

Riegos del valle inferior del Guadalquivir ¹

II

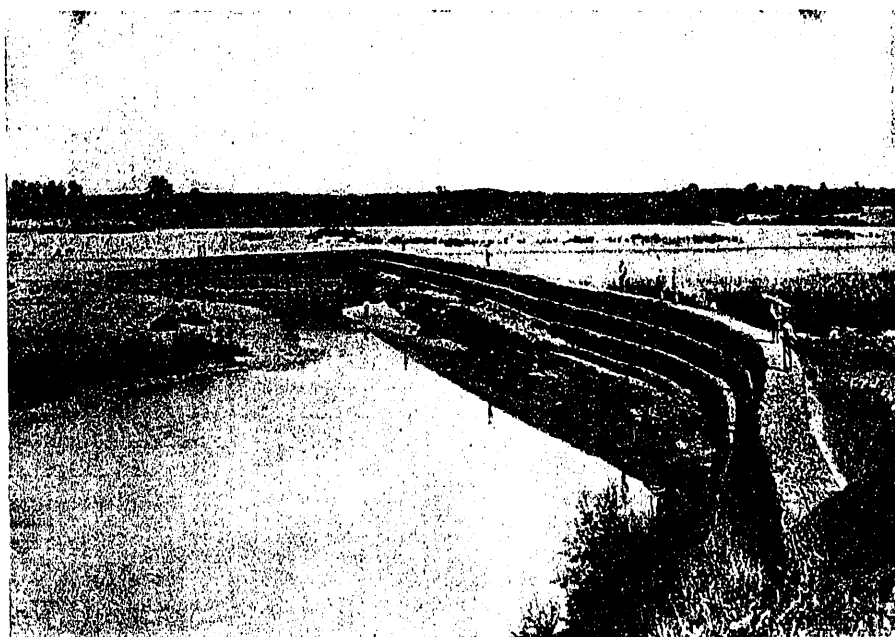
Canal principal

El canal que parte de la obra de toma va constantemente por la margen izquierda del Guadalquivir, hasta desaguar en el río Guadaira, con una longitud total de 79 578 m. El trazado ha sido hecho en forma que domine la mayor superficie de tierras que puedan ser regadas, y se ha procurado llevar el canal en desmonte siempre que ha sido posible, sin darle más profundidad que la necesaria, para que vaya enterrado hasta la banqueta, de 3 m de ancho, que lleva al lado derecho; este trazado ha sido hecho con el criterio de que la velocidad media sea constante a todo lo largo del canal, de 0,80 m por segundo, aumentando las pendientes lo necesario a medida que se va reduciendo la capacidad, por las tomas de agua que se van derivando. La velocidad aceptada es un acierto: cuando, por variar considerablemente la cantidad de agua conducida, disminuye aquella, se producen depósitos en el cajero, que al ensuciar éste originan la necesidad de efectuar limpiezas de importancia, y cuando, por una causa anormal, aumenta la velocidad por tener mayor altura de agua el canal que lo corriente, se producen socavaciones de más o menos entidad, según la clase de terreno de los taludes del mismo. La pendiente que, como consecuencia de la constancia en la velocidad, se ha dado al canal es variable de 0,0002 a 0,0009, con una altura de agua que empieza en 2,30 y termina en 1,20 metros, sin existir caída de agua en la superficie por haber hecho todos los cambios en los desagües establecidos, y haber tenido la precaución de levantar la solera del tramo siguiente de canal lo necesario para ello. El trazado del canal tiene grandes alineaciones rectas, y los tramos en curva son de grandes radios, habiendo sólo algunos, en corto número, que llegan a tener 100 m solamente.

