para mejorar la capacidad de respuesta ante la importante cantidad de reclamos por roturas de la red de agua (entre 20 y 25 reclamos diarios por pérdidas de agua más las pendientes de realizar). Esta iniciativa se complementa con la ampliación de la jornada laboral, incluyendo la disponibilidad del personal durante los sábados, con guardias los domingos y feriados.
- Recambiar por completo un centenar de conexiones domiciliarias, desde la cañería de provisión hasta el medidor (en los casos en que ya se han realizado varios arreglos y como superaron su vida útil, no soportan más arreglos). En el caso del recambio de medidores⁸⁰, reduciría el agua no contabilizada pero no implicaría mayor disponibilidad de agua para consumo.
- Continuar los trabajos en la planta potabilizadora Patagonia, con el fin de preparar la puesta en marcha del proceso de Floco-Floto Filtración.
- Finalizar la obra de abastecimiento para el Barrio Privado Bosque Alto, la que permitirá extender el servicio al Barrio Parque Paihuén, al Barrio Las Calandrias y al Barrio Parque Norte.
- Renovar cañerías que presenten obstrucciones por incrustaciones en el microcentro y el mejorar la cañería de vinculación a General Daniel Cerri, para asegurar su abastecimiento.

⁷⁸ La Brújula, 20/03/2015 en http://labrujula24.com/noticias/2015/13605_ABSA-presento-su-programa-anual-para-reparar-las-roturas-en-Bahia

⁷⁹ La Brújula, 07/04/2015 en http://labrujula24.com/noticias/2015/14095_ABSA-destina-40-millones-de-pesos-para-la-reparacion-de-canos-rotos y La Nueva, 05/04/2015 en <http://www.lanueva.com/laciudad/806478/absa-promete-40-millones-para-la-red-de-agua-y-cloacas-de-nuestra-ciudad.html>

⁸⁰ En Alemania, está regulado una verificación obligatoria cada 5 años (iAgu, 2015 en “Contadores de agua, esenciales para lo esencial”).

En cuanto al servicio de saneamiento, el programa presentado propone:

- Alquilar equipos desobstructores.
- Realizar colectores de alivio cuando el problema sea estructural (Barrios Cooperación II, Estomba y Los Almendros).
- Realizar recambio de colectores para dar una solución definitiva a los desbordes cloacales (entre 20 y 25 reclamos diarios de desbordes cloacales).
- Realizar recambio total de la cañería en sectores donde está colapsada (por ejemplo, Villa Harding Green).
- Incorporar nuevos grupos de trabajo abocados especialmente a atender problemas cloacales, referidos a taponamientos ocurridos dentro de los domicilios, como consecuencia del aplastamiento de las cañerías.

A estas medidas, anunciadas por la empresa ABSA, en un contexto de crisis del estado del servicio de agua y saneamiento, podrían agregarse algunas propuestas de corto plazo consideradas como optimizaciones, tanto para el caso de la oferta como para la demanda⁸¹:

- Avanzar en la explotación de aguas subterráneas (no requieren inversiones importantes en infraestructura de transporte y tratamiento pues en general carecen de sedimentos y algas en suspensión).
- Realizar un programa de recambio de medidores obsoletos y de colocación de medidores nuevos en las zonas donde se haya ampliado el servicio. Los medidores ayudan a controlar el consumo y las pérdidas.
- Colocar caudalímetros a la salida de las plantas potabilizadoras y al ingreso de las plantas de tratamiento de los efluentes cloacales.
- Controlar a fin de evitar la infiltración de las aguas subterráneas y el agua de lluvia al sistema cloacal, ya que esto aumenta el flujo y la carga en las plantas de tratamiento, exigiendo al equipamiento.
- Aplicar la legislación vigente para el control de los usos de extracción de agua precarios y clandestinos, de los escurrimientos superficiales y subterráneos de la región, y del uso de agroquímicos en las distintas cuencas.
- Fomentar el uso racional del agua en establecimientos estatales y privados, implementando campañas de control de pérdidas de agua en sanitarios de establecimientos públicos, tales como los educacionales.
- Monitorear permanentemente la cantidad y calidad de los recursos superficiales y subterráneos.
- Fomentar en los usuarios la conciencia ambiental, incentivando a la reducción del consumo de agua por varias vías: instalación de equipos como lavarropas de eje horizontal (que utilizan hasta un 40% menos de agua que los de carga superior), cabezales de bajo flujo para duchas (usan menos de 9,5 litros por minuto mientras que los comunes utilizan de 17 a 30), aireadores de grifos (permiten que fluya menos agua), sanitarios de descarga ultra baja (que requieren solamente 3 litros por descarga mientras los típicos usan entre 19 y 26), entre otros⁸²(Ferro, G y Lentini E., 2015). Estas medidas podrían fomentarse mediante la

⁸¹“Opinión de las Universidades Públicas de Bahía Blanca ante la Actual Situación de Crisis Hídrica que afecta a la Región”. UTN FRBB y UNS (2009) y “Eficiencia energética y regulación económica en los servicios de agua potable y alcantarillado”. Ferro, G y Lentini E., 2015, Serie Recursos Naturales e Infraestructura N° 170, Naciones Unidas – CEPAL. ISSN 1680-9017.

⁸²Se estima que en California el consumo del agua urbana podría reducirse en un 30% al implementar tecnologías más eficientes disponibles en el mercado y que han demostrado ser económicamente rentables (McMahon, Whitehead y Biermayer, 2006 en Ferro, G y Lentini E., 2015).

implementación de incentivos de diversos tipos (tarifas, impuestos, subsidios, descuentos y multas). Esta disminución del uso innecesario del agua, reduce el volumen de producción, lo que genera mayor capacidad en el sistema postergando la necesidad de nuevas inversiones en instalaciones y equipos. Lo mismo sucede a través de un programa de mejoramiento de pérdidas.

6.2.- Ofertade agua y saneamiento sin proyecto

Como consecuencia de la implementación progresiva de las medidas de optimización en el sistema de provisión de agua potable, se estima que de efectivizarse éstas, restablecerían las condiciones operativas del servicio, sin que ello signifique un impacto sobre el beneficio que generaría el proyecto. Por este motivo no se considera necesario reestimar la oferta de agua sin proyecto.

En el caso de la oferta de saneamiento (PTAR actuales, capacidad de tratamiento y tipos de tratamientos), las optimizaciones no generarán cambios en la misma. En caso de que existieran, sería necesario estimar el impacto, puesto que aumentaría la cantidad de agua regenerada y se vería reflejado en los beneficios del proyecto.

A los efectos del presente proyecto, se considera que la oferta actual de agua tratada es nula, puesto que los efluentes que se descargan en el estuario de Bahía Blanca, desde ambas plantas de tratamiento, no cumplen con la legislación que establece los parámetros de vuelco, muchos menos están en condiciones de ser reutilizadas.

Por lo tanto, la oferta de agua y saneamiento sin proyecto coincide con la estimada en la situación actual (Capítulo 5).

6.3.- Demanda de agua y saneamiento sin proyecto

De llevarse a cabo las optimizaciones en el sistema de provisión de agua potable, cabría esperar un mayor consumo de agua por parte de la población ante mayor disponibilidad (aumento en la demanda de agua potable) y en ese caso, como consecuencia, un aumento en la generación de aguas residuales (aumento en la demanda de saneamiento). A efectos de no sobreestimar este último aumento a favor de los beneficios del proyecto, puesto que a mayor agua residual generada supone mayor agua regenerada y por ende mayor beneficio por liberación del recurso (agua potable/cruda por agua regenerada), es que no se considera este impacto. No obstante, se considera oportuno estimar el impacto de las mejoras en el sistema de conducción de las aguas residuales a las actuales plantas de tratamiento, disminuyendo progresivamente las pérdidas y desbordes, situación que aumentará el caudal de ingreso a las mismas (aumento en la demanda de saneamiento). Para ello se tomara como supuesto que en el primer año podrá recuperarse un 30 % del agua residual que se pierde y que anualmente se incrementará un 10 % hasta alcanzar la recuperación máxima que será el 100 % de las pérdidas estimadas.

En cuanto a la demanda actual de agua tratada, las optimizaciones no provocarán cambios, pues no existe un mercado de dicho bien al momento de este análisis, con lo cual dicha demanda resulta nula aún en el caso de plantearse optimizaciones.

6.3.1.- Demanda de Saneamiento Sin Proyecto – 1° Cuenca

La estimación de la demanda de saneamiento sin proyecto se realiza únicamente para la 1° Cuenca por las siguientes razones:

- El proyecto propone tratar los efluentes cloacales que salen de la Planta Depuradora Bahía Blanca, ubicada en la denominada 1° Cuenca (donde solo se realiza un pretratamiento - separación de sólidos -). Por lo tanto, se debe contar con el insumo que se estima saldrá de esta Planta hacia la nueva PTAR propuesta.
- Se debe establecer la situación sin proyecto para luego contrastarla con la situación con proyecto. Para el presente análisis, solo afectará a esta cuenca.

La Tabla N° 46 muestra la proyección de la demanda de saneamiento sin proyecto para la 1° Cuenca, dividida en tres etapas:

1° Etapa.- Se estima la participación de la población de la 1° Cuenca en relación a la población total, partiendo de una población total de 311.000 hab. en el año 2010 y una población de 175.303 hab. en ese año correspondiente a la 1° Cuenca (ABSA, 2010), resultando una participación del 56,37 %, constante para todo el período de proyección. Luego se estima la población servida para la 1° Cuenca (considerando cobertura cloacas 83%, constante, al igual que en la situación actual) y por último, teniendo en cuenta el caudal promedio de la PTAR 1° Cuenca (1.750 m³/h) y la población servida de la 1° Cuenca, se estima el caudal promedio por habitante para dicha cuenca, constante para el período de proyección: aprox. 0,012 m³/hab-hora. Este valor fijo se multiplica por la población servida estimada de la 1° C, resultando el caudal promedio de la 1° Cuenca.

2° Etapa.- Partiendo de la situación actual (*apartado 5.4.5.1.- Cuencas de Vuelco*), que considera un caudal horario promedio de 1.750 m³/h de la Planta Depuradora Bahía Blanca⁸³ y de 350 m³/h de la Planta Depuradora de la Tercera Cuenca, se obtiene que del total de las aguas residuales en dichas plantas, el 83 % corresponde a la Planta Depuradora Bahía Blanca. Con esta participación y teniendo en cuenta la proyección total de aguas residuales generadas a partir del consumo residencial de agua potable en la situación actual⁸⁴ (Tabla N° 45), se proyectan las aguas residuales crudas que llegarían a la Planta Depuradora Bahía Blanca (1° Cuenca). La diferencia entre este caudal y el estimado en la 1° Etapa, se atribuye a pérdidas en el sistema de conducción de las aguas residuales que se vierten a la red cloacal correspondiente a la 1° Cuenca.

3° Etapa.- A partir de las aguas residuales no tratadas en la 1° Cuenca atribuidas a pérdidas, obstrucciones, desbordes cloacales, etc. y considerando el impacto de las optimizaciones en el sistema de conducción de las mismas, se estima una recuperación del 30 % para el primer año, incrementándose un 10 % anual a partir del segundo año hasta alcanzar el máximo a recuperar correspondiente al 100 % de las pérdidas. Esta agua residual recuperada por optimizaciones se

⁸³ Sin considerar la contribución del vuelco de los camiones atmosféricos que depositan las aguas residuales de los pozos sépticos residenciales que no están conectados a la red de alcantarillado, en el conducto de salida de la planta depuradora (Monserat, V. & Uribe Echeverría, M.; 2013).

⁸⁴ Cabe recordar que esa proyección no considera el aumento de caudal por conexiones ilegales de pluviales con el sistema de red cloacal, que en épocas de lluvias aumentan aprox. 10 % en la primera cuenca y entre 30 al 50 % en la tercera cuenca; como así tampoco, la eficiencia del sistema de conducción de las aguas residuales hasta las plantas de tratamiento actuales.

suma a la de la 1° Etapa, obteniéndose así el agua residual cruda a tratar con optimizaciones, insumo del proyecto.

Tabla N° 46.-Estimación de la Demanda de Saneamiento sin proyecto – 1° Cuenca

Año	1° Etapa				2° Etapa			3° Etapa	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
	Población Total	Población Total 1°C	Pob. Servida 1°C	Caudal Prom. PTAR 1°C	ARC vertida a sist. cloacal	ARC vertida a 1° C	ARC no tratada en 1° C	ARC recup. 1°C	ARC a tratar con Optimiz.
	(Hab.)		80,4%		m ³ /hora				
		56,37%	83%	0,012		83%	(6) - (4)		(4) + (8)
2014	322.170	181.599	150.727	1.871	3.346	2.788	917	275	2.147
2015	325.025	183.208	152.063	1.888	3.371	2.809	921	369	2.257
2016	327.905	184.832	153.410	1.905	3.397	2.831	926	463	2.368
2017	330.584	186.342	154.664	1.920	3.422	2.851	931	559	2.479
2018	333.284	187.864	155.927	1.936	3.447	2.872	936	655	2.591
2019	336.007	189.399	157.201	1.952	3.472	2.893	941	753	2.705
2020	338.752	190.946	158.485	1.968	3.497	2.914	947	852	2.820
2021	341.520	192.506	159.780	1.984	3.523	2.936	952	952	2.936
2022	344.310	194.079	161.086	2.000	3.549	2.957	957	957	2.957
2023	347.123	195.665	162.402	2.016	3.575	2.979	962	962	2.979
2024	349.959	197.263	163.728	2.033	3.601	3.001	968	968	3.001
2025	352.818	198.875	165.066	2.050	3.627	3.023	973	973	3.023
2026	355.701	200.500	166.415	2.066	3.654	3.045	979	979	3.045
2027	358.275	201.951	167.619	2.081	3.677	3.064	983	983	3.064
2028	360.868	203.412	168.832	2.096	3.701	3.084	988	988	3.084
2029	363.480	204.885	170.054	2.111	3.725	3.104	992	992	3.104
2030	366.110	206.367	171.285	2.127	3.748	3.124	997	997	3.124
2031	368.760	207.861	172.525	2.142	3.772	3.144	1.002	1.002	3.144
2032	371.429	209.365	173.773	2.158	3.797	3.164	1.006	1.006	3.164
2033	374.117	210.881	175.031	2.173	3.821	3.184	1.011	1.011	3.184
2034	376.825	212.407	176.298	2.189	3.846	3.205	1.016	1.016	3.205
2035	379.552	213.944	177.574	2.205	3.870	3.225	1.021	1.021	3.225
2036	382.299	215.492	178.859	2.221	3.895	3.246	1.025	1.025	3.246

Notas:

- (1) Población Total de Bahía Blanca, General Daniel Cerri e Ingeniero White (Tabla N° 23)
- (2) Considera constante la proporción de población de la 1° Cuenca respecto a la población total (56,37 %), con base en datos ABSA, 2010.
- (3) Considera constante cobertura actual de cloacas del sistema para la 1° Cuenca (83 %). Dato inicial 2010 con cob INDEC, 2010 (80,4 %).
- (4) Considera constante situación actual de generación AR/hab servido (0,012 m³/hab-h.) para estimar la generación de AR de la 1° C.
- (5) Considera el caudal total generado a partir del consumo de agua potable residencial (Etapa 4.- Tabla N° 45).
- (6) Considera constante el % de agua que se vuelca a la 1° Cuenca (83 %) respecto del total que se vuelca al sistema (1.750/(1.750 + 350))
- (7) Se estiman por diferencia las pérdidas, entre el caudal que se vuelca a la 1° Cuenca y el caudal de la PTAR (1° Cuenca).
- (8) Recupero de ARC por optimizaciones al sistema de conducción (30 % el 1er. Año + 10 % anual a partir del 2do. año hasta alcanzar 100%)
- (9) Se estima el agua residual cruda que podría tratarse en la PTAR de la 1°C con optimizaciones al sistema de conducción de las mismas.

Fuente: Elaboración propia

Las optimizaciones representan una consideración metodológica que permite no atribuir beneficios que no le corresponden al proyecto que se propone (planta de tratamiento de aguas residuales para reúso industrial). Los planes y programas que la empresa operadora del servicio ABSA S.A. lleve a cabo en el mediano y largo plazo, son optimizaciones que buscan restaurar la capacidad operativa de los sistemas y aprovechar de una mejor manera la que se tiene. Por lo tanto, se considera a la situación sin proyecto como la situación actual optimizada, con excepción en la demanda de saneamiento, que impactará sobre uno de los principales beneficios del proyecto – liberación del recurso -. Las demás optimizaciones no tienen impacto en los principales

beneficios que el proyecto generara (consumo de agua tratada, liberación de agua potable para otros usos - por sustitución de agua potable de consumo industrial por agua tratada – y por la reducción de externalidades negativas).

6.4.- Análisis de alternativas

6.4.1.- Caracterización del influente

Teniendo en cuenta que la Planta Depuradora Bahía Blanca, en sus condiciones actuales de funcionamiento, realiza únicamente una separación de sólidos en suspensión retenidos en rejillas de desbaste, se asume que los valores de salida de esta planta serán los mismos de ingreso para la planta que analiza el proyecto. Es por ello, que los parámetros para definir la calidad de diseño considerada en las alternativas de tratamiento fueron extraídos del Proyecto UTN FRBB “Evaluación de reúso de los efluentes cloacales de la cuenca hídrica de Bahía Blanca, con destino agrícola y/o industrial”(Monserrat, V. & Uribe Echevarría, M.; 2013). Dicho proyecto abarcó el muestreo y análisis de distintos parámetros en las cuatro estaciones del año, que incluyeron los siete días de la semana de muestreo por estación⁸⁵. La Tabla N° 47 muestra algunos de los parámetros analizados - a la salida de la Planta Depuradora Bahía Blanca (1° Cuenca) - con sus respectivos valores para cada una de las cuatro etapas de muestreo⁸⁶ realizado en el marco de dicho proyecto. Además, se los compara con los parámetros de calidad de las descargas límites establecidos en la Tabla I de la Ley 11.820 de la Provincia de Buenos Aires “Parámetros de calidad – descargas límites admisibles para efluentes cloacales” y los del Anexo II de la Resolución N° 336/03 de la Autoridad del Agua “Parámetros de calidad de las descargas límite admisibles”(Ver Anexo II - Parámetros de Calidad – Descargas Límites admisibles para efluentes cloacales).

De los parámetros analizados se observa que los que superan los valores de vuelco fijados por ambas legislaciones a lo largo de las cuatro etapas de muestreo son: DQO compuesta, DBO compuesta, sólidos sedimentables en 10 minutos, sólidos sedimentables en 2 horas, nitrógeno total y coliformes fecales (datos color rojo en Tabla N° 47), lo que refleja un importante aporte de materia orgánica que puede producir la eutrofización del medio debido a la modificación de las características naturales del estuario. Con respecto al mercurio, el límite fue superado solamente en la 2° etapa de muestreo y de acuerdo con los parámetros fijados por la Ley N° 11.820 (que resulta más estricta en este valor que la Resolución ADA N° 336/03) en 1.4 veces, aun así es importante considerarlo por ser uno de los metales pesados de importancia toxicológica.

La *materia orgánica biodegradable* (proteínas, carbohidratos y grasas, principalmente) se mide la mayoría de las veces en función de la DBO y la DQO y su vuelco sin tratar puede llevar al agotamiento del oxígeno y al desarrollo de condiciones sépticas. Los *sólidos en suspensión* producen turbiedad, evitan el ingreso de luz (no se produce fotosíntesis) y disminuyen la cantidad de oxígeno disponible, dando lugar a condiciones anaerobias en el entorno acuático y en los depósitos de barro. Los *sólidos sedimentables*, constituyen una medida aproximada de la cantidad de barro que se obtendrá en la decantación primaria del agua residual. La fracción filtrable de los sólidos corresponde a sólidos coloidales y disueltos, que requieren normalmente la oxidación biológica complementada con la sedimentación. El *nitrógeno* es esencial para el crecimiento de

⁸⁵Se recolectaron muestras de 500 ml cada 30 minutos. Al finalizar cada jornada se tuvo una muestra única representativa y homogénea del agua circulada durante 24 horas, sobre la que realizaron análisis físico químicos y además se recolectaron muestras para análisis bacteriológicos en 3 franjas horarias.

⁸⁶El valor de cada etapa es el promedio de los valores hallados a lo largo de los siete días de la semana de muestreo.

protistas y plantas, en exceso genera problemas de toxicidad y eutrofización. Se encuentra en forma de amonio, nitrógeno orgánico, nitrito y nitrato. Los nutrientes como fósforo, nitrógeno y carbono pueden favorecer el crecimiento de una vida acuática no deseada (Montserrat, V. & Uribe Echevarría, M., UTN FRBB; 2013).

Tabla N° 47.- Parámetros de Calidad Planta de Tratamiento Bahía Blanca - Descargas Límites Admisibles –

Parámetros	1º Etapa Otoño 2011	2º Etapa Invierno 2011	3º Etapa Primavera 2011	4º Etapa Verano 2012	Ley N° 11820 Prov. Bs. As.	Res. ADA N° 336/03
pH mínimo (upH)	7,0	7,9	7,8	7,0	6,5	6,5
pH máximo (upH)	8,3	8,8	9,0	8,0	10	10
Conductividad max (mS/cm)	1641	-	-	-		
Temperatura máx (°C)	20,9	18,3	23,1	25,6	45	45
DQO compuesta (mg/L)	328	363	389	434	< 250	≤ 250
DBO compuesta (mg/L)	146	158	216	196	< 50	≤ 50
Sólidos sedim. 10 ' (mg/L)	2,0	2,8	2,9	2,2	Ausente	Ausente
Sólidos sedim. 2 h (mg/L)	2,9	3,7	3,5	3,2	< 1,0	≤ 1,0
Sólidos totales (mg/L)	1178,8	1332,9	1247,5	1164,6		
Sólidos disueltos totales (mg/L)	-	-	-	1051,2		
Nitrógeno Tot. (mg/L)	40,5	40,6	35,7	35,1	< 10	≤ 35
Cobre (mg/L)	0,05	0,04	0,04	0,022	<0,1	≤ 1,0
Cinc (mg/L)	< 0,04*	0,12	0,09	0,135	< 2,0	≤ 2,0
Plomo (mg/L)	0,03*	-	0,02*	0,015*	< 0,1	≤ 0,1
Cromo Total (mg/L)	0,06*	< 0,01**	< 0,01**	0,014	< 0,5	≤ 2,0
Cadmio (mg/L)	< 0,005**	< 0,005**	< 0,005**	< 0,005**	< 0,1	≤ 0,1
Mercurio (mg/L)	0,0008	0,0014	0,0007	0,0005	< 0,001	≤ 0,005
Vanadio (mg/L)	0,2	0,131	0,106	0,106		
Talio (mg/L)	< 1**	< 0,010**	< 0,010**	< 0,010**		
Estaño (mg/L)	< 0,05**	0,029*	0,019	< 0,010**		
Titanio (mg/L)	< 0,5**	0,022	0,029	0,041		
Sodio (mg/L)	193	261	246	258		
Bario (mg/L)	0,17*	0,13	0,26	0,051		≤ 2,0
Arsénico (mg/L)	0,04	0,024	0,018	0,023		≤ 0,5
Aluminio (mg/L)	1,37	0,403	0,689	0,930		≤ 2,0
Cloruros (mg/L)	196	293	251	265		
Colif. Fecales (NMP/100ml)	4,5x10 ⁵ - 4,8x10 ⁷				<5000	≤ 2000
E. coli (UFC/mL)	1x10 ⁴ - 1,9x10 ⁸					
Enterococcuspp. (UFC/100mL)	1x10 ⁴ - 2,4x10 ⁷					
(*) Se informa valor máximo obtenido.						
(**) Se informa menor que el límite de detección del instrumental utilizado para la determinación delanalito correspondiente.						

Fuente: Tabla compaginada con base en información Monserrat, V. & Uribe Echevarría, M., UTN FRBB; 2013. Proyecto “Evaluación de reúso de los efluentes cloacales de la cuenca hídrica de Bahía Blanca, con destino agrícola y/o industrial”.

6.4.2.- Calidad del efluente

Dado que el objetivo es adecuar la calidad del efluente para que sea reutilizado por las industrias del polo petroquímico, la Tabla N° 48 compara los valores máximos promedios obtenidos de las etapas de muestreo (Tabla N° 47) con los parámetros de calidad seleccionados según requerimientos de las industrias del sector portuario industrial.

Tabla N° 48.- Comparación de parámetros – Mayor Valor Promedio con requerimientos de las industrias

Parámetros	Mayor Valor Promedio	Requerimiento de las industrias
pH mínimo (upH)	7,0	7,5
pH máximo (upH)	9,0	8,5
Conductividad max (mS/cm)	1641	671
DQO compuesta (mg/L)	434	< 30
DBO compuesta (mg/L)	216	< 1,0
Sólidos totales (mg/L)	1332,9	10
Nitrógeno Total (mg/L)	40,6	
Sulfuros (mg/L)	0,29	
Cobre (mg/L)	0,05	0,05
Cinc (mg/L)	0,135	< 0,01
Níquel (mg/L)	0,015	< 0,1
Plomo (mg/L)	< 0,02/0,03*	< 0,05
Cromo Total (mg/L)	0,02	< 0,03
Cadmio (mg/L)	< 0,005**	< 0,005
Mercurio (mg/L)	0,0014	< 0,005
Vanadio (mg/L)	0,2	< 0,01
Talio (mg/L)	< 1**	< 0,1
Estaño (mg/L)	0,018	< 0,05
Titanio (mg/L)	0,035	< 0,01
Berilio (mg/L)	< 0,010**	< 0,005
Antimonio (mg/L)	< 0,01**	< 0,1
Sodio (mg/L)	261	70
Selenio (mg/L)	0,022	< 0,01
Boro (mg/L)	0,535	0,24
Bario (mg/L)	0,26	< 0,025
Arsénico (mg/L)	0,04	< 0,1
Aluminio (mg/L)	1,37	0,4
Estroncio (mg/L)	0,390	< 0,05
Fluoruros (mg/L)	1,39	1
Cloruros (mg/L)	293	40

(*) Se informa valor máximo obtenido

(**) Se informa menor que el límite de detección del instrumental utilizado para la determinación del analito correspondiente.

Fuente: Tabla compaginada con base en información Monserrat, V. & Uribe Echevarría, M., UTN FRBB; 2013. Proyecto “Evaluación de reúso de los efluentes cloacales de la cuenca hídrica de Bahía Blanca, con destino agrícola y/o industrial”.

Como puede observarse, algunos parámetros presentan valores menores o iguales a los requeridos por las industrias (cobre, plomo, cromo, cadmio, mercurio, níquel, estaño, antimonio y arsénico), otros superan en un factor menor de 10 (conductividad, sodio, selenio, boro, aluminio, estroncio, fluoruros, titanio y cloruros), algunos menos son entre 10 y 20 veces mayor (DQO, cinc, vanadio y bario) y otros superan en un factor mayor de 100 (los sólidos totales en 133 y la DBO en 216 veces).

6.4.3.- Alternativas de tratamiento

El análisis de las alternativas de tratamiento propuestas surgen del estudio que ABSA le encargo a la Empresa Mekorot y consisten en una etapa de pretratamiento mejorada (que complemente el actual pretratamiento que reciben los efluentes en la Planta Depuradora Bahía Blanca), pileta de equalización para igualación de flujo y un tratamiento secundario avanzado que combine oxidación biológica de los contaminantes orgánicos con eliminación de nutrientes. Posteriormente, se realizaría un tratamiento terciario mediante ultrafiltración, seguido de ósmosis inversa. Para el tratamiento de lodos, se propone un tanque de almacenamiento, dos unidades de espesamiento de tipo gravedad, dos unidades de deshidratación y dos digestores aeróbicos.

6.4.3.1.- Alternativas para el Tratamiento Secundario

El tratamiento secundario consistirá en un proceso biológico aeróbico para la oxidación de la materia orgánica biodegradable y la eliminación de nutrientes. El proceso se llevaría a cabo mediante sistema de lodos activados, en cámaras de aireación y clarificadores finales.

Según el Informe Final de Mekorot y siguiendo el modelo de lodos activados (Metcalf& Eddy Inc., 2007), se proponen dos alternativas para el tratamiento biológico de las aguas residuales:

- **Alternativa 1:** Aireación extendida de lodos activados.
- **Alternativa 2:** Baja tasa de lodos combinados con eliminación de nutrientes y seguida por la digestión aerobia de lodos activados

La primera alternativa incluye una digestión de lodos en la cámara de aireación que se logrará manteniendo una edad de lodo de 20 días. Durante ese período ocurren los procesos de descomposición de las células seguidos por la oxidación de los productos de descomposición (respiración endógena). Los lodos residuales se caracterizan con relativamente bajo contenido de materia orgánica y se consideran estables, los cuales deberán ser bombeados al tanque de almacenamiento para ser espesados.

La segunda alternativa incluye una digestión de lodos separada de la cámara de aireación. La edad de lodos aerobios está diseñada para ser de 6,8 días - suficientes para oxidar el amoníaco a 10 mg/l como N a una temperatura mínima de 16 °C. La edad total de lodos es de 10 días. El lodo deberá ser espesado como se describe en la alternativa 1 y digerido aún más en digestores aeróbicos.

6.4.3.1.1.- Estimación de inversiones para el tratamiento secundario

La estimación de las inversiones para las alternativas 1 y 2 comprenden tres categorías principales: obras civiles, equipos e instalación. La estimación incluye 18% por contingencias y 15% para control y gestión del proyecto. La Tabla N° 49 resume las inversiones de capital para la

alternativa 1 y la Tabla N° 50 resume las inversiones de capital para la alternativa 2. Cabe aclarar que el proyecto original contempla dos etapas y la información aquí presentada resume la sumatoria de ambas etapas para cada alternativa (cabría esperar que de realizarse ambas etapas en un solo momento, la inversión total sería menor a la sumatoria de ambas).

El costo de la alternativa 1 es alrededor de 31,5 millones USD, mientras que el total de inversiones de la alternativa 2 es cerca de 29 millones de dólares. La principal diferencia de costo es debido a la obra de ingeniería civil, que es de 20 millones USD para la alternativa 1 y 18,8 millones USD para la alternativa 2, donde el trabajo de construcción que requiere la alternativa 1 es más extenso que el de la alternativa 2. La diferencia entre el costo del equipamiento es menor porque la mayoría de las bombas son las mismas para ambas alternativas. El equipamiento de los tanques de aireación de la alternativa 1 es más caro que el equipamiento de la alternativa 2 (mayor cantidad de difusores y mezcladores y sopladores más grandes), pero por otro lado, el costo de los equipos en el digester aeróbico casi compensa la diferencia.

La estimación total de las inversiones (incluyendo contingencias y control y gestión del proyecto) es 42,8 millones USD para la alternativa 1 y 39,2 millones USD para la alternativa 2.

Tabla N° 49.- Estimación del Costo de Inversión para la Alternativa 1

DESCRIPCION		ALTERNATIVA 1 (Precios expresados en USD 2010)			
		Ing. Civil	Equipamiento	Instalación	TOTAL
Tratamiento preliminar		2.290.000	740.000	115.000	3.145.000
Tratamiento secundario		14.491.000	3.202.000	1.529.000	19.222.000
Tratamiento de lodos		1.190.000	1.200.000	352.000	2.742.000
Edificio Central		310.000			310.000
Electricidad		80.000		4.225.200	4.305.200
Caminos y Pavimentos		1.800.000			1.800.000
Subtotal		20.161.000	5.142.000	6.221.200	31.524.200
Contingencias	18%				5.674.356
Subtotal					37.198.556
Control y Gestión de Proy.	15%				5.579.783
TOTAL					42.778.339

Fuente: Elaboración propia con base en información Mekorot, 2011

Tabla N° 50.- Estimación del Costo de Inversión para la Alternativa 2

DESCRIPCION		ALTERNATIVA 2 (Precios expresados en USD 2010)			
		Ing. Civil	Equipamiento	Instalación	TOTAL
Tratamiento preliminar		2.290.000	740.000	115.000	3.145.000
Tratamiento secundario		12.281.000	2.442.000	1.129.000	15.852.000
Tratamiento de lodos		2.040.000	1.480.000	362.000	3.882.000
Edificio Central		310.000			310.000
Electricidad		80.000		3.853.200	3.933.200
Caminos y Pavimentos		1.800.000			1.800.000
Subtotal		18.801.000	4.662.000	5.459.200	28.922.200
Contingencias	18%				5.205.996
Subtotal					34.128.196
Control y Gestión de Proy.	15%				5.119.229
TOTAL					39.247.425

Fuente: Elaboración propia con base en información Mekorot, 2011

6.4.3.1.2.- Estimación de costos totales para las etapas de tratamiento preliminar y secundario

Los costos operativos de las etapas del tratamiento preliminar y secundario de la PTAR constan de tres componentes principales: energía eléctrica, productos químicos y transporte y disposición final de lodos desecados. Los principales consumidores de energía eléctrica son las bombas y los sopladores. El consumo de productos químicos es principalmente debido a la adición de polímeros para el espesamiento y deshidratación del lodo. Ningún producto químico es necesario para la precipitación del fósforo, asumiendo que la eliminación biológica de fósforo sea suficiente para los siguientes tratamientos terciarios y cuaternarios, aunque podría ser necesario adicionar cloruro de hierro (FeCl₃) para eliminar el exceso de fosfato si fracasa el tratamiento biológico en la eliminación de fosfatos. Para la estimación de los costos operacionales, Mekorot considera los siguientes supuestos:

- Consumo de energía: 0,47 kWh/m³, para ambas alternativas.
- Tasa de consumo de FeCl₃: 1,35 gr/m³ de agua, para ambas alternativas.
- Tasa de consumo de polímero: 1,9 gr/m³ de agua, para ambas alternativas.
- Cantidad de lodos: 36 toneladas/día (alternativa 1) y 34 toneladas/día (alternativa 2). El lodo contiene 20% de sólidos secos.
- Precio de la energía eléctrica: 0,07105 USD/kWh.
- Precio del polímero: 2,5 USD/kg de polímero.
- Precio del Cloruro de Hierro (FeCl₃): 1,25 USD/kg de FeCl₃.
- Transporte de lodos al 20 %: 60 USD/tonelada.

La Tabla N° 51 compara la estimación de los costos operacionales de las alternativas 1 y 2, expresados en USD/m³ de agua producida.

Tabla N° 51.- Estimación de Costos Operacionales (USD 2010/m³ de agua producida)

Descripción	Alternativa 1	Alternativa 2
Energía	0,0334	0,0334
Polímero (USD/m ³)	0,00475	0,00475
* Cloruro de Hierro - FeCl ₃ (USD/m ³)	0,0017	0,0017
Disposición de lodos (USD/m ³)	0,0375	0,0354
Total Costo Operacional	0,0773	0,0752

* Opcional - sólo si la eliminación biológica de fosfato es insuficiente

Fuente: Elaboración propia con base en información Mekorot, 2011

Por otro lado se detallan los gastos fijos, de mantenimiento y de mano de obra, estimados en función de la cantidad de agua producida (se considera un valor promedio de 60.800 m³/día), bajo los siguientes supuestos:

- Tasa de interés: 7,5%
- Tiempo de vida de los equipos: 15 años
- Coeficiente anual de pago para equipos: 0.11329
- Costo anual de mantenimiento para el equipo: 2%
- Tiempo de vida de la ingeniería civil: 40 años
- Coeficiente anual de pago para ingeniería civil: 0.07940
- Costo anual de mantenimiento para ingeniería civil: 0,5%
- Costo de mano de obra: 57.895 USD/empleado-año
- Número de empleados: 8
- Gastos generales: 10% (sobre pagos anuales)

La Tabla N° 52 muestra el cálculo para el pago anual de la inversión total y la Tabla N° 53 compara la estimación de los costos totales de las alternativas 1 y 2, expresados en USD/m³ de agua producida.

Tabla N° 52.- Estimación del pago anual de la inversión (USD 2010)

Descripción		ALTERNATIVA 1		ALTERNATIVA 2	
		Ing. Civil e Inst.	Equip. yElect.	Ing. Civil e Inst.	Equip. yElect.
Subtotal Inversión (USD)		26.382.200	5.142.000	24.260.200	4.662.000
Contingencias (USD)	18%	4.748.796	925.560	4.366.836	839.160
C. y Gestión de Proy. (USD)	15%	4.669.649	910.134	4.294.055	825.174
Inversión Total (USD)		35.800.645	6.977.694	32.921.091	6.326.334
Vida útil (años)		40	15	40	15
Tasa de interés (%)		7,5	7,5	7,5	7,5
Pago anual (USD)		2.842.582	790.484	2.613.945	716.693

Fuente: Elaboración propia con base en información Mekorot, 2011

Tabla N° 53.- Estimación del Costo Total (USD 2010/m³ de agua producida)

Descripción	Unidad	Alternativa 1	Alternativa 2
Gastos Fijos (USD totales por m3 de agua producida)			
Pago anual instalación e ing. civil – Tabla N° 34	USD/año	2.842.582	2.613.945
Pago anual de equipos y electricidad – Tabla N° 34	USD/año	790.484	716.693
Mantenimiento de Obra Civil (0,5 %)	USD/año	179.003	164.605
Mantenimiento de Equipos (2 %)	USD/año	139.554	126.527
Mano de Obra	USD/año	463.160	463.160
Gastos Generales (10 %)	USD/año	363.307	333.064
Total Gastos Fijos	USD/año	4.778.090	4.417.994
Agua producida - Valor promedio (m ³ /año)	m ³ /año	22.192.000	22.192.000
Gasto Fijo	USD/m³	0,2153	0,1991
Costo Operacional (Tabla N° 33)	USD/m³	0,0773	0,0752
COSTO TOTAL	USD/m³	0,2926	0,2743

Fuente: Elaboración propia con base en información Mekorot, 2011

Siendo la estimación de los costos de inversión, operación y mantenimiento de la alternativa 2 inferiores a los de la alternativa 1, se selecciona la alternativa 2 para realizar el tratamiento secundario. Además la digestión de lodos en un tanque separado es ventajosa sobre la digestión de lodos dentro del tanque de aireación, dado que el tanque de aireación constantemente recibe aguas residuales no tratadas. El lodo que se digiere dentro del tanque de aireación es más probable que contenga agentes patógenos y genere olores molestos.

6.4.3.2. Alternativas para el tratamiento terciario y cuaternario

Hay dos tecnologías utilizadas para la etapa terciaria. Una tecnología utiliza gravitación convencional o filtración de arena y se utiliza normalmente cuando el efluente es descargado al ambiente y no es seguido por la etapa cuaternaria. Para cumplir los requisitos de alta calidad de agua de la industria, la tecnología alternativa para la etapa terciaria es la instalación de un Sistema de ultra filtración (UF). El tratamiento de UF es seguido por un componente de

desalación. El dimensionamiento del sistema de UF se calcula considerando un caudal medio de 3.531 m³/h. El producto de la etapa terciaria (entre 88-92 % es la proporción de recuperación promedio de toda la sección de la UF) fluye desde el tanque de agua filtrada de la UF hacia el sistema de ósmosis inversa (OI). El propósito de la etapa cuaternaria es eliminar todas las moléculas orgánicas e inorgánicas y todas las sales disueltas para cumplir con la calidad requerida del agua para la industria. El rechazo de sales disueltas es 95%. En base a la calidad del agua de alimentación y la calidad del producto requerido, se analizaron cuatro opciones para el tratamiento cuaternario.

La **primera alternativa** incluye desalación del 100 % del agua del líquido filtrado del tratamiento previo de UF. Esta alternativa proporciona la mejor solución para el rechazo de boro y cloruro. Es la única alternativa que cumple con el requisito de boro 0,2 ppm en el producto final definido por la industria y permite mayores niveles de boro hasta 0,4 ppm en el efluente secundario. Asimismo, es la única que permite mayores niveles de fosfato en la alimentación del tratamiento secundario (2 ppm). Las **otras tres alternativas** analizadas incluyen desalinización parcial del agua del líquido filtrado del tratamiento previo de UF (81, 75 y 65 % respectivamente) pero no cumplen con los niveles necesarios definidos por la industria, por tal motivo, son descartadas y no se analizan. La tasa de recuperación de sistema OI es el 80% para todas las alternativas.

La Tabla N° 54 presenta la estimación del costo de inversión para los tratamientos terciario y cuaternario seleccionados para alcanzar los requerimientos de calidad exigidos por la industria (alternativa 0), la Tabla N° 55 muestra el cálculo para el pago anual de la inversión total y la Tabla N° 56 estima el costo total del agua, expresados en USD/m³ de agua producida. Para su estimación se adoptaron los siguientes supuestos:

- Vida económica: 20 años
- Tasa de interés: 7,5 %
- 57.895 USD/empleador-año, para la mano de obra.

Tabla N° 54.- Estimación del Costo de Inversión - Tratamientos Terciario y Cuaternario (USD 2010)

INVERSION		TOTAL
Sistema Ultra Filtración- UF - (sin membranas)		7.510.000
Sistema Osmosis Inversa- OI - (sin membranas)		14.316.000
<i>Subtotal Sistemas (sin membranas)</i>		<i>21.826.000</i>
Contingencias	18%	3.928.680
<i>Subtotal con contingencias</i>		<i>25.754.680</i>
Control y Gestión de Proyectos	15%	3.863.202
Membranas Ultra Filtración - UF -		1.355.000
Membranas Osmosis Inversa- OI -		2.016.000
TOTAL SISTEMAS UF Y OI		32.988.882
Infraestructura		7.123.000
Contingencias	18%	1.282.140
Subtotal Infraestructura con contingencias		8.405.140
Control y Gestión de Proyectos	15%	1.260.771
TOTAL INFRAESTRUCTURA		9.665.911
INVERSION TOTAL UF Y OI		42.654.793

Fuente: Elaboración propia con base en información Mekorot, 2011

Tabla N° 55.- Estimación del pago anual de la inversión Tratamientos Terciario y Cuaternario (USD 2010/m³ de agua producida)

Descripción		Sistema UF	Sistema OI	Construcción
Subtotal Inversión (USD)		7.510.000	14.316.000	7.123.000
Contingencias (USD)	18%	1.351.800	2.576.880	1.282.140
Control y Gestión de Proy. (USD)	15%	1.329.270	2.533.932	1.260.771
Membranas		1.355.000	2.016.000	
Inversión Total (USD)		11.546.070	21.442.812	9.665.911
Vida útil (años)		20	20	20
Tasa de interés (%)		7,5	7,5	7,5
Pago anual (USD)		1.132.579	2.103.372	948.150
Caudal (m ³ /año)		21.015.240	21.015.240	26.262.480
Retorno del capital (USD/m³)		0,054	0,10	0,036

Fuente: Elaboración propia con base en información Mekorot, 2011

Tabla N° 56.- Estimación del Costo del Agua - Tratamientos Terciario y Cuaternario (USD 2010/m³ agua producida)

Descripción	Sistema UF	Sistema OI	Construcción	TOTAL
Retorno de capital	0,054	0,10	0,036	0,190
Costos Fijos	0,028	0,042	0,006	0,076
Costos Variables	0,036	0,09		0,126
Costos Totales	0,118	0,232	0,042	0,392

Fuente: Elaboración propia con base en información Mekorot, 2011

6.4.3.3.- Selección y justificación de la alternativa elegida

Realizado el análisis de las alternativas de tratamiento para la nueva PTAR, se seleccionan las siguientes opciones:

- la alternativa elegida para el tratamiento secundario es un lodo activado de baja tasa con digestión aerobia de lodos (alternativa 2).
- Con el fin de cumplir con los requisitos de alta calidad de agua para la industria, la sección terciaria es seguida por un componente de desalación y por lo tanto esta planta incluye tecnología UF para la etapa terciaria.
- La alternativa elegida para el tratamiento cuaternario es la alternativa de desalinización 100%, porque proporciona la mejor solución para el rechazo de boro y cloruro. Esta es la única alternativa de las analizadas en el estudio técnico que cumple con el requisito de boro 0,2 ppm en el producto final y permite mayores niveles de boro hasta 0,4 ppm en el efluente secundario.

CAPITULO 7

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

CAPITULO 7

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto propone la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), utilizando como insumo los efluentes cloacales de la Planta de Tratamiento Bahía Blanca (ubicada en la denominada 1° Cuenca), donde actualmente solo reciben un pretratamiento, para luego ser reutilizadas en las industrias a gran escala de la zona industrial portuaria de Bahía Blanca.

7.1.- Objetivo

El objetivo principal del proyecto es convertirse en una vía indirecta de provisión de agua a través de la construcción de una PTAR, que permita el aprovechamiento de aguas residuales, liberando para consumo de la población el caudal de agua que hoy se destina a las industrias a gran escala del sector industrial portuario. Adicionalmente, permitiría el saneamiento del 83 % de las aguas residuales que se generan en la ciudad, reduciendo o eliminando fuentes de contaminación del Estuario de Bahía Blanca, como son los vuelcos actuales de la Planta de Tratamiento Bahía Blanca. Además, permitiría absorber la demanda de agua de nuevas radicaciones industriales puesto que si bien la ciudad sumó fuentes alternativas como las tomas superficiales de agua del Napostá (Mirasoles y Aldea Romana) y el río Sauce Grande, más los pozos de Cabildo y el Bajo San José, estas solo fueron construidas para situaciones de emergencia (a partir de la última crisis de sequía de 2009) y a la hora de atender consumos industriales, no solo su costo de funcionamiento (energía eléctrica) sino también el impacto ambiental de la extracción de las napas las saca de escala.

7.2.- Propósito

Con la ejecución del proyecto, se dispondrá de un nuevo recurso aportado por el efluente urbano tratado que abastecerá la demanda de las actuales industrias a gran escala de la zona industrial portuaria, la demanda de nuevos emprendimientos industriales y/o ampliación de las industrias actuales y disminuirá la confrontación entre ésta y la demanda residencial ante situaciones de crisis, además de contribuir a mejorar el medioambiente en la zona del estuario de Bahía Blanca.

7.3.- Componentes

Los principales componentes del proyecto son:

- Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.
- Interconexión de colectores y emisores entre la Planta de Tratamiento Bahía Blanca y la PTAR propuesta.
- Infraestructura necesaria para conducir el agua regenerada desde la PTAR propuesta a las industrias del sector portuario industrial para su reúso.

De acuerdo a lo descrito en la etapa anterior, la PTAR propuesta consistirá en una etapa de pretratamiento mejorada con igualación de flujo y un tratamiento secundario avanzado que combine oxidación biológica de los contaminantes orgánicos con eliminación de nutrientes, para lo cual se seleccionó la alternativa 2 (Capítulo 6). Posteriormente, se realizaría un tratamiento terciario mediante ultrafiltración, seguido de ósmosis inversa (desalinización 100%). Para el tratamiento de lodos, se dispondrá un tanque de almacenamiento, unidades de espesamiento de tipo gravedad, unidades de deshidratación y digestores aeróbicos.

