

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

FUNDADA Y SOSTENIDA POR EL CUERPO NACIONAL DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Redactor-Presidente... Excmo. é Ilmo. Sr. D. Leonardo de Tejada, Inspector general del Cuerpo
Redactores..... Los Sres. Presidentes de las Comisiones regionales de Ingenieros.
 D. Antonio Sonier, Profesor de la Escuela de Caminos.
 D. Manuel Maluquer, Ingeniero del mismo Cuerpo, *Secretario*.
Colaboradores..... Todos los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

SE PUBLICA LOS JUEVES

Redacción y Administración: Puerta del Sol, 9, pral.

UN DESAGRAVIO AL RIO MANZANARES

Me he ocupado en otro número de la REVISTA de los grandes beneficios que reportaría la construcción de un pantano, emplazado en punto conveniente del cauce del Tajo, uno de nuestros ríos más caudalosos, y á fin de apreciar las ventajas de aquella clase de obras, refiriéndolas á corrientes de diversa importancia, me ocuparé hoy de un río mucho más modesto, el Manzanares, de todos conocido, y que por su proximidad á la capital de España no consentirá seguramente que falte á la verdad en las apreciaciones que paso á exponer.

Nace el río Manzanares en la vertiente Sur de la cordillera Carpetana, al Este del puerto de Navacerrada, y sus clarísimas aguas se despeñan en torrente entre las masas graníticas que las encauzan hasta llegar al pueblo de Manzanares el Real, situado al pie de la falda de la sierra, donde abre su valle y riega una zona de terreno bastante limitada, porque no otra cosa permite la pobreza de su caudal, hasta el punto de que en los meses del estío se verifican esos riegos de una manera desordenada y tumultuosa.

Desde dicho punto hasta que se presenta á las puertas de la capital no presta otro servicio que el de poner en movimiento media docena de vetustos batanes y molinos, que por su insignificante importancia no valen la pena de fijar en ellos la atención.

En la confrontación de la Corte, bien sabido es que se aprovechan sus aguas en baños y lavaderos, cuyas condiciones de salubridad y de higiene dejan mucho que desear, y aun así, no llegaría á realizar aquellos fines si no estuviese ayudado en el servicio doméstico por los grifos de su compañero el Lozoya; riega al Sur pequeñas zonas de terreno; recoge en cuanto puede dentro de sus escasas fuerzas los productos de las cloacas de la población; expide miasmas mefíticos que hacen insalubre toda la zona que le queda por recorrer, y cuando llega á su desembocadura en las inmediaciones de Vaciamadrid, penetra en el Jarama una especie de tinta pestilente que siembra la muerte entre los seres que nadan en este río.

¡Nada tiene, pues, de extraño que el río Manzanares haya sido en todas épocas tan motejado y maltrecho! Pero no es suya toda la culpa; no es que su corriente, ni su cauce, ni su cuenca ofrezcan tan malas condiciones que no se presten á una decorosa transformación; antes por el contrario, sus circunstancias son muy favorables, dicho sea en desagravio de las burlonas sátiras de que siempre ha sido objeto.

Esas circunstancias son tales, como vamos á ver, que los riegos de Manzanares el Real pueden ampliarse y verificarse de una manera tranquila y ordenada; los envejecidos y destartados batanes y molinos pueden convertirse en grandes fábricas de fluido eléctrico que traigan á Madrid luz y movimiento; el servicio de baños y lavaderos puede hacerse en condiciones mucho más favorables; los miasmas insalubres, si no desaparecen, dis-

minuirán considerablemente desde el momento en que se aumente el caudal de sus aguas; podrán crearse importantes regadíos en el trayecto que recorre por bajo de la capital; los productos del alcantarillado se utilizarán en esos riegos como materias fertilizantes, y sus escorrentías, volviendo al cauce primitivo, llegarán al Jarama compitiendo en transparencia con las aguas de este río.

Para demostrar la posibilidad de estas ventajas, voy á considerar dividido el curso del río Manzanares en dos partes: la primera que comprende desde su origen hasta el punto denominado «Marmota», término de Colmenar Viejo, que mide en longitud más del tercio del recorrido total de la corriente; y la segunda, desde dicho punto hasta su desembocadura en el Jarama.

Se funda esta división, en que el punto indicado como límite de las dos regiones es donde se puede establecer el último de los pantanos que han de proponerse; es decir, que la región superior de la cuenca debe ser la destinada á suministrar agua para los embalses, y la inferior la que ha de reportar principalmente los beneficios de una conveniente distribución del agua almacenada; y hablo en plural al tratar del establecimiento de embalses, porque las circunstancias del cauce del río Manzanares no se prestan á la construcción de un gran pantano.