El canal está sin revestir normalmente, salvo en algunos trayectos, en que, para evitar desprendimientos y filtraciones, se ha revestido con hormigón hidráulico, con espesores variables de 10 a 40 cm, según la finalidad del revestimiento. Se cruzan con el canal gran número de regajos y arroyos afluentes al río principal, y, dada la poca pendiente transversal de los terrenos que atraviesa, hubo necesidad de construir obras de condiciones y modalidades distintas, por no poderse modificar la rasante del canal;

entre ellas hay una obra sumergible de 100 m de longitud, un sifón de 3 m de diámetro y 75 m de longitud, un tubo enterrado del mismo diámetro, 11 acueductos de hormigón armado, con una longitud total de 3 308 m, y 60 obras de fábrica menores de varias dimensiones. Con el canal se cruzan diversas carreteras, caminos vecinales, veredas y caminos particulares; al mismo tiempo se dividen fincas, que hubo necesidad de poner en comunicación para no dejarlas aisladas; para dar este servicio se han construido para cruzar el canal 83 pasos superiores de hormigón armado, en los cuales se han adoptado dos tipos, de 4 y 8 m de anchura, con arreglo a las necesidades que deban satisfacer.

Como la capacidad que debe tener el canal se va



Obras de defensa frente al kilómetro 9 del canal principal. Vista tomada al terminirlas en 7 de septiembre de 1921

reduciendo a medida que se van construyendo tomas de agua para acequias principales o tomas directas que se establecen a lo largo del mismo hay necesidad, para que aquél no se pueda desbordar, de construir aliviaderos de superficie, que sirven de regulación cuando, por averías u otras causas, haya necesidad de cerrar tomas de agua del canal principal. Para satisfacer esta necesidad se han establecido a lo largo del mismo 10 aliviaderos de superficie, cuya separación máxima es de 11 km, que se han situado en obras emplazadas sobre afluentes del Guadalquivir, a las que se ha provisto de las compuertas de desagüe precisas para que en caso de necesidad pueda ser vaciado con rapidez el canal principal sin tener que esperar el cierre de las compuertas de la obra de toma del mismo.

Acequias y desagües principales

Con el fin de dar cumplimiento a lo dispuesto en el art. 10 del Real decreto de concesión, se determi-

¹ Véase el número anterior, página 111.

naron las zonas regables correspondientes a cada trozo del canal principal al redactar los proyectos definitivos, y se proyectaron las acequias principales correspondientes, que fueron aprobadas y construidas en número de 36 y con una longitud total de 153 912 metros. Lo indeterminado que es el definir

primero, que indica el orden que ocupa entre ellas, a partir del origen del canal, y la segunda, que marca la zona regable a que sirve. Las acequias tienen capacidades muy variables, desde 100 a 4 200 litros por segundo, con arreglo a la extensión de la superficie que han de servir, y tienen una sección

constante hasta su desagüe desde su origen, o desde la última bifurcación de acequia principal que haya en ellas hasta su desagüe, con el fin de que, si deja de regarse por los terrenos su tierra, no haya necesidad de cerrar las compuertas de las tomas, como ocurriría si no tuvieran el desagüe necesario las acequias principales. Con esta disposición dada al canal y a las acequias se tienen establecidos los desagües principales a que hace referencia el artículo 10 del Real decreto de concesión, por poder circular por éstos el agua necesaria, sin que rieguen los interesados y sin que haya necesidad de cerrar las compuertas de la toma del canal.

Las acequias principales tienen pendientes variables entre 0,0006 y 0,0015, con velocidades que no suelen ser superiores a 0,80 m por segundo, y cuando esto pasa se han revestido los trayectos correspondientes

para evitar socavaciones, existiendo en algunos tramos velocidades algo inferiores con el inconveniente de depositar algún cieno del que llevan las aguas en suspensión, pero que no han podido evitarse en absoluto sin disminuir la superficie regable.

cuando una acequia debe considerarse como principal o como secundaria, hizo necesario, al redactar los proyectos correspondientes, fijar un criterio, y se propuso en los mismos el considerar como principales las acequias necesarias para que todos los puntos de la superficie regable tuvieran el agua a una distancia, en línea recta, que no fuera mayor de un kilómetro. Este criterio fué aceptado por el Ministerio al aprobar los proyectos definitivos y ordenar la construcción de las obras correspondientes.

