

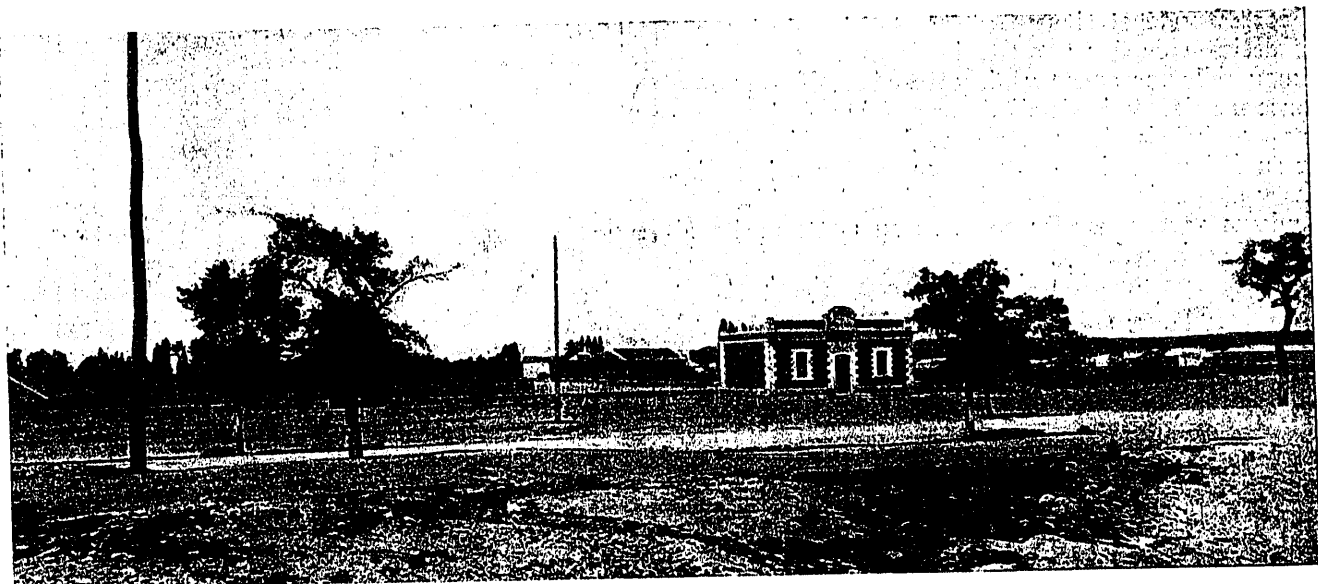
El abastecimiento de agua en Valladolid

Antecedentes históricos y estado actual del mismo

La reciente inauguración de la notable instalación de filtros que constituye la estación depuradora de las aguas que surten a la ciudad de Valladolid, y que es la primera en su género establecida en España, merece ser conocida de cuantos se interesen por estos servicios, y a tal fin va encaminada la presente ligera descripción de la misma, con indicación de algunos antecedentes de este abastecimiento, de que es propietaria la Sociedad Industrial Castellana, domiciliada en aquella capital, y que cuenta, entre otros, con este negocio.

La ciudad de referencia se surtió hasta el último tercio del siglo pasado, como tantas otras lo hacían,

La dotación de los 200 litros para el abastecimiento de Valladolid resultaba de abundancia extraordinaria para este objeto en la época de su inauguración, el año 1885, en que el número de habitantes de esta capital no se cifraba en más de 66 000, y sigue siendo muy suficiente para la población actual, aun teniendo en cuenta las necesidades crecientes de agua que trae consigo la vida moderna, si bien la gran extensión de la ciudad, su clima cálido y seco en el verano, la naturaleza de su suelo y la conservación de sus parques y jardines exigen mucho gasto para los servicios públicos, que penden también del citado abastecimiento. Claro es que esta afirmación puede hacerse condicionando el gasto de agua mediante contador y evitando el despilfarro. porque,



Vista general de la instalación

de aguas procedentes de manantiales, en la forma precaria que el caudal de éstos lo permitía, aparte de otro pequeño caudal que se tomaba del río Pisuerga, para atender penosa y exclusivamente a los servicios municipales urbanos. La calidad de las aguas de manantial no era ciertamente mala; pero no hay que decir que si la población hubiera tenido que continuar atendida a ellos, no hubiera podido conseguir el *confort* de vida y el embellecimiento experimentado, a que sólo pueden aspirar las urbes que cuentan con abundancia de aquel elemento. Y esto tuvo su origen en Valladolid por la iniciativa del marqués de Salamanca, una de cuyas postreras empresas fué la construcción del canal del Duero, obra destinada al riego de terrenos y al abastecimiento de aquella capital, con su dotación de 4 200 l/s, de los cuales los 200 eran concedidos para este fin. Obra de tal importancia pudo no haber sido negocio para su iniciador; pero no hay duda que constituyó un gran beneficio para Valladolid y los demás términos municipales que el canal recorre desde su toma en el río Duero, situada en Quintanilla de Abajo, con sus 50 kilómetros de línea, hasta el desagüe en el Pisuerga, de cuyo beneficio le es deudora esta zona a la referida personalidad.

no siendo así y por las razones expuestas, no habrá caudal que baste a tal fin.