En efecto, la pendiente de la vaguada en la región alta es bastante considerable, variando mucho, como es natural, en sus diversos tramos, y las laderas de una y otra margen encajonan el cauce, sin ofrecer ensanches donde pueda obtenerse una gran capacidad de embalse, á no exceder en demasía la altura del dique de contención de las aguas; pero en cambio los puntos más favorables para el emplazamiento de estos diques presentan excelentes condiciones para construirlos con la mayor economía.

La roca granítica aparece al descubierto en el lecho del río y en sus márgenes, de manera que las fundaciones serán sólidas, seguras y poco costosas; el lienzo de los muros presentará poca superficie, por el estrechamiento de las laderas en que han de empotrarse; y los principales materiales se encontrarán al pie de obra ó á poca distancia, y con fácil transporte. En tales condiciones, la construcción de los pantanos ha de ser muy económica, y no resultará por consiguiente gran aumento de gasto en disminuir su capacidad aumentando el número.

Hay además otra razón que aconseja la ejecución de dos ó tres pantanos pequeños en vez de uno grande. En la región alta que estoy considerando, pueden obtenerse dos saltos de agua importantísimos, de que hablaré después, y otro al principio de la región baja, dentro de ella. El primero, que es el más importante, está situado en punto muy alto de la cuenca, donde ésta no presenta superficie bastante para recoger y almacenar las aguas necesarias á la regularización de la corriente del río Manzanares, y el establecimiento de un solo pantano en la parte baja de la región considerada, impediría el aprovechamiento de los dos primeros saltos, que representa una fuerza motriz muy considerable, dejando además desatendidos los riegos de Manzanares el Real.

Téngase además en cuenta, como he dicho anteriormente, las extraordinarias proporciones que exigiría el dique de un solo pantano, y se vendrá en conocimiento de las dificultades y de los gastos que tal solución ocasionaría.

En razón de estas consideraciones, de los datos que he recogido en la cuenca del Manzanares, y de los que me han suministrado otros Ingenieros que la conocen mucho mejor que yo, creo que pueden y deben construirse tres pantanos: uno en el límite de las dos regiones que he considerado, sitio denominado «Marmota», con una capacidad de 8 millones de metros cúbicos; otro, cinco kilómetros agua arriba del anterior, en el sitio llamado «Presa de Garra», de 10 millones de metros cúbicos, y el tercero, con millón y medio de metros cúbicos, en el punto titulado «El Risco», seis kilómetros agua arriba del pueblo de Manzanares el Real.

Este último está concedido á un particular, pero debiera construirlo el Estado; aun cuando el concesionario se adelantase, como su objeto es el de regularizar la corriente para el aprovechamiento de un salto, sus efectos para el objeto que se persigue serían los mismos que si estuviese en manos de aquella entidad.

Por último, el Marqués de Santillana está construyendo, para el mismo objeto que el anterior, un pequeño pantano de 800.000 metros cúbicos de capacidad, agua arriba de los dos primeros.

En resumen, se dispondrá para la regularización de la corriente de cuatro depósitos, en los cuales pueden almacenarse, en números redondos, 20 millones de metros cúbicos de agua, con la particularidad de que las crecidas del Manzanares, en su región alta, arrastran muy poquísimas materias en suspensión, y por consiguiente, no ha de haber ninguna dificultad para la limpieza de los embalses, cuya capacidad se conservará íntegra en todo tiempo.

Veamos ahora si hay posibilidad de almacenar esos 20 millones de metros cúbicos, para lo cual es necesario calcular la cantidad de lluvia que cae anualmente sobre la superficie de la cuenca correspondiente y restar de ella las pérdidas por absorción y por evaporación normal.

A este efecto me voy á valer de los datos pluviométricos del Observatorio de Madrid, publicados por el que fué Director de este Establecimiento, D. Miguel Merino, en un libro que se titula *Treinta y cinco años de observaciones meteorológicas*, y comprenden desde el 1860 al 1894. Claro es que me coloco en condiciones desfavorables aplicando á la región alta del Manzanares los datos pluviométricos de Madrid, puesto que es sabido que las lluvias son por regla general más abundantes en los puntos de mayor altitud.