La superficie regable total que domina el canal principal se ha considerado dividida en zonas cuyo límite son los afluentes más importantes del Guadalquivir que la recorren, y para cada zona se han trazado, siguiendo las pequeñas divisorias y elevaciones que en cada una de ellas hay, las acequias necesarias para seguir el criterio marcado al fijar las condiciones que deben tener las llamadas principales. Así resulta que, como hay zonas regables de poca anchura y otras que tienen gran separación entre el canal y el río, hay desigualdad en el número de acequias principales que cada una tiene, desde cero a seis, y con longitudes muy variables entre 1 013 y 12 078 metros. Para designar las acequias se emplea un número y una letra: el



Obras de defensa frente al kilómetro 9 del canal principal en 12 de septiembre de 1923



Obras de defensa frente a la segunda "madre vieja" en 7 de septiembre de 1921

y como la limpieza de los tramos correspondientes es poco costosa, se han aceptado esas velocidades reducidas para los mismos. Con las acequias principales ha habido necesidad de construir 11 acueductos con una longitud total de 770 m, 10 pasos para cruces de ferrocarriles, 16 de carreteras, 12 si-

iones y 61 obras de fábrica menores y 160 pasos superiores a las mismas.

Obras complementarias

A más de las obras enumeradas se han ejecutado otras complementarias para el canal y las acequias



Estado de las obras de defensa frente a la segunda "madre vieja" del Guadalquivir, el 12 de septiembre de 1923

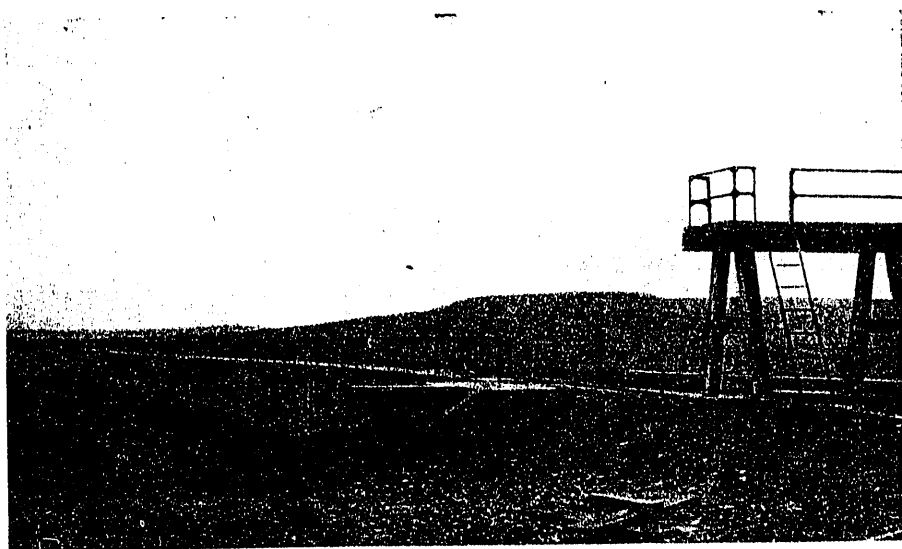
principales: gavias de coronación y desagüe, arreglo de cauces de los afluentes al Guadalquivir, en que desaguan las acequias principales y las obras accesorias necesarias a toda obra de esta clase, entre ellas 19 casillas de guardas en el canal principal y 12 en las acequias principales, donde hay establecidas estaciones telefónicas para el servicio de la obra.

A más hay construídas obras de defensa en distintos sitios del canal, para defender sus obras, en general formadas por gaviones metálicos sistema Bianchini, que han dado en este caso muy buen resultado. Las obras más importantes de defensa construídas están en tres grupos: proximidades de la presa de derivación, en la margen derecha del río Guadalquivir; en el kilómetro 4 del canal, margen izquierda de aquél, y en el kilómetro 9 del mismo, también margen izquierda. Las defensas construídas en las proximidades de la presa de derivación tienen dos fines: las situadas aguas abajo de ella, defienden la margen de las socavaciones o erosiones que puedan producirse por la energía producida como consecuencia de la caída del agua en la presa, y las establecidas aguas arriba de éstas, encauzan el río en aguas bajas, a la vez que cierran los regajos y caños abiertos en la margen, lo que se ha realizado con pequeñas presas de gaviones enrasados con el terreno natural, para que, al desbordarse el río por so-