Conocida es la bondad de la composición mineralógica del agua del Duero, cuya dureza total no excede de 22° ni la permanente de 8°, a los efectos de la potabilidad; pero no puede decirse lo mismo de su aspecto físico, debido a la materia en suspensión que contiene, en especial en la época de turbias, constituida principalmente por las arcillas que forman el lecho de aquel río y sus afluentes, de las que la parte debida al estado coloidal es muy difícil de precipitar por simple decantación. Y por lo que se refiere a la composición bacteriológica, puede afirmarse que no son peligrosas, porque la escasez de población de la zona que recorre el río Duero hasta la toma del canal y su gran pendiente favorable a la autodepuración de sus aguas le libran de contaminaciones peligrosas y facilitan su tratamiento bactericida. Hay que tener también en cuenta, como circunstancia favorable a la inocuidad de estas aguas, que la toma para Valladolid se hace sobre el canal a los 39 kilómetros de su recorrido, y que no recibe en el trayecto agua residual de ninguna clase. Estas buenas cualidades del agua del Duero están confirmadas por el hecho de que casi todos los pueblos ribereños

se surten de ella, tomándola directamente del río, con escasa o nula preparación, sin que existan en ellos, que sepamos, epidemias ni tampoco que se hayan producido epidemias atribuibles al uso de aquel agua. Y en apoyo de estas afirmaciones, consignamos que

arcillas, pues, además, este depósito tiene para esta clase de aguas el defecto de que las salidas de sus dos compartimientos para la población se hallaban muy próximos a las entradas a los mismos, y, por lo tanto, la sedimentación se producía fuera del pe-

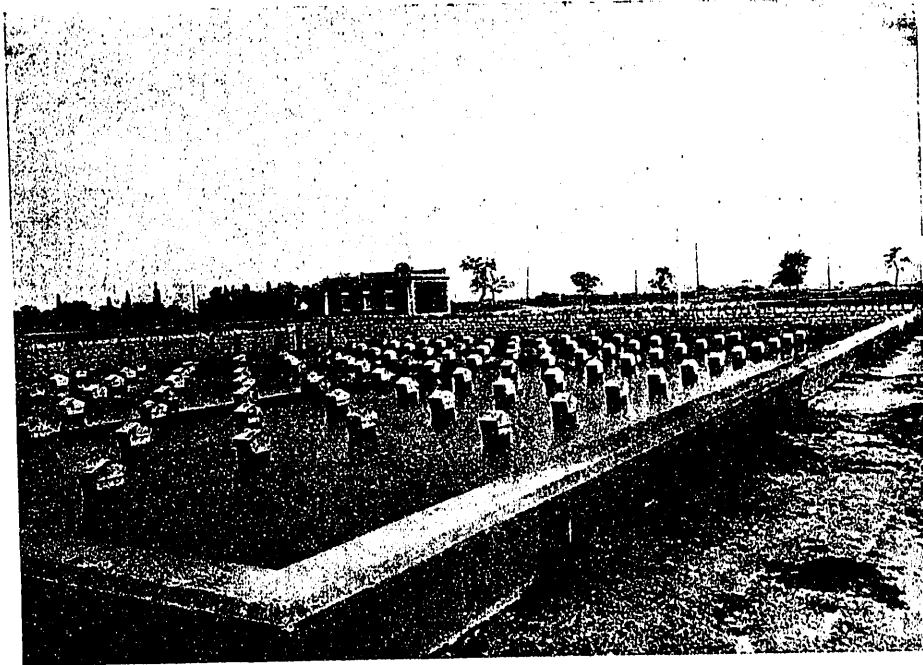
queño trayecto por el que circulaba el agua, y acababa por cegar el compartimiento disponible, anulándose la única utilidad que, así dispuesto, tenía, cual era constituir una reserva de agua para un caso de avería en el canal o de corte de ella en el mismo.

