
Producción industrial de agua

Los capítulos precedentes reflejan el estado actual de un balance hidrológico que para Tenerife ha venido caracterizándose por el equilibrio estricto entre consumo y recursos. El sistema de producción de agua subterránea era inicialmente de gran rigidez para ofertar caudales al mercado, cuando sólo se contaba con las galerías como fuente de suministro. Los pozos vinieron a suponer un primer grado de elasticidad pero aún así muy distante de la elasticidad de la demanda. El aumento de ésta ha generado una elevación de precios del agua que ha llevado a incentivar el aumento de las labores extractivas. Mientras se producía la maduración de estos capitales adicionales invertidos, los recursos extraídos se asignaban a los usos por razones de eficiencia económica o manteniendo inercias estructurales del mercado de aguas.

Este proceso tiene unas limitaciones naturales y otras de carácter estrictamente económico. Las primeras se derivan del propio balance hidrogeológico que determina, en términos simplistas, que el aumento de la extracción por encima de la recarga natural, conduzca a una disminución sistemática de los niveles freáticos y, paralelamente, del rendimiento de las explotaciones. La consecuencia inmediata es la necesidad de derivar capital hacia obras de reperforación que no generan nuevo recurso y hacia la búsqueda de agua en zonas acuíferas de calidad inferior¹. Además, una vez alcanzada una cierta densidad máxima de explotaciones, las nuevas detraerán caudales de las existentes antes que de yacimientos sin aprovechar².

En términos económicos, por otra parte, los efectos se traducen en una disminución sistemática de la rentabilidad de los aprovechamientos y con ello, en un aumento del precio del agua que estos aprovechamientos extraen. En algunos casos esta disminución de la rentabilidad se deriva, además, del empeoramiento de la calidad del agua, que hace que sus posibilidades de uso sean más limitadas.

No puede decirse que esta situación global, que podría recibir el calificativo de sobreexplotación si no quisiéramos contemplar más que el aspecto puramente arit-

¹ Ver capítulo 4 de esta misma Memoria.

² El Plan contiene una normativa concreta para evitar estas afecciones en la medida de lo posible.



mético del problema, sea esencialmente negativa. De hecho, la sobreexplotación se ha aplicado con plena y absoluta consciencia en regiones, como California o Israel, en las que la disponibilidad de agua ha sido una de las bases fundamentales para el desarrollo. Tanto en los casos citados como en el de las políticas de uso conjunto en regiones de una gran irregularidad climatológica, constituye una herramienta temporal, adecuada para acortar el plazo en el que se puede disponer de agua hasta que se ponen a punto nuevas fuentes de recurso, normalmente superficiales, que permiten disminuir la tensión sobre el agua subterránea y equilibrar la situación, o bien hasta que esta disminución de la rentabilidad de la explotación tradicional determina la posibilidad de introducir tecnologías de mayor coste. La propia Ley de Aguas, en sus artículos 89 a 92 contempla estas nuevas tecnologías fijando condiciones para su uso, fundamentalmente la exigencia de autorización del Consejo Insular y llegando incluso a establecer que éste podrá imponer la utilización de agua industrial a ciertos usos como el esparcimiento, el turístico y el industrial.

El objetivo fundamental de la aplicación de estas tecnologías es el de aportar nuevos recursos al sistema, convirtiendo en utilizables aguas que normalmente no lo son. En el caso de Tenerife, esto se puede conseguir a través de los siguientes mecanismos:

- Reutilizando las aguas residuales que en condiciones normales se verterían al mar sin aprovechamiento alguno.
- Mejorando la calidad de las aguas salobres que se extraen de ciertos acuíferos.
- Potabilizando el agua de mar.

