

cas en las épocas oportunas han conseguido disminuir los depósitos en 4 millones de metros cúbicos. Aun podrían estas limpias dar resultados mejores si las necesidades del regadio, sobre todo de los cultivos intensivos, no hicieran precisos los riegos de agua clara con tal frecuencia, que limita el tiempo de los desagües totales y aun impide realizarlos en las épocas más convenientes, como tiene previsto la legislación vigente en el Sindicato de Riegos de Lorca, en la que se detalla todo lo que á estas limpias se refiere.

El procedimiento empleado para realizarlas es muy sencillo: se reduce a guiar y extender la erosión natural que las aguas producen en los tarquines del embalse. Cuando el vaso está seco, los depósitos quedan enrasados por una superficie plana suavemente inclinada hacia el muro, desde la cola del embalse; próximo á aquél se interrumpe el enrase, presentándose una depresión debida á la succión de los túneles.

Al verter los ríos en el pantano seco, sobre la masa de depósitos así dispuestos, las aguas se extienden siguiendo la línea de máxima pendiente, para caer en salto sobre la depresión próxima á la presa. Socavan el pie del escalón y lo desprenden en lienzos de tarquín que van dejando trinchera abierta, y rápidamente, desde la presa á la cola del embalse, se produce un surco profundo por donde corren las aguas, socavando las laderas del barranco á medida que éste va formándose.

La estratificación horizontal de las capas de tarquín impide la formación de taludes y caen los bloques, quedando siempre las laderas escarpadas, cada vez con mayor altura. Los bloques desprendidos forman presas que contienen las aguas, produciendo un pequeño embalse. Cuando el agua lo rebasa, saltando sobre el escalón que le sirve de obstáculo, lo socava, lo deshace y lo arrastra, socavando también y desprendiendo nuevos bloques ó lienzos que ensanchan el barranco.

Si estando el embalse vacío se produce una avenida, y se procura que así suceda haciendo las limpias en época propicia, estos efectos se aumentan considerablemente y se obtiene resultado completo.

Si la cantidad de agua es escasa, inferior á 2.000 litros por segundo, los efectos son menores, y para aumentarlos se ha construido un canal envolvente siguiendo la curva del remanso máximo, que sirve para conducir las aguas de los ríos y darles salida por diferentes puntos á fin de obtener sobre la superficie de los depósitos pequeños recorridos de la mayor pendiente posible en los que producen las aguas nuevos surcos que se profundizan, se ensanchan, y, en definitiva, transportan junto al muro grandes volúmenes de tarquín. Cuando esto se ha conseguido se cierran las compuertas para obtener carga de agua y después por descargas rápidas producidas al ser abiertos aquellos cierres rápidamente, todo este tarquín queda arrojado fuera del vaso.

De este modo se ha reducido el depósito en el pantano de Puentes á 7 millones de metros cúbicos, es decir, que no solamente se han sacado 4 millones de los primeros depósitos, sino también todo el tarquín sedimentado por las avenidas. Realmente éstas depositan hoy muy poca cantidad, porque las aguas turbias que afluían al pantano se dan al regadio mientras salen del vaso con más del 10 por 100 de tarquín, por prescribirlo así la Real orden de 28 de Septiembre de 1898, que hizo desaparecer la violenta campaña del regadio contra el pantano, porque devolvió al primero el aprovechamiento secular de sus aguas turbias y al segundo le proporcionó el medio más eficaz de impedir la formación de los depósitos de tarquín.

El resultado de los desagües totales para limpias realizados en el pantano de Puentes es el siguiente:

FECHA en que el embalse quedó en seco.	TIEMPO que estuvo seco.	TARQUÍN ARROJADO	
		—	Metros cúbicos.
21 Enero 1893.....	23 horas.	816.019	
14 Diciembre 1894.....	23 días.	4.625.804	
3 Febrero 1898.....	1 $\frac{1}{2}$ horas.	2.721.073	
26 Noviembre 1898.....	9 días.	1.721.021	
30 Octubre 1900.....	21	3.954.366	
4 Diciembre 1900.....	4 »	239.944	
31 Diciembre 1901.....	5 »	570.856	
30 Enero 1902.....	3 »	201.893	
23 Octubre 1904.....	55	1.951.436	
18 Octubre 1905.....	46	362.637	
20 Marzo 1906.....	20	186.908	
2 Diciembre 1908.....	21	2.067.720	
6 Diciembre 1917.....	3	800.000	
TOTAL.....		20.219.617	

FRANCISCO MANRIQUE DE LARA.