7.4.- Calendario de Actividades

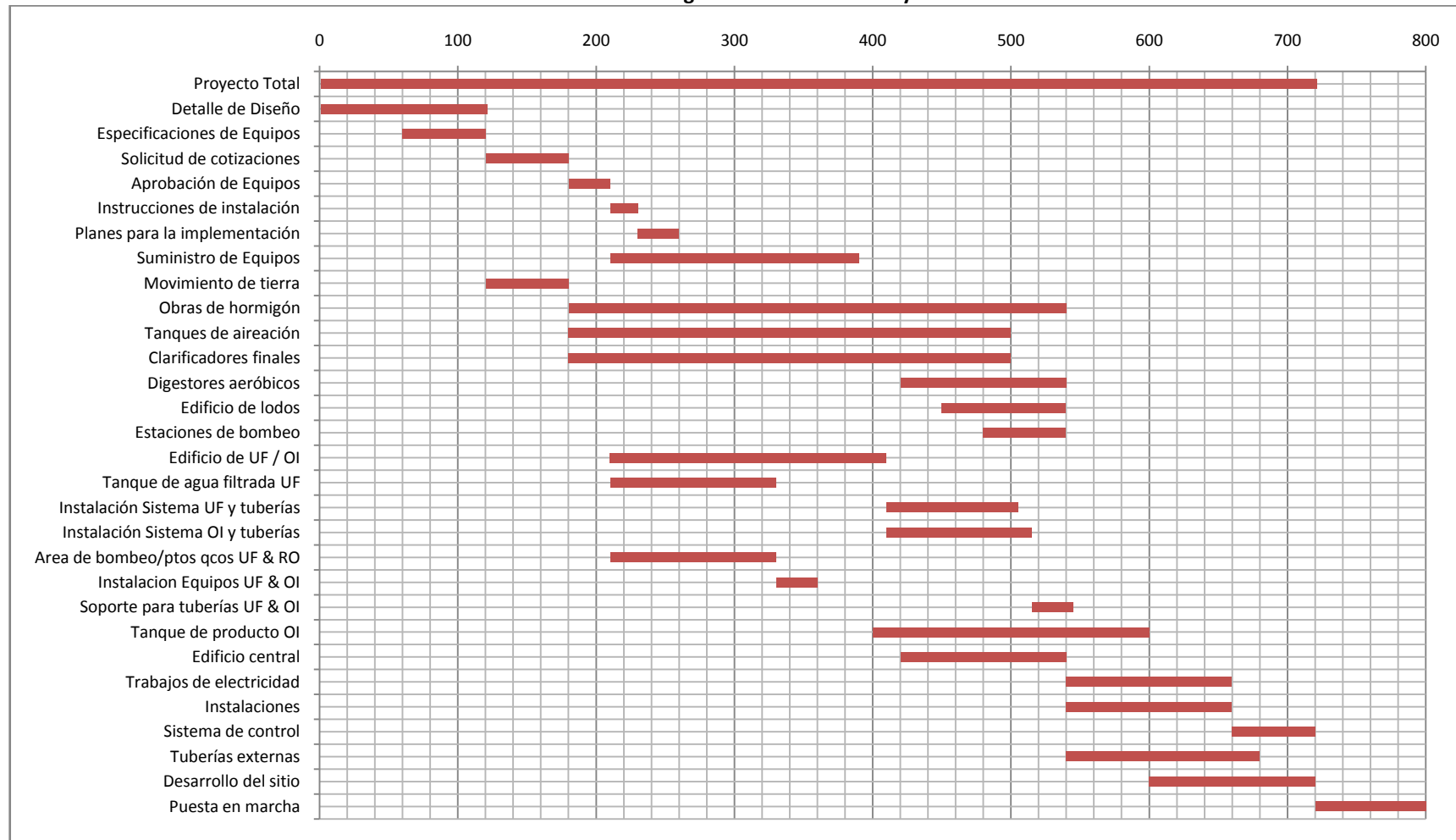
La Tabla N° 57 presenta el listado de las principales actividades para el diseño y construcción de la PTAR propuesta, estimado en 2 años. La programación de las principales acciones que se requerirán para generar los componentes del proyecto se acompañan de un Diagrama de Gantt (Gráfico N° 4), que muestra como algunas de las actividades se realizaran en paralelo. Al final del proyecto, está previsto el período de puesta en marcha.

Tabla N° 57.- Tabla de Tiempo de las principales actividades de la PTAR propuesta

Actividad	Día de inicio	Duración	Día de finalización
Proyecto Total	1	720	720
Detalle de Diseño	1	120	120
Especificaciones de Equipos	60	60	120
Solicitud de cotizaciones	120	60	180
Aprobación de Equipos	180	30	210
Instrucciones de instalación	210	20	230
Planes para la implementación	230	30	260
Suministro de Equipos	210	180	390
Movimiento de tierra	120	60	180
Obras de hormigón	180	360	540
Tanques de aireación	180	320	500
Clarificadores finales	180	320	500
Digestores aeróbicos	420	120	540
Edificio de lodos	450	90	540
Estaciones de bombeo	480	60	540
Edificio de UF / OI	210	200	410
Tanque de agua filtrada UF	210	120	330
Instalación Sistema UF y tuberías	410	95	505
Instalación Sistema OI y tuberías	410	105	515
Área de bombeo/Productos químicos UF & RO	210	120	330
Instalacion Equipos UF & OI	330	30	360
Soporte para tuberías UF & OI	515	30	545
Tanque de producto OI	400	200	600
Edificio central	420	120	540
Trabajos de electricidad	540	120	660
Instalaciones	540	120	660
Sistema de control	660	60	720
Tuberías externas	540	140	680
Desarrollo del sitio	600	120	720
Puesta en marcha	720	90	810

Fuente: Elaboración propia con base en información Mekorot, 2011

Gráfico N° 4.- Diagrama de Gantt del Proyecto

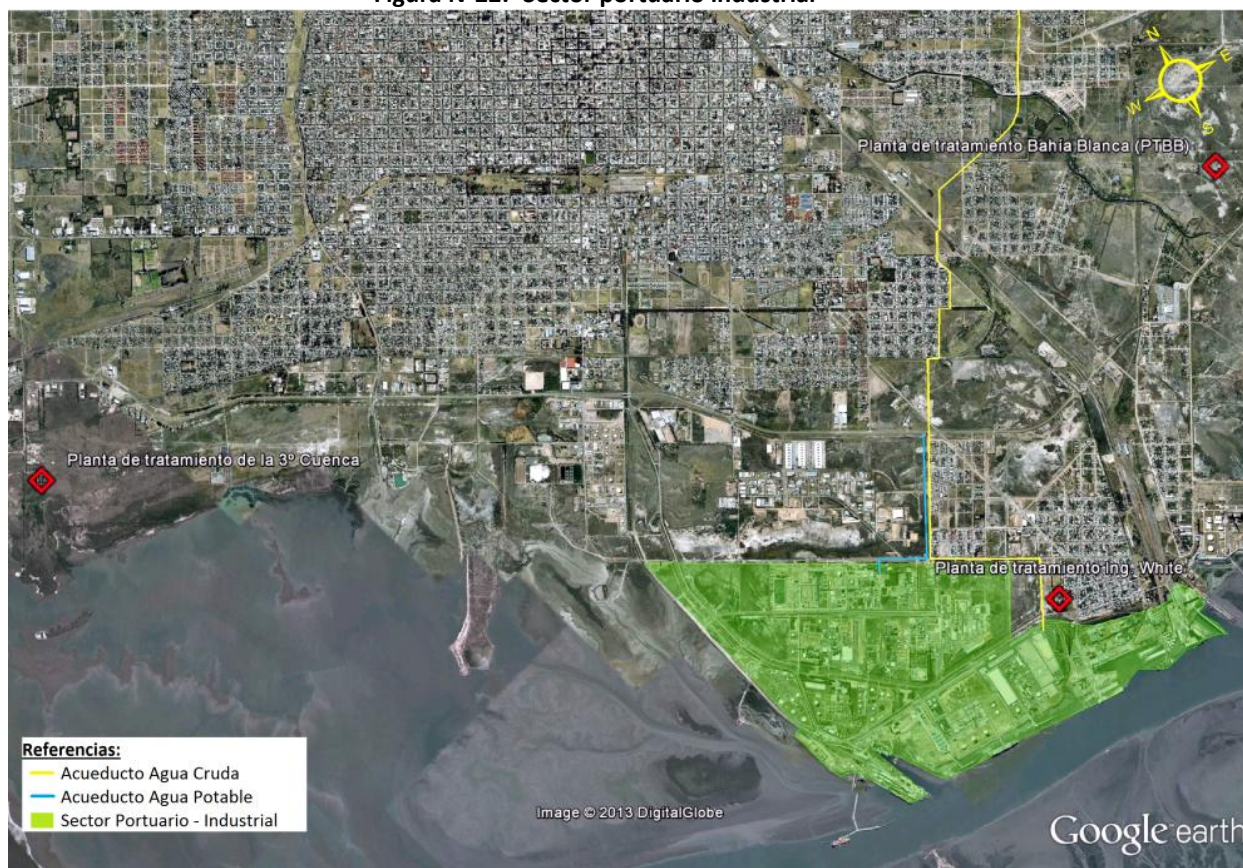


Fuente: Elaboración propia con base en información Mekorot, 2011

7.5.- Sector económico, localización y zona de influencia

El sector económico al que está dirigido el proyecto de manera directa es el portuario industrial que puede observarse en la Figura N° 22, junto a los acueductos de agua potable y cruda que abastecen a dicho sector y las plantas de tratamiento de efluentes cloacales actuales.

Figura N°22.- Sector portuario industrial



Fuente: Elaboración Propia

El proyecto prevé la localización de la nueva PTAR en el predio de la actual Planta de Tratamiento Bahía Blanca (PTBB), propiedad del organismo operador ABSA S.A. (Figura N° 23). Entre las condiciones que favorecen dicha localización, se pueden citar:

- La disponibilidad de terrenos en el área de la actual PTBB: esta planta se ubica sobre una parcela de la cual ocupa solo una pequeña porción de ella (Figura N° 32). El área disponible para el nuevo proyecto de recuperación está cercado con una dimensión de 500 x370 metros con un área de 18,34 Ha. (Mekorot, 2011).
- La localización estratégica Industria – PTBB: la distancia entre la entrada al predio de la PTBB y la del predio de Profertil es de 5.050 metros (trazado en línea recta).
- El abastecimiento de agua cruda y potable al área industrial utiliza un sistema por gravedad (inicia aprox. a 70 msnm descendiendo hasta los 5 msnm). La localización de la PTBB permitiría abastecer de aguas residuales tratadas utilizando el mismo sistema (la PTBB se ubica aprox. a 10 msnm).
- El tendido del ducto que lleva los efluentes de la Planta de Ing. White a la PTBB por bombeo, constituye una traza existente para tender un nuevo ducto en paralelo y en sentido contrario por gravedad, conectar la planta de tratamiento al área de abastecimiento en la zona industrial.
- Actualmente el suelo no tiene un uso productivo.

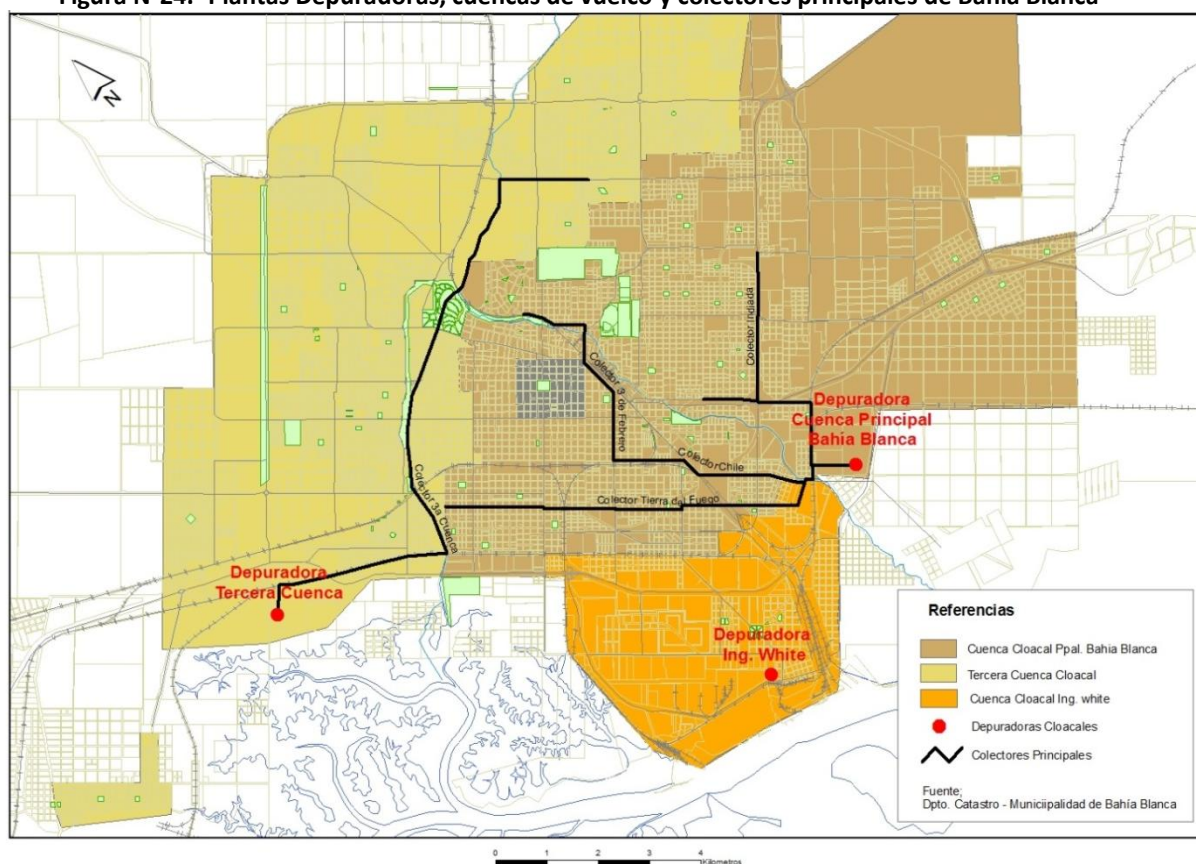
Figura N°23.- Planta Depuradora Bahía Blanca y área disponible para la PTAR propuesta



Fuente: Elaboración Propia

En la Figura N°24 se indica la localización de las plantas de tratamiento de efluentes cloacales, las cuencas de vuelco y los colectores principales en la zona del proyecto.

Figura N°24.- Plantas Depuradoras, cuencas de vuelco y colectores principales de Bahía Blanca



7.6.- Vida útil del proyecto

El período de diseño del proyecto se estableció en 20 años, siguiendo como guía el Manual para la Formulación de Proyectos del Programa de Infraestructura Hídrica del Norte Grande: Agua y Saneamiento (Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios; Argentina) para plantas depuradoras. Este valor determina a su vez el horizonte de evaluación del proyecto. El período de diseño para cada unidad componente del sistema, se define en la Tabla N° 58:

Tabla N° 58.- Período de diseño para el caso de Sistemas de Desagües Cloacales

Sector	Período de diseño (años)
<i>Plantas Depuradoras:</i>	
Obras Civiles Básicas	20
Equipos e instalaciones electromecánicas	10
<i>Estaciones de Bombeo:</i>	
Obras Civiles	20
Instalaciones electromecánicas	10
Redes de recolección	20
Líneas de impulsión	20

Fuente: Elaboración Propia con base en información del “Manual para la formulación de Proyectos. Programa de Infraestructura Hídrica del Norte Grande: Agua y Saneamiento”. Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios. Argentina.

7.7.- Capacidad de Diseño

La capacidad de diseño de las obras a ejecutar surge de los caudales esperables como medio y máximo (diario y horario). El **caudal medio diario**⁸⁷, por representar un promedio anual, se utiliza para calcular parámetros admisibles a ese período, tales como consumo de energía, de productos químicos, costos operativos en general, volúmenes anuales varios. El **caudal máximo diario**⁸⁸ permite definir la capacidad de las instalaciones de bombeo, bombas, capacidad de conducción dentro de la planta, volúmenes de almacenamiento, etc. Por último, se estima el **caudal máximo horario**⁸⁹ que establece las dimensiones de todas aquellas conducciones y unidades no vinculadas a volúmenes de regulación (previas a la pileta de equalización)⁹⁰. Para estimar estos caudales, se considera el caudal medio diario anual a la estimación de la Demanda de Saneamiento de la 1° Cuenca - Tabla N° 46 (Etapa 6). Para definir los caudales máximo diario y máximo horario, cuando no existen registros confiables ininterrumpidos de no menos de los últimos 36 meses, se deben adoptar los coeficientes de pico diario y horario, que para el presente trabajo se asume el coeficiente de caudal máximo diario en 1,2 y el coeficiente de caudal máximo hora pico en 1,8⁹¹.

⁸⁷ Cantidad de agua residual promedio generada en un año por cada habitante servido.

⁸⁸ Caudal medio del día de mayor generación de agua residual.

⁸⁹ Mayor caudal instantáneo del día de mayor generación de agua residual del año. Caudal horario máximo absoluto del año.

⁹⁰ Adaptado de “Caudales Especiales para Diseño” de la “Guía para la presentación de proyectos de agua potable - Cap. 2: Estudios preliminares para el diseño de las Obras” Pág. 25.

⁹¹ Coeficientes asumidos en el estudio de diseño realizado por Mekorot, Informe 2011, relativamente cercanos a los establecidos para proyectos de agua potable según “Guía para la presentación de proyectos de agua potable - Cap. 2: Estudios preliminares para el diseño de las Obras” Pág. 23.

Por último, todo proyecto debe especificar los valores de los caudales para el año inicial del período de diseño ($n = 0$), el intermedio ($n = 10$) y el final ($n = 20$)⁹². Recordemos que para el presente proyecto se considera el período de diseño 2016-2036. La Tabla N° 59 muestra los caudales esperables de la PTAR:

Tabla N° 59.- Caudales esperables medio y máximo

Año	Caudal medio diario anual		Caudal máximo diario		Caudal máximo hora pico
	m ³ /hora	m ³ /día	m ³ /hora	m ³ /día	m ³ /hora
2016	2.368	56.827	2.841	68.193	4.262
2026	3.045	73.078	3.654	87.694	5.481
2036	3.246	77.908	3.895	93.489	5.843

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto, con base en las estimaciones realizadas, la PTAR está diseñada para el caudal medio diario en el año 2036 (3.300 m³/hora).

7.8.-Procesos de Operación

En este apartado, con base al marco teórico desarrollado (**Sección 2.3.3.-Tratamiento de aguas residuales**), se describen los procesos de operación contemplados para el proyecto que permiten alcanzar la calidad requerida por las industrias a gran escala de la zona industrial portuaria de Bahía Blanca que se describió en el Capítulo 6 (**Sección 6.4.2.- Calidad del efluente**). Estos procesos corresponden a los definidos en el estudio técnico elaborado por Mekorot (2011) y a recomendaciones del Proyecto UTN FRBB “Evaluación de reúso de los efluentes cloacales de la cuenca hídrica de Bahía Blanca, con destino agrícola y/o industrial” (Monserrat, V. & Uribe Echevarría, M.; 2013).

7.8.1. Tratamiento de la Línea de Agua

El proyecto prevé mejorar el pretratamiento que se realiza actualmente en la Planta de Tratamiento Bahía Blanca, agregando tres nuevos filtros de limpieza automática (15 mm) a instalarse entre los filtros de rejillas de 50 mm y los filtros con tamices rotativos (Huber) existentes de 0.75 mm, para proteger la obstrucción de éstos últimos. Las aguas residuales aguas abajo a los filtros deberán ser bombeadas a una cámara de remoción de arena y espuma que deberá ser construida, para luego fluir hacia una pileta de equalización de 20.000 m³, la cual se agrega a fin de atenuar la variabilidad del flujo, obteniéndose un caudal constante, ya que en general, las descargas de aguas residuales, presentan oscilaciones a lo largo del día y esto puede influir negativamente en los sistemas de tratamiento (UTN FRR, 2013). La pileta recibirá los flujos de retorno desde el tratamiento terciario y el tratamiento de lodos y deberá proporcionar 7-8 horas de retención, por lo tanto los flujos pico deberán ser igualados, al igual que la carga orgánica. Mediante la colocación de aireadores superficiales, se evitarán molestias de olor y la acumulación de lodo en el fondo del estanque.

⁹²Según lo establece la “Guía para la presentación de proyectos de agua potable - Cap. 2: Estudios preliminares para el diseño de las Obras” Pág. 20, similar con las “Normas de Estudio y Criterios de Diseño y Presentación de Proyectos de Desagües Cloacales”, ambas del ENOHSa.

El tratamiento secundario consistirá en un *proceso biológico aeróbico* para la oxidación de la materia orgánica biodegradable y la eliminación de nutrientes. El proceso se lleva a cabo en un sistema de *lodos activados* que consiste en las cámaras de aireación y clarificadores finales. La cámara de aireación contiene una mezcla de aguas residuales y lodos compuesta por los microorganismos y los sólidos suspendidos no degradables. Este proceso requiere oxígeno suministrado por aireación de burbuja fina difundido. El lodo se separa del efluente en clarificadores finales. La mayoría de los lodos se reciclarán a la cámara de aireación mientras que el exceso de lodo deberá ser bombeado para el tanque de almacenamiento de lodo para su posterior tratamiento. El tratamiento secundario tendrá como objetivo reducir Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), sólidos sedimentables, nitratos y fosfatos.

El tratamiento terciario tiene como objetivo adecuar la calidad del agua para el tratamiento cuaternario. La proporción de recuperación promedio de toda la sección de pretratamiento de UF es del orden del 88-92 %. Se asume para el presente proyecto, un recuperación promedio del 92%.

Por último, con el Tratamiento Cuaternario, se eliminaría toda la materia orgánica e inorgánica y la mayoría de las sales disueltas (> 95 %) mediante el proceso de *Osmosis Inversa* (OI). Tal como se definió en la etapa 6, se seleccionó la Alternativa 0 que incluye desalación del 100% del agua del líquido filtrado del tratamiento previo de UF y proporciona la mejor solución para el rechazo de boro y cloruro, siendo la única alternativa que cumple con el requisito de boro 0,2 ppm en el producto final y permite mayores niveles de boro hasta 0,4 ppm en el efluente secundario. La tasa de recuperación del sistema de OI es del 80%. El agua tratada del tanque de OI deberá ser bombeado hacia el Polo Petroquímico mediante una tubería principal de aproximadamente 7 km. y construida de hierro fundido.

En referencia a los caudales de diseño, la Tabla N° 60 resume los caudales que ingresan a la PTAR y los caudales promedios para el tratamiento secundario, terciario y cuaternario, teniendo en cuenta las consideraciones realizadas anteriormente respecto a la tasa de recuperación en cada etapa. En la última fila se agrega el flujo de lodo desecado para el período de diseño.

Tabla N° 60.- Caudales de Diseño

Descripción	Unidad	Tasa de Recup.	Año 0 (2016)	Año 10 (2026)	Año 20 (2036)
Corriente de entrada	m ³ /h		2.368	3.045	3.246
Corriente de retorno (*)	m ³ /h	12,5%	296	380	405
Alimentación para tratamiento secundario	m³/h		2.664	3.425	3.651
Flujo de lodo (desecado)	tn/día	1,2%	32	41	44
Alimentación para tratamiento terciario (UF)	m³/h	98%	2.613	3.360	3.582
Flujo de producto de tratamiento terciario (UF)	m ³ /h	92%	2.404	3.091	3.295
Flujo de producto de tratamiento Cuaternario	m³/h	80%	1.924	2.474	2.637

(*) La corriente de retorno desde el Tratamiento Terciario deberá ser bombeada junto con el sobrenadante del espesamiento y deshidratación de lodos a la cámara de igualación.

Fuente: Elaboración Propia

7.8.2.-Tratamiento de la Línea de Lodos

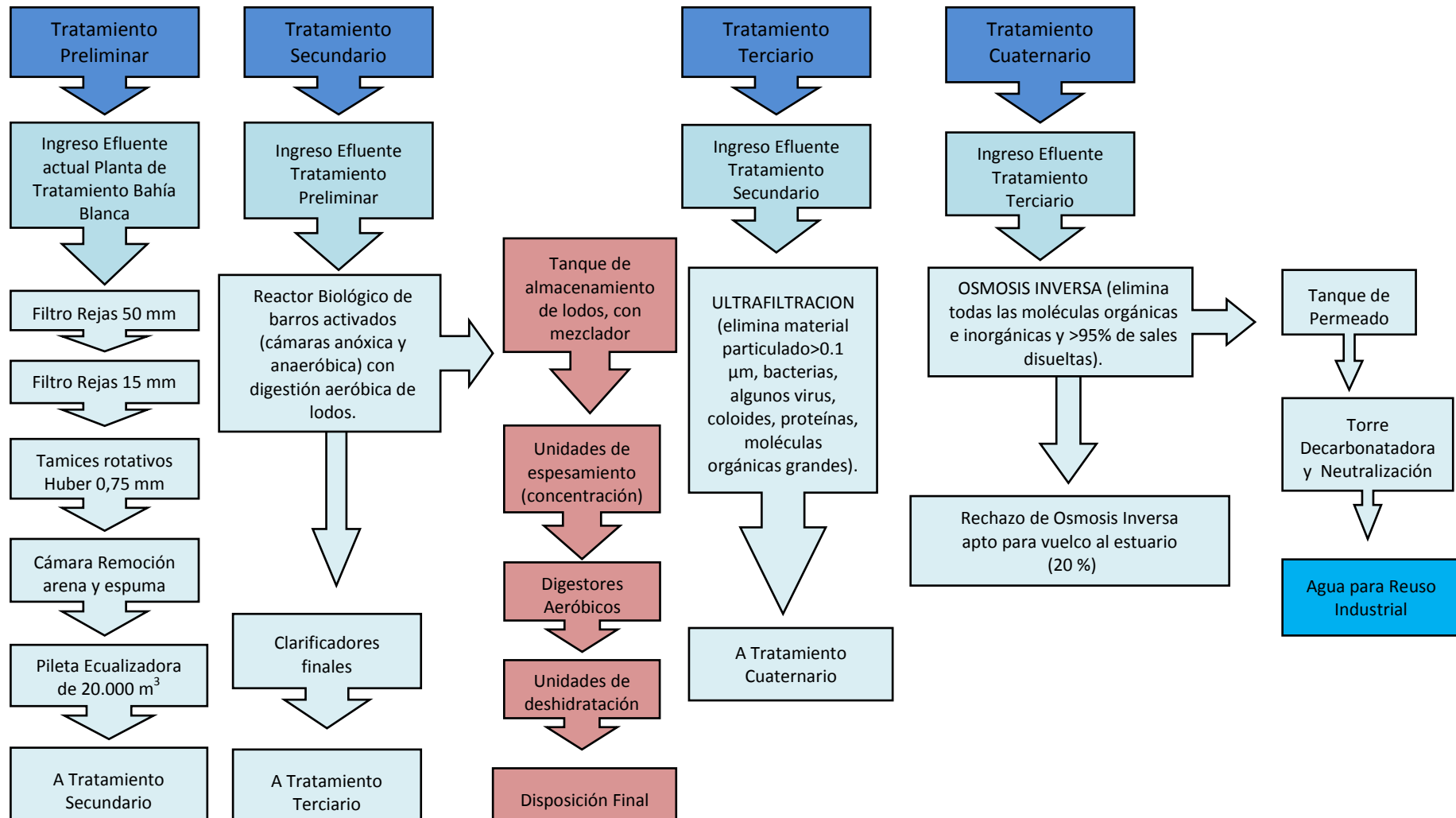
Los lodos residuales deberán ser bombeados a un tanque de almacenamiento de lodos, que deberá estar equipado con un mezclador que proporcione la potencia de mezclado. Posteriormente, deberán ser bombeados a las unidades de espesamiento y deshidratación. El sistema de espesamiento también incluirá un sistema de preparación de polímeros y las bombas de dosificación de polímeros.

El lodo espesado deberá ser digerido en digestores aeróbicos, con un sistema de aireación de chorro para posteriormente ser deshidratado. El sistema incluirá colectores de chorro, bombas centrífugas de recirculación y sopladores. El aire se suministra a través de una tubería de aire que está conectada al colector de chorro mezclándose con el lodo recirculado y la mezcla de aire y lodos se rocía a través de inyectores de chorro que están conectados al colector. Este método proporciona tanto la aireación y la mezcla de los lodos que se requiere para una estabilización eficiente.

El sistema de deshidratación deberá incluir centrifugadoras, bombas de alimentación de desplazamiento positivo, sistema de preparación de polímero, bomba de dosificación de polímero, transportadores para el lodo desecado y contenedores.

La Figura N° 25 resume los procesos de operación, tanto de la línea de agua como de lodos.

Figura N° 25.- Procesos de Operación



Fuente: Elaboración propia

7.9.- Costo Total del Proyecto

7.9.1.- Costos Privados de la Inversión Inicial

La Tabla N° 61 muestra la inversión inicial en capital e incluye todos los procesos de operación (tratamiento preliminar, secundario, terciario, cuaternario y de lodos) y la infraestructura para conducir el agua desde la PTAR al Polo Petroquímico. Los costos privados de la inversión inicial fueron tomados del Informe Final que presentó la Empresa Mekorot en el año 2011, expresados en dólares estadounidenses y actualizados a precios de junio de 2016 (sin IVA). Para la actualización de los costos de inversión en Ing. Civil, equipamiento e instalación, se utilizó el Índice de Precios Industriales del Sector Industrias Manufactureras (Producer Price Index Industry Data - Total manufacturing industries)⁹³, tomando como base de cálculo el promedio de los índices del año 2010 (175,5) con respecto a junio 2016 (183,5) resultando una variación del 4,6 % para todos los ítems, a excepción de la electricidad, que se utilizó el Índice de Precios Industriales del Sector Distribución de la Energía Eléctrica (Producer Price Index Industry Data - Electric power distribution). En este caso, el índice de actualización en dólares del período 2010/junio 2016 es del 11,9%. No se considera el costo de adquisición del terreno, ya que éste pertenece al predio de la Planta de Tratamiento Bahía Blanca, propiedad del actual organismo operador ABSA S.A.⁹⁴

Tabla N°61.- Costos Privados de la Inversión Inicial (USD Junio 2016)

DESCRIPCION		Costos Privados de la Inversión Inicial (USD JUNIO 2016)			
		Ing. Civil	Equipamiento	Instalación	TOTAL
Tratamiento preliminar		2.395.070	773.953	120.276	3.289.299
Tratamiento secundario		12.844.477	2.554.044	1.180.801	16.579.322
Tratamiento de lodos		2.133.599	1.547.905	378.609	4.060.114
Edificio Central		324.223			324.223
Electricidad		83.671		4.311.060	4.394.730
Caminos y Pavimentos		1.882.588			1.882.588
Tratamiento Terciario		5.383.155	1.417.170	7.854.574	14.654.899
Tratamiento Cuaternario		4.727.387	2.108.498	14.972.847	21.808.732
Conducción PTAR a sector		3.765.175			3.765.175
Subtotal		33.539.345	8.401.570	28.818.167	70.759.082
Contingencias	18%				12.736.635
Subtotal					83.495.716
Control y Gestión de Proy.	15%				12.524.357
TOTAL (sin IVA)					96.020.074
TOTAL (con IVA)	21%				116.184.289

Fuente: Elaboración propia con base en Proyecto ABSA-Mekorot (2011) y U.S. Bureau of Labor Statistics

⁹³Fuente: <http://data.bls.gov/cgi-bin/surveymost>

⁹⁴No se contemplan usos alternativos para el terreno en caso que no se realizara el proyecto. Por esta razón, el estudio no asume costo de oportunidad generado por la afectación del terreno.

7.9.2.- Costos Privados de Operación y Mantenimiento

Los costos de operación y mantenimiento son los recursos necesarios para mantener operando en óptimas condiciones la planta de tratamiento durante su vida útil e incluyen como principales conceptos energía eléctrica, reactivos químicos, transporte y disposición final de lodos, materiales y mano de obra, entre otros. Los principales consumidores de energía son las bombas de aguas residuales, de recirculación, los sopladores y bombas de efluentes. El consumo de productos químicos es principalmente debido a la adición de polímeros para el espesamiento y deshidratación de los lodos. Ningún producto químico es necesario para la precipitación del fósforo, se espera que la eliminación biológica de fósforo sea suficiente para los siguientes tratamientos terciarios y cuaternarios. Sin embargo, si falla el tratamiento biológico para eliminar fosfatos al nivel de 2 mg/l como P, el exceso de fosfato deberá eliminarse químicamente con cloruro de hierro - FeCl₃-.

Los costos operacionales se dan en dólares/m³ de agua producida y se desagregan en costos variables y fijos, aplicándose conforme la tasa de flujo del producto del tratamiento cuaternario del período intermedio (2.475 m³/h), en concordancia con los supuestos utilizados por Mekorot, que fueran tomados de referencia para realizar las adecuaciones y actualizaciones correspondientes a este trabajo. Todos los costos privados de operación y mantenimiento están expresados en dólares estadounidenses a precios de junio de 2016, sin considerar el IVA.

7.9.2.1- Costos Variables

7.9.2.1.1.- Energía Eléctrica

El consumo de energía eléctrica anual estimado para una planta con similar caudal de tratamiento e idénticos procesos a fin de alcanzar agua con la calidad requerida para reúso en la industria es de 29.121.890 kWh (79.786 kWh/día), considerando un caudal de 21.681.000 m³/año (caudal del cuaternario). Por lo tanto, el consumo por m³ de agua tratada se estima en 1,343 kWh/m³, de los cuales 0,47 kWh/m³ corresponden al tratamiento preliminar y secundario según lo informado en el Capítulo 6.- Sección 6.4.3.1.2.-.

El precio de referencia de la energía eléctrica que se utiliza es la que paga una industria en Bahía Blanca (categoría Gran Usuario Mayor) y que compra al Mercado Eléctrico Mayorista (MEM), debido a que puede asimilarse la misma categoría para la nueva Planta de Tratamiento que se propone. El valor informado es de 77 USD/MWh (Junio 2016), es decir 0,077 USD/KWh. Por lo tanto, el costo de la energía eléctrica por m³ de agua tratada, resulta:

$$1,343 \text{ kWh/m}^3 * 0,077 \text{ USD/KWh} = 0,1034 \text{ USD/m}^3 \text{ (2.242.386 USD/año)}$$

El costo total en Energía Eléctrica se estima en 2.242.386 USD/año, siendo el costo unitario de 0,1034 USD/m³.

7.9.2.1.2.- Productos Químicos

Para la estimación de la tasa de consumo de productos químicos para todos los tratamientos se consideró la información de una planta con similar caudal de tratamiento e idénticos procesos. Para la estimación de los costos de productos químicos, se solicitó un presupuesto a una empresa de la ciudad de Bahía Blanca (Química Industrial Bahiense S.A.). La Tabla N° 62 presenta dicha información.

Tabla N° 62.- Costo Operacional por Adición Química (USD Junio 2016)

	Producto Químico	Precio (USD/tn)	Consumo (tn/año)	Costo Total (USD/año)
Tratamiento Secundario Para espesamiento y deshidratación del lodo	Coagulante (opcional) *	1.017,6	30,00	30.527
	Polímero Catiónico **	2.614,7	41,98	109.752
Sistema UF Para mantenimiento y limpieza	Coagulante *	1.017,6	111,85	113.814
	Hipoclorito de Sodio	299,2	22,91	6.854
	Ácido Cítrico	1.995,5	85,56	170.733
Sistema OI Como biocida	Antiescalante	2.928,5	102,96	301.515
	Ácido sulfúrico (H ₂ SO ₄)	798,5	643,50	513.806
Solo después del procedimiento de desinfección de UF	Hipoclorito de Sodio	299,2	128,70	38.502
	Bisulfito de Sodio	1.396,8	0,46	645
Químicos de limpieza	Hidróxido de Sodio (Soda cáustica)	847,6	1,36	1.153
	Ácido Cítrico	1.995,5	6,78	13.529
Post tratamiento Para neutralización	Hidróxido de Sodio (Soda cáustica)	847,6	10,30	8.730
	Bisulfito de Sodio	1.396,8	10,55	14.737
	Hidróxido de Sodio (Soda cáustica)	847,6	4,08	3.458
	Ácido sulfúrico (H ₂ SO ₄)	798,5	4,08	3.258
Costo Total de Productos Químicos				1.331.012
* El Coagulante (cloruro de hierro - FeCl ₃ - o sulfato de hierro - FeSO ₄ -en el tratamiento secundario deberá ser dosificado sólo si la tasa de eliminación biológica de fosfato es insuficiente. La tasa de consumo anual se estima como 30 tn/año (1,35 gr/m ³ de agua), esto es una estimación aproximada porque, como se mencionó anteriormente, no hay necesidad de adición química de fosfato en la operación de rutina.				
** En términos de gr/m ³ de agua producida, la tasa de consumo de polímero es 1,9 gr/ m ³ .				

Fuente: Elaboración propia con base en información del Proyecto ABSA-Mekorot (2011) y presupuesto con precios Química Industrial Bahiense S.A.

El costo total por adición química se estima en 1.331.012 USD/año, siendo el costo unitario de 0,061USD/m³.

7.9.2.1.3.- Transporte y Disposición Final de lodos

Según la alternativa seleccionada para el tratamiento secundario (Capítulo 6, Sección 6.4.3.), la cantidad de lodos generados es de 41 toneladas por día, lo que significa una producción anual de lodos de 14.965 toneladas, el cual contiene 20 % de sólidos secos.

El costo del transporte de lodos deshidratados hasta el IPES⁹⁵ es de 140,45 USD/ton⁹⁶ e incluye además la disposición final en el relleno de seguridad. Por lo tanto, **el costo total anual previsto para el transporte y disposición final de lodos es de 2.101.834 USD/año (0,097 USD/m³).**

7.9.2.2- Gastos Fijos

Los gastos fijos de mantenimiento y mano de obra, considerados constantes a lo largo del horizonte de evaluación y que se harán efectivos al año posterior a la culminación de las obras, se estimaron bajo los siguientes supuestos:

- Gasto anual de mantenimiento para el equipo: 2% de la inversión inicial en equipos.
- Gasto anual de mantenimiento para ingeniería civil: 0,5% de la inversión inicial en obra civil e instalaciones.
- Gastos generales: 10% (sobre subtotal de costos fijos)

En cuanto al gasto de personal, si bien dependerá del tipo de gestión que adopte el proyecto (pública, privada, mixta), se puede inferir la cantidad de personal en función de experiencias de otras plantas⁹⁷ y con costos de referencia de la empresa concesionaria ABSA S.A. en Bahía Blanca. Se estima que para un modelo de gestión público-mixto⁹⁸, habrá una estructura mayor de personal y la escala salarial estará en función de los acuerdos en el marco del Convenio Colectivo para los trabajadores de empresas de agua potable y desagües cloacales. En caso de ser privado, la estructura será menor y aplicará el Convenio Colectivo que rige según el Sindicato Químico y Petroquímico (SPIQPyA). En la Tabla N° 63, se estima para la nueva Planta de Tratamiento propuesta en Bahía Blanca, la cantidad de empleados en cada área.

⁹⁵IPES : Centro de Disposición y Tratamiento de Residuos Orgánicos por Biodegradación (Landfarming) , desde 1.994y de Disposición Final de Residuos Industriales (Relleno de Seguridad), desde noviembre de 1.998Bahía Blanca, http://www.desleronline.com/html/espanol/ipes/ipes_centro_ipes.html

⁹⁶Según información suministrada por IPES: 1.200 \$/m³ = 2.000 \$/tonde lodo deshidratado (600 kg de lodo equivalen a 1 m³). Tipo de cambio oficial (Junio 2016) : 14,24 \$/USD.

⁹⁷PTAR El Salitre, PTAR Cañaveralejo en Cali y PTAR San Fernando en Medellín (Colombia).

⁹⁸ A modo de ejemplo, ABSA. se compone del 90 % participación del Gobierno de la Provincia de Buenos Aires y 10 % del Sindicato de Obras Sanitarias de la Provincia de Buenos Aires. Y AySA el 90 % del Estado Nacional y 10 % el Sindicato de Obras Sanitarias de la Nación (OSN).

Tabla N° 63. Cálculo estimado de la cantidad de personal por área

Área	Cantidad estimada de personal
Dirección	1
Administración	2
Operaciones y Mantenimiento	4
Sala de Control	6
Laboratorio	2
Total	15

Fuente: Elaboración propia

Para estimar el gasto de personal se consideraron las características que rigen la actividad de los trabajadores de empresas de agua potable y desagües cloacales, tomando de referencia para ello, los siguientes documentos (ver **Anexo IV**):

- Convenio Colectivo de Trabajo de Empresa N° 695/05 “E”⁹⁹, acordado entre la FEDERACIÓN NACIONAL DE TRABAJADORES DE OBRAS SANITARIAS (F.E.N.T.O.S.) y el SINDICATO OBRAS SANITARIAS DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES (S.O.S.B.A.), por el sector gremial, y la empresa AGUAS BONAERENSES SOCIEDAD ANÓNIMA, por el sector empleador.
- Resolución N° 101/2016 de la Secretaria del Trabajo del Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social¹⁰⁰, que homologa el acuerdo con la última actualización salarial.

De acuerdo a las características generales del sistema de niveles comprendidos en el Convenio Colectivo de Trabajo (Título V), se reparten las funciones del personal en niveles y subniveles, definidos fundamentalmente por factores, como su complejidad, autonomía en su ejercicio y grados de conocimientos profesionales necesarios para su desempeño. Como criterio general, se adoptó para este trabajo, diferentes niveles de funciones según el cargo a desempeñar (desde III hasta VII) y un subnivel intermedio (7) como promedio para todos los niveles. La Tabla N° 64 presenta la estimación del costo de personal anual, teniendo en cuenta el salario bruto mensual (SBM) establecido por Resolución N° 101/2016.

Tabla N° 64. Costo de Personal anual(USD Junio 2016)

Área	Cant. de Empleados	Funciones Nivel / Subnivel (1)	SBM (\$/emp) (2)	Sueldo Bruto Anual (\$/año) (3)	Costo de Personal (\$/año) (4)	Costo de Personal USD/año (5)
Dirección	1	VII / 7	48.992	636.896	827.965	58.144
Administración	2	III / 7	18.561	482.586	627.362	44.056
Operación y Mantenimiento	4	V / 7	29.097	1.513.065	1.966.984	138.131
Sala de Control	6	IV / 7	24.554	1.915.220	2.489.786	174.845
Laboratorio	2	VI / 7	35.497	922.922	1.199.799	84.256
Total	15			5.470.689	7.111.895	499.431

⁹⁹<http://www.laboralis.com.ar/convenios-colectivos-de-trabajo/agua-potable/CON-CCT-695-2005-E.pdf>

¹⁰⁰<http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/260000-264999/260313/norma.htm>

- (1) Convenio Colectivo de Trabajo de Empresa N° 695/05 “E”.
 Fuente: <http://www.laboralis.com.ar/convenios-colectivos-de-trabajo/agua-potable/CON-CCT-695-2005-E.pdf>
 (2) Actualización salarial ABSA - Resolución 101/2016.-
 Fuente: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/260000-264999/260313/norma.htm>
 (3) Considera 13 Sueldos - Incluye SAC. No se considera adicional por antigüedad.
 (4) Considera 30% Aportes Patronales.
 (5) Tipo de cambio oficial 14,24 \$/USD (junio 2016)

Fuente: Elaboración propia

Como análisis complementario, se intentó tomar como referencia el gasto promedio por empleado de mayo 2014, informado por ABSA en oportunidad de solicitar el incremento de tarifa¹⁰¹ y actualizarlo a junio 2016 con el Índice de Precios al Consumidor y el Índice de Salarios, ambos elaborados por el INDEC, pero no fue posible ya que ambos índices han cambiado la base y la metodología de estimación a partir del 2016, resultando no comparables con los elaborados en mayo 2014.

Por último, la Tabla N° 65 presenta la estimación de los gastos fijos totales, de acuerdo a los supuestos considerados y a las estimaciones realizadas en este apartado.

Tabla N° 65.- Gastos Fijos Anuales (USD Junio 2016)

Descripción	Gastos Fijos (USD/año)
Mantenimiento de Obra Civil (0,5 %)	423.096
Mantenimiento de Equipos (2 %)	228.019
Mano de Obra	499.431
<i>Subtotal de Gastos Fijos</i>	<i>1.150.545</i>
Gastos Generales (10 %)	115.055
Total Gastos Fijos	1.265.600

Fuente: Elaboración propia

Considerando un caudal de 21.681.000 m³/año (caudal del cuaternario), se obtiene de la Tabla N° 66 un gasto fijo de 0,058 USD/m³.

¹⁰¹Extracto: Sta incremento tarifa. Característica 2174. Número 87. Año 2014. Alcance 0. Cuerpo 1. Fecha de inicio: 09/06/2014.

7.9.3.- Costo Privado Total por m³ de agua producida

La Tabla N° 66 sintetiza el costo total medio por m³ de agua producida.

Tabla N° 66. Costo Total Medio Unitario(USD Junio 2016/m³)

Descripción	USD/m³
<i>Costos Variables Medios</i>	
Energía Eléctrica	0,103
Productos Químicos	0,061
Transporte y Disposición de lodos	0,097
<i>Costo Variable Medio Unitario Total</i>	<i>0,262</i>
<i>Costo Fijo Medio Unitario Total</i>	<i>0,058</i>
COSTO TOTAL MEDIO UNITARIO	0,320

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO 8

SITUACION CON PROYECTO

CAPITULO 8

SITUACION CON PROYECTO

En este capítulo se describe cómo se modifica la situación sin proyecto una vez que entra en operación el proyecto propuesto, explicando y fundamentando todos los cambios esperados tanto al momento inmediato de entrada en operación como en los años del horizonte de evaluación. Esta situación con proyecto será la base sobre la cual se realice la identificación, cuantificación y valoración de costos y beneficios atribuibles al proyecto.

8.1.- Efectos Directos

El principal efecto que tiene el proyecto es la producción de agua regenerada con la calidad requerida para sustituir el agua potable y cruda que utilizan procesos e instalaciones en la industria química y petroquímica, liberando dichos volúmenes.

8.2.- Efectos Indirectos

Como resultado de la sustitución de agua potable y cruda por agua regenerada, el proyecto generará efectos indirectos sobre la población, como ser la mayor disponibilidad de agua para otros usos no industriales, básicamente consumo residencial o simplemente preservando las reservas, particularmente las del Dique Paso de las Piedras. Este efecto es muy importante, en general, por el deficiente servicio de agua potable por parte de la empresa prestataria ABSA y en particular, en días de verano con intensas temperaturas, ya que en verano varias zonas de la ciudad se ven afectadas con disminución de presión e incluso sin servicio durante varias horas.

Otro efecto indirecto del proyecto podría provenir de la venta del lodo estabilizado, sujeto al cumplimiento de las directivas de la Resolución N° 97/2001 de la Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental mediante el cual se establece el *“Reglamento para el Manejo Sustentable de Barros Generados en Plantas de Tratamiento de Efluentes Líquidos”*. El lodo podría ser comercializado como abono para uso agrícola o forestal, recuperación de suelos degradados, restauración de paisajes, como insumo en procesos de elaboración de productos fertilizantes o de abonoso para otros usos (para los que se deben establecer regulaciones específicas).

8.3.- Externalidades

Al realizar el proyecto se disminuirá la externalidad negativa provocada por la descarga al estuario de aguas residuales provenientes de la Planta de Tratamiento Bahía Blanca, ubicada en la denominada Primera Cuenca, impactando en la eliminación de contaminantes que generan malos olores, fauna nociva, mortandad de flora y fauna propia del estuario; que es un ecosistema único, irreplicable y frágil declarado por su valor ambiental como *“Reserva Natural de Usos Múltiples de Bahía Blanca, Bahía Falsa y Bahía Verde”* con una superficie de protección de 210.000 has. a través de la Ley N° 11.074, ratificada por Ley N° 12.101/98.

En la Ría de Bahía Blanca existe una importante comunidad pesquera artesanal y comercial, que desarrolla sus actividades utilizando como puertos de asiento el de Ingeniero White y el de Coronel Rosales. El proyecto podría tener un impacto positivo sobre las actividades económicas de dicho sector, al disminuir la contaminación en dicho estuario, en busca de la sustentabilidad de la producción pesquera en el área local, conservando y preservando el medio ambiente del estuario.

8.4.- Oferta de agua y saneamiento con proyecto

Una vez que se definieron los efectos que el proyecto tendrá, se procede a realizar las proyecciones en el tiempo, para plasmar numéricamente como se comportarán cada una de las variables relevantes para el análisis.

La mayoría de los datos proyectados en la situación sin proyecto (situación actual optimizada) son iguales para la situación con proyecto, teniendo entre estos la población total, la población con cobertura, el consumo per cápita, la producción de agua potable, la eficiencia física, la cobertura de cloacas y el volumen generado de aguas residuales. Con respecto a esto último, se hará una mención especial en el apartado 8.5.- Demanda de agua y saneamiento con proyecto.

En cuanto a la oferta de agua y saneamiento, las variables relevantes que cambian en la situación con proyecto, respecto a la situación sin proyecto, son:

- el *incremento en la oferta de saneamiento* aportado por la capacidad de tratamiento de la nueva PTAR (3.300 m³/hora).
- la *oferta de agua regenerada* (Tabla N° 67) con calidad adecuada para ser reutilizadas en el sector portuario industrial, luego del tratamiento cuaternario.
- la *oferta de agua potable/cruda* liberada por ser sustituida por agua regenerada.

