

Planta de tratamiento del río Llobregat en Sant Joan Despí



Aigües de
Barcelona





Índice

1	El abastecimiento de agua potable a Barcelona y otros municipios de su entorno urbano	4
2	El tratamiento del agua en la planta de Sant Joan Despí	5
3	Descripción de las instalaciones	8
	La captación	8
	El bombeo del agua cruda	9
	La cloración	10
	El almacenamiento y la dosificación de reactivos	11
	Los decantadores	12
	Los filtros de arena	13
	El bombeo intermedio	15
	Las instalaciones para la ozonización del agua	16
	Los filtros de carbón activo	19
	La regeneración del carbón activo	21
	El depósito de agua tratada	22
	El bombeo final	23
	El laboratorio	24
	El centro de telecontrol	25

El abastecimiento del agua potable a Barcelona y otros municipios de su entorno urbano

Hasta 1955, Barcelona y sus alrededores se abastecieron exclusivamente con aguas de origen subterráneo; en el año 1954 se llegó a distribuir una media diaria de 275.000 m³.

Si tenemos en cuenta que hasta el año 1940 la cantidad media distribuida era sólo de 170.000 m³/día, el incremento de consumo por año fue muy notable.

El abastecimiento se hacía con agua subterránea, mayoritariamente de los pozos situados en el valle bajo de los dos ríos más cercanos a Barcelona: el Llobregat y el Besòs. También se utilizaban, representando una pequeña proporción del consumo total, antiguas captaciones en galería de Dosrius y del Vallès, que llegaban a Barcelona mediante sendos acueductos.

A consecuencia del ritmo de crecimiento acumulativo de la demanda de agua, para poder atenderla correctamente, fue indispensable recurrir al aprovechamiento de los caudales superficiales del río Llobregat. Por esta razón, la Sociedad General de Aguas de Barcelona solicitó una concesión de 2,2 m³/s, que obtuvo del Ministerio de Obras Públicas el 24 de junio de 1953, y entre 1953 y 1954, construyó la planta de tratamiento de Sant Joan Despí.

Posteriormente, la Sociedad solicitó dos nuevas concesiones, una de 1,1 m³/s, y otra de 2,0 m³/s, que obtuvo el 13 de marzo de 1957 y el 25 de mayo de 1960, respectivamente. La planta de tratamiento inicial pasó por sucesivas ampliaciones, a fin de poder tratar los nuevos caudales concedidos, cuya capacidad total correspondiente a la suma de las tres concesiones es de 5,3 m³/s.

El incremento de la demanda de agua durante los años sesenta también fue notable. En 1966, se llegó a suministrar un caudal medio diario de casi 400.000 m³, y en 1968 se alcanzó el máximo suministrado en un solo día: 500.000 m³. Por lo tanto, era necesario aprovechar nuevos recursos, lógicamente más lejanos. Por ello, previendo las nuevas necesidades, el Ministerio de Obras Públicas inició, por medio de la Confederación Hidrográfica del Pirineo Oriental, la construcción de una canalización que podía conducir 6,5 m³/s desde el río Ter hasta Barcelona, y que fue puesta en funcionamiento en 1967. Esta importante obra incluía también la planta de tratamiento que fue situada en el municipio de Cardedeu.

Gracias a las dos plantas de tratamiento, y junto con los pozos de los acuíferos del Ter y el Besòs, durante los años ochenta y hasta ahora, ha sido posible suministrar, cada año, volúmenes de agua potable cercanos a los 300.000.000 m³, con caudales diarios máximos de casi 1.000.000 m³. Dichos caudales han procedido, aproximadamente, en un 59%, del Ter; en un 36%, del Llobregat; en un 4,5%, de los pozos de los acuíferos del Llobregat, y en un 0,5%, de los pozos del Besòs y de los acueductos.

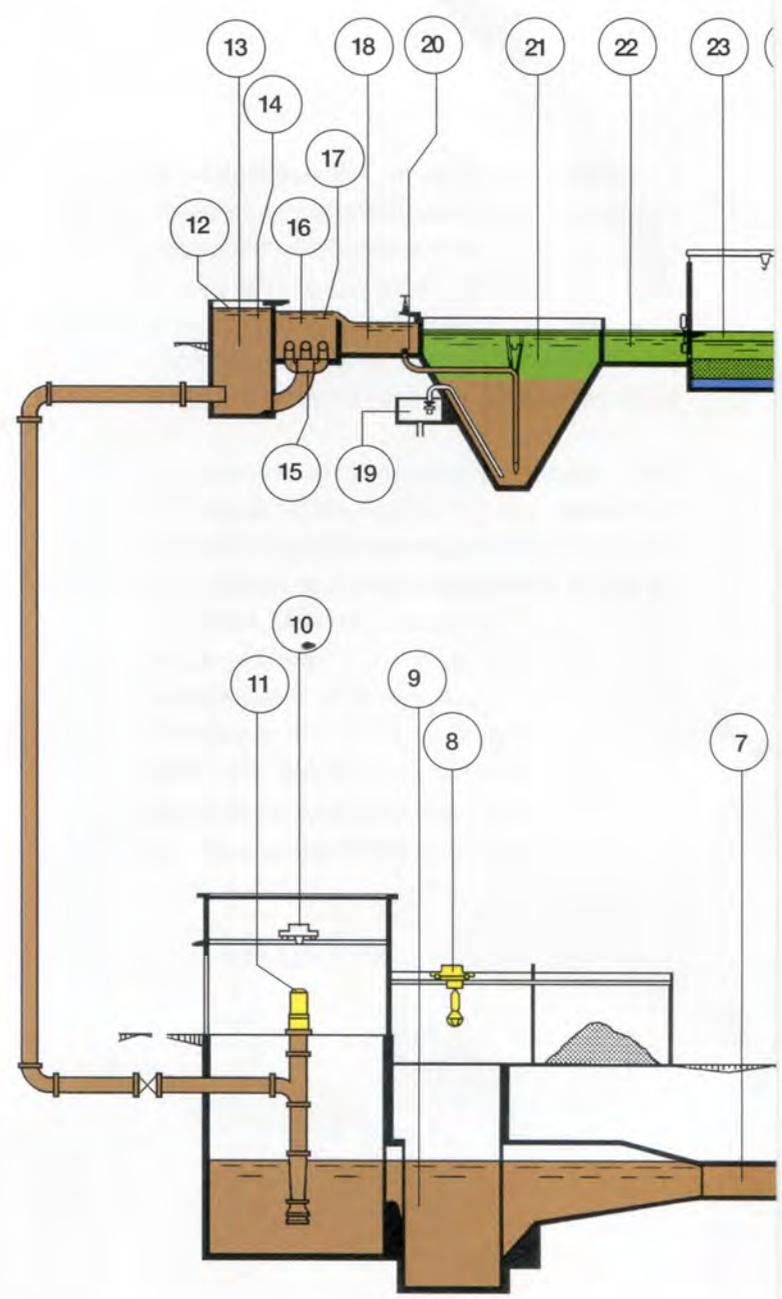
A continuación, se describe la planta de tratamiento de aguas superficiales del río Llobregat en Sant Joan Despí, donde se tratan anualmente más de 120.000.000 m³. Este volumen valora, sin duda, la importante contribución de dicha planta de tratamiento al abastecimiento de agua a Barcelona y las poblaciones de su alrededor.

Finalmente, a partir de los resultados de numerosos ensayos realizados en la planta piloto durante la segunda mitad de los años ochenta, en 1990 se iniciaron el proyecto y la construcción de una importante ampliación de la línea de tratamiento que entró en funcionamiento en abril de 1992.

