

DESALACION Y REUTILIZACION EN ESPAÑA

Por FERNANDO TROYANO

MIGUEL TORRES

ANGEL CAJIGAS

Ingenieros de C., C. y P.

Centro de Estudios Hidrográficos.
Madrid.

Cuando las posibilidades convencionales para el abastecimiento de agua a núcleos urbanos, industriales, agrícolas, turísticos, etc., son insuficientes, se puede contemplar la utilización de otros métodos alternativos, entre los que podemos incluir la desalación de agua de mar o salobre y la reutilización, previa depuración de aguas residuales.

Estos medios habrán de compararse con otros sistemas de captación y transporte y, en general, dado el elevado coste de aquellos tratamientos, antes de adoptar una solución hay que realizar un estudio exhaustivo de optimización, en el cual no sólo se incluya la planta desaladora o depuradora, sino que éstas se consideren formando parte de todo el complejo de abastecimiento (depósitos, distribución, etc.), para optimizar al conjunto. Incluso habrá que tener en cuenta otras circunstancias de índole política y sociológica al margen de las variables técnicas, que pueden tener incluso mayor importancia a la hora de fijar la capacidad, tipo de proceso, etc., de la planta.

Resumiendo, vamos a describir y analizar el programa español de realizaciones en estos campos y estudiar la evolución de las soluciones adoptadas y de los costes del agua producida por estos sistemas especiales de obtención de agua.

1. DESALACION

1.1. Procesos de desalación y campo de aplicación de los mismos.

Las tecnologías de desalación, tanto de agua de mar como salobres, son mundialmente admitidas y permiten con suficiente fiabilidad confiar a dichas técnicas el abastecimiento de agua.

Los principales procesos utilizados hasta hoy son los siguientes:

Destilación.

Tubos verticales (VTE).
Súbita multietápica (MSF).
Multiefecto multietapa (MEMS).
Compresión de vapor (VC).
Multiefecto (ME).
Solar.

Cristalización.

Congelación al vacío. Compresión de vapor (VF VC).
Congelación con refrigerante secundario.
Formación de hidratos.

Membranas.

Electrodialisis (ED).
Osmosis inversa (RO).

Químicos.

Intercambio iónico (IE).

También se han seguido otros procesos basados en combinaciones de dos o más de los citados.

En general los procesos de destilación son aptos para desalar agua de cualquier concentración, pero al ser el coste independiente de aquélla, estos procesos dejan de ser rentables frente a los de membranas para la desalación de aguas salobres, ya que en estos últimos el coste disminuye con la concentración.

La elección del proceso óptimo desde el punto de vista técnico dependerá esencialmente de las características del agua a desalar y de la capacidad de la unidad. En el cuadro 1 se recogen los campos de aplicación de los diferentes procesos, de acuerdo con estas variables.

1.2. Visión general de la situación actual.

Los avances que hace quince años se esperaban a corto plazo en cuanto a la aparición de nuevos métodos, no se han producido, contemplándose hoy el panorama con cierto pesimismo.

Los procesos de destilación parecen haber tocado el techo en cuanto a diseño, quedando aún por esperar mejoras en el campo de los materiales y de los productos químicos para el tratamiento del agua de aportación.

Los procesos de membranas no se encuentran hoy, según nuestra opinión, lo suficientemente desarrollados para su empleo en agua de mar, si bien en un futuro

CUADRO 1

CAMPO DE APLICACION DE LOS DISTINTOS PROCESOS DE DESALACION

Proceso	Agua a desalar. Propiedades p.p.m.	Capacidad unidad m ³ /día
<i>Destilación:</i>		
MSF	Fría-blanda, 5.000-50.000.	500
VTE	Fría-blanda, 5.000-50.000.	500
VTE-MSF	Fría-blanda, 5.000-50.000.	20.000
ME	Fría-blanda, 5.000-50.000.	1.000-20.000
VC	Caliente-blanda, 5.000-50.000.	500
<i>Cristalización:</i>		
VF VC	Fría-dura, 5.000-50.000.	1.000-20.000
<i>Membranas:</i>		
ED	Caliente-blanda, 1.000-4.000.	Cualquiera
RO	Caliente-blanda, 3.000-10.000.	Cualquiera
<i>Químicos:</i>		
IE	Circunstancias particulares, 2.500.	Indeterminada

NOTA.— La temperatura del agua indica solamente en qué sentido queda favorecido el proceso. La dureza puede ser corregida mediante un pretratamiento. El margen de salinidad indica los límites de aplicación. La capacidad señala la zona de utilización rentable.

muy próximo cabe esperar la obtención de tipos de membranas de fiabilidad suficiente que hagan ocupar a la ósmosis inversa un puesto relevante en la desalación de aguas de mayor concentración salina.

Por consiguiente, de todo este aparente amplio abanico de posibilidades que se ofrece en el cuadro 1, cabe concluir que, desde el punto de vista práctico, las soluciones quedan reducidas a la ósmosis inversa para aguas salobres y la destilación para agua de mar.