brevenir una crecida, se extienda la lámina de agua a la vez por toda la llanura de la margen, sin provocar socavaciones o aperturas de pequeños cauces que, dada la clase del terreno de que está formada, pueden ser origen de averías o desviaciones en el cauce principal de verdadera importancia. Las defensas construídas en la margen izquierda del Guadalquivir, para defender el canal principal en el kilómetro 4, están formadas por seis espigones constituidos por gaviones metálicos y con longitudes variables de 20 a 54 m, que fueron construídos en 1928, con los cuales se ha conseguido su objeto sin haber habido en ellos alteraciones o desperfectos de entidad debido, en gran parte, a la fijeza de la marga azul en que están cimentados los espigones.

Las defensas construídas para defender el canal en el kilómetro 9 de la margen izquierda del Guadalquivir son los más importantes, y seguramente una de las obras en que se han obtenido mejores resultados con el empleo de gaviones metálicos.

A fines de 1910 en que se replanteó el trozo primero del canal, estaba el cauce del Guadalquivir a unos 700 m del sitio por donde se trazó el canal para el cruce de los terrenos conocidos por "Isla del Rincón", situados entre dos madres viejas del río, y en los inviernos sucesivos se observó que el río avanzaba transversalmente, con tendencia a buscar la madre vieja, llegando a correrse transversalmente, durante los meses de invierno de 1914, unos



Aqueducto sobre el río Corbones, de 337 m de longitud

116 m, y socavando hasta un metro de anchura la banqueta de tres que hay a lo largo del canal principal. Se procedió a construir obras de defensa, formadas por espigones que están constituidos por gaviones metálicos, y en algunos trayectos defendiendo la margen con corazas Bianchini. Estas obras se han

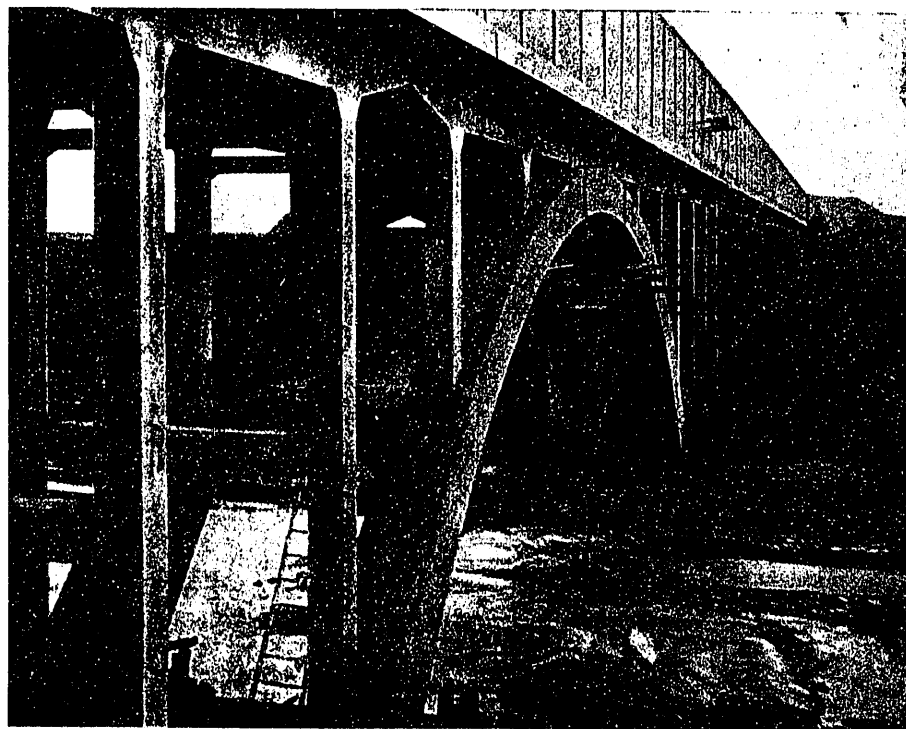
ido completando en años sucesivos, habiéndose construido 16 espigones con longitudes variables hasta de 120 m, desigualmente espaciados, con arreglo al objeto que han tenido que llenar, habiéndose obtenido muy buenos resultados. Baste sólo citar el hecho de que ha habido espacio entre espigones de