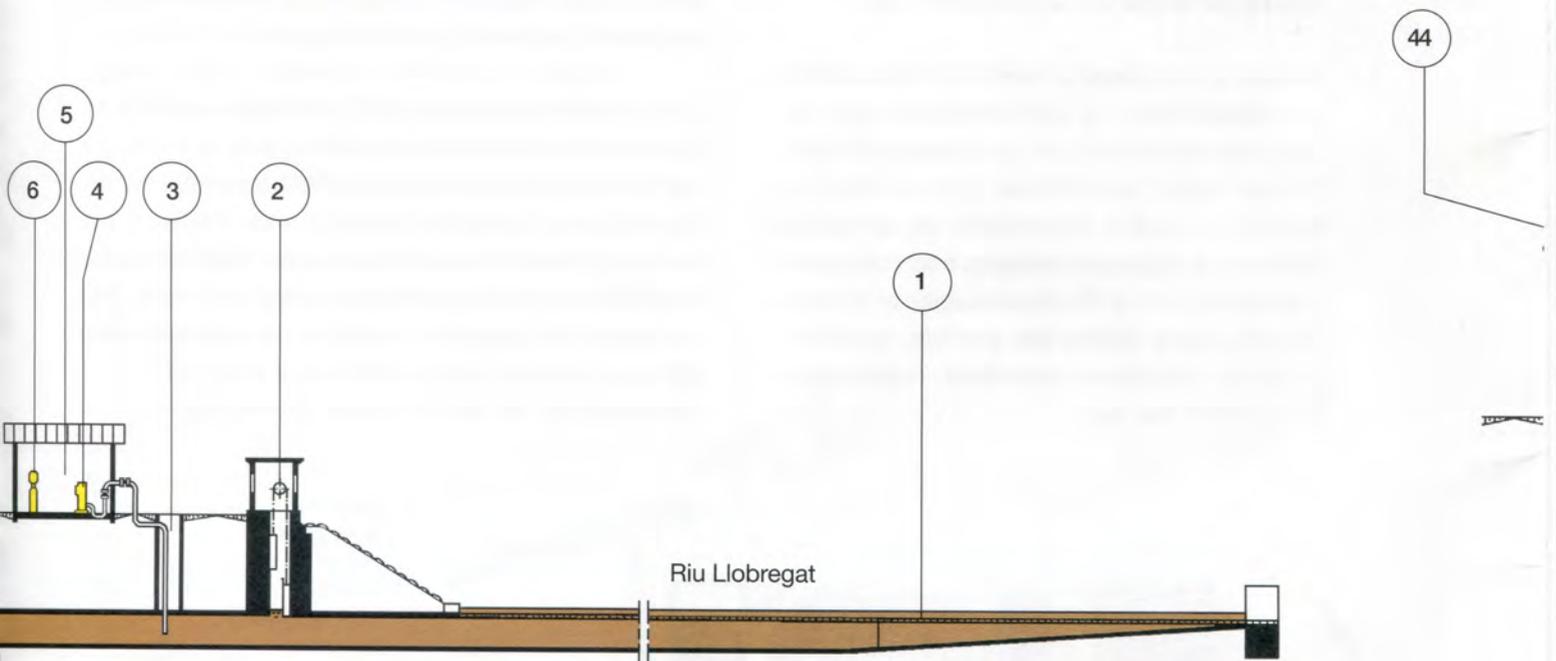
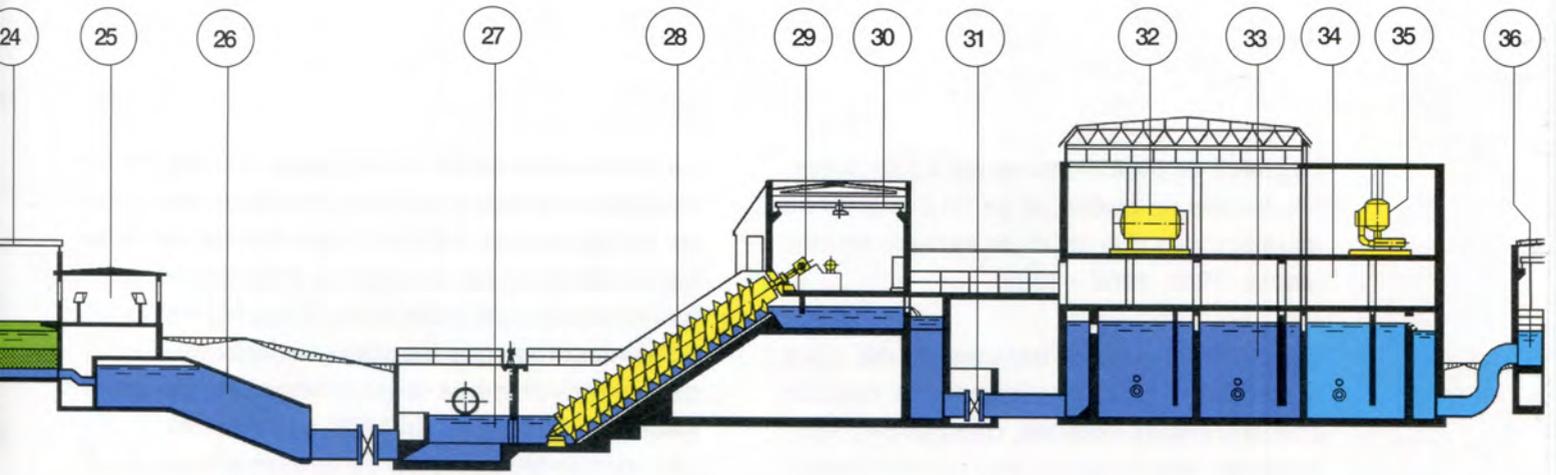
Esta ampliación consistió, fundamentalmente, en introducir el proceso de tratamiento del agua con ozono, junto con un doble filtrado del agua por arena y por carbón activo granular. Con esta finalidad, hubo que construir un nuevo bombeo intermedio, instalaciones de ozonización, un conjunto de 20 filtros de carbón activo, un nuevo depósito de 10.000 m³, y las tuberías necesarias para la interconexión de las instalaciones antiguas con las nuevas.



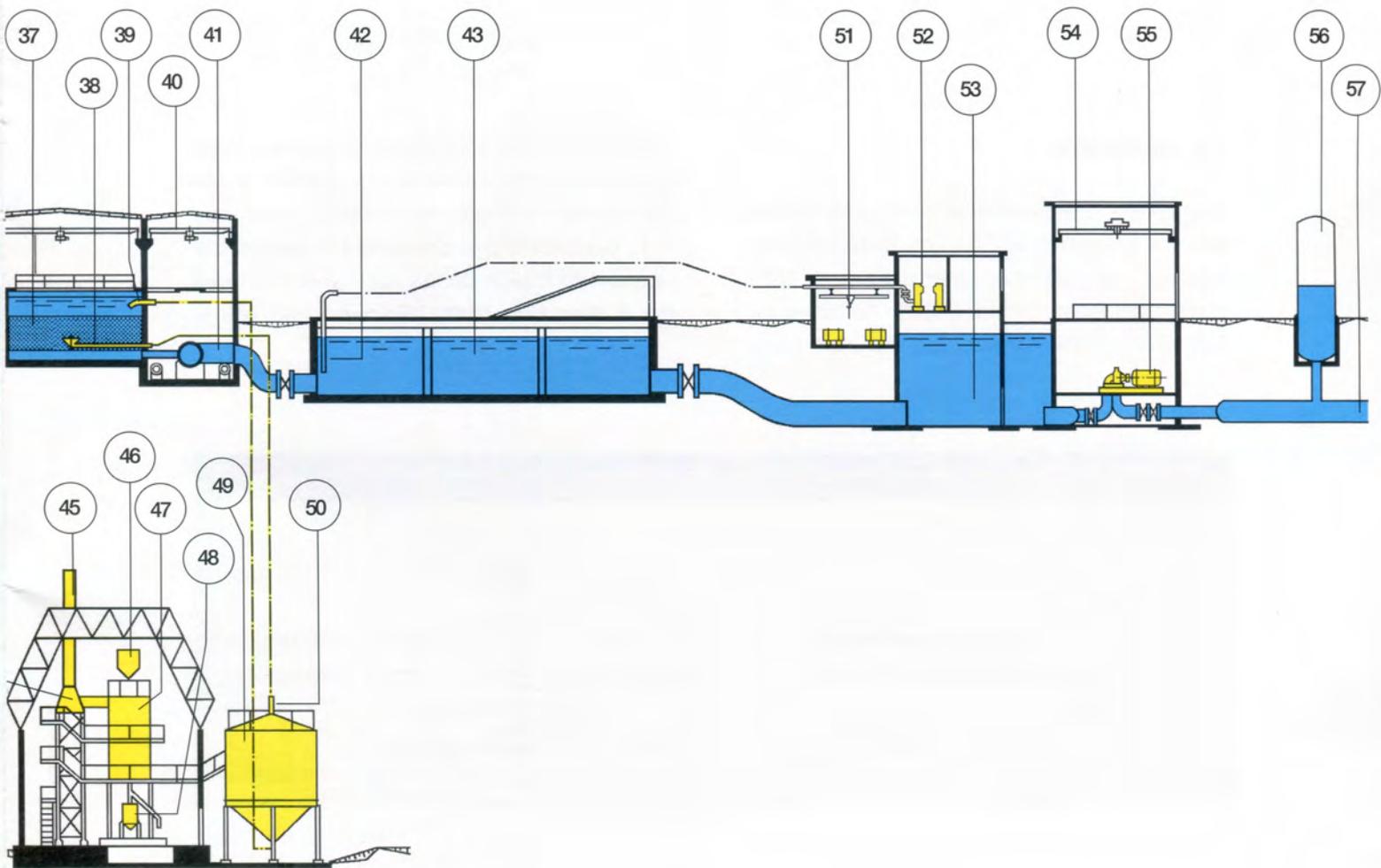
- 1 Rejas de captación
- 2 Seis compuertas de captación
- 3 Lugar de adición de la primera precloración
- 4 Dos cloradores y dos evaporadores de la precloración
- 5 Instalación de precloración
- 6 Cuatro básculas para controlar el peso de los bidones de cloro
- 7 Dos canales colectores de agua cruda
- 8 Dos dragas para arena
- 9 Dos desarenadoras
- 10 Puente grúa
- 11 Doce grupos electrobomba para el agua cruda
- 12 Lugar de adición del sulfato de aluminio
- 13 Dos cámaras de mezcla
- 14 Lugar de adición del PAC y del cloruro férrico
- 15 Sistema de agitación hidráulica
- 16 Lugar de adición de la segunda precloración
- 17 Lugar de adición del polielectrolito
- 18 Canal de agua cruda
- 19 Purga de fangos
- 20 Válvulas de entrada a los sedimentadores
- 21 Ochenta y ocho sedimentadores estáticos
- 22 Canal de agua sedimentada
- 23 Veinte filtros de arena
- 24 Puente grúa
- 25 Galería de control de filtros
- 26 Canal colector de agua filtrada
- 27 Cámara de aspiración de los tornillos de Arquímedes
- 28 Cuatro tornillos de Arquímedes
- 29 Cuatro mecanismos motorreductores
- 30 Puente grúa
- 31 Cuatro válvulas de entrada a las cámaras de ozonización
- 32 Tres ozonizadores
- 33 Cuatro cámaras de ozonización
- 34 Galería de servicios
- 35 Tres destructores de ozono
- 36 Canales perimetrales de distribución del agua ozonizada a los filtros
- 37 Veinte filtros de carbón activo granular
- 38 Mecanismo de aspiración del carbón para el transporte a la instalación de regeneración
- 39 Retorno del carbón regenerado
- 40 Puente grúa
- 41 Colector general de agua filtrada por carbón
- 42 Horno de postcombustión
- 43 Depósito de 10.000 m³
- 44 Horno de postcombustión
- 45 Chimenea
- 46 Tanque de alimentación del horno
- 47 Horno de regeneración del carbón activo
- 48 Tanque de enfriamiento
- 49 Dos silos de almacenamiento del carbón activo saturado y regenerado
- 50 Tubo de transporte hidráulico del carbón activo
- 51 Almacén de bidones de cloro
- 52 Cuatro evaporadores y ocho aparatos dosificadores de cloro gas
- 53 Dos depósitos de agua tratada
- 54 Puente grúa
- 55 Diez grupos electrobomba
- 56 Dos recipientes contra golpe de ariete
- 57 Dos tuberías de impulsión