Dentro de los sistemas de destilación también podemos hacer otra nueva simplificación, considerando que el sistema MSF, por su mayor seguridad de funcionamiento, tiene mayores ventajas que los demás, sobre todo si se trata de grandes producciones. Esto ha hecho que más del 80 por 100 de la capacidad total instalada dentro de los procesos de destilación sea MSF, tendiendo incluso a aumentar dicha cifra.

Aunque los procesos de evaporación en tubos, tanto

verticales como horizontales (VTE y HTE) presentan ciertas ventajas respecto al MSF, sobre todo en lo referente a los costes de instalación, que hicieron pensar hace algunos años un desarrollo de los mismos en detrimento del MSF, éste no se ha producido. Al final se ha impuesto la política más conservadora, que prefiere no correr el riesgo de la menor seguridad y experiencia de estos procesos frente a sus ventajas económicas.

1.3. Costes de la desalación en España.

1.3.1. Costes de instalación.

En España se inicia el programa de desalación al principio de los años sesenta con la instalación por una compañía privada de una planta MSF dual en Lanzarote con capacidad de 2.300 m³/día y 1.500 kW.

Más tarde, el Ministerio de Obras Públicas inicia un programa de realizaciones en este campo para el abastecimiento de poblaciones deficitarias o carentes de las fuentes convencionales. Las plantas instaladas o en fase de proyecto y construcción son las siguientes:

Año	Población	Proc.
1963 Ceuta.		MSF 20.000 m ³ /día + 2.500 kW
1967 Las Palmas I.		MSF 20.000 m ³ /día + 20.000 kW
1968 Fuerteventura I.		MSF 2.000 m ³ /día
1972 Lanzarote.		MSF 5.000 m ³ /día + 5.000 kW
1973 Melilla (1).		MSF 5.000 m ³ /día + 5.000 kW
1974 L. Palmas II (2).		MSF 18.000 m ³ /día + 25.000 kW
1975 Fuertev. II (3).		2.000 m ³ /día

(1) No llegó a construirse.

(2) En construcción.

(3) En fase de Proyecto de Construcción.

Estos datos se pueden completar con los referentes a la planta que Unión Explosivos Río Tinto está instalando en Lanzarote para el abastecimiento de una urbanización. Esta planta sigue también el proceso MSF y tiene una producción de 2.500 m³/día y 2.500 kW.

Existen otras instalaciones particulares en instalaciones hoteleras, fábricas, etc., de ósmosis inversa, compresión de vapor y de otros procedimientos, pero de pequeñas producciones.

Para medir el coste de la instalación tomaremos como unidad el cociente entre la inversión total y la producción de agua diaria (pesetas/m³/día).

A pesar de sus limitaciones, esta unidad nos podrá servir para observar la evolución de los costes de instalación. Para producciones iguales las soluciones que se pueden adoptar (proceso, relación de producción, materiales, etc.) pueden variar considerablemente los costes

de instalación. Estos costes en las plantas españolas son los siguientes:

Año	Población	Costes (pesetas/ m ³ /día)	Relación de producción
1963	Ceuta.	25.500	6,94
1967	Las Palmas.	29.000	6,35
1968	Fuerteventura I.	60.000	7,80
1972	Lanzarote.	72.000	10
1973	Melilla.	85.000	10
1974	Lanzarote (E.R.T.).	110.000	10
1974	Las Palmas II.	51.000	10
1975	Fuerteventura II.	180.000	10

En esta serie de valores podemos observar el fuerte incremento que se produce a partir de 1971 en los costes de instalación. El aumento del precio del cobre, níquel y aceros es el principal responsable. Los valores tan elevados de Fuerteventura se deben principalmente a su menor producción respecto al resto de las plantas.

La relación de producción ha ido aumentando progresivamente con idea de obtener menor consumo de combustible, aunque tuviéramos que hacer instalaciones más caras. Posiblemente si el aumento progresivo del precio de los materiales iniciado al principio de los años setenta no hubiera tendido a una cierta estabilización, mientras que seguía en aumento el precio del combustible,

tendría que haberse vuelto a relaciones de producción algo más bajas.

1.3.2. Costes de explotación.

Los costes de explotación quedan afectados por una serie de factores que, según se consideren o no en el coste, pueden darnos valores muy diferentes. Por tanto, no es suficientemente significativo el dato escueto del coste en pesetas/m³ del agua producida si no nos dicen a la vez el factor de utilización tenido, si incluye o no amortización, etc.

Por ello, hemos preferido resumir en unos cuadros los valores de estos costes de explotación, desglosados en sus diferentes apartados e indicando el coste que así resulta (ver cuadros 2, 3 y 4).

Antes que hacer predicciones teóricas sobre los costes futuros, hemos preferido dar los valores que se han obtenido en las instalaciones citadas. No creemos fiables los estudios hechos sobre evolución de costes, basados en los datos reales antes obtenidos, ya que los supuestos que pudiéramos hacer sobre precios de la energía, con su influencia decisiva en el coste del agua, pueden ser superados por la realidad en cualquier momento, derrumbándose por tanto todos nuestros cálculos.

Respecto al futuro, únicamente aventuramos que cada vez se aleja más la posibilidad de empleo de agua desalada, salvo en lugares especiales. La única esperanza de disminución de costes sería la aplicación garantizada de las membranas al agua de mar y eso suponiendo que las membranas no adquieran un precio desmesurado al

CUADRO 2
PLANTA DESALINIZADORA DE CEUTA
Costes unitarios (ptas./m³).