cer orden, en una longitud total de 73,790 m, y se ha proyectado en cinco trozos de longitudes desiguales, habiendo servido, para fijar el límite de éstos, el encuentro con carreteras transversales que unen pueblos de la zona regable entre sí o con las estaciones del ferrocarril correspondiente, con el fin

de que la construcción de cada trozo pueda ser realizada independientemente de las de los demás, dándose así preferencia, con arreglo a las disponibilidades, a los trozos que se consideren más necesarios y que puedan ponerse en servicio aisladamente.

El trazado de la carretera es el normal de una carretera de tercer orden, con pendientes suaves (ninguna pasa de 0.04), grandes alineaciones rectas y curvas de grandes radios, que en muy corto número llegan a tener 50 metros, y en sólo dos tramos pequeños, algo menos. Se construyen obras de fábrica de hormigón hidráulico y de hormigón armado, de modelos oficiales, para el cruce de arroyos y regajos, siendo las más importantes las que se construyen sobre el río Corbones, de dos tramos rectos de 15 m de luz, y sobre el arroyo de Agua-Lora, de cuatro tramos rectos de 15. En la actualidad están construídos los trozos primero y cuarto; en construc-

ción, los trozos tercero y quinto, y en proyecto redactado, el trozo segundo, esperando que, lo más tarde en el año 1934, quede la carretera totalmente terminada.



Arco de 25 m de luz en el acueducto sobre el río Corbones

unos 60 m de longitud, y separados entre sí 100 m, que en un periodo de invierno, con dos crecidas del río, ha quedado relleno de limo en un espesor de 3,50 m al terminar la segunda crecida.

Pantano de La Breña

En el Real decreto de concesión de las obras para el riego del valle inferior se incluye la construcción del pantano de La Breña, con el fin de disponer del volumen de agua necesario para completar la que tiene el Guadalquivir en el estiaje, hasta disponer del litro por segundo y hectárea a que tienen derecho los terratenientes. La presa proyectada es de mampostería hidráulica, de tipo triangular, con paramento vertical hacia aguas arriba y talud de 0,85 en el de aguas abajo, con una anchura de coronación de 3 m. Es de planta curva, de 200 m de radio, una longitud en la coronación de 199 m, una altura de 60 m y un volumen de 110 000 m³, embalsándose con ella 115 millones de metros cúbicos, que pueden ampliarse hasta 140 millones con alzas móviles.

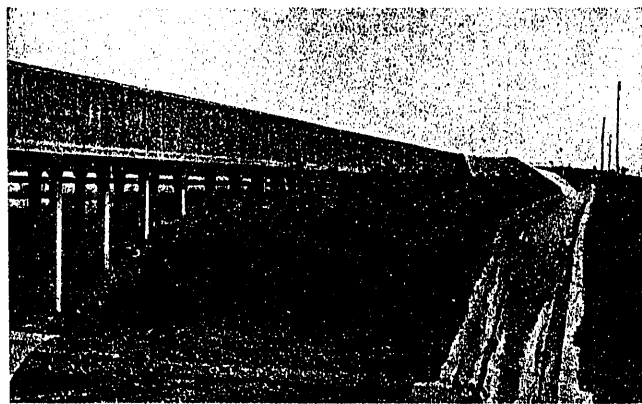
La construcción de la presa está contratada, llevándose la obra con normalidad, y se espera que dentro del año 1934 quede terminada totalmente.