Tabla N° 67.- Oferta de Agua Regenerada para reutilización industrial

Año	ARC a tratar 1° C	Corriente de Retorno	Aliment. para Trat. Secundario	Flujo de lodo desechado	Aliment. para Trat. Terciario	Producto del Trat. terciario	Producto del Trat. Cuaternario
		12,5%		1,2%		98%	92%
	m3/h			(tn/día)	m3/h		
2016	2.368	296	2.663	32	2.613	2.404	1.924
2017	2.479	309	2.788	34	2.736	2.517	2.014
2018	2.591	323	2.915	35	2.860	2.631	2.105
2019	2.705	338	3.043	37	2.985	2.747	2.198
2020	2.820	352	3.172	38	3.112	2.863	2.291
2021	2.936	366	3.302	40	3.240	2.981	2.385
2022	2.957	369	3.326	40	3.264	3.003	2.403
2023	2.979	372	3.351	41	3.288	3.025	2.420

2024	3.001	374	3.375	41	3.312	3.047	2.438
2025	3.023	377	3.400	41	3.336	3.069	2.456
2026	3.045	380	3.425	41	3.361	3.092	2.474
2027	3.064	382	3.447	42	3.382	3.111	2.490
2028	3.084	385	3.469	42	3.404	3.131	2.506
2029	3.104	387	3.491	42	3.425	3.151	2.522
2030	3.124	390	3.514	42	3.447	3.172	2.538
2031	3.144	392	3.536	43	3.470	3.192	2.554
2032	3.164	395	3.559	43	3.492	3.213	2.571
2033	3.184	397	3.582	43	3.514	3.233	2.587
2034	3.205	400	3.605	44	3.537	3.254	2.604
2035	3.225	403	3.628	44	3.560	3.275	2.621
2036	3.246	405	3.651	44	3.583	3.296	2.637

Fuente: Elaboración Propia

8.5.- Demanda de agua y saneamiento con proyecto

En la situación con proyecto, la *demanda de agua potable y/o cruda* podría aumentar respecto a la situación sin proyecto, dada la sustitución del consumo del sector industrial por agua regenerada. El máximo de este aumento estaría dado por el caudal sustituido en cada período y que coincide con la proyección de la Tabla N° 67. Del mismo modo, cabría esperar que aumente la demanda de saneamiento por efecto de un mayor consumo residencial y consecuentemente una mayor generación de aguas residuales (también podría destinarse a reservas).

La *cantidad demandada de agua regenerada* estará dada en principio por la demanda del Polo Petroquímico, que será de 620 m³/hora de agua potable y 1.250 m³/hora de agua cruda, lo que en total representa 1.870 m³/hora, constante hasta el año 2025. A partir del año 2026 se concretarían las inversiones y aumentaría la demanda de agua regenerada un 20 %, constante para todo lo que resta el período.

8.5.1.- Demanda de Saneamiento Con Proyecto – 1° Cuenca

En cuanto a la *demanda de saneamiento con proyecto en la 1° Cuenca*, la Tabla N° 68 refleja el impacto que genera la nueva PTAR. Cabe aclarar, que en la Situación sin Proyecto se considera “cero” porque actualmente el tratamiento solo se restringe a un primario deficitario (como quedo expresado en el Capítulo 5). Y recordemos que en la Situación con Proyecto, en el año 2036, estaría trabajando a su plena capacidad.

Tabla N° 68.- Proyección de aguas residuales sin y con tratamiento en la 1° Cuenca

Año	Situación Sin Proyecto			Situación Con Proyecto		
	AR a tratar en 1° C	AR Tratada 1° C	ARC sin tratamiento en 1° C	AR a tratar en 1° C	AR tratada 1° C	ARC sin tratamiento en 1° C
	m ³ /hora			m ³ /hora		
2016	2.368	0	2.368	2.368	0	2.368
2017	2.479	0	2.479	2.479	0	2.479
2018	2.591	0	2.591	2.591	2.591	0
2019	2.705	0	2.705	2.705	2.705	0
2020	2.820	0	2.820	2.820	2.820	0
2021	2.936	0	2.936	2.936	2.936	0
2022	2.957	0	2.957	2.957	2.957	0
2023	2.979	0	2.979	2.979	2.979	0
2024	3.001	0	3.001	3.001	3.001	0
2025	3.023	0	3.023	3.023	3.023	0
2026	3.045	0	3.045	3.045	3.045	0
2027	3.064	0	3.064	3.064	3.064	0
2028	3.084	0	3.084	3.084	3.084	0
2029	3.104	0	3.104	3.104	3.104	0
2030	3.124	0	3.124	3.124	3.124	0
2031	3.144	0	3.144	3.144	3.144	0
2032	3.164	0	3.164	3.164	3.164	0
2033	3.184	0	3.184	3.184	3.184	0
2034	3.205	0	3.205	3.205	3.205	0
2035	3.225	0	3.225	3.225	3.225	0
2036	3.246	0	3.246	3.246	3.246	0

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO 9

EVALUACION DEL PROYECTO

CAPITULO 9

EVALUACION DEL PROYECTO

El propósito de este capítulo consiste en identificar, cuantificar y valorar los costos y beneficios sociales atribuibles al proyecto, comparando la situación sin proyecto con la situación con proyecto en términos monetarios, a lo largo del horizonte de evaluación de 20 años, considerando la vida útil de la infraestructura y utilizando una tasa de descuento social del 9 % anual¹⁰². Todos los flujos del proyecto serán expresados a precios constantes (USD Junio 2016). Para finalizar se realiza un análisis de sensibilidad y riesgos para determinar la variación que puede tener un proyecto en sus parámetros de rentabilidad ante cambios en sus principales variables tanto de costos como de beneficios.

9.1.- Identificación, cuantificación y valoración de los costos sociales

Los costos atribuibles al proyecto son aquellos en los que incurre la sociedad para construirlo y aquellos que surgen durante la vida útil del mismo. De acuerdo a lo expresado en el marco teórico, se dividen en: costos de inversión y costos de operación y mantenimiento (Sección 2.2.2.1).

Para ajustar los precios de mercado se eliminó el IVA y se afectaron por los factores de corrección social de la mano de obra y del tipo de cambio social, de acuerdo al siguiente detalle:

Las razones precio de cuenta (RPC) para ajustar los valores de mercado en este trabajo se observan dentro de los vigentes en los países latinoamericanos del análisis realizado en el punto 2.2.3.1. del marco teórico son:

- 0,725 (promedio entre Mano de Obra calificada y no calificada) para ajustar la Mano de Obra de la inversión inicial.
- 0,80 (Mano de Obra Calificada) para ajustar Mano de Obra de gastos operativos y de mantenimiento.

El tipo de cambio social que se estimó es de 14,24 \$/dólar (junio 2016) como aproximación del tipo de cambio de mercado (RPC = 1)¹⁰³.

9.1.1.- Inversión Inicial

Los costos privados de la inversión inicial descritos en el Capítulo 7 (Sección 7.9.1.- Tabla N° 61), se ajustaron socialmente para utilizarlos sin distorsiones en el flujo de efectivo de la evaluación. Los costos privados de la inversión en ingeniería civil y equipamiento se ajustaron con el tipo de cambio social (en este caso al estar expresados en dólares junio 2016 no sufren modificación) y los costos privados de mano de obra para la instalación se ajustaron con un promedio de la mano de

¹⁰²Ver Capítulo 2. Sección 2.2.3.1.1. Tasa Social de Descuento.

¹⁰³Ver Capítulo 2: Sección 2.2.3.1.3: Valor Social de la Divisa.

obra calificada y no calificada. En la Tabla N° 69 se presenta el monto privado y social de la inversión inicial en dólares estadounidenses a precios de junio de 2016.

Tabla N° 69.- Costos Privados y Sociales de la Inversión Inicial (USD Junio 2016)

DESCRIPCION		Costo Privado Sin IVA	Costo Social
Tratamiento preliminar		3.289.299	3.256.223
Tratamiento secundario		16.579.322	16.254.602
Tratamiento de lodos		4.060.114	3.955.996
Edificio Central		324.223	324.223
Electricidad		4.394.730	3.209.189
Caminos y Pavimentos		1.882.588	1.882.588
Tratamiento Terciario		14.654.899	12.494.891
Tratamiento Cuaternario		21.808.732	17.691.199
Conducción PTAR a sector		3.765.175	3.765.175
Subtotal		70.759.082	62.834.086
Contingencias	18%	12.736.635	11.310.135
Subtotal		83.495.716	74.144.221
Control y Gestión de Proyectos	15%	12.524.357	11.121.633
TOTAL		96.020.074	85.265.854

Fuente: Elaboración propia

El costo privado de la inversión inicial fue estimado en 96.020.074 dólares, sin incluir IVA a precios constantes de Junio de 2016.

El costo social de la inversión inicial resultó en 85.265.854 dólares. No se consideran ampliaciones en la capacidad de la PTAR durante el horizonte de evaluación, por lo tanto tampoco se considera ninguna inversión adicional.

9.1.2.- Costo de oportunidad del terreno

El costo de oportunidad está representado por el dinero que deja de recibirse como consecuencia de la realización de un proyecto, es decir que se trata de flujos de efectivo (o ingresos) que actualmente se perciben y que dejarían de recibirse con la ejecución del proyecto evaluado.

El terreno donde se construirá la planta de tratamiento del proyecto se encuentra dentro del actual predio donde está emplazada la Planta Depuradora de la Primera Cuenca, perteneciente al organismo operador ABSA y que formaba parte del patrimonio de la ex Obras Sanitarias de la Provincia de Buenos Aires, por lo que se toma como costo hundido y resulta irrelevante en la decisión de construir o no la PTAR. Por estas razones no se considera costo de oportunidad alguno.

9.1.3.- Costos de Operación y Mantenimiento

A los costos privados de operación y mantenimiento descritos en el capítulo 7 (Sección 7.9.2.-) también se le aplicaron los factores de ajuste social, como se muestra en la Tabla N° 70, en la cual se presentan los valores privados y sociales totales y por metro cúbico para cada concepto, pero para el cálculo de la evaluación se analizaron de manera separada en cuanto a su naturaleza fija o variable.

Tabla N° 70.- Costos Privados y Sociales de Operación y Mantenimiento (USD Junio 2016)

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	COSTO PRIVADO	COSTO SOCIAL	COSTO PRIVADO	COSTO SOCIAL
	USD/año		USD/m ³	
<i>Energía Eléctrica</i>	2.242.386	2.242.386	0,1034	0,1034
<i>Productos Químicos</i>	1.331.012	1.331.012	0,061	0,061
<i>Transporte y Disp. Final de Lodos</i>	2.101.826	2.101.826	0,097	0,097
Operación	5.675.224	5.675.224	0,2618	0,2618
Mantenimiento	669.078	535.263	0,0309	0,0247
Mano de Obra	499.431	399.545	0,0230	0,0184
Gastos Generales	116.851	93.481	0,0054	0,0043
TOTAL	6.960.584	6.703.512	0,3210	0,3092

Fuente: Elaboración Propia

A continuación se presentan en la Tabla N° 71 los costos de operación y mantenimiento separados en costos fijos y variables, ya que para el cálculo del flujo de costos se requiere vincular el caudal tratado cada año con su costo variable.

Tabla N° 71.- Costos fijos y variables de Operación y Mantenimiento (USD Junio 2016)

		COSTO PRIVADO	COSTO SOCIAL
Costo Variable	USD/m ³	0,262	0,262
Costo Fijo	USD/año	1.285.360	1.028.288

Fuente: Elaboración Propia

El costo variable a su vez, se discrimina en un costo por tratamientos primario, secundario y transporte y disposición final de lodos (0,14 USD/m³) de todo el efluente entrante a la planta y otro costo variable por tratamiento terciario y cuaternario (0,122 USD/m³) solo del caudal destinado a reúso por parte de las industrias.

9.2.- Identificación, cuantificación y valoración de los beneficios sociales

En este apartado se detallan los beneficios identificados que se relacionan con la realización del proyecto, para luego cuantificar y valorar aquellos que sean posibles con base en supuestos razonables, los que formarán parte del flujo de efectivo y servirán para determinar los indicadores de rentabilidad. La valoración de los beneficios implica asignar un valor monetario a los beneficios identificados y cuantificados. Esto puede realizarse aplicando precios de mercado (sin IVA), en

aquellos casos donde no se presentan distorsiones como impuestos o subsidios; o también, aplicando los precios sociales detallados en la sección 2.2.3.1. o con metodologías de valoración económica del medio ambiente, de acuerdo al detalle en la sección 2.2.3.2.

9.2.1.- Beneficio por mayor disponibilidad de agua

Uno de los principales beneficios del proyecto es la producción de aguaregenerada con la calidad requerida para sustituir el agua potable y el agua cruda que utilizan las industrias, liberando dichos volúmenes empleados en procesos e instalaciones. Esta sustitución del agua potable y cruda por agua regenerada permitirá generar los siguientes beneficios:

9.2.1.1. Consumo asociado a la aparición del mercado de aguaregenerada

La aparición de la oferta de agua regenerada debido al proyecto permitirá la liberación de recursos por sustituir agua potable/cruda por agua regenerada para la industria. La manera de cuantificar este beneficio es por medio del número de m³ consumidos de agua regenerada, representado por el consumo de las industrias del Polo Petroquímico (620 m³/hora de agua potable + 1.250 m³/hora de agua cruda), que es el consumo actual, constante hasta el 2025, para luego crecer un 20 % por única vez en el 2026 y seguir proyectando hasta el 2036. Es de esperarse, dada la confirmación de Dow entre otras empresas¹⁰⁴, que para el año 2025 ya estarían las ampliaciones hechas y el aumento en la capacidad de producción de las industrias, genere una mayor demanda de agua (20 %, tomando un valor razonable).

Para su valoración se debe considerar el precio social del aguaregenerada. Como no existe un mercado de agua regenerada, se toma el valor del precio de agua regenerada que se usa en España, en un Polo Petroquímico del Camp de Tarragona en industrias de similares procesos, menos lo que pagan actualmente: **0,50 Euros/m³ = 0,68 USD/m³**¹⁰⁵

El valor del agua regenerada de 0,68 USD/m³ (26/06/2014) esequivalente al valor del agua en junio 2016 (tipo de cambio social), ya que la inflación es muy baja en dólares (0,12 % - Período junio 2014-junio 2015 y 1,00 % - Período junio 2015-junio 2016).

Actualmente las tarifas que paga el sector son:

Tarifa de agua cruda: 0,05 USD/m³ (Junio 2016)

Tarifa de agua potable: 0,062 USD/m³ (Junio 2016)

Por lo tanto, el beneficio incremental hasta el año 2025 inclusive será:

$(0,68\text{USD}/\text{m}^3 * 16.381.200 \text{ m}^3/\text{año}) - (0,05 \text{ USD}/\text{m}^3 * 10.950.000 \text{ m}^3/\text{año} + 0,062 \text{ UDS}/\text{m}^3 * 5.431.200 \text{ m}^3/\text{año}) = 10.252.254 \text{ USD}$

¹⁰⁴ <http://ar.dow.com/es-ar/noticias-y-prensa/noticias/20141113a>

<http://www.lanueva.com/la-ciudad/849325/la-empresa-quimica-dow-chemical-le-prometio-a-macri-inversiones-en-el-polo-de-bahia-blanca.html>

¹⁰⁵ Precio de agua regenerada al 26/06/2014 = 0,50 euros/m³. Conversión 1 Euro = 1,36 Dólar.

Y a partir del 2026 será:

$$(0,68\text{USD}/\text{m}^3 * 19.657.440 \text{ m}^3/\text{año}) - (0,05 \text{ USD}/\text{m}^3 * 10.950.000 \text{ m}^3/\text{año} + 0,062 \text{ UDS}/\text{m}^3 * 5.431.200 \text{ m}^3/\text{año}) = 12.480.097 \text{ USD}$$

9.2.1.2. Mayor disponibilidad de agua para consumo residencial

El beneficio enunciado anteriormente no refleja el beneficio de sustituir agua potable de consumo industrial por consumo residencial. Esto se debe a que el valor del metro cúbico de consumo residencial es más caro que el metro cúbico para uso industrial. Por lo tanto, los metros cúbicos de agua potable y cruda utilizados en la industria que se sustituyen en el enunciado anterior, se valorizan al precio social del agua potable para consumo residencial¹⁰⁶. Se estima un valor conservador, tomando la tarifa inicial del cuadro tarifario vigente de ABSA de 5,74 $\$/\text{m}^3$ (0,40 USD/m^3 , al tipo de cambio social 14,24 $\$/\text{USD}$) en lugar del valor promedio entre las 13 escalas de consumo establecidas en las facturaciones por ABSA (9,077 $\$/\text{m}^3 = 0,637 \text{ USD}/\text{m}^3$, al tipo de cambio social 14,24 $\$/\text{USD}$)¹⁰⁷.

Otro análisis que se puede hacer es considerar el consumo per cápita de agua potable estimado para Bahía Blanca (531 litros/hab.-día)¹⁰⁸ con un promedio de personas por hogar de 2,8 (INDEC, 2010). Esto da un consumo mensual por hogar de 44.604 litros equivalente a 44,60 $\text{m}^3/\text{hogar-mes}$. Esto reflejado en la tarifa da hasta 45 m^3 un total de 9,63 $\$/\text{m}^3$, equivalente al valor promedio de las 13 escalas.

Por lo tanto el beneficio incremental hasta el año 2025 inclusive estará dado por:

$$0,40\text{USD}/\text{m}^3 * 16.381.200 \text{ m}^3/\text{año} = 6.603.096 \text{ USD}$$

Y del año 2026 en adelante serán:

$$0,40\text{USD}/\text{m}^3 * 19.657.440 \text{ m}^3/\text{año} = 7.923.715 \text{ USD}$$

La tabla N° 72 presenta el flujo neto social que se obtendría después de descontar a los beneficios todos los costos sociales.

¹⁰⁶ Para estimar el precio social de agua potable para consumo residencial, al precio de mercado se le debe descontar el impuesto al valor agregado (IVA). Como el Decreto N° 409/16 fija la tarifa sin IVA, se considera precio de mercado igual al precio social.

¹⁰⁷ Según Decreto N° 409/16 que fija la tarifa actual.

¹⁰⁸ Ver Apartado 5.5.4.1.- Consumo de agua potable y cruda.- Tabla N° 34

Tabla N° 72.- Flujo neto social (USD/Junio 2016)

Año	Agua residual 1° C	AR Alim para Trat 3	ART y consumida	AR sobrante	Inversión Inicial	Costos variables - Trat 1 y 2	Costos variables - Trat 3 y 4	Costos fijos	COSTO TOTAL	Beneficio incremental por ART	Beneficio incremental por consumo residencial	BENEFICIO INCREMENTAL TOTAL	FLUJO NETO
	m ³ /hora				USD/año					USD/año		USD/año	
2016	0	0	0	0	39.193.988				39.193.988			0	-39.193.988
2017	0	0	0	0	46.071.867				46.071.867			0	-46.071.867
2018	2.591	2.860	1.870	990		3.174.926	1.996.868	1.028.288	6.200.083	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.655.267
2019	2.705	2.985	1.870	1.115		3.314.073	1.996.868	1.028.288	6.339.229	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.516.120
2020	2.820	3.112	1.870	1.242		3.454.686	1.996.868	1.028.288	6.479.843	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.375.507
2021	2.936	3.240	1.870	1.370		3.596.783	1.996.868	1.028.288	6.621.939	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.233.411
2022	2.957	3.264	1.870	1.394		3.623.113	1.996.868	1.028.288	6.648.269	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.207.080
2023	2.979	3.288	1.870	1.418		3.649.655	1.996.868	1.028.288	6.674.811	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.180.539
2024	3.001	3.312	1.870	1.442		3.676.409	1.996.868	1.028.288	6.701.566	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.153.784
2025	3.023	3.336	1.870	1.466		3.703.379	1.996.868	1.028.288	6.728.535	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.126.815
2026	3.045	3.361	2.244	1.117		3.730.565	2.396.242	1.028.288	7.155.095	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.248.717
2027	3.064	3.382	2.244	1.138		3.754.428	2.396.242	1.028.288	7.178.958	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.224.854
2028	3.084	3.404	2.244	1.160		3.778.464	2.396.242	1.028.288	7.202.994	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.200.818
2029	3.104	3.425	2.244	1.181		3.802.673	2.396.242	1.028.288	7.227.203	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.176.609
2030	3.124	3.447	2.244	1.203		3.827.057	2.396.242	1.028.288	7.251.587	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.152.225
2031	3.144	3.470	2.244	1.226		3.851.616	2.396.242	1.028.288	7.276.147	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.127.666
2032	3.164	3.492	2.244	1.248		3.876.354	2.396.242	1.028.288	7.300.884	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.102.928
2033	3.184	3.514	2.244	1.270		3.901.269	2.396.242	1.028.288	7.325.799	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.078.013
2034	3.205	3.537	2.244	1.293		3.926.365	2.396.242	1.028.288	7.350.895	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.052.917
2035	3.225	3.560	2.244	1.316		3.951.642	2.396.242	1.028.288	7.376.172	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.027.640
2036	3.246	3.583	2.244	1.339		3.977.101	2.396.242	1.028.288	7.401.631	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.002.181

Fuente: Elaboración propia

Otros beneficios, aunque no pueden ser cuantificados y valorados, deben al menos identificarse. Entre ellos se pueden encontrar los siguientes:

9.2.2.- Beneficio ambiental por la eliminación de externalidades negativas en el medio ambiente

En este caso, el beneficio se verá reflejado por la eliminación del flujo de agua residual con alto grado de contaminación vertida actualmente en el estuario proveniente de la Planta de Tratamiento Bahía Blanca, ubicada en la denominada Primera Cuenca, que según Cifuentes et al. (2.014), las mayores cargas másicas de DBO_5 que llegan a las aguas del Estuario se corresponden con las descargas de los efluentes que provienen de la ciudad, siendo “...la carga másica de la descarga Cloacal Cuenca Principal Bahía Blanca aproximadamente 30 veces superior a la descarga industrial con mayor aporte, y la carga de la Tercera Cuenca, 3 veces superior...” (Cifuentes et al., 2.014).

En este punto, la tesis de AngelaBohn (2016), propone la utilización de los Precios Sombra para la obtención del precio de los contaminantes extraídos del agua residual, metodología que se basa en la valoración a partir del beneficio obtenido de no contaminar, es decir, por dejar de volcar contaminantes al Estuario. Para ese trabajo, toma la propuesta de Merli (2.014) para la depuración y reutilización de los efluentes urbanos que llegan a la planta depuradora de la Cuenca Principal y de esta manera se incluyen los beneficios ambientales en el análisis económico poniéndole valor monetario, comparando luego los costes totales con los beneficios totales (incluidos los ambientales).

Lamentablemente, dichos beneficios ambientales en este trabajo no se pueden adoptar para el análisis socioeconómico, por una serie de razones:

- la propuesta de base es diferente: la tesis de Bohn (2016) toma la propuesta de Merli (2014), la cual supone otros caudales y otros procesos de tratamiento. Los datos de la planta tomada como referencia por Bohn (2016) se interpolaron con los de la Comunidad Valenciana (España) para poder asociarse a los de la planta propuesta por Merli (2.014) para la Cuenca Principal (Bahía Blanca, Argentina) y obtener los costes del proyecto. En la presente tesis, se ha hecho un estudio de la demanda de agua y saneamiento, partiendo de la proyección de la población para llegar a los caudales y los procesos de tratamiento y los costos de inversión, operación y mantenimiento han sido reajustados de los que fueran elaborados por Mekorot (2011).
- El trabajo de Bohn (2016) plantea tomar la inflación, para lo cual toma como valor de la inflación en la Argentina para el año 2.016 el 25,34% con un tipo de interés para el cálculo del VAN de 24,91 %. Mi trabajo está proyectado con valores expresados a precios constantes (dólares Junio 2016).
- La tasa de descuento utilizada (tanto para actualizar valores desde el punto de vista ambiental como social) por Bohn (2016) es del 12 % mientras que la que empleamos aquí es del 9 %.
- Para Bohn (2016) el precio se toma igual que el valor actual que están pagando por el agua bruta del Dique Paso de las Piedras. Este valor es desde el 01/01/2015 de 2,39 \$/m³, que

aplicando el factor de convertibilidad para Julio 2.016 (1€=16\$) arroja un resultado de 0,15 €/m³ (o el equivalente a dólares 0,13 USD/m³). Para este trabajo, este valor es considerablemente diferente (tarifa de agua cruda: 0,05 USD/m³ (Junio 2016)).

Del trabajo de Bohn (2016) se desprende que los beneficios ambientales por la eliminación de nitrógeno, la eliminación de los sólidos en suspensión, la eliminación de DQO y de la DBO son fundamentales y representan en el momento inicial de hacer el proyecto el 95 % de los beneficios. También, en este sentido hay que decir que el trabajo de Merli (2014)¹⁰⁹ concluye que la regeneración de aguas residuales implica un impacto sobre el estuario por debajo de la cuarta parte de lo que implica su descarga directa, entre otras conclusiones.

De esta manera queda demostrado el papel fundamental que juega el medio ambiente, valorado particularmente por el trabajo realizado de Bohn (2016). Por lo manifestado anteriormente, en esta evaluación se dejara dicho beneficio como un intangible.

9.2.3. Beneficio por la venta de lodos secos estabilizados

El tratamiento de agua en la PTAR producirá de manera paralela lodos, que estabilizados podrían llegar a venderse, considerando el cumplimiento de las directivas de la Resolución N° 97/2001 de la Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental mediante el cual se establece el “Reglamento para el Manejo Sustentable de Barros Generados en Plantas de Tratamiento de Efluentes Líquidos” y permitirían obtener un beneficio indirecto. El lodo estabilizado podría ser comercializado como abono para uso agrícola o forestal, recuperación de suelos degradados, restauración de paisajes, como insumo en procesos de elaboración de productos fertilizantes o de abonos para otros usos (para los que se deben establecer regulaciones específicas). Su cuantificación y valoración quedarán como intangibles en la presente evaluación.

9.2.4.- Beneficio por el impacto en la actividad económica de los pescadores

Hay evidencias que el estuario está siendo transformado y que uno de los más importantes es el aporte de la Cuenca Principal Bahía Blanca, además de otras como ser refinerías, plantas petroquímicas y fábricas de productos sintéticos. El dragado del Canal Principal de Navegación es otra de las actividades importantes en el área que inciden en el transporte de sustancias potencialmente contaminantes (Marcovecchio, 2000). Las condiciones que afectan a la actividad pesquera son muchas. Existe una importante comunidad pesquera artesanal y comercial que desarrolla sus actividades utilizando como puertos de asiento el de Ingeniero White y el de Coronel Rosales. El proyecto podría tener un impacto positivo sobre las actividades económicas de dicho sector, al disminuir la contaminación en dicho estuario, en busca de la sustentabilidad de la producción pesquera en el área local, conservando y preservando el medio ambiente del estuario. Este beneficio también quedara como intangible.

¹⁰⁹El cual toma el Análisis del Ciclo de Vida comparando los procesos efectuados en la Planta de Tratamientos Bahía Blanca en las condiciones actuales respecto de otra en la que se incluye un tratamiento primario, secundario y terciario, con el fin de determinar si la regeneración propuesta implica un mejor comportamiento ambiental del proceso.

9.3. Indicadores de Rentabilidad Social

Una vez calculado el flujo de efectivo social del proyecto, se estiman los indicadores de rentabilidad para determinar la conveniencia de llevar a cabo el proyecto. En general puede decirse que un proyecto es rentable cuando sus beneficios son mayores a los costos, es decir cuando se genera un incremento neto de riqueza para la sociedad en su conjunto, desde la perspectiva de la evaluación social.

Tabla N° 73.- Indicadores de Rentabilidad Social

Indicador	Valor
Horizonte	20 años
Tasa de descuento social	9 %
Valor actual neto social (VANS)	12.237.614 dólares Junio 2016
TIRS	10,86 %

Fuente: Elaboración propia

En esta etapa también deben excluirse consideraciones relativas al financiamiento del proyecto, debido a que como primer paso, debe demostrarse que el proyecto es rentable y después analizar la mejor forma de su financiamiento.

9.4. Análisis de Sensibilidad y Riesgos

Este tipo de análisis sirve para determinar la variación que puede tener un proyecto en sus parámetros de rentabilidad ante cambios en sus principales variables tanto de costos como de beneficios. En el Anexo V se presentan los diferentes análisis de sensibilidad, que van desde la variación de hasta un 20 % de más y un 20 % de menos, tanto para el monto de la inversión inicial, el costo variable de la energía eléctrica, la demanda de agua regenerada por parte de las industrias, la tarifa de agua regenerada que pagan las industrias y por último la tasa de descuento social.

9.4.1. Sensibilidad respecto al monto de la inversión inicial

Respecto al monto de la inversión inicial, para que el proyecto tuviera un VANS cero, es decir que su rentabilidad fuera nula, la inversión inicial social tendría que ser algo mayor al 15 % que el valor original, algo así como 98.055.733 USD. Podría llegar a decirse que esta variable representa un factor de riesgo para el proyecto.

Tabla N° 74.- Sensibilidad respecto de la inversión inicial

	Inversión Inicial	VANS	TIRS
	(USD)	(USD)	(%)
-20%	68.212.683	28.529.965	14,13%
-15%	72.475.976	24.456.877	13,20%
-10%	76.739.269	20.383.789	12,35%
-5%	81.002.562	16.310.702	11,58%
0%	85.265.854	12.237.614	10,86%

5%	89.529.147	8.164.526	10,20%
10%	93.792.440	4.091.438	9,58%
15%	98.055.733	18.350	9,003%
20%	102.319.025	-4.054.737	8,46%

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla N° 74 se puede observar cómo se afectan el VANS y la TIRS ante variaciones en el monto de inversión inicial y un detalle se encuentra en el Anexo V – Tablas 1.1 a 1.8.

9.4.2.- Sensibilidad respecto al Costo Variable de la Energía Eléctrica

Respecto del costo variable de la energía eléctrica resulta ser muy poco sensible a las variaciones. El costo de la energía eléctrica (USD/kWh) podría aumentar algo más del 70 % para que el VANS sea nulo. Esta sensibilidad se muestra en la Tabla N° 75 y el detalle en el Anexo V – Tablas 2.1 a 2.8.

Tabla N° 75.- Sensibilidad respecto al costo variable de energía eléctrica

	Costo variable unitario (USD/m3)		VANS	TIRS
	Trat 1° y 2°	Trat 3° y 4°	(USD)	(%)
-20%	0,132	0,109	15.740.355	11,37%
-15%	0,134	0,112	14.869.023	11,24%
-10%	0,136	0,115	13.997.691	11,12%
-5%	0,138	0,119	13.126.359	10,99%
0%	0,140	0,122	12.237.614	10,86%
5%	0,141	0,126	11.383.694	10,73%
10%	0,143	0,129	10.512.362	10,60%
15%	0,145	0,132	9.641.030	10,47%
20%	0,147	0,136	8.769.698	10,34%

Fuente: Elaboración propia

9.4.3.- Sensibilidad respecto a la Demanda de Agua Regenerada

En relación a la demanda de agua regenerada, se muestra como disminuyendo la cantidad consumida alrededor del 8,5 % se obtendría un VANS nulo, aunque es de esperar que las industrias tiendan a incrementar ese consumo.

Tabla N° 76.- Sensibilidad respecto al consumo de Agua Regenerada

	Agua Tratada		VANS	TIRS
	Etapa 1 (m3)	Etapa 2 (m3)	(USD)	(%)
-20%	1.496	1.795	-15.593.322	6,42%
-15%	1.590	1.907	-8.635.588	7,61%
-10%	1.683	2.020	-1.677.854	8,74%
-5%	1.777	2.132	5.279.880	9,82%
0%	1.870	2.244	12.237.614	10,86%

5%	1.964	2.356	19.195.348	11,87%
10%	2.057	2.468	26.153.082	12,85%
15%	2.151	2.581	33.110.815	13,80%
20%	2.244	2.693	40.068.549	14,73%

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla N° 76 se muestra la sensibilidad respecto a la demanda de agua regenerada y en el Anexo V un detalle de los cálculos – Tablas 3.1. a 3.8.

9.4.4.- Sensibilidad respecto a la tarifa de agua regenerada

Con respecto a la tarifa del agua regenerada, se puede decir que se podría disminuir la tarifa hasta 0,60 USD/m³ para obtener un VANS nulo, esto es algo más del 12 %. Esta sensibilidad puede observarse en la Tabla N° 77 y el detalle de cálculos en el Anexo V – Tablas 4.1 a 4.8.

Tabla N° 77.- Sensibilidad respecto a la tarifa de agua regenerada

	Tarifa Agua Regenerada	VANS	TIRS
	USD/m ³	(USD)	(%)
-20%	0,54	-7.451.561	7,80%
-15%	0,58	-2.529.268	8,60%
-10%	0,61	2.393.026	9,37%
-5%	0,65	7.315.320	10,13%
0%	0,68	12.237.614	10,86%
5%	0,71	17.159.908	11,58%
10%	0,75	22.082.201	12,28%
15%	0,78	27.004.495	12,96%
20%	0,82	31.926.789	13,64%

Fuente: Elaboración propia

9.4.5.-Sensibilidad con respecto a la Tasa de Descuento Social

En referencia a la tasa de descuento social, puede aumentar hasta un poco más de un 20 % para obtener un VANS nulo. Esta sensibilidad se muestra en la Tabla N° 78 y demuestra un factor de riesgo para el proyecto. En el Anexo V – Tablas 5.1. a 5.8 se encuentra el detalle de los cálculos.

Tabla N° 78.- Sensibilidad respecto a la Tasa de Descuento Social

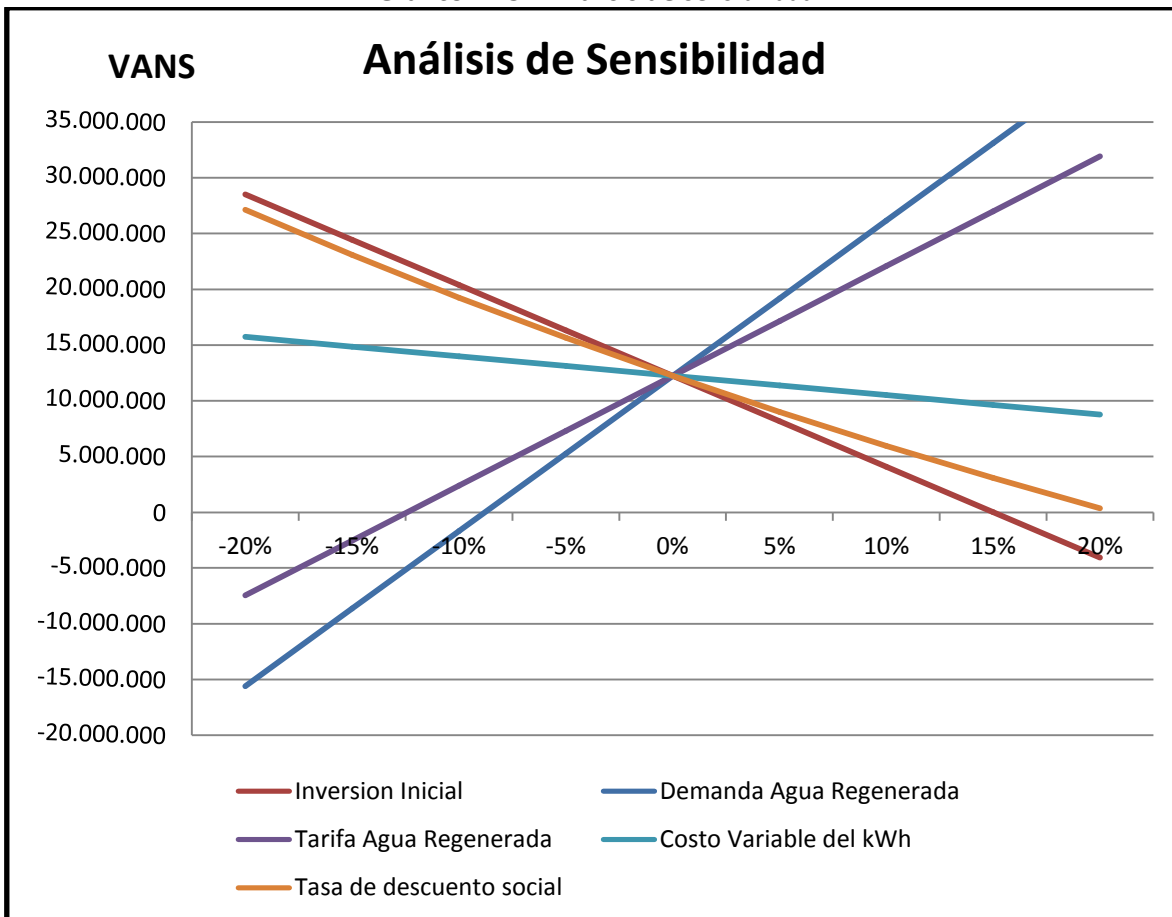
	TDS	VANS
	%	USD
-20%	7,20%	27.139.335
-15%	7,65%	23.085.335
-10%	8,10%	19.260.200
-5%	8,55%	15.648.927
0%	9,00%	12.237.614
5%	9,45%	9.013.372

10%	9,90%	5.964.246
15%	10,35%	3.079.138
20%	10,80%	347.743

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, a modo de resumen se pueden observar en el Gráfico N° 5 las sensibilidades del VANS con respecto a las principales variables: a la inversión inicial, al costo variable de la energía eléctrica, a la demanda de agua regenerada, a la tarifa de agua regenerada y a la tasa de descuento social. Las que más alta sensibilidad presentan son el monto de la inversión inicial, la tasa de descuento social y la tarifa de agua regenerada.

Gráfico N° 5.- Análisis de Sensibilidad



Fuente: Elaboración propia

En cuanto a los riesgos, se debe considerar que el mayor riesgo es la tarifa de agua regenerada, por debajo de los 0,60 USD/m³ no sería suficiente para recuperar los costos o bien que las industrias no utilicen el agua regenerada, lo cual es más difícil ya que la tendencia es a que aumenten el consumo en lugar de disminuirlo.

10.- CONSIDERACIONES FINALES Y RECOMENDACIONES

En la presente tesis se evaluó la viabilidad del desarrollo de actividades de tratamiento y reúso de aguas residuales con destino a las industrias a gran escala del sector industrial portuario de Bahía Blanca.

Así pues, como se menciona en la introducción, este trabajo parte de la siguiente hipótesis: *“La viabilidad del desarrollo de actividades de tratamiento y reúso de aguas residuales con destino a las industrias a gran escala del sector industrial portuario de Bahía Blanca, en el marco de la perspectiva de la GIRH, está fuertemente condicionada no solo por los aspectos tecnológicos sino por problemas institucionales, legales, normativos, sociales, de gestión, de estimación de costos, de comercialización y de financiación”.*

La reutilización de las aguas residuales es una opción importante en la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) que optimiza el uso del agua en todas sus formas. La inclusión de la regeneración y la reutilización como estrategias básicas de la GIRH es sin duda el reto fundamental, para formar un marco de planificación, de una reglamentación de los derechos al agua regenerada, de la fijación tanto de los medios técnicos para regenerar el agua como de las normas de vigilancia y seguimiento de la calidad del agua regenerada para sus posibles usos y de la definición del marco económico y financiero con el que potenciar su desarrollo.

La reutilización de los efluentes cloacales a partir de su regeneración forma parte de la gestión sostenible del recurso, utilizando tecnologías disponibles que permiten enfrentar los problemas de escasez, ya sea física o económica, que presenta Bahía Blanca. Los ciudadanos tienen el derecho a poder disponer del recurso, la empresa prestadora tiene la obligación de garantizarlo y los Gobiernos (municipal, provincial y nacional) tienen que luchar porque esto ocurra con inversiones y más control. El uso de las aguas regeneradas provenientes de la Cuenca Principal de Bahía Blanca en el sector industrial, supondría, como objetivo principal, la liberación de agua de calidad para otros usos donde esta sea esencial, y como consecuencia, el equilibrio entre uso, protección de las fuentes y conservación del medio ambiente.

Si se llevara adelante el proyecto de regeneración y reutilización de aguas residuales en la ciudad de Bahía Blanca sería un desafío su gestión, ya que se verían involucrados una gran cantidad de actores y organismos, públicos y privados. Esto lo convierte en una solución compleja desde el punto de vista jurisdiccional para su puesta en operación y explotación. En este trabajo queda en evidencia el incumplimiento de la legislación aplicable para el control de las descargas de efluentes cloacales, hecho que de mantenerse impactaría negativamente en la PTAR. El Organismo de Control del Agua de Buenos Aires (OCABA) tiene como objetivo controlar el cumplimiento del marco regulatorio en materia del servicio público de agua y desagües cloacales, en este caso la responsabilidad de controlar a la empresa concesionaria ABSA S.A. que realice el mantenimiento del sistema de la red cloacal en forma apropiada. La autoridad del agua (ADA) ha avanzado desde 2013 en adelante en políticas que establecieron la creación de un Banco Único de Datos de Usuarios de Recursos Hídricos (BUDURH) y si avanza en la profundización de los controles del cumplimiento de la calidad de los efluentes antes de su vuelco a la red cloacal, se puede prever que redundara en un mejoramiento de la calidad de los efluentes cloacales que llegan a la PTAR.

Es necesario tomar medidas concretas respecto a los efluentes cloacales urbanos que se vuelcan a la red, sin tratamiento o con un escaso tratamiento previo, así como el estado general de las redes del sistema cloacal. Este sistema presenta graves deficiencias: pérdidas de la red, obstrucciones o desbordes por roturas, taponamiento que fluyen por las calles o derivan a cuerpos de agua (Arroyo Napostá o Canal Maldonado) y en los efluentes que se vuelcan al estuario desde la Planta de Tratamiento Bahía Blanca (con tratamiento incompleto) o con mal funcionamiento como la Planta de la Tercera Cuenca. La depuración debe garantizar la entrega de un agua depurada según lo establece la normativa de vuelco, cosa que hoy la empresa prestadora no está cumpliendo y el sistema de reutilización debe obtener y mantener el agua regenerada en los niveles de calidad y cantidad autorizados y requeridos para el uso posterior de las industrias.

Hay que tener en cuenta, que la red cloacal es independientemente del sistema pluvial, y que existen conexiones clandestinas de pluviales a la red de desagües cloacales que se evidencia en el volumen de agua residual que llega a las plantas de tratamiento cuando se producen lluvias (aprox. 10 % en la primera cuenca y entre 30 al 50 % en la tercera cuenca) y que eso también se debería poder controlar y eventualmente representaría también un agua a tratar.

Las condiciones actuales de concesión a una empresa mixta (ABSA S.A.) con participación mayoritaria del estado provincial y la responsabilidad del Ministerio de Obras Públicas para la extensión de redes del servicio tanto de agua y cloacas, constituyen condiciones favorables para prever que si se establecen políticas públicas destinadas a mejorar la calidad de los servicios de agua y cloaca, no existen impedimentos de tipo legal para alcanzarlos. Los esfuerzos de las políticas públicas para el sector agua-saneamiento deberían concentrarse en incrementar la cobertura y garantizar la continuidad del servicio, reduciendo el porcentaje de pérdidas en la red de abastecimiento de agua potable mediante un plan para reparar y disminuir fugas. Por lo tanto se deben implementar acciones para reducir los índices de agua no contabilizada, ya que actualmente alcanzan el 30 % sobre el volumen entregado a la red y el 45 % del volumen facturado de agua potable y cloacas.

Actualmente, el análisis de la eficiencia del sistema en términos de generación de agua solo se puede hacer analizando la facturación. La medición de caudales es una herramienta fundamental en la gestión de los servicios de agua y saneamiento, tanto el total de agua cruda transportada, como la cantidad de agua inyectada a la red de agua potable y el caudal de efluentes que llega a las instalaciones de las plantas depuradoras. Por lo tanto, se considera imprescindible incorporar sistemas de macro medición instalando caudalímetros en puntos estratégicos de la red de agua y cloacas, por ejemplo, la instalación de un caudalímetro a la salida de la planta Patagonia. Asimismo es necesario seguir fortaleciendo el sistema de micro medición de la red de abastecimiento de agua potable, ya que actualmente el servicio no medido representa aproximadamente el 40 % del total facturado y cerca del 30 % de la demanda total del sistema.

La metodología Costo Beneficio utilizada en este proyecto permitió concluir que es viable la realización del mismo bajo las condiciones y supuestos analizados, desde el punto de vista social, en un periodo de 20 años, con una tasa de descuento social del 9% anual y con todos los flujos del proyecto expresados a precios constantes de dólares de Junio 2016, que demuestran que en términos sociales dicho proyecto es rentable, con un VANS de 12.237.614 dólares y una TIRS del 10,86 %.

Este resultado socio-económico se obtuvo a partir de diferentes supuestos:

- El cálculo de la proyección de la demanda fue desarrollado eligiendo de las dos tasas de crecimiento (método de la Tasa Geométrica Decreciente y Método Relación – Tendencia), se adoptó el promedio de dichas tasas de crecimiento anual entre cada subperíodo, en cada localidad. El proyecto está en condiciones conservadoras con tasas de crecimiento anual promedio del 0,82 % (entre 2017-2026) y del 0,72 % (entre 2027 y 2036) para Bahía Blanca y para Punta Alta 0,09 % (entre 2017 y 2026) y del 0,01 % (entre 2027-2036). Recordemos que el estudio de la demanda de agua se realizó para las dos localidades, pues se abastecen de la misma fuente de agua.
- Para la proyección de la generación de aguas residuales se aplicó al consumo de agua potable (medido y no medido de la ciudad de Bahía Blanca) el coeficiente de retorno de aguas residuales, que para nuestro país en general, se utiliza un coeficiente de 0,8. Posteriormente se estimó la cantidad de agua residual generada que llega a la red cloacal, asumiendo constante la cobertura actual del 83 %, esto indica que se considera que los medidores crecen a igual ritmo que las nuevas conexiones (aproximada por la tasa de crecimiento de la población).
- El caudal tomado para el diseño del proyecto considera únicamente los aportes de la cuenca que llegan a la Planta Tratamiento Bahía Blanca dejando de lado el caudal de la Planta de Tratamiento de la Tercera Cuenca, que de ser considerada su incorporación variaría en 400 m³ por hora aproximadamente. Dicha alternativa requeriría de la construcción de un sistema de bombeo (deberá bombear desde una altura de 5 m.s.n.m a una altura aproximada de 10 m.s.n.m), un ducto de 12 km. y un tanque de ecualización hasta las instalaciones donde se ubica el proyecto.
- La inversión inicial seleccionada estuvo condicionada a la elección de diferentes alternativas tecnológicas, que de variar podrían ser significativas. En este trabajo se tomó una etapa de pretratamiento mejorada con igualación de flujo y un tratamiento secundario avanzado que combine oxidación biológica de los contaminantes orgánicos con eliminación de nutrientes. Posteriormente, se realizará un tratamiento terciario mediante ultrafiltración, seguido de ósmosis inversa (desalinización 100%). Para el tratamiento de lodos, se dispondrá un tanque de almacenamiento, unidades de espesamiento de tipo gravedad, unidades de deshidratación y digestores aeróbicos.

Para realizar el análisis de sensibilidad se seleccionaron las variables críticas del proyecto: el monto de la inversión inicial, el costo operativo de energía eléctrica, la demanda de agua regenerada, la tarifa de agua regenerada y la tasa de descuento social. Se observa que para obtener un VAN nulo, se podría aumentar el monto de la inversión inicial social de 85.265.854 dólares hasta un poco más del 15 %, el costo variable de la energía eléctrica (USD/kWh) podría aumentar algo más del 70 %, la demanda de agua tratada de 1.870 m³ (hasta el 2025) y 2.244 m³ (2026-2036) alrededor del 8,5 %, la tarifa que pagaría la industria de 0,68 USD/m³ de agua regenerada podría disminuir hasta 0,60 USD/m³, esto es algo más del 12 % y por último la tasa de descuento social podría aumentar hasta un poco más de un 20 %.

Cabe destacar que el proyecto se ha evaluado en cuanto a su viabilidad socio-económico, dejando para un análisis posterior demostrar su viabilidad financiera, que no es objetivo de esta tesis. Esto

lleva el análisis a un escenario diferente, en que se consideran los intereses específicos de las partes implicadas. Los principales elementos del análisis serían:

- Evaluación del efecto del proyecto sobre el estado financiero de las partes, que incluye la identificación de los principales ganadores y perdedores y estimaciones de sus ganancias y pérdidas. Esta parte del análisis sirve de base para comprender los incentivos de las partes interesadas, especialmente las industrias, para apoyar o negarse al proyecto.
- Propuestas de transferencias e instrumentos financieros para crear condiciones equitativas para hacer que el proyecto sea aceptable y ofrecer incentivos adecuados a las partes interesadas. Esto incluye una valoración del alcance y modalidades de las tarifas de agua y otros cobros, o bien, de manera inversa, subsidios y mecanismos financieros innovadores, como pago a industrias por servicios ambientales.

Considerando lo anterior, se deberían hacer propuestas para financiar el proyecto, que consideren las diversas fuentes de financiación disponibles y la solución más apropiada para el caso específico.

La información disponible que sustenta la evaluación socioeconómica mediante el análisis costo-beneficio es razonable y está suficientemente fundamentada, la metodología de evaluación y los supuestos son acordes y se recomienda llevar a cabo el proyecto. Sin embargo, han quedado por cuantificar y valorar los beneficios ambientales, valoración a partir del beneficio obtenido de no contaminar, es decir, por dejar de volcar contaminantes al Estuario. Estos beneficios fueron calculados a partir de la utilización de los precios sombra según puede verse en la Tesis de Bohn (2016). El Nitrógeno es el componente que genera mayores beneficios ambientales a la hora de ser eliminado como aporte del Estuario, los Sólidos en Suspensión son los que generan menos beneficios ambientales, quedando en el medio la adecuación de DQO y de DBO. Dichos beneficios, representaron en el momento inicial de hacer el proyecto el 95 % de los beneficios (Bohn, 2016).