Los apartados que siguen describen las actividades llevadas a cabo dentro del Plan Hidrológico Insular en cada uno de estos ámbitos de actuación y las propuestas para el futuro. En síntesis, el PHI ha llegado a las siguientes conclusiones generales:

- La viabilidad de la reutilización de aguas residuales depende, en primer término, de la calidad original de las aguas de abastecimiento. Este puede constituir un aspecto crítico, ya que el uso del agua tratada, normalmente para el riego, plantea exigencias de concentraciones máximas de sales ciertamente estrictas. En segundo lugar, es necesario considerar el coste del transporte entre la depuradora y la zona de uso. Por último, hay que observar unos requisitos, no excesivamente complejos, pero sí esenciales, en lo que se refiere al uso del agua, de modo que se eviten repercusiones indeseables sobre la salud pública. Por todo ello, la implantación de la reutilización de aguas depuradas debe efectuarse progresivamente, en áreas con cultivos seleccionados, acompañada de programas de experimentación y formación, verificando que se van cumpliendo las expectativas.



- Las tecnologías disponibles en la actualidad para la desalación son viables técnicamente e implican unas inversiones y unos costes de explotación que, si bien son más altos que los característicos del mercado tinerfeño del agua, son aceptables para determinados usos, asociados normalmente con el abastecimiento urbano, turístico e industrial o el riego de cultivos con un alto valor de mercado.
- En la elección del procedimiento para desalación de aguas subterráneas salobres hay que tener presente que, aunque estas aguas contienen un total de sales disueltas menor que el agua de mar, su alta proporción de sílice (50-110 mg/l) y de bicarbonato sódico dificultan el empleo de algunas tecnologías. Los resultados medios esperados con el sistema de electrodiálisis reversible (EDR) son los siguientes:
 - costes unitarios de explotación 30 - 40 pts/m³
 - amortización de la inversión 10 - 20 pts/m³
 - proporción de agua de rechazo 15 - 20 %
 - consumo de energía 1,5 kWh/m³
- La desalación de agua de mar lleva más de dos décadas de experiencia en las Canarias Orientales y está en pleno desarrollo mundial, con el consiguiente avance tecnológico. El procedimiento que está imperando en la actualidad es el de ósmosis inversa (RO), con los resultados siguientes:
 - costes de explotación 90 - 100 pts/m³
 - amortización de la inversión 30 - 40 pts/m³
 - proporción de agua de rechazo 55 - 60 %
 - consumo de energía 5,75 kWh/m³
- Cualquier método de desalación genera un residuo en forma de agua con muy altas concentraciones de sales, que es necesario eliminar. El vertido de esta salmuera debe llevarse a cabo dentro de condiciones que minimicen el impacto sobre el medio ambiente, con métodos equivalentes a los que se utilizan para las aguas residuales. Este vertido se produce normalmente al mar y su viabilidad puede ser determinante de la de la propia desaladora. La necesidad de controlar el impacto ambiental que pueden generar estos vertidos aconseja evitar la proliferación de plantas privadas de pequeño tamaño, de manera que no se produzca



una situación análoga a la que se da hoy en día en relación con las depuradoras de aguas residuales³.

6.1

Reutilización de aguas depuradas

6.1.1. Cuestiones técnicas y medioambientales

En los epígrafes que siguen se repasan las principales cuestiones técnicas y medioambientales que el Plan Hidrológico ha tenido en cuenta en relación con la reutilización de aguas residuales depuradas.

6.1.1.1. Salubridad

La evitación de que el uso de aguas residuales depuradas conduzca a la propagación de enfermedades es uno de los aspectos determinantes de la viabilidad de los proyectos basados en esta tecnología. El PHI ha realizado estudios específicos en este sentido, especialmente para la depuradora de Santa Cruz, ya que la utilización de su efluente ha sido el primero de estos proyectos en la isla. Por otra parte, se han consultado numerosas normativas, de entre las cuales se considera de interés citar la elaborada por la Organización Mundial de la Salud que se resume en la tabla 6.1.