Ferrocarril directo de Madrid á Valencia.

POR

D. MANUEL BELLIDO

Ingeniero-Jefe de Caminos, Canales y Puertos

(CONTINUACIÓN) (1)

Puente sobre el cañón del molino en Cuenca.—Poco después de cruzar el Júcar hay que hacer otro puente para cruzar el cañón del molino y el batán, que tiene una anchura de cerca de 10 metros. El ferrocarril de Aranjuez á Cuenca lo pasa con un tramo metálico de 10 metros de luz, y aquí se proyecta un tramo de la misma luz, pero de hormigón armado, igual á los otros de este tipo ya descritos. Los estribos tienen muros en ala como aquéllos, y nada hay que añadir á lo ya repetido y presentado en el plano correspondiente.

Paso inferior de la carretera de Tarancón á Teruel.—La oblicuidad de este nuevo cruce de la carretera es de 42° y la disposición de toda la obra es la misma que la adoptada en el otro paso ya descrito; las pequeñas diferencias que se aprecian, dependen únicamente de la distinti cota roja y de la inclinación transversal del terreno en el emplazamiento de la obra.

Hemos de hacer notar también que, como la altura libre que quedaba desde la carretera hasta la parte inferior de las vigas de hormigón armado era solamente de 4,10 metros, se hace preciso bajar la rasante de ésta 90 centímetros, como se indica de puntos en el plano correspondiente.

Acueducto del kilómetro 169,565'98.—A la entrada del túnel de los Palancares y ya en desmonte de cerca de 6 metros de cota cruza el trazado una de las barrancadas que se forman en los repliegues de la ladera occidental, y aunque por su pequeña curvatura las aguas que puedan correr por ella no habría inconveniente en dejarlas caer á la cuneta, haciendo un simple revestimiento ó vertedero, á causa de la gran pendiente de aquella ladera, no es ya sólo el agua, sino los arrastres de piedras y arenas que podrían perjudicar á la vía los que hay que dejar pasar, y para eso se proyecta un acueducto, que es un simple canalizado de hormigón armado, al que se le da 1,50 metros de luz interior.

(1). Véase el número anterior.

y paredes de un metro de altura, arriostradas de cuando en cuando con unos ligeros codales también de hormigón armado.

Este canalizo se apoya en las aristas del desmonte sobre unos pequeños macizos de mampostería hidráulica, cuya misión es, no sólo servir de apoyo á los extremos del acueducto, sino evitar las erosiones que el agua pudiera producir en aquellos puntos, perjudicando el desmonte y alterando la posición del canal. Por lo demás, es tan elemental la obra que con los planos que se presentan hay sobradamente para hacerse cargo de ella y en el apéndice aparecen los cálculos de la parte de hormigón armado.

Puente sobre el río Guadazaón.—A pocos kilómetros aguas abajo del cruce del trazado, la carretera de Tarancón á Teruel pasa el río Guadazaón con un puente de tres arcos de 10 metros de luz, cuyo desagüe superficial es muy escaso, pues la rasante va bastante baja y aun los dos arcos laterales son más bajos que el central. Tratándose de un ferrocarril en el que hay que evitar toda contingencia perjudicial para la vía, proyectamos una obra de tres tramos de hormigón armado de 15 metros de luz que dan un desagüe muy superior al que correspondería con igual luz al puente de la carretera.

Como el tipo de este puente es idéntico al de otras muchas obras que ya van descritas no nos extendemos en mayores aclaraciones, que no serían más que repetición de lo dicho anteriormente.

Paso sobre el arroyo de Pajarón.—La altura á que va la rasante antes de cruzar el arroyo de Pajarón podría darse haciendo simplemente un terrapén; pero la disposición del terreno, muy desigual e inclinado, como se aprecia en los perfiles transversales, llevaría la base de los taludes por ambos lados hasta el cauce del arroyo, pues precisamente el eje de la vía corre á lo largo de la estribación que se forma en aquel lazo, y para evitarlo se proyectan unos muros de sostenimiento, aligerados con tablero de hormigón armado, que es la solución más económica. Al llegar á las proximidades del arroyo, donde la cota roja alcanza ya á 10,50 metros, se propone la sustitución de los muros por unos arcos de 12 metros de luz, que en número de cuatro permiten salvar el arroyo y alcanzar la otra ladera que sube rápidamente.