Carretera de la zona de riego

La carretera que se construye a lo largo de la zona regable tiene las características de las de ter-

Obras varias ejecutadas en la zona de riegos

Aparte de las obras de carácter oficial que hemos enumerado, y que construye la Junta de Obras,



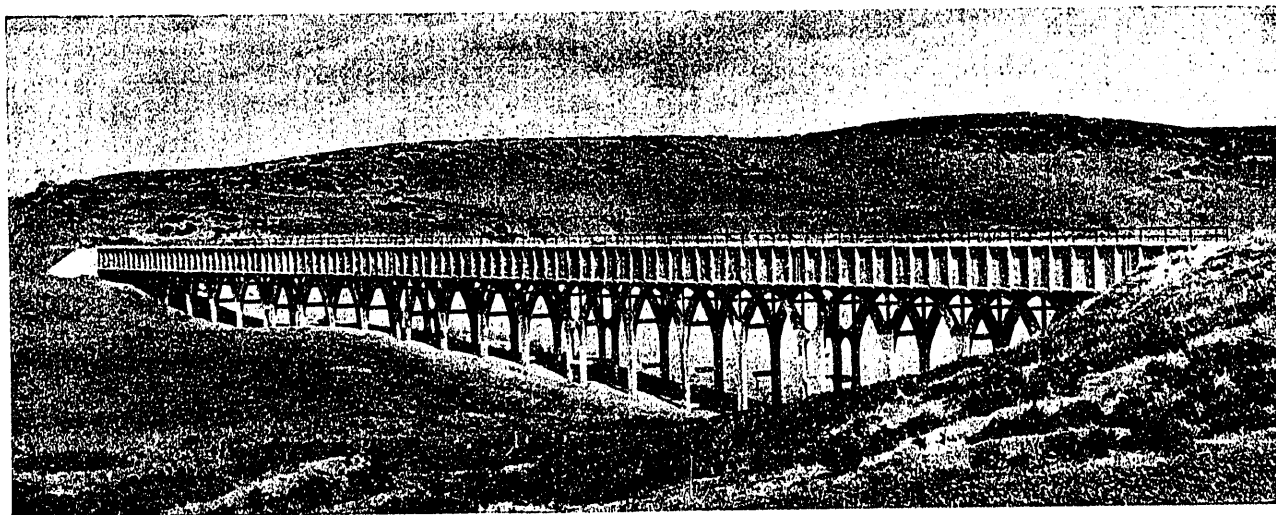
Gravita de desagüe en el acueducto sobre el río Corbones

se han construído en la zona regable las acequias secundarias y las regueras que han de servir la superficie que está regándose en la actualidad, y una parte de la que se regará en lo sucesivo, por cuenta

exclusiva de los terratenientes, bien directamente por ellos o por el Sindicato en nombre de los mismos, con las obras de toma y las demás complementarias que han sido necesarias para poner en riego las 11 158 hectáreas que hoy se tienen en explotación. En desagües secundarios, cuya construcción corre exclusivamente a cargo de los propietarios, se ha construido una parte de ellos, aunque no todos los que deben construirse y que son necesarios para tener la zona regable completamente saneada, aunque algunas fincas tengan los suyos completamente terminados. Viviendas en el campo para familias se han construido bastantes, cuyo número no podemos precisar, aunque sí podemos asegurar que no bajarán de 200 las de nueva construcción, aparte de las existentes de antiguo, para el cultivo de secano, que han sido ampliadas o modificadas, y de las hechas en los pueblos de la zona, como Lora del Río, Tocina, Cantillana, Brenes y La Rinconada, en los que se han construido barrios enteros.