ESQUEMA FUNCIO



NAL DE LA PLANTA



Descripción de las instalaciones

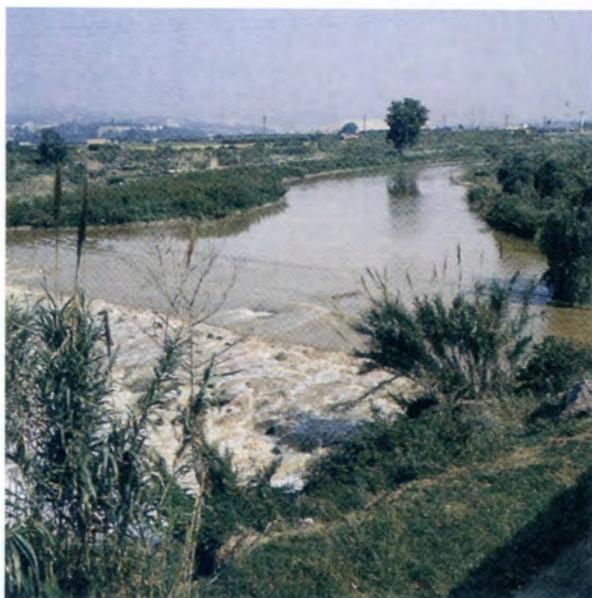
La captación

El agua del río atraviesa unas rejillas formadas por un conjunto de barras paralelas de hormigón armado cuya parte superior está al nivel del lecho del río. Debajo de las rejillas, hay una galería de sección variable para

conducir el agua captada. Tanto las rejillas como la separación entre barras y las secciones de la galería de conducción han sido cuidadosamente proyectadas para evitar la sedimentación de las partículas menores de 8 mm que atraviesan dichas rejillas.

Características de las rejillas

Anchura de los barrotes	159 mm
Separación entre los barrotes	8 mm
Anchura de la galería	2 m
Primera sección de la galería debajo de la reja	0,2 x 2 m (rectangular)
Última sección de la galería debajo de la reja	1,2 x 2 m (rectangular)
Longitud de la zona de la reja	22,5 m
Número de rejillas	6
Caudal por galería	3,3 m ³ /s



Captación en el río Llobregat

El bombeo del agua cruda

Después de haber hecho pasar el agua por las correspondientes cámaras desarenadoras en las que, a causa del ensanchamiento de la sección del canal de conducción, se produce una pérdida de velocidad que propicia la sedimentación de las arenas, se realiza un primer bombeo de agua cruda en depósitos parecidos a pozos de gran diámetro. Estas cámaras desarenadoras están provistas de equipos

electromecánicos para la extracción de la arena y la gravilla que se ha depositado.

Uno de los pozos de elevación de agua cruda está equipado con cinco grupos motorbomba de un caudal de 700 l/s y con un grupo de 250 l/s. En el otro, hay cuatro de 700 l/s y dos de 250 l/s. Todos los grupos son verticales, con bomba centrífuga sumergida. La altura manométrica de elevación es de 11 metros.



Bombeo de primera elevación

La cloración

El cloro se añade al principio del tratamiento, antes de la sedimentación (precloración); y al final, antes de los depósitos de agua tratada (postcloración).

En la estación de tratamiento, hay tres instalaciones de cloración con diez aparatos cloradores, adecuados para realizar la precloración y la postcloración. La capacidad máxima es de 600 kg/h de cloro.



Instalación para dosificar el cloro y los evaporadores

El almacenamiento y la dosificación de reactivos

Se utilizan como reactivos floculantes, según las circunstancias, el sulfato de aluminio, el policloruro de aluminio (PAC) y el cloruro férrico. Para el almacenamiento de estos productos, se dispone de cinco depósitos enterrados con una capacidad aproximada de 80 m³ cada uno.

La dosificación de estos productos es automática y variable, ya que depende del

caudal que debe tratarse y de la dosis deseable. Los elementos principales de la dosificación son las bombas volumétricas dosificadoras, en las que se puede variar, automáticamente y según una consigna externa, la velocidad de los motores y la longitud del recorrido del pistón.

También se utilizan como coadyuvantes de floculación los polielectrólitos, que sustituyeron a la sílice activada utilizada hasta el año 1973.



Cámaras de mezcla para la adición de los reactivos



Instalación para dosificar sulfato de aluminio

Los decantadores

El agua cruda que proviene de la captación y ha sido impulsada por bombas llega a las instalaciones de tratamiento, donde se le incorporan los productos químicos, el coagulante y el cloro, en unas cámaras de mezcla provistas de agitación hidráulica a fin de que se produzca la íntima mezcla del agua y de dichos productos químicos.

A continuación, el agua entra en un sistema de canales distribuidores que alimentan a los tanques de sedimentación. Estos tanques son

del tipo conocido como de sedimentación estática con manto de fangos y, en ellos, el agua sigue un recorrido vertical ascendente. Los procesos de floculación y de sedimentación se realizan simultáneamente.

Características de la instalación de sedimentación

Número de tanques	88
Superficie de la planta de un tanque	$10 \times 10 = 100 \text{ m}^2$
Superficie total	8.800 m^2
Velocidad ascensional del agua en la parte prismática del tanque, para el caudal de concesión de $5,3 \text{ m}^3/\text{s}$	$2,16 \text{ m/h}$
Volumen interior de un tanque	485 m^3
Volumen total de sedimentación	42.680 m^3
Tiempo de retención del agua en los tanques para el caudal de $5,3 \text{ m}^3/\text{s}$	$2 \text{ h } 14 \text{ min}$