Puente viaducto sobre el Cabriel.—Dada la altura á que pasa la rasante sobre el cauce del río Cabriel es inútil ocuparse del desagüe que hace falta dar á la obra, y todo el problema estriba en la distribución de luces para que resulte más económico. La inclinación de las laderas, y especialmente la de la izquierda, disminuyen su longitud hasta el punto de que, contra lo que podría suponerse, el viaducto tiene mucha menos importancia que la que era de esperar en un río como el Cabriel, y como las cimentaciones de los apoyos no pueden ser más sencillas, ya que la roca está al descubierto en todas partes, su coste también es relativamente pequeño.

El cauce del río se pasa con un tramo metálico de 30 metros de luz y los estribos tienen una altura media de 22 metros contada desde la rasante; pero dichos estribos están seguidos de arcos de fábrica de 12 metros de luz, uno en la ladera izquierda, cuyos arranques están ya á nivel del terreno, y dos en la derecha, de los cuales, el primero, además de servir de aligeramiento, es un suplemento de desagüe de avenidas, y el segundo permite el paso de la carretera de Tarancón á Teruel; á partir de este arco ya disminuye mucho la altura de la rasante y los muros de acompañamiento son seguidos; la unión del último arco, que apoya en una semipila, con dichos muros, se hace con intermedio de un pilastrón de 7 metros, que contribuye al mejor aspecto de la obra.

El tramo metálico se apoya sobre una semipila de 0,80 me-

tros de espesor debajo de la imposta y talud de 1 por 30, adosada á un machón de 2,40 metros de espesor, y en el lado opuesto se adosa la semipila del arco contiguo, que tiene los mismos espesores y taludes que la anterior. El espesor de la pila intermedia entre los dos arcos de 12 metros es de 2 metros en el plano de arranques y su talud es el mismo de 1 por 30. Los paramentos exteriores del viaducto tienen en todas sus partes talud de 1 por 30, menos los arcos y tímpanos que son de paramento vertical.

El tramo metálico es una viga recta de montantes y cruces de San Andrés, de 4 metros de altura y tablero superior, igual á la descrita en el viaducto de Almoguera. Encima del tramo, así como de los arcos y muros de acompañamiento, se dispone una sencilla barandilla de hierro que se sustituye sobre los pilastres de fábrica por un pretil que, además de refuerzo, sirve de elemento decorativo.

Las clases de fábrica son las mismas que en casi todas las obras hasta ahora descritas, con la sola diferencia de sustituir el sillarejo por fábrica de sillería, en atención á la mayor visualidad que ha de tener este viaducto por pasar debajo de él una carretera de importancia.

Acueducto del kilómetro 188,283'79.—Una pequeña depresión del terreno que no permite, sin embargo, que se deje pasar desapercibida, obliga á construir un pequeño acueducto por cruzar la explanación con una cota de unos 12 metros de desmonte. La cantidad de aguas que puede recoger no es grande seguramente, y hasta en condiciones normales no habría inconveniente en dejarla caer por los taludes del desmonte para que corriera por las cunetas, pero la circunstancia de estar en la salida de un túnel de bastante longitud por el cual tendrían que seguir, con peligro de anegar las cunetas, aconsejan desviar las aguas, conduciéndolas á su cauce natural.

Esta pequeña obra, del mismo tipo que otra ya descrita anteriormente, se reduce á un simple canal de hormigón armado de sección rectangular, que tiene 50 centímetros de luz ó anchura interior y 74 centímetros de altura. Las paredes, que son las vigas resistentes, tienen un espesor de 21 centímetros y el fondo 7 centímetros; las paredes se arriostran por su parte superior con unos pequeños codales, también de hormigón armado. El canalizo de hormigón armado se apoya sobre los bordes del desmonte, en unos pequeños macizos de mampostería ordinaria.