Pues bien; de esas observaciones se deduce que el promedio anual de la altura de lluvias que acusa el pluviómetro en Madrid es de 419,7 milímetros; que el año de mínima lluvia, en los treinta y cinco que comprenden las referidas observaciones, fué el de 1869, y su altura de 258^{mm},0; y que el año de lluvia máxima fué el de 1885, con una altura de 698^{mm},1. Como lo que interesa principalmente conocer es el mínimo caudal de la corriente cuando haya llegado á regularizarse, tomaré como tipo la cantidad de lluvia correspondientes al año más seco.

La superficie de la parte de la cuenca que ha de suministrar agua para los pantanos, medida sobre una carta de la provincia de Madrid, es de 377 kilómetros cuadrados, y siendo la menor altura de lluvia en un año de 258,0 milímetros, la cantidad mínima de lluvia durante el mismo período de tiempo en la parte de cuenca que consideramos, será de $377.000.000 \times 0,258 = 97.266.000$ metros cúbicos.

Todo este volumen de agua no llega á los embalses; una parte se pierde por evaporación y otra por absorción del terreno, por más que ésta vuelva al río para alimentar su corriente ordinaria. Estas pérdidas por absorción y por evaporación son muy difíciles de calcular, porque dependen de muchas circunstancias cuya influencia no puede aquilatarse, salvo los dos casos extre-

mos de un terreno llano, cultivado y muy esponjoso, que absorbe casi todas las aguas de lluvia, y de una cuenca de fuertes vertientes descarnadas de vegetación y de suelo impermeable, donde la absorción tiene muy poca importancia, sobre todo si las lluvias son torrenciales, en todos los demás casos se calcula que las pérdidas por los dos conceptos expresados varían entre el 20 y el 70 por 100 del producto de las lluvias.

No es la región alta de la cuenca del Manzanares de las que más se prestan á la absorción de las aguas de lluvia; las grandes inclinaciones de sus vertientes, su escasa vegetación, su suelo granítico, las poco extensas zonas de cultivo y aun las propias circunstancias de las lluvias, que si bien no son torrenciales, tampoco son tranquilas y persistentes, no permiten que la absorción sea muy considerable, y no abrigo duda, por consiguiente, al afirmar que las pérdidas de que me ocupo se aproximan más al primero que al segundo de los límites que he consignado.

Afortunadamente esta cuestión pierde en el caso que considero toda su importancia, porque los 20 millones de metros cúbicos que suman las capacidades de los embalses propuestos, no representan un gran volumen en relación con los productos de las lluvias; así es que, aun suponiendo que las pérdidas por absorción y por evaporación se aproximen más al segundo límite, y se calculen en un 60 por 100, quedarán siempre de los 97.266.000 metros cúbicos que representan los productos de las lluvias, aguas suficientes para llenar los embalses dos veces durante un año.

Es verdad que no todas las aguas de las crecidas pueden embalsarse, sobre todo cuando los pantanos no están vacíos; pero nótese que estamos tomando como tipo el año de mayor escasez de lluvias que ha habido en Madrid en el período de los treinta y cinco que han transcurrido desde 1860 á 1894.

No ha de presentarse, por lo tanto, dificultad en tener llenos y disponibles los embalses en la fecha del año que más convenga, y de este punto me volveré á ocupar más adelante; la dificultad principal ha de consistir en la forma de distribuir de la manera más conveniente las aguas almacenadas, según las épocas y los servicios á que se destinen.

Para esto sería preciso conocer perfectamente el régimen del río por aforos, que se hubiesen hecho en diferentes puntos del cauce y en distintas épocas del año; pero desgraciadamente no los hay; los que yo conozco son tan pocos y tan incompletos, que no pueden en modo alguno servir de base para conocer las circunstancias que concurren en el régimen del Manzanares, siendo de desear que estos estudios se lleven á cabo lo más pronto posible; pero esas aguas almacenadas tienen que prestar diferentes servicios, y esto, que parece una nueva complicación, va á venir, sin embargo, en mi auxilio, para subdividir la dificultad y batirla en detalle. Estos servicios son de tres clases: agrícolas, industriales y urbanos. Los últimos son en mi concepto los más importantes, y de ellos me voy á ocupar en primer término.

La cifra de la mortalidad en Madrid es verdaderamente alarmante cuando se la compara con la que han llegado á conseguir otras capitales y poblaciones importantes de Europa, y no es extraño que desde hace mucho tiempo se esfuercen los higienistas en buscar y escudriñar, en los diferentes órdenes de relaciones de la vida con las situaciones y los agentes que nos rodean, las causas que producen ese exceso de mortalidad, tan desfavorable y hasta tan poco honroso para nosotros, puesto que coloca á la capital de España en un lugar muy atrasado de cultura con respecto á higiene.