TABLA 6.1. CONDICIONES PARA EL RIEGO CON AGUAS RESIDUALES DEPURADAS			
CRITERIOS DE SALUD Y TRATAMIENTOS NECESARIOS	CULTIVOS CONSUMIDOS INDIRECTAMENTE	CULTIVOS CONSUMIDOS COCIDOS	CULTIVOS CONSUMIDOS CRUDOS
Condiciones del agua de riego	<ul style="list-style-type: none">■ Libre de sólidos grandes■ Eliminación significativa de huevos de parásitos■ Sin elementos químicos que dejen residuos indeseables en los cultivos	<ul style="list-style-type: none">■ Libre de sólidos grandes■ Eliminación significativa de huevos de parásitos■ Eliminación significativa de bacterias■ Sin elementos químicos que dejen residuos indeseables en los cultivos	<ul style="list-style-type: none">■ Menos de 100 organismos coliformes por 100 ml en el 80% de las muestras■ Sin elementos químicos que dejen residuos indeseables en los cultivos

³ Ver apartado 10 de esta misma Memoria



TABLA 6.1.
CONDICIONES PARA EL RIEGO CON AGUAS RESIDUALES DEPURADAS

CRITERIOS DE SALUD Y TRATAMIENTOS NECESARIOS	CULTIVOS CONSUMIDOS INDIRECTAMENTE	CULTIVOS CONSUMIDOS COCIDOS	CULTIVOS CONSUMIDOS CRUDOS
Tratamiento primario	OBLIGATORIO	OBLIGATORIO	OBLIGATORIO
Tratamiento secundario	OBLIGATORIO	OBLIGATORIO	OBLIGATORIO
Filtración de arena o equivalente		PUEDA SER NECESARIO	PUEDA SER NECESARIO
Desinfección		PUEDA SER NECESARIO	OBLIGATORIO

Como se puede comprobar a partir de esta tabla, la OMS que inicialmente planteó⁴ unas condiciones prácticamente incumplibles para la reutilización de aguas residuales, ha modificado estas restricciones, a la luz de la experiencia obtenida con proyectos concretos, de tal manera que prácticamente es posible el riego de cualquier clase de cultivos siempre que se disponga de un tratamiento secundario con desinfección.

Desde el punto de vista de la salubridad, sin embargo, es necesario tener en cuenta unas restricciones adicionales, relacionadas fundamentalmente con las prácticas de uso del agua. Estas restricciones se refieren al manejo de las aguas y se pueden concretar en los siguientes puntos:

- Señalización bien visible en las áreas de uso indicando el carácter residual depurado de las aguas (no sólo no potable) y prohibiendo la ingestión e incluso el contacto.
- Señalización equivalente en las válvulas, sistemas de conducción y depósitos, cubiertos o no.
- Prohibición del riego en momentos de viento que pueda extender el área alcanzada por el agua, mojando a personas, coches, etc..
- Planificación de las horas de riego de manera que se haya secado el terreno antes de que pueda haber contacto con personas, sobre todo en el riego de parques y jardines.
- Instrucción de las personas encargadas del manejo de los sistemas de riego.

⁴ Conferencia de Helsinki



6.1.1.2. Salinidad

Los métodos convencionales de depuración no eliminan más que un 10 o un 15% de las sales contenidas en el agua residual. Así, la composición química del agua depurada depende mayormente de la del agua de abastecimiento, que está experimentando un empeoramiento considerable en los últimos años, hasta tal punto que éste es el aspecto que más fácilmente podría comprometer la viabilidad de los proyectos previstos o iniciados. La solución pasa por la reducción de la cantidad de sales disueltas en el agua de abasto, bien mediante tratamientos de desalación, bien a través de la mezcla con aguas procedentes de otras fuentes de suministro. Ambas alternativas se contemplan en el PHI como se refleja en otros apartados de esta Memoria.

6.1.1.3. Eutrofización

La eutrofización es el proceso por el cual se produce un crecimiento de organismos vivos, fundamentalmente algas, en aguas con una gran concentración de nutrientes, nitrógeno y fósforo. En los proyectos de reutilización puede producirse tanto en las conducciones como en las balsas de almacenamiento.