Viaducto del kilómetro 199,271'59.—Para salvar la primera profunda hondonada que cruza el trazado, poco después de comenzar la subida desde el Cabriel á la divisoria, se proyecta un viaducto de fábrica de seis arcos de medio punto, y teniendo en cuenta la altura de la rasante y la forma del perfil del terreno se ha adoptado la luz de 16 metros, ya que la abundancia de piedra y la facilidad de cimientos aconseja multiplicar el número de pilas disminuyendo la luz de los arcos; no convendría, sin embargo, hacer luces más pequeñas porque en la parte central del barranco las pilas son bastante altas.

Las tres pilas centrales, que tienen de 21 á 23 metros de altura hasta el plano de arranques, están reforzadas en sentido transversal por unos machones ó contrafuertes que, aunque al nivel de la coronación del viaducto sólo tienen 30 centímetros de saliente, con el talud de 1 por 15 ensanchan bastante en la base y contribuyen á la estabilidad de la obra; el espesor en la imposta es de 3,70 metros. Las otras dos pilas tienen sólo un espesor de 3 metros; el talud de todas ellas en los paramentos transversales es de 1 por 30 y los longitudinales, aparte de los contrafuertes, tienen paramento vertical.

El espesor de las bóvedas en la clave es de 82 centímetros, y sobre el trasdós queda espacio para una caja de tierra de 1,30.

Los muros de acompañamiento tienen una altura media de

20 metros en su comienzo, y como, según el tipo corriente, a partir de un nivel a 8 metros por debajo de su coronación ya se juntan por el interior, resultaría un volumen enorme de fábrica si se hicieran así; para disminuirlo sin perjudicar a la estabilidad de la obra se proyecta una disposición especial que consiste en poner un tablero de hormigón armado un metro por debajo de la rasante, quedando vacío de tierra todo el interior de los muros, y así, suprimiendo los empujes, puede quedar el espesor de los muros reducido en términos prudenciales lo necesario para darles resistencia a las cargas y sobre todo a las trepidaciones. El perfil que se les da es con talud de 1 por 15 en sus paramentos vistos y escalones de 10 centímetros a $1\frac{1}{2}$ metros de altura en el interior.

El tablero de hormigón se apoya en unas viguetas de 0,65 metros de altura por 0,18 de espesor, que aparecen con detalles en el plano; en la altura de estas viguetas está comprendido el espesor del forjado, que tiene 22 centímetros; por este sistema se consigue una importantísima reducción del volumen de fábrica de los muros.

Como el espacio comprendido entre los muros de timpanos sobre las bóvedas va relleno de tierras, es preciso prolongar hacia arriba el estribo haciendo un murete que las contenga, evitando que caigan al hueco que queda entre los muros de acompañamiento; los taludes de este murete son de un quinto por los dos lados, y en su coronación tiene un espesor de 80 centímetros.

Viaducto del kilómetro 204,369'38.—Este viaducto es del mismo tipo que el anterior, solamente que el número de arcos es de siete y, además, concurre la circunstancia de estar en curva de 500 metros de radio. Las pilas que llevan contrafuerte son cuatro, porque las dos extremas tienen poca altura y no está en ellas justificado.

Después de la descripción hecha del anterior, es inútil repetirla aquí. Las comprobaciones de las bóvedas y murete del estribo no se repiten, porque serían iguales; en cambio se presenta en éste la comprobación de la estabilidad de las pilas, que no aparece en el anterior, y obsérvese que son idénticas, sirviendo, por lo tanto, para los dos.

Viaducto sobre el arroyo Mestro.—Este viaducto está formado por cinco arcos de 12 metros de luz, y aparte de esta circunstancia, difiere de los anteriores en las proporciones de las pilas, que son, relativamente a su altura y la luz de los arcos, un poco más gruesas y tienen talud en los dos sentidos, suprimiendo, en cambio, los contrafuertes; el talud de los planos normales al eje de la vía es de 1 por 20 y el de los paramentos exteriores 1 por 15, igual al de los muros de acompañamiento, que son también del tipo aligerado. Como en éstos, el talud del paramento arranca de la coronación y los muros de los timpanos son verticales, presentan una arista saliente por fuera de las semipilas de los estribos.

Este viaducto está en curva de 500 metros de radio y rampa de 0,02578.