Entre las múltiples medidas que pueden y deben adoptarse para mejorar la situación actual, entiendo yo que no se concede toda la importancia y toda la atención que merece á una que habría de producir los más saludables efectos, cual es, el aumento del caudal del río Manzanares.

No es posible que una gran población del interior disfrute de

excelentes condiciones higiénicas, si no está situada en las orillas de un río caudaloso. Fomenten cuanto quieran las Autoridades la higiene privada; establezcan en buen hora los más perfectos servicios de policía y de limpieza en calles, plazas, paseos y edificios, dispongan de un sistema de alcantarillado todo lo bien estudiado y distribuido que pueda imaginarse, y es indudable que con tales elementos se habrá conseguido conducir á las afueras de la población to los sus despojos, sus restos y sus inmundicias; pero esto no basta; esas materias constituirían un foco de infección que invadiría la población de que proceden, si no se dispone de una corriente con suficiente caudal para recogerlas en su totalidad, y disolviendo unas, esterilizando otras, y arrastrándolas todas, evite las emanaciones y miasmas deletéreos que tan nociva influencia pueden traer en la salud pública.

Nadie duda de que el caudal exiguo del Manzanares es insuficiente para recoger y arrastrar los productos del alcantarillado de Madrid; todos conocen la atmósfera impura y viciada que se respira en las orillas del río al S. y al S. O. de la capital, y todos saben también que esa comarca está deshabitada y estéril, extendiéndose la influencia en más ó menos grado á todo el resto de su curso hasta que desemboca en el Jarama, y por consiguiente, es una medida higiénica de alta importancia la de aumentar en cuanto sea posible el caudal del Manzanares.

Hay además en esta cuestión una circunstancia agravante, que es la situación relativa de la población y de la zona en que se desarrollan esos miasmas. Se encuentra ésta situada entre el S. y S. O. de aquélla, de suerte que los vientos cálidos de esa primera mitad del tercer cuadrante, los más favorables para provocar y desarrollar emanaciones insalubres y perniciosas en las materias que Madrid excreta, son á la vez los que las dirigen y conducen al centro de la población.

Vuelvo á consultar los preciosos datos sobre observaciones meteorológicas en Madrid, á que antes me he referido, y encuentro un cuadro que resume la frecuencia relativa de los ocho vientos principales, expresada con relación al número 100, en el conjunto de los treinta y cinco años, desde 1860 á 1894, y aparece que los vientos dominantes son el N. E. y el S. O., estando representada la frecuencia del primero por el número 26, y la del segundo por 21; es decir, que estos dos vientos por sí solos reinan casi el mismo tiempo que los seis restantes.

Dejo el primero, que no me interesa para mi objeto, y veo que la frecuencia del S. está representada por el número 8, de manera que la suma de las frecuencias del S. y del S. O. será de 29, que arroja un término medio de frecuencia al año de ciento seis días; luego esos vientos, cuyos perniciosos efectos acabo de hacer constar, tienen además el inconveniente de reinar durante casi una tercera parte del año.

Por último, examinada la frecuencia de los vientos en los diferentes meses del año, resulta que el S. O. domina en los de Abril y Mayo, que tan propicios son para el desarrollo de enfermedades y epidemias en Madrid; en todos los demás domina el N. E.

Si de la zona del Sur pasamos á la del O. y NO. en la parte comprendida entre el puente de los Franceses y el de Segovia, donde se verifican los servicios de baños y lavaderos, se observa también que éstos dejan mucho que desear por la escasez de la corriente del Manzanares. Los encharcamientos que se forman en los meses del estío son otros tantos focos de paludismo; los baños tienen lugar en excavaciones practicadas en el terreno de aluvión, donde el agua se renueva difícilmente, y el lavado de las ropas se aglomera en cortos espacios y en aguas poco corrientes, que pueden ser origen de contagio ó de desarrollo de enfermedades infecciosas.

Todos estos inconvenientes pueden cortarse con una conveniente distribución en el estío de las aguas sobrantes almacenadas en los pantanos durante el invierno.

Sentados estos precedentes, veamos ahora cuál es la forma de distribución más conveniente de los 20 millones de metros de

agua que caben en los pantanos propuestos, bajo el único punto de vista, por el momento, de atender á las necesidades de los servicios urbanos de la capital.