En el primer caso, el problema fundamental se deriva del agotamiento del oxígeno disuelto con el que sale el agua de la depuradora durante las primeras horas que ésta pasa en las tuberías. La consecuencia es el desarrollo de organismos anaerobios y la posible solución estaría en el incremento de las dosis de cloro introducidas por la desinfección, al final de la depuración, que evitarían el desarrollo de estas bacterias (cuya actividad se ve afectada por la temperatura) y la posible generación de ácido sulfhídrico y otros gases. El problema es más importante cuando el agua se utiliza sin almacenamiento intermedio.

En el caso de los proyectos que incluyen este almacenamiento, normalmente asociados con el empleo en el riego de cultivos, para el que el uso del agua no tiene una distribución temporal continua, la eutrofización más importante se produce en las balsas. El PHI ha desarrollado estudios específicos sobre este problema llegando a la conclusión general de que no es de esperar el desarrollo de algas en la superficie de las balsas, pero sí serán importantes las poblaciones en el seno del agua sobre todo cuando la profundidad es superior a 10 m. Por otra parte, se ha podido comprobar la relativa ineficacia de ciertas medidas como la reaireación o la adición de sulfato de cobre (cuando el pH es muy alcalino) para evitar el problema y que, por consiguiente, será necesario considerar la instalación de estaciones de filtrado a la salida para evitar problemas en las conducciones y los sistemas de riego a nivel de finca.

6.1.1.4. Olores

Directamente relacionado con el impacto ambiental de los proyectos de reutilización, el problema de la generación de olores de sulfhídrico y metano generados



anaeróbicamente es uno de los que es necesario controlar cuidadosamente. También en relación con este aspecto se ha llevado a cabo un estudio en el PHI que ha demostrado la escasa probabilidad de que se produzcan olores en las balsas si no se desarrollan algas en la superficie. También ha permitido comprobar, sin embargo, que el proceso de vaciado, que expone al aire los fangos de fondo, sí que puede generar un impacto mucho más apreciable y que, éste será aún mayor a la salida de las balsas. Hay varios métodos de controlar estos olores, fundamentalmente la construcción de torres de aireación a la salida, la propia aireación en la balsa, que tiene el inconveniente de precisar una cantidad importante de energía y remover el fondo con lo que multiplica la generación de materia orgánica, y el uso de riego por goteo. La aplicabilidad de cada uno depende de las dimensiones de las balsas, la posibilidad de controlar el sistema de riego, etc., de tal modo que no es posible establecer a priori cuál es el más adecuado.

6.1.1.5. Corrosión

Las características de las aguas residuales determinan que su capacidad de producir corrosión, fundamentalmente en las conducciones, sea relativamente importante. Como consecuencia, es necesario en estos proyectos el uso de tuberías construidas con materiales especialmente resistentes como el cemento o la fundición revestida interiormente. En cualquier caso, las operaciones de mantenimiento deben tener especial atención en relación con este problema.

6.1.2. Inversiones previstas y criterios de aplicación

Independientemente de la problemática apuntada en el apartado anterior, el resultado global de los estudios realizados y la experiencia adquirida con proyectos de reutilización, tanto en España como en el extranjero, demuestra que esta tecnología es perfectamente aplicable y tiene una rentabilidad muy importante en zonas en las que hay, como en Tenerife, una escasez importante de recursos, pero que es necesario un control riguroso de las instalaciones y un diseño que tenga en cuenta de antemano las características diferenciadoras con conducciones de agua limpia.

Como consecuencia de todo ello, el PHI de Tenerife se ha planteado la reutilización de modo sistemático y ha previsto el desarrollo de los siguientes proyectos específicos:

TABLA 6.2.
PROYECTOS DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS DEPURADAS

EDAR		m ³ /día	hm ³ /año
BUENOS AIRES (S/C)	1ª FASE	20.000	7,00
	2ª FASE	30.000	10,50
	3ª FASE	40.000	14,00
VALLE COLINO (LL)		5.000	1,75
ADEJE - ARONA	1ª FASE	12.000	4,20
	2ª FASE	24.000	8,40
	3ª FASE	36.000	12,60
VALLE DE LA OROTAVA		10.000	3,50
GRANADILLA		5.000	1,75

De todos estos proyectos, el de la reutilización de las aguas depuradas de Santa Cruz que, como se desprende del cuadro anterior, es el que generará un mayor volumen de recursos adicionales, es ya una realidad, puesto que en el momento actual están en funcionamiento las obras correspondientes.