Acueducto del kilómetro 209,665'98.—Las aguas que bajan por la llamada Cañada de Alarcón cruzan el trazado en el desmonte de salida del collado del Escudero, en un punto en que la cota es de 13,60 metros, y para darles paso se proyecta un acueducto de sección igual al últimamente descrito; nada tendríamos que añadir a lo dicho con respecto a aquél si no fuera por la circunstancia de que aquí la vaguada cruza oblicuamente al trazado, y como si se estableciera el acueducto siguiendo exactamente la línea de vaguada se alargaría su longitud de un modo innecesario, lo procedente es colocarlo normal al eje de la vía, haciendo antes y después una desviación del cauce, que consistirá en una

simple zanja de profundidad suficiente, sobre todo a la entrada, para evitar que las aguas que pudieran bajar con violencia salten por encima de los taludes del desmonte, causando erosiones y haciendo inútil el acueducto; en la zanja debe hacerse un encachado que permita conservarla bien.

Viaducto sobre el arroyo Masegoso.—Como la altura de la rasante sobre el fondo del arroyo es de 46 metros y el valle, de fondo relativamente plano, tiene bastante anchura, un viaducto de fábrica no parece en este caso lo más apropiado, aun teniendo abundancia de piedra en ambas laderas; por esta razón se proyecta una obra de seis tramos metálicos de 38 metros de luz sobre pilas de fábrica y terminada por muros de acompañamiento.

Las pilas tienen 3 metros de espesor por 6 de longitud en la coronación y talud, de 1 por 30 en los planos normales, y de 1 por 20 en los paralelos al eje de la vía; su altura es variable, pero las tres centrales tienen 29,50 metros sobre zócalo, que a su vez tiene 4 metros sobre el enrase de cimientos. Los estribos son ambos de la misma altura de 16 metros, y están compuestos de una semipila, un pilastrón de 8 metros de anchura, con paramento vertical y muros de acompañamiento con talud de 1 por 15 al exterior y de un quinto, formado por escalones, en el interior.

Los tramos metálicos son idénticos al del puente sobre el río Júcar, por lo que no se repiten aquí las indicaciones relativas a él ni en el plano sus detalles.

Viaducto sobre el arroyo de Vencherque.—El barranco de Vencherque, inmediato al anterior, es mucho menos profundo y ancho, y en él ya se proyecta viaducto de fábrica con cuatro arcos de 12 metros de luz. Podría haberse aumentado el número de arcos, pero es quizás más económico el sistema adoptado de hacer los muros de acompañamiento aligerados por el sistema del tablero de hormigón, que permite disminuir extraordinariamente el volumen de fábrica y que en este caso es muy conveniente, porque su altura es bastante grande.

Todos los elementos que constituyen este viaducto son ya adaptación de los que se han empleado en el viaducto del kilómetro 85,042'40 y en el puente sobre el Cabriel, por lo cual no hace falta ni describirlos ni calcular de nuevo las bóvedas; pero hay una diferencia importante que señalar y estudiar, que consiste en la diferencia de alturas de las pilas centrales con relación a la de las otras obras, la mayor de las cuales no tiene alturas mayores de 12,50 metros, mientras que en este viaducto llegan a 19.

Por esta razón el espesor de la pila es de 3,20 metros en el plano de arranques, en lugar de 2 y 2,50 que tienen las otras, y los taludes de los paramentos normales a la vía son 1 por 20, en lugar de 1 por 30; con estas nuevas condiciones se ha comprobado la estabilidad, y en el plano aparece el cálculo gráfico que demuestra que las dimensiones asignadas son suficientes.

Puente sobre el río de los Ojos de Moya.—Como la rasante lleva cerca de 25 metros de altura y la anchura del valle es bastante grande, la obra que hay que hacer para cruzarlo es muy superior a lo que sería preciso para dejar pasar las aguas del río, aun en las mayores crecidas, por cuya razón no hay para qué pensar en hacer estudios sobre el desagüe necesario, aunque bueno es hacer constar que la vega por donde discurre el río tiene un fondo plano de unos 100 metros de anchura que a la menor nube de verano se inunda totalmente, como hemos tenido ocasión de observar.