Años	1970	1971	1972	1973	1974
Precios combustible (ptas./Tm)	1.202	1.360	1.360		2.400
Factores de utilización: Agua (%) ...	45,77	37,72	55,38	64,50	38,14
Energía (%) ..	28,79	3,97	25,50	30,66	14,01
Combustible	15,766	14,172	14,768	15,073	26,630
Personal	6,296	7,990	7,010	8,276	8,178
Mantenimiento	4,323	5,710	4,739	5,295	5,249
Productos químicos	1,714	2,583	1,928	1,322	2,404
Venta energía	— 8,812	— 3,283	— 5,781	— 6,482	— 5,063
<i>Total explotación</i>	19,287	27,171	22,664	23,484	37,398
Coste de capital y seguros	11,903	14,445	10,019	8,320	14,480
<i>Total producción</i>	31,190	41,616	32,683	31,804	51,878

CUADRO 3
PLANTA DESALINIZADORA DE LAS PALMAS
Costes unitarios (ptas./m³).

Años	1971	1972	1973	1974	1975
Precios combustible (ptas./Tm)	986,66-1.286,66	1.286,66	1.324,75	1.368-1.452,25 2.452,25	2.452,25-2.700 3.070
Factores de utilización: Agua (%) ...	32,35	47,00	44,68	54,08	70,46
Energía (%)	38,78	56,32	42,64	49,60	55,19
Combustible	26,185	22,596	23,114	38,945	45,205
Personal	2,839	2,339	4,013	2,543	5,201
Mantenimiento	1,987	2,178	2,985	2,164	4,710
Productos químicos	1,215	1,044	1,342	1,305	1,994
Venta energía	— 18,783	— 15,478	— 15,416	— 12,845	— 20,102
<i>Total explotación</i>	13,443	12,679	16,038	32,112	37,008
Coste de capital y seguros	21,237	14,619	15,377	12,703	9,751
<i>Total producción</i>	34,680	27,298	31,415	44,815	46,759

CUADRO 4
PLANTA DESALINIZADORA DE FUERTEVENTURA
Costes unitarios.

Años	1971	1972	1973	1974	1975	1976 (1)
Precios combustible (ptas./Tm)	1.375	1.375	1.375-1.360	1.360-1.400 2.400	2.400-2.700 3.070	3.070
Factor de utilización: Agua (%)	54,57	33,20	46,30	60,80	70,26	78,46
Combustible	13,419	16,392	14,023	23,607	26,375	29,518
Personal	4,281	11,341	11,886	10,097	13,115	12,658
Mantenimiento	1,280	1,974	1,403	1,886	1,367	2,137
Productos químicos	0,904	1,661	1,203	1,774	1,553	1,804
<i>Total explotación</i>	19,884	31,368	28,515	37,364	42,410	46,117
Coste del capital y seguros	26,898	40,641	31,613	23,675	20,238	18,591
<i>Total producción</i>	46,782	72,009	60,128	61,039	62,648	64,708

(1) Período enero-junio.

poder controlarse el mercado por unos pocos productores. El aumento progresivo del tamaño de las unidades de desalación con la disminución consiguiente de los precios por el efecto escala, no puede ya mejorar los precios, pues se ha rebasado ya el tamaño en que dicho efecto escala resulta positivo.

1.3.3. Análisis porcentual de los componentes del coste.

Basándonos en las tablas anteriores de costes unita-

rios podemos obtener la repercusión porcentual de cada uno de los capítulos sobre el precio total de producción. Estos datos se reflejan en los cuadros 5, 6 y 7. En los que hemos añadido los valores medios de estos porcentajes.

En la figura 1 hemos llevado los valores del factor de utilización, precio de producción del agua (ptas./m³) y el porcentaje que respecto a dicho precio representa el combustible en el caso de Fuerteventura. Este caso es

CUADRO 5
PLANTA DESALINIZADORA DE CEUTA
Costes porcentuales.

Años	1970	1971	1972	1973	1974	Valores medios
Factores de utilización: Agua (%) ...	45,77	37,72	55,38	64,50	38,14	48,30
Energía (%) ..	28,79	3,97	25,50	30,66	14,01	20,58
Combustible	50,54	34,05	45,18	47,39	51,33	45,69
Personal	20,18	19,19	21,44	26,02	15,76	20,51
Mantenimiento	13,86	13,72	14,49	16,64	10,11	13,76
Productos químicos	5,49	6,20	5,89	4,15	4,63	5,27
Venta energía	— 28,25	— 7,88	— 17,68	— 20,38	— 9,75	— 16,79
<i>Total explotación</i>	61,82	65,28	69,32	73,82	72,08	68,44
Coste del capital y seguros	38,18	34,72	30,68	26,18	27,92	31,56
<i>Total producción</i>	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

CUADRO 6
PLANTA DESALINIZADORA DE LAS PALMAS
Costes porcentuales.