Por otra parte, teniendo en cuenta las especiales necesidades de mantenimiento que se requieren para garantizar el buen funcionamiento de las instalaciones y sobre todo el control de los posibles impactos sobre la salubridad pública y el medio ambiente, se ha previsto que tanto la construcción como la explotación de todas ellas dependan directamente de un órgano autónomo dependiente del Consejo Insular de Aguas.

6.2

Desalación de aguas subterráneas

6.2.1. Cuestiones técnicas y medioambientales

Como se ha dicho en apartados anteriores, una parte creciente de las aguas subterráneas que se extraen en Tenerife tiene condiciones de calidad inferiores a las que puedan aceptar los cultivos. El problema se agudiza si tenemos en cuenta que la



reutilización de aguas residuales procedentes del abastecimiento urbano traslada estas exigencias de calidad a las fuentes de suministro de este abastecimiento.

El Plan Hidrológico ha planteado diversas medidas para solucionar esta problemática de falta de calidad de las aguas. Entre ellas se sitúa la construcción de un conjunto de plantas de desalación de agua salobre, cuya ubicación y capacidad responde a criterios encaminados a maximizar la rentabilidad de la inversión necesaria teniendo en cuenta el precio medio del agua producida.

Este precio medio está constituido por los tres sumandos siguientes:

- Amortización de la inversión
- Gastos de explotación y mantenimiento
- Coste unitario de adquisición del agua sin tratar

Al contrario que para el agua de mar, en la que este último sumando es nulo, en el caso de las aguas subterráneas puede ser determinante de la selección del sistema a emplear, ya que todos ellos generan un residuo importante en forma de salmuera que no puede aprovecharse pero ha de comprarse.

Existen diversas opciones tecnológicamente viables para tratar estas aguas; sin ser excluyentes enumeramos las siguientes: electrodiálisis reversible (EDR), ósmosis inversa (RO), compresión de vapor (MVC), nanofiltración (NF) y resinas de intercambio iónico (IE).

La primera de ellas, la electrodiálisis reversible presenta como ventajas frente a las otras: a) no se ve afectada por un contenido en sílice alto (la sílice no se ioniza) lo que permite un caudal de rechazo bajo (12 - 20 %), b) para salinidades no excesivas ($< 3.500 \mu\text{S}/\text{cm}$ de CE) el consumo de energía es aceptable ($< 2 \text{ kWh}/\text{m}^3$). Sin que ello suponga una elección definitiva del procedimiento se describe seguidamente la EDR.

La electrodiálisis es un sistema de desalación que aprovecha el hecho de que un cristal de sal que se disuelve en el agua se disocia generando una partícula cargada negativamente (anión) y otra cargada positivamente (catión). El proceso de disociación conduce a que el agua, que en condiciones puras es eléctricamente aislante, pase a ser conductora, y determina que al introducir dos electrodos de polos diferentes en un tanque con agua con sales disueltas se produzca una circulación de la corriente eléctrica y los cationes sean atraídos hacia el electrodo negativo denominado cátodo y los aniones hacia el positivo o ánodo.

Para controlar el movimiento de estas partículas en el tanque puede introducirse un conjunto de membranas de dos tipos:



- membranas de transferencia aniónica, que solo permiten el paso a los aniones.
- membranas de transferencia catiónica que solo pueden ser atravesadas por los cationes.

Con una disposición adecuada de estas membranas pueden conseguirse zonas en el tanque en que se concentran las sales, de las que se extrae el agua de rechazo y otras en las que se reduce esta concentración, que producen el agua tratada.