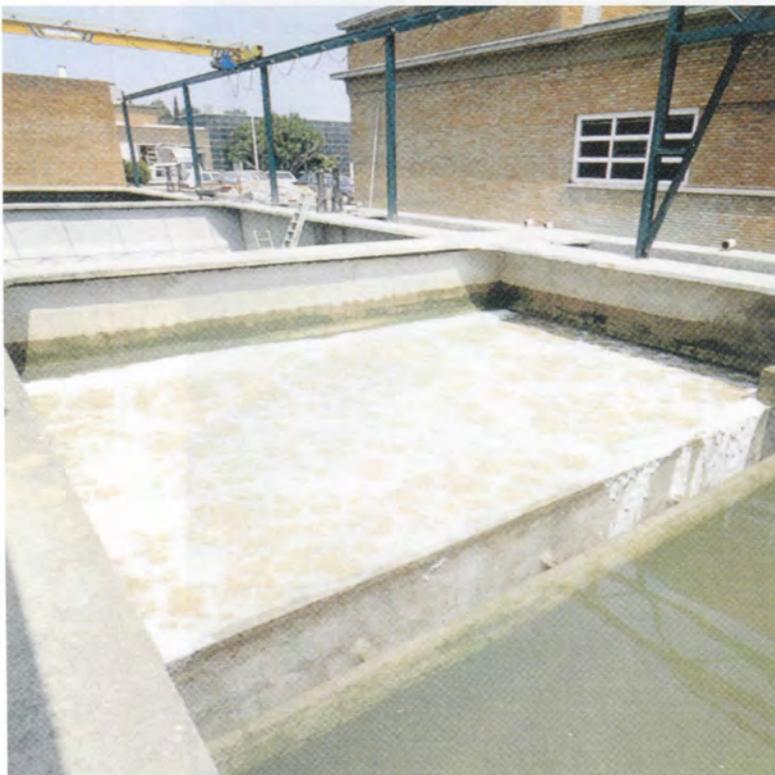
Vista general de los decantadores

Los filtros de arena

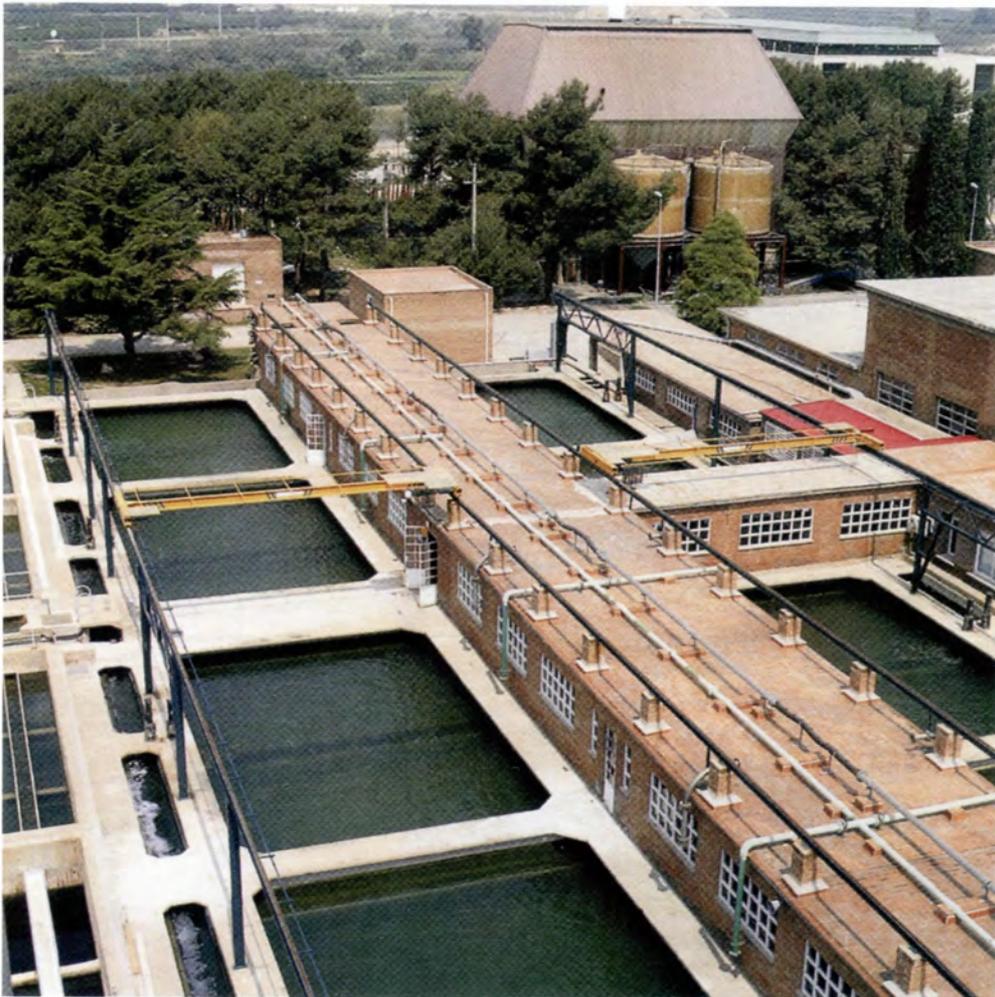
Después del tratamiento de floculación y sedimentación, el agua acaba su proceso de clarificación pasando, a una velocidad apropiada, a través de un lecho de arena de espesor y granulometría adecuados.

Características de la instalación de filtros

Extensión total de la superficie filtrante	2.000 m ²
Número de filtros (dobles)	20
Extensión superficial de un filtro	2 x 50 = 100 m ²
Velocidad de filtración con el caudal normal de 5,3 m ³ /s	9,5 m/h
Velocidad de filtración con el caudal normal y un filtro fuera de servicio por limpieza	10 m/h
Pérdida de carga máxima en el lecho filtrante	2,5 mca
Espesor del lecho filtrante	0,6 m



Detalle de un filtro de arena durante el proceso de lavado



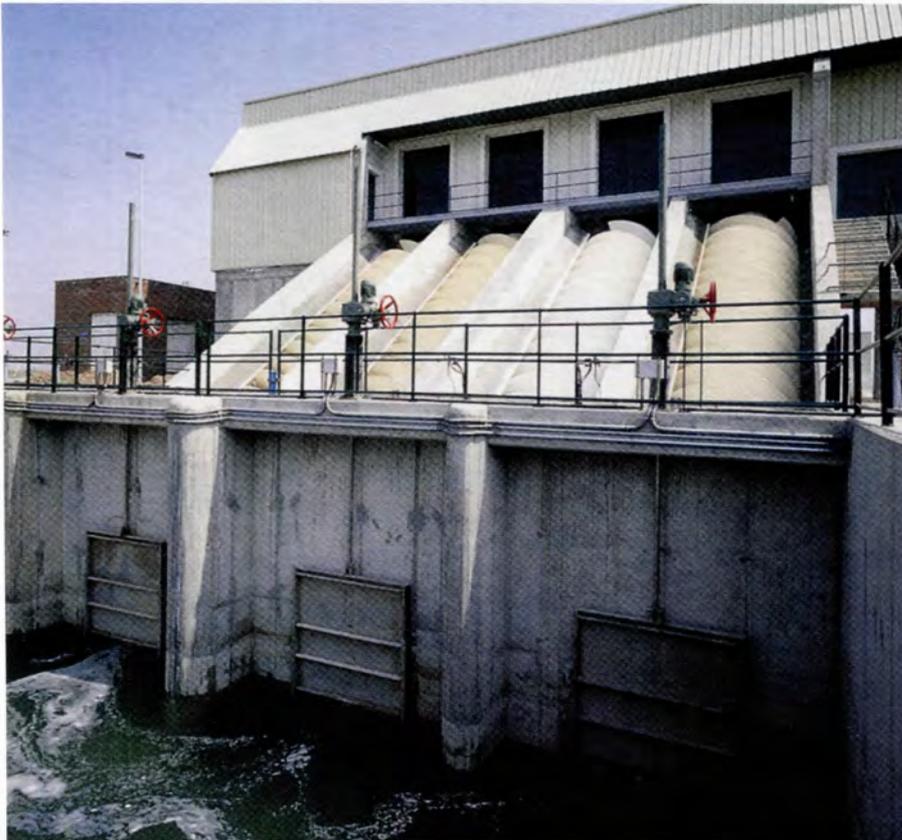
Vista aérea de los filtros de arena

El bombeo intermedio

La incorporación de nuevas fases a la línea de tratamiento, como la ozonización, la filtración por carbón activo granular en segunda etapa y las tuberías de enlace entre las instalaciones antiguas y las nuevas, introduce pérdidas de carga adicionales y, por lo tanto, varía la línea piezométrica de la planta. Por esta razón, se hace indispensable un bombeo intermedio que permita compensar las pérdidas de carga adicionales, de modo que el agua pueda recorrer todas las fases de la ampliación y

llegar a los depósitos de agua tratada con la misma cota piezométrica actual.

Para el bombeo, se utilizan cuatro tornillos de Arquímedes con una capacidad de elevación de $2 \text{ m}^3/\text{s}$ cada uno. Los tornillos presentan la ventaja de elevar a cada instante el agua que llega a su boca de aspiración, tanto si es poca como si es mucha. Por esta razón, no se necesitan ni depósito regulador ni mecanismos complejos de regulación del caudal, porque el principio de funcionamiento de los tornillos hace que la regulación se produzca por sí sola.