Los lodos resultantes del proceso constituyen un problema a la hora de tener que hacerse cargo de su gestión y un gran costo como puede observarse en la estructura de costos (37 % del costo variable). La tecnología utilizada en el proceso toma los tratamientos aeróbicos, que impiden la obtención de biogás, las que podría ser una fuente de energía. La propuesta que se ha considerado aquí es llevarlo a un relleno de seguridad, opción que resulta costosa y que de llevarse a cabo el proyecto debería reverse. En el caso de que no tomara en la corriente de lodos tratamientos anaeróbicos con la posibilidad de obtener energía, a través de la generación de biogás, podría tener otros usos, como por ejemplo el uso agrícola como abono o mejorador del suelo, ayudando a solucionar la problemática de la dependencia de la actividad agrícola sobre los productos químicos.

La viabilidad del proyecto está asociada a la reutilización del agua regenerada por parte de las industrias, lo que permite un beneficio por la liberación de recurso con destino domiciliario. A su vez, implicaría reducir la presión que genera el vertido de los efluentes sobre el estuario, al evitar el vuelco de los posibles contaminantes sobre el mismo y sobre las fuentes convencionales, principalmente el Dique Paso de las Piedras, fabricando agua apta para uso industrial y aumentando la disponibilidad del recurso para abastecimiento.

Es preciso reconocer que el agua tiene un valor económico, aunque sea un bien público, y mediante metodologías de economía se le debe otorgar un precio y así ajustar la tarifa, siempre teniendo en cuenta las necesidades humanas y las limitaciones económicas de los sectores más vulnerables. Es necesario plantear una nueva política tarifaria en torno al agua y al saneamiento que fusione estos servicios con el medio que rodea a la ciudad, dándole un valor en unidades monetaria al agua potable y al agua regenerada. En este punto se tomó de referencia el valor del precio de agua regenerada que se usa en España, en un Polo Petroquímico del Camp de Tarragona en industrias de similares procesos. También, llegado el momento de implementar el proyecto habría que estudiar cual es el precio que se ajustaría aquí.

En Argentina no existe un marco nacional, provincial o local que establezca condiciones legales para el desarrollo de la actividad de regeneración y reutilización de aguas residuales. Existe un “Proyecto de Ley Nacional para el Reúso de Aguas Residuales”, actualmente en la Honorable Cámara de Diputados de la Nación Argentina, que de aprobarse se constituiría en una ley de presupuestos mínimos, que definiría el régimen de reúso de aguas residuales y mecanismos de coordinación jurisdiccional y diferenciación de responsabilidades. Dado que los servicios de saneamiento son de jurisdicción provincial, sería necesario contar con una normativa provincial de reúso de aguas residuales.

Más allá de las condiciones de estudio para desarrollar la presente tesis, también podría ser otra alternativa del proyecto, la localización de las infraestructuras complementarias de tratamiento terciario y cuaternario en el predio donde actualmente está la Planta de Tratamiento Ingeniero White, a pocos metros de las industrias, condición que no fue analizada en este trabajo.

Para concluir, la viabilidad de la construcción de una PTAR destinada al abastecimiento industrial debe ir acompañada de otra serie de medidas que garanticen la sustentabilidad del sistema de agua potable y de saneamiento, para lo que son necesarias la ejecución de diferentes obras en el sistema en su integralidad. Como por ejemplo el sistema de conducción desde la fuente principal (dique Paso de las Piedras) hasta la planta potabilizadora, infraestructura para la actualización, ampliación y refacción de la planta de potabilización Patagonia, obras de reparación y mantenimiento de redes, nuevos almacenamientos, etc.

REFERENCIAS

BIBLIOGRAFÍAS

REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍAS

AGUAS BONAERENSES S.A. (2014). *Extracto: Sta incremento tarifa*. Característica 2174. Número 87. Año 2014. Alcance 0. Cuerpo 1. Fecha de inicio: 09/06/2014.

AGUAS BONAERENSES S.A. (2010), *“Sistema Cloacal de Bahía Blanca y Alternativas de Reutilización de Aguas Residuales”*.

ALBOUY, R. (2007). *“El agua subterránea en Bahía Blanca como fuente de abastecimiento”*. Jornadas FUNDASUR, Ciclo El agua, Factor de Desarrollo, Casa Coleman. Bahía Blanca. Argentina.

ALDUNATE, E. (2007). *“Presupuesto y Evaluación de Inversiones Públicas”*. XXIV Reunión Plenaria del Foro Permanente de Direcciones de Presupuestos y Finanzas de la Rep. Argentina. Villa Carlos Paz, Argentina.

ALDUNATE, E. (2006). *“La Evaluación Social de Proyectos en América Latina. Usos y Desafíos”*. Seminario “La Evaluación de los Proyectos de Inversión”. Bogotá, Colombia.

AQUAREC (2006). *Report on integrated water reuse concepts*. Eds. T. Wintgens and R. Hochstrat, Deliverable D19 en: www.aquarec.org

AUTORIDAD DEL AGUA, (2003). *“Parámetros de calidad de las descargas límite admisibles”* - Resolución ADA N° 336/2003.

BERTRANOU, A.; ARAUJO, E. (2002). *“Investigación sistémica sobre regímenes de gestión del agua”*. Caso Mendoza. INA-CELA. Edit. Global Partnership

BOHN, A. (2016). *“Análisis de la viabilidad económica del proyecto de reutilización en la industria de los efluentes cloacales urbanos de la Cuenca Principal de Bahía Blanca (Argentina)”*. Tesis de Máster Oficial en Gestión de Recursos Hídricos. Universidad de Valencia. España.

CARÓN, M. y VICENTE, P. (2012). *“Análisis de la Tasa Social de Descuento”*. Universidad Nacional de Salta. Facultad de Ciencias Naturales.

CENTRO DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS DEL AGUA DE SEVILLA (CENTA), (2008). *“Manual de depuración de aguas residuales urbanas”* Alianza por el Agua. [En línea] Disponible en: <http://alianzaporelagua.org/documentos/MONOGRAFICO3.pdf> [Último acceso: 27 de octubre de 2016].

CENTRO DE ESTUDIOS PARA LA PREPARACIÓN Y EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE PROYECTOS (CEPEP), (Actualización 2015). *“Guía general para la presentación de estudios de evaluación socioeconómica de programas y proyectos de inversión: Análisis Costo-Beneficio”*. México

CENTRO DE ESTUDIOS PARA LA PREPARACIÓN Y EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE PROYECTOS (CEPEP), (2010). *“Metodología para la Evaluación Socioeconómica de Proyectos de Construcción de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)”*. México

CENTRO DE ESTUDIOS PARA LA PREPARACIÓN Y EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE PROYECTOS (CEPEP), 2008a. *“Metodología general para la evaluación de proyectos”*. México

CENTRO DE ESTUDIOS PARA LA PREPARACIÓN Y EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE PROYECTOS (CEPEP), (2008b). *“Guía general para la presentación de estudios de evaluación socioeconómica de programas y proyectos de inversión”*. México

CENTRO DE ESTUDIOS PARA LA PREPARACIÓN Y EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE PROYECTOS (CEPEP), (2006). *“Guía Metodológica General de Preparación y Presentación de Estudios de Proyectos de Inversión Pública”*. México

CENTRO DE ESTUDIOS PARA LA PREPARACIÓN Y EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE PROYECTOS (CEPEP), (2006). *“Guía General para la Preparación y Presentación de Estudios de Evaluación Socioeconómica de Proyectos para la Construcción de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales”*. México

CENTRO DE ESTUDIOS PARA LA PREPARACIÓN Y EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE PROYECTOS (CEPEP), (2004) *“Apuntes Sobre Evaluación Social de Proyectos”*. Actualización de capítulos I y II a Noviembre 2007. México

CENTRO REGIONAL DE ESTUDIOS ECONÓMICOS DE BAHÍA BLANCA ARGENTINA (CREEBBA), (2014). *“Estimación del Producto Bruto del Partido de Bahía Blanca. Resultados preliminares correspondientes al año 2013”*. Diciembre 2014, Bahía Blanca, Argentina. Disponible en: <http://www.creebba.org.ar/main/index.php?op=pbi>

CENTRO REGIONAL DE ESTUDIOS ECONÓMICOS DE BAHÍA BLANCA ARGENTINA (CREEBBA), (2011). *“Bahía Blanca: Ventajas Competitivas y Posibilidades de Inversión”*.

CENTRO REGIONAL DE ESTUDIOS ECONÓMICOS DE BAHÍA BLANCA ARGENTINA (CREEBBA), (2011). *“Valor agregado de la distribución local del agua”*, Estudios Especiales IAE N° 117 – Pág. 9 a 18.

CIFUENTES, O. et al (2014), según convenio MUNICIPALIDAD DE BAHÍA BLANCA - UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL FACULTAD REGIONAL BAHÍA BLANCA. *“Estudio de la dinámica espacial y temporal de los efluentes líquidos industriales y urbanos del Polo Petroquímico y Área Portuaria de Bahía Blanca”*.

CIFUENTES, O. et al (2013). *“Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) y Demanda Química de Oxígeno (DQO) en descargas antrópicas vertidas a un estuario”*. II Reunión Anual PRODECA (Proyecto Integrador para la Determinación de la Calidad del Agua). UTN Facultad Regional Córdoba. Argentina.

CIFUENTES, O. (2000). *“Vulnerabilidad en la Gestión del Servicio de Agua Potable para la ciudad de Bahía Blanca”*. Tesis Maestría en Gestión Ambiental del Desarrollo Urbano (GADU). Universidad Nacional de Mar del Plata. Mar del Plata, Argentina.

CONSEJO HÍDRICO FEDERAL (COHIFE), (2003). *“Principios Rectores de Política Hídrica de la República Argentina”*.

CONSEJO NACIONAL DE COORDINACIÓN DE POLÍTICAS SOCIALES - PRESIDENCIA DE LA NACIÓN Y PROGRAMA DE NACIONES UNIDAS (PNUD) (2015). *“Argentina: Informe Final2015”*. Objetivos de Desarrollo del Milenio. Un camino hacia los Objetivos de Desarrollo Sostenible”

COMITÉ INTERJURISDICCIONAL DEL RÍO COLORADO (COIRCO) (2013). *“Calidad del Medio Acuático. Programa Integral de Calidad de Aguas del Río Colorado”*.

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO – CRA, (2009). Documento de trabajo: *“Modificación, por la causal de mutuo acuerdo, del costo de referencia del cargo por consumo del servicio público domiciliario de alcantarillado, para incorporar los costos de tratamiento de aguas residuales de la PTAR Salitre, presentada por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá E.S.P.”*. Bogotá. Colombia.

COMISION NACIONAL DEL AGUA (CONAGUA), SUBDIRECCIÓN GENERAL DE AGUA POTABLE, DRENAJE Y SANEAMIENTO (2010). Capítulo 4 Infraestructura hidráulica. Estadísticas del agua en México, edición 2011.

DELACÁMARA, G. (2008). *“Guía para decisores – Análisis económico de externalidades ambientales”*. CEPAL – Colección Documentos de proyectos.

ENTE NACIONAL DE OBRAS HÍDRICAS DE SANEAMIENTO – ENOHSa, (2003). *“Guía para la presentación de proyectos de agua potable: Capítulo II, Estudios preliminares para el diseño de obras”*. Argentina

ESANDI, J. et al. (2013). *“Evaluación de factibilidad en el reúso de aguas con destino industrial. (Primer Avance)”*. II Reunión Anual PRODECA (Proyecto Integrador para la Determinación de la Calidad del Agua). UTN Facultad Regional Córdoba. Argentina. ISBN 978-950-42-0136-6

ESCALANTE et al. (2003) *“El Reúso del Agua Residual Tratada en México”*, Instituto Mexicano en Tecnología del Agua en el Seminario Internacional sobre Métodos Naturales para el tratamiento de aguas residuales.

FASCIOLO, G. (2001). *“Reúso de Efluentes para Riego”* presentado en Seminario Cuyano: Ecología, Ambiente y Salud. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza.

FERRO, G. y LENTINI E.; (2015). *“Eficiencia energética y regulación económica en los servicios de agua potable y alcantarillado”*. Serie Recursos Naturales e Infraestructura. Publicación de las Naciones Unidas. ISSN 1680-9017. Enero de 2015. Impreso en Naciones Unidas, Santiago de Chile. ISSN 1680-9017. Disponible en:
http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37630/S1421127_es.pdf?sequence=1

FONTAINE, E. (2008). *Evaluación Social de Proyectos*. 13° Edición. Ed. Pearson Educación de México S.A. de C.V

FREIJE, R.H. y MARCOVECCHIO, J.E. (2004). Oceanografía química. Páginas 69–78, en: M.C. Piccolo y M. Hoffmeyer (Eds.), *Ecosistema del estuario de Bahía Blanca*. Argentina. Bahía Blanca.

FUENTESDÍAZ, M., (2003). *"Identificación de sistemas terciarios para el tratamiento de Aguas Residuales"*. Comisión Nacional del Agua (CNA) – Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).

GODÍNEZGARNICA, R. (2007). *"Evaluación Socioeconómica del Saneamiento de Aguas Residuales de Morelia, Mich"*. Organismo Operadora de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Morelia. México.

GUTIÉRREZ, R. (2011). En *"Política pública y gestión del agua. Aportes para un debate necesario"*. Editor Fernando Isuani. Edit. Prometeo. ISBN 978-987-574-466-0.

LIMÓN MACÍAS, J. G. (2013). *"Los Lodos de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, ¿Problema o Recurso?"*. Guadalajara, Jalisco. México.

HERNÁNDEZ-SANCHO F. et al; (2010). *"Valoración Económica de los Beneficios Ambientales del Proceso de Depuración de Aguas Residuales"*. XVII Jornadas ASEPUMA – V Encuentro Internacional. Rect@ Vol Actas_17 Issue 1 103.

INSTITUTO ARGENTINO DE OCEANOGRAFÍA - UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR; (2003-2004). *Programa Integral de Monitoreo – Subprograma de Monitoreo de Cuerpos Receptores: Ría de Bahía Blanca. Estudio del impacto de la descarga cloacal de la ciudad sobre el estuario de Bahía Blanca"*. Disponible en http://www.bahiablanca.gov.ar/cte/doc/informe-2003_4.pdf

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS (INDEC), (2010). Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas. Total país y provincias. Resultados Definitivos. Variables seleccionadas, Serie B Nº 1.

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA (INTA), (2010). EEA Bordenave. *"Partido de Bahía Blanca. Caracterización del estado productivo actual. Julio 2010"*. Información preparada por los Ing. Agr. A. Marinissen, A. Lauric y C. Coma.

MASTRANTONIO, A. (2006). *"Reúso agrícolas de efluentes industriales y cloacales: efectos en la calidad del agua y suelo"*. Edit. Por la Organización de Estados Iberoamericanos. Programa de Servicios Agrícolas Provinciales PROSAP/SAGPyA- BIRF. Programa de Riego Mendoza.

MEKOROT DEVELOPMENT AND ENTREPRISE, (2011). *"Bahía Blanca Cuenca 1: Proyecto de recuperación de aguas residuales para fines industriales. Informe Final"*.

MENDOZA, M. V (2001). *Apuntes sobre Evaluación de Proyectos: Factibilidad Económico – Social*. Centro de Economía, Legislación y Administración del Agua. Instituto Nacional del Agua (INA). Mendoza. Argentina.

MERLI, G. (2014). *"Propuesta de reutilización de las aguas residuales vertidas al estuario de Bahía Blanca"*. Tesis de Maestría de Ingeniería Ambiental. Facultad Regional Bahía Blanca. Universidad Tecnológica Nacional.

METCALF & EDDY. (2007). “WATER REUSE - Issues, Technologies and Applications”. AECOM. Mc. Graw Hill. ISBN-13: 978-0-07-145927-3.

METCALF & EDDY.(2003). *Wastewater Engineering. Treatment and Reuse*. Cuarta edición. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, (2003). “*Guía Metodológica para la valoración económica de bienes, Servicios Ambientales y Recursos Naturales*”. Grupo de Análisis Económico e Investigación del Ministerio. Colombia. Pág. 11.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO (2010). “*Guía para la Aplicación del Real Decreto 1620/2007 por el que se establece el Régimen Jurídico de la Reutilización de las Aguas Depuradas*”. Gobierno de España. ISBN: 978-84-491-0998-0

MINISTERIO OBRAS PÚBLICAS BUENOS AIRES, UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR, COMISIÓN DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICA. (1997). “*Síntesis. Plan Integral de Abastecimiento de Agua a Bahía Blanca, Gran Bahía Blanca y Punta Alta*”, Actualización 1997.

MINISTERIO DE PLANIFICACIÓN FEDERAL, INVERSIÓN PÚBLICA Y SERVICIOS. ARGENTINA. “*Manual para la formulación de Proyectos. Programa de Infraestructura Hídrica del Norte Grande: Agua y Saneamiento*”.

M. MOLINOS-SENANTE et al.; (2010). “*Estudio de Viabilidad para Proyectos de Reutilización de Aguas Residuales: Valoración Económica de los Beneficios Ambientales*”. Departamento de Economía Aplicada II - Departamento de Matemáticas para la Economía y la Empresa - Universidad de Valencia, Campus del Tarongers –Valencia.

MONSERRAT, V. Y URIBE ECHEVARRÍA, M., (2013). *Proyecto: “Evaluación de reúso de los efluentes cloacales de la cuenca hídrica de Bahía Blanca, con destino agrícola y/o Industrial”*, Bahía Blanca: Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Bahía Blanca. Bahía Blanca, Argentina

MUJERIEGO, R. (2006). “*La Reutilización Planificada del Agua. Aspectos reglamentarios, sanitarios, técnicos y de gestión*”. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona

MUNICIPALIDAD DE BAHÍA BLANCA, (1998). “*Plan Estratégico Bahía Blanca*”. Bahía Blanca. Argentina.

MUNICIPALIDAD DE BAHÍA BLANCA – COMITÉ TÉCNICO EJECUTIVO (2015). “*Programa Integral de Monitoreo – Polo Petroquímico y Área Portuaria del Distrito de Bahía Blanca*”. Informe Medioambientales 2015.

NACIONES UNIDAS, (1982). “*Manual para la evaluación de proyectos industriales*”. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI).

NACIONES UNIDAS. (2003). “*Agua para todos, agua para la vida*”, Primer informe sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO) (2013). *“Reutilización del agua en la agricultura: ¿Beneficios para todos?”*. Informe sobre temas hídricos. Roma. Italia. ISBN 978-92-5-306578-3.

OSÉS PÉREZ, M. (2012). *“La Reutilización del Agua Residual”*. Foro del Agua 2012. Comisión Estatal del Agua de Jalisco. Dirección Operación de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales.

PAOLONI, J. D., Compilador (2010). *“Ambiente y Recursos Naturales del Partido de Bahía Blanca”*. Espósito M.E: et al, Capítulo V: El Acuífero Termal Profundo. EdiUNS, ISBN 978-987-1648-22-1.

PROVINCIA DE BUENOS AIRES (1996). Ley Provincial N° 11.820/96. *“Parámetros de calidad – descargas límites admisibles para efluentes cloacales”*.

RETA, J. (2002). *“Argentina. Provincia de Mendoza”*, se escribe sobre la experiencia del autor en la gestión del uso del agua en la provincia, como Director de Policía del Agua de Mendoza, de 1998 a 2002, estudio publicado por FAO.

RODRÍGUEZ, M. (2013). *“Propuesta de Plan Director de Agua Potable para las localidades de Unquillo y Mendiolaza. Capítulo 5: Estudio de la Demanda”*. Universidad Nacional De Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Córdoba, Argentina.

SARTORA.; CIFUENTES, O. (2012). *“Propuesta de un Marco Normativo para una Ley Nacional de Reúso de Aguas Residuales”*. 18° Congreso Argentino de Saneamiento y Medio Ambiente. AIDIS. Universidad Tecnológica Nacional, Buenos Aires, Argentina.

SCHEFER, J.C. (2004). *“Los Recursos Hídricos y el Abastecimiento de Agua. Región de Bahía Blanca”*. Publicación del CEPAGE. Bahía Blanca, Argentina.

SISTEMA NACIONAL DE INVERSIÓN PÚBLICA (SNIP), (2014). *“Precios Sociales y Pautas Técnicas para la Evaluación Socioeconómica”*. Presidencia, Oficina de Planeamiento y Presupuesto. Uruguay.

UNIDAD DE INVERSIONES, SECRETARÍA DE HACIENDA Y CRÉDITO PÚBLICO; (2008). *“Guía para elaborar y presentar los análisis Costo y Beneficio de Proyectos de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)”*. México.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL, FACULTAD REGIONAL BAHÍA BLANCA; (2011). *“Análisis de viabilidad ambiental – Proyecto Regasificadora y Dragado en Puerto Cuatros”*.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL, FACULTAD REGIONAL BAHÍA BLANCA - UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR; (2009). *“Informe Técnico sobre Aspectos Relevantes de la Problemática del Agua en la Región de Bahía Blanca”*.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL, FACULTAD REGIONAL BAHÍA BLANCA - UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR; (2009). *“Opinión de las Universidades Públicas de Bahía Blanca ante la actual Situación de Crisis Hídrica que afecta a la región”*.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL, FACULTAD REGIONAL RAFAELA; (2013). Boletín “*QuímicaMente*”. Publicación del Grupo GEM. Laboratorio de Química.

URBANO DÍAZ et al. (2006). “*Saneamiento Integral y Reúso Industrial en la Agricultura en San Luis de Potosí*”, en el 4th WorldWaterForum

U.S. EPA GUIDELINES FOR WATER REUSE, (2012). Environmental Protection Agency and U.S. Agency for International Development. Washington, DC.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO), (2006). “Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Volume I: Policy and Regulatory Aspects”.

YANNIAN ZHOU et al (2011). “*Status and development for municipal wastewater reuse in China*”. En International Simposium Water resource and Environmental Protection. Beijing, China.

Páginas Web Consultadas

IG Inversor Global, 15/05/2016. Las empresas sufren el costo de endeudarse en dólares.
<https://igdigital.com/2016/05/las-empresas-sufren-el-costo-de-endeudarse-en-dolares/>

Iagua, 26/03/2015, “Contadores de agua, esenciales para lo esencial”. Disponible en:
<http://www.iagua.es/blogs/javier-calvo-fernandez/contadores-agua-esenciales-lo-esencial>

La Brújula, 07/04/2015. “ABSA destina 40 millones de pesos para la reparación de caños rotos”. Disponible en
http://labrujula24.com/noticias/2015/14095_ABSA-destina-40-millones-de-pesos-para-la-reparacion-de-canos-rotos

La Brújula, 06/04/2015. “Avanza construcción de la central termoeléctrica Guillermo Brown”. Disponible en
http://labrujula24.com/noticias/2015/14062_Avanza-construccion-de-la-central-termoelectrica-Guillermo-Brown

La Brújula, 20/03/2015. “ABSA presentó su programa anual para reparar las roturas en Bahía”. Disponible en
http://labrujula24.com/noticias/2015/13605_ABSA-presento-su-programa-anual-para-reparar-las-roturas-en-Bahia

La Nación, 16/11/2015. “La solución israelí a la escasez de agua”. Disponible en
<http://www.lanacion.com.ar/1845964-la-solucion-israeli-a-la-escasez-de-agua>

La Nueva, 22/01/2016. “La empresa química Dow le prometió a Macri inversiones en el Polo de Bahía Blanca”. Disponible en:
<http://www.lanueva.com/la-ciudad/849325/la-empresa-quimica-dow-chemical-le-prometio-a-macri-inversiones-en-el-polo-de-bahia-blanca.html>

La Nueva, 05/04/2015. “ABSA promete \$ 40 millones para la red de agua y cloacas de nuestra ciudad”. Disponible en
<http://www.lanueva.com/la-ciudad/806478/absa-promete-40-millones-para-la-red-de-agua-y-cloacas-de-nuestra-ciudad.html>

La Nueva, 15/03/2015. “Obtienen financiamiento para el acueducto Río Colorado – Bahía”. Disponible en <http://www.lanueva.com/la-ciudad/803595/obtienen-financiamiento-para-el-acueducto-rio-colorado-bahia.html>

La Nueva, 02/12/2014. “La planta Patagonia estará lista en marzo”. Disponible en <http://www.lanueva.com/la-ciudad/789450/laplantapatagoniaestaraenmarzo.html>

Telám, 11/04/2015. “Quedó firme el fallo que obliga a ABSA a devolver los aumentos de hasta un 180%”. Disponible en <http://www.telam.com.ar/notas/201504/101122-queda-firme-el-fallo-que-obliga-a-absa-a-devolver-los-aumentos-de-hasta-un-180.html>

Tiempo industrial (2015). Periódico de la producción para el desarrollo norpatagónico. UIBB. Año 9. N° 78. Pág. 3.: <http://uibb.org.ar/ti/ti-a09nro78.pdf>

Tiempo industrial (2013). Periódico de la producción para el desarrollo norpatagónico. UIBB. Año 7. N° 61. Pág. 5.: <http://uibb.org.ar/ti/ti-a07nro61.pdf>

Otras páginas Web Consultadas

ABSA
<http://www.aguasbonaerenses.com.ar/>

Centro IPES
http://www.desleronline.com/html/espanol/ipes/ipes_centro_ipes.html

CREEBBA
<http://www.creebba.org.ar/main/index.php?>

DOW – Prensa y Noticias
<http://ar.dow.com/es-ar/noticias-y-prensa/noticias/20141113a>

INDEC
<http://www.indec.gov.ar/>

U.S. Bureau of Labor Statistics
<http://data.bls.gov/cgi-bin/surveymost>

ANEXOS

ANEXO I

Recomendaciones y criterios para el reúso del agua regenerada

ANEXO I

Recomendaciones y criterios para el reúso del agua regenerada

En este anexo se presentan las principales directrices y recomendaciones en torno a la reutilización del agua regenerada.

1.- Directrices de la US EPA

La Agencia de Protección Ambiental (US EPA) junto a la Agencia para Desarrollo Internacional (US AID), publicaron una serie de recomendaciones y criterios por primera vez en 1992, las cuales fueron actualizadas en 2004 y en 2012, bajo la denominación de “*GuidelinesforWaterReuse*”. Estas directrices no intentan ser usadas como criterios definitivos de recuperación y reutilización de agua, sino que pretenden proporcionar una guía razonable para oportunidades de reutilización de agua, en particular en aquellos estados que no han desarrollado sus propios criterios o directrices.

La Tabla N° 1 presenta las recomendaciones de procesos de tratamiento, límites de calidad de agua recuperada, frecuencias de monitoreo y distancias de seguridad de aplicación para la reutilización de agua en varias categorías, establecidas en las “*GuidelinesforWaterReuse*” (US EPA, 2012). Estas directrices se aplican a aguas residuales domésticas provenientes de instalaciones de tratamiento de aguas residuales municipales u otras que tienen una entrada limitada de efluentes industriales. Dado que las directrices sugeridas utilizan información de Estados Unidos, a fin de aplicarse a la recuperación en instalaciones de reutilización en ese país, su aplicabilidad en algunos países puede estar limitada por condiciones locales, sociales, económicas, de regulación, tecnológicas y otras.

Tabla N° 1.- Directrices sugeridas para la reutilización de agua

Categoría de reúso y descripción	Tratamiento	Calidad de agua regenerada	Monitoreo de agua regenerada	Distancias de retiro
Reúso Urbano				
Uso no potable en entornos municipales donde el acceso no está restringido.	Secundario Filtración Desinfección	pH = 6.0-9.0 ≤ 10 mg/l DBO ≤ 2 NTU Aus col fec / 100 ml 1 mg/l Cl ₂ res (min.)	pH: semanal DBO: semanal Turbidez: continua Coliformfec: diario Cl ₂ resid: continuo	15 m a fuentes abastecimiento de agua potable y aumenta a 30 m en medios porosos.
Uso no potable en entornos municipales donde el acceso público es controlado o restringido.	Secundario Desinfección	pH = 6.0-9.0 ≤ 30 mg/l DBO ≤ 30 mg/l SST ≤ 200 col fec / 100 ml 1 mg/l Cl ₂ res (min.)	pH: semanal DBO: semanal SST: diario Coliformfec: diario Cl ₂ resid: continuo	90 m a fuentes de abastecimiento de agua potable. 30 m en áreas de acceso público.
Reúso agrícola				
Riego de cultivos comestibles no procesados comercialmente	Secundario Filtración Desinfección	pH = 6.0-9.0 ≤ 10 mg/l DBO ≤ 2 NTU Aus col fec / 100 ml	pH: semanal DBO: semanal Turbidez: continua Coliformfec: diario	15 m a fuentes abastecimiento de agua potable y aumenta a 30 m en

		1 mg/l Cl ₂ res (min.)	Cl ₂ resid: continuo	medios porosos.
Riego decultivos comestiblesprocesados comercialmente y de cultivos nocomestibles	Secundario Desinfección	pH = 6.0-9.0 ≤ 30 mg/l DBO ≤ 30 mg/l SST ≤ 200 col fec / 100 ml 1 mg/l Cl ₂ res (min.)	pH: semanal DBO: semanal SST: diario Coliformfec: diario Cl ₂ resid: continuo	90 m a fuentes de abastecimiento de agua potable. 30 m en áreas de acceso público.
Recreación / Paisaje				
De libre acceso, no se imponen limitaciones en actividades donde el agua está en contacto con el cuerpo humano.	Secundario Filtración Desinfección	pH = 6.0-9.0 ≤ 10 mg/l DBO ≤ 2 NTU Aus col fec / 100 ml 1 mg/l Cl ₂ res (min.)	pH: semanal DBO: semanal Turbidez: continua Coliformfec: diario Cl ₂ resid: continuo	150 m a fuentes de abastecimiento de agua potable.
Acceso restringido, donde el contacto con el cuerpo humano es ocasional y limitado.	Secundario Desinfección	≤ 30 mg/l DBO ≤ 30 mg/l SST ≤ 200 col fec / 100 ml 1 mg/l Cl ₂ res (min.)	DBO: semanal SST: diario Coliformfec: diario Cl ₂ resid: continuo	150 m a fuentes de abastecimiento de agua potable.
Reúso ambiental				
Para crear, mejorar, mantener o aumentar los cuerpos de agua como humedales, hábitats acuáticos o caudales.	Variable Secundario y Desinfección	Variable, pero no debe exceder: ≤ 30 mg/l DBO ≤ 30 mg/l SST ≤ 200 col fec / 100 ml 1 mg/l Cl ₂ res (min.)	DBO: semanal SST: diario Coliformfec: diario Cl ₂ resid: continuo	
Reúso industrial				
Torres de enfriamiento sin recirculación	Secundario	pH = 6.0-9.0 ≤ 30 mg/l DBO ≤ 30 mg/l SST ≤ 200 col fec / 100 ml 1 mg/l Cl ₂ res (min.)	pH: semanal DBO: semanal SST: semanal Coliformfec: diario Cl ₂ resid: continuo	90 m. a áreas de acceso público
Torres de enfriamiento con recirculación	Secundario Desinfección (Puede ser necesario coagulación química y filtración)	Variable, en función al % recirculación: pH = 6.0-9.0 ≤ 30 mg/l DBO ≤ 30 mg/l SST ≤ 200 col fec / 100 ml 1 mg/l Cl ₂ res (min.)		90 m. a áreas de acceso público. Se puede reducir si se proporciona alto nivel de desinfección.
Otros usos industriales – p. ej. Alimentación de calderas, lavado de equipos, procesamiento, generación de energía y en el mercado de producción de petróleo y gas natural (incluyendo el fracturamiento hidráulico) tiene requisitos que depende del uso final del sitio específico.				

Recarga de acuíferos - Para uso no potable				
Recarga de acuíferos que no se utilizan como una fuente de agua potable.	Dependiente del uso y del sitio: Primario Secundario	Dependiente del uso y del sitio	Dependiente del uso y del tratamiento	Dependiente del sitio
Reúso Potable Indirecto				
Recarga de aguas subterráneas por infiltración en superficie en acuíferos potables	Secundario Desinfección Filtración o tratamiento avanzado	Aus col fec / 100 ml 1 mg/l Cl ₂ res (min.) pH = 6,5 – 8,5 ≤ 2 NTU ≤ 2 mg/l COT Estándares de agua potable después de percolación a través de la zona vadosa	pH: diario Coliformfec: diario Cl ₂ res: continuo Estándares de agua potable: trimestral Otros: depende de constituyentes COT: semanal Turbidez: continua No se requiere seguimiento para virus y parásitos.	Mínimo de 2 meses de retención en subterráneo.
Recarga de aguas subterráneas por inyección en acuíferos potables	Secundario Filtración Desinfección Tratamiento avanzado	Aus col fec / 100 ml 1 mg/l Cl ₂ res (min.) pH = 6,5 – 8,5 ≤ 2 NTU ≤ 2 mg/l COT Estándares de agua potable	pH: diario Turbidez: continua Total Colif: diario Cl ₂ res: continuo COT: semanal Estándares de agua potable: trimestral	Mínimo de 2 meses de retención en subterráneo.
Aumento de depósitos de abastecimiento de agua superficial	Secundario Filtración Desinfección Tratamiento avanzado	Aus col fec / 100 ml 1 mg/l Cl ₂ res (min.) pH = 6,5 – 8,5 ≤ 2 NTU ≤ 2 mg/l COT Estándares de agua potable	Otros: depende Constituyentes No se requiere seguimiento para virus y parásitos.	Depende del Sitio: basado en un tiempo de retención de 2 meses entre la introducción de agua en una fuente de abastecimiento de agua cruda y la entrada a una planta de tratamiento de agua potable.

Fuente: Adaptado de GUIDELINES FOR WATER REUSE. U.S. Environmental Protection Agency|U.S. Agency for International Development (2012).Pág. 131-133.

2. Directrices de la OMS

La Organización Mundial de la Salud (OMS) también ha proporcionado guías para el uso seguro de aguas residuales. En 1971 patrocinó una reunión de expertos en reutilización de aguas, la cual culminó en 1973 con un informe recomendando criterios de salud y procesos de tratamiento para varios usos de aguas residuales. Estos criterios fueron revisados en 1989 y la edición más reciente de estas directrices fue publicada en 2006.

Las directrices de 1989 estaban basadas en la premisa de que los principales peligros para la salud provocados por el empleo de aguas residuales estaban asociados con infecciones por helmintos, por lo tanto, un alto grado de retiro de huevos de helmintos era necesario para el empleo seguro de aguas residuales en la agricultura y la acuicultura (Metcalf & Eddy, 2007).

La tercera edición de las Directrices para el Uso Seguro de Aguas Residuales, Excretas y Aguas Grises, publicada en 2006, fue una extensa actualización de las dos ediciones previas (1973 y 1989 respectivamente), ampliada a fin de incluir evidencias científicas y acercamientos al manejo de riesgos.

Las directrices pretenden ser utilizadas como la base para el desarrollo de estándares y regulaciones nacionales e internacionales relacionadas al manejo de riesgos para la salud asociados con aguas residuales usadas en agricultura y acuicultura (Tabla N° 2).

Tabla N° 2 - Verificación mínima recomendada en el monitoreo de calidad microbiana para aguas residuales usadas en agricultura y acuicultura.

Actividad / Exposición	Parámetros de monitoreo de calidad de agua	
	E. Coli / 100 ml	Huevos de helmintos / l
Agricultura		
<i>Riego sin restricciones</i>		
Cultivos de raíces	$\leq 10^3$	≤ 1
Cultivos de hojas	$\leq 10^4$	
Riego por goteo	$\leq 10^5$	
<i>Riego con restricciones</i>		
Laboreo intensivo, agricultura de alto contacto	$\leq 10^4$	≤ 1
Agricultura sumamente mecanizada	$\leq 10^5$	
Tanque séptico	$\leq 10^6$	
Acuicultura		
<i>Consumidores de productos</i>		
Lagunas	$\leq 10^4$	No detectable
Aguas residuales	$\leq 10^5$	No detectable
Excretas	$\leq 10^6$	No detectable
<i>Trabajadores, comunidades locales</i>		
Lagunas	$\leq 10^3$	No detectable

Aguas residuales	$\leq 10^4$	No detectable
Excretas	$\leq 10^5$	No detectable

Fuente: Adaptado de GUIDELINES FOR THE SAFE USE OF WASTEWATER, EXCRETA AND GREYWATER. Volume I: Policy and Regulatory Aspects. World Health Organization - 2006. Pág. 33.

3.- Otros Países

Diferentes países han desarrollado diferentes regulaciones para la protección de la salud pública y el ambiente en la reutilización de las aguas depuradas.

3.1.- España

En el año 2007, España aprobó el Real Decreto 1620/2007 por el que se regula el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas. Este decreto aborda aspectos relativos al régimen jurídico, tales como el título requerido para su uso, los procedimientos de obtención de la concesión y/o autorización, los contratos de cesión de derechos y establece las condiciones de calidad que debe cumplir el agua regenerada para su uso indicando los usos permitidos y prohibidos y el régimen de responsabilidades en relación al mantenimiento de la calidad.

En la Tabla N° 3 se detallan los valores máximos admisibles de los parámetros en función de los usos a los que está destinada el agua regenerada distinguiendo cinco grandes tipos de usos: urbano, agrícola, industrial, recreativo y ambiental.

Tabla N° 3.- Criterios de Calidad para la reutilización de las aguas según sus usos

Uso del agua previsto	Valor Máximo Admisible (VMA)				
	Nematodos intestinales	<i>EscherichiaColi</i>	Sólidos en Suspensión	Turbidez	Otros criterios
1.- USOS URBANOS					
Calidad 1.1.- RESIDENCIAL a) Riego de jardines privados. b) Descarga de aparatos sanitarios.	1 huevo/10 L	0 (UFC ¹¹⁰ /100 mL)	10 mg/L	2 UNT ¹¹¹	<i>Legionellasp.</i> 100 UFC/L (si existe riesgo de aerosolización)
Calidad 1.2.- SERVICIOS a) Riego de zonas verdes urbanas (parques, campos	1 huevo/10 L	200 UFC/100 mL	20 mg/L	10 UNT	

¹¹⁰Unidades Formadoras de Colonias.

¹¹¹Unidades Nefelométricas de Turbiedad.

deportivos y similares). b) Baldeo de calles. c) Sistemas contra incendios. d) Lavado industrial de vehículos.					
2.- USOS AGRÍCOLAS					
Calidad 2.1.- a) Riego de cultivos con sistema de aplicación del agua que permita el contacto directo del agua regenerada con las partes comestibles para alimentación humana en fresco.	1 huevo/10 L	100 UFC/100 mL Teniendo en cuenta un plan de muestreo a 3 clases ¹¹² con los siguientes valores: n = 10 m = 100 UFC/100 mL M = 1.000 UFC/100 mL c = 3	20 mg/L	10 UNT	<i>Legionellaspp.</i> 1.000 UFC/L (si existe riesgo de aerosolización) Es obligatorio llevar a cabo la detección de patógenos Presencia/Ausencia (<i>Salmonella</i> , etc.) cuando se repita habitualmente que c=3 para M=1.000
Calidad 2.2.- a) Riego de productos para consumo humano con sistema de aplicación de agua que no evita el contacto directo del agua regenerada con las partes comestibles, pero el consumo no es en fresco sino con un tratamiento industrial posterior. b) Riego de pastos para consumo de animales productores de leche o carne. c) Acuicultura.	1 huevo/10 L	1.000 UFC/100 mL Teniendo en cuenta un plan de muestreo a 3 clases con los siguientes valores: n = 10 m = 1.000 UFC/100 mL M = 10.000 UFC/100 mL c = 3	35 mg/L	No se fija límite	<i>Taeniasaginata</i> y <i>Taeniasolium</i> : 1 huevo/L (si se riegan pastos para consumo de animales productores de carne) Es obligatorio llevar a cabo detección de patógenos Presencia/Ausencia (<i>Salmonella</i> , etc.) cuando se repita habitualmente que c=3 para M=10.000
-Calidad 2.3.- a) Riego localizado de cultivos leñosos que impida el contacto del agua regenerada con los frutos consumidos en la alimentación humana. b) Riego de cultivos de	1 huevo/10 L	10.000 UFC/100 mL	35 mg/L	No se fija límite	<i>Legionellaspp.</i> 100 UFC/L

¹¹²Siendo n: nº de unidades de la muestra; m: valor límite admisible para el recuento de bacterias; M: valor máximo permitido para el recuento de bacterias; c: número máximo de unidades de muestra cuyo número de bacterias se sitúa entre m y M.

flores ornamentales, viveros, invernaderos sin contacto directo del agua regenerada con las producciones. c) Riego de cultivos industriales no alimentarios, viveros, forrajes ensilados, cereales y semillas oleaginosas.					
3.- USOS INDUSTRIALES					
Calidad 3.1.- a) Aguas de proceso y limpieza excepto en la industria alimentaria. b) Otros usos industriales.	No se fija límite	10.000 UFC/100 mL	35 mg/L	15 UNT	<i>Legionellaspp.</i> : 100 UFC/L
c) Aguas de proceso y limpieza para uso en la industria alimentaria	1 huevo/10 L	1.000 UFC/100 mL Teniendo en cuenta un plan de muestreo a 3 clases con los siguientes valores: n = 10 m = 1.000 UFC/100 mL M = 10.000 UFC/100 mL c = 3	35 mg/L	No se fija límite	<i>Legionellaspp.</i> : 100 UFC/L Es obligatorio llevar a cabo detección de patógenos Presencia/Ausencia (<i>Salmonella</i> , etc.) cuando se repita habitualmente que c=3 para M=10.000
Calidad 3.2.- a) Torres de refrigeración y condensadores evaporativos.	1 huevo/10 L	Ausencia UFC/100 mL	5 mg/L	1 UNT	<i>Legionellaspp.</i> : Ausencia UFC/L. Para su autorización se requerirá: - La aprobación, por la autoridad sanitaria, del Programa específico de control de las instalaciones (Real Decreto 865/2003).
4.- USOS RECREATIVOS					
Calidad 4.1.- a) Riego de campos de golf.	1 huevo/10 L	200 UFC/100 mL	20 mg/L	10 UNT	<i>Legionellaspp.</i> 100 UFC/L (si existe riesgo de aerosolización)
Calidad 4.2.- a) Estanques, masas de agua y caudales circulantes	No se fija límite	10.000 UFC/100 mL	35 mg/L	No se fija límite	P _T : 2 mg P/L (en agua estancada)

ornamentales, en los que está impedido el acceso del público al agua.					
5.- USOS AMBIENTALES					
Calidad 5.1.- a) Recarga de acuíferos por percolación localizada a través del terreno.	No se fija límite	1.000 UFC/100 mL	35 mg/L	No se fija límite	N _T ¹¹³ : 10 mg N/L NO ₃ : 25 mg NO ₃ /L Art. 257 a 259 del RD 849/1986
Calidad 5.2.- a) Recarga de acuíferos por inyección directa.	1 huevo/10 L	0 UFC/100 mL	10 mg/L	2 UNT	
Calidad 5.3.- a) Riego de bosques, zonas verdes y de otro tipo no accesibles al público. b) Silvicultura.	No se fija límite	No se fija límite	35 mg/L	No se fija límite	
Calidad 5.4.- a) Otros usos ambientales (mantenimiento de humedales, caudales mínimos y similares).	La calidad mínima requerida se estudiará caso por caso.				

Fuente: Adaptado de Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2010). “Guía para la Aplicación del Real Decreto 1620/2007 por el que se establece el Régimen Jurídico de la Reutilización de las Aguas Depuradas. Gobierno de España. Anexo I.- Pág. 89 a 94.

De la Tabla N° 3 se observa que los parámetros que siempre hay que controlar son: Nematodos intestinales, *Escherichiacoli*, sólidos en suspensión y turbidez. Los dos primeros como indicadores microbiológicos y los otros dos como físico-químicos. También exige controlar otro tipo de parámetros, como por ejemplo, la *Legionellaspp.* en caso de que se produzca aerosolización, o el nitrógeno y el fósforo total en el caso de recarga de acuíferos o llenado de estanques con riesgo de eutrofización.

Además en el Decreto se establece la frecuencia mínima de muestro y método de análisis de cada parámetro (Tabla N° 4). El control deberá realizarse a la salida de la planta de regeneración y en todos los puntos de entrega al usuario.

¹¹³ Nitrógeno total, suma del nitrógeno inorgánico y orgánico presente en la muestra

Tabla N 4.- Frecuencia mínima de muestreo y análisis de cada parámetro

Uso	Calidad	Nematodos intestinales	<i>Escherichi aColi</i>	SS	Turbidez	NT y PT	Otros criterios
1.- Uso urbano	1.1 y 1.2	Quincenal	2 veces/sem	Semanal	2 veces/sem	---	Mensual
2.- Uso agrícola	2.1	Quincenal	Semanal	Semanal	Semanal	---	Mensual
	2.2	Quincenal	Semanal	Semanal	---	---	Quincenal
	2.3	Quincenal	Semanal	Semanal	---	---	---
3.- Uso industrial	3.1	---	Semanal	Semanal	Semanal	---	Mensual
	3.2	Semanal	3 veces/sem	Diaria	Diaria	---	<i>Legionellaspp.</i> 3 veces /sem
4.- Uso recreativo	4.1	Quincenal	2 veces/sem	Semanal	2 veces/sem	---	---
	4.2	---	Semanal	Semanal	---	Mensual	---
5.- Uso ambiental	5.1	---	2 veces/sem	Semanal	---	Semanal	---
	5.2	Semanal	3 veces/sem	Diaria	Diaria	Semanal	Semanal
	5.3	---	---	Semanal	---	---	---
	5.4						Frecuencia igual al uso más similar

Fuente: Adaptado de Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2010). “Guía para la Aplicación del Real Decreto 1620/2007 por el que se establece el Régimen Jurídico de la Reutilización de las Aguas Depuradas. Gobierno de España. Anexo I.- Pág. 95

En los lugares de uso se debe prevenir que el agua regenerada se aplique a una distancia de seguridad adecuada para no afectar a pozos de suministro de agua potable, tal como se muestra en la Tabla N° 5.

Tabla N° 5.- Distancias de seguridad a pozos de suministro de agua potable

Usos	Distancias de seguridad a pozos de agua potable		
	15 m	90 m	150 m
Calidad 1.1.a) Riego de jardines privados.	X		
Calidad 1.1.b) Descarga de aparatos sanitarios.	X		
Calidad 1.2.a) Riego de zonas verdes urbanas (parques, campos deportivos y similares).		X	
Calidad 1.2.b) Baldeo de calles.		X	
Calidad 1.2.c) Sistemas contra incendios.		X	

Calidad 1.2.d) Lavado industrial de vehículos.		X	
Calidad 2.2.a) Riego de productos para consumo humano con sistema de aplicación de agua que no evita el contacto directo del agua regenerada con las partes comestibles, pero el consumo no es en fresco sino con un tratamiento industrial posterior.			X
Calidad 2.3. Riego cultivos leñosos, viveros y cultivos industriales no alimentarios.			X
Calidad 4.1.a) Riego de campos de golf.		X	
Calidad 4.2.a) Estanques y masas de agua no accesibles al público (si el fondo del estanque no está sellado).			X

Fuente: Adaptado de Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2010). “Guía para la Aplicación del Real Decreto 1620/2007 por el que se establece el Régimen Jurídico de la Reutilización de las Aguas Depuradas. Gobierno de España. Pág. 80

3.2.- México

Se estima que en México, en 2008, se reutilizaron 5.051 millones de metros cúbicos de agua (equivalente a un caudal de 160 m³/s). Las aguas de origen municipal se reusaron principalmente en cultivos agrícolas y en menor proporción en las industrias, así como en termoeléctricas. Las de origen industrial fueron reutilizadas en ingenios azucareros, en el cultivo de caña en el estado de Veracruz (CONAGUA-Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento, 2010). La Tabla N° 6 presenta la normativa oficial en cuanto a requisitos y límites máximos permitidos para el aprovechamiento y disposición final de lodos y biosólidos y para el reúso de agua residual tratada.