Ejecución de las obras

Lo corriente, al determinarse la construcción de una obra hidráulica, es empezar por proyectar y construir el pantano que ha de embalsar las aguas necesarias para el riego de las tierras que se desean regar, para seguir después por el canal y demás obras principales y terminar con las acequias y obras secundarias. En el caso del valle inferior, como una parte del agua que ha de ser utilizada en el riego es la que conduce el Guadalquivir en el estiaje, y el pantano de La Breña, que se construye en el río Guadiato, tiene por objeto el completar en el estiaje el agua que puede faltar en aquél, no se ha dado comienzo a las obras por el pantano, sino por la presa de derivación y por los dos primeros trozos de canal, que desaguan en el río Corbones, afluente del Guadalquivir, con el fin de utilizar el agua que trajera el río principal en el estiaje, y después se siguió la construcción de



Acueducto sobre el arroyo de la Adelfa: 29 tramos de 8 m de luz

Aparte de la carretera que construye la Mancomunidad, de la que, como hemos dicho, hay dos trozos terminados, otros dos en construcción y redactado el proyecto del trozo quinto, se han construido caminos vecinales, por la Diputación provincial de Sevilla, en los términos municipales de Tocina, Villanueva, Brenes y La Rinconada, que enlazan estos pueblos entre sí, y con las estaciones de ferrocarril de los mismos y las carreteras existentes en la zona de riego. Por los particulares se han construido también caminos de longitudes de importancia, para el servicio interior de sus fincas y las relaciones con el exterior, aunque todavía falta por construir especialmente caminos rurales, para tener todos los que son necesarios para una explotación activa de la superficie total que la zona comprende.

Claro está que estas deficiencias que hay en la actualidad en desagües, viviendas y caminos, y las que pueda haber en las acequias secundarias que hay construídas, son las naturales en zona regable que empieza a explotarse, y que, dada la actividad con que ha empezado a ser puesta de riego, es de esperar que se vayan corrigiendo y subsanando las deficiencias que en la actualidad puedan existir.

trozos sucesivos de canal, en forma tal que pudiesen desaguar en otros afluentes de aquél.

Con este plan se ha evitado que el capital invertido en la construcción del pantano estuviese improductivo, como hubiera ocurrido de darse comienzo a las obras por éste, pues estaría dicho capital sin producir durante el tiempo que durara la construcción del canal y acequias principales, a más de que se ha podido ir extendiendo el riego, durante la construcción de las obras, en las zonas primeras, con lo que al terminarse éstas hay ya una superficie muy importante de la zona regable en que el regadío está establecido.

Esto ha permitido que se puedan ir poniendo de riego los diversos terrenos que se han ido dominando con las obras que se construían, lo que ha hecho que el desarrollo del regadío se haya realizado con actividad, pudiendo observar sucesivamente, los propietarios y colonos de las fincas que se iban ocupando con las obras, los resultados que iban obteniendo en las zonas regables anteriores, y, por tanto, adquiriendo confianza en que iban a tener buen resultado en la nueva explotación que establecieran.

Con esta marcha en la realización de las obras de

Riegos del Valle inferior del Guadalquivir y la explotación de las secciones del canal que se iban terminando, se ha conseguido que el Estado *se haya*

reintegrado de la cantidad total invertida en las obras al terminarse su construcción, como justificaremos en un próximo y último artículo.

Eusebio ROJAS MARCOS
Ingeniero jefe de C., C. y P.

La acción del viento sobre las estructuras

Cuando el ingeniero proyectista establece sus hipótesis de carga permanente y de sobrecarga en el cálculo de una estructura, observa cómo entre los valores prácticos del peso propio, de la carga útil y hasta del peso de la nieve, que pueden evaluarse con estricta exactitud, destaca la acción del viento, por su forma arbitraria de intervenir en los cálculos.

Comparando las Instrucciones de distintos países encontraremos preceptos discordes. Por ejemplo, el Reglamento prusiano señala cargas comprendidas entre 75 y 150 kg/m² de superficie normal al viento, mientras que el Reglamento bávaro prescribe la presión única de 150 kg/m². En Sajonia se adoptan presiones comprendidas entre 125 y 150 kg/m². El Reglamento sueco preceptúa la fórmula ¹

$$p_n = 100 + 1,2H$$

que se sustituye por

$$p_n = 160 + 1,2H$$

en lugares próximos a la costa; pero fijando en ambos casos una presión máxima de 250 kg/m².