Terminado el compartimiento incompleto del depósito, y de ello se preocupó la nueva Empresa primordialmente, excepto en lo que a la cubierta se refiere, por considerarle obra inútil, cupo tener limpios los dos y contar con la reserva de agua de los 24 000 m³; pero no se podía pensar en que sirviera la obra como depósito regulador, lo que se hacía innecesario, ni tampoco de decantación, que más utilidad reportaría, porque la escasa altura del mismo sobre la población obligaba, para facilitar el servicio a domicilio, a tenerlo constantemente lleno a su

mayor altura, y aun así no alcanzaba la lámina de agua en el depósito más que 11,70 m sobre las partes altas de la población. Y como lo más urgente era atenuar las turbias, se recurrió para conseguirlo a establecer en este depósito la disposición conveniente para transformarlo en depósito de decantación me-

en la Memoria del ingeniero sanitario Sr. Molina y datos correspondientes al quinquenio 1923 al 27 ocupa la ciudad de Valladolid el segundo lugar en el orden de menor mortalidad por tifoidea de las poblaciones que se surten de agua de río expuestas a poluciones, sin que esto quiera decir que las epidemias tíficas obedezcan siempre a contaminaciones de las aguas por el bacilo de Eberth, como, sin fundamento, se ha hecho creer al público en muchas ocasiones, produciendo una lastimosa desorientación en la aplicación de los medios de combatirla y un daño a las entidades que hacían el abastecimiento.

Desde que se inauguró el servicio de agua del Duero a Valladolid hasta el año 1900, en que la Sociedad Industrial Castellana se hizo cargo de la concesión del canal, del que constituía aquél, como hemos dicho, uno de los fines, permaneció sin terminar el depósito de abastecimiento. Este depósito, con una capacidad de 24 000 metros cúbicos, se halla constituido por dos compartimientos de 12 000 metros cúbicos cada uno, de los cuales el del lado Nordeste está terminado, y al otro le faltan dos muros de recinto y la cubierta, hallándose, por lo tanto, inútil para el servicio, y, por consecuencia, no había manera de proceder a la limpieza del otro, que se encontraba completamente lleno de



Depósito de decantación



Vista de la estación depuradora

diente tabiques de hormigón armado en laberinto, que procura el mayor recorrido posible al agua hasta su salida para el abastecimiento, y que tiene lugar por superficie para no perder altura sobre la ciudad. Esto tuvo lugar el año 1912.

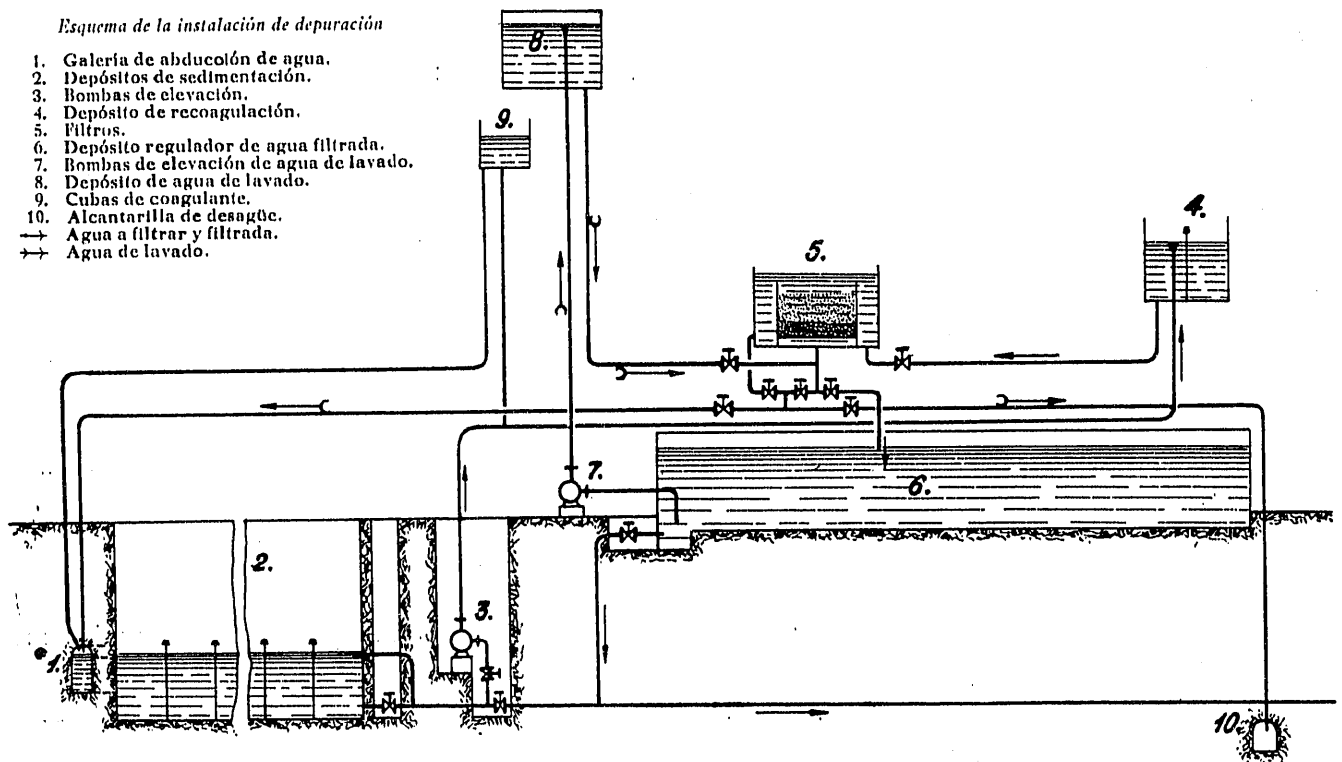
De tal manera venía dotada de agua Valladolid, con un régimen de caño libre para los suministros domésticos, que compensaba en cierto modo la deficiente presentación del agua, dada la liberalidad con que se servía. Pero este estado de cosas debía de tener un límite, y este límite lo impuso el desarrollo de los servicios, escasos, no obstante, aún en la actualidad para lo que debieran ser en una población del número de habitantes de Valladolid, y la necesidad de dar satisfacción al deseo del vecindario de tener agua al abrigo de turbidez en todo momento.