Tabla N° 6.- Normas Oficiales Mexicanas en relación a las aguas residuales y su reúso

NOM-003-ECOL-1997 ¹¹⁴	Establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público.	21 de Septiembre 1998
NOM-004-SEMARNAT-2002 ¹¹⁵	Lodos y biosólidos.-Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.	15 de Agosto 2003
NOM-014-CONAGUA-2003 ¹¹⁶	Requisitos para la recarga artificial de acuíferos con agua residual tratada	19 de Agosto 2009
NOM-015-CONAGUA-2007 ¹¹⁷	Infiltración artificial de agua a los acuíferos. Características y especificaciones de las obras y del Agua.	18 de Agosto 2009

Fuente: Adaptado de Osés Pérez, Manuel (2012). “La Reutilización del Agua Residual”. Foro del Agua 2012. Comisión Estatal del Agua de Jalisco. Dirección Operación de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales.

¹¹⁴ http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4893449&fecha=21/09/1998

¹¹⁵ <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd67/200610lodos.pdf>

¹¹⁶ [file:///C:/Users/Schmidt/Downloads/NOM-014-CONAGUA-2003%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Schmidt/Downloads/NOM-014-CONAGUA-2003%20(1).pdf)

¹¹⁷ <file:///C:/Users/Schmidt/Downloads/NOM-015-CONAGUA2007.pdf>

3.3.- Provincia de Mendoza (Argentina)

En Argentina, Mendoza es la provincia que más experiencia ha desarrollado en materia de reutilización de aguas residuales con 0,16 Mm³/d (Osés Pérez, M.; 2012). Esta provincia cuenta con una legislación que reglamenta el uso del agua residual tratada, determinando en que cultivos puede utilizarse la misma, conforme al tratamiento que se les ha realizado previamente, y estableciendo penas para aquellos usuarios que no cumplan con las normas establecidas.

Para el caso de las Áreas de Cultivo Restringidos Especiales (ACRE), el tratamiento final del efluente del establecimiento depurador se lleva a cabo allí en el ACRE con un aprovechamiento económico que adquiere importancia en una zona árida (Obras Sanitarias Mendoza S.A., 2010). Para que este beneficio sea sostenible, no debe generar impacto en los recursos involucrados, tales como cultivos, suelos y acuíferos ni tampoco en trabajadores rurales ni consumidores. Para lograr estos objetivos, en 2003 se aprobó la Res. N° 400/03 HTA (Departamento General de Irrigación), que regula y establece las condiciones de reúso en agricultura de aguas recuperadas mediante depuración de efluentes tratados en plantas operadas por la operadora del servicio de saneamiento, los parámetros y la frecuencia de mediciones (Tabla N° 7).

Tabla N° 7.- Parámetros a determinar y frecuencias de mediciones – Anexo II – Resolución N° 400/03

PARAMETROS	Unidad	LIMITE MAXIMO		Standard Methods Ed. 18*	Frecuencia de Muestreo Autocontrol del establecimiento depurador	Fiscalización DGI Monitoreo primer año	
		Tratamiento Primario	Tratamiento Secundario				
A PARAMETROS FISICOS QUIMICOS							
1	Conductividad (4)	mS/cm	2500	2500	2510.B	Semanal	Trimestral
2	pH (rango de valores)	Un.	6,5-8,5	6,5-8,5	4500 - H+ .B	Semanal	Trimestral
3	R.A.S.	Nº	6	6	3500-Ca D 3500-Mg E 3500-Na B	Mensual	Semestral
4	Sólidos solubles en éter	mg/l	100	50	2540.E	Semestral	Semestral
5	Sólidos sedimentables en 10 min.	ml	0,5	0,5	2540.F	Mensual	Semestral
6	Sólidos sedimentables en 2 horas	mg/l	100	100	2540.F	Mensual	Semestral
7	Sólidos suspendidos totales	mg/l	100	100	2540.D	Mensual	Semestral
B SUSTANCIAS TÓXICAS INORGANICAS							
B1 ANIONES							
8	Sulfatos	mg/l	700	700	4500-SO4= C	Semestral	Anual
9	Cloruros	mg/l	600	600	4500.Cl.B	Mensual	Anual
10	Sulfuros	mg/l	1	1	4500.B 4500 CNE ó D ó F Aprobado por EPA	Mensual	Anual
11	Cianuros	mg/l	0,1	0,1		Semestral	Anual
B2 CATIONES							
12	Manganeso	mg/l	0,2	0,2	(3111) - 3500-Mn.B	Semestral	Anual
13	Berilio	mg/l	0,1	0,1	(3113) - 3500-Be.B	Semestral	Anual
14	Hierro total	mg/l	5	5	(3111) - 3500-Fe.B	Semestral	Anual
15	Aluminio	mg/l	5	5	(3111-D)-3500-Al.B (3113-3114)	Semestral	Anual
16	Arsénico	mg/l	0,1	0,1	3500-As.B	Mensual	Anual
17	Cadmio	mg/l	0,01	0,01	(3111) - 3500-Cd.B	Mensual	Anual
18	Cobre	mg/l	0,2	0,2	(3111) - 3500-Cu.B	Semestral	Anual
19	Cromo total	mg/l	0,1	0,1	(3111) - 3500-Cr.B	Mensual	Anual
20	Zinc	mg/l	2	3	(3111) - 3500-Zn.B	Semestral	Anual
21	Níquel	mg/l	0,2	0,2	(3111) - 3500-Ni.B	Semestral	Anual
22	Mercurio	mg/l	0,005	0,005	(3112-B)-3500-Hg.B	Mensual	Anual
23	Plomo	mg/l	0,5	0,5	(3111) - 3500-Pb.B (3113-3114)	Mensual	Anual
24	Selenio	mg/l	0,02	0,02	3500-Se.B	Semestral	Anual
25	Cobalto	mg/l	0,05	0,05	(3111) - 3500-Co.B	Semestral	Anual
26	Sodio	mg/l	500	500	(3111-B)-3500-Na.B	Mensual	Anual
27	Boro	mg/l	1	1	4500.B.C	Semestral	Trimestral
28	Detergentes	mg/l	5	3	HACH 8028 ó 5540.C	Semestral	Trimestral
29	Hidrocarburos	mg/l	20	10	5520. C - F ó EPA 418,1 modif.	Semestral	Anual
30	Fenoles	mg/l	0,05	0,05	EPA 525-625 ó DETI 5530 C	Semestral	Anual
C PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS Y ORGANICOS							
31	Bacterias aeróbicas	Ufc/ml				Semanal	Semestral
32	Coliformes totales	NMP/100 ml				Semanal	Semestral
33	Coliformes fecales	NMP/100 ml				Semanal	Semestral
34	Escherichia coli (2)	NMP/100 ml	6 Un. Log	3 Un. Log	9221.E-9222.D ó 9223 B (Ed. 20)	Semanal	Trimestral
35	Pseudomonas aeruginosas	NMP/100 ml				Semanal	Semestral
36	Helminfos	Huevos/1000 ml	1	1		Mensual	Semestral
37	DQO (filtrada) (1)	mg/l	240	70	5220B,C,D,	mensual	Trimestral
38	DBO filtrada (1)	mg/l	175	30	5210.B	mensual	Trimestral
D NUTRIENTES(3)							
39	Potasio	mg/l	*	*	(3111-B)-3500-K.B	Mensual	Semestral
40	Nitratos	mg/l	*	*	HACH 10020	Mensual	Semestral
41	Nitritos	mg/l	*	*	4500-NO2- B	Mensual	Semestral
42	Nitrógeno Amomiacal	mg/l	*	*	HACH 10031	Mensual	Trimestral
43	Nitrógeno Total	mg/l	*	*	4500-Norg C	Trimestral	Semestral
44	Fosfatos	mg/l	*	*	4500-P.E	Mensual	Trimestral
45	Fósforo total	mg/l	*	*	4500-P.B.5 y P.E	Mensual	Semestral

(1) Determinación a realizar con descuento de masa algóica

(2) 6 Un. Log = 3,162,277 NMP/100 ml; 3 Un. Log. = 3,162 NMP/100 ml

(3) Límites a determinar según la afectación al acuífero, estableciéndose valores para cada caso particular

(4) Aniones y Cationes cuando la C.E. Supere el límite establecido

Los valores y frecuencias de monitoreo que figuran en la presente tabla serán revisados anualmente

3.4.- Puerto Madryn – Provincia de Chubut (Argentina)

En la ciudad de Puerto Madryn, Provincia de Chubut, se lleva a cabo el reúso del 100 % de los efluentes cloacales urbanos tratados y existen proyectos de investigación de potabilización de agua de reúso con energías alternativas. El interés municipal por incorporar “aguas regeneradas” a la planificación y ordenamiento de la ciudad han llevado a la aprobación de la Ordenanza Municipal N° 6301 “Reglamento del Reúso de los Efluentes Cloacales Tratados” en el año 2006. El anexo I de este Reglamento establece los límites de calidad que debe cumplir el agua tratada para ser utilizada en las áreas de riego delimitada por la Autoridad de Reúso y el anexo II especifica definiciones, procedimientos y frecuencias de toma de muestras, parámetros de determinar y el método analítico a utilizar, para la verificación de la calidad de los efluentes tratados. Dicha reglamentación ha sido elaborada siguiendo la normativa establecida en la Provincia de Mendoza y los parámetros de calidad microbiológica de las aguas residuales empleadas en agricultura para riego restringido se basan en las Directrices de la OMS.

Anexo II

Parámetros de Calidad – Descargas Límites admisibles para efluentes cloacales

Anexo II

Parámetros de Calidad – Descargas Límites admisibles para efluentes cloacales

En la **Tabla N° 1** se muestran los “Parámetros de calidad de las descargas límite admisibles” - Resolución ADA N° 336/2003, en la **Tabla N° 2**, los “Parámetros de calidad – descargas límites admisibles para efluentes cloacales” que fija la Ley Provincial N° 11.820/96 y una comparación de los mismos en referencia a los límites de descarga a un cuerpo superficial de agua se presenta en la **Tabla N° 3**. Un aspecto a considerar, es que los límites establecidos en ambos marcos regulatorios para descarga a cuerpo de agua superficial, siendo complementarios, no siempre coinciden. Por lo tanto, debe aplicarse en valor más exigente.

Tabla N° 1 – Parámetros de Calidad de las Descargas Límite Admisibles (Resolución ADA N° 336/2003)

GRUPO	PARÁMETRO	UNIDAD	CÓDIGO TÉCNICA ANALÍTICA	LÍMITES PARA DESCARGAR A:			
				Colectora Cloacal	Con. Pluv. o cuerpo de agua superf.	Absorción por el suelo	Mar abierto
I	Temperatura	° C	2550 B	≤ 45	≤ 45	≤ 45	≤ 45
	pH	upH	4500 H + B	7,0 - 10	6,5 - 10	6,5 - 10	6,5 - 10
	Sólidos sedim. 10 Min	ml / l	Cono Imhoff	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
	Sólidos sedim. 2 horas	ml / l	Cono Imhoff	≤ 5,0	≤ 1,0	≤ 5,0	≤ 5,0
	Sulfuros	mg / l	4500 S=D	≤ 2,0	≤ 1,0	≤ 5,0	NE (c)
	S.S.E.E.	mg / l	5520 B (1)	≤ 100	≤ 50	≤ 50	≤ 50
	Cianuros	mg / l	4500CN C y E	≤ 0,1	≤ 0,1	Ausente	≤ 0,1
	Hidrocarburos totales	mg / l	EPA 418.1,6 ASTM3921-85	≤ 30	≤ 30	Ausente	≤ 30
	Cloro libre	mg / l	4500 CL G (DPD)	NE	≤ 0,5	Ausente	≤ 0,5
Coniformes fecales	NMP / 10 Oml	9223 A	≤ 20000	≤ 2000	≤ 2000	≤ 20000	
II	D.B.O ₅	mg / l	5210 B	≤ 200	≤ 50	≤ 200	≤ 200
	D.Q.O.	mg / l	5220 D	≤ 700	≤ 250	≤ 500	≤ 500
	S.A.A.M.	mg / l	5540 C	≤ 10	≤ 2,0	≤ 2,0	≤ 5,0
	Sustancias fenólicas	mg / l	5330 C	≤ 2,0	≤ 0,5	≤ 0,1	≤ 2,0
	Sulfatos	mg / l	4500 SO4 E	≤ 1000	NE	≤ 1000	NE
	Carbono orgánico total	mg / l	5310 B	NE	NE	NE	NE
	Hierro (soluble)	mg / l	3500 Fe D	≤ 10	≤ 2,0	≤ 0,1	≤ 10
	Manganeso (soluble)	mg / l	3500 Mn D	≤ 1,0	≤ 0,5	≤ 0,1	≤ 10
III	Cinc	mg / l	3111 B y C	≤ 5,0	≤ 2,0	≤ 1,0	≤ 5,0
	Níquel	mg / l	3111 B y C	≤ 3,0	≤ 2,0	≤ 1,0	≤ 2,0

“Regeneración y reutilización de aguas residuales en el marco de la perspectiva de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH). Análisis de la viabilidad socioeconómica en la implementación del reúso de aguas residuales con destino a las industrias a gran escala de la zona industrial portuaria de Bahía Blanca”.

	Cromo total	mg / l	3111 B y C	≤ 2,0	≤ 2,0	Ausente	NE
	Cromo Hexavalente	mg / l	3500 Cr D	≤ 0,2	≤ 0,2	Ausente	NE
	Cadmio	mg / l	3111 B y C	≤ 0,5	≤ 0,1	Ausente	≤ 0,1
	Mercurio	mg / l	3500 Hg B	≤ 0,02	≤ 0,005	Ausente	≤ 0,005
	Cobre	mg / l	3500 Cu D ó 3111 B y C	≤ 2,0	≤ 1,0	Ausente	≤ 2,0
	Aluminio	mg / l	3500 Al D ó 3111 B y C	≤ 5,0	≤ 2,0	≤ 1,0	≤ 5,0
	Arsénico	mg / l	3500 As C	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,1	≤ 0,5
	Bario	mg / l	3111 B	≤ 2,0	≤ 2,0	≤ 1,0	≤ 2,0
	Boro	mg / l	4500 B B	≤ 2,0	≤ 2,0	≤ 1,0	≤ 2,0
	Cobalto	mg / l	3111 B y C	≤ 2,0	≤ 2,0	≤ 1,0	≤ 2,0
	Selenio	mg / l	3114 C	≤ 0,1	≤ 0,1	Ausente	≤ 0,1
	Plomo	mg / l	3111 B y C	≤ 1,0	≤ 0,1	Ausente	≤ 0,1
	Plaguicidas Organoclorados	mg / l	6630 B	≤ 0,5	≤ 0,05	Ausente	≤ 0,05
	Plaguicidas Orgafosforados	mg / l	6630 B	≤ 1,0	≤ 0,1	Ausente	≤ 0,1
IV	Nitrógeno total	mg / l	4500 N org B (NTK)	≤ 105	≤ 35	≤ 105	≤ 105
	Nitrógeno amoniacal	mg / l	4500 NH3+F	≤ 75	≤ 25	≤ 75	≤ 75
	Nitrógeno Orgánico	mg / l	4500 N org B	≤ 30	≤ 10	≤ 30	≤ 30
	Fósforo total	mg / l	4500 PC	≤ 10	≤ 1,0	≤ 10	≤ 10

Tabla N° 2 –Parámetros de Calidad - Descargas Límites Admisibles para efluentes cloacales (Ley Provincial N° 11.820/96)

GRUPO	PARAMETROS	UNIDAD	CODIGO TECNICA ANALITICAS	LIMITE A DESCARGAR		
				CURSO DE AGUA	MAR	ABSORCION SUELO
I	Temperatura	°C	02061	<45	<45	<45
	pH	UpH	10301	6,5-10	6,5-10	6,5-10
	S.S. 10 min	ml/l	10430	Ausente	N.E	Ausente
	S.S. 2hs.	ml/l	10431	<1,0	<5,0	<5,0
	Sulfuros	mg/l	26102	<1,0	N.E.	<5,0
			16203			
	S.S.E.E.	mg/l	06521	<50		<50
	Nit. Amoniacal	mg/l	07503	<3,0	N.E.	N.E.
	Cianuros	mg/l	06601	<0,1	<0,1	ausente
	Hidroc. Total	mg/l	06525	<30	<30	ausente
	Colif. Total	NMP/100 ml	36001	<5000	20000(k)	N.E.
			36002			

II	DBO ₅	mg/l	08202	<50	(c)	<200
	DQO (g)	mg/l	08301	<250	(c)	<500
	S.A.A.M.	mg/l	10702	<2,0	N.E.	<2,0
	S. Fenolicas	mg/l	06531	<0,5	N.E.	<0,1
	Sulfatos	mg/l	16302	N.E.	N.E.	<1000
	C.O.T.	mg/l	06010	N.E.	N.E.	N.E.
	Hierro (solub)	mg/l	26007/8	<2,0	N.E.	<0,1
	Manganeso (solub)	mg/l	25002	<0,5	N.E.	<0,1
III	Cinc	mg/l	82101	<2,0	N.E.	<1
	Niquel	mg/l	81101	<2,0	<2,0	<1
	Cromo Total	mg/l	24001	<0,5	<0,5	ausente
			14010			
	Cadmio	mg/l	48001	<0,1	<0,1	ausente
	Mercurio	mg/l	80112	<0,001	<0,001	ausente
	Cobre	mg/l	29010	<0,1	<1,0	ausente
	Plomo	mg/l	82001	<0,1	<0,1	ausente
	Plaguicidas	mg/l	Indicadas en			
	O. Clorados		Standard	<0,05	<0,05	ausente
Plaguicidas	mg/l	Methods				
O. Fosforados			<0,1	<0,1	ausente	
IV	Nitrógeno total					
	Nitrógeno Orgánico	mg/l	07001	<10,0	N.E.	N.E.
	Fósforo total	mg/l	15422	<1,0	N.E.	N.E.

Tabla N° 3 – Comparación de los Parámetros de Calidad - Descargas Límites Admisibles para efluentes cloacales de la Ley Provincial N° 11.820/96 y Resolución ADA N° 336/2003 (para cuerpo agua superficial).

GRUPO	PARÁMETRO	UNIDAD	CÓDIGO TÉCNICA ANALÍTICA	LÍMITES PARA DESCARGAR A:	
				Curso de Agua Ley 11.820	Con. Pluv. o cuerpo de agua superf. Res 336/03
I	Temperatura	° C	2550 B	<45	≤ 45
	pH	upH	4500 H + B	6,5-10	6,5 - 10
	Sólidos sedim. 10 Min	ml / l	Cono Imhoff	Ausente	Ausente
	Sólidos sedim. 2 horas	ml / l	Cono Imhoff	<1,0	≤ 1,0
	Sulfuros	mg / l	4500 S=D	<1,0	≤ 1,0
	S.S.E.E.	mg / l	5520 B (1)	<50	≤ 50
	Cianuros	mg / l	4500CN C y E	<0,1	≤ 0,1
	Hidrocarburos totales	mg / l	EPA 418.1,6 ASTM3921-85	<30	≤ 30
	Cloro libre	mg / l	4500 CL G (DPD)	-	≤ 0,5
	Coniformes fecales	NMP / 10 Oml	9223 A	<5000	≤ 2000
II	D.B.O.	mg / l	5210 B	<50	≤ 50

“Regeneración y reutilización de aguas residuales en el marco de la perspectiva de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH). Análisis de la viabilidad socioeconómica en la implementación del reúso de aguas residuales con destino a las industrias a gran escala de la zona industrial portuaria de Bahía Blanca”.

	D.Q.O.	mg / l	5220 D	<250	≤ 250
	S.A.A.M.	mg / l	5540 C	<2,0	≤ 2,0
	Sustancias fenólicas	mg / l	5330 C	<0,5	≤ 0,5
	Sulfatos	mg / l	4500 SO4 E	N.E.	NE
	Carbono orgánico total	mg / l	5310 B	N.E.	NE
	Hierro (soluble)	mg / l	3500 Fe D	<2,0	≤ 2,0
	Manganeso (soluble)	mg / l	3500 Mn D	<0,5	≤ 0,5
III	Cinc	mg / l	3111 B y C	<2,0	≤ 2,0
	Níquel	mg / l	3111 B y C	<2,0	≤ 2,0
	Cromo total	mg / l	3111 B y C	<0,5	≤ 2,0
	Cromo Hexavalente	mg / l	3500 Cr D	-	≤ 0,2
	Cadmio	mg / l	3111 B y C	<0,1	≤ 0,1
	Mercurio	mg / l	3500 Hg B	<0,001	≤ 0,005
	Cobre	mg / l	3500 Cu D ó 3111 B y C	<0,1	≤ 1,0
	Aluminio	mg / l	3500 Al D ó 3111 B y C	-	≤ 2,0
	Arsénico	mg / l	3500 As C	-	≤ 0,5
	Bario	mg / l	3111 B	-	≤ 2,0
	Boro	mg / l	4500 B B	-	≤ 2,0
	Cobalto	mg / l	3111 B y C	-	≤ 2,0
	Selenio	mg / l	3114 C	-	≤ 0,1
	Plomo	mg / l	3111 B y C	<0,1	≤ 0,1
	Plaguicidas Organoclorados	mg / l	6630 B	<0,05	≤ 0,05
Plaguicidas Orgafosforados	mg / l	6630 B	<0,1	≤ 0,1	
IV	Nitrógeno total	mg / l	4500 N org B (NTK)	-	≤ 35
	Nitrógeno amoniacal	mg / l	4500 NH3+F	<3,0	≤ 25
	Nitrógeno Orgánico	mg / l	4500 N org B	<10,0	≤ 10
	Fósforo total	mg / l	4500 PC	<1,0	≤ 1,0

Anexo III

Proyección de la Población de Bahía Blanca, General Daniel Cerri y Punta Alta (2016-2036)

Anexo III

Proyección de la población de Bahía Blanca, General Daniel Cerri y Punta Alta (2016-2036)

En este apartado se explica la metodología utilizada para realizar la proyección de la población de estudio, la aplicación de la misma y el detalle de los resultados obtenidos. Los métodos utilizados fueron¹¹⁸:

- Método de Tasa Geométrica Decreciente
- Método de la Relación - Tendencia

1.- Método de Tasa Geométrica Decreciente

El método de las **Tasas Geométricas Decrecientes** se utiliza en localidades que han experimentado 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.

La tasa media anual para la proyección de la población se define en base al análisis de las tasas medias anuales de los dos últimos períodos intercensales.

Se determinan las tasas medias anuales de variación poblacional de los dos últimos períodos intercensales (basándose en datos oficiales de los tres últimos censos de población y vivienda):

$$i_I = n_1 \sqrt{\frac{P_2}{P_1}} - 1$$

$$i_{II} = n_2 \sqrt{\frac{P_3}{P_2}} - 1$$

Dónde:

i_I = tasa media anual de variación de la población durante el penúltimo período censal.

i_{II} = tasa media anual de variación de la población del último período censal.

P_1 = Número de habitantes correspondientes al primer Censo en estudio.

P_2 = Número de habitantes correspondientes al penúltimo Censo en estudio.

P_3 = Número de habitantes correspondientes al último Censo.

n_1 = número de años del período censal entre el primero y segundo Censo.

n_2 = número de años del período censal entre el segundo y el último Censo.

¹¹⁸ Fuente: ENOHSa, 2003

Para el intervalo comprendido entre el último censo y el año inicial del período de diseño así como el primer subperíodo de n_1 años, se debe efectuar la proyección con las tasas media anual del último período intercensal utilizando las siguientes expresiones:

$$P_a = P_3 \cdot (1 + i)^{n_a}$$

$$P_o = P_a \cdot (1 + i)^{n_o}$$

$$P_n = P_o \cdot (1 + i)^n$$

Siendo:

P_a = estimaciones de población existente a la fecha de ejecución del proyecto.

P_o = estimaciones de población al año previsto para la habilitación del sistema.

P_n = estimaciones de población al año “n”.

i = tasa media anual de proyección.

n_a = número de años transcurridos entre el último censo y la fecha de ejecución del proyecto.

n_o = número de años transcurridos entre la fecha de ejecución del proyecto y la habilitación del sistema.

n = número de años transcurridos entre la población base y el año inicial de proyección.

Para cada subperíodo se determina la tasa media anual de proyección comparando los valores de las tasas medias históricas i_I e i_{II} . Considerando los datos de los tres últimos censos i_I correspondería a la calculada con los dos primeros valores e i_{II} con los dos últimos. Si i_I resulta menor que i_{II} , la tasa utilizada en la proyección del primer subperíodo debe ser igual al promedio entre ambas, resultando:

$$P_1 = P_o \left(1 + \left(\frac{i_I + i_{II}}{2} \right) \right)^{n_1}$$

En el caso que i_I resulte mayor que i_{II} , la tasa de proyección debe ser igual al valor de i_{II} , resultando:

$$P_1 = P_o (1 + i_{II})^{n_1}$$

Los valores de las tasas medias anuales de proyección que han sido determinados por este procedimiento son válidos para la generalidad de los casos. No obstante ello, si por las características particulares de la localidad en estudio los valores no se ajustaran a la realidad observable, el proyectista puede adoptar otras tasas de crecimiento, debiendo en ese caso suministrar las razones que lo justifiquen y gestionar la correspondiente aprobación del ENOHSa.

1.1.- Cálculos para la proyección de la población de Bahía Blanca, General D. Cerri y Punta Alta. Período 2016-2036

En base a los datos oficiales de los últimos tres censos de población, se determinan las tasas medias anuales de variación poblacional, de los dos últimos períodos intercensales (para Bahía Blanca-Cerri se ajusta la tasa en función del último dato oficial estimado por la EPH 2010), resultando:

Tabla 1.- Crecimiento intercensal y tasa media anual para Bahía Blanca-Cerri y Punta Alta

Censo Nacional	Bahía Blanca - Cerri		Punta Alta	
	Habitantes	Tasa media anual	Habitantes	Tasa media anual
1.991	260.096		56.427	
2.001	281.024	0,78 %	57.296	0,15%
2.010	311.000	1,13 %	58.315	0,20%
TMAP		0,955 %		0,175 %

Fuente: elaboración propia en base a datos obtenidos INDEC. Censos Nacionales 1991, 2001 y 2010 y DPE, Resultados Encuesta Permanente de Hogares. Informe 4° Trimestre 2010

El método indica que si la tasa calculada con los dos primeros valores del censo resulta menor que la tasa calculada con los dos últimos, como en este caso en ambas localidades, la tasa a utilizar en la proyección debe ser igual al promedio entre ambas. De este modo, la tasa media anual promedio (TMAP) para Bahía Blanca-Cerri es de 0,955 % y para Punta Alta, de 0,175 %.

1.2.- Resultados Obtenidos

Tabla 2.- Proyección de la Población por el Método de la Tasa Geométrica Decreciente

Año	Bahía Blanca – General D. Cerri	Punta Alta	POBLACION TOTAL
2010	311.000	58.315	369.315
2011	313.969	58.417	372.386
2012	316.967	58.519	375.485
2013	319.993	58.621	378.613
2014	323.048	58.723	381.771
2015	326.132	58.826	384.957
2016	329.245	58.928	388.174

“Regeneración y reutilización de aguas residuales en el marco de la perspectiva de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH). Análisis de la viabilidad socioeconómica en la implementación del reúso de aguas residuales con destino a las industrias a gran escala de la zona industrial portuaria de Bahía Blanca”.

2017	332.389	59.031	391.420
2018	335.562	59.134	394.696
2019	338.766	59.237	398.003
2020	342.000	59.341	401.340
2021	345.265	59.444	404.709
2022	348.561	59.548	408.109
2023	351.889	59.652	411.541
2024	355.248	59.756	415.004
2025	358.640	59.860	418.500
2026	362.064	59.965	422.029
2027	365.520	60.069	425.590
2028	369.010	60.174	429.184
2029	372.533	60.279	432.812
2030	376.090	60.384	436.474
2031	379.680	60.490	440.170
2032	383.305	60.595	443.900
2033	386.964	60.701	447.665
2034	390.659	60.807	451.466
2035	394.388	60.913	455.301
2036	398.154	61.019	459.173

Fuente: elaboración propia

2.- Método Relación – Tendencia

El método **Relación-Tendencia** se adapta a localidades más asentadas y cuyo crecimiento futuro esté más relacionado con el crecimiento de la Provincia que con las condiciones locales.

El método se basa en el análisis de las relaciones entre la población total del país, la total de la provincia, el partido o departamento y la localidad y en las tendencias de evolución que presentan las mismas.

Se obtienen los valores de población total del país resultantes de los tres últimos censos nacionales y de la proyección oficial para las siguientes tres décadas. En todos los casos, se deben utilizar las proyecciones efectuadas por el INDEC:

P_{T1} = población del país según el antepenúltimo censo nacional (1991)

P_{T2} = población del país según el penúltimo censo nacional (2001)

P_{T3} = población del país según el último censo nacional (2010)

P_{T0} = población del país proyectada al año inicial del período de diseño ($n = 0$)

P_{Tn1} = población del país proyectada al año n_1 del período de diseño

P_{Tn2} = población del país proyectada al año final n_2 del período de diseño

Se obtienen los valores de población total de la provincia, resultantes de los tres últimos censos nacionales y de la proyección oficial para las siguientes tres décadas:

p_1 = población total de la provincia según el antepenúltimo censo nacional (1991)

p_2 = población total de la provincia según el penúltimo censo nacional (2001)

p_3 = población total de la provincia según el último censo nacional (2010)

p_0 = población total de la provincia proyectada al año inicial del período de diseño ($n = 0$)

p_{n1} = población total de la provincia proyectada al año n_1 del período de diseño

p_{n2} = población total de la provincia proyectada al año final n_2 del período de diseño

Se relacionan los datos históricos de la provincia y del país para cada año, obteniéndose:

$$R_1 = \frac{p_1}{P_{T1}} \qquad R_2 = \frac{p_2}{P_{T2}} \qquad R_3 = \frac{p_3}{P_{T3}}$$

Se extrae el logaritmo decimal de las relaciones R_1 , R_2 y R_3 y se determinan las siguientes relaciones, para los dos períodos intercensales históricos:

$$I_1 = \log R_2 - \log R_1 \text{ (para } N_1 = \text{ años del 1º período intercensal)}$$

$$I_2 = \log R_3 - \log R_2 \text{ (para } N_2 = \text{ años del 2º período intercensal)}$$

Se determina la relación provincia/país para el año inicial del período de diseño ($n = 0$), utilizando la siguiente expresión:

$$\log R_4 = \log R_3 + \frac{I_1 \cdot C_{10} + I_2 \cdot C_{20}}{C_{10} + C_{20}}$$

Siendo:

$$R_4 = \frac{p_0}{P_{T0}} = \text{relación entre las poblaciones de la provincia y el país para el año inicial del período de diseño (} n = 0 \text{)}$$

C_{10} , C_{20} = coeficiente de ponderación calculados según Tabla N° 3.

Tabla N° 3.- Coeficiente de ponderación

Períodos Intercensales (años)	Período desde el último censo hasta el año inicial	Subperíodos de diseño	
	$n_0 = B_0 - A_3$	$n_1 = B_1 - B_0$	$n_2 = B_2 - B_1$
$N_1 = A_2 - A_1$	$C_{10} = \frac{1}{(A_3 + n_0 / 2) - (A_1 + N_1 / 2)}$	$C_{11} = \frac{1}{(B_0 + n_1 / 2) - (A_1 + N_1 / 2)}$	$C_{12} = \frac{1}{(B_1 + n_2 / 2) - (A_1 + N_1 / 2)}$
$N_2 = A_3 - A_2$	$C_{20} = \frac{1}{(A_3 + n_0 / 2) - (A_2 + N_2 / 2)}$	$C_{21} = \frac{1}{(B_0 + n_1 / 2) - (A_2 + N_2 / 2)}$	$C_{22} = \frac{1}{(B_1 + n_2 / 2) - (A_2 + N_2 / 2)}$

A_1 = año en que se realizó el antepenúltimo censo nacional

A_2 = año en que se realizó el penúltimo censo nacional

A_3 = año en que se realizó el último censo nacional

B_0 = año previsto para la habilitación de la obra

B_1 = año en que finaliza el primer subperíodo de n_1

B_2 = año final del período de diseño

Se determina la relación provincia/país para los dos subperíodos de diseño de n_1 y n_2 años, por las siguientes expresiones:

$$\log R_5 = \log R_4 + \frac{I_1 \cdot C_{11} + I_2 \cdot C_{21}}{C_{11} + C_{21}}$$

$$\log R_6 = \log R_5 + \frac{I_1 \cdot C_{12} + I_2 \cdot C_{22}}{C_{12} + C_{22}}$$

$$R_5 = \frac{P_{n1}}{P_{Tn1}} = \text{relación entre las poblaciones de la provincia y el país para el final del primer subperíodo de diseño}$$

$$R_6 = \frac{P_{20}}{P_{T20}} = \text{relación entre las poblaciones de la provincia y el país para el final del período de diseño (20 años)}$$

$C_{11}, C_{12}, C_{21}, C_{22}$ = coeficiente de ponderación calculados según indica Tabla...

Para las poblaciones de la localidad y la provincia se definen relaciones similares a las establecidas anteriormente para el país y la provincia (los coeficientes de ponderación son siempre los de la **Tabla N° 3**).

$$L_1 = P_1 / p_1$$

$$L_2 = P_2 / p_2$$

$$L_3 = P_3 / p_3$$

$$I'_1 = \log L_2 - \log L_1 \text{ (para } N_1)$$

$$I'_2 = \log L_3 - \log L_2 \text{ (para } N_2)$$

$$\log L_4 = \log L_3 + \frac{I'_1 \cdot C_{10} + I'_2 \cdot C_{20}}{C_{10} + C_{20}}$$

$$\log L_5 = \log L_4 + \frac{I'_1 \cdot C_{11} + I'_2 \cdot C_{21}}{C_{11} + C_{21}}$$

$$\log L_6 = \log L_5 + \frac{I'_1 \cdot C_{12} + I'_2 \cdot C_{22}}{C_{12} + C_{22}}$$

Se obtienen las relaciones de población provincia/país y localidad/provincia para el período de diseño:

$$R_4 = p_0 / P_{T0} = \text{ant} (\log R_4) \quad n = 0$$

$$R_5 = p_{n1} / P_{Tn1} = \text{ant} (\log R_5) \quad n = n_1$$

$$R_6 = p_{n2} / P_{Tn2} = \text{ant} (\log R_6) \quad n = 20$$

$$L_4 = P_0 / p_0 = \text{ant} (\log L_4) \quad n = 0$$

$$L_5 = P_{n1} / p_{n1} = \text{ant} (\log L_5) \quad n = n_1$$

$$L_6 = P_{n2} / p_{n2} = \text{ant} (\log L_6) \quad n = 20$$

Se obtienen los valores de población de la provincia para el período de diseño:

$$p_0 = R_4 \cdot P_{T0} \quad n = 0$$

$$p_{n1} = R_5 \cdot P_{Tn1} \quad n = n_1$$

$$p_{n2} = R_6 \cdot P_{Tn2} \quad n = 20$$

De igual manera se deben proyectar las poblaciones del departamento o partido según corresponda y de la localidad.

2.1.- Aplicación Método Relación Tendencia Provincia Buenos Aires – Localidad: Bahía Blanca – Cerri

En la Tabla N° 4, se muestran los valores de población total de la Provincia de Buenos Aires resultantes de los tres últimos censos nacionales (INDEC 1991, 2001 y 2010) y la proyección oficial para la Provincia de Buenos Aires de las siguientes tres décadas (2010-2040), efectuada por el INDEC (2013).

Tabla N° 4. Población Censada y proyectada – Provincia de Buenos Aires

Últimos 3 Censos Nacionales (Provincia Bs As)	
p_1 (1991)	12.594.974 hab.
p_2 (2001)	13.827.203 hab.
p_3 (2010)	15.625.084 hab.
Proyección Provincia Bs As. (INDEC, 2013)	
p_0 (2016)	16.841.135 hab.
p_{n1} (2026)	18.516.459 hab.
p_{n2} (2036)	19.976.410 hab.

En la Tabla N° 5, se muestran los valores de población correspondiente al aglomerado Bahía Blanca-Cerri, resultantes de los dos últimos censos nacionales (INDEC 1991 y 2001). Para el año 2010 se utiliza el último dato oficial estimado por la EPH 2010, ya definido previamente.

Tabla N° 5. Población de referencia Bahía Blanca-Cerri

P_1 (1991):	265.885 hab.
P_2 (2001):	281.024 hab.
P_3 (2010):	311.000 hab.

En la Tabla N° 6, se relacionan los datos históricos de la población de la Provincia de Buenos Aires y de la localidad Bahía Blanca-Cerri, para cada año.

Tabla N° 6.- Relación entre las poblaciones Bahía Blanca-Cerri / Provincia de Bs. As.

$L_1 = P_1 / p_1 =$	0,0211
$L_2 = P_2 / p_2 =$	0,0203
$L_3 = P_3 / p_3 =$	0,0199
$\text{Log } L_1 =$	-1,6755
$\text{Log } L_2 =$	-1,6920
$\text{Log } L_3 =$	-1,7011

En la Tabla N° 7, en base al logaritmo decimal de las relaciones L_1 , L_2 y L_3 , se determinan las relaciones para los dos períodos intercensales históricos:

Tabla N° 7.- Relaciones para los períodos intercensales

Período	Relaciones para los períodos intercensales	
1991-2001	$l_1 = \log L_2 - \log L_1$	-0,0165
2001-2010	$l_2 = \log L_3 - \log L_2$	-0,0091

En base a las fórmulas especificadas en la Tabla N° 3, se calculan los coeficientes de ponderación (Tabla N° 8).

Tabla N° 8.- Coeficientes de Ponderación

Períodos intercensales (años)	Período desde el último censo hasta el año inicial		Subperíodos de diseño			
			$n_1 = 2026-2016 = 10$		$n_2 = 2036-2026 = 10$	
	$n_0 = 2016 - 2010 = 6$					
N1 = 10	$C_{10} =$	0,0588	$C_{11} =$	0,0400	$C_{12} =$	0,0286
N2 = 9	$C_{20} =$	0,1333	$C_{21} =$	0,0645	$C_{22} =$	0,0392

La Tabla N° 9 muestra la relación localidad/provincia calculada para el año inicial del período de diseño ($n = 0$) y los dos subperíodos de diseño de n_1 y n_2 años.

Tabla N° 9.- Relación Población Bahía Blanca-Cerri/Pcia Bs As para los Períodos de Diseño

log L ₄	-1,7124
log L ₅	-1,7243
log L ₆	-1,7365
L ₄	0,0194
L ₅	0,0189
L ₆	0,0183

Finalmente, se obtienen los valores proyectados de la población de Bahía Blanca-Cerri para los períodos de diseño (Tabla N° 10).

Tabla N° 10.- Proyección de la Población Bahía Blanca-Cerri - Método Relación-Tendencia

Población/Año	2.010	2.016	2.026	2.036
Bahía Blanca-Cerri	311.000	326.564	349.337	366.444

2.2.- Aplicación Método Relación Tendencia Provincia Buenos Aires – Localidad: Punta Alta

A los datos correspondientes a la Provincia de Buenos Aires de la Tabla N° 4, se agregan los datos de la población de Punta Alta de los últimos tres censos nacionales (Tabla N° 11).

Tabla N° 11.- Población de referencia Punta Alta

P ₁ (1991):	56.427 hab.
P ₂ (2001):	57.296 hab.
P ₃ (2010):	58.315 hab.

Se relacionan los datos históricos de la población de la Provincia de Buenos Aires y de la localidad de Punta Alta para cada año, obteniéndose la Tabla N° 12:

Tabla N° 12.- Relación entre las Poblaciones: Punta Alta / Provincia de Bs. As.

$L_1 = P_1/p_1 =$	0,0045
$L_2 = P_2/p_2 =$	0,0041
$L_3 = P_3/p_3 =$	0,0037
Log $L_1 =$	-2,3487
Log $L_2 =$	-2,3826
Log $L_3 =$	-2,4280

En base al logaritmo decimal de las relaciones L_1 , L_2 y L_3 se determinan las relaciones para los dos períodos intercensales históricos (Tabla N° 13):

Tabla N° 13.- Relaciones para los períodos intercensales

Período	Relaciones para los períodos intercensales	
1991-2001	$l_1 = \log L_2 - \log L_1$	-0,0339
2001-2010	$l_2 = \log L_3 - \log L_2$	-0,0454

La Tabla N° 14 muestra la relación entre las poblaciones de Punta Alta y de la Provincia de Bs. AS calculadas para el año inicial del período de diseño ($n = 0$) y los dos subperíodos de diseño de n_1 y n_2 años, considerando los coeficientes de ponderación de la Tabla N° 8.

Tabla N° 14.- Relación Población Punta Alta-Pcia Bs As para los Períodos de Diseño

log L_4	-2,4699
log L_5	-2,5110
log L_6	-2,5515
L_4	0,0034
L_5	0,0031
L_6	0,0028

Finalmente, se obtienen los valores proyectados de la población de Punta Alta para los períodos de diseño (Tabla N° 15).

Tabla N° 15.- Proyección de la Población Punta Alta - Método Relación-Tendencia

Población/Año	2.010	2.016	2.026	2.036
Punta Alta	58.315	57.073	57.095	56.103

2.3.- Proyección de la población total mediante el Método Relación Tendencia

En resumen, la Tabla N° 16 muestra la proyección de la población total vinculada al proyecto mediante la aplicación del método Relación Tendencia:

Tabla N° 16.- Proyección Total de la Población – Método Relación – Tendencia

Población/Año	2.010	2.016	2.026	2.036
Bahía Blanca-Cerri	311.000	326.564	349.337	366.444
Punta Alta	58.315	57.073	57.095	56.103
Total Proyecto	369.315	383.636	406.432	422.547

Anexo IV

Acuerdo Salarial Resolucion N° 101/2016 CCT 695-2005-E

Anexo IV

Acuerdo Salarial - Resolución N° 101/2016 y CCT 695-2005-E



MINISTERIO DE TRABAJO, EMPLEO Y SEGURIDAD SOCIAL

SUBSECRETARÍA DE RELACIONES LABORALES

Resolución 101/2016

Bs. As., 17/02/2016

VISTO el Expediente N° 257.932/15 del Registro del MINISTERIO DE TRABAJO, EMPLEO Y SEGURIDAD SOCIAL, la Ley N° 14.250 (t.o. 2004), la Ley N° 20.744 y sus modificatorias, y

CONSIDERANDO:

Que se solicita la homologación de los acuerdos celebrados entre la FEDERACIÓN NACIONAL DE TRABAJADORES DE OBRAS SANITARIAS (F.E.N.T.O.S.), el SINDICATO DE OBRAS SANITARIAS DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES por el sector gremial y la firma AGUAS BONAERENSES SOCIEDAD ANÓNIMA (A.B.S.A.), obrantes a fojas 3/4 y 6/8, los cuales ratifican a fojas 27 y 31, conforme lo dispuesto en la Ley de Negociación Colectiva N° 14.250 (t.o. 2004).

Que mediante dichos acuerdo las partes convienen nuevas condiciones salariales a partir del 1 de enero de 2015 para el personal comprendido en el marco del Convenio Colectivo de Trabajo de Empresa N° 695/05 "E", suscripto oportunamente por las mismas partes, conforme a los términos y condiciones allí pactados.

Que el ámbito territorial y personal de los mismos se corresponden con la actividad principal de la entidad empresaria signataria y la representatividad de la parte sindical firmante, emergente de su personería gremial.

Que de la lectura de las cláusulas pactadas, no surge contradicción con la normativa laboral vigente.

Que la Asesoría Legal de la Dirección Nacional de Relaciones del Trabajo de este Ministerio, tomó la intervención que le compete.

Que asimismo se acreditan los recaudos formales exigidos por la Ley N° 14.250 (t.o. 2004).

Que las partes han acreditado la representación invocada ante esta Cartera de Estado y ratificaron en todos sus términos los mentados Acuerdos.

Que por lo expuesto, corresponde dictar el pertinente acto administrativo de homologación, de conformidad con los antecedentes mencionados.

Que correspondería que una vez dictado el acto administrativo homologatorio de los acuerdos, se proceda a elaborar, por intermedio de la Dirección Nacional de Regulaciones del Trabajo, el pertinente proyecto de base promedio y tope Indemnizatorio, a fin de dar cumplimiento a lo prescripto en el Artículo 245 de la Ley N° 20.744 (t.o. 1976) y sus modificatorias, que impone a este Ministerio la obligación de fijar los promedios de las remuneraciones y el tope indemnizatorio al cálculo de la indemnización que le corresponde a los trabajadores en caso de extinción injustificada del contrato de trabajo

Que las facultades de la suscripta para resolver en las presentes actuaciones, surgen de las atribuciones otorgadas por el Decreto N° 53/15.

Por ello,

LA SUBSECRETARIA DE RELACIONES LABORALES

RESUELVE:

ARTÍCULO 1° — Declárase homologado el acuerdo celebrado entre la FEDERACIÓN NACIONAL DE TRABAJADORES DE OBRAS SANITARIAS (F.E.N.T.O.S.), el SINDICATO DE OBRAS SANITARIAS DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES por el sector gremial y la firma AGUAS BONAERENSES SOCIEDAD ANÓNIMA (A.B.S.A.), obrante a fojas 3/4, conforme a lo dispuesto en la Ley N° 14.250 (t.o. 2004).

ARTÍCULO 2° — Declárase homologado el acuerdo celebrado entre la FEDERACIÓN NACIONAL DE TRABAJADORES DE OBRAS SANITARIAS (F.E.N.T.O.S.), el SINDICATO DE OBRAS SANITARIAS DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES por el sector gremial y la firma AGUAS BONAERENSES SOCIEDAD ANÓNIMA (A.B.S.A.), obrante a fojas 6/8, conforme a lo dispuesto en la Ley N° 14.250 (t.o. 2004).

ARTÍCULO 3° — Regístrese la presente Resolución en el Departamento Despacho dependiente de la SUBSECRETARIA DE COORDINACIÓN. Cumplido, pase a la Dirección de Negociación Colectiva, a fin de que el Departamento Coordinación registre los presente acuerdos, obrante a fojas 3/4 y 6/8 del Expediente N° 257.932/15.

ARTÍCULO 4° — Notifíquese a las partes signatarias. Posteriormente pase a la Dirección Nacional de Regulaciones del Trabajo, a fin de evaluar la procedencia de efectuar el Proyecto de Base Promedio y Tope Indemnizatorio y de conformidad a lo establecido en el Artículo 245 de la Ley N° 20.744 (t.o. 1976) y sus modificatorias. Finalmente procédase a la guarda del presente legajo conjuntamente al CCT N° 695/05 “E”.

ARTÍCULO 5° — Hágase saber que en el supuesto que este MINISTERIO DE TRABAJO, EMPLEO Y SEGURIDAD SOCIAL no efectúe la publicación de carácter gratuito de los acuerdos homologados y/o de esta Resolución, las partes deberán proceder conforme a lo establecido en el Artículo 5 de la Ley N° 14.250 (t.o. 2004).

ARTÍCULO 6° — Comuníquese, publíquese, dése a la Dirección Nacional del Registro Oficial y archívese. — Dra. SILVIA SQUIRE, Subsecretaria de Relaciones Laborales, Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social.

Expediente N° 257.932/15

Buenos Aires, 19 de febrero de 2016

De conformidad con lo ordenado en la RESOLUCION SSRL N° 101/16 se ha tomado razón de los acuerdos obrantes a fojas 3/4 y 6/8 del expediente de referencia, quedando registrados bajo los

números 115/16 y 116/16 respectivamente. — Lic. ALEJANDRO INSUA, Registro de Convenios Colectivos, Departamento Coordinación - D.N.R.T.