Muchas incertidumbres envolverán estas prescripciones, cuando no se aplican a toda clase de estructuras. Para comprobar la estabilidad de los tramos metálicos sin sobrecarga móvil admite el Reglamento alemán una presión del viento de 250 kg/m², y, en cambio, el Reglamento sueco señala 175 kg/m².

Si se trata de un viento oblicuo a la superficie resistente, formando ambos el ángulo α , hay que multiplicar, según es conocido, la presión normal por un coeficiente de reducción, y tampoco existe un criterio fijo para determinar este factor, pues mientras ciertos países emplean la fórmula

$$p_\alpha = p_n \sin \alpha$$

otros adoptan

$$p_\alpha = p_n \sin^2 \alpha$$

y algunos, suponiendo que la dirección del viento forma un ángulo de 10° con el horizonte, aplican la ley

$$p_\alpha = p_n \sin^2(\alpha + 10^\circ)$$

siendo entonces α la inclinación de la superficie.

Análogas discrepancias se manifiestan al estudiar el empuje ascendente sobre las cubiertas de edificios abiertos y el efecto de pantalla de una viga principal o plano de una estructura tridimensional sobre la otra viga o plano paralelo.

Apenas podríamos citar un solo aspecto de este problema donde la unidad de criterio subrayase un hecho contrastado por la realidad, y así es preciso sustituir las recetas arbitrarias de los Reglamentos actuales por ideas claras, que reflejen fielmente el fenómeno físico real.

No se trata de construir una nueva teoría científica referente a la acción del viento sobre los obstáculos opuestos a su marcha. Lo que importa es conocer los valores prácticos más probables de dicha presión utilizando los ensayos sobre modelos reducidos.

Este problema tiene dos aspectos. Uno, de carácter meteorológico, y otro, aerodinámico. Necesitamos señalar previamente la máxima velocidad de los vientos probables en un lugar determinado, para establecer después el sistema de fuerzas que ha de intervenir en nuestros cálculos.

Se trata de una vieja cuestión reproducida en todos los manuales técnicos con la fórmula de proporcionalidad entre el empuje aerodinámico y el cuadrado de la velocidad del viento; pero ha sido preciso el crecimiento impetuoso de la aviación para que la Meteorología proporcione datos verdaderos sobre el campo de velocidades y los laboratorios de ensayos aerodinámicos precisen los valores del coeficiente de proporcionalidad.

En los anales de los centros consagrados a la investigación y en las páginas de las revistas profesionales ha venido acumulándose durante el último decenio un valioso caudal de experiencias, que todavía hoy permanecen inconexas, esperando su certera coordinación en un cuerpo de doctrina.

El problema es muy complicado, por el gran número de variables que comprende (de naturaleza indeterminada en muchos casos) y la influencia preponderante de las circunstancias locales, tan distintas incluso en lugares muy próximos.

Todo el mundo sabe que el régimen de vientos no es permanente ni uniforme. Es muy fácil observar en un lugar determinado cómo en el intervalo de escasos segundos puede cambiar notablemente la velocidad del viento. Del mismo modo, en un instante dado, y dentro de un campo reducido, puede también alcanzar esta velocidad valores muy distintos.

El profesor Schmidt ha realizado en Viena estudios muy interesantes en este sentido y ha llegado a encontrar en un mismo instante, dentro de un cuadrado normal al viento de 6 m de lado, intensidades comprendidas entre 0 y 10 m por segundo.

Pero estos trabajos, realizados con auxilio del cinematógrafo, se refieren a vientos de intensidad media, y es muy problemática toda afirmación respecto al caso de los fuertes vendavales, que para nosotros es de máximo interés.

Otra dificultad del estudio meteorológico son las ráfagas o golpes súbitos que a veces acompañan a un viento perfectamente definido dentro de una escala. El ingeniero necesita conocer la intensidad de estas ráfagas, y como el anemómetro sólo proporciona valores medios de la velocidad en un cierto intervalo de tiempo, ha sido preciso construir aparatos registradores. Un cálculo estadístico sobre la fre-

¹ H representa la altura en metros de la estructura o elemento constructivo.