Bombeo intermedio. Tornillos de Arquímedes

Las instalaciones para ozonizar el agua

La ozonización es una etapa intermedia en el proceso de mejora del tratamiento al que es sometida el agua, una vez ha pasado por el tratamiento convencional. Al agua tratada en el proceso de coagulación-floculación, sedimentación y filtración por arena, se le

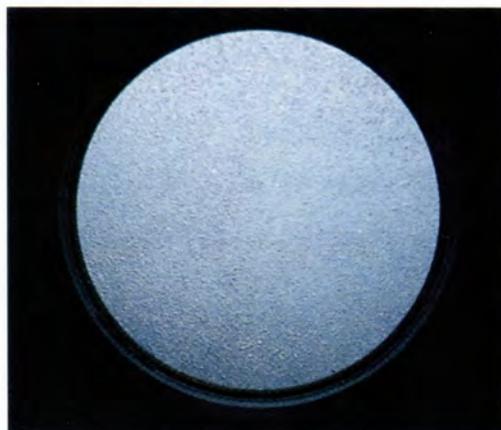
añade el tratamiento de afinado por ozono, seguido de la filtración a través de carbón activo. Como consecuencia de una disminución general del contenido de productos orgánicos disueltos en el agua, la combinación de estos dos procesos da muy buenos resultados en cuanto a conseguir un agua sin cloro y con niveles muy bajos de sabor y olor.



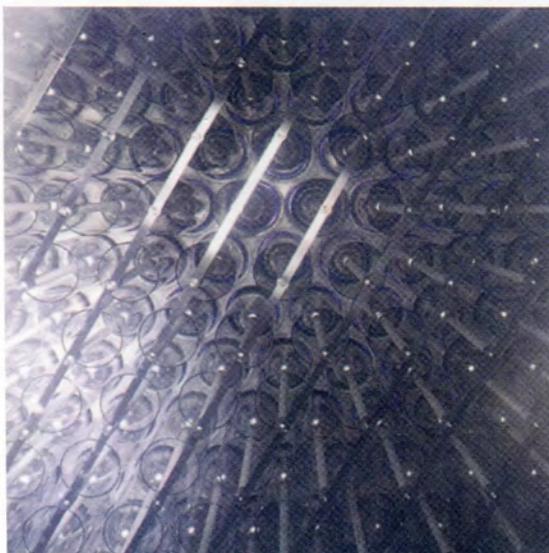
Vista exterior del edificio de ozonización

Características de las instalaciones para ozonizar

Caudal máximo de agua a tratar	6 m ³
Caudal nominal de agua a tratar	5,3 m ³ /s
Dosis máxima de ozono a caudal máximo	4 ppm
Número de ozonizadores	3 unidades
Producción máxima de ozono por cada ozonizador	32 kg O ₃ /h
Producción máxima de ozono en la instalación	96 kg O ₃ /h
Número de compresores	4 unidades
Número de unidades de tratamiento de aire	2 unidades
Número de cámaras de contacto ozono/agua	4 unidades
Número de destructores de ozono	3 unidades



Burbujas de aire ozonizado en las cámaras de contacto



Vista de los dieléctricos en el interior del aparato ozonizador



Sala de aparatos ozonizadores

Los principales elementos que constituyen la instalación de ozonización son los siguientes:

- Filtración previa del aire
- Compresión del aire antes del tratamiento
- Preenfriamiento del aire a la salida de los compresores
- Enfriamiento final con presecado simultáneo
- Secado del aire con alúmina
- Filtración del aire después del secado
- Reparto del aire en los ozonizadores
- Generación de ozono propiamente dicha
- Enfriamiento de los generadores de ozono
- Reparto del aire ozonizado en cuatro cámaras de contacto
- Sistema de ozonización del agua
- Destrucción del ozono no utilizado antes de devolverlo a la atmósfera



Aparatos secadores de aire

Los filtros de carbón activo

El agua procedente de las cámaras de ozonización llega a los filtros por cuatro tuberías que desaguan en unos canales perimetrales que, a través de válvulas de compuerta, reparten los caudales a cada filtro. Todos los filtros funcionan en paralelo. La recogida del agua filtrada se hace mediante un fondo de colectores ramificados y perforados, protegidos por capas de gravas de granulometrías progresivas que, además de captar el agua, también permiten proyectar el agua y el aire a presión para el lavado de los filtros a contracorriente.

Características generales de las instalaciones de filtración

Superficie total filtrante	2.000 m ²
Número de filtros (dobles)	20
Superficie de cada filtro 2 x 50	100 m ²
Velocidad de filtración con el caudal máximo de 6 m ³ /s	10,8 m/h
Velocidad de filtración con un filtro fuera de servicio por limpieza	11,4 m/h
Medio filtrante	CAG
Pérdida de carga máxima en el lecho filtrante	3 mca
Granulometría del CAG:	
Tamaño efectivo	0,55-0,65 mm
Coefficiente de uniformidad	1,9 o menos



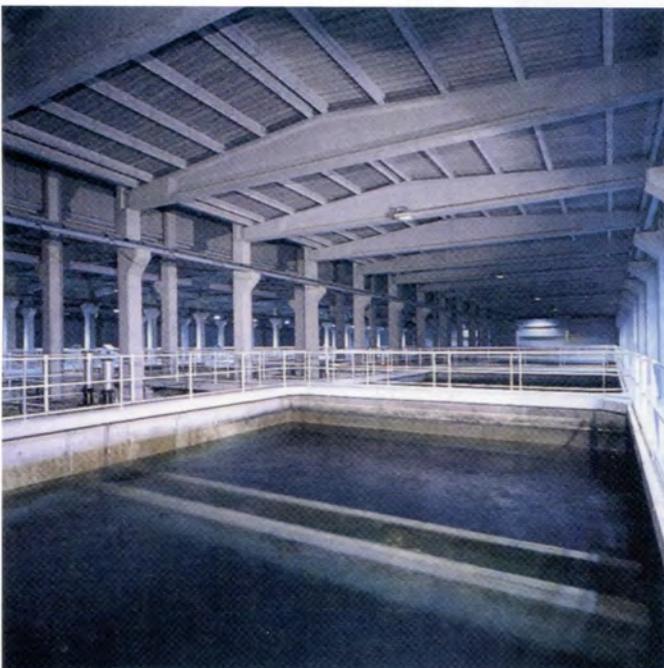
Vista exterior del edificio de filtros de carbón activo

Los filtros tienen una capa de carbón activo granular (CAG) de 1,5 metros de espesor, pero están preparados para que, sin ninguna modificación sustancial, dicha capa pueda ser ampliada a 2 metros.

Por tanto, el tiempo de contacto mínimo del agua con el carbón es de 8,3 minutos cuando el caudal tratado es de $6 \text{ m}^3/\text{s}$. Para el caudal medio, que es el 70% del caudal máximo, el tiempo de contacto llega a ser de 12 minutos. Si la capa de CAG se aumentase hasta 2 metros, el tiempo de contacto mínimo y el correspondiente al caudal medio serían de 11 y 16 minutos, respectivamente.



Galerías de mando de los filtros de carbón activo



Detalle de un filtro de carbón activo



Galerías de servicio de los filtros de carbón activo

La regeneración del carbón activo

Cada doce meses, hay que regenerar el carbón activo de los filtros, operación que se efectúa en unas instalaciones que funcionan desde 1978 y que tienen una capacidad de regeneración de 8 toneladas de carbón activo por día.

La regeneración se realiza en un horno de quemador múltiple, con seis soleras. El carbón circula por el horno de arriba hacia abajo, arrastrado por unos brazos barreadores que se mueven por un eje central refrigerado por aire. Las condiciones adecuadas de temperatura, atmósfera y bajo nivel de oxígeno existentes dentro del horno permiten obtener un carbón regenerado capaz de realizar la misma función que realizaba el carbón nuevo.

Para trasladar el carbón desde los filtros hasta la instalación de regeneración, y viceversa, se dispone de un sistema fijo de tuberías y eyectores que aspiran el carbón de los filtros y, casi sin intervención humana, permiten transportar fácilmente los 3.000 m³ de carbón que han de manipularse en cada ciclo de regeneración.



Detalle de los ventiladores de aire de combustión y de refrigeración del eje



Horno de regeneración de carbón activo

El depósito de agua tratada

Este depósito tiene dos finalidades: regular el caudal tratado variable para conseguir un bombeo final constante, y dar un tiempo de contacto adecuado a la postcloración, a fin de asegurar un residual de cloro correcto en el agua final tratada en la planta.

El depósito, de 10.000 m³, dispone de paredes entre las columnas que obligan al agua a hacer un largo recorrido sin zonas muertas, cosa que asegura una retención mínima de 32 minutos más del tiempo de que se disponía con los depósitos que tenía hasta ahora la planta de tratamiento. Por lo tanto, teniendo en cuenta la capacidad global de todos los depósitos de agua tratada, el tiempo mínimo de retención del agua para un caudal de 5,3 m³/s, antes de ser bombeada a la red de distribución, es de 50 minutos.