Estudios y ensayos de personas competentes demuestran que la filtración por arena de las aguas del Duero, preparadas por el empleo de dosis conve-

que en otro tiempo tuvieron, por ser mucho menos prácticos que los rápidos, y por esta razón no pudo pensarse en su adopción en este caso.

La descripción de los expresados filtros, cuya característica es mecanizar la filtración para conseguir mediante dispositivos adecuados la máxima garantía de perfección, tanto en la limpidez como en la corrección bacteriológica del agua, haría demasiado extenso este artículo, por lo cual nos limitamos a consignar que sus grandes ventajas son: su gran rendimiento, con un gasto constante; la facilidad y rapidez con que se limpian, sin peligro alguno de contaminación, pues no se precisa manipular la arena con intervención directa del hombre y de herramientas

Esquema de la instalación de depuración



nientes de sulfato de alúmina como coagulante, es de un efecto eficaz y el más adecuado, dada su composición, para su tratamiento, pues conduce a darlas las características organolépticas exigidas por los Congresos de Higiene y una composición química y microbiológica que se halla dentro de los límites de potabilidad.

El programa a realizar era, pues, someter las aguas a una clarificación eficaz, que en todo caso se hace indispensable, y es previa de cualquier procedimiento de esterilización complementaria, con lo que, si algún día ésta fuese de necesidad, estaba ya dado el paso principal en el orden de las instalaciones requeridas, y tal programa se llevó a la práctica con la adopción de los filtros rápidos de gravitación, americanos, sistema Jewell, que a la perfección con que clarifican el agua mediante el empleo del coagulante, una el efecto de una disminución de bacterias no menor del 97 por 100 de las contenidas en el agua bruta, con un máximo de 75 por término medio en centímetro cúbico, si el contenido de aquéllas no excede de 3 000, en la misma unidad. No hay para qué consignar, por ser sobradamente conocido, que los filtros lentos de tipo europeo han perdido la boga

aportadas del exterior, sino que todo se hace en el interior del filtro por los medios mecánicos de que al efecto está provisto, y sin pérdida alguna de aquella materia, cuya superficie queda de una regularidad admirable al fin de la operación, y, por fin, la posibilidad de hacer con ellos una instalación en local cerrado, al abrigo de los agentes atmosféricos y de todas las causas de contaminación de los filtros emplazados al aire libre.

La preparación del agua con el sulfato de alúmina indispensable para su tratamiento en filtro rápido no añade al agua ninguna sustancia extraña ni algo peligroso a la salud, y lo único que resulta de su empleo es un aumento insignificante de la dureza permanente del agua, pues de la alúmina formada no quedan en ésta ni trazas.

La adopción de tales filtros tenía también la ventaja de aprovechar todos los elementos de que disponía la primitiva instalación para tomar de ella el agua convenientemente decantada por el empleo del coagulante. Estaban, pues, indicados por estas múltiples razones.