En la Sede Central de la empresa Aguas Bonaerenses S.A. (en adelante ABSA) sita en calle 56 N° 534 de la ciudad de La Plata, a las 10,30 horas del día 14 de enero de 2015, se reúne la Comisión Paritaria prevista en el Convenio Colectivo de Trabajo N° 695/05 “E” con el objeto de tratar la solicitud del Sindicato Obras Sanitarias de la Provincia de Buenos Aires (en adelante SOSBA) efectuada por nota dirigida al Presidente del Directorio de la empresa con fecha 05 de enero de 2015. A tal fin se encuentran presentes por ABSA el Cr. Lorenzo Pablo Giannelli, el Sr. Mario A. Macias y el Cr. Luís Osvaldo Grandío; por el SOSBA, los Sres. Guillermo T. Amorebieta y Vera, Jorge Javier González Fazio y Omar Alberto Vauthay; y por la Federación Nacional de Trabajadores de Obras Sanitarias (FeNTOS) el Secretario de Organización de la misma, Sr. Julio César Castro. Abierto el acto, la representación de ABSA expresa que la Asamblea de Accionistas ha autorizado al Directorio de la Empresa, a disponer las medidas pertinentes de estilo, que tengan por objeto atender las necesidades de una adecuación salarial de su personal, preservando la composición del sistema remuneratorio convencional (Art. 40° del CCT), incrementando a partir del 01 de enero de 2015, la masa salarial en un nueve con veinte por ciento (9,20%), por lo que a efectos de cumplir con dicho objetivo, se dispone aumentar el Sueldo Básico Mensual Conformado (SBMC - Nivel 1 - 1) previsto en el Artículo 42° del CCT vigente, en un nueve con cuarenta por ciento (9,40%) y el resto de los niveles salariales idéntica proporción, de este modo quedan incluidos en este incremento los montos previstos en los Decretos 392/03; 1347/03 y 1295/05, siguiendo el mismo criterio establecido hasta la fecha, en todas las paritarias posteriores a la vigencia de los citados decretos. En base a todo lo expuesto, el Sueldo Básico Mensual Conformado (SBMC - Nivel 1 - 1) previsto en el Artículo 42° del CCT queda establecido, a partir del 01 de enero de 2015, en la suma de Pesos siete mil setecientos dos (\$ 7.702.-). Asimismo se acepta incrementar, a partir de la fecha indicada y en idéntica proporción, el ADICIONAL QUEBRANTO DE CAJA establecido en el Art. 43 Inc. 5 del CCT. En este punto, toma la palabra la representación gremial del SOSBA y de FeNTOS expresando que aceptan el ofrecimiento de la Empresa para incrementar la composición del sistema remuneratorio de los trabajadores, bajo condiciones convencionales vigentes, poniendo de relieve la voluntad de las autoridades de ABSA para llevar a cabo políticas salariales que resguardan el poder adquisitivo de los trabajadores. Sin más que tratar, las partes acuerdan remitir copia de la presente al Ministerio de Trabajo de la Provincia de Buenos Aires y al Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social de la Nación para la homologación del acuerdo alcanzado, dándose por finalizada la reunión a las 11,15 horas, por lo que se procede a la firma de cuatro ejemplares de igual tenor y efecto en el lugar y fecha indicados ut supra.

Tabla de Sueldos Básicos Mensuales Niveles y Subniveles CCT - ENERO 2015

VALOR BASE NIVEL :		7702													
	I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	M
1	7702	8087	8472	8857	9242	9628	10013	10398	10783	11168	11553	11938	12323	12708	13479
2	11630	11892	12154	12416	12677	12939	13201	13463	13725	13987	14249	14434	14772	15034	15635
3	12477	12862	13247	13633	14018	14403	14788	15173	15558	15943	16328	16713	17098	17484	18331
4	14018	14557	15096	15635	16174	16713	17252	17792	18331	18870	19409	19948	20487	21026	22028
5	17715	18369	19024	19679	20333	20988	21643	22297	22952	23607	24261	24916	25571	26225	27496
6	24261	24931	25601	26272	26942	27612	28282	28952	29622	30292	30962	31632	32302	32965	34505
7	31270	32564	33858	35152	36446	37740	39034	40328	41622	42916	44209	45503	46797	48091	50679

En la Sede Central de la empresa Aguas Bonaerenses S.A. (en adelante ABSA) sita en calle 56 N° 534 de la ciudad de La Plata, a las 10,00 horas del día 05 de marzo de 2015, se reúne la Comisión Paritaria prevista en el Convenio Colectivo de Trabajo N° 695/05 “E” con el objeto de tratar la solicitud del Sindicato Obras Sanitarias de la Provincia de Buenos Aires (en adelante SOSBA) efectuada por nota dirigida al Presidente del Directorio de la empresa con fecha 09 de febrero de 2015. A tal fin se encuentran presentes por ABSA el Cr. Lorenzo Pablo Giannelli, el Sr.

Mario A. Macias y el Cr. Luis Osvaldo Grandío; por el SOSBA, los Sres. Guillermo T. Amorebieta y Vera, Jorge Javier González Fazio y Omar Alberto Vauthay; y por la Federación Nacional de Trabajadores de Obras Sanitarias (FeNTOS) el Sr. Julio César Castro. Abierto el acto, la representación de ABSA expresa que la Asamblea de Accionistas ha autorizado al Directorio de la Empresa, a disponer las medidas pertinentes de estilo, que tengan por objeto atender las necesidades de una adecuación salarial de su personal, preservando la composición del sistema remuneratorio convencional (Art. 40° del CCT), incrementando a partir del 01 de marzo de 2015, la masa salarial en un veinticinco por ciento (25,00%) en dos etapas, por lo que a efectos de cumplir con dicho objetivo, se dispone aumentar el Sueldo Básico Mensual Conformado (SBMC - Nivel 1 - 1) previsto en el Artículo 42° del CCT vigente, en un veinticinco con cincuenta y uno por ciento (25,51%) y el resto de los niveles salariales en idéntica proporción, de este modo quedan incluidos en este incremento los montos previstos en los Decretos 392/03; 1347/03 y 1295/05, siguiendo el mismo criterio establecido hasta la fecha, en todas las paritarias posteriores a la vigencia de los citados decretos. En base a todo lo expuesto, el Sueldo Básico Mensual Conformado (SBMC - Nivel 1 - 1) previsto en el Artículo 42° del CCT queda establecido a partir del 01 de marzo del corriente año, de la siguiente forma: en la suma de Pesos ocho mil setecientos treinta y uno (\$ 8.731.-) a partir del 01 de marzo de 2015 con un incremento del 13,36%; en la suma de Pesos nueve mil seiscientos sesenta y siete (\$ 9.667.-) a partir del 01 de agosto de 2015 con un incremento del 10,72%. Asimismo se acepta incrementar, a partir de las fechas indicadas y en idéntica proporción, el ADICIONAL QUEBRANTO DE CAJA establecido en el Art. 43 Inc. 5 del CCT. En este punto, toma la palabra la representación gremial del SOSBA y de FeNTOS expresando que aceptan el ofrecimiento de la Empresa para incrementar la composición del sistema remuneratorio de los trabajadores, bajo condiciones convencionales vigentes, poniendo de relieve la voluntad de las autoridades de ABSA para llevar a cabo políticas salariales que resguardan el poder adquisitivo de los trabajadores. Sin más que tratar, las partes acuerdan remitir copia de la presente al Ministerio de Trabajo de la Provincia de Buenos Aires y al Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social de la Nación para la homologación del acuerdo alcanzado, dándose por finalizada la reunión a las 11,00 horas, por lo que se procede a la firma de cuatro ejemplares de igual tenor y efecto en el lugar y fecha indicados ut supra.

COEFICIENTES PARA EL CÁLCULO DE LAS REMUNERACIONES EN LOS DISTINTOS SUBNIVELES

	N I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	M
1	1,000	1,050	1,100	1,150	1,200	1,250	1,300	1,350	1,400	1,450	1,500	1,550	1,600	1,650	1,750
2	1,510	1,544	1,578	1,612	1,646	1,680	1,714	1,748	1,782	1,816	1,850	1,874	1,918	1,952	2,030
3	1,620	1,670	1,720	1,770	1,820	1,870	1,920	1,970	2,020	2,070	2,120	2,170	2,220	2,270	2,380
4	1,820	1,890	1,960	2,030	2,100	2,170	2,240	2,310	2,380	2,450	2,520	2,590	2,660	2,730	2,860
5	2,300	2,385	2,470	2,555	2,640	2,725	2,810	2,895	2,980	3,065	3,150	3,235	3,320	3,405	3,570
6	3,150	3,237	3,324	3,411	3,498	3,585	3,672	3,759	3,846	3,933	4,020	4,107	4,194	4,280	4,480
7	4,060	4,228	4,396	4,564	4,732	4,900	5,068	5,236	5,404	5,572	5,740	5,908	6,076	6,244	6,580

3479
5635
3331
2028
7496
4505
1679

VALOR BASE NIVEL :		8731													
	I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	M
1	8731	9168	9604	10041	10477	10914	11350	11787	12223	12660	13097	13533	13970	14406	15279
2	13184	13481	13778	14074	14371	14668	14965	15262	15559	15855	16152	16362	16746	17043	17724
3	14144	14581	15017	15454	15890	16327	16764	17200	17637	18073	18510	18946	19383	19819	20780
4	15890	16502	17113	17724	18335	18946	19557	20169	20780	21391	22002	22613	23224	23836	24971
5	20081	20823	21566	22308	23050	23792	24534	25276	26018	26761	27503	28245	28987	29729	31170
6	27503	28262	29022	29781	30541	31301	32060	32820	33579	34339	35099	35858	36618	37369	39115
7	35448	36915	38381	39848	41315	42782	44249	45716	47182	48649	50116	51583	53050	54516	57450

	N I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	M
1	1,000	1,050	1,100	1,150	1,200	1,250	1,300	1,350	1,400	1,450	1,500	1,550	1,600	1,650	1,750
2	1,510	1,544	1,578	1,612	1,646	1,680	1,714	1,748	1,782	1,816	1,850	1,874	1,918	1,952	2,030
3	1,620	1,670	1,720	1,770	1,820	1,870	1,920	1,970	2,020	2,070	2,120	2,170	2,220	2,270	2,380
4	1,820	1,890	1,960	2,030	2,100	2,170	2,240	2,310	2,380	2,450	2,520	2,590	2,660	2,730	2,860
5	2,300	2,385	2,470	2,555	2,640	2,725	2,810	2,895	2,980	3,065	3,150	3,235	3,320	3,405	3,570
6	3,150	3,237	3,324	3,411	3,498	3,585	3,672	3,759	3,846	3,933	4,020	4,107	4,194	4,280	4,480
7	4,060	4,228	4,396	4,564	4,732	4,900	5,068	5,236	5,404	5,572	5,740	5,908	6,076	6,244	6,580

VALOR BASE NIVEL :		9667													
	I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	M
1	9667	10150	10634	11117	11600	12084	12567	13050	13534	14017	14501	14984	15467	15951	16917
2	14597	14926	15255	15583	15912	16241	16569	16898	17227	17555	17884	18116	18541	18870	19624
3	15661	16144	16627	17111	17594	18077	18561	19044	19527	20011	20494	20977	21461	21944	23007
4	17594	18271	18947	19624	20301	20977	21654	22331	23007	23684	24361	25038	25714	26391	27648
5	22234	23056	23877	24699	25521	26343	27164	27986	28808	29629	30451	31273	32094	32916	34511
6	30451	31292	32133	32974	33815	34656	35497	36338	37179	38020	38861	39702	40543	41375	43308
7	39248	40872	42496	44120	45744	47368	48992	50616	52240	53865	55489	57113	58737	60361	63609

Anexo V

Análisis de Sensibilidad

ANEXO V Análisis de Sensibilidad

En este anexo se presentan algunas de las variaciones que puede tener un proyecto en sus parámetros de rentabilidad ante cambios en sus principales variables tanto de costos como de beneficios.

Tabla N° 1.1.- Sensibilidad del monto de la inversión inicial - Aumento del 5 %

Año	Agua residual 1° C	AR Alim para Trat 3	ART y consumida	AR sobrante	Inversión Inicial	Costos variables - Trat 1 y 2	Costos variables - Trat 3 y 4	Costos fijos	COSTO TOTAL	Beneficio incremental por ART	Beneficio incremental por consumo residencial	BENEFICIO INCREMENTAL TOTAL	FLUJO NETO
	m ³ /hora				USD/año				USD/año			USD/año	
2016	0	0	0	0	41.153.687				41.153.687			0	-41.153.687
2017	0	0	0	0	48.375.460				48.375.460			0	-48.375.460
2018	2.591	2.860	1.870	990		3.174.926	1.996.868	1.028.288	6.200.083	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.655.267
2019	2.705	2.985	1.870	1.115		3.314.073	1.996.868	1.028.288	6.339.229	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.516.120
2020	2.820	3.112	1.870	1.242		3.454.686	1.996.868	1.028.288	6.479.843	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.375.507
2021	2.936	3.240	1.870	1.370		3.596.783	1.996.868	1.028.288	6.621.939	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.233.411
2022	2.957	3.264	1.870	1.394		3.623.113	1.996.868	1.028.288	6.648.269	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.207.080
2023	2.979	3.288	1.870	1.418		3.649.655	1.996.868	1.028.288	6.674.811	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.180.539
2024	3.001	3.312	1.870	1.442		3.676.409	1.996.868	1.028.288	6.701.566	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.153.784
2025	3.023	3.336	1.870	1.466		3.703.379	1.996.868	1.028.288	6.728.535	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.126.815
2026	3.045	3.361	2.244	1.117		3.730.565	2.396.242	1.028.288	7.155.095	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.248.717
2027	3.064	3.382	2.244	1.138		3.754.428	2.396.242	1.028.288	7.178.958	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.224.854
2028	3.084	3.404	2.244	1.160		3.778.464	2.396.242	1.028.288	7.202.994	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.200.818

2029	3.104	3.425	2.244	1.181		3.802.673	2.396.242	1.028.288	7.227.203	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.176.609
2030	3.124	3.447	2.244	1.203		3.827.057	2.396.242	1.028.288	7.251.587	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.152.225
2031	3.144	3.470	2.244	1.226		3.851.616	2.396.242	1.028.288	7.276.147	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.127.666
2032	3.164	3.492	2.244	1.248		3.876.354	2.396.242	1.028.288	7.300.884	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.102.928
2033	3.184	3.514	2.244	1.270		3.901.269	2.396.242	1.028.288	7.325.799	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.078.013
2034	3.205	3.537	2.244	1.293		3.926.365	2.396.242	1.028.288	7.350.895	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.052.917
2035	3.225	3.560	2.244	1.316		3.951.642	2.396.242	1.028.288	7.376.172	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.027.640
2036	3.246	3.583	2.244	1.339		3.977.101	2.396.242	1.028.288	7.401.631	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.002.181

Inversión Inicial: 89.529.147 USD

VANS: 8.164.526 USD

TIRS: 10,20%

Tabla N° 1.2.- Sensibilidad del monto de la inversión inicial – Aumento del 10 %

Año	Agua residual 1° C	AR Alim para Trat 3	ART y consumida	AR sobrante	Inversión Inicial	Costos variables - Trat 1 y 2	Costos variables - Trat 3 y 4	Costos fijos	COSTO TOTAL	Beneficio incremental por ART	Beneficio incremental por consumo residencial	BENEFICIO INCREMENTAL TOTAL	FLUJO NETO
	m ³ /hora				USD/año					USD/año			USD/año
2016	0	0	0	0	43.113.386				43.113.386			0	-43.113.386
2017	0	0	0	0	50.679.054				50.679.054			0	-50.679.054
2018	2.591	2.860	1.870	990		3.174.926	1.996.868	1.028.288	6.200.083	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.655.267
2019	2.705	2.985	1.870	1.115		3.314.073	1.996.868	1.028.288	6.339.229	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.516.120

2020	2.820	3.112	1.870	1.242		3.454.686	1.996.868	1.028.288	6.479.843	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.375.507
2021	2.936	3.240	1.870	1.370		3.596.783	1.996.868	1.028.288	6.621.939	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.233.411
2022	2.957	3.264	1.870	1.394		3.623.113	1.996.868	1.028.288	6.648.269	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.207.080
2023	2.979	3.288	1.870	1.418		3.649.655	1.996.868	1.028.288	6.674.811	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.180.539
2024	3.001	3.312	1.870	1.442		3.676.409	1.996.868	1.028.288	6.701.566	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.153.784
2025	3.023	3.336	1.870	1.466		3.703.379	1.996.868	1.028.288	6.728.535	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.126.815
2026	3.045	3.361	2.244	1.117		3.730.565	2.396.242	1.028.288	7.155.095	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.248.717
2027	3.064	3.382	2.244	1.138		3.754.428	2.396.242	1.028.288	7.178.958	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.224.854
2028	3.084	3.404	2.244	1.160		3.778.464	2.396.242	1.028.288	7.202.994	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.200.818
2029	3.104	3.425	2.244	1.181		3.802.673	2.396.242	1.028.288	7.227.203	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.176.609
2030	3.124	3.447	2.244	1.203		3.827.057	2.396.242	1.028.288	7.251.587	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.152.225
2031	3.144	3.470	2.244	1.226		3.851.616	2.396.242	1.028.288	7.276.147	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.127.666
2032	3.164	3.492	2.244	1.248		3.876.354	2.396.242	1.028.288	7.300.884	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.102.928
2033	3.184	3.514	2.244	1.270		3.901.269	2.396.242	1.028.288	7.325.799	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.078.013
2034	3.205	3.537	2.244	1.293		3.926.365	2.396.242	1.028.288	7.350.895	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.052.917
2035	3.225	3.560	2.244	1.316		3.951.642	2.396.242	1.028.288	7.376.172	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.027.640
2036	3.246	3.583	2.244	1.339		3.977.101	2.396.242	1.028.288	7.401.631	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.002.181

Inversión inicial: 93.792.440 USD

VANS: 4.091.438 USD

TIRS: 9,58 %

Tabla N° 1.3.- Sensibilidad del monto de la inversión inicial – Aumento del 15 %

Año	Agua residual 1° C	AR Alim para Trat 3	ART y consumida	AR sobrante	Inversión Inicial	Costos variables - Trat 1 y 2	Costos variables - Trat 3 y 4	Costos fijos	COSTO TOTAL	Beneficio incremental por ART	Beneficio incremental por consumo residencial	BENEFICIO INCREMENTAL TOTAL	FLUJO NETO
	m ³ /hora				USD/año					USD/año			USD/año
2016	0	0	0	0	45.073.086				45.073.086			0	-45.073.086
2017	0	0	0	0	52.982.647				52.982.647			0	-52.982.647
2018	2.591	2.860	1.870	990		3.174.926	1.996.868	1.028.288	6.200.083	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.655.267
2019	2.705	2.985	1.870	1.115		3.314.073	1.996.868	1.028.288	6.339.229	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.516.120
2020	2.820	3.112	1.870	1.242		3.454.686	1.996.868	1.028.288	6.479.843	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.375.507
2021	2.936	3.240	1.870	1.370		3.596.783	1.996.868	1.028.288	6.621.939	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.233.411
2022	2.957	3.264	1.870	1.394		3.623.113	1.996.868	1.028.288	6.648.269	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.207.080
2023	2.979	3.288	1.870	1.418		3.649.655	1.996.868	1.028.288	6.674.811	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.180.539
2024	3.001	3.312	1.870	1.442		3.676.409	1.996.868	1.028.288	6.701.566	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.153.784
2025	3.023	3.336	1.870	1.466		3.703.379	1.996.868	1.028.288	6.728.535	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.126.815
2026	3.045	3.361	2.244	1.117		3.730.565	2.396.242	1.028.288	7.155.095	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.248.717
2027	3.064	3.382	2.244	1.138		3.754.428	2.396.242	1.028.288	7.178.958	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.224.854
2028	3.084	3.404	2.244	1.160		3.778.464	2.396.242	1.028.288	7.202.994	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.200.818
2029	3.104	3.425	2.244	1.181		3.802.673	2.396.242	1.028.288	7.227.203	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.176.609
2030	3.124	3.447	2.244	1.203		3.827.057	2.396.242	1.028.288	7.251.587	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.152.225
2031	3.144	3.470	2.244	1.226		3.851.616	2.396.242	1.028.288	7.276.147	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.127.666
2032	3.164	3.492	2.244	1.248		3.876.354	2.396.242	1.028.288	7.300.884	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.102.928
2033	3.184	3.514	2.244	1.270		3.901.269	2.396.242	1.028.288	7.325.799	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.078.013

2034	3.205	3.537	2.244	1.293		3.926.365	2.396.242	1.028.288	7.350.895	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.052.917
2035	3.225	3.560	2.244	1.316		3.951.642	2.396.242	1.028.288	7.376.172	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.027.640
2036	3.246	3.583	2.244	1.339		3.977.101	2.396.242	1.028.288	7.401.631	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.002.181

Inversión Inicial: 98.055.733 USD

VANS: 18.350 USD

TIRS: 9,003 %

Tabla N° 1.4.- Sensibilidad del monto de la inversión inicial – Aumento del 20 %

Año	Agua residual 1° C	AR Alim para Trat 3	ART y consumida	AR sobrante	Inversión Inicial	Costos variables - Trat 1 y 2	Costos variables - Trat 3 y 4	Costos fijos	COSTO TOTAL	Beneficio incremental por ART	Beneficio incremental por consumo residencial	BENEFICIO INCREMENTAL TOTAL	FLUJO NETO
	m ³ /hora				USD/año					USD/año		USD/año	
2016	0	0	0	0	47.032.785				47.032.785			0	-47.032.785
2017	0	0	0	0	55.286.240				55.286.240			0	-55.286.240
2018	2.591	2.860	1.870	990		3.174.926	1.996.868	1.028.288	6.200.083	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.655.267
2019	2.705	2.985	1.870	1.115		3.314.073	1.996.868	1.028.288	6.339.229	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.516.120
2020	2.820	3.112	1.870	1.242		3.454.686	1.996.868	1.028.288	6.479.843	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.375.507
2021	2.936	3.240	1.870	1.370		3.596.783	1.996.868	1.028.288	6.621.939	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.233.411
2022	2.957	3.264	1.870	1.394		3.623.113	1.996.868	1.028.288	6.648.269	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.207.080
2023	2.979	3.288	1.870	1.418		3.649.655	1.996.868	1.028.288	6.674.811	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.180.539
2024	3.001	3.312	1.870	1.442		3.676.409	1.996.868	1.028.288	6.701.566	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.153.784
2025	3.023	3.336	1.870	1.466		3.703.379	1.996.868	1.028.288	6.728.535	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.126.815
2026	3.045	3.361	2.244	1.117		3.730.565	2.396.242	1.028.288	7.155.095	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.248.717
2027	3.064	3.382	2.244	1.138		3.754.428	2.396.242	1.028.288	7.178.958	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.224.854

2028	3.084	3.404	2.244	1.160		3.778.464	2.396.242	1.028.288	7.202.994	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.200.818
2029	3.104	3.425	2.244	1.181		3.802.673	2.396.242	1.028.288	7.227.203	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.176.609
2030	3.124	3.447	2.244	1.203		3.827.057	2.396.242	1.028.288	7.251.587	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.152.225
2031	3.144	3.470	2.244	1.226		3.851.616	2.396.242	1.028.288	7.276.147	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.127.666
2032	3.164	3.492	2.244	1.248		3.876.354	2.396.242	1.028.288	7.300.884	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.102.928
2033	3.184	3.514	2.244	1.270		3.901.269	2.396.242	1.028.288	7.325.799	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.078.013
2034	3.205	3.537	2.244	1.293		3.926.365	2.396.242	1.028.288	7.350.895	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.052.917
2035	3.225	3.560	2.244	1.316		3.951.642	2.396.242	1.028.288	7.376.172	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.027.640
2036	3.246	3.583	2.244	1.339		3.977.101	2.396.242	1.028.288	7.401.631	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.002.181

Inversión Inicial: 102.319.025 USD

VANS: **-4.054.737 USD**

TIRS: **8,46%**

Tabla N° 1.5.- Sensibilidad del monto de la inversión inicial – Disminución del 5 %

Año	Agua residual 1° C	AR Alim para Trat 3	ART y consumida	AR sobrante	Inversión Inicial	Costos variables - Trat 1 y 2	Costos variables - Trat 3 y 4	Costos fijos	COSTO TOTAL	Beneficio incremental por ART	Beneficio incremental por consumo residencial	BENEFICIO INCREMENTAL TOTAL	FLUJO NETO
	m ³ /hora				USD/año					USD/año			USD/año
2016	0	0	0	0	37.234.288				37.234.288			0	-37.234.288
2017	0	0	0	0	43.768.274				43.768.274			0	-43.768.274
2018	2.591	2.860	1.870	990		3.174.926	1.996.868	1.028.288	6.200.083	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.655.267

2019	2.705	2.985	1.870	1.115		3.314.073	1.996.868	1.028.288	6.339.229	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.516.120
2020	2.820	3.112	1.870	1.242		3.454.686	1.996.868	1.028.288	6.479.843	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.375.507
2021	2.936	3.240	1.870	1.370		3.596.783	1.996.868	1.028.288	6.621.939	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.233.411
2022	2.957	3.264	1.870	1.394		3.623.113	1.996.868	1.028.288	6.648.269	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.207.080
2023	2.979	3.288	1.870	1.418		3.649.655	1.996.868	1.028.288	6.674.811	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.180.539
2024	3.001	3.312	1.870	1.442		3.676.409	1.996.868	1.028.288	6.701.566	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.153.784
2025	3.023	3.336	1.870	1.466		3.703.379	1.996.868	1.028.288	6.728.535	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.126.815
2026	3.045	3.361	2.244	1.117		3.730.565	2.396.242	1.028.288	7.155.095	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.248.717
2027	3.064	3.382	2.244	1.138		3.754.428	2.396.242	1.028.288	7.178.958	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.224.854
2028	3.084	3.404	2.244	1.160		3.778.464	2.396.242	1.028.288	7.202.994	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.200.818
2029	3.104	3.425	2.244	1.181		3.802.673	2.396.242	1.028.288	7.227.203	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.176.609
2030	3.124	3.447	2.244	1.203		3.827.057	2.396.242	1.028.288	7.251.587	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.152.225
2031	3.144	3.470	2.244	1.226		3.851.616	2.396.242	1.028.288	7.276.147	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.127.666
2032	3.164	3.492	2.244	1.248		3.876.354	2.396.242	1.028.288	7.300.884	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.102.928
2033	3.184	3.514	2.244	1.270		3.901.269	2.396.242	1.028.288	7.325.799	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.078.013
2034	3.205	3.537	2.244	1.293		3.926.365	2.396.242	1.028.288	7.350.895	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.052.917
2035	3.225	3.560	2.244	1.316		3.951.642	2.396.242	1.028.288	7.376.172	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.027.640
2036	3.246	3.583	2.244	1.339		3.977.101	2.396.242	1.028.288	7.401.631	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.002.181

Inversión Inicial: 81.002.562 USD

VANS: 16.310.702 USD

TIRS: 11,58 %

Tabla N° 1.6.- Sensibilidad del monto de la inversión inicial – Disminución del10 %

Año	Agua residual 1° C	AR Alim para Trat 3	ART y consumida	AR sobrante	Inversión Inicial	Costos variables - Trat 1 y 2	Costos variables - Trat 3 y 4	Costos fijos	COSTO TOTAL	Beneficio incremental por ART	Beneficio incremental por consumo residencial	BENEFICIO INCREMENTAL TOTAL	FLUJO NETO
	m ³ /hora				USD/año					USD/año			USD/año
2016	0	0	0	0	35.274.589				35.274.589			0	-35.274.589
2017	0	0	0	0	41.464.680				41.464.680			0	-41.464.680
2018	2.591	2.860	1.870	990		3.174.926	1.996.868	1.028.288	6.200.083	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.655.267
2019	2.705	2.985	1.870	1.115		3.314.073	1.996.868	1.028.288	6.339.229	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.516.120
2020	2.820	3.112	1.870	1.242		3.454.686	1.996.868	1.028.288	6.479.843	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.375.507
2021	2.936	3.240	1.870	1.370		3.596.783	1.996.868	1.028.288	6.621.939	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.233.411
2022	2.957	3.264	1.870	1.394		3.623.113	1.996.868	1.028.288	6.648.269	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.207.080
2023	2.979	3.288	1.870	1.418		3.649.655	1.996.868	1.028.288	6.674.811	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.180.539
2024	3.001	3.312	1.870	1.442		3.676.409	1.996.868	1.028.288	6.701.566	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.153.784
2025	3.023	3.336	1.870	1.466		3.703.379	1.996.868	1.028.288	6.728.535	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.126.815
2026	3.045	3.361	2.244	1.117		3.730.565	2.396.242	1.028.288	7.155.095	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.248.717
2027	3.064	3.382	2.244	1.138		3.754.428	2.396.242	1.028.288	7.178.958	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.224.854
2028	3.084	3.404	2.244	1.160		3.778.464	2.396.242	1.028.288	7.202.994	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.200.818
2029	3.104	3.425	2.244	1.181		3.802.673	2.396.242	1.028.288	7.227.203	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.176.609
2030	3.124	3.447	2.244	1.203		3.827.057	2.396.242	1.028.288	7.251.587	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.152.225
2031	3.144	3.470	2.244	1.226		3.851.616	2.396.242	1.028.288	7.276.147	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.127.666
2032	3.164	3.492	2.244	1.248		3.876.354	2.396.242	1.028.288	7.300.884	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.102.928
2033	3.184	3.514	2.244	1.270		3.901.269	2.396.242	1.028.288	7.325.799	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.078.013

2034	3.205	3.537	2.244	1.293		3.926.365	2.396.242	1.028.288	7.350.895	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.052.917
2035	3.225	3.560	2.244	1.316		3.951.642	2.396.242	1.028.288	7.376.172	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.027.640
2036	3.246	3.583	2.244	1.339		3.977.101	2.396.242	1.028.288	7.401.631	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.002.181

Inversión Inicial: 76.739.269 USD

VANS: 20.383.789 USD

TIRS: 12,35 %

Tabla N° 1.7.- Sensibilidad del monto de la inversión inicial – Disminución del15 %

Año	Agua residual 1° C	AR Alim para Trat 3	ART y consumida	AR sobrante	Inversión Inicial	Costos variables - Trat 1 y 2	Costos variables - Trat 3 y 4	Costos fijos	COSTO TOTAL	Beneficio incremental por ART	Beneficio incremental por consumo residencial	BENEFICIO INCREMENTAL TOTAL	FLUJO NETO
	m ³ /hora				USD/año					USD/año			USD/año
2016	0	0	0	0	33.314.889				33.314.889			0	-33.314.889
2017	0	0	0	0	39.161.087				39.161.087			0	-39.161.087
2018	2.591	2.860	1.870	990		3.174.926	1.996.868	1.028.288	6.200.083	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.655.267
2019	2.705	2.985	1.870	1.115		3.314.073	1.996.868	1.028.288	6.339.229	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.516.120
2020	2.820	3.112	1.870	1.242		3.454.686	1.996.868	1.028.288	6.479.843	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.375.507
2021	2.936	3.240	1.870	1.370		3.596.783	1.996.868	1.028.288	6.621.939	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.233.411
2022	2.957	3.264	1.870	1.394		3.623.113	1.996.868	1.028.288	6.648.269	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.207.080
2023	2.979	3.288	1.870	1.418		3.649.655	1.996.868	1.028.288	6.674.811	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.180.539
2024	3.001	3.312	1.870	1.442		3.676.409	1.996.868	1.028.288	6.701.566	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.153.784
2025	3.023	3.336	1.870	1.466		3.703.379	1.996.868	1.028.288	6.728.535	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.126.815
2026	3.045	3.361	2.244	1.117		3.730.565	2.396.242	1.028.288	7.155.095	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.248.717

2027	3.064	3.382	2.244	1.138		3.754.428	2.396.242	1.028.288	7.178.958	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.224.854
2028	3.084	3.404	2.244	1.160		3.778.464	2.396.242	1.028.288	7.202.994	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.200.818
2029	3.104	3.425	2.244	1.181		3.802.673	2.396.242	1.028.288	7.227.203	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.176.609
2030	3.124	3.447	2.244	1.203		3.827.057	2.396.242	1.028.288	7.251.587	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.152.225
2031	3.144	3.470	2.244	1.226		3.851.616	2.396.242	1.028.288	7.276.147	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.127.666
2032	3.164	3.492	2.244	1.248		3.876.354	2.396.242	1.028.288	7.300.884	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.102.928
2033	3.184	3.514	2.244	1.270		3.901.269	2.396.242	1.028.288	7.325.799	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.078.013
2034	3.205	3.537	2.244	1.293		3.926.365	2.396.242	1.028.288	7.350.895	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.052.917
2035	3.225	3.560	2.244	1.316		3.951.642	2.396.242	1.028.288	7.376.172	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.027.640
2036	3.246	3.583	2.244	1.339		3.977.101	2.396.242	1.028.288	7.401.631	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.002.181

Inversión Inicial: 72.475.976 USD

VANS: 24.456.877 USD

TIRS: 13,20%

Tabla N° 1.8.- Sensibilidad del monto de la inversión inicial – Disminución del 20 %

Año	Agua residual 1° C	AR Alim para Trat 3	ART y consumida	AR sobrante	Inversión Inicial	Costos variables - Trat 1 y 2	Costos variables - Trat 3 y 4	Costos fijos	COSTO TOTAL	Beneficio incremental por ART	Beneficio incremental por consumo residencial	BENEFICIO INCREMENTAL TOTAL	FLUJO NETO
	m ³ /hora				USD/año					USD/año		USD/año	
2016	0	0	0	0	31.355.190				31.355.190			0	-31.355.190
2017	0	0	0	0	36.857.493				36.857.493			0	-36.857.493
2018	2.591	2.860	1.870	990		3.174.926	1.996.868	1.028.288	6.200.083	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.655.267
2019	2.705	2.985	1.870	1.115		3.314.073	1.996.868	1.028.288	6.339.229	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.516.120

2020	2.820	3.112	1.870	1.242		3.454.686	1.996.868	1.028.288	6.479.843	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.375.507
2021	2.936	3.240	1.870	1.370		3.596.783	1.996.868	1.028.288	6.621.939	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.233.411
2022	2.957	3.264	1.870	1.394		3.623.113	1.996.868	1.028.288	6.648.269	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.207.080
2023	2.979	3.288	1.870	1.418		3.649.655	1.996.868	1.028.288	6.674.811	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.180.539
2024	3.001	3.312	1.870	1.442		3.676.409	1.996.868	1.028.288	6.701.566	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.153.784
2025	3.023	3.336	1.870	1.466		3.703.379	1.996.868	1.028.288	6.728.535	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.126.815
2026	3.045	3.361	2.244	1.117		3.730.565	2.396.242	1.028.288	7.155.095	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.248.717
2027	3.064	3.382	2.244	1.138		3.754.428	2.396.242	1.028.288	7.178.958	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.224.854
2028	3.084	3.404	2.244	1.160		3.778.464	2.396.242	1.028.288	7.202.994	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.200.818
2029	3.104	3.425	2.244	1.181		3.802.673	2.396.242	1.028.288	7.227.203	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.176.609
2030	3.124	3.447	2.244	1.203		3.827.057	2.396.242	1.028.288	7.251.587	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.152.225
2031	3.144	3.470	2.244	1.226		3.851.616	2.396.242	1.028.288	7.276.147	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.127.666
2032	3.164	3.492	2.244	1.248		3.876.354	2.396.242	1.028.288	7.300.884	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.102.928
2033	3.184	3.514	2.244	1.270		3.901.269	2.396.242	1.028.288	7.325.799	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.078.013
2034	3.205	3.537	2.244	1.293		3.926.365	2.396.242	1.028.288	7.350.895	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.052.917
2035	3.225	3.560	2.244	1.316		3.951.642	2.396.242	1.028.288	7.376.172	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.027.640
2036	3.246	3.583	2.244	1.339		3.977.101	2.396.242	1.028.288	7.401.631	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.002.181

Inversión Inicial: 68.212.683 USD

VANS: 28.529.965 USD

TIRS: 14,13 %

Tabla N° 2.1.-Sensibilidad con respecto a la variación en el Costo Variable de la Electricidad – Aumento del 5 %

Año	Agua residual 1° C	AR Alim para Trat 3	ART y consumida	AR sobrante	Inversión Inicial	Costos variables - Trat 1 y 2	Costos variables - Trat 3 y 4	Costos fijos	COSTO TOTAL	Beneficio incremental por ART	Beneficio incremental por consumo residencial	BENEFICIO INCREMENTAL TOTAL	FLUJO NETO
	m ³ /hora				USD/año					USD/año			USD/año
2016	0	0	0	0	39.193.988				39.193.988			0	-39.193.988
2017	0	0	0	0	46.071.867				46.071.867			0	-46.071.867
2018	2.591	2.860	1.870	990		3.210.172	2.056.147	1.028.288	6.294.607	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.560.743
2019	2.705	2.985	1.870	1.115		3.350.863	2.056.147	1.028.288	6.435.298	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.420.052
2020	2.820	3.112	1.870	1.242		3.493.038	2.056.147	1.028.288	6.577.473	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.277.877
2021	2.936	3.240	1.870	1.370		3.636.712	2.056.147	1.028.288	6.721.146	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.134.203
2022	2.957	3.264	1.870	1.394		3.663.334	2.056.147	1.028.288	6.747.769	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.107.581
2023	2.979	3.288	1.870	1.418		3.690.171	2.056.147	1.028.288	6.774.605	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.080.744
2024	3.001	3.312	1.870	1.442		3.717.222	2.056.147	1.028.288	6.801.657	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.053.693
2025	3.023	3.336	1.870	1.466		3.744.491	2.056.147	1.028.288	6.828.926	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.026.424
2026	3.045	3.361	2.244	1.117		3.771.979	2.467.376	1.028.288	7.267.643	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.136.169
2027	3.064	3.382	2.244	1.138		3.796.107	2.467.376	1.028.288	7.291.771	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.112.041
2028	3.084	3.404	2.244	1.160		3.820.410	2.467.376	1.028.288	7.316.074	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.087.739
2029	3.104	3.425	2.244	1.181		3.844.887	2.467.376	1.028.288	7.340.552	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.063.261
2030	3.124	3.447	2.244	1.203		3.869.542	2.467.376	1.028.288	7.365.206	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.038.606
2031	3.144	3.470	2.244	1.226		3.894.375	2.467.376	1.028.288	7.390.039	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.013.774
2032	3.164	3.492	2.244	1.248		3.919.386	2.467.376	1.028.288	7.415.050	12.480.097	7.923.715	20.403.812	12.988.762
2033	3.184	3.514	2.244	1.270		3.944.579	2.467.376	1.028.288	7.440.243	12.480.097	7.923.715	20.403.812	12.963.569

2034	3.205	3.537	2.244	1.293		3.969.953	2.467.376	1.028.288	7.465.617	12.480.097	7.923.715	20.403.812	12.938.195
2035	3.225	3.560	2.244	1.316		3.995.510	2.467.376	1.028.288	7.491.174	12.480.097	7.923.715	20.403.812	12.912.638
2036	3.246	3.583	2.244	1.339		4.021.252	2.467.376	1.028.288	7.516.916	12.480.097	7.923.715	20.403.812	12.886.896

VANS: 11.383.694 USD

TIRS: 10,73 %

Tabla N° 2.2.-Sensibilidad con respecto a la variación en el Costo Variable de la Electricidad – Aumento del 10 %

Año	Agua residual 1° C	AR Alim para Trat 3	ART y consumida	AR sobrante	Inversión Inicial	Costos variables - Trat 1 y 2	Costos variables - Trat 3 y 4	Costos fijos	COSTO TOTAL	Beneficio incremental por ART	Beneficio incremental por consumo residencial	BENEFICIO INCREMENTAL TOTAL	FLUJO NETO
	m ³ /hora				USD/año					USD/año		USD/año	
2016	0	0	0	0	39.193.988				39.193.988			0	-39.193.988
2017	0	0	0	0	46.071.867				46.071.867			0	-46.071.867
2018	2.591	2.860	1.870	990		3.251.249	2.111.217	1.028.288	6.390.755	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.464.595
2019	2.705	2.985	1.870	1.115		3.393.741	2.111.217	1.028.288	6.533.246	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.322.104
2020	2.820	3.112	1.870	1.242		3.537.734	2.111.217	1.028.288	6.677.240	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.178.110
2021	2.936	3.240	1.870	1.370		3.683.246	2.111.217	1.028.288	6.822.752	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.032.598
2022	2.957	3.264	1.870	1.394		3.710.210	2.111.217	1.028.288	6.849.715	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.005.635
2023	2.979	3.288	1.870	1.418		3.737.390	2.111.217	1.028.288	6.876.895	10.252.254	6.603.096	16.855.350	9.978.455
2024	3.001	3.312	1.870	1.442		3.764.787	2.111.217	1.028.288	6.904.293	10.252.254	6.603.096	16.855.350	9.951.057
2025	3.023	3.336	1.870	1.466		3.792.405	2.111.217	1.028.288	6.931.911	10.252.254	6.603.096	16.855.350	9.923.439
2026	3.045	3.361	2.244	1.117		3.820.245	2.533.461	1.028.288	7.381.993	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.021.819

2027	3.064	3.382	2.244	1.138		3.844.682	2.533.461	1.028.288	7.406.430	12.480.097	7.923.715	20.403.812	12.997.382
2028	3.084	3.404	2.244	1.160		3.869.295	2.533.461	1.028.288	7.431.044	12.480.097	7.923.715	20.403.812	12.972.768
2029	3.104	3.425	2.244	1.181		3.894.086	2.533.461	1.028.288	7.455.835	12.480.097	7.923.715	20.403.812	12.947.977
2030	3.124	3.447	2.244	1.203		3.919.056	2.533.461	1.028.288	7.480.805	12.480.097	7.923.715	20.403.812	12.923.007
2031	3.144	3.470	2.244	1.226		3.944.206	2.533.461	1.028.288	7.505.955	12.480.097	7.923.715	20.403.812	12.897.857
2032	3.164	3.492	2.244	1.248		3.969.538	2.533.461	1.028.288	7.531.287	12.480.097	7.923.715	20.403.812	12.872.525
2033	3.184	3.514	2.244	1.270		3.995.053	2.533.461	1.028.288	7.556.802	12.480.097	7.923.715	20.403.812	12.847.010
2034	3.205	3.537	2.244	1.293		4.020.752	2.533.461	1.028.288	7.582.501	12.480.097	7.923.715	20.403.812	12.821.312
2035	3.225	3.560	2.244	1.316		4.046.636	2.533.461	1.028.288	7.608.385	12.480.097	7.923.715	20.403.812	12.795.427
2036	3.246	3.583	2.244	1.339		4.072.707	2.533.461	1.028.288	7.634.456	12.480.097	7.923.715	20.403.812	12.769.356

VANS: 10.512.362 USD

TIRS: 10,60 %

Tabla N° 2.3.-Sensibilidad con respecto a la variación en el Costo Variable de la Electricidad – Aumento del 15 %

Año	Agua residual 1° C	AR Alim para Trat 3	ART y consumida	AR sobrante	Inversión Inicial	Costos variables - Trat 1 y 2	Costos variables - Trat 3 y 4	Costos fijos	COSTO TOTAL	Beneficio incremental por ART	Beneficio incremental por consumo residencial	BENEFICIO INCREMENTAL TOTAL	FLUJO NETO
	m ³ /hora				USD/año					USD/año		USD/año	
2016	0	0	0	0	39.193.988				39.193.988			0	-39.193.988
2017	0	0	0	0	46.071.867				46.071.867			0	-46.071.867
2018	2.591	2.860	1.870	990		3.292.326	2.166.288	1.028.288	6.486.902	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.368.448
2019	2.705	2.985	1.870	1.115		3.436.618	2.166.288	1.028.288	6.631.194	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.224.156

2020	2.820	3.112	1.870	1.242		3.582.431	2.166.288	1.028.288	6.777.007	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.078.343
2021	2.936	3.240	1.870	1.370		3.729.781	2.166.288	1.028.288	6.924.357	10.252.254	6.603.096	16.855.350	9.930.992
2022	2.957	3.264	1.870	1.394		3.757.085	2.166.288	1.028.288	6.951.661	10.252.254	6.603.096	16.855.350	9.903.688
2023	2.979	3.288	1.870	1.418		3.784.609	2.166.288	1.028.288	6.979.184	10.252.254	6.603.096	16.855.350	9.876.165
2024	3.001	3.312	1.870	1.442		3.812.352	2.166.288	1.028.288	7.006.928	10.252.254	6.603.096	16.855.350	9.848.421
2025	3.023	3.336	1.870	1.466		3.840.319	2.166.288	1.028.288	7.034.895	10.252.254	6.603.096	16.855.350	9.820.455
2026	3.045	3.361	2.244	1.117		3.868.510	2.599.545	1.028.288	7.496.344	12.480.097	7.923.715	20.403.812	12.907.468
2027	3.064	3.382	2.244	1.138		3.893.256	2.599.545	1.028.288	7.521.090	12.480.097	7.923.715	20.403.812	12.882.723
2028	3.084	3.404	2.244	1.160		3.918.180	2.599.545	1.028.288	7.546.014	12.480.097	7.923.715	20.403.812	12.857.798
2029	3.104	3.425	2.244	1.181		3.943.285	2.599.545	1.028.288	7.571.118	12.480.097	7.923.715	20.403.812	12.832.694
2030	3.124	3.447	2.244	1.203		3.968.570	2.599.545	1.028.288	7.596.404	12.480.097	7.923.715	20.403.812	12.807.408
2031	3.144	3.470	2.244	1.226		3.994.038	2.599.545	1.028.288	7.621.872	12.480.097	7.923.715	20.403.812	12.781.940
2032	3.164	3.492	2.244	1.248		4.019.690	2.599.545	1.028.288	7.647.524	12.480.097	7.923.715	20.403.812	12.756.289
2033	3.184	3.514	2.244	1.270		4.045.527	2.599.545	1.028.288	7.673.361	12.480.097	7.923.715	20.403.812	12.730.451
2034	3.205	3.537	2.244	1.293		4.071.551	2.599.545	1.028.288	7.699.384	12.480.097	7.923.715	20.403.812	12.704.428
2035	3.225	3.560	2.244	1.316		4.097.762	2.599.545	1.028.288	7.725.596	12.480.097	7.923.715	20.403.812	12.678.216
2036	3.246	3.583	2.244	1.339		4.124.163	2.599.545	1.028.288	7.751.996	12.480.097	7.923.715	20.403.812	12.651.816

VANS: 9.641.030 USD

TIRS: 10,47 %

Tabla N° 2.4.-Sensibilidad con respecto a la variación en el Costo Variable de la Electricidad – Aumento del 20 %

Año	Agua residual 1° C	AR Alim para Trat 3	ART y consumida	AR sobrante	Inversión Inicial	Costos variables - Trat 1 y 2	Costos variables - Trat 3 y 4	Costos fijos	COSTO TOTAL	Beneficio incremental por ART	Beneficio incremental por consumo residencial	BENEFICIO INCREMENTAL TOTAL	FLUJO NETO
	m ³ /hora				USD/año					USD/año			USD/año
2016	0	0	0	0	39.193.988				39.193.988			0	-39.193.988
2017	0	0	0	0	46.071.867				46.071.867			0	-46.071.867
2018	2.591	2.860	1.870	990		3.333.403	2.221.358	1.028.288	6.583.050	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.272.300
2019	2.705	2.985	1.870	1.115		3.479.495	2.221.358	1.028.288	6.729.142	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.126.208
2020	2.820	3.112	1.870	1.242		3.627.127	2.221.358	1.028.288	6.876.774	10.252.254	6.603.096	16.855.350	9.978.576
2021	2.936	3.240	1.870	1.370		3.776.316	2.221.358	1.028.288	7.025.963	10.252.254	6.603.096	16.855.350	9.829.387
2022	2.957	3.264	1.870	1.394		3.803.961	2.221.358	1.028.288	7.053.607	10.252.254	6.603.096	16.855.350	9.801.742
2023	2.979	3.288	1.870	1.418		3.831.827	2.221.358	1.028.288	7.081.474	10.252.254	6.603.096	16.855.350	9.773.876
2024	3.001	3.312	1.870	1.442		3.859.918	2.221.358	1.028.288	7.109.564	10.252.254	6.603.096	16.855.350	9.745.786
2025	3.023	3.336	1.870	1.466		3.888.233	2.221.358	1.028.288	7.137.880	10.252.254	6.603.096	16.855.350	9.717.470
2026	3.045	3.361	2.244	1.117		3.916.776	2.665.630	1.028.288	7.610.694	12.480.097	7.923.715	20.403.812	12.793.118
2027	3.064	3.382	2.244	1.138		3.941.831	2.665.630	1.028.288	7.635.749	12.480.097	7.923.715	20.403.812	12.768.063
2028	3.084	3.404	2.244	1.160		3.967.066	2.665.630	1.028.288	7.660.984	12.480.097	7.923.715	20.403.812	12.742.828
2029	3.104	3.425	2.244	1.181		3.992.483	2.665.630	1.028.288	7.686.402	12.480.097	7.923.715	20.403.812	12.717.411
2030	3.124	3.447	2.244	1.203		4.018.084	2.665.630	1.028.288	7.712.003	12.480.097	7.923.715	20.403.812	12.691.810
2031	3.144	3.470	2.244	1.226		4.043.870	2.665.630	1.028.288	7.737.788	12.480.097	7.923.715	20.403.812	12.666.024
2032	3.164	3.492	2.244	1.248		4.069.842	2.665.630	1.028.288	7.763.760	12.480.097	7.923.715	20.403.812	12.640.052
2033	3.184	3.514	2.244	1.270		4.096.002	2.665.630	1.028.288	7.789.920	12.480.097	7.923.715	20.403.812	12.613.892