Años	1971	1972	1973	1974	1975	Valores medios
Factores de utilización: Agua (%) ...	32 35	47,00	44,68	54,08	70,46	49,71
Energía (%) ..	38,78	56,32	42,64	49,60	55,19	48,50
Combustible	75,50	82,77	73,57	86,90	96,67	83,08
Personal	8,18	8,56	12,77	5,67	11,12	9,26
Mantenimiento	5 72	7,97	9,50	4,82	10,07	7,61
Productos químicos	3,50	3,82	4,27	2,91	4,26	3,75
Venta energía	— 54,16	— 56,70	— 49,07	— 28,66	— 42,99	— 46,31
<i>Total explotación</i>	38,74	46,42	51,04	71,64	79,13	57,39
Coste del capital y seguros	61,24	53,58	48,96	28,36	20,87	42,61
<i>Total producción</i>	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

CUADRO 7
PLANTA DESALINIZADORA DE FUERTEVENTURA

Años	1971	1972	1973	1974	1975	1976 (1)	Valores medios
Factor de utilización: Agua (%)	54,57	33,20	46,30	60,80	70,26	78,46	57,26
Combustible	28,68	22,76	23,32	38,67	42,10	45,61	33,52
Personal	9,15	15,74	19,76	16,54	20,93	19,56	16,94
Mantenimiento	2,73	2,74	2,33	3,08	2,18	3,30	2,72
Productos químicos	1,93	2,30	2,00	2,85	2,47	2,78	2,38
<i>Total explotación</i>	42,30	43,54	47,41	61,14	67,68	71,25	55,56
Coste del capital y seguros	57,51	56,46	52,59	38,86	32,32	28,75	44,44
<i>Total producción</i>	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

(1) Para la obtención de los valores medios hemos supuesto que los valores en todo el año no sean diferentes de los del primer semestre. Al no esperarse modificaciones en el precio del combustible, este supuesto puede ser bastante realista.

un ejemplo claro, por ser de simple uso, para el estudio de la incidencia de la subida del combustible y del factor de utilización sobre los precios del agua.

El aumento brusco del precio del combustible se produce a mediados de 1974. Hasta entonces se mantuvo a un precio más constante. Por tanto, en los años 1971, 1972 y 1973, las oscilaciones en el precio vienen motivadas fundamentalmente por el diferente factor de utilización. Es curioso observar a este respecto que el precio más alto del período de seis años analizado, corresponde al año 1972, cuando el precio del combustible era

menos sensibles al factor de utilización, representando en cualquier caso entre ellos un 21 por 100 aproximadamente del coste total.

La planta puede dejar de producir por alguna de las siguientes causas: avería, falta de consumo, falta de capacidad de almacenamiento. A la hora del proyecto de una planta tendremos que valorar convenientemente estas tres causas de cara a la solución que finalmente adoptemos. Podremos incidir sobre las averías actuando sobre los materiales a emplear y el diseño. Hoy, dada la situación de la tecnología de desalación, sabemos las soluciones óptimas en cualquier caso, y poco podemos va-

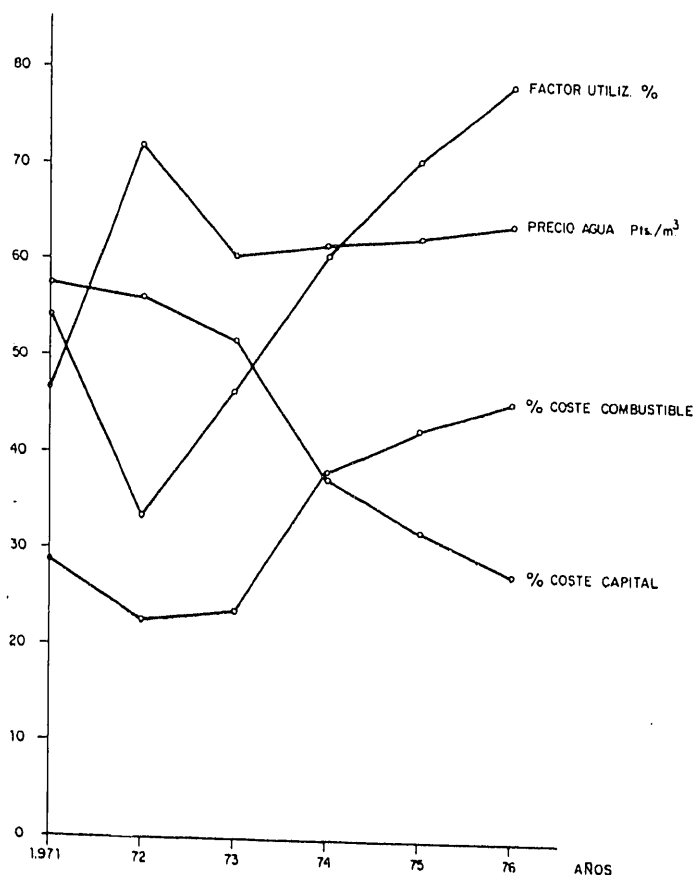


Fig. 1.—Planta de Fuerteventura.

muy inferior a los años posteriores. Vemos que corresponde con el factor de utilización más bajo de todo el período. A partir del año 1973 el precio del agua va experimentando un aumento prácticamente lineal, al igual que el factor de utilización. Se puede notar cómo a partir del año 1973 va aumentando progresivamente el porcentaje que respecto al precio total representa el combustible. Este aumento es relativamente mayor que el aumento del precio total. Esto se debe fundamentalmente a que el mayor factor de utilización compensa los mayores costos del combustible. Este menor aumento se realiza a expensas del costo del capital, ya que el resto de los factores (personal, mantenimiento y productos químicos) son

riar los coeficientes de utilización debido a esta causa, siempre que adoptemos la solución adecuada.