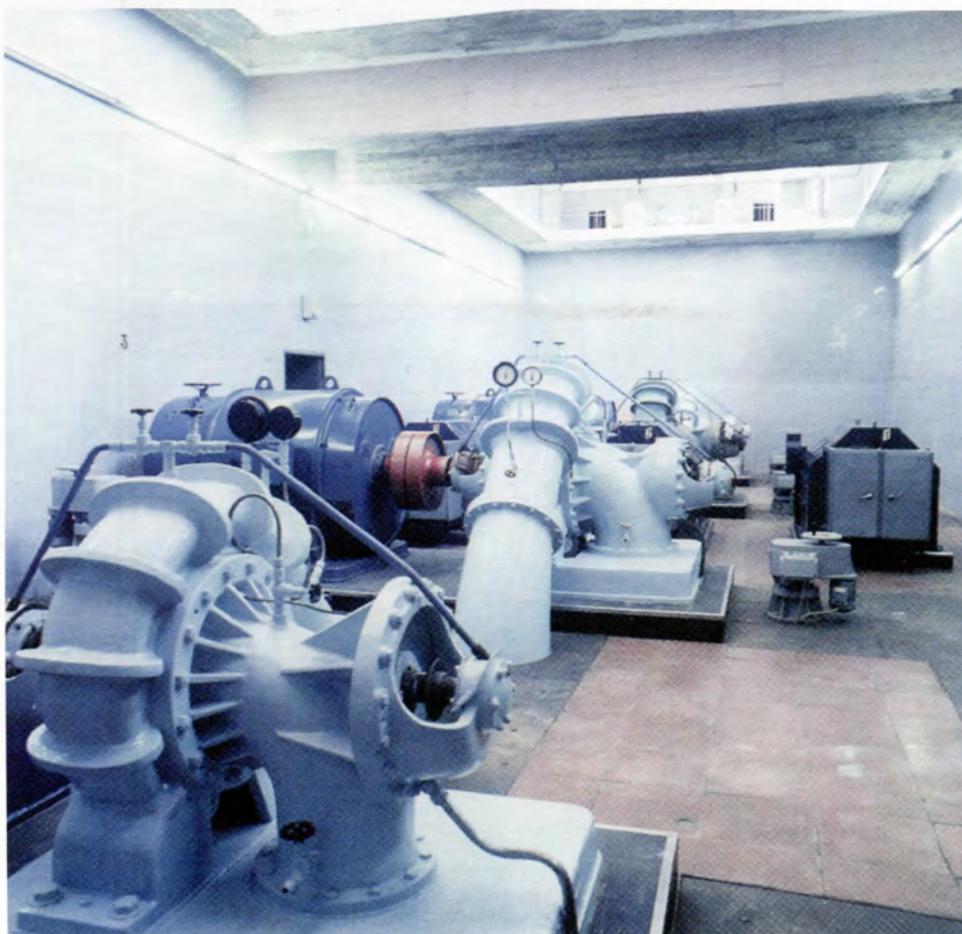
Vista exterior del nuevo depósito de agua tratada

El bombeo final

Al acabar el tratamiento, los caudales se acumulan en dos depósitos, con una capacidad total de 4.000 m³, que sirven para alimentar dos estaciones de bombeo que impulsan el agua; una de ellas, a la central de Cornellà, con un caudal de 3.300 l/s y una altura manométrica de 5,5 metros, y la otra, a

la central de relevo, con un caudal de 2.600 l/s y una altura manométrica de 54 metros.

Tanto el agua que va a la central de Cornellà (cota 10) como la que va a la central de relevo (cota 50) se bombea nuevamente hasta los depósitos principales de distribución (cota 100), situados en Esplugues.



Estación de bombeo en la central de relevo

El laboratorio

La planta de tratamiento de Sant Joan Despí se completa con un moderno laboratorio, particularmente bien equipado, en el que se pueden practicar determinaciones y análisis físicos, químicos, bacteriológicos y biológicos, que permiten no sólo tener un control permanente sino también llevar a cabo trabajos de investigación, a fin de perfeccionar los procesos actuales de tratamiento.



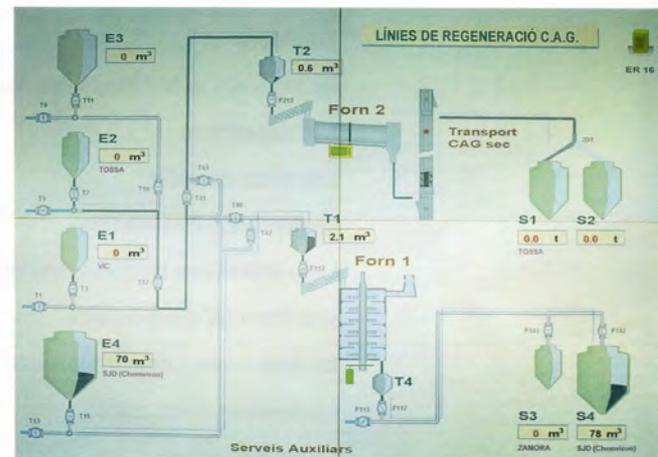
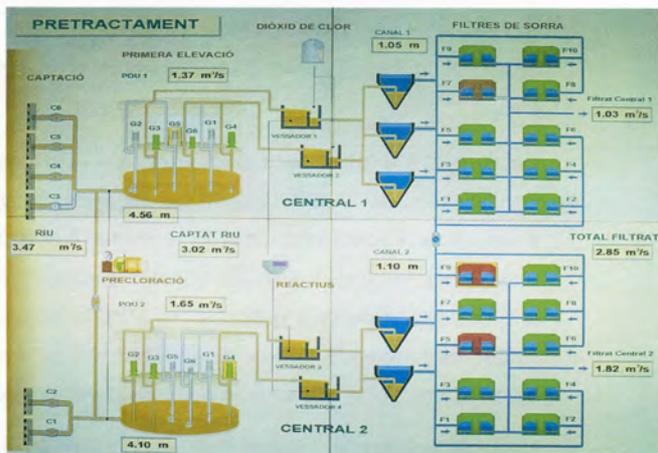
Sala de control del tratamiento



Sala de espectrometría de absorción atómica

El centro de telecontrol

La planta de tratamiento dispone de un centro de telecontrol, desde donde se gobierna el funcionamiento automático de todas las instalaciones de la línea de tratamiento.



Sala de telecontrol de la planta de Sant Joan Despí



Usine de traitement du Llobregat à Sant Joan Despí

Sommaire

- 1 L'approvisionnement en eau potable de
Barcelone et des communes voisines
- 2 Le traitement des eaux à l'usine
de Sant Joan Despí
- 3 Description des installations
 - Le captage
 - Le pompage d'eau crue
 - La chloration
 - Le stockage et le dosage des réactifs
 - Les décanteurs
 - Les filtres de sable
 - Le pompage intermédiaire
 - Les installations d'ozonisation de l'eau
 - Les filtres de charbon actif
 - La régénération de charbon actif
 - Le réservoir d'eau traitée
 - Le pompage final
 - Le laboratoire
 - Le centre de télécommande

1 L'approvisionnement en eau potable de Barcelone et des communes voisines

Les sources d'approvisionnement en eau de Barcelone et de sa banlieue étaient, jusqu'en 1955, d'origine souterraine. En 1954, la moyenne d'eau fournie par jour s'élevait à 275 000 m³.

Quand on sait que le volume moyen distribué n'atteignait que 170 000 m³/jour jusqu'en 1940, on se rend compte que la consommation annuelle a considérablement augmenté.

L'eau souterraine utilisée pour l'approvisionnement provenait essentiellement des puits situés en aval des

bassins des deux fleuves les plus proches de Barcelone : le Llobregat et le Besòs. Un faible pourcentage de la consommation totale correspondait aussi à d'anciens captages en galerie des régions de Dosrius et du Vallès ; dans ce cas, deux aqueducs conduisaient l'eau jusqu'à Barcelone.

En raison du rythme croissant de la demande d'eau, il a été nécessaire —en vue de satisfaire correctement les besoins— de recourir à l'utilisation de l'eau de surface du Llobregat. La Societat General d'Aigües de Barcelona a donc demandé une concession de 2,2 m³ par seconde, qui lui a été accordée par le Ministère des Travaux Publics le 24 juin 1953 ; c'est en 1953-1954 qu'elle a finalement construit l'usine de traitement de Sant Joan Despí.

La Société a plus tard demandé deux autres concessions, de 1,1 m³ et 2,0 m³ par seconde, qu'elle a obtenues respectivement le 13 mars 1957 et le 25 mai 1960. L'usine de traitement construite initialement a subi des extensions successives afin de pouvoir traiter les nouveaux débits, dont le volume total de 5,3 m³ correspond à la somme des trois concessions.

L'accroissement de la demande d'eau au cours des années 60 a été considérable : en 1966, la moyenne fournie par jour s'élevait à 400 000 m³ pour atteindre, en 1968, le volume maximum d'eau distribué en un seul jour : 500 000 m³. Il fallait donc exploiter de nouvelles ressources, évidemment plus éloignées. En prévision des nouveaux besoins et à travers l'Agence de Bassin des Pyrénées Orientales, le Ministère des Travaux Publics a donc entrepris la construction d'une canalisation, mise en œuvre en 1967, qui conduisait 6,5 m³ d'eau par seconde du Ter jusqu'à Barcelone. Cet important ouvrage comprenait aussi l'usine de traitement située sur le territoire communal de Cardedeu.