Bien sencillo es de comprender que lo que éstos exigen sin excepción alguna, es que se aumente el caudal ordinario del Manzanares en los meses de su mayor escasez, que son los de Junio, Julio, Agosto y Septiembre, puesto que de Octubre á Mayo los referidos servicios se llenan, si no con la perfección que fuera de desear, al menos con relativo grado de aceptación. El aumento del caudal ordinario del río, en cada día y en cada uno de aquellos cuatro meses, no deberá de hacerse por igual, sino en razón inversa de la aportación de la corriente, á fin de aproximarse en lo posible á un régimen invariable; pero este afinamiento sólo puede intentarse en la práctica, bastando por ahora limitarme á examinar en cuánto puede aumentarse el caudal del Manzanares de Junio á Septiembre con las aguas extraordinarias almacenadas, sin tocar á las ordinarias de Octubre á Mayo.

Conviene tener á la vista, para los razonamientos ulteriores, el promedio de la distribución de las lluvias por meses en el período de 1860 á 1894, que es el siguiente:

MESES	Altura de lluvia. — Milímetros.	MESES	Altura de lluvia. — Milímetros.
Enero.....	33,2	Agosto.....	12,1
Febrero.....	27,4	Septiembre.....	35,1
Marzo.....	46,3	Octubre.....	46,1
Abril.....	47,7	Noviembre.....	45,9
Mayo.....	45,0	Diciembre.....	39,9
Junio.....	30,6		
Julio.....	10,4	Un año.....	419,7

Si se suman en el cuadro anterior las alturas de lluvia que corresponden á los cuatro meses de Junio á Septiembre, por una parte, y á los ocho de Octubre á Mayo, por otra, obtendremos respectivamente las cifras de 83,2 y 331,5 milímetros respectivamente, representando esta última el 79 por 100 de la altura de lluvia total; de suerte que si, como he demostrado más arriba, durante los doce meses del año más seco pueden llenarse los embalses por dos veces, no puede haber la menor duda de que sobradamente se han de llenar en el período de Octubre á Mayo, es decir, que en un año cualquiera hay la seguridad de disponer el día 1.º de Junio de los 20 millones de metros cúbicos de agua que suman las capacidades de los embalses propuestos.

Distribuyendo este volumen entre los ciento veintidós días que cuentan los dichos cuatro meses, corresponderán á cada día 163.934,423 metros cúbicos, equivalentes á un aumento de caudal de 1.897 litros por segundo de tiempo; pero esta cifra tiene que sufrir dos correcciones, una debida á las pérdidas por evaporación en la superficie de los embalses y otra al ingreso en los mismos durante los meses de Junio á Septiembre, que hasta ahora no se ha tenido en cuenta.

Calculo la superficie de los embalses en dos tercios de su altura en 150 hectáreas, y como la evaporación media diurna observada en Madrid en los repetidos meses de Junio á Septiembre, en vasos abiertos y expuestos al aire libre, es de 8 milímetros, resultará una pérdida de agua en ese período de 1.500.000 metros cúbicos en números redondos.

Para calcular los ingresos busco en las observaciones á que tantas veces he hecho referencia, el año más seco en los precipita-

dos cuatro meses, que es el de 1872, en que las lluvias se distribuyeron del modo siguiente:

	Milímetros.
Junio.....	9,9
Julio.....	4,9
Agosto.....	0,0
Septiembre.....	2,3
Total.....	17,1

Aplicando esta altura á los 377 kilómetros cuadrados de la cuenca, y restando el 60 por 100 de pérdida por absorción y evaporación, nos queda un volumen embalsable de 2.578.630 metros cúbicos.

Ciertamente que no siempre podrán embalsarse todos estos productos, sobre todo si las lluvias sobrevienen en los primeros días de Junio, cuando están llenos los pantanos; pero téngase presente que he elegido el año más seco, en que la cantidad de lluvia es tan insignificante que no dejaría de tener cabida; pero aun suponiendo que en este caso tan desfavorable se perdieran dos quintos de la cifra últimamente consignada, siempre resultará que los productos de las lluvias en los cuatro meses compensarán las pérdidas por evaporación en la superficie de los embalses, y que nunca nos faltará el aumento de caudal antes obtenido de 1.897 litros por segundo.