La capacidad de producción que fijemos al proyectar una planta tiene que estar en relación con la demanda y con las posibilidades de almacenamiento y distribución. Más que optimizar la planta en sí, tendremos que considerar la optimización de todo el conjunto de elementos del abastecimiento, uno de los cuales es la planta. Hay que ser muy conscientes de que las paradas de la planta por falta de demanda, repercutan de forma importantísima sobre el precio del agua. Bien es cierto que a la hora de evaluar esta demanda hay que ser muy realistas y tener en cuenta la existencia de una demanda potencial, que

desde el momento en que la población confía en las posibilidades de la planta para el abastecimiento, se pone progresivamente de manifiesto.

En resumen, podemos señalar que la experiencia española en desalación resulta positiva para los casos en que como en las islas, no resulta posible obtener fuentes alternativas de suministro. La técnica es fiable y desde un punto de vista social ha sido plenamente aceptada a pesar de su alto coste. Aunque la desalación no es la panacea para un futuro próximo (ni siquiera para un futuro lejano, si se mantienen las técnicas actuales) es, sin embargo, un instrumento ineludible en abastecimientos especiales que puede usarse con madurez y seguridad.

2. REUTILIZACION

2.1. Generalidades.

Un agua residual puede ser reutilizada para usos que exijan menor calidad que el doméstico y, de hecho, en muchos casos se reutilizan sin tratamiento específico, simplemente porque después de vertidas a un cauce sufren una nueva utilización aguas abajo. En zonas secas es fácil que la utilización total de agua en un río alcance y supere varias veces su caudal medio, lo que necesariamente implica una reutilización.

Pero en otros casos la palabra reutilización se refiere al intento de tratar las aguas residuales para usarlas inmediatamente. En lo que sigue, llamaremos a este uso reutilización directa o recuperación.

Un agua residual puede ser tratada y luego utilizada para muchos fines, como puede verse en la figura 2.

El uso de aguas residuales tratadas para fines no potables, en un programa perfectamente planeado, da lugar a los siguientes beneficios:

1. La reutilización del agua residual para fines no potables, soluciona en parte el problema de los recursos limitados de agua, de alta calidad; por tanto, éstos podrían servir a poblaciones mayores.
2. El coste de esta reutilización sería mucho menor, en algunos casos, que el coste de un desarrollo adicional de recursos de agua potable.
3. La reutilización de agua residual reduce la carga polucionante en la corriente receptora, por lo que disminuye el coste del control de polución, así como el deterioro del medio ambiente.
4. El riesgo de ingestión de contaminantes en aguas polucionadas, se reduce.

De todos los usos no potables del agua reutilizados, es el agrícola el que más éxito ha alcanzado en España, al igual que en el resto del mundo y del que citaremos algunos ejemplos más adelante.

El uso del agua residual para fines recreativos es relativamente reciente. En España se está utilizando este tipo de aprovechamiento desde hace muy pocos años y son muy contados los casos, como veremos, en los que se puede hablar de dicha reutilización.