Depuis le début des années 80, les deux usines de traitement et les puits des nappes souterraines du Llobregat et du Besòs ont permis de distribuer des volumes annuels d'eau potable approchant les 300 000 000 de m³ avec des débits maximums par jour de l'ordre de 1 000 000 de m³, les principales sources étant : le Ter, 59% ; le Llobregat, 36% ; les puits des nappes aquifères du Llobregat, 4,5% ; les puits du Besòs et les aqueducs, 0,5%.

Nous décrivons ci-après l'usine de traitement des eaux de surface du Llobregat située à Sant Joan Despí, où sont traités annuellement plus de 120 000 000 de m³. Ce volume met indéniablement en évidence l'importante contribution de cette usine de traitement à l'approvisionnement en eau de Barcelone et de sa banlieue.

2 Le traitement des eaux à l'usine de Sant Joan Despí

L'usine de traitement des eaux de surface du Llobregat comprend un ensemble d'installations qui ont été mises en service en trois temps : 1955, 1962 et 1992.

Pour le traitement de l'eau de surface, on employait à l'origine uniquement des méthodes classiques conventionnelles, qui peuvent se résumer comme suit : préchloration, coagulation-floculation, sédimentation, filtration rapide au sable et postchloration finale.

Le niveau de pollution a considérablement augmenté depuis la date de mise en service de cette usine de traitement. Malgré tout, ces dernières années, les techniques appliquées au traitement des eaux font appel à d'autres méthodes plus complexes et efficaces visant à éliminer ou réduire au maximum les constituants solubles et insolubles, organiques et inorganiques, contenus dans l'eau.

Ces techniques ont été graduellement incorporées au traitement des eaux du Llobregat à l'usine de Sant Joan Despí. L'addition de coadjuvants de floculation (à l'origine la silice activée, puis les polyélectrolytes) facilite l'élimination d'un plus grand nombre de constituants insolubles dans l'eau. Le charbon actif en poudre est introduit en 1968 dans le processus de traitement en vue de diminuer la teneur de l'eau en produits organiques solubles et d'améliorer ainsi le goût et l'odeur de l'eau.

Dès le début de l'année 1977, les lits de charbon actif granulaire ont remplacé les anciens lits de sable dans le processus de filtration de l'eau. Depuis 1978, le charbon actif saturé est régénéré à l'usine de traitement, dans des installations dont l'élément principal est un four à foyers multiples chauffé au gaz naturel.

Enfin, par suite des résultats des nombreuses expériences faites en usine-pilote pendant la seconde moitié des années 80, la Société entreprend en 1990 le projet et la construction d'une importante extension de la ligne de traitement, qui fonctionne déjà depuis avril 1992.

Cette extension a consisté principalement à introduire le traitement de l'eau à l'ozone, simultanément à la double filtration de l'eau au sable et au charbon actif granulaire. Ce projet a exigé la construction d'un nouveau pompage intermédiaire, d'installations d'ozonisation, d'un ensemble de 20 filtres de charbon actif, d'un nouveau réservoir de 10 000 m³ et des conduites nécessaires à l'interconnexion des anciennes et des nouvelles installations.

Schéma fonctionnel de l'usine

- 1 Grilles de captage
- 2 Six vannes de captage
- 3 Adjonction de chlore : première préchloration
- 4 Deux appareils de chloration et deux évaporateurs de la préchloration
- 5 Installation de préchloration
- 6 Quatre bascules pour contrôler le poids des bidons de chlore
- 7 Deux canaux collecteurs d'eau crue
- 8 Deux dragues pour le sable
- 9 Deux dessableurs
- 10 Pont-grue
- 11 Douze groupes électro-pompe pour l'eau crue
- 12 Adjonction du sulfate d'aluminium
- 13 Deux chambres de mélange
- 14 Adjonction du PAC et du chlorure ferrique
- 15 Système de brassage hydraulique
- 16 Adjonction de chlore : deuxième préchloration
- 17 Adjonction du polyélectrolyte
- 18 Canal d'eau crue
- 19 Purge des boues
- 20 Vannes d'entrée aux décanteurs
- 21 Quatre-vingt-huit décanteurs statiques
- 22 Canal d'eau sédimentée
- 23 Vingt filtres de sable
- 24 Pont-grue
- 25 Galerie de contrôle des filtres
- 26 Canal collecteur d'eau filtrée
- 27 Chambre d'aspiration des vis d'Archimède
- 28 Quatre vis d'Archimède
- 29 Quatre mécanismes moto-réducteurs

- 30 Pont-grue
- 31 Quatre vannes d'entrée aux chambres d'ozonisation
- 32 Trois ozoniseurs
- 33 Quatre chambres d'ozonisation
- 34 Galerie de services
- 35 Trois destructeurs d'ozone
- 36 Canaux de distribution de l'eau ozonisée aux filtres
- 37 Vingt filtres de charbon actif granulaire
- 38 Mécanisme d'aspiration du charbon pour le transport à l'installation de régénération
- 39 Retour du charbon régénéré
- 40 Pont-grue
- 41 Collecteur général d'eau filtrée au charbon
- 42 Adjonction de chlore : postchloration
- 43 Réservoir de 10 000 m³
- 44 Four de postcombustion
- 45 Cheminée
- 46 Tank d'alimentation du four
- 47 Four de régénération du charbon actif
- 48 Tank de refroidissement
- 49 Deux soutes à charbon actif saturé et régénéré
- 50 Tube pour le transport hydraulique du charbon actif
- 51 Magasin pour les bidons de chlore
- 52 Quatre évaporateurs et huit appareils de dosage du chlore-gaz
- 53 Deux réservoirs d'eau traitée
- 54 Pont-grue
- 55 Dix groupes électro-pompe
- 56 Deux récipients contre le coup de bélier
- 57 Deux conduites d'impulsion

3 Description des installations

Le captage

L'eau du fleuve traverse des grilles à barreaux parallèles en béton armé, dont la partie supérieure est au niveau du lit. Sous les grilles, une galerie, à section variable, conduit l'eau captée du fleuve. On a dressé avec soin le projet des grilles, de la séparation entre les barreaux et des sections de la galerie de conduite en vue d'éviter la sédimentation des particules inférieures à 8 mm qui traversent les grillages.

Caractéristiques des grilles :

Largeur des barreaux	159 mm
Séparation entre les barreaux	8 mm

Largeur de la galerie	2 m
Première section de la galerie sous la grille	0,2 x 2 m (rectangulaire)
Dernière section de la galerie sous la grille	1,2 x 2 m (rectangulaire)
Longueur du grillage	22,5 m
Nombre de grilles	6
Débit par galerie	3,3 m ³ /s

Le pompage d'eau crue

Dans une première étape, l'eau crue est pompée dans des réservoirs comparables à des puits de grand diamètre après être passée par les chambres de dessablement où l'élargissement de la section du canal de conduite provoque une perte de vitesse qui facilite la sédimentation du sable. Ces chambres de dessablement sont munies d'équipements électromécaniques pour l'extraction des dépôts de sable et des graviers de petite dimension.

Un des puits d'extraction d'eau crue est équipé de cinq groupes motopompe avec un débit de 700 l/s et d'un groupe à 250 l/s. Le second puits dispose de quatre groupes à 700 l/s et de deux à 250 l/s. Tous les groupes sont verticaux à pompe centrifuge submergée. La hauteur manométrique de pompage est de 11 mètres.

Chloration

Le chlore s'ajoute au début du traitement, avant la sédimentation (préchloration), puis à la fin de l'opération, avant l'arrivée aux réservoirs d'eau traitée (postchloration).

L'usine de traitement se compose de trois installations de chloration munies de dix appareils chlorateurs qui s'ajustent à la pré- et postchloration. La capacité maximale de chloration est de 600 kg de chlore par heure.

Le stockage et le dosage des réactifs

Les réactifs de floculation utilisés selon les circonstances sont le sulfate d'aluminium, le polychlorure d'aluminium

(PAC) et le chlorure ferrique. Ces produits sont stockés dans cinq réservoirs enterrés, chacun d'eaux ayant une capacité de l'ordre de 80 m³.

Le dosage des produits est automatique et variable en raison du débit à traiter et de la dose qui convient à chaque cas. Les principaux éléments de ce dosage automatique sont des pompes volumétriques de dosage où l'on peut faire varier automatiquement, selon une consigne externe, la vitesse des moteurs et la longueur du parcours du piston.

L'utilisation des polyélectrolytes comme coadjuvants de floculation a remplacé depuis 1973 la silice activée.

Les décanteurs

L'eau crue, captée et impulsée par les pompes, arrive aux installations de traitement et, plus concrètement, aux chambres de mélange où l'on obtient, grâce au brassage hydraulique, un mélange homogène de l'eau et des produits chimiques ajoutés : coagulant et chlore.