El impacto ambiental generado por este tipo de plantas es reducido, ya que no ocupan una superficie importante de terreno ni generan ruidos, olores o humos. Únicamente es necesario atender cuidadosamente a las conducciones destinadas a la evacuación de la salmuera, que debe llevarse al mar, en las que hay que asegurar una estanqueidad suficiente y un vertido suficientemente alejado de la costa que siempre será menos estricto que el asociado con la eliminación de las aguas residuales.

6.2.2. Inversiones previstas

El Plan prevé la construcción de un total de 17 plantas desaladoras de agua salobre⁵. En su conjunto representan el tratamiento de un total de 27 hm³ /año de agua con una inversión global de 5.810 millones de pesetas.

Es necesario destacar, por otra parte, que los beneficios de estas plantas no solo se producen como consecuencia del aumento de calidad de las aguas que tratan directamente sino que se trasladan también a otras no tratadas pero que se hacen más utilizables como consecuencia de la mezcla con las primeras. Este aspecto es determinante cuando se considera conjuntamente el tratamiento de aguas de pozo y de galería, ya que las segundas, normalmente bicarbonatado-sódicas requieren un pretratamiento con ácidos y una calcificación posterior para adecuar el pH a niveles tolerables por los cultivos, lo cual hace más costosa la desalación y conduce a que los rendimientos óptimos hagan recomendables estas mezclas. Por otra parte, en la mayoría de los casos se sitúa la planta en un punto en el que es posible aplicar el tratamiento a una mezcla de aguas con diversos orígenes y varios propietarios, con el fin de obtener economías de escala.

Estas circunstancias, unidas a la necesidad de minimizar el impacto ambiental del vertido de salmuera, determinan que sea esencial en estas actuaciones una decidida intervención de la Administración, que debería cubrir los siguientes objetivos:

⁵ Se incluye entre ellas la planta de tratamiento de nitratos de La Vera.



- Promover el interés general
- Evitar distorsiones en los mercados zonales de agua que resulten afectados por la súbita modificación cuantitativa y cualitativa que representa la puesta en marcha de estas instalaciones.
- Establecer las ayudas financieras necesarias para asegurar la construcción de plantas suficientemente grandes como para que permitan aprovechar economías de escala que minimicen los costes.
- Garantizar una explotación técnica y ambientalmente adecuada.

La tabla 6.3. adjunta refleja la relación de inversiones previstas en este tipo de instalaciones, muchas de las cuales y siempre que las condiciones de elevación lo han permitido, se han acompañado con pequeñas centrales eléctricas que permiten compensar en cierta medida el importante consumo que representa la explotación de las plantas, que puede estimarse en unos 30 millones de kilowatios-hora anuales.

Nº de orden	Denominación	Aguas a tratar	Capacidad m ³ /día		Presup. (Mpts)	
			1ª Etapa	Total	1ª Etapa	Total
1	Icod - 1	Galería Bco. Vergara	1 x 1.100	1 x 1.100	185	185
2	La Guancha	Galería Bco. Vergara Canal Guancha - Icod	1 x 1.900	3 x 1.900	175	375
3	Chio	Pozo Ajano Pozo Era del Llano Pozo Acevedo	1 x 1.900	2 x 1.900	200	300
4	Balsa Valle San Lorenzo	Pozo el Cabuquero Pozo Aldea Blanca Pozo El Parlamento Pozo La Abejera Pozo El Bailadero	2 x 1.900	4 x 1.900	300	500
5	Buenavista	Pozo Los Pasitos Canal Icod-Buenavista	1 x 1.900	2 x 1.900	200	300
6	Aripe	Galería Bco. Vergara G. Hoya de La Leña G. Los Mayatos G. Tágara	1 x 1.900	6 x 1.900	250	750
7	Las Charquetas	Pozo Aguas del Volcán Pozo El Compromiso	1 x 1.900	2 x 1.900	180	280