2034	3.205	3.537	2.244	1.293		4.122.350	2.665.630	1.028.288	7.816.268	12.480.097	7.923.715	20.403.812	12.587.544
2035	3.225	3.560	2.244	1.316		4.148.888	2.665.630	1.028.288	7.842.806	12.480.097	7.923.715	20.403.812	12.561.006
2036	3.246	3.583	2.244	1.339		4.175.618	2.665.630	1.028.288	7.869.536	12.480.097	7.923.715	20.403.812	12.534.276

VANS: 8.769.698 USD

TIRS: 10,34 %

Tabla N° 2.5.-Sensibilidad con respecto a la variación en el Costo Variable de la Electricidad – Disminución del 5 %

Año	Agua residual 1° C	AR Alim para Trat 3	ART y consumida	AR sobrante	Inversión Inicial	Costos variables - Trat 1 y 2	Costos variables - Trat 3 y 4	Costos fijos	COSTO TOTAL	Beneficio incremental por ART	Beneficio incremental por consumo residencial	BENEFICIO INCREMENTAL TOTAL	FLUJO NETO
	m ³ /hora				USD/año					USD/año		USD/año	
2016	0	0	0	0	39.193.988				39.193.988			0	-39.193.988
2017	0	0	0	0	46.071.867				46.071.867			0	-46.071.867
2018	2.591	2.860	1.870	990		3.128.019	1.946.005	1.028.288	6.102.312	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.753.038
2019	2.705	2.985	1.870	1.115		3.265.109	1.946.005	1.028.288	6.239.403	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.615.947
2020	2.820	3.112	1.870	1.242		3.403.645	1.946.005	1.028.288	6.377.939	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.477.411
2021	2.936	3.240	1.870	1.370		3.543.642	1.946.005	1.028.288	6.517.936	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.337.414
2022	2.957	3.264	1.870	1.394		3.569.583	1.946.005	1.028.288	6.543.877	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.311.473
2023	2.979	3.288	1.870	1.418		3.595.733	1.946.005	1.028.288	6.570.026	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.285.323
2024	3.001	3.312	1.870	1.442		3.622.092	1.946.005	1.028.288	6.596.386	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.258.964
2025	3.023	3.336	1.870	1.466		3.648.663	1.946.005	1.028.288	6.622.957	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.232.393
2026	3.045	3.361	2.244	1.117		3.675.447	2.335.207	1.028.288	7.038.942	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.364.870

2027	3.064	3.382	2.244	1.138		3.698.958	2.335.207	1.028.288	7.062.453	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.341.359
2028	3.084	3.404	2.244	1.160		3.722.639	2.335.207	1.028.288	7.086.133	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.317.679
2029	3.104	3.425	2.244	1.181		3.746.490	2.335.207	1.028.288	7.109.985	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.293.827
2030	3.124	3.447	2.244	1.203		3.770.514	2.335.207	1.028.288	7.134.008	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.269.804
2031	3.144	3.470	2.244	1.226		3.794.711	2.335.207	1.028.288	7.158.205	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.245.607
2032	3.164	3.492	2.244	1.248		3.819.082	2.335.207	1.028.288	7.182.577	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.221.235
2033	3.184	3.514	2.244	1.270		3.843.630	2.335.207	1.028.288	7.207.125	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.196.687
2034	3.205	3.537	2.244	1.293		3.868.355	2.335.207	1.028.288	7.231.850	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.171.963
2035	3.225	3.560	2.244	1.316		3.893.258	2.335.207	1.028.288	7.256.753	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.147.059
2036	3.246	3.583	2.244	1.339		3.918.341	2.335.207	1.028.288	7.281.836	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.121.976

VANS: 13.126.359 USD

TIRS: 10,99 %

Tabla N° 2.6.-Sensibilidad con respecto a la variación en el Costo Variable de la Electricidad – Disminución del 10 %

Año	Agua residual 1° C	AR Alim para Trat 3	ART y consumida	AR sobrante	Inversión Inicial	Costos variables - Trat 1 y 2	Costos variables - Trat 3 y 4	Costos fijos	COSTO TOTAL	Beneficio incremental por ART	Beneficio incremental por consumo residencial	BENEFICIO INCREMENTAL TOTAL	FLUJO NETO
	m ³ /hora				USD/año					USD/año		USD/año	
2016	0	0	0	0	39.193.988				39.193.988			0	-39.193.988
2017	0	0	0	0	46.071.867				46.071.867			0	-46.071.867
2018	2.591	2.860	1.870	990		3.086.942	1.890.935	1.028.288	6.006.165	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.849.185
2019	2.705	2.985	1.870	1.115		3.222.232	1.890.935	1.028.288	6.141.455	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.713.895

2020	2.820	3.112	1.870	1.242		3.358.948	1.890.935	1.028.288	6.278.172	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.577.178
2021	2.936	3.240	1.870	1.370		3.497.107	1.890.935	1.028.288	6.416.330	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.439.020
2022	2.957	3.264	1.870	1.394		3.522.708	1.890.935	1.028.288	6.441.931	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.413.419
2023	2.979	3.288	1.870	1.418		3.548.514	1.890.935	1.028.288	6.467.737	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.387.613
2024	3.001	3.312	1.870	1.442		3.574.527	1.890.935	1.028.288	6.493.750	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.361.600
2025	3.023	3.336	1.870	1.466		3.600.749	1.890.935	1.028.288	6.519.972	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.335.378
2026	3.045	3.361	2.244	1.117		3.627.182	2.269.122	1.028.288	6.924.592	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.479.220
2027	3.064	3.382	2.244	1.138		3.650.384	2.269.122	1.028.288	6.947.794	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.456.018
2028	3.084	3.404	2.244	1.160		3.673.753	2.269.122	1.028.288	6.971.163	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.432.649
2029	3.104	3.425	2.244	1.181		3.697.291	2.269.122	1.028.288	6.994.702	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.409.111
2030	3.124	3.447	2.244	1.203		3.721.000	2.269.122	1.028.288	7.018.410	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.385.403
2031	3.144	3.470	2.244	1.226		3.744.879	2.269.122	1.028.288	7.042.289	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.361.523
2032	3.164	3.492	2.244	1.248		3.768.930	2.269.122	1.028.288	7.066.341	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.337.472
2033	3.184	3.514	2.244	1.270		3.793.156	2.269.122	1.028.288	7.090.566	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.313.246
2034	3.205	3.537	2.244	1.293		3.817.556	2.269.122	1.028.288	7.114.966	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.288.846
2035	3.225	3.560	2.244	1.316		3.842.132	2.269.122	1.028.288	7.139.542	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.264.270
2036	3.246	3.583	2.244	1.339		3.866.886	2.269.122	1.028.288	7.164.296	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.239.516

VANS: 13.997.691 USD

TIRS: 11,12 %

Tabla N° 2.7.-Sensibilidad con respecto a la variación en el Costo Variable de la Electricidad – Disminución del 15 %

Año	Agua residual 1° C	AR Alim para Trat 3	ART y consumida	AR sobrante	Inversión Inicial	Costos variables - Trat 1 y 2	Costos variables - Trat 3 y 4	Costos fijos	COSTO TOTAL	Beneficio incremental por ART	Beneficio incremental por consumo residencial	BENEFICIO INCREMENTAL TOTAL	FLUJO NETO
	m ³ /hora				USD/año					USD/año			USD/año
2016	0	0	0	0	39.193.988				39.193.988			0	-39.193.988
2017	0	0	0	0	46.071.867				46.071.867			0	-46.071.867
2018	2.591	2.860	1.870	990		3.045.865	1.835.864	1.028.288	5.910.017	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.945.333
2019	2.705	2.985	1.870	1.115		3.179.355	1.835.864	1.028.288	6.043.507	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.811.843
2020	2.820	3.112	1.870	1.242		3.314.252	1.835.864	1.028.288	6.178.405	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.676.945
2021	2.936	3.240	1.870	1.370		3.450.572	1.835.864	1.028.288	6.314.725	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.540.625
2022	2.957	3.264	1.870	1.394		3.475.832	1.835.864	1.028.288	6.339.985	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.515.365
2023	2.979	3.288	1.870	1.418		3.501.295	1.835.864	1.028.288	6.365.447	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.489.902
2024	3.001	3.312	1.870	1.442		3.526.962	1.835.864	1.028.288	6.391.115	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.464.235
2025	3.023	3.336	1.870	1.466		3.552.835	1.835.864	1.028.288	6.416.988	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.438.362
2026	3.045	3.361	2.244	1.117		3.578.916	2.203.037	1.028.288	6.810.241	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.593.571
2027	3.064	3.382	2.244	1.138		3.601.809	2.203.037	1.028.288	6.833.135	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.570.678
2028	3.084	3.404	2.244	1.160		3.624.868	2.203.037	1.028.288	6.856.193	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.547.619
2029	3.104	3.425	2.244	1.181		3.648.093	2.203.037	1.028.288	6.879.418	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.524.394
2030	3.124	3.447	2.244	1.203		3.671.485	2.203.037	1.028.288	6.902.811	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.501.001
2031	3.144	3.470	2.244	1.226		3.695.047	2.203.037	1.028.288	6.926.372	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.477.440
2032	3.164	3.492	2.244	1.248		3.718.779	2.203.037	1.028.288	6.950.104	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.453.708
2033	3.184	3.514	2.244	1.270		3.742.681	2.203.037	1.028.288	6.974.007	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.429.805

2034	3.205	3.537	2.244	1.293		3.766.757	2.203.037	1.028.288	6.998.082	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.405.730
2035	3.225	3.560	2.244	1.316		3.791.006	2.203.037	1.028.288	7.022.332	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.381.481
2036	3.246	3.583	2.244	1.339		3.815.430	2.203.037	1.028.288	7.046.756	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.357.056

VANS: 14.869.023 USD

TIRS: 11,24 %

Tabla N° 2.8.-Sensibilidad con respecto a la variación en el Costo Variable de la Electricidad – Disminución del 20 %

Año	Agua residual 1° C	AR Alim para Trat 3	ART y consumida	AR sobrante	Inversión Inicial	Costos variables - Trat 1 y 2	Costos variables - Trat 3 y 4	Costos fijos	COSTO TOTAL	Beneficio incremental por ART	Beneficio incremental por consumo residencial	BENEFICIO INCREMENTAL TOTAL	FLUJO NETO
	m ³ /hora				USD/año					USD/año		USD/año	
2016	0	0	0	0	39.193.988				39.193.988			0	-39.193.988
2017	0	0	0	0	46.071.867				46.071.867			0	-46.071.867
2018	2.591	2.860	1.870	990		3.004.788	1.780.794	1.028.288	5.813.870	10.252.254	6.603.096	16.855.350	11.041.480
2019	2.705	2.985	1.870	1.115		3.136.477	1.780.794	1.028.288	5.945.559	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.909.790
2020	2.820	3.112	1.870	1.242		3.269.556	1.780.794	1.028.288	6.078.638	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.776.712
2021	2.936	3.240	1.870	1.370		3.404.037	1.780.794	1.028.288	6.213.119	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.642.231
2022	2.957	3.264	1.870	1.394		3.428.957	1.780.794	1.028.288	6.238.039	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.617.311
2023	2.979	3.288	1.870	1.418		3.454.076	1.780.794	1.028.288	6.263.158	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.592.192
2024	3.001	3.312	1.870	1.442		3.479.397	1.780.794	1.028.288	6.288.479	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.566.871
2025	3.023	3.336	1.870	1.466		3.504.921	1.780.794	1.028.288	6.314.003	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.541.347

2026	3.045	3.361	2.244	1.117		3.530.650	2.136.953	1.028.288	6.695.891	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.707.921
2027	3.064	3.382	2.244	1.138		3.553.235	2.136.953	1.028.288	6.718.475	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.685.337
2028	3.084	3.404	2.244	1.160		3.575.982	2.136.953	1.028.288	6.741.223	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.662.589
2029	3.104	3.425	2.244	1.181		3.598.894	2.136.953	1.028.288	6.764.135	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.639.677
2030	3.124	3.447	2.244	1.203		3.621.971	2.136.953	1.028.288	6.787.212	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.616.600
2031	3.144	3.470	2.244	1.226		3.645.215	2.136.953	1.028.288	6.810.456	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.593.356
2032	3.164	3.492	2.244	1.248		3.668.627	2.136.953	1.028.288	6.833.867	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.569.945
2033	3.184	3.514	2.244	1.270		3.692.207	2.136.953	1.028.288	6.857.448	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.546.364
2034	3.205	3.537	2.244	1.293		3.715.958	2.136.953	1.028.288	6.881.199	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.522.614
2035	3.225	3.560	2.244	1.316		3.739.880	2.136.953	1.028.288	6.905.121	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.498.691
2036	3.246	3.583	2.244	1.339		3.763.975	2.136.953	1.028.288	6.929.216	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.474.596

VANS: 15.740.355 USD

TIRS: 11,37 %

Tabla N° 3.1.-Sensibilidad con respecto a la demanda de Agua Regenerada – Aumento del 5 %

Año	Agua residual 1° C	AR Alim para Trat 3	ART y consumida	AR sobrante	Inversión Inicial	Costos variables - Trat 1 y 2	Costos variables - Trat 3 y 4	Costos fijos	COSTO TOTAL	Beneficio incremental por ART	Beneficio incremental por consumo residencial	BENEFICIO INCREMENTAL TOTAL	FLUJO NETO
	m ³ /hora				USD/año					USD/año		USD/año	
2016	0	0	0	0	39.193.988				39.193.988			0	-39.193.988
2017	0	0	0	0	46.071.867				46.071.867			0	-46.071.867
2018	2.591	2.860	1.964	897		3.174.926	2.096.712	1.028.288	6.299.926	10.809.214	6.933.251	17.742.465	11.442.539

2019	2.705	2.985	1.964	1.022		3.314.073	2.096.712	1.028.288	6.439.073	10.809.214	6.933.251	17.742.465	11.303.393
2020	2.820	3.112	1.964	1.149		3.454.686	2.096.712	1.028.288	6.579.686	10.809.214	6.933.251	17.742.465	11.162.779
2021	2.936	3.240	1.964	1.277		3.596.783	2.096.712	1.028.288	6.721.782	10.809.214	6.933.251	17.742.465	11.020.683
2022	2.957	3.264	1.964	1.300		3.623.113	2.096.712	1.028.288	6.748.113	10.809.214	6.933.251	17.742.465	10.994.353
2023	2.979	3.288	1.964	1.324		3.649.655	2.096.712	1.028.288	6.774.655	10.809.214	6.933.251	17.742.465	10.967.811
2024	3.001	3.312	1.964	1.348		3.676.409	2.096.712	1.028.288	6.801.409	10.809.214	6.933.251	17.742.465	10.941.056
2025	3.023	3.336	1.964	1.373		3.703.379	2.096.712	1.028.288	6.828.379	10.809.214	6.933.251	17.742.465	10.914.087
2026	3.045	3.361	2.356	1.004		3.730.565	2.516.054	1.028.288	7.274.907	13.148.450	8.319.901	21.468.351	14.193.444
2027	3.064	3.382	2.356	1.026		3.754.428	2.516.054	1.028.288	7.298.770	13.148.450	8.319.901	21.468.351	14.169.581
2028	3.084	3.404	2.356	1.047		3.778.464	2.516.054	1.028.288	7.322.806	13.148.450	8.319.901	21.468.351	14.145.545
2029	3.104	3.425	2.356	1.069		3.802.673	2.516.054	1.028.288	7.347.015	13.148.450	8.319.901	21.468.351	14.121.336
2030	3.124	3.447	2.356	1.091		3.827.057	2.516.054	1.028.288	7.371.399	13.148.450	8.319.901	21.468.351	14.096.952
2031	3.144	3.470	2.356	1.113		3.851.616	2.516.054	1.028.288	7.395.959	13.148.450	8.319.901	21.468.351	14.072.392
2032	3.164	3.492	2.356	1.136		3.876.354	2.516.054	1.028.288	7.420.696	13.148.450	8.319.901	21.468.351	14.047.655
2033	3.184	3.514	2.356	1.158		3.901.269	2.516.054	1.028.288	7.445.612	13.148.450	8.319.901	21.468.351	14.022.739
2034	3.205	3.537	2.356	1.181		3.926.365	2.516.054	1.028.288	7.470.707	13.148.450	8.319.901	21.468.351	13.997.644
2035	3.225	3.560	2.356	1.203		3.951.642	2.516.054	1.028.288	7.495.984	13.148.450	8.319.901	21.468.351	13.972.367
2036	3.246	3.583	2.356	1.226		3.977.101	2.516.054	1.028.288	7.521.443	13.148.450	8.319.901	21.468.351	13.946.908

VANS: 19.195.348 USD

TIRS: 11,87 %

Tabla N° 3.2.-Sensibilidad con respecto a la demanda de Agua Regenerada – Aumento del 10 %

Año	Agua residual 1° C	AR Alim para Trat 3	ART y consumida	AR sobrante	Inversión Inicial	Costos variables - Trat 1 y 2	Costos variables - Trat 3 y 4	Costos fijos	COSTO TOTAL	Beneficio incremental por ART	Beneficio incremental por consumo residencial	BENEFICIO INCREMENTAL TOTAL	FLUJO NETO
	m ³ /hora				USD/año					USD/año			USD/año
2016	0	0	0	0	39.193.988				39.193.988			0	-39.193.988
2017	0	0	0	0	46.071.867				46.071.867			0	-46.071.867
2018	2.591	2.860	2.057	803		3.174.926	2.196.555	1.028.288	6.399.770	11.366.175	7.263.406	18.629.581	12.229.811
2019	2.705	2.985	2.057	928		3.314.073	2.196.555	1.028.288	6.538.916	11.366.175	7.263.406	18.629.581	12.090.665
2020	2.820	3.112	2.057	1.055		3.454.686	2.196.555	1.028.288	6.679.529	11.366.175	7.263.406	18.629.581	11.950.051
2021	2.936	3.240	2.057	1.183		3.596.783	2.196.555	1.028.288	6.821.626	11.366.175	7.263.406	18.629.581	11.807.955
2022	2.957	3.264	2.057	1.207		3.623.113	2.196.555	1.028.288	6.847.956	11.366.175	7.263.406	18.629.581	11.781.625
2023	2.979	3.288	2.057	1.231		3.649.655	2.196.555	1.028.288	6.874.498	11.366.175	7.263.406	18.629.581	11.755.083
2024	3.001	3.312	2.057	1.255		3.676.409	2.196.555	1.028.288	6.901.253	11.366.175	7.263.406	18.629.581	11.728.328
2025	3.023	3.336	2.057	1.279		3.703.379	2.196.555	1.028.288	6.928.222	11.366.175	7.263.406	18.629.581	11.701.359
2026	3.045	3.361	2.468	892		3.730.565	2.635.866	1.028.288	7.394.719	13.816.803	8.716.087	22.532.890	15.138.171
2027	3.064	3.382	2.468	914		3.754.428	2.635.866	1.028.288	7.418.582	13.816.803	8.716.087	22.532.890	15.114.307
2028	3.084	3.404	2.468	935		3.778.464	2.635.866	1.028.288	7.442.618	13.816.803	8.716.087	22.532.890	15.090.272
2029	3.104	3.425	2.468	957		3.802.673	2.635.866	1.028.288	7.466.827	13.816.803	8.716.087	22.532.890	15.066.063
2030	3.124	3.447	2.468	979		3.827.057	2.635.866	1.028.288	7.491.211	13.816.803	8.716.087	22.532.890	15.041.679
2031	3.144	3.470	2.468	1.001		3.851.616	2.635.866	1.028.288	7.515.771	13.816.803	8.716.087	22.532.890	15.017.119
2032	3.164	3.492	2.468	1.023		3.876.354	2.635.866	1.028.288	7.540.508	13.816.803	8.716.087	22.532.890	14.992.382
2033	3.184	3.514	2.468	1.046		3.901.269	2.635.866	1.028.288	7.565.424	13.816.803	8.716.087	22.532.890	14.967.466

2034	3.205	3.537	2.468	1.069		3.926.365	2.635.866	1.028.288	7.590.519	13.816.803	8.716.087	22.532.890	14.942.370
2035	3.225	3.560	2.468	1.091		3.951.642	2.635.866	1.028.288	7.615.796	13.816.803	8.716.087	22.532.890	14.917.094
2036	3.246	3.583	2.468	1.114		3.977.101	2.635.866	1.028.288	7.641.255	13.816.803	8.716.087	22.532.890	14.891.634

VANS: 26.153.082 USD

TIRS: 12,85 %

Tabla N° 3.3.-Sensibilidad con respecto a la demanda de Agua Regenerada – Aumento del 15 %

Año	Agua residual 1° C	AR Alim para Trat 3	ART y consumida	AR sobrante	Inversión Inicial	Costos variables - Trat 1 y 2	Costos variables - Trat 3 y 4	Costos fijos	COSTO TOTAL	Beneficio incremental por ART	Beneficio incremental por consumo residencial	BENEFICIO INCREMENTAL TOTAL	FLUJO NETO
	m ³ /hora				USD/año					USD/año		USD/año	
2016	0	0	0	0	39.193.988				39.193.988			0	-39.193.988
2017	0	0	0	0	46.071.867				46.071.867			0	-46.071.867
2018	2.591	2.860	2.151	710		3.174.926	2.296.399	1.028.288	6.499.613	11.923.136	7.593.560	19.516.697	13.017.083
2019	2.705	2.985	2.151	835		3.314.073	2.296.399	1.028.288	6.638.760	11.923.136	7.593.560	19.516.697	12.877.937
2020	2.820	3.112	2.151	962		3.454.686	2.296.399	1.028.288	6.779.373	11.923.136	7.593.560	19.516.697	12.737.324
2021	2.936	3.240	2.151	1.090		3.596.783	2.296.399	1.028.288	6.921.469	11.923.136	7.593.560	19.516.697	12.595.227
2022	2.957	3.264	2.151	1.113		3.623.113	2.296.399	1.028.288	6.947.800	11.923.136	7.593.560	19.516.697	12.568.897
2023	2.979	3.288	2.151	1.137		3.649.655	2.296.399	1.028.288	6.974.341	11.923.136	7.593.560	19.516.697	12.542.355
2024	3.001	3.312	2.151	1.161		3.676.409	2.296.399	1.028.288	7.001.096	11.923.136	7.593.560	19.516.697	12.515.601
2025	3.023	3.336	2.151	1.186		3.703.379	2.296.399	1.028.288	7.028.065	11.923.136	7.593.560	19.516.697	12.488.631
2026	3.045	3.361	2.581	780		3.730.565	2.755.678	1.028.288	7.514.531	14.485.156	9.112.273	23.597.428	16.082.897

2027	3.064	3.382	2.581	801		3.754.428	2.755.678	1.028.288	7.538.394	14.485.156	9.112.273	23.597.428	16.059.034
2028	3.084	3.404	2.581	823		3.778.464	2.755.678	1.028.288	7.562.430	14.485.156	9.112.273	23.597.428	16.034.998
2029	3.104	3.425	2.581	845		3.802.673	2.755.678	1.028.288	7.586.639	14.485.156	9.112.273	23.597.428	16.010.789
2030	3.124	3.447	2.581	867		3.827.057	2.755.678	1.028.288	7.611.023	14.485.156	9.112.273	23.597.428	15.986.405
2031	3.144	3.470	2.581	889		3.851.616	2.755.678	1.028.288	7.635.583	14.485.156	9.112.273	23.597.428	15.961.845
2032	3.164	3.492	2.581	911		3.876.354	2.755.678	1.028.288	7.660.320	14.485.156	9.112.273	23.597.428	15.937.108
2033	3.184	3.514	2.581	934		3.901.269	2.755.678	1.028.288	7.685.236	14.485.156	9.112.273	23.597.428	15.912.193
2034	3.205	3.537	2.581	956		3.926.365	2.755.678	1.028.288	7.710.331	14.485.156	9.112.273	23.597.428	15.887.097
2035	3.225	3.560	2.581	979		3.951.642	2.755.678	1.028.288	7.735.608	14.485.156	9.112.273	23.597.428	15.861.820
2036	3.246	3.583	2.581	1.002		3.977.101	2.755.678	1.028.288	7.761.067	14.485.156	9.112.273	23.597.428	15.836.361

VANS: 33.110.815 USD

TIRS: 13,80 %

Tabla N° 3.4.-Sensibilidad con respecto a la demanda de Agua Regenerada – Aumento del 20 %

Año	Agua residual 1° C	AR Alim para Trat 3	ART y consumida	AR sobrante	Inversión Inicial	Costos variables - Trat 1 y 2	Costos variables - Trat 3 y 4	Costos fijos	COSTO TOTAL	Beneficio incremental por ART	Beneficio incremental por consumo residencial	BENEFICIO INCREMENTAL TOTAL	FLUJO NETO
	m ³ /hora				USD/año					USD/año		USD/año	
2016	0	0	0	0	39.193.988				39.193.988			0	-39.193.988
2017	0	0	0	0	46.071.867				46.071.867			0	-46.071.867
2018	2.591	2.860	2.244	616		3.174.926	2.396.242	1.028.288	6.599.457	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.804.356
2019	2.705	2.985	2.244	741		3.314.073	2.396.242	1.028.288	6.738.603	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.665.209

2020	2.820	3.112	2.244	868		3.454.686	2.396.242	1.028.288	6.879.216	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.524.596
2021	2.936	3.240	2.244	996		3.596.783	2.396.242	1.028.288	7.021.313	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.382.500
2022	2.957	3.264	2.244	1.020		3.623.113	2.396.242	1.028.288	7.047.643	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.356.169
2023	2.979	3.288	2.244	1.044		3.649.655	2.396.242	1.028.288	7.074.185	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.329.627
2024	3.001	3.312	2.244	1.068		3.676.409	2.396.242	1.028.288	7.100.939	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.302.873
2025	3.023	3.336	2.244	1.092		3.703.379	2.396.242	1.028.288	7.127.909	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.275.903
2026	3.045	3.361	2.693	668		3.730.565	2.875.490	1.028.288	7.634.343	15.153.509	9.508.458	24.661.967	17.027.624
2027	3.064	3.382	2.693	689		3.754.428	2.875.490	1.028.288	7.658.206	15.153.509	9.508.458	24.661.967	17.003.761
2028	3.084	3.404	2.693	711		3.778.464	2.875.490	1.028.288	7.682.242	15.153.509	9.508.458	24.661.967	16.979.725
2029	3.104	3.425	2.693	733		3.802.673	2.875.490	1.028.288	7.706.451	15.153.509	9.508.458	24.661.967	16.955.516
2030	3.124	3.447	2.693	755		3.827.057	2.875.490	1.028.288	7.730.835	15.153.509	9.508.458	24.661.967	16.931.132
2031	3.144	3.470	2.693	777		3.851.616	2.875.490	1.028.288	7.755.395	15.153.509	9.508.458	24.661.967	16.906.572
2032	3.164	3.492	2.693	799		3.876.354	2.875.490	1.028.288	7.780.132	15.153.509	9.508.458	24.661.967	16.881.835
2033	3.184	3.514	2.693	822		3.901.269	2.875.490	1.028.288	7.805.048	15.153.509	9.508.458	24.661.967	16.856.919
2034	3.205	3.537	2.693	844		3.926.365	2.875.490	1.028.288	7.830.143	15.153.509	9.508.458	24.661.967	16.831.824
2035	3.225	3.560	2.693	867		3.951.642	2.875.490	1.028.288	7.855.420	15.153.509	9.508.458	24.661.967	16.806.547
2036	3.246	3.583	2.693	890		3.977.101	2.875.490	1.028.288	7.880.879	15.153.509	9.508.458	24.661.967	16.781.088

VANS: 40.068.549 USD

TIRS: 14,73 %

Tabla N° 3.5.-Sensibilidad con respecto a la demanda de Agua Regenerada – Disminución del 5 %

Año	Agua residual 1° C	AR Alim para Trat 3	ART y consumida	AR sobrante	Inversión Inicial	Costos variables - Trat 1 y 2	Costos variables - Trat 3 y 4	Costos fijos	COSTO TOTAL	Beneficio incremental por ART	Beneficio incremental por consumo residencial	BENEFICIO INCREMENTAL TOTAL	FLUJO NETO
	m ³ /hora				USD/año					USD/año			USD/año
2016	0	0	0	0	39.193.988				39.193.988			0	-39.193.988
2017	0	0	0	0	46.071.867				46.071.867			0	-46.071.867
2018	2.591	2.860	1.777	1.084		3.174.926	1.897.025	1.028.288	6.100.240	9.695.293	6.272.941	15.968.234	9.867.995
2019	2.705	2.985	1.777	1.209		3.314.073	1.897.025	1.028.288	6.239.386	9.695.293	6.272.941	15.968.234	9.728.848
2020	2.820	3.112	1.777	1.336		3.454.686	1.897.025	1.028.288	6.379.999	9.695.293	6.272.941	15.968.234	9.588.235
2021	2.936	3.240	1.777	1.464		3.596.783	1.897.025	1.028.288	6.522.096	9.695.293	6.272.941	15.968.234	9.446.139
2022	2.957	3.264	1.777	1.487		3.623.113	1.897.025	1.028.288	6.548.426	9.695.293	6.272.941	15.968.234	9.419.808
2023	2.979	3.288	1.777	1.511		3.649.655	1.897.025	1.028.288	6.574.968	9.695.293	6.272.941	15.968.234	9.393.266
2024	3.001	3.312	1.777	1.535		3.676.409	1.897.025	1.028.288	6.601.722	9.695.293	6.272.941	15.968.234	9.366.512
2025	3.023	3.336	1.777	1.560		3.703.379	1.897.025	1.028.288	6.628.692	9.695.293	6.272.941	15.968.234	9.339.542
2026	3.045	3.361	2.132	1.229		3.730.565	2.276.430	1.028.288	7.035.283	11.811.744	7.527.530	19.339.273	12.303.991
2027	3.064	3.382	2.132	1.250		3.754.428	2.276.430	1.028.288	7.059.146	11.811.744	7.527.530	19.339.273	12.280.127
2028	3.084	3.404	2.132	1.272		3.778.464	2.276.430	1.028.288	7.083.182	11.811.744	7.527.530	19.339.273	12.256.092
2029	3.104	3.425	2.132	1.294		3.802.673	2.276.430	1.028.288	7.107.391	11.811.744	7.527.530	19.339.273	12.231.883
2030	3.124	3.447	2.132	1.316		3.827.057	2.276.430	1.028.288	7.131.775	11.811.744	7.527.530	19.339.273	12.207.499
2031	3.144	3.470	2.132	1.338		3.851.616	2.276.430	1.028.288	7.156.334	11.811.744	7.527.530	19.339.273	12.182.939
2032	3.164	3.492	2.132	1.360		3.876.354	2.276.430	1.028.288	7.181.072	11.811.744	7.527.530	19.339.273	12.158.202
2033	3.184	3.514	2.132	1.383		3.901.269	2.276.430	1.028.288	7.205.987	11.811.744	7.527.530	19.339.273	12.133.286

2034	3.205	3.537	2.132	1.405		3.926.365	2.276.430	1.028.288	7.231.083	11.811.744	7.527.530	19.339.273	12.108.190
2035	3.225	3.560	2.132	1.428		3.951.642	2.276.430	1.028.288	7.256.360	11.811.744	7.527.530	19.339.273	12.082.914
2036	3.246	3.583	2.132	1.451		3.977.101	2.276.430	1.028.288	7.281.819	11.811.744	7.527.530	19.339.273	12.057.454

VANS: 5.279.880 USD

TIRS: 9,82 %

Tabla N° 3.6.-Sensibilidad con respecto a la demanda de Agua Regenerada – Disminución del 10 %

Año	Agua residual 1° C	AR Alim para Trat 3	ART y consumida	AR sobrante	Inversión Inicial	Costos variables - Trat 1 y 2	Costos variables - Trat 3 y 4	Costos fijos	COSTO TOTAL	Beneficio incremental por ART	Beneficio incremental por consumo residencial	BENEFICIO INCREMENTAL TOTAL	FLUJO NETO
	m ³ /hora				USD/año					USD/año		USD/año	
2016	0	0	0	0	39.193.988				39.193.988			0	-39.193.988
2017	0	0	0	0	46.071.867				46.071.867			0	-46.071.867
2018	2.591	2.860	1.683	1.177		3.174.926	1.797.181	1.028.288	6.000.396	9.138.332	5.942.786	15.081.119	9.080.722
2019	2.705	2.985	1.683	1.302		3.314.073	1.797.181	1.028.288	6.139.542	9.138.332	5.942.786	15.081.119	8.941.576
2020	2.820	3.112	1.683	1.429		3.454.686	1.797.181	1.028.288	6.280.156	9.138.332	5.942.786	15.081.119	8.800.963
2021	2.936	3.240	1.683	1.557		3.596.783	1.797.181	1.028.288	6.422.252	9.138.332	5.942.786	15.081.119	8.658.866
2022	2.957	3.264	1.683	1.581		3.623.113	1.797.181	1.028.288	6.448.583	9.138.332	5.942.786	15.081.119	8.632.536
2023	2.979	3.288	1.683	1.605		3.649.655	1.797.181	1.028.288	6.475.124	9.138.332	5.942.786	15.081.119	8.605.994
2024	3.001	3.312	1.683	1.629		3.676.409	1.797.181	1.028.288	6.501.879	9.138.332	5.942.786	15.081.119	8.579.240
2025	3.023	3.336	1.683	1.653		3.703.379	1.797.181	1.028.288	6.528.848	9.138.332	5.942.786	15.081.119	8.552.270
2026	3.045	3.361	2.020	1.341		3.730.565	2.156.618	1.028.288	6.915.471	11.143.391	7.131.344	18.274.735	11.359.264

2027	3.064	3.382	2.020	1.362		3.754.428	2.156.618	1.028.288	6.939.334	11.143.391	7.131.344	18.274.735	11.335.401
2028	3.084	3.404	2.020	1.384		3.778.464	2.156.618	1.028.288	6.963.370	11.143.391	7.131.344	18.274.735	11.311.365
2029	3.104	3.425	2.020	1.406		3.802.673	2.156.618	1.028.288	6.987.579	11.143.391	7.131.344	18.274.735	11.287.156
2030	3.124	3.447	2.020	1.428		3.827.057	2.156.618	1.028.288	7.011.962	11.143.391	7.131.344	18.274.735	11.262.772
2031	3.144	3.470	2.020	1.450		3.851.616	2.156.618	1.028.288	7.036.522	11.143.391	7.131.344	18.274.735	11.238.212
2032	3.164	3.492	2.020	1.472		3.876.354	2.156.618	1.028.288	7.061.260	11.143.391	7.131.344	18.274.735	11.213.475
2033	3.184	3.514	2.020	1.495		3.901.269	2.156.618	1.028.288	7.086.175	11.143.391	7.131.344	18.274.735	11.188.559
2034	3.205	3.537	2.020	1.517		3.926.365	2.156.618	1.028.288	7.111.271	11.143.391	7.131.344	18.274.735	11.163.464
2035	3.225	3.560	2.020	1.540		3.951.642	2.156.618	1.028.288	7.136.548	11.143.391	7.131.344	18.274.735	11.138.187
2036	3.246	3.583	2.020	1.563		3.977.101	2.156.618	1.028.288	7.162.007	11.143.391	7.131.344	18.274.735	11.112.728

VANS: **-1.677.854 USD**

TIRS: **8,74 %**

Tabla N° 3.7.-Sensibilidad con respecto a la demanda de Agua Regenerada – Disminución del 15 %

Año	Agua residual 1° C	AR Alim para Trat 3	ART y consumida	AR sobrante	Inversión Inicial	Costos variables - Trat 1 y 2	Costos variables - Trat 3 y 4	Costos fijos	COSTO TOTAL	Beneficio incremental por ART	Beneficio incremental por consumo residencial	BENEFICIO INCREMENTAL TOTAL	FLUJO NETO
	m ³ /hora				USD/año					USD/año		USD/año	
2016	0	0	0	0	39.193.988				39.193.988			0	-39.193.988
2017	0	0	0	0	46.071.867				46.071.867			0	-46.071.867
2018	2.591	2.860	1.590	1.271		3.174.926	1.697.338	1.028.288	5.900.553	8.581.371	5.612.632	14.194.003	8.293.450

2019	2.705	2.985	1.590	1.396		3.314.073	1.697.338	1.028.288	6.039.699	8.581.371	5.612.632	14.194.003	8.154.304
2020	2.820	3.112	1.590	1.523		3.454.686	1.697.338	1.028.288	6.180.312	8.581.371	5.612.632	14.194.003	8.013.691
2021	2.936	3.240	1.590	1.651		3.596.783	1.697.338	1.028.288	6.322.409	8.581.371	5.612.632	14.194.003	7.871.594
2022	2.957	3.264	1.590	1.674		3.623.113	1.697.338	1.028.288	6.348.739	8.581.371	5.612.632	14.194.003	7.845.264
2023	2.979	3.288	1.590	1.698		3.649.655	1.697.338	1.028.288	6.375.281	8.581.371	5.612.632	14.194.003	7.818.722
2024	3.001	3.312	1.590	1.722		3.676.409	1.697.338	1.028.288	6.402.036	8.581.371	5.612.632	14.194.003	7.791.967
2025	3.023	3.336	1.590	1.747		3.703.379	1.697.338	1.028.288	6.429.005	8.581.371	5.612.632	14.194.003	7.764.998
2026	3.045	3.361	1.907	1.453		3.730.565	2.036.806	1.028.288	6.795.658	10.475.038	6.735.158	17.210.196	10.414.538
2027	3.064	3.382	1.907	1.475		3.754.428	2.036.806	1.028.288	6.819.522	10.475.038	6.735.158	17.210.196	10.390.674
2028	3.084	3.404	1.907	1.496		3.778.464	2.036.806	1.028.288	6.843.557	10.475.038	6.735.158	17.210.196	10.366.639
2029	3.104	3.425	1.907	1.518		3.802.673	2.036.806	1.028.288	6.867.767	10.475.038	6.735.158	17.210.196	10.342.429
2030	3.124	3.447	1.907	1.540		3.827.057	2.036.806	1.028.288	6.892.150	10.475.038	6.735.158	17.210.196	10.318.046
2031	3.144	3.470	1.907	1.562		3.851.616	2.036.806	1.028.288	6.916.710	10.475.038	6.735.158	17.210.196	10.293.486
2032	3.164	3.492	1.907	1.584		3.876.354	2.036.806	1.028.288	6.941.447	10.475.038	6.735.158	17.210.196	10.268.749
2033	3.184	3.514	1.907	1.607		3.901.269	2.036.806	1.028.288	6.966.363	10.475.038	6.735.158	17.210.196	10.243.833
2034	3.205	3.537	1.907	1.630		3.926.365	2.036.806	1.028.288	6.991.459	10.475.038	6.735.158	17.210.196	10.218.737
2035	3.225	3.560	1.907	1.652		3.951.642	2.036.806	1.028.288	7.016.736	10.475.038	6.735.158	17.210.196	10.193.460
2036	3.246	3.583	1.907	1.675		3.977.101	2.036.806	1.028.288	7.042.195	10.475.038	6.735.158	17.210.196	10.168.001

VANS: -8.635.588 USD

TIRS: 7,61 %

Tabla N° 3.8.-Sensibilidad con respecto a la demanda de Agua Regenerada – Disminución del 20 %

Año	Agua residual 1° C	AR Alim para Trat 3	ART y consumida	AR sobrante	Inversión Inicial	Costos variables - Trat 1 y 2	Costos variables - Trat 3 y 4	Costos fijos	COSTO TOTAL	Beneficio incremental por ART	Beneficio incremental por consumo residencial	BENEFICIO INCREMENTAL TOTAL	FLUJO NETO
	m ³ /hora				USD/año					USD/año			USD/año
2016	0	0	0	0	39.193.988				39.193.988			0	-39.193.988
2017	0	0	0	0	46.071.867				46.071.867			0	-46.071.867
2018	2.591	2.860	1.496	1.364		3.174.926	1.597.495	1.028.288	5.800.709	8.024.410	5.282.477	13.306.887	7.506.178
2019	2.705	2.985	1.496	1.489		3.314.073	1.597.495	1.028.288	5.939.856	8.024.410	5.282.477	13.306.887	7.367.032
2020	2.820	3.112	1.496	1.616		3.454.686	1.597.495	1.028.288	6.080.469	8.024.410	5.282.477	13.306.887	7.226.418
2021	2.936	3.240	1.496	1.744		3.596.783	1.597.495	1.028.288	6.222.565	8.024.410	5.282.477	13.306.887	7.084.322
2022	2.957	3.264	1.496	1.768		3.623.113	1.597.495	1.028.288	6.248.896	8.024.410	5.282.477	13.306.887	7.057.992
2023	2.979	3.288	1.496	1.792		3.649.655	1.597.495	1.028.288	6.275.437	8.024.410	5.282.477	13.306.887	7.031.450
2024	3.001	3.312	1.496	1.816		3.676.409	1.597.495	1.028.288	6.302.192	8.024.410	5.282.477	13.306.887	7.004.695
2025	3.023	3.336	1.496	1.840		3.703.379	1.597.495	1.028.288	6.329.162	8.024.410	5.282.477	13.306.887	6.977.726
2026	3.045	3.361	1.795	1.565		3.730.565	1.916.994	1.028.288	6.675.846	9.806.685	6.338.972	16.145.657	9.469.811
2027	3.064	3.382	1.795	1.587		3.754.428	1.916.994	1.028.288	6.699.710	9.806.685	6.338.972	16.145.657	9.445.948
2028	3.084	3.404	1.795	1.608		3.778.464	1.916.994	1.028.288	6.723.745	9.806.685	6.338.972	16.145.657	9.421.912
2029	3.104	3.425	1.795	1.630		3.802.673	1.916.994	1.028.288	6.747.954	9.806.685	6.338.972	16.145.657	9.397.703
2030	3.124	3.447	1.795	1.652		3.827.057	1.916.994	1.028.288	6.772.338	9.806.685	6.338.972	16.145.657	9.373.319
2031	3.144	3.470	1.795	1.674		3.851.616	1.916.994	1.028.288	6.796.898	9.806.685	6.338.972	16.145.657	9.348.759
2032	3.164	3.492	1.795	1.697		3.876.354	1.916.994	1.028.288	6.821.635	9.806.685	6.338.972	16.145.657	9.324.022
2033	3.184	3.514	1.795	1.719		3.901.269	1.916.994	1.028.288	6.846.551	9.806.685	6.338.972	16.145.657	9.299.106

2034	3.205	3.537	1.795	1.742		3.926.365	1.916.994	1.028.288	6.871.647	9.806.685	6.338.972	16.145.657	9.274.011
2035	3.225	3.560	1.795	1.764		3.951.642	1.916.994	1.028.288	6.896.923	9.806.685	6.338.972	16.145.657	9.248.734
2036	3.246	3.583	1.795	1.787		3.977.101	1.916.994	1.028.288	6.922.383	9.806.685	6.338.972	16.145.657	9.223.275

VANS: -15.593.322 USD

TIRS: 6,42 %

Tabla N° 4.1.-Sensibilidad con respecto a la Tarifa de agua regenerada – Aumento del 5 %

Año	Agua residual 1° C	AR Alim para Trat 3	ART y consumida	AR sobrante	Inversión Inicial	Costos variables - Trat 1 y 2	Costos variables - Trat 3 y 4	Costos fijos	COSTO TOTAL	Beneficio incremental por ART	Beneficio incremental por consumo residencial	BENEFICIO INCREMENTAL TOTAL	FLUJO NETO
	m ³ /hora				USD/año					USD/año			USD/año
2016	0	0	0	0	39.193.988				39.193.988			0	-39.193.988
2017	0	0	0	0	46.071.867				46.071.867			0	-46.071.867
2018	2.591	2.860	1.870	990		3.174.926	1.996.868	1.028.288	6.200.083	10.809.214	6.603.096	17.412.311	11.212.228
2019	2.705	2.985	1.870	1.115		3.314.073	1.996.868	1.028.288	6.339.229	10.809.214	6.603.096	17.412.311	11.073.081
2020	2.820	3.112	1.870	1.242		3.454.686	1.996.868	1.028.288	6.479.843	10.809.214	6.603.096	17.412.311	10.932.468
2021	2.936	3.240	1.870	1.370		3.596.783	1.996.868	1.028.288	6.621.939	10.809.214	6.603.096	17.412.311	10.790.372
2022	2.957	3.264	1.870	1.394		3.623.113	1.996.868	1.028.288	6.648.269	10.809.214	6.603.096	17.412.311	10.764.041
2023	2.979	3.288	1.870	1.418		3.649.655	1.996.868	1.028.288	6.674.811	10.809.214	6.603.096	17.412.311	10.737.499
2024	3.001	3.312	1.870	1.442		3.676.409	1.996.868	1.028.288	6.701.566	10.809.214	6.603.096	17.412.311	10.710.745
2025	3.023	3.336	1.870	1.466		3.703.379	1.996.868	1.028.288	6.728.535	10.809.214	6.603.096	17.412.311	10.683.775
2026	3.045	3.361	2.244	1.117		3.730.565	2.396.242	1.028.288	7.155.095	13.148.450	7.923.715	21.072.165	13.917.070

2027	3.064	3.382	2.244	1.138		3.754.428	2.396.242	1.028.288	7.178.958	13.148.450	7.923.715	21.072.165	13.893.207
2028	3.084	3.404	2.244	1.160		3.778.464	2.396.242	1.028.288	7.202.994	13.148.450	7.923.715	21.072.165	13.869.171
2029	3.104	3.425	2.244	1.181		3.802.673	2.396.242	1.028.288	7.227.203	13.148.450	7.923.715	21.072.165	13.844.962
2030	3.124	3.447	2.244	1.203		3.827.057	2.396.242	1.028.288	7.251.587	13.148.450	7.923.715	21.072.165	13.820.578
2031	3.144	3.470	2.244	1.226		3.851.616	2.396.242	1.028.288	7.276.147	13.148.450	7.923.715	21.072.165	13.796.019
2032	3.164	3.492	2.244	1.248		3.876.354	2.396.242	1.028.288	7.300.884	13.148.450	7.923.715	21.072.165	13.771.281
2033	3.184	3.514	2.244	1.270		3.901.269	2.396.242	1.028.288	7.325.799	13.148.450	7.923.715	21.072.165	13.746.366
2034	3.205	3.537	2.244	1.293		3.926.365	2.396.242	1.028.288	7.350.895	13.148.450	7.923.715	21.072.165	13.721.270
2035	3.225	3.560	2.244	1.316		3.951.642	2.396.242	1.028.288	7.376.172	13.148.450	7.923.715	21.072.165	13.695.993
2036	3.246	3.583	2.244	1.339		3.977.101	2.396.242	1.028.288	7.401.631	13.148.450	7.923.715	21.072.165	13.670.534

VANS: 17.159.908 USD

TIRS: 11,58 %

Tabla N° 4.2.-Sensibilidad con respecto a la Tarifa de agua regenerada – Aumento del 10 %

Año	Agua residual 1° C	AR Alim para Trat 3	ART y consumida	AR sobrante	Inversión Inicial	Costos variables - Trat 1 y 2	Costos variables - Trat 3 y 4	Costos fijos	COSTO TOTAL	Beneficio incremental por ART	Beneficio incremental por consumo residencial	BENEFICIO INCREMENTAL TOTAL	FLUJO NETO
	m ³ /hora				USD/año					USD/año			USD/año
2016	0	0	0	0	39.193.988				39.193.988			0	-39.193.988
2017	0	0	0	0	46.071.867				46.071.867			0	-46.071.867
2018	2.591	2.860	1.870	990		3.174.926	1.996.868	1.028.288	6.200.083	11.366.175	6.603.096	17.969.271	11.769.188
2019	2.705	2.985	1.870	1.115		3.314.073	1.996.868	1.028.288	6.339.229	11.366.175	6.603.096	17.969.271	11.630.042
2020	2.820	3.112	1.870	1.242		3.454.686	1.996.868	1.028.288	6.479.843	11.366.175	6.603.096	17.969.271	11.489.429