La implantación de los filtros elegidos requería obras de mucha importancia, cuyo proyecto debía so-

meterse previamente a aprobación del Ministerio de Obras públicas, de donde proviene la concesión de aguas, así que, entre estudios, tramitación y ejecución de los trabajos, transcurrió bastante tiempo hasta verlo realizado y en explotación. De la instalación

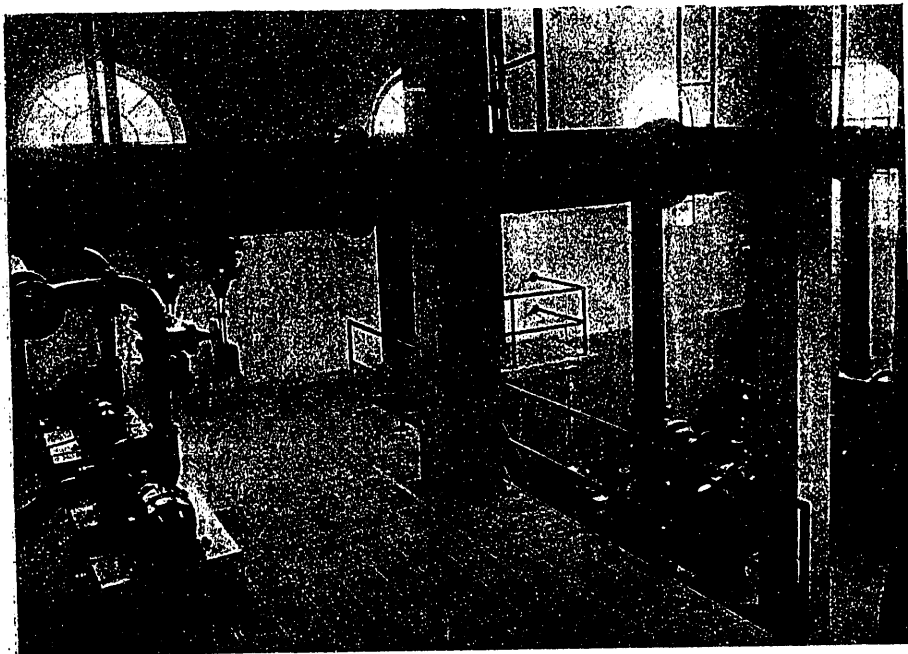
de agua filtrada de 90 m³ de capacidad, para lavado de arena de los filtros, a donde se eleva, mediante dos motobombas capaces para 15 litros por segundo, a una altura de 13 m; de una instalación para preparar el coagulante, compuesta de tres cubas de madera de ciprés, de 5,400 m³ de cabida, con todos sus accesorios y embudos de chonita para distribución del líquido, que reciben a presión constante para exactitud en la dosificación, que está servida por un pequeño montacargas eléctrico y un compresor rotativo, para facilitar por insuflación de aire la disolución del coagulante, y, por fin, de una subestación de transformación de la energía eléctrica necesaria para el mando de motores y el alumbrado, compuesta de cuadro de alta tensión, dos transformadores trifásicos de 100 kva, con su correspondiente cuadro y aparatos de medida y cuadro de salida de líneas.

En el laboratorio de dirección, dotado del material necesario, existe el tablero de los aparatos receptores y registradores de los dos contadores Venturi y de

antigua se aprovecharon, como se ha expresado, los depósitos de sedimentación, y se construyó al lado de éstos la estación depuradora, situada en un plano superior a aquéllos, no sólo para no perder altura por la filtración, sino para mejorar la carga sobre la ciudad con respecto a la que daban aquellos depósitos, ocasionándose obras considerables de desmonte para la colocación de tuberías, el enlace de los mismos a la estación depuradora, dada la profundidad a que se hallan en la meseta donde están construídos.

Dicha estación está proyectada para tratar 200 litros de agua por segundo por término medio, pero con margen hasta de un 50 por 100 para atender a las horas y épocas de mayor consumo, así como a su incremento futuro. Consta de un grupo de elevación, compuesto de tres motobombas de 110 litros de rendimiento al segundo cada una, que mandan el agua a un depósito llamado de recoagulación, de 800 m³ de capacidad, de donde aquella pasa, por gravedad, a los filtros; de 12 filtros Jewell, de 5,18 m de diámetro (17 pies ingleses), con sus reguladores de gasto e indicadores de lavado, instalados en una nave de 44 m de largo por 17 de luz; de un depósito regulador de agua filtrada de 6 000 m³ de cabida, situado bajo la nave de filtros; de un depósito

los tres Watson de que está dotada la instalación, así como un aparato registrador del nivel de agua filtrada en el depósito regulador. La energía eléctrica necesaria la suministra una central propia de la Sociedad por una línea aérea de 1'282 m hasta la torre-