TABLA 6.3.
INVERSIONES PREVISTAS EN DESALACION DE AGUAS SUBTERRANEAS

Nº de orden	Denominación	Aguas a tratar	Capacidad m ³ /día		Presup. (Mpts)	
			1ª Etapa	Total	1ª Etapa	Total
9	Anaga	Pozo El Valle Pozo Lara Pozo Bco. Tahodio Pozo La Portada Pozo Algarrobero Pozo Las Cadenas	2 x 1.900	4 x 1.900	300	500
10	San Isidro	Pozo El Conde Pozo Ifara Pozo Bco. de Ifara Pozo El Charcón	2 x 1.900	3 x 1.900	200	400
11	Los Menores	Pozo Armeñime Pozo La Grieta Pozo La Morera - 2 Canal Costa - Adeje	1 x 1.900	2 x 1.900	200	300
12	Valle Orotava	Galería Bco. Vergara Galería El Almagre Galería La Cumbre	1 x 1.900	2 x 1.900	200	300
13	Tamaimo	Galería El Sauce G. Sr. del Valle G. San Fernando G. Salto del Guanche G. Bilma G. Honduras de Luchón G. Cerca de la Fortuna	1 x 1.900	2 x 1.900	200	300
14	Bco. El Río	Pozo Bco. El Río Pozo El Perú	1 x 1.900	2 x 1.900	200	300
15	El Tanque	G. Tierra del Trigo G. El Cubo	1 x 1.100	2 x 1.100	185	275
16	Icod - 2	N. Pozos para regadío del Cabildo Insular	1 x 1.900	2 x 1.900	200	300
17	Abama	Pozo El Pedrón Pozo Abama Pozo Piedra Hincada	1 x 1.900	2 x 1.900	200	300

TABLA 6.3.
INVERSIONES PREVISTAS EN DESALACIÓN DE AGUAS SUBTERRANEAS

Nº de orden	Denominación	Aguas a tratar	Capacidad m ³ /día		Presup. (Mpts)	
			1ª Etapa	Total	1ª Etapa	Total
TOTALES			2 x 1.100 17 x 1.900	3 x 1.100 38 x 1.900		
			34.500	75.500	3.375	5.665
8	La Vera ⁶		1 x 1.500	1 x 1.500	120	120
TOTALES			2 x 1.100 1 x 1.500 17 x 1.900	3 x 1.100 1 x 1.500 38 x 1.900		
			36.000	77.000	3.495	5.785

6.3

Desalación de agua de mar

6.3.1. Cuestiones técnicas y medioambientales

Las Canarias Orientales han sido pioneras en el mundo en la desalación de agua de mar. Tras dos décadas de experiencias se han probado e incorporado avances tecnológicos en los sistemas basados en la evaporación (multietapa flash y vapor-compresión) y en la ósmosis inversa. Dado que este último sistema (RO) es el que más ha rebajado sus costes energéticos (introducción de turbinas recuperadoras en las bombas de alta presión y mejoras de rendimiento y abaratamiento de las membranas) y el que ha sido elegido en los últimos concursos de contratación a continuación se describe esta tecnología, sin que ello suponga una predefinición para las actuaciones programadas en este Plan.

La ósmosis es un proceso natural a través del cual las raíces de las plantas extraen el agua relativamente pura que se encuentra en el suelo para diluir la alta concentración de sales presente en la savia. Este proceso, que es la base de otros muchos mecanismos biológicos y está presente en todas las células vivas, precisa de la interposición entre dos masas de agua con diferente concentración de sales disueltas, de una membrana semipermeable que permite el paso del agua pero no el de estas sales.

⁶ Estación experimental para reducir los nitratos.



En su forma natural o directa y en el supuesto de que estas dos masas de agua estén a la misma presión, el flujo se produce desde la más pura a la que tiene más sales disueltas. En la ósmosis inversa, y gracias a la aplicación de una presión muy importante sobre la última, se invierte esta dirección del flujo, con lo cual aumenta la concentración de sales, que quedan retenidas por la membrana y se genera, al otro lado de ésta, un producto final en forma de agua de mayor calidad.