En los razonamientos anteriores he considerado, para mayor sencillez, todos los embalses como reducidos á uno solo, cuya capacidad sea igual á la suma de los cuatro, y no hay para qué insistir en que el procedimiento es perfectamente aceptable, para lo cual basta observar que los dos de mayor capacidad están situados en la parte más baja de la cuenca, y que los dos restantes cuentan con superficies de cogida de aguas muy superiores á las que exige su capacidad.

No son los pantanos las únicas obras hidráulicas que pueden y deben ejecutarse en el río Manzanares. Todo el mundo sabe que en la parte baja de su curso, incluso la confrontación con la capital, discurre por su lecho de aluvión una corriente subálvea, filtrada entre las arenas y perdida, que durante varios meses del año es más importante que la corriente superficial. ¿Por qué no ha de intentarse alumbrarla, para que venga á sumar sus beneficios con los que traigan los pantanos?

Ya en otra ocasión se ha tratado de su aprovechamiento. En los meses de Julio y Agosto del año 1870, hizo experiencias un particular para calcular la importancia de esa corriente subálvea, practicando al efecto una excavación en las arenas del lecho del río, 300 metros agua arriba del puente de San Fernando, que medía un metro cúbico, puesto que tenía la forma de un cubo de un metro de lado. Seis hombres, relevándose y baldeando de continuo durante todo un día, no consiguieron agotarla, debiendo advertir que según manifestación del interesado, la corriente superficial era nula en el sitio y en los días que se hicieron las experiencias.

Convencido de que el agotamiento á brazo era insuficiente para dar una idea aproximada de la importancia de la corriente subálvea, aumentó las dimensiones de la excavación, dándola cuatro metros de lado por dos de profundidad, y montó una bomba centrifuga, movida por una máquina de vapor de ocho caballos, que arrojaba 280 litros por 1", sin llegar á conseguir el agotamiento, á pesar de haber funcionado ocho horas consecutivas, operación que por igual tiempo se repitió durante tres días.

De aquí dedujo, que si tal resultado correspondía á una excavación relativamente pequeña, no podía suponerse un caudal menor de un metro cúbico por segundo para la sección total del banco de aluvión, que era de 400 metros cuadrados, puesto que su ancho en aquel punto es de 50 metros y de 8 la profundidad media que dieron las sondas.

Fundándose en estas experiencias, se solicitó y obtuvo más tarde autorización para alumbrar un metro cúbico de agua por segundo, por medio de un presa subálvea en el punto expresado, con un muro filtrante y galería colectora, de la cual tomaba las aguas un cauce que las conducía á terrenos de la Florida, en las inmediaciones del puente de los Franceses, donde se producía un salto de 5,50 metros de altura que se trataba de utilizar para el establecimiento de un molino harinero.

Las obras no llegaron á realizarse, y no tengo noticias de si se ha hecho algún otro trabajo para aforar el caudal de las aguas subálveas del Manzanares; pero, aun cuando se quiera suponer exagerado el de un metro cúbico por 1", bien se desprende del resultado de las citadas experiencias, que es considerable, y quiero reducirlo á 600 litros, prescindiendo al propio tiempo de la fuerza que representa el salto que pueda obtenerse.

Siempre resultará que el caudal del Manzanares puede aumentarse en 600 litros por segundo en los meses de Octubre á Mayo, y en $1.897 + 600 = 2.497$, en los de Junio á Septiembre. Agua arriba de Madrid no existen más aprovechamientos que consuman agua que los riegos de Manzanares el Real, y para completar su dotación basta y sobra con el pico de los 97 litros de la última cifra, quedando para los servicios de la capital en los meses de verano un aumento de 2.400 litros por 1".

Basta la enunciación de esta cifra, que es seguramente seis ú ocho veces mayor que el caudal del Manzanares en sus estiajes, para convencerse de las grandes mejoras, antes apuntadas, que pueden realizarse en los servicios de limpieza ó higiene de Madrid.

Claro es que el principio que he sentado, de cargar á los meses del estiaje todo el aumento que permitan las aguas almacenadas en los pantanos, tiene por único objeto la necesidad de establecer una base para un primer avance de cálculo de los beneficios que pueden obtenerse: la distribución de esas aguas variará dentro de un mismo año y de un año á otro, según las circunstancias en que cada uno se presente, sin que sea tampoco de rigor que empiece precisamente el día 1.º de Junio ni que termine el 30 de Septiembre; pero se comprende desde luego que esas modificaciones no alteran en lo esencial el valor de los razonamientos y resultados que dejo consignados.