Bombas de elevación

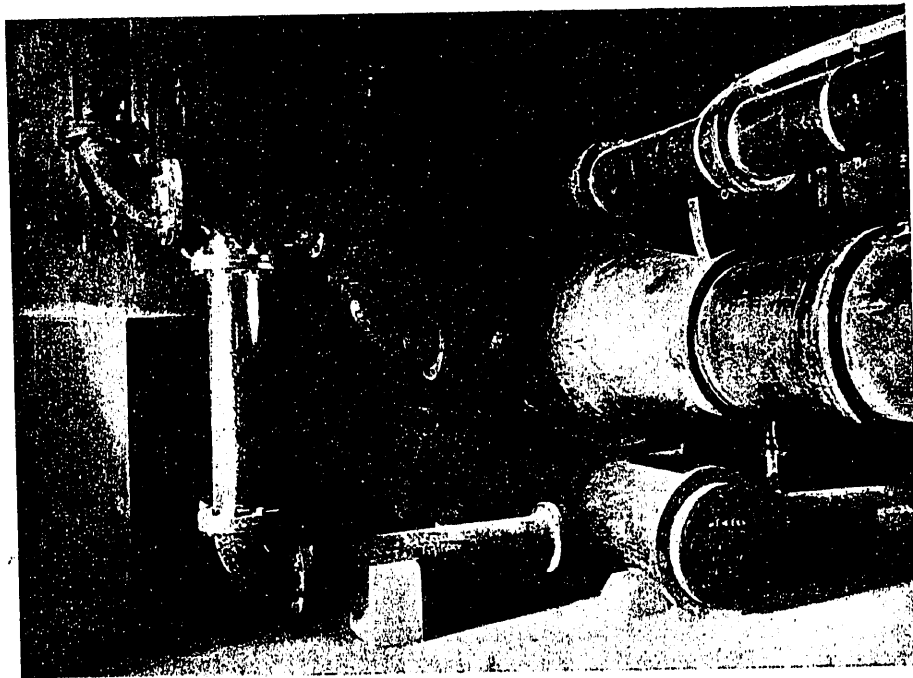


Nave de filtros. Al fondo, instalación para el coagulante

ta, donde se hallan los aparatos de protección inmediata al grupo de construcciones, y de 75 m de línea subterránea desde aquella a la subestación; la corriente de la línea es trifásica, a 5 000 voltios y 50 períodos, que se transforma en la instalación a 220 v.

La disposición general de la construcción es la siguiente: En el cuerpo anterior, en su parte en fosos, están las bombas de elevación, y en su planta baja las bombas de agua para lavado de los filtros, la subestación eléctrica y el depósito del coagulante; en su primer piso, dominando la planta de filtros, se haya la estación de coagulante, y sobre ésta, el depósito de agua filtrada para lavado.

Detrás de este cuerpo, y a 0,50 m bajo la superficie del suelo exterior, se halla el depósito regulador, protegido contra los cambios de temperatura por una capa de tierra sobre el techo y contra las paredes exte-



Tubería de servicio

riores. Sobre este depósito, y adosado al cuerpo anterior del edificio, está la nave de filtros, y a la terminación de ésta, haciendo T sus ejes, y también sobre el depósito regulador, se halla el de recoagulación. Entre el techo del depósito regulador y el piso de maniobra de los filtros, y entre las dos filas de filtros, están las tuberías de servicio. El depósito regulador está dividido por tabiques en dos compartimientos, que se comunican mediante dos compuertas, y está dotado, por lo tanto, de dos salidas de agua hacia la red de distribución.

Para el lavado de la arena de los filtros, que, como queda dicho, se hace dentro de ellos mediante circulación de agua filtrada en dirección contraria a la marcha de la filtración y remoción de la arena, tiene cada uno su motor, con marcha reversible, de cinco caballos, que acciona el aparato de que al efecto están dotados.

La composición de estos filtros consiste en dos capas de gravilla cuarzosa, una de 14 cm de espesor y granos calibrados a un tamaño de 4 a 2,5 mm, y otra de 10 cm, cuyos granos son de tamaño de 2,5 a 1,75 milímetros; sobre estas capas descansa el lecho de arena fina cuarzosa, calibrada de 0,46 a 0,70 milímetros, exenta de mica, de carbonatos y de toda impureza. La preparación de la arena para los doce filtros ha sido una operación muy laboriosa, pues, aparte

de la elección de arenoso que reuniese condiciones a propósito para su captación, se hizo preciso un doble tamizado de varios cientos de metros cúbicos de este material para conseguir los 270 necesarios para garantizar los filtros, lo que, unido a su transporte, representa un gasto desusado por metro cúbico de material filtrante.