Los costes de explotación fundamentales en la aplicación industrial de esta tecnología se derivan, lógicamente, del de la energía necesaria para aplicar presión en la zona de concentraciones altas de sales y de la necesidad de reponer las membranas, que tienen una vida limitada. De hecho, la competitividad actual de este sistema procede de los espectaculares incrementos de rendimiento que se han conseguido para estas membranas que se han traducido en el incremento de la capacidad de filtración (metros cúbicos por metro cuadrado y día) que se ha multiplicado hasta por un factor de 60 en los últimos 30 años. Este incremento conduce de un lado a la posibilidad de operar a presiones inferiores y de otra parte a la disminución del tamaño de la planta. Además, la vida media de las membranas, si se realiza una explotación técnicamente adecuada ha aumentado considerablemente. Por último, se ha introducido la recirculación del agua de rechazo hacia turbinas acopladas a las bombas de presión que han reducido el consumo de energía de estas últimas.

Con todo ello el consumo energético ha descendido hasta unos $5,75 \text{ kWh/m}^3$ (incluyendo una elevación final hasta 100 m de altitud) de agua producto y el coste total de explotación oscila entre 90 y 100 pts/m³

Por lo que se refiere al impacto ambiental de este tipo de instalaciones, nuevamente, como en el caso de las desaladoras de agua salobre, este impacto está esencialmente relacionado con la devolución al mar de la salmuera rechazada que se produce en cantidades importantes, del orden del 55% de agua bruta total, ya que para conseguir rechazos menores sería necesario hacer trabajar a las membranas en condiciones más estrictas, lo cual reduce su vida media. Evidentemente la longitud de las conducciones no es importante, puesto que las plantas están situadas siempre muy cerca del mar. Sin embargo, es necesario evitar la proliferación de pequeños vertidos sin las condiciones adecuadas.

También es fundamental en este tipo de instalaciones la disposición de la toma que normalmente debe consistir en un pozo cercano al mar de modo que la filtración natural del agua a través del terreno reduzca al máximo el contenido en ésta de materias en suspensión y compuestos orgánicos. Tanto unos como otros reducen la vida de las membranas y pueden favorecer la incrustación, lo cual dificulta la operación y aumenta los costes de energía. En concreto se debe evitar la formación de colonias de bacterias en las membranas, siendo éste uno de los problemas que se han identificado en plantas en operación con una disposición inadecuada de la toma. La construcción de un pozo correctamente diseñado equivale a la de un completo sistema de pretratamiento por filtración.



En caso de disponer de calor residual como subproducto industrial, en cantidad suficiente y con las garantías necesarias, el sistema de destilación por múltiples efectos (MED) presenta notables ventajas. El Plan Energético de Canarias (PECAN) contempla esta cuestión como anexo a la central térmica de producción de electricidad de Granadilla y así se recoge en este PHI para la desaladora que allí se propone.

6.3.2. Inversiones previstas

El PHI ha previsto la construcción de tres plantas desaladoras de agua de mar cuyas características se recogen en la tabla 6.4.

TABLA 6.4. INVERSIONES PREVISTAS EN DESALACION DE AGUA DE MAR						
Nº de orden	Denominación	Aguas a tratar	Capacidad m ³ /día		Presupuesto (Mpts)	
			1ª Etapa	Total	1ª Etapa	Total
1	Las Américas	Marina	2 x 5.000	4 x 5.000	1.500	2.500
2	Santa Cruz	Marina	4 x 5.000	8 x 5.000	3.600	5.600
3	Granadilla	Marina	1 x 5.000	2 x 5.000	1.000	1.500
TOTALES			7 x 5.000	14 x 5.000		
			35.000	70.000	6.100	9.600

Estas plantas supondrán un consumo energético considerable. Los iniciales 65 millones de kilowatios hora anuales (GWh/año) de energía consumida y los 9 MW de potencia se cuadruplicarían al completarse las ampliaciones previstas. Estas expectativas deben ser recogidas, con la antelación debida, en el programa de la empresa UNELCO.