Los aprovechamientos agrícolas que pueden plantearse con las aguas de los pantanos y con las subálveas que se alumbran, son también muy importantes, y para los efectos de la más conveniente distribución de estas aguas, se encuentran en las mismas condiciones que los servicios urbanos de Madrid, unos y otros requieren que se aumente el caudal del río en el estiaje y en las épocas de escasez, porque en las demás épocas del año bastan las aguas ordinarias para cubrir las necesidades de unos y de otros.

Pues bien; con 600 litros por 1" de aumento en los meses que el caudal del río es más abundante, y con 2.400 en los que es escaso, pueden muy bien ponerse en riego más de 2.000 hectáreas de terreno por bajo de Madrid, fertilizadas con los productos de su alcantarillado, que representan una riqueza nada despreciable, en la inteligencia de que mientras estos riegos se crean, porque estoy conforme en que ni aun con agua disponible se improvisan, los aumentos á que me refiero serán aprovechados por los usuarios inferiores en las vegas del Jarama y del Tajo.

Por último, los aprovechamientos industriales de que sean susceptibles las aguas del Manzanares, se encuentran en el mismo caso que los anteriormente tratados respecto á la conveniencia de que los aumentos procedentes de los embalses se distribuyan en razón inversa de la corriente del río; pero hay la diferencia de que nada pueden aquéllos exigir y tienen que subordinar sus necesidades á las de éstos de la manera más absoluta.

En esta clase de aprovechamientos me limitaré á indicar los que están solicitados ó concedidos, cuya posibilidad de ejecución está perfectamente comprobada. Son tres saltos: uno en el punto

LA ASOCIACIÓN INTERNACIONAL

PARA EL

ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

POR

D. J. EUGENIO RIBERA

Ingeniero de Caminas, Canales y Puertos (1).

INFLUENCIA DE LA ARENA EN LOS MORTEROS

Proposición de Mr. Seligman en el Congreso de Stokolmo. — Razonamiento con que la apoyó. — Criterio erróneo de los autores sobre la calidad de la arena. — Superioridad de las redondas a las poliédricas y de las gruesas a las finas. — De como puede influir más la arena que la cal ó cemento en la resistencia de un mortero. — Reglas prácticas para elección de arenas. — Mezcla volumétrica preferible. — Exclusión de las arenas finas. — Explicaciones plausibles con que creo justificar algunas anomalías.

En la sesión del tercer día del Congreso de Stokolmo y en la Sección, 2.^a «Piedras naturales, artificiales y materiales conglomerados» el Ingeniero austriaco Mr. Seligman presentó y defendió una proposición, solicitando que la *Asociación internacional* se ocupara de estudiar y discutir de un modo preciso las condiciones que en cada clase de morteros debía exigirse a las arenas.

El Presidente de la Sección, Mr. Guerard, habiendo contestado personalmente a Mr. Seligman que creía excusada la discusión sobre este tema, por cuanto cada Ingeniero podía, según los casos y circunstancias locales, escoger y señalar las condiciones más convenientes, pedí yo la palabra para defender la tesis sostenida por mi colega Mr. Seligman, y resumiré aquí lo que tuve la honra de manifestar a la Sección

«Es cierto que los últimos estudios hechos por algunos especialistas, y en particular los de nuestro colega M. R. Feret (2) han demostrado con experiencias concluyentes la influencia decisiva que pueden tener las arenas sobre los morteros que forman; también es verdad que muchos Ingenieros han reconocido que podían emplearse, no sólo sin dificultad, sino con éxito, arenas gruesas y redondas sin cribar; pero no es menos cierto que estos trabajos y opiniones son poco conocidos, y no han entrado a formar doctrina, ni se citan en la mayor parte de los tratados de construcción que sirven de libros de texto en nuestras Escuelas.

«Sin ir más lejos en la obra *Materiales de construcción* del distinguido Ingeniero D. Manuel Pardo (pág. 93), que es el libro más completo que se ha escrito en español, ó inspirado en los tratadistas franceses más clásicos, se señala como arena preferible la de mina a la de río, y ésta a la de mar; se prescribe que deben tener las arenas *grano igual*; y, por último, se manifiesta que dan más adherencia las arenas de *grano áspero y anguloso* a las de granos lisos y redondos.

«Debaure, en su *Tratado de ejecución de trabajos* (pág. 191), aconseja análogas condiciones, y con estas ideas se han educado la inmensa mayoría de los constructores, muchos de los que, dedicados a la práctica de su profesión, no están al corriente de los ensayos y estudios que se prosiguen sobre este particular por Ingenieros y sabios que aisladamente han reconocido como inexactas en gran parte las opiniones generales que se tienen sobre la influencia y calidad de las arenas en los morteros.