La adición de coagulante se hace en su mayor parte en el agua bruta al entrar en los depósitos de sedimentación, incorporando luego otra pequeña dosis en la tubería que la conduce desde las bombas de elevación al depósito de recoagulación. Y al objeto de que el sulfato últimamente añadido tenga algún tiempo para producir su efecto, se obliga al agua a un largo recorrido en este depósito por medio de un tabique longitudinal, que lo divide en dos canales, de los cuales uno está interrumpido en su centro por otro tabique, hallándose a un lado de éste la entrada de agua y al otro su salida para los filtros. La lámina de agua en este depósito está a 0,60 m más alta que la que se establece dentro de éstos.

El elemento constructivo dominante en esta instalación es el hormigón armado, y salvo el material especial de los filtros suministrado por la Casa Jewell Sport Filter Co., todo lo demás es producto de la industria nacional. Su coste, incluyendo los gastos hechos por la Sociedad para dotar a su central hidroeléctrica de un grupo térmico constituido por motor Diesel de 220 caballos, acoplado a alternador, a fin de asegurar en todo momento la fuerza necesaria a sus industrias, y los 140 caballos que precisa tener disponibles para la estación depuradora, se acerca a 3 millones de pesetas.

La población de Valladolid cuenta, pues, con una nueva instalación perfecta de filtración y corrección bacteriológica de las aguas de consumo, habiendo mejorado la presión de suministro merced a ella en 5 m aproximadamente, pudiendo decir que sus resultados responden a las previsiones.

Pero al lado de esta nota favorable forzoso es consignar que si la presión del agua no se ajusta por completo a las condiciones del abastecimiento se debe a que, por no haberse podido establecer aún el suministro por contador debido a expedientes de orden administrativo, y continuando el sistema de caño libre, hay un gran despilfarro de agua, que, en primer lugar, hace bajar el nivel piezométrico de las tuberías, con perjuicio de los pisos muy elevados, y además causa un evidente daño a los intereses de la Empresa, que inútilmente trata cuanta agua se derrocha.

Hay que decir, para terminar, como justificación de que sólo exista una red única de distribución del agua para toda clase de usos, que el ahorro de gastos en la instalación y en el tratamiento de la que se gas-

ta en los que no son de índole personal no compensaba el interés y la amortización de otra red, dada la extensión superficial de Valladolid. Esto no obstante, se ha establecido una conducción independiente

para aguas simplemente decantadas, de unos 14 kilómetros de recorrido, que sirve la zona en que mayor consumo hay de ella para riego de parques y arbolado.

Celso ESCOBEDO
ingeniero Industrial

Revista de revistas

MEMORIA SOBRE LA CORROSIÓN Y FATIGA MECÁNICA EN LAS TURBINAS "PELTON", por *Alejandro Perrig*, ingeniero.

Los esfuerzos a los cuales están sometidas las paletas de una turbina de vena libre se producen por las fuerzas centrífugas y por la acción del chorro. Las fuerzas centrífugas son proporcionales al cuadrado de la velo-

llado por la presión de éste, así como la tensión de flexión producida, crece, de un valor nulo (en el momento en que el chorro entre en la paleta), a un valor máximo (en el momento en que el chorro actúa plenamente sobre la paleta), para volver a bajar con la misma rapidez al valor nulo (en el momento que la paleta sale del chorro). Este fenómeno se repite durante el servicio con una frecuencia función directa de la velocidad y del número de chorros que actúan sobre la rueda. Estos esfuerzos periódicos, que se superponen a las tensiones centrífugas, originan flexiones elásticas y vibraciones correspondientes en las paletas. Se trata, pues, de un trabajo de percusión sobre la zona de las tensiones centrífugas, que se repite constante y muy rápidamente; así que, durante el servicio, las paletas nunca pueden descansar.