2021	2.936	3.240	1.870	1.370		3.596.783	1.996.868	1.028.288	6.621.939	11.366.175	6.603.096	17.969.271	11.347.332
2022	2.957	3.264	1.870	1.394		3.623.113	1.996.868	1.028.288	6.648.269	11.366.175	6.603.096	17.969.271	11.321.002
2023	2.979	3.288	1.870	1.418		3.649.655	1.996.868	1.028.288	6.674.811	11.366.175	6.603.096	17.969.271	11.294.460
2024	3.001	3.312	1.870	1.442		3.676.409	1.996.868	1.028.288	6.701.566	11.366.175	6.603.096	17.969.271	11.267.706
2025	3.023	3.336	1.870	1.466		3.703.379	1.996.868	1.028.288	6.728.535	11.366.175	6.603.096	17.969.271	11.240.736
2026	3.045	3.361	2.244	1.117		3.730.565	2.396.242	1.028.288	7.155.095	13.816.803	7.923.715	21.740.518	14.585.423
2027	3.064	3.382	2.244	1.138		3.754.428	2.396.242	1.028.288	7.178.958	13.816.803	7.923.715	21.740.518	14.561.560
2028	3.084	3.404	2.244	1.160		3.778.464	2.396.242	1.028.288	7.202.994	13.816.803	7.923.715	21.740.518	14.537.524
2029	3.104	3.425	2.244	1.181		3.802.673	2.396.242	1.028.288	7.227.203	13.816.803	7.923.715	21.740.518	14.513.315
2030	3.124	3.447	2.244	1.203		3.827.057	2.396.242	1.028.288	7.251.587	13.816.803	7.923.715	21.740.518	14.488.931
2031	3.144	3.470	2.244	1.226		3.851.616	2.396.242	1.028.288	7.276.147	13.816.803	7.923.715	21.740.518	14.464.372
2032	3.164	3.492	2.244	1.248		3.876.354	2.396.242	1.028.288	7.300.884	13.816.803	7.923.715	21.740.518	14.439.634
2033	3.184	3.514	2.244	1.270		3.901.269	2.396.242	1.028.288	7.325.799	13.816.803	7.923.715	21.740.518	14.414.719
2034	3.205	3.537	2.244	1.293		3.926.365	2.396.242	1.028.288	7.350.895	13.816.803	7.923.715	21.740.518	14.389.623
2035	3.225	3.560	2.244	1.316		3.951.642	2.396.242	1.028.288	7.376.172	13.816.803	7.923.715	21.740.518	14.364.346
2036	3.246	3.583	2.244	1.339		3.977.101	2.396.242	1.028.288	7.401.631	13.816.803	7.923.715	21.740.518	14.338.887

VANS: 22.082.201 USD

TIRS: 12,28 %

Tabla N° 4.3.- Sensibilidad con respecto a la Tarifa de agua regenerada – Aumento del 15 %

Año	Agua residual 1° C	AR Alim para Trat 3	ART y consumida	AR sobrante	Inversión Inicial	Costos variables - Trat 1 y 2	Costos variables - Trat 3 y 4	Costos fijos	COSTO TOTAL	Beneficio incremental por ART	Beneficio incremental por consumo residencial	BENEFICIO INCREMENTAL TOTAL	FLUJO NETO
	m ³ /hora				USD/año					USD/año			USD/año
2016	0	0	0	0	39.193.988				39.193.988			0	-39.193.988
2017	0	0	0	0	46.071.867				46.071.867			0	-46.071.867
2018	2.591	2.860	1.870	990		3.174.926	1.996.868	1.028.288	6.200.083	11.923.136	6.603.096	18.526.232	12.326.149
2019	2.705	2.985	1.870	1.115		3.314.073	1.996.868	1.028.288	6.339.229	11.923.136	6.603.096	18.526.232	12.187.003
2020	2.820	3.112	1.870	1.242		3.454.686	1.996.868	1.028.288	6.479.843	11.923.136	6.603.096	18.526.232	12.046.390
2021	2.936	3.240	1.870	1.370		3.596.783	1.996.868	1.028.288	6.621.939	11.923.136	6.603.096	18.526.232	11.904.293
2022	2.957	3.264	1.870	1.394		3.623.113	1.996.868	1.028.288	6.648.269	11.923.136	6.603.096	18.526.232	11.877.963
2023	2.979	3.288	1.870	1.418		3.649.655	1.996.868	1.028.288	6.674.811	11.923.136	6.603.096	18.526.232	11.851.421
2024	3.001	3.312	1.870	1.442		3.676.409	1.996.868	1.028.288	6.701.566	11.923.136	6.603.096	18.526.232	11.824.666
2025	3.023	3.336	1.870	1.466		3.703.379	1.996.868	1.028.288	6.728.535	11.923.136	6.603.096	18.526.232	11.797.697
2026	3.045	3.361	2.244	1.117		3.730.565	2.396.242	1.028.288	7.155.095	14.485.156	7.923.715	22.408.871	15.253.776
2027	3.064	3.382	2.244	1.138		3.754.428	2.396.242	1.028.288	7.178.958	14.485.156	7.923.715	22.408.871	15.229.913
2028	3.084	3.404	2.244	1.160		3.778.464	2.396.242	1.028.288	7.202.994	14.485.156	7.923.715	22.408.871	15.205.877
2029	3.104	3.425	2.244	1.181		3.802.673	2.396.242	1.028.288	7.227.203	14.485.156	7.923.715	22.408.871	15.181.668
2030	3.124	3.447	2.244	1.203		3.827.057	2.396.242	1.028.288	7.251.587	14.485.156	7.923.715	22.408.871	15.157.284
2031	3.144	3.470	2.244	1.226		3.851.616	2.396.242	1.028.288	7.276.147	14.485.156	7.923.715	22.408.871	15.132.724
2032	3.164	3.492	2.244	1.248		3.876.354	2.396.242	1.028.288	7.300.884	14.485.156	7.923.715	22.408.871	15.107.987
2033	3.184	3.514	2.244	1.270		3.901.269	2.396.242	1.028.288	7.325.799	14.485.156	7.923.715	22.408.871	15.083.072

2034	3.205	3.537	2.244	1.293		3.926.365	2.396.242	1.028.288	7.350.895	14.485.156	7.923.715	22.408.871	15.057.976
2035	3.225	3.560	2.244	1.316		3.951.642	2.396.242	1.028.288	7.376.172	14.485.156	7.923.715	22.408.871	15.032.699
2036	3.246	3.583	2.244	1.339		3.977.101	2.396.242	1.028.288	7.401.631	14.485.156	7.923.715	22.408.871	15.007.240

VANS: 27.004.495 USD

TIRS: 12,96 %

Tabla N° 4.4.-Sensibilidad con respecto a la Tarifa de agua regenerada – Aumento del 20 %

Año	Agua residual 1° C	AR Alim para Trat 3	ART y consumida	AR sobrante	Inversión Inicial	Costos variables - Trat 1 y 2	Costos variables - Trat 3 y 4	Costos fijos	COSTO TOTAL	Beneficio incremental por ART	Beneficio incremental por consumo residencial	BENEFICIO INCREMENTAL TOTAL	FLUJO NETO
	m ³ /hora				USD/año					USD/año		USD/año	
2016	0	0	0	0	39.193.988				39.193.988			0	-39.193.988
2017	0	0	0	0	46.071.867				46.071.867			0	-46.071.867
2018	2.591	2.860	1.870	990		3.174.926	1.996.868	1.028.288	6.200.083	12.480.097	6.603.096	19.083.193	12.883.110
2019	2.705	2.985	1.870	1.115		3.314.073	1.996.868	1.028.288	6.339.229	12.480.097	6.603.096	19.083.193	12.743.964
2020	2.820	3.112	1.870	1.242		3.454.686	1.996.868	1.028.288	6.479.843	12.480.097	6.603.096	19.083.193	12.603.350
2021	2.936	3.240	1.870	1.370		3.596.783	1.996.868	1.028.288	6.621.939	12.480.097	6.603.096	19.083.193	12.461.254
2022	2.957	3.264	1.870	1.394		3.623.113	1.996.868	1.028.288	6.648.269	12.480.097	6.603.096	19.083.193	12.434.924
2023	2.979	3.288	1.870	1.418		3.649.655	1.996.868	1.028.288	6.674.811	12.480.097	6.603.096	19.083.193	12.408.382
2024	3.001	3.312	1.870	1.442		3.676.409	1.996.868	1.028.288	6.701.566	12.480.097	6.603.096	19.083.193	12.381.627
2025	3.023	3.336	1.870	1.466		3.703.379	1.996.868	1.028.288	6.728.535	12.480.097	6.603.096	19.083.193	12.354.658
2026	3.045	3.361	2.244	1.117		3.730.565	2.396.242	1.028.288	7.155.095	15.153.509	7.923.715	23.077.224	15.922.129
2027	3.064	3.382	2.244	1.138		3.754.428	2.396.242	1.028.288	7.178.958	15.153.509	7.923.715	23.077.224	15.898.266

2028	3.084	3.404	2.244	1.160		3.778.464	2.396.242	1.028.288	7.202.994	15.153.509	7.923.715	23.077.224	15.874.230
2029	3.104	3.425	2.244	1.181		3.802.673	2.396.242	1.028.288	7.227.203	15.153.509	7.923.715	23.077.224	15.850.021
2030	3.124	3.447	2.244	1.203		3.827.057	2.396.242	1.028.288	7.251.587	15.153.509	7.923.715	23.077.224	15.825.637
2031	3.144	3.470	2.244	1.226		3.851.616	2.396.242	1.028.288	7.276.147	15.153.509	7.923.715	23.077.224	15.801.077
2032	3.164	3.492	2.244	1.248		3.876.354	2.396.242	1.028.288	7.300.884	15.153.509	7.923.715	23.077.224	15.776.340
2033	3.184	3.514	2.244	1.270		3.901.269	2.396.242	1.028.288	7.325.799	15.153.509	7.923.715	23.077.224	15.751.425
2034	3.205	3.537	2.244	1.293		3.926.365	2.396.242	1.028.288	7.350.895	15.153.509	7.923.715	23.077.224	15.726.329
2035	3.225	3.560	2.244	1.316		3.951.642	2.396.242	1.028.288	7.376.172	15.153.509	7.923.715	23.077.224	15.701.052
2036	3.246	3.583	2.244	1.339		3.977.101	2.396.242	1.028.288	7.401.631	15.153.509	7.923.715	23.077.224	15.675.593

VANS: 31.926.789 USD

TIRS: 13,64 %

Tabla N° 4.5.-Sensibilidad con respecto a la Tarifa de agua regenerada – Disminución del 5 %

Año	Agua residual 1° C	AR Alim para Trat 3	ART y consumida	AR sobrante	Inversión Inicial	Costos variables - Trat 1 y 2	Costos variables - Trat 3 y 4	Costos fijos	COSTO TOTAL	Beneficio incremental por ART	Beneficio incremental por consumo residencial	BENEFICIO INCREMENTAL TOTAL	FLUJO NETO
	m ³ /hora				USD/año					USD/año		USD/año	
2016	0	0	0	0	39.193.988				39.193.988			0	-39.193.988
2017	0	0	0	0	46.071.867				46.071.867			0	-46.071.867
2018	2.591	2.860	1.870	990		3.174.926	1.996.868	1.028.288	6.200.083	9.695.293	6.603.096	16.298.389	10.098.306
2019	2.705	2.985	1.870	1.115		3.314.073	1.996.868	1.028.288	6.339.229	9.695.293	6.603.096	16.298.389	9.959.160
2020	2.820	3.112	1.870	1.242		3.454.686	1.996.868	1.028.288	6.479.843	9.695.293	6.603.096	16.298.389	9.818.546
2021	2.936	3.240	1.870	1.370		3.596.783	1.996.868	1.028.288	6.621.939	9.695.293	6.603.096	16.298.389	9.676.450

2022	2.957	3.264	1.870	1.394		3.623.113	1.996.868	1.028.288	6.648.269	9.695.293	6.603.096	16.298.389	9.650.120
2023	2.979	3.288	1.870	1.418		3.649.655	1.996.868	1.028.288	6.674.811	9.695.293	6.603.096	16.298.389	9.623.578
2024	3.001	3.312	1.870	1.442		3.676.409	1.996.868	1.028.288	6.701.566	9.695.293	6.603.096	16.298.389	9.596.823
2025	3.023	3.336	1.870	1.466		3.703.379	1.996.868	1.028.288	6.728.535	9.695.293	6.603.096	16.298.389	9.569.854
2026	3.045	3.361	2.244	1.117		3.730.565	2.396.242	1.028.288	7.155.095	11.811.744	7.923.715	19.735.459	12.580.364
2027	3.064	3.382	2.244	1.138		3.754.428	2.396.242	1.028.288	7.178.958	11.811.744	7.923.715	19.735.459	12.556.501
2028	3.084	3.404	2.244	1.160		3.778.464	2.396.242	1.028.288	7.202.994	11.811.744	7.923.715	19.735.459	12.532.466
2029	3.104	3.425	2.244	1.181		3.802.673	2.396.242	1.028.288	7.227.203	11.811.744	7.923.715	19.735.459	12.508.256
2030	3.124	3.447	2.244	1.203		3.827.057	2.396.242	1.028.288	7.251.587	11.811.744	7.923.715	19.735.459	12.483.873
2031	3.144	3.470	2.244	1.226		3.851.616	2.396.242	1.028.288	7.276.147	11.811.744	7.923.715	19.735.459	12.459.313
2032	3.164	3.492	2.244	1.248		3.876.354	2.396.242	1.028.288	7.300.884	11.811.744	7.923.715	19.735.459	12.434.575
2033	3.184	3.514	2.244	1.270		3.901.269	2.396.242	1.028.288	7.325.799	11.811.744	7.923.715	19.735.459	12.409.660
2034	3.205	3.537	2.244	1.293		3.926.365	2.396.242	1.028.288	7.350.895	11.811.744	7.923.715	19.735.459	12.384.564
2035	3.225	3.560	2.244	1.316		3.951.642	2.396.242	1.028.288	7.376.172	11.811.744	7.923.715	19.735.459	12.359.287
2036	3.246	3.583	2.244	1.339		3.977.101	2.396.242	1.028.288	7.401.631	11.811.744	7.923.715	19.735.459	12.333.828

VANS: 7.315.320 USD

TIRS: 10,13 %

Tabla N° 4.6.-Sensibilidad con respecto a la Tarifa de agua regenerada – Disminución del 10 %

Año	Agua residual 1° C	AR Alim para Trat 3	ART y consumida	AR sobrante	Inversión Inicial	Costos variables - Trat 1 y 2	Costos variables - Trat 3 y 4	Costos fijos	COSTO TOTAL	Beneficio incremental por ART	Beneficio incremental por consumo residencial	BENEFICIO INCREMENTAL TOTAL	FLUJO NETO
	m ³ /hora				USD/año					USD/año			USD/año
2016	0	0	0	0	39.193.988				39.193.988			0	-39.193.988
2017	0	0	0	0	46.071.867				46.071.867			0	-46.071.867
2018	2.591	2.860	1.870	990		3.174.926	1.996.868	1.028.288	6.200.083	9.138.332	6.603.096	15.741.428	9.541.345
2019	2.705	2.985	1.870	1.115		3.314.073	1.996.868	1.028.288	6.339.229	9.138.332	6.603.096	15.741.428	9.402.199
2020	2.820	3.112	1.870	1.242		3.454.686	1.996.868	1.028.288	6.479.843	9.138.332	6.603.096	15.741.428	9.261.586
2021	2.936	3.240	1.870	1.370		3.596.783	1.996.868	1.028.288	6.621.939	9.138.332	6.603.096	15.741.428	9.119.489
2022	2.957	3.264	1.870	1.394		3.623.113	1.996.868	1.028.288	6.648.269	9.138.332	6.603.096	15.741.428	9.093.159
2023	2.979	3.288	1.870	1.418		3.649.655	1.996.868	1.028.288	6.674.811	9.138.332	6.603.096	15.741.428	9.066.617
2024	3.001	3.312	1.870	1.442		3.676.409	1.996.868	1.028.288	6.701.566	9.138.332	6.603.096	15.741.428	9.039.862
2025	3.023	3.336	1.870	1.466		3.703.379	1.996.868	1.028.288	6.728.535	9.138.332	6.603.096	15.741.428	9.012.893
2026	3.045	3.361	2.244	1.117		3.730.565	2.396.242	1.028.288	7.155.095	11.143.391	7.923.715	19.067.106	11.912.012
2027	3.064	3.382	2.244	1.138		3.754.428	2.396.242	1.028.288	7.178.958	11.143.391	7.923.715	19.067.106	11.888.148
2028	3.084	3.404	2.244	1.160		3.778.464	2.396.242	1.028.288	7.202.994	11.143.391	7.923.715	19.067.106	11.864.113
2029	3.104	3.425	2.244	1.181		3.802.673	2.396.242	1.028.288	7.227.203	11.143.391	7.923.715	19.067.106	11.839.903
2030	3.124	3.447	2.244	1.203		3.827.057	2.396.242	1.028.288	7.251.587	11.143.391	7.923.715	19.067.106	11.815.520
2031	3.144	3.470	2.244	1.226		3.851.616	2.396.242	1.028.288	7.276.147	11.143.391	7.923.715	19.067.106	11.790.960
2032	3.164	3.492	2.244	1.248		3.876.354	2.396.242	1.028.288	7.300.884	11.143.391	7.923.715	19.067.106	11.766.223
2033	3.184	3.514	2.244	1.270		3.901.269	2.396.242	1.028.288	7.325.799	11.143.391	7.923.715	19.067.106	11.741.307

2034	3.205	3.537	2.244	1.293		3.926.365	2.396.242	1.028.288	7.350.895	11.143.391	7.923.715	19.067.106	11.716.211
2035	3.225	3.560	2.244	1.316		3.951.642	2.396.242	1.028.288	7.376.172	11.143.391	7.923.715	19.067.106	11.690.934
2036	3.246	3.583	2.244	1.339		3.977.101	2.396.242	1.028.288	7.401.631	11.143.391	7.923.715	19.067.106	11.665.475

VANS: 2.393.026 USD

TIRS: 9,37 %

Tabla N° 4.7.-Sensibilidad con respecto a la Tarifa de agua regenerada – Disminución del 15 %

Año	Agua residual 1° C	AR Alim para Trat 3	ART y consumida	AR sobrante	Inversión Inicial	Costos variables - Trat 1 y 2	Costos variables - Trat 3 y 4	Costos fijos	COSTO TOTAL	Beneficio incremental por ART	Beneficio incremental por consumo residencial	BENEFICIO INCREMENTAL TOTAL	FLUJO NETO
	m ³ /hora				USD/año					USD/año		USD/año	
2016	0	0	0	0	39.193.988				39.193.988			0	-39.193.988
2017	0	0	0	0	46.071.867				46.071.867			0	-46.071.867
2018	2.591	2.860	1.870	990		3.174.926	1.996.868	1.028.288	6.200.083	8.581.371	6.603.096	15.184.467	8.984.384
2019	2.705	2.985	1.870	1.115		3.314.073	1.996.868	1.028.288	6.339.229	8.581.371	6.603.096	15.184.467	8.845.238
2020	2.820	3.112	1.870	1.242		3.454.686	1.996.868	1.028.288	6.479.843	8.581.371	6.603.096	15.184.467	8.704.625
2021	2.936	3.240	1.870	1.370		3.596.783	1.996.868	1.028.288	6.621.939	8.581.371	6.603.096	15.184.467	8.562.528
2022	2.957	3.264	1.870	1.394		3.623.113	1.996.868	1.028.288	6.648.269	8.581.371	6.603.096	15.184.467	8.536.198
2023	2.979	3.288	1.870	1.418		3.649.655	1.996.868	1.028.288	6.674.811	8.581.371	6.603.096	15.184.467	8.509.656
2024	3.001	3.312	1.870	1.442		3.676.409	1.996.868	1.028.288	6.701.566	8.581.371	6.603.096	15.184.467	8.482.902
2025	3.023	3.336	1.870	1.466		3.703.379	1.996.868	1.028.288	6.728.535	8.581.371	6.603.096	15.184.467	8.455.932
2026	3.045	3.361	2.244	1.117		3.730.565	2.396.242	1.028.288	7.155.095	10.475.038	7.923.715	18.398.753	11.243.659
2027	3.064	3.382	2.244	1.138		3.754.428	2.396.242	1.028.288	7.178.958	10.475.038	7.923.715	18.398.753	11.219.795

2028	3.084	3.404	2.244	1.160		3.778.464	2.396.242	1.028.288	7.202.994	10.475.038	7.923.715	18.398.753	11.195.760
2029	3.104	3.425	2.244	1.181		3.802.673	2.396.242	1.028.288	7.227.203	10.475.038	7.923.715	18.398.753	11.171.550
2030	3.124	3.447	2.244	1.203		3.827.057	2.396.242	1.028.288	7.251.587	10.475.038	7.923.715	18.398.753	11.147.167
2031	3.144	3.470	2.244	1.226		3.851.616	2.396.242	1.028.288	7.276.147	10.475.038	7.923.715	18.398.753	11.122.607
2032	3.164	3.492	2.244	1.248		3.876.354	2.396.242	1.028.288	7.300.884	10.475.038	7.923.715	18.398.753	11.097.870
2033	3.184	3.514	2.244	1.270		3.901.269	2.396.242	1.028.288	7.325.799	10.475.038	7.923.715	18.398.753	11.072.954
2034	3.205	3.537	2.244	1.293		3.926.365	2.396.242	1.028.288	7.350.895	10.475.038	7.923.715	18.398.753	11.047.858
2035	3.225	3.560	2.244	1.316		3.951.642	2.396.242	1.028.288	7.376.172	10.475.038	7.923.715	18.398.753	11.022.581
2036	3.246	3.583	2.244	1.339		3.977.101	2.396.242	1.028.288	7.401.631	10.475.038	7.923.715	18.398.753	10.997.122

VANS: -2.529.268 USD

TIRS: 8,60 %

Tabla N° 4.8.-Sensibilidad con respecto a la Tarifa de agua regenerada – Disminución del 20 %

Año	Agua residual 1° C	AR Alim para Trat 3	ART y consumida	AR sobrante	Inversión Inicial	Costos variables - Trat 1 y 2	Costos variables - Trat 3 y 4	Costos fijos	COSTO TOTAL	Beneficio incremental por ART	Beneficio incremental por consumo residencial	BENEFICIO INCREMENTAL TOTAL	FLUJO NETO
	m ³ /hora				USD/año					USD/año		USD/año	
2016	0	0	0	0	39.193.988				39.193.988			0	-39.193.988
2017	0	0	0	0	46.071.867				46.071.867			0	-46.071.867
2018	2.591	2.860	1.870	990		3.174.926	1.996.868	1.028.288	6.200.083	8.024.410	6.603.096	14.627.507	8.427.424
2019	2.705	2.985	1.870	1.115		3.314.073	1.996.868	1.028.288	6.339.229	8.024.410	6.603.096	14.627.507	8.288.277
2020	2.820	3.112	1.870	1.242		3.454.686	1.996.868	1.028.288	6.479.843	8.024.410	6.603.096	14.627.507	8.147.664
2021	2.936	3.240	1.870	1.370		3.596.783	1.996.868	1.028.288	6.621.939	8.024.410	6.603.096	14.627.507	8.005.568

2022	2.957	3.264	1.870	1.394		3.623.113	1.996.868	1.028.288	6.648.269	8.024.410	6.603.096	14.627.507	7.979.237
2023	2.979	3.288	1.870	1.418		3.649.655	1.996.868	1.028.288	6.674.811	8.024.410	6.603.096	14.627.507	7.952.695
2024	3.001	3.312	1.870	1.442		3.676.409	1.996.868	1.028.288	6.701.566	8.024.410	6.603.096	14.627.507	7.925.941
2025	3.023	3.336	1.870	1.466		3.703.379	1.996.868	1.028.288	6.728.535	8.024.410	6.603.096	14.627.507	7.898.971
2026	3.045	3.361	2.244	1.117		3.730.565	2.396.242	1.028.288	7.155.095	9.806.685	7.923.715	17.730.400	10.575.306
2027	3.064	3.382	2.244	1.138		3.754.428	2.396.242	1.028.288	7.178.958	9.806.685	7.923.715	17.730.400	10.551.442
2028	3.084	3.404	2.244	1.160		3.778.464	2.396.242	1.028.288	7.202.994	9.806.685	7.923.715	17.730.400	10.527.407
2029	3.104	3.425	2.244	1.181		3.802.673	2.396.242	1.028.288	7.227.203	9.806.685	7.923.715	17.730.400	10.503.198
2030	3.124	3.447	2.244	1.203		3.827.057	2.396.242	1.028.288	7.251.587	9.806.685	7.923.715	17.730.400	10.478.814
2031	3.144	3.470	2.244	1.226		3.851.616	2.396.242	1.028.288	7.276.147	9.806.685	7.923.715	17.730.400	10.454.254
2032	3.164	3.492	2.244	1.248		3.876.354	2.396.242	1.028.288	7.300.884	9.806.685	7.923.715	17.730.400	10.429.517
2033	3.184	3.514	2.244	1.270		3.901.269	2.396.242	1.028.288	7.325.799	9.806.685	7.923.715	17.730.400	10.404.601
2034	3.205	3.537	2.244	1.293		3.926.365	2.396.242	1.028.288	7.350.895	9.806.685	7.923.715	17.730.400	10.379.505
2035	3.225	3.560	2.244	1.316		3.951.642	2.396.242	1.028.288	7.376.172	9.806.685	7.923.715	17.730.400	10.354.228
2036	3.246	3.583	2.244	1.339		3.977.101	2.396.242	1.028.288	7.401.631	9.806.685	7.923.715	17.730.400	10.328.769

VANS: -7.451.561 USD

TIRS: 7,80 %

Tabla N° 5.1.-Sensibilidad con respecto a la Tasa de Descuento Social – Aumento del 5 %

Agua residual 1° C	AR Alim para Trat 3	ART y consumida	AR sobrante	Inversión Inicial	Costos variables - Trat 1 y 2	Costos variables - Trat 3 y 4	Costos fijos	COSTO TOTAL	Beneficio incremental por ART	Beneficio incremental por consumo residencial	BENEFICIO INCREMENTAL TOTAL	FLUJO NETO
m ³ /hora				USD/año				USD/año				
0	0	0	0	39.193.988				39.193.988			0	-39.193.988
0	0	0	0	46.071.867				46.071.867			0	-46.071.867
2.591	2.860	1.870	990		3.174.926	1.996.868	1.028.288	6.200.083	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.655.267
2.705	2.985	1.870	1.115		3.314.073	1.996.868	1.028.288	6.339.229	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.516.120
2.820	3.112	1.870	1.242		3.454.686	1.996.868	1.028.288	6.479.843	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.375.507
2.936	3.240	1.870	1.370		3.596.783	1.996.868	1.028.288	6.621.939	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.233.411
2.957	3.264	1.870	1.394		3.623.113	1.996.868	1.028.288	6.648.269	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.207.080
2.979	3.288	1.870	1.418		3.649.655	1.996.868	1.028.288	6.674.811	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.180.539
3.001	3.312	1.870	1.442		3.676.409	1.996.868	1.028.288	6.701.566	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.153.784
3.023	3.336	1.870	1.466		3.703.379	1.996.868	1.028.288	6.728.535	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.126.815
3.045	3.361	2.244	1.117		3.730.565	2.396.242	1.028.288	7.155.095	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.248.717
3.064	3.382	2.244	1.138		3.754.428	2.396.242	1.028.288	7.178.958	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.224.854
3.084	3.404	2.244	1.160		3.778.464	2.396.242	1.028.288	7.202.994	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.200.818
3.104	3.425	2.244	1.181		3.802.673	2.396.242	1.028.288	7.227.203	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.176.609
3.124	3.447	2.244	1.203		3.827.057	2.396.242	1.028.288	7.251.587	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.152.225
3.144	3.470	2.244	1.226		3.851.616	2.396.242	1.028.288	7.276.147	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.127.666
3.164	3.492	2.244	1.248		3.876.354	2.396.242	1.028.288	7.300.884	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.102.928
3.184	3.514	2.244	1.270		3.901.269	2.396.242	1.028.288	7.325.799	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.078.013

3.205	3.537	2.244	1.293		3.926.365	2.396.242	1.028.288	7.350.895	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.052.917
3.225	3.560	2.244	1.316		3.951.642	2.396.242	1.028.288	7.376.172	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.027.640
3.246	3.583	2.244	1.339		3.977.101	2.396.242	1.028.288	7.401.631	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.002.181

TDS: 9,45 %

VAN: 9.013.372 USD

Tabla N° 5.2.-Sensibilidad con respecto a la Tasa de Descuento Social – Aumento del 10 %

Año	Agua residual	AR Alim para Trat 3	ART y consumida	AR sobrante	Inversión Inicial	Costos variables - Trat 1 y 2	Costos variables - Trat 3 y 4	Costos fijos	COSTO TOTAL	Beneficio incremental por ART	Beneficio incremental por consumo residencial	BENEFICIO INCREMENTAL TOTAL	FLUJO NETO
	m ³ /hora				USD/año					USD/año		USD/año	
2016	0	0	0	0	39.193.988				39.193.988			0	-39.193.988
2017	0	0	0	0	46.071.867				46.071.867			0	-46.071.867
2018	2.591	2.860	1.870	990		3.174.926	1.996.868	1.028.288	6.200.083	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.655.267
2019	2.705	2.985	1.870	1.115		3.314.073	1.996.868	1.028.288	6.339.229	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.516.120
2020	2.820	3.112	1.870	1.242		3.454.686	1.996.868	1.028.288	6.479.843	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.375.507
2021	2.936	3.240	1.870	1.370		3.596.783	1.996.868	1.028.288	6.621.939	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.233.411
2022	2.957	3.264	1.870	1.394		3.623.113	1.996.868	1.028.288	6.648.269	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.207.080
2023	2.979	3.288	1.870	1.418		3.649.655	1.996.868	1.028.288	6.674.811	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.180.539
2024	3.001	3.312	1.870	1.442		3.676.409	1.996.868	1.028.288	6.701.566	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.153.784
2025	3.023	3.336	1.870	1.466		3.703.379	1.996.868	1.028.288	6.728.535	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.126.815
2026	3.045	3.361	2.244	1.117		3.730.565	2.396.242	1.028.288	7.155.095	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.248.717
2027	3.064	3.382	2.244	1.138		3.754.428	2.396.242	1.028.288	7.178.958	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.224.854

2028	3.084	3.404	2.244	1.160		3.778.464	2.396.242	1.028.288	7.202.994	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.200.818
2029	3.104	3.425	2.244	1.181		3.802.673	2.396.242	1.028.288	7.227.203	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.176.609
2030	3.124	3.447	2.244	1.203		3.827.057	2.396.242	1.028.288	7.251.587	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.152.225
2031	3.144	3.470	2.244	1.226		3.851.616	2.396.242	1.028.288	7.276.147	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.127.666
2032	3.164	3.492	2.244	1.248		3.876.354	2.396.242	1.028.288	7.300.884	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.102.928
2033	3.184	3.514	2.244	1.270		3.901.269	2.396.242	1.028.288	7.325.799	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.078.013
2034	3.205	3.537	2.244	1.293		3.926.365	2.396.242	1.028.288	7.350.895	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.052.917
2035	3.225	3.560	2.244	1.316		3.951.642	2.396.242	1.028.288	7.376.172	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.027.640
2036	3.246	3.583	2.244	1.339		3.977.101	2.396.242	1.028.288	7.401.631	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.002.181

TDS: 9,90 %

VAN: 5.964.246 USD

Tabla N° 5.3.-Sensibilidad con respecto a la Tasa de Descuento Social – Aumento del 15 %

Año	Agua residual 1° C	AR Alim para Trat 3	ART y consumida	AR sobrante	Inversión Inicial	Costos variables - Trat 1 y 2	Costos variables - Trat 3 y 4	Costos fijos	COSTO TOTAL	Beneficio incremental por ART	Beneficio incremental por consumo residencial	BENEFICIO INCREMENTAL TOTAL	FLUJO NETO
	m ³ /hora				USD/año					USD/año		USD/año	
2016	0	0	0	0	39.193.988				39.193.988			0	-39.193.988
2017	0	0	0	0	46.071.867				46.071.867			0	-46.071.867
2018	2.591	2.860	1.870	990		3.174.926	1.996.868	1.028.288	6.200.083	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.655.267
2019	2.705	2.985	1.870	1.115		3.314.073	1.996.868	1.028.288	6.339.229	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.516.120
2020	2.820	3.112	1.870	1.242		3.454.686	1.996.868	1.028.288	6.479.843	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.375.507
2021	2.936	3.240	1.870	1.370		3.596.783	1.996.868	1.028.288	6.621.939	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.233.411

2022	2.957	3.264	1.870	1.394		3.623.113	1.996.868	1.028.288	6.648.269	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.207.080
2023	2.979	3.288	1.870	1.418		3.649.655	1.996.868	1.028.288	6.674.811	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.180.539
2024	3.001	3.312	1.870	1.442		3.676.409	1.996.868	1.028.288	6.701.566	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.153.784
2025	3.023	3.336	1.870	1.466		3.703.379	1.996.868	1.028.288	6.728.535	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.126.815
2026	3.045	3.361	2.244	1.117		3.730.565	2.396.242	1.028.288	7.155.095	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.248.717
2027	3.064	3.382	2.244	1.138		3.754.428	2.396.242	1.028.288	7.178.958	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.224.854
2028	3.084	3.404	2.244	1.160		3.778.464	2.396.242	1.028.288	7.202.994	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.200.818
2029	3.104	3.425	2.244	1.181		3.802.673	2.396.242	1.028.288	7.227.203	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.176.609
2030	3.124	3.447	2.244	1.203		3.827.057	2.396.242	1.028.288	7.251.587	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.152.225
2031	3.144	3.470	2.244	1.226		3.851.616	2.396.242	1.028.288	7.276.147	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.127.666
2032	3.164	3.492	2.244	1.248		3.876.354	2.396.242	1.028.288	7.300.884	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.102.928
2033	3.184	3.514	2.244	1.270		3.901.269	2.396.242	1.028.288	7.325.799	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.078.013
2034	3.205	3.537	2.244	1.293		3.926.365	2.396.242	1.028.288	7.350.895	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.052.917
2035	3.225	3.560	2.244	1.316		3.951.642	2.396.242	1.028.288	7.376.172	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.027.640
2036	3.246	3.583	2.244	1.339		3.977.101	2.396.242	1.028.288	7.401.631	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.002.181

TDS: 10,35 %

VAN: 3.079.138 USD

Tabla N° 5.4.-Sensibilidad con respecto a la Tasa de Descuento Social – Aumento del 20 %

Año	Agua residual 1° C	AR Alim para Trat 3	ART y consumida	AR sobrante	Inversión Inicial	Costos variables - Trat 1 y 2	Costos variables - Trat 3 y 4	Costos fijos	COSTO TOTAL	Beneficio incremental por ART	Beneficio incremental por consumo residencial	BENEFICIO INCREMENTAL TOTAL	FLUJO NETO
	m ³ /hora				USD/año					USD/año		USD/año	

2016	0	0	0	0	39.193.988				39.193.988			0	-39.193.988
2017	0	0	0	0	46.071.867				46.071.867			0	-46.071.867
2018	2.591	2.860	1.870	990		3.174.926	1.996.868	1.028.288	6.200.083	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.655.267
2019	2.705	2.985	1.870	1.115		3.314.073	1.996.868	1.028.288	6.339.229	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.516.120
2020	2.820	3.112	1.870	1.242		3.454.686	1.996.868	1.028.288	6.479.843	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.375.507
2021	2.936	3.240	1.870	1.370		3.596.783	1.996.868	1.028.288	6.621.939	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.233.411
2022	2.957	3.264	1.870	1.394		3.623.113	1.996.868	1.028.288	6.648.269	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.207.080
2023	2.979	3.288	1.870	1.418		3.649.655	1.996.868	1.028.288	6.674.811	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.180.539
2024	3.001	3.312	1.870	1.442		3.676.409	1.996.868	1.028.288	6.701.566	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.153.784
2025	3.023	3.336	1.870	1.466		3.703.379	1.996.868	1.028.288	6.728.535	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.126.815
2026	3.045	3.361	2.244	1.117		3.730.565	2.396.242	1.028.288	7.155.095	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.248.717
2027	3.064	3.382	2.244	1.138		3.754.428	2.396.242	1.028.288	7.178.958	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.224.854
2028	3.084	3.404	2.244	1.160		3.778.464	2.396.242	1.028.288	7.202.994	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.200.818
2029	3.104	3.425	2.244	1.181		3.802.673	2.396.242	1.028.288	7.227.203	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.176.609
2030	3.124	3.447	2.244	1.203		3.827.057	2.396.242	1.028.288	7.251.587	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.152.225
2031	3.144	3.470	2.244	1.226		3.851.616	2.396.242	1.028.288	7.276.147	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.127.666
2032	3.164	3.492	2.244	1.248		3.876.354	2.396.242	1.028.288	7.300.884	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.102.928
2033	3.184	3.514	2.244	1.270		3.901.269	2.396.242	1.028.288	7.325.799	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.078.013
2034	3.205	3.537	2.244	1.293		3.926.365	2.396.242	1.028.288	7.350.895	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.052.917
2035	3.225	3.560	2.244	1.316		3.951.642	2.396.242	1.028.288	7.376.172	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.027.640
2036	3.246	3.583	2.244	1.339		3.977.101	2.396.242	1.028.288	7.401.631	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.002.181

TDS: 10,80 %

VAN: 347.743 USD

Tabla N° 5.5.-Sensibilidad con respecto a la Tasa de Descuento Social – Disminución del 5 %

Año	Agua residual 1° C	AR Alim para Trat 3	ART y consumida	AR sobrante	Inversión Inicial	Costos variables - Trat 1 y 2	Costos variables - Trat 3 y 4	Costos fijos	COSTO TOTAL	Beneficio incremental por ART	Beneficio incremental por consumo residencial	BENEFICIO INCREMENTAL TOTAL	FLUJO NETO
	m ³ /hora				USD/año					USD/año			USD/año
2016	0	0	0	0	39.193.988				39.193.988			0	-39.193.988
2017	0	0	0	0	46.071.867				46.071.867			0	-46.071.867
2018	2.591	2.860	1.870	990		3.174.926	1.996.868	1.028.288	6.200.083	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.655.267
2019	2.705	2.985	1.870	1.115		3.314.073	1.996.868	1.028.288	6.339.229	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.516.120
2020	2.820	3.112	1.870	1.242		3.454.686	1.996.868	1.028.288	6.479.843	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.375.507
2021	2.936	3.240	1.870	1.370		3.596.783	1.996.868	1.028.288	6.621.939	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.233.411
2022	2.957	3.264	1.870	1.394		3.623.113	1.996.868	1.028.288	6.648.269	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.207.080
2023	2.979	3.288	1.870	1.418		3.649.655	1.996.868	1.028.288	6.674.811	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.180.539
2024	3.001	3.312	1.870	1.442		3.676.409	1.996.868	1.028.288	6.701.566	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.153.784
2025	3.023	3.336	1.870	1.466		3.703.379	1.996.868	1.028.288	6.728.535	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.126.815
2026	3.045	3.361	2.244	1.117		3.730.565	2.396.242	1.028.288	7.155.095	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.248.717
2027	3.064	3.382	2.244	1.138		3.754.428	2.396.242	1.028.288	7.178.958	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.224.854
2028	3.084	3.404	2.244	1.160		3.778.464	2.396.242	1.028.288	7.202.994	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.200.818
2029	3.104	3.425	2.244	1.181		3.802.673	2.396.242	1.028.288	7.227.203	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.176.609
2030	3.124	3.447	2.244	1.203		3.827.057	2.396.242	1.028.288	7.251.587	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.152.225
2031	3.144	3.470	2.244	1.226		3.851.616	2.396.242	1.028.288	7.276.147	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.127.666
2032	3.164	3.492	2.244	1.248		3.876.354	2.396.242	1.028.288	7.300.884	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.102.928
2033	3.184	3.514	2.244	1.270		3.901.269	2.396.242	1.028.288	7.325.799	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.078.013

2034	3.205	3.537	2.244	1.293		3.926.365	2.396.242	1.028.288	7.350.895	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.052.917
2035	3.225	3.560	2.244	1.316		3.951.642	2.396.242	1.028.288	7.376.172	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.027.640
2036	3.246	3.583	2.244	1.339		3.977.101	2.396.242	1.028.288	7.401.631	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.002.181

TDS: 8,55 %

VAN: 15.648.927USD

Tabla N° 5.6.-Sensibilidad con respecto a la Tasa de Descuento Social – Disminución del 10 %

Año	Agua residual 1° C	AR Alim para Trat 3	ART y consumida	AR sobrante	Inversión Inicial	Costos variables - Trat 1 y 2	Costos variables - Trat 3 y 4	Costos fijos	COSTO TOTAL	Beneficio incremental por ART	Beneficio incremental por consumo residencial	BENEFICIO INCREMENTAL TOTAL	FLUJO NETO
	m ³ /hora				USD/año					USD/año		USD/año	
2016	0	0	0	0	39.193.988				39.193.988			0	-39.193.988
2017	0	0	0	0	46.071.867				46.071.867			0	-46.071.867
2018	2.591	2.860	1.870	990		3.174.926	1.996.868	1.028.288	6.200.083	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.655.267
2019	2.705	2.985	1.870	1.115		3.314.073	1.996.868	1.028.288	6.339.229	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.516.120
2020	2.820	3.112	1.870	1.242		3.454.686	1.996.868	1.028.288	6.479.843	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.375.507
2021	2.936	3.240	1.870	1.370		3.596.783	1.996.868	1.028.288	6.621.939	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.233.411
2022	2.957	3.264	1.870	1.394		3.623.113	1.996.868	1.028.288	6.648.269	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.207.080
2023	2.979	3.288	1.870	1.418		3.649.655	1.996.868	1.028.288	6.674.811	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.180.539
2024	3.001	3.312	1.870	1.442		3.676.409	1.996.868	1.028.288	6.701.566	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.153.784
2025	3.023	3.336	1.870	1.466		3.703.379	1.996.868	1.028.288	6.728.535	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.126.815
2026	3.045	3.361	2.244	1.117		3.730.565	2.396.242	1.028.288	7.155.095	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.248.717
2027	3.064	3.382	2.244	1.138		3.754.428	2.396.242	1.028.288	7.178.958	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.224.854

2028	3.084	3.404	2.244	1.160		3.778.464	2.396.242	1.028.288	7.202.994	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.200.818
2029	3.104	3.425	2.244	1.181		3.802.673	2.396.242	1.028.288	7.227.203	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.176.609
2030	3.124	3.447	2.244	1.203		3.827.057	2.396.242	1.028.288	7.251.587	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.152.225
2031	3.144	3.470	2.244	1.226		3.851.616	2.396.242	1.028.288	7.276.147	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.127.666
2032	3.164	3.492	2.244	1.248		3.876.354	2.396.242	1.028.288	7.300.884	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.102.928
2033	3.184	3.514	2.244	1.270		3.901.269	2.396.242	1.028.288	7.325.799	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.078.013
2034	3.205	3.537	2.244	1.293		3.926.365	2.396.242	1.028.288	7.350.895	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.052.917
2035	3.225	3.560	2.244	1.316		3.951.642	2.396.242	1.028.288	7.376.172	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.027.640
2036	3.246	3.583	2.244	1.339		3.977.101	2.396.242	1.028.288	7.401.631	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.002.181

TDS: 8,10 %

VAN: 19.260.200 USD

Tabla N° 5.7.-Sensibilidad con respecto a la Tasa de Descuento Social – Disminución del 15 %

Año	Agua residual 1° C	AR Alim para Trat 3	ART y consumida	AR sobrante	Inversión Inicial	Costos variables - Trat 1 y 2	Costos variables - Trat 3 y 4	Costos fijos	COSTO TOTAL	Beneficio incremental por ART	Beneficio incremental por consumo residencial	BENEFICIO INCREMENTAL TOTAL	FLUJO NETO
	m ³ /hora				USD/año					USD/año		USD/año	
2016	0	0	0	0	39.193.988				39.193.988			0	-39.193.988
2017	0	0	0	0	46.071.867				46.071.867			0	-46.071.867
2018	2.591	2.860	1.870	990		3.174.926	1.996.868	1.028.288	6.200.083	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.655.267
2019	2.705	2.985	1.870	1.115		3.314.073	1.996.868	1.028.288	6.339.229	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.516.120
2020	2.820	3.112	1.870	1.242		3.454.686	1.996.868	1.028.288	6.479.843	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.375.507
2021	2.936	3.240	1.870	1.370		3.596.783	1.996.868	1.028.288	6.621.939	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.233.411

2022	2.957	3.264	1.870	1.394		3.623.113	1.996.868	1.028.288	6.648.269	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.207.080
2023	2.979	3.288	1.870	1.418		3.649.655	1.996.868	1.028.288	6.674.811	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.180.539
2024	3.001	3.312	1.870	1.442		3.676.409	1.996.868	1.028.288	6.701.566	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.153.784
2025	3.023	3.336	1.870	1.466		3.703.379	1.996.868	1.028.288	6.728.535	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.126.815
2026	3.045	3.361	2.244	1.117		3.730.565	2.396.242	1.028.288	7.155.095	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.248.717
2027	3.064	3.382	2.244	1.138		3.754.428	2.396.242	1.028.288	7.178.958	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.224.854
2028	3.084	3.404	2.244	1.160		3.778.464	2.396.242	1.028.288	7.202.994	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.200.818
2029	3.104	3.425	2.244	1.181		3.802.673	2.396.242	1.028.288	7.227.203	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.176.609
2030	3.124	3.447	2.244	1.203		3.827.057	2.396.242	1.028.288	7.251.587	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.152.225
2031	3.144	3.470	2.244	1.226		3.851.616	2.396.242	1.028.288	7.276.147	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.127.666
2032	3.164	3.492	2.244	1.248		3.876.354	2.396.242	1.028.288	7.300.884	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.102.928
2033	3.184	3.514	2.244	1.270		3.901.269	2.396.242	1.028.288	7.325.799	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.078.013
2034	3.205	3.537	2.244	1.293		3.926.365	2.396.242	1.028.288	7.350.895	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.052.917
2035	3.225	3.560	2.244	1.316		3.951.642	2.396.242	1.028.288	7.376.172	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.027.640
2036	3.246	3.583	2.244	1.339		3.977.101	2.396.242	1.028.288	7.401.631	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.002.181

TSD: 7,65 %

VAN: 23.085.335 USD

Tabla N° 5.8.-Sensibilidad con respecto a la Tasa de Descuento Social – Disminución del 20 %

Año	Agua residual 1° C	AR Alim para Trat 3	ART y consumida	AR sobrante	Inversión Inicial	Costos variables - Trat 1 y 2	Costos variables - Trat 3 y 4	Costos fijos	COSTO TOTAL	Beneficio incremental por ART	Beneficio incremental por consumo residencial	BENEFICIO INCREMENTAL TOTAL	FLUJO NETO
	m ³ /hora				USD/año					USD/año		USD/año	

2016	0	0	0	0	39.193.988				39.193.988			0	-39.193.988
2017	0	0	0	0	46.071.867				46.071.867			0	-46.071.867
2018	2.591	2.860	1.870	990		3.174.926	1.996.868	1.028.288	6.200.083	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.655.267
2019	2.705	2.985	1.870	1.115		3.314.073	1.996.868	1.028.288	6.339.229	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.516.120
2020	2.820	3.112	1.870	1.242		3.454.686	1.996.868	1.028.288	6.479.843	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.375.507
2021	2.936	3.240	1.870	1.370		3.596.783	1.996.868	1.028.288	6.621.939	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.233.411
2022	2.957	3.264	1.870	1.394		3.623.113	1.996.868	1.028.288	6.648.269	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.207.080
2023	2.979	3.288	1.870	1.418		3.649.655	1.996.868	1.028.288	6.674.811	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.180.539
2024	3.001	3.312	1.870	1.442		3.676.409	1.996.868	1.028.288	6.701.566	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.153.784
2025	3.023	3.336	1.870	1.466		3.703.379	1.996.868	1.028.288	6.728.535	10.252.254	6.603.096	16.855.350	10.126.815
2026	3.045	3.361	2.244	1.117		3.730.565	2.396.242	1.028.288	7.155.095	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.248.717
2027	3.064	3.382	2.244	1.138		3.754.428	2.396.242	1.028.288	7.178.958	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.224.854
2028	3.084	3.404	2.244	1.160		3.778.464	2.396.242	1.028.288	7.202.994	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.200.818
2029	3.104	3.425	2.244	1.181		3.802.673	2.396.242	1.028.288	7.227.203	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.176.609
2030	3.124	3.447	2.244	1.203		3.827.057	2.396.242	1.028.288	7.251.587	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.152.225
2031	3.144	3.470	2.244	1.226		3.851.616	2.396.242	1.028.288	7.276.147	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.127.666
2032	3.164	3.492	2.244	1.248		3.876.354	2.396.242	1.028.288	7.300.884	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.102.928
2033	3.184	3.514	2.244	1.270		3.901.269	2.396.242	1.028.288	7.325.799	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.078.013
2034	3.205	3.537	2.244	1.293		3.926.365	2.396.242	1.028.288	7.350.895	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.052.917
2035	3.225	3.560	2.244	1.316		3.951.642	2.396.242	1.028.288	7.376.172	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.027.640
2036	3.246	3.583	2.244	1.339		3.977.101	2.396.242	1.028.288	7.401.631	12.480.097	7.923.715	20.403.812	13.002.181

TSD: 7,20 %

VAN: 27.139.335 USD