(1) Véase el número anterior.

(2) M. R. Feret, Jefe del Laboratorio de puentes y calzadas, de Boulogne sur Mer, con quien he trabado personal amistad, es el autor de la segunda parte de la *Chimie appliquée à l'art de l'Ingenieur*, de la Bibliothèque Lechaix, y ha publicado además varios estudios sobre *Essays de arenas* y *La constitución íntima de los morteros hidráulicos*. Este último estudio ha sido traducido por nuestro compañero D. Fernando G. Arenal, y publicado en los números de Septiembre y Octubre en la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

A. MORALES AMORES.



denominado «El Risco», agua arriba de Manzanares el Real, de 181 metros de altura; otro en la «Presa de Garra», de 77; y el tercero, de 93 metros, en el «Puente de Marmota». Sin entrar en detalles de cálculos, por no molestar más la atención de los lectores de la REVISTA, haré constar que, teniendo presente el caudal del estiaje en cada salto y el aumento que produzcan los pantanos superiormente situados, el aprovechamiento mínimo en el primer salto será de 300 litros por 1", en el segundo de 320, y en el tercero de 1.270; de suerte que la fuerza mínima que podrá obtenerse será de 724 caballos de vapor en el primer salto, 323 en el segundo y 1.575 en el tercero. En total, 2.627 caballos.

No toda esta fuerza es debida a los pantanos, porque siempre podría aprovecharse en los saltos el caudal ordinario del río, pero como me estoy refiriendo a la fuerza mínima y he partido en los cálculos del supuesto deducido de los aforos practicados de que el estiaje del Manzanares es de 150 litros en el primer salto y de 100 en los dos restantes, sólo podrían obtenerse 533 caballos de vapor y, por consiguiente, los pantanos producen un aumento de fuerza representada por 2.039 caballos.

En resumen, las ventajas que producirá la construcción de tres pantanos y una presa subálvea en el río Manzanares, serán las siguientes: regularizar y normalizar su corriente, evitando ó aminorando al menos los daños que causan los desbordamientos y las inundaciones; aumentar en todo tiempo su caudal ordinario y muy considerablemente en las épocas de sequía y de escasez, por cuyo medio se desempeñará satisfactoriamente el servicio de limpieza en baños y lavaderos; se evitarán ó atenuarán los gérmenes del paludismo y se arrastrarán los productos del alcantarillado, impidiendo las emanaciones deletéreas que ponen en peligro la salud pública de la corte y que hacen insalubre y hasta inhabitable la zona Sur de la capital, y el resto del curso del río hasta su desembocadura; se mejoran y amplían los riegos de Manzanares el Real; se podrán convertir en terrenos de regadío de primera clase más de 2.000 hectáreas de seco, y, por último, se aumentará la potencia de los saltos de agua proyectados en 2 039 caballos, aumento que representará en la capital una fuerza efectiva de más de 1.200 caballos de vapor, después de descontar las pérdidas que resaltan en la práctica por aplicación de la fuerza y por el transporte de la energía eléctrica.

Y no se crea, sin embargo, que tan importante éxito exija sacrificios muy extraordinarios. ¡Cuántas empresas más costosas y de menor interés se proyectan y se realizan! En Madrid mismo hay proyectada una carretera de circunvalación que enlace en el extrarradio las de primer orden que parten de Madrid. ¿Hay términos de comparación entre los escasos beneficios que esta carretera puede reportar y los que seguramente retirarían de las obras hidráulicas del Manzanares el Estado, la agricultura, la industria y el vecindario de Madrid?

Pues bien, con el coste que han de originar aquéllas, no sólo hay suficiente, sino sobrado para la ejecución de éstas, y sus resultados, como he dicho, son incomparables.

Hay más: estas obras pueden estudiarse y emprenderse independientemente del plan general de pantanos que pudiera tratarse de llevar a cabo, puesto que su índole especial, por lo que afecta a la higiene de la capital de España, exige que se amplíen en cuanto sea posible para lograr ese objeto en el más alto grado de perfección que permitan las condiciones y circunstancias de la corriente y del cauce del río, siendo sensible que no se hayan realizado antes estas obras.

¡Parece increíble que el río Manzanares tenga que despedir al siglo XIX en los mismos ropajes en que lo recibió al nacer!