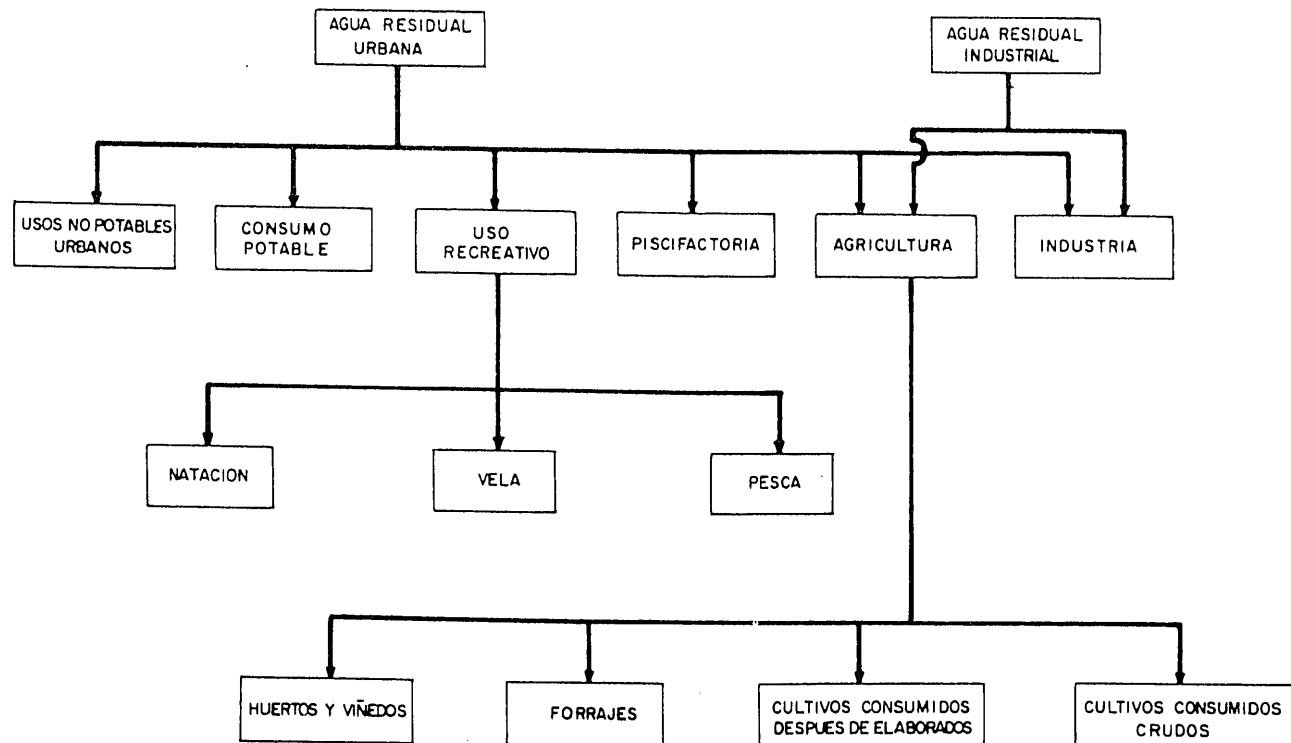


Figura 2.

Desde el punto de vista de ingeniería sanitaria, es totalmente posible el llevar a cabo un tratamiento de las aguas residuales con fines potables, mediante una serie de procesos biológicos, químicos y físicos. Ahora bien, parece indudable que se requerirá un control exhaustivo de la calidad del efluente para evitar que cualquier trastorno de tipo mecánico o fallo humano, pueda originar un riesgo para la salud pública. Por tanto, la reutilización directa ha de concebirse allí donde no resultan competitivos los abastecimientos tradicionales por falta de recursos.

2.2. Estado actual de la reutilización en España.

En la actualidad es el riego el aprovechamiento más común del agua residual tratada, aunque como veremos, existen otros de menor importancia.

En San Jordi (Baleares), donde se tratan caudales que van desde los 6.000 m³/día en invierno a los 14.000 en verano, caudal muy fluctuante por tratarse de una zona eminentemente turística; de un 80 a un 90 por 100 del efluente se emplea para el riego de cultivos y forrajes, porcentaje que llegará al 100 por 100 cuando esté terminada la infraestructura requerida para ello. El resto del agua, es decir, de un 10 a un 20 por 100, es inyectado en unos pozos construidos a tal fin, con lo que se consigue elevar la superficie piezométrica y reducir el cono de invasión de agua marina, que ya estaba apareciendo en algunos bombeos en pozos destinados al riego.

Con el efluente de dicha planta se riega alfalfa, panizo, patatas, melones, coles, etc., habiéndose observado a lo largo de los cinco años de funcionamiento que, por un lado las necesidades de agua son mucho menores, e incluso la mitad, que cuando se regaba con agua clara, y por otro, que el rendimiento de las cosechas es mucho mayor. Así, por ejemplo, se ha llegado a obtener una alfalfa con una altura prácticamente doble de la obtenida antes del riego con agua residual y se han cosechado coles con un peso superior a los 15 kilogramos.

El proceso a que es sometido el influente, de origen doméstico, consta de un pretratamiento con desbaste, eliminación de arenas y cámara de grasas; un tratamiento primario consistente en una decantación; un tratamiento secundario por fangos activados y por último, una esterilización que mantiene 0,5 mg/l de cloro residual.

En Santa Ponsa (Baleares), existe una estación de tratamiento de aguas residuales con capacidad para 15.000 m³/día. La planta consta de pretratamiento que incluye preaeración, decantación primaria, tratamiento biológico por fangos activados y esterilización por cloro.

El efluente de dicha planta es utilizado casi en su totalidad; hay épocas en que se vierte al mar del orden de 2.000 m³/día; para el riego de cultivos y forrajes. Así tenemos que se han regado con gran rendimiento, melones, pimientos, alfalfa, panizo, etc. Además, una parte de dicho efluente sirve para regar el césped de dos campos de golf, el de Santa Ponsa y el de Porrassa, utilizándose en el primero de ellos para la formación de lagos artificiales.

En los últimos meses se han estado haciendo experiencias a pequeña escala, regando con el mismo efluente diversos tipos de cultivos, tales como pimientos, berenjenas, calabazas, coles, etc. Dichas experiencias han sido hasta ahora, muy positivas, hasta tal punto, que se piensa llevar a cabo a escala mucho mayor en los próximos años.

Ejemplo similar al anterior es el de Paguera (Baleares), donde una planta convencional de 5.000 m³/día sirve agua para el riego de tres grandes fincas en las que se cultivan al'alfa en su mayor parte, maíz, sorgo, melones, etc.

Uno de los casos más interesantes dentro del capítulo de la reutilización del agua para el riego es el de Las Palmas de Gran Canaria.