Juntamente con la corrosión que se observa al mis-

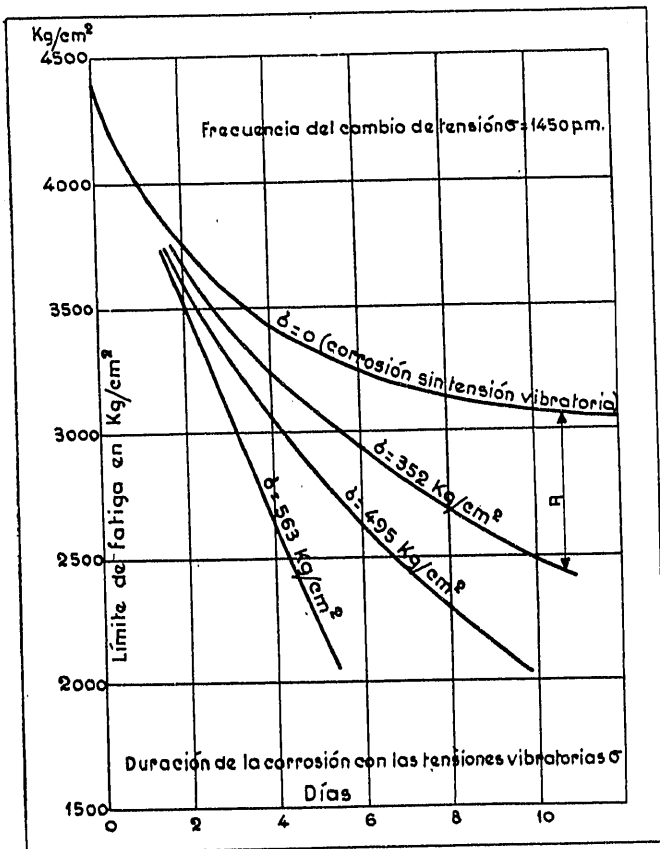


Fig. 1.

cidad periférica. Producen en el material de la paleta, esencialmente, tensiones de tracción radiales que, debido a la uniformidad de la velocidad durante el servicio normal de la turbina, se pueden considerar como constantes. Estas tensiones, por otra parte, actúan como cargas permanentes, no dando lugar a ninguna dificultad en lo que concierne a la construcción de la turbina, debido a su carácter bien definido y a su constancia. Aun en el caso excepcional en que se embale la turbina, puede garantizarse fácilmente un factor de seguridad suficientemente grande, debido a la construcción adecuada de las paletas y a su unión con la rueda.

Otras características esenciales presenta la acción del chorro, indicada más arriba como segunda causa de los esfuerzos sobre las paletas. En cada paso de la paleta bajo la línea de acción del chorro, el esfuerzo desarro-

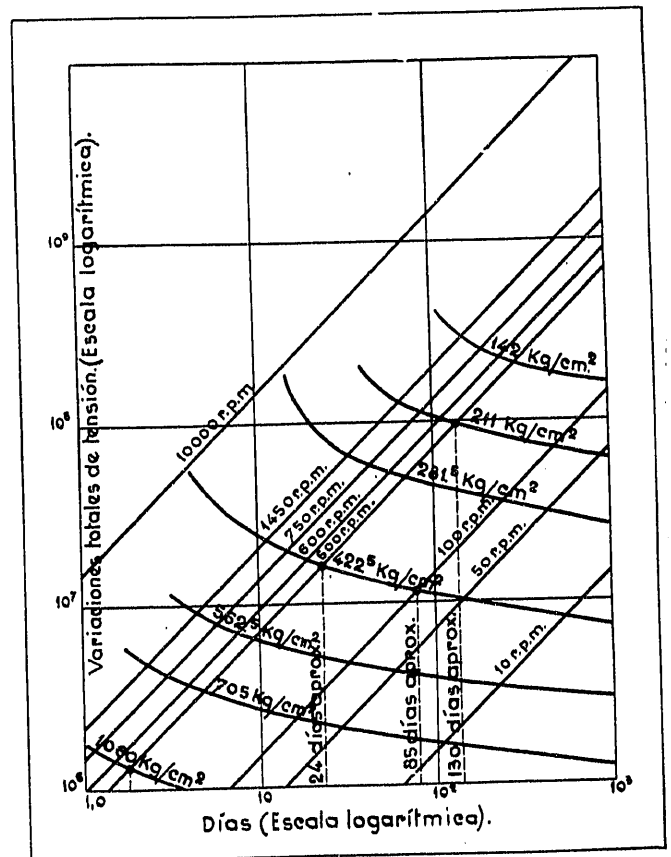


Fig. 2.

mo tiempo, y de la cual hablaré más adelante, estos esfuerzos periódicos son causa de una prematura fatiga y, por lo tanto, de peligros de deterioro del material (véase fig. 5 b), en el caso en que su importancia y su frecuencia sobrepasen ciertos valores límites.

Los experimentos, muy minuciosos y extensos, realizados por Haigh ("Experiments of the Fatigue of Brasses"), y, sobre todo, los llevados a cabo por D. J. Mc-