L'eau passe ensuite par un système de canaux distributeurs qui alimentent les tanks de sédimentation. Ces tanks, où l'eau suit un parcours vertical ascendant, sont à sédimentation statique avec une couche de boues. Les processus de floculation et de sédimentation ont lieu simultanément.

L'installation de sédimentation répond globalement aux caractéristiques suivantes :

Nombre de tanks	88
Surface de la base d'un tank	10 x 10 = 100 m ²
Surface totale	8 800 m ²
Vitesse ascensionnelle de l'eau dans la partie du tank en forme de prisme, pour un débit de concession de 5,3 m ³ /s	2,16 m/h
Volume interne d'un tank	485 m ³
Volume total de sédimentation	42 680 m ³
Temps de rétention de l'eau dans les tanks pour le débit de 5,3 m ³ /s	2 h 14 min

Les filtres de sable

Après le traitement par floculation et décantation, l'eau est finalement clarifiée par filtration, à une vitesse déterminée, à travers un lit de sable, d'une épaisseur et granulométrie adéquates.

Caractéristiques générales de l'installation des filtres :

Surface totale de filtration	2 000 m ²
Nombre de filtres (doubles)	20
Surface d'un filtre	2 x 50 = 100 m ²
Vitesse de filtration avec un débit normal de 5,3 m ³ /s	9,5 m/h
Vitesse de filtration avec le débit normal et un filtre hors service pour nettoyage	10 m/h
Perte de charge maximale du lit filtrant	2,5 mca
Épaisseur du lit filtrant	0,6 m

Le pompage intermédiaire

L'introduction de nouvelles phases dans le processus de traitement, telles que l'ozonisation, la filtration au charbon actif granulaire dans un deuxième temps et les conduites de connexion entre les anciennes et nouvelles installations, provoque des pertes de charge additionnelles qui font varier la ligne piézométrique de l'usine. Il est donc indispensable de procéder à un pompage intermédiaire qui compense les pertes de charge additionnelles ; l'eau pourra ainsi parcourir tout le trajet et atteindre les réservoirs d'eau traitée avec la même cote piézométrique.

On utilise pour le pompage quatre vis d'Archimède, dont chacune a une capacité d'élévation de 2 m³ par seconde. Les vis présentent l'avantage de pomper continuellement les différents volumes d'eau qui arrivent à leur brouche d'aspiration. Le réglage du débit n'exige donc pas la présence de réservoir régulateur ou de mécanismes complexes, car ce réglage automatique est à la base du fonctionnement des vis.

Les installations d'ozonisation de l'eau

L'ozonisation est une étape intermédiaire dans le processus de perfectionnement du traitement auquel

l'eau est soumise après le traitement par des méthodes conventionnelles. L'eau traitée par coagulation-floculation, décantation et filtration au sable, est aussi soumise à un traitement d'affinage à l'ozone puis à une filtration à travers le charbon actif. La combinaison de ces deux procédés donne de très bons résultats pour ce qui est de la couleur, du goût et de l'odeur de l'eau, par suite de la diminution générale de la teneur de l'eau en produits organiques dissous.

Caractéristiques générales des installations d'ozonisation de l'eau :

Débit maximum d'eau à traiter	6 m ³
Débit nominal d'eau à traiter	5,3 m ³ /s
Dose maximale d'ozone pour un débit maximum	4 ppm
Nombre d'ozoniseurs	3 unités
Production maximale d'ozone dans chaque ozoniseur	32 kg O ₃ /h
Production maximale d'ozone de l'installation	96 kg O ₃ /h
Nombre de compresseurs	4 unités
Nombre d'unités de traitement d'air	2 unités
Nombre de chambres de contact ozone/eau	4 unités
Nombre de destructeurs d'ozone	3 unités

Principales étapes du fonctionnement de l'installation :

- Filtration préalable de l'air
- Compression de l'air avant le traitement
- Pré-refroidissement de l'air à la sortie des compresseurs
- Refroidissement final et pré-séchage simultané
- Séchage de l'air à l'alumine
- Filtration de l'air après le séchage
- Distribution de l'air dans les ozoniseurs
- Génération d'ozone proprement dite
- Refroidissement des générateurs d'ozone
- Distribution de l'air ozonisé dans quatre chambres de contact
- Système d'ozonisation de l'eau
- Destruction de l'ozone non utilisé avant son retour à l'atmosphère

Les filtres de charbon actif

Quatre canalisations conduisent l'eau provenant des chambres d'ozonisation jusqu'aux filtres et la déversent dans des canaux qui distribuent les débits à chaque filtre à travers des robinets vannes. Tous les filtres fonctionnent en parallèle. L'eau filtrée est recueillie par un fond de collecteurs ramifiés et perforés, protégés par des couches de graviers de granulométries progressives, servant non seulement à capter l'eau, mais aussi à projeter sous pression l'eau et l'air pour le lavage des filtres à contre-courant.

Caractéristiques générales des installations de filtration :

Surface filtrante totale	2 000 m ²
Nombre de filtres (doubles)	20
Surface de chaque filtre 2 x 50	100 m ²
Vitesse de filtration avec débit maximum de 6 m ³ /s	10,8 m/h
Vitesse de filtration avec un filtre hors service pour nettoyage	11,4 m/h
Milieu filtrant	CAG
Perte de charge maximale du lit filtrant	3 mca
Granulométrie du CAG :	
Dimension effective	0,55-0,65 mm
Coefficient d'uniformité	1,9 ou moins

Les filtres ont une couche de CAG dont l'épaisseur, de 1,5 mètres, peut atteindre 2 mètres sans aucune modification importante.

Le temps minimum de contact de l'eau avec le charbon est donc de 8,3 minutes lorsque le débit traité est de 6 m³/s. Pour un débit moyen —70% du débit maximum—, le temps de contact s'élève à 12 minutes. Si la couche de CAG augmente à 2 mètres, les temps de contact minimum et celui correspondant au débit moyen s'élèveraient, respectivement, à 11 et 16 minutes.

La régénération du charbon actif

Le charbon actif des filtres doit être régénéré tous les douze mois ; cette opération s'effectue dans des installations, en service depuis 1978, dont la capacité de régénération est de 8 tonnes de charbon actif par jour.

La régénération s'effectue dans un four à foyer multiple et six soles. Le charbon circule de haut en bas du four, poussé par des bras de balayage qui se déplacent grâce à un axe tournant réfrigéré par air. Les conditions adéquates de température, atmosphère et faible niveau d'oxygène à l'intérieur du four permettent d'obtenir un charbon régénéré pouvant remplir les mêmes fonctions que le charbon neuf.

Le charbon est transporté des filtres à l'installation de régénération, et vice versa, au moyen d'un système fixe de canalisations et d'éjecteurs qui aspirent le charbon des filtres et permettent, presque sans intervention humaine, de conduire facilement les 3 000 m³ de charbon que l'on doit manipuler à chaque cycle de régénération.

Le réservoir d'eau traitée

Ce réservoir a une double finalité : régler le volume variable d'eau traitée de façon à obtenir un pompage final constant, et donner le temps de contact nécessaire à la post-chloration pour garantir que l'eau finale traitée à l'usine contient la dose correcte de chlore résiduel.

Le réservoir de 10 000 m³ comporte des parois de séparation entre les colonnes ; l'eau est ainsi obligée d'effectuer un long parcours sans zones mortes, ce qui garantit une rétention minimale qui excède de 32 minutes le temps dont disposaient jusqu'à présent les réservoirs de l'usine de traitement. Par conséquent, si nous tenons compte de la capacité globale de tous les réservoirs d'eau traitée, le temps minimum de rétention de l'eau, pour un débit de 5,3 m³/s, avant le pompage au réseau de distribution, est de 50 minutes.

Le pompage final

Après le traitement, l'eau est emmagasinée dans deux réservoirs, dont la capacité totale est de 4 000 m³, qui alimentent deux stations de pompage ; celles-ci impulsent l'eau, l'une à la centrale de Cornellà, avec un débit de 3 300 l/s et une hauteur manométrique de 5,5 mètres, et l'autre à la centrale de relais, avec un débit de 2 600 l/s et une hauteur manométrique de 54 mètres.

L'eau de la centrale de Cornellà (cote 10) et celle de la centrale de relais (cote 50) sont pompées de nouveau jusqu'aux réservoirs principaux de distribution (cote 100) situés à Esplugues.

Le laboratoire

L'usine de traitement de Sant Joan Despí dispose d'un laboratoire moderne, très bien équipé, où l'on procède aux déterminations et analyses physiques, chimiques, bactériologiques et biologiques, qui permettent non seulement d'exercer un contrôle permanent, mais encore de faire des travaux de recherche tendant à perfectionner les méthodes actuelles de traitement.

Le centre de télécommande

L'usine de traitement comprend un centre de télécommande qui contrôle automatiquement le fonctionnement de toutes les installations de la ligne de traitement.



Diagonal, 211 - Torre Agbar
08018 Barcelona
Tel.: 93 342 20 00
Fax: 93 342 26 62

comunicacion@agbar.es
<http://www.agbar.es>