Debido a que la detracción prioritaria de agua que origina el abastecimiento de la ciudad incide principalmente en la dotación de los regadíos inmediatos al casco urbano, se consideró necesario procurar los medios convenientes para que la mayor cantidad de los volúmenes de aguas negras de Las Palmas, depuradas en una estación de tratamiento, se reintegrasen a las zonas de regadío inmediatas.

La consecución del objetivo anteriormente expuesto justificó la construcción, en el año 1970, de una primera fase de la red de distribución de estas aguas tratadas. La explotación de estas obras cuenta, pues, ya con varios años de experiencia, sobre todo en lo que a caudales demandados se refiere.

Los volúmenes de agua potable consumidos en la ciudad de Las Palmas van progresivamente en aumento y, por tanto, también crecen los caudales de aguas negras tratadas. Por ello hoy en día ya superan los caudales tratados al volumen de agua para riegos que es posible distribuir con la red actual. Lo expuesto ha motivado la conveniencia de una ampliación de la zona de riegos del agua tratada.

Se puede decir que como media se atienden actualmente unas 1.000 Ha., con una dotación máxima unitaria de 0,075 l/s/Ha. La ampliación prevista en base a esta dotación se espera que llegue a las 3.000 Ha.

La planta de depuración consta de pretratamiento, decantación, tratamiento biológico por fangos activados en la modalidad de estabilización y contacto, zona de tranquilización con eliminación de flotantes y esterilización.

El efluente es almacenado en unos depósitos desde donde es bombeado a los puntos de distribución. Los cultivos más comúnmente regados con estas aguas son lechugas, tomates y patatas. El precio de venta de dicho efluente es de 5 ptas./m³, precio inferior al de otras fuentes, lo que asegura la compra de todos los caudales provenientes de la instalación de tratamiento.

Otro ejemplo lo tenemos en Maspalomas (Gran Canaria) donde existe una estación depuradora que trata de 8.000 a 10.000 m³/día y de los que un 40 por 100 son vertidos directamente al mar. El resto del caudal es utilizado para el riego de tomates y para riego de césped

y formación de pequeños lagos artificiales en un campo de golf.

2.3. Realizaciones futuras.

Es evidente que el futuro se presenta prometedor a la vista de los resultados obtenidos hasta ahora en este campo y de los que hemos dado cuenta anteriormente.

Además de la ampliación de la red de distribución de agua para el riego que se va a llevar a cabo en Las Palmas de Gran Canaria y de la que ya hemos hablado, podemos citar ejemplos como los de Tenerife y Lanzarote.

En Arrecife (Lanzarote) está en construcción una plan-

ta depuradora con capacidad para 6.000 m³/día. La planta en cuestión consta de pretratamiento con preaeración, decantación primaria, tratamiento biológico por fangos activados, tratamiento terciario consistente en una decantación por reactivos y esterilización. El efluente así obtenido será bombeado a un depósito, de donde será distribuido para el riego de las zonas inmediatas. Está previsto, igualmente, en Lanzarote la construcción de una planta piloto de 20 m³/día, donde se llevan a cabo experiencias encaminadas a una posible reutilización del agua para uso potable.

El caso de Tenerife es análogo, la planta está en construcción a la cota 100 y se prevé la utilización de su efluente para la agricultura.

CUADRO 8

	Riego			Recreativos		Reutilización municipal	
	Cultivos no consumidos directamente	Cultivos comidos después de cocinados	Cultivos consumidos crudos	Sin contacto	Con contacto	No potable	Potable
Tratamiento primario	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●
Tratamiento secundario		● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●
Filtración en arena o métodos equivalentes		●	●		● ● ●	● ● ●	● ● ●
Nitrificación						● ● ●	● ● ●
Desnitrificación							● ● ●
Clarificación química							● ● ●
Adsorción por carbón							● ● ●
Cambio iónico							● ● ●
Esterilización		●	● ● ●	●	● ● ●	● ● ●	● ● ●



Tratamiento esencial.

Uno o más de los tratamientos así marcados también esenciales.

● Tratamiento necesario en algunos casos.

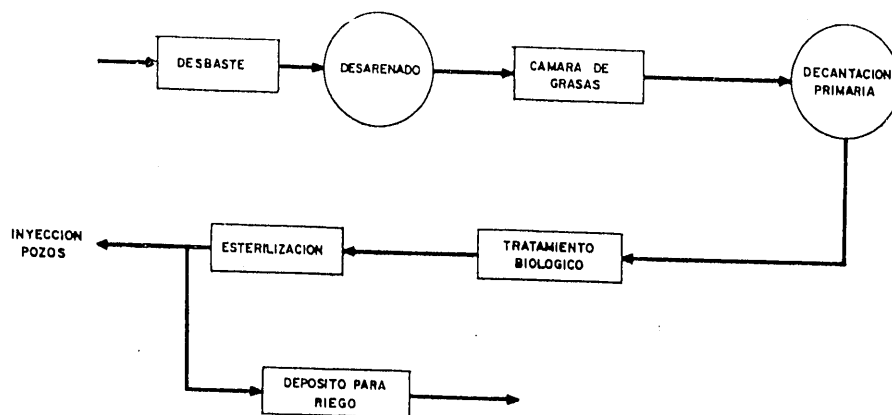


Fig. 3.—Estación de tratamiento de aguas residuales de S. Jordi (Baleares).

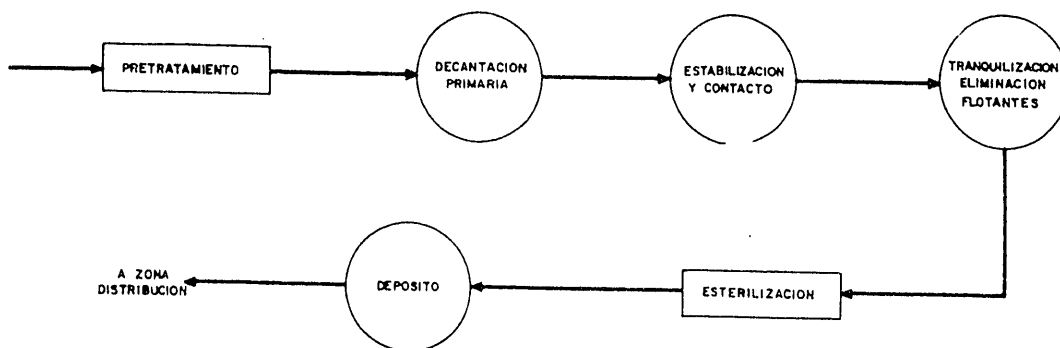


Fig. 4.—Estación de tratamiento de aguas residuales de Las Palmas de Gran Canaria.

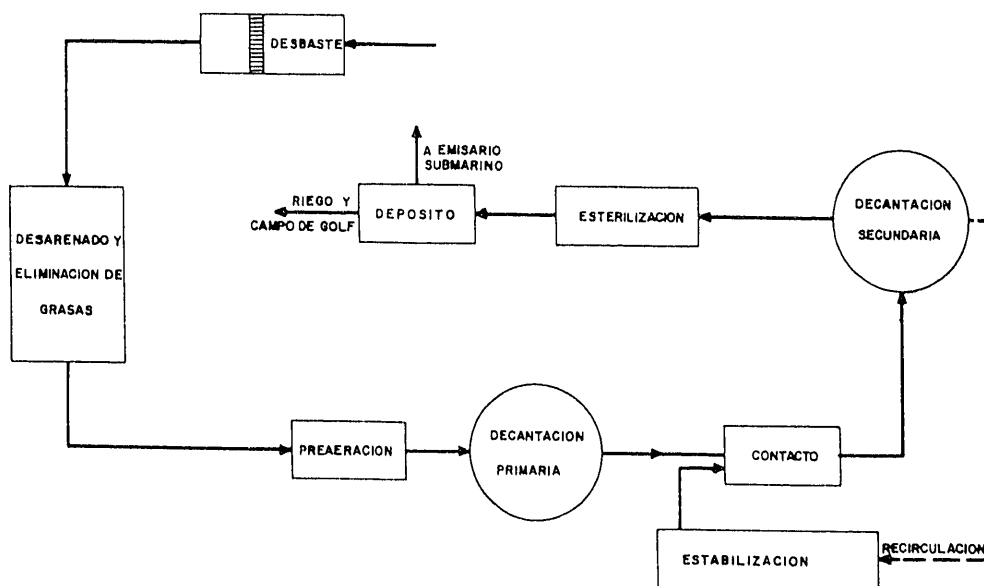


Fig. 5.—Estación de tratamiento de aguas residuales de Maspalomas (Gran Canaria).

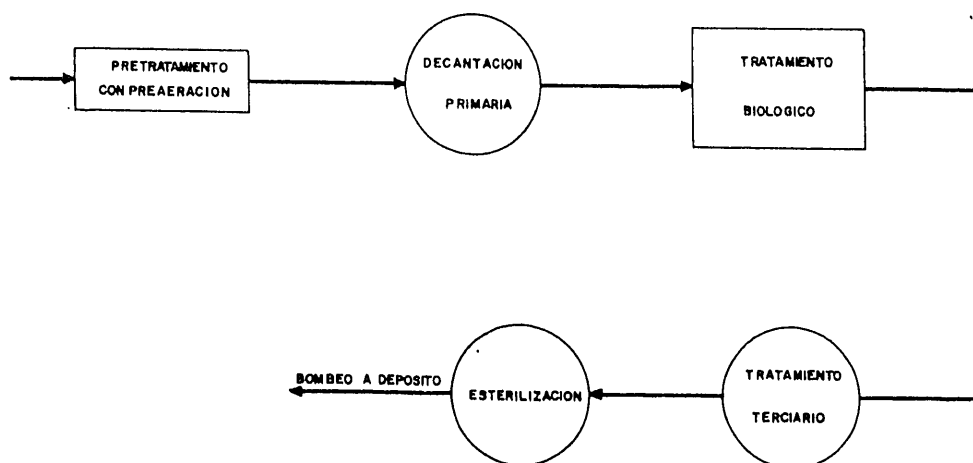


Fig. 6.—Estación de tratamiento de aguas residuales de Arrecife (Lanzarote).