En las dos laderas está la roca, más o menos descompuesta, al descubierto, pero en el fondo del valle no es fácil determinar *a priori* la profundidad a que podrá encontrarse un terreno firme

para cimentar las pilas, y por esta razón no conviene hacer allí un viaducto de fábrica, que exigiría numerosos apoyos, y se ha elegido, como más apropiado, el tipo del viaducto del Masegoso, que se acaba de describir y del cual no difiere más que en tener dos tramos menos, puesto que éste no tiene más que cuatro, y en las alturas de las pilas y estribos, que también son menores. Nada hay, pues, que añadir.

Viaducto sobre el barranco del Fraile.—Esta obra, que forma dos barrancadas que se unen á poca distancia del trazado, formando el barranco llamado del Fraile, está formada, pudiera decirse, por dos viaductos, cada uno de tres arcos de 20 metros de luz, unidos por un muro aligerado con dos arcos de 12 metros; el viaducto consta, pues, de seis arcos de 12 metros, disposición extraña que se adapta perfectamente al perfil del terreno.

La rasante baja con pendiente de 0,02929, y su altura sobre el fondo de los barrancos es de 39,20 y 36,60, respectivamente, mientras que la altura sobre la loma intermedia no es más que de 22,10.

Los espesores de las pilas son diferentes, según las luces de los arcos que tienen que sostener, y así se han dado 2,50 metros para la pila intermedia entre dos arcos de 12; 4 metros á la que sostiene dos arcos de 20 y 5,50 á la pila estribo intermedia entre un arco de 20 y otro de 12 metros de luz. Todas ellas tienen verticales los paramentos normales al eje de la vía, así como los de los timpanos, y con talud de 1 por 20 los de las pilas debajo de los timpanos. Los muros de acompañamiento son del tipo aligerado con tablero de hormigón.

Como esta obra está en un sitio alejado de toda visualidad, se ha suprimido todo elemento decorativo, y en lugar de impostas de arranques, no se proyecta más que una simple faja plana del mismo sillarejo de los aristones y boquillas de las bóvedas.

Viaducto sobre el río Turia.—La altura á que pasa la rasante sobre el fondo del río Turia y la distancia de las márgenes entre los puntos situados á esa altura son de tan excepcional importancia que la elección de sistema para proyectar este viaducto ha sido objeto de grandes meditaciones y de detenidos estudios; esta obra, una vez construida, habrá de ser seguramente la más importante de España entre las de su clase, y es natural que se hayan hecho numerosos tanteos antes de resolver la disposición que se había de adoptar.

Es evidente que lo más barato y quizá lo más sencillo de ejecución habría sido un puente colgado, y tan indicado parece, dado el emplazamiento que ha de ocupar, que sólo ante el desuso en que ha caído este sistema de puentes se ha abandonado la idea, desuso evidentemente justificado porque sus únicas ventajas son las apuntadas y los inconvenientes son mayores que aquéllas.

Otro tipo tanteado ha sido el de un gran arco metálico que, apoyándose en los dos escalones que aparecen muy marcados en ambas laderas, llegaría con su clave al nivel de la rasante, á semejanza del viaducto de Garabit, sólo que aquí la luz del arco tendría que ser mayor, pues no bajaría de 200 metros, mientras que en aquél es de 165 metros; un cálculo hecho rápidamente ha demostrado que este sistema sería más caro que el adoptado, por lo cual se abandonó también.

Aunque para grandes luces el sistema más frecuente desde hace años es el de puentes grúas ó *canty lever*, no tiene aplicación en este caso por la dificultad de hacer la distribución de pilas de tal manera que quede espacio para los medios arcos laterales, sobre todo en la ladera del lado de Valencia; en todo caso las pilas habrían de tener gran altura, perdiéndose parte de la ventaja que se busca con el sistema.

Un viaducto enteramente de fábrica, con arcos de 40 metros

de luz, y otro piso intermedio de arcos iguales que arriostrarán las pilas podría ser ventajoso, dada la abundancia de piedra de buena calidad que allí se encuentra; pero realmente tratándose de una altura semejante, asusta pensar en el volumen de fábrica que resultaría y en la altura de los paramentos de tales pilas, aunque se disimulara con los arcos intermedios.

Por último, hacer un viaducto enteramente metálico sería perder totalmente la ventaja que proporciona la circunstancia apuntada de la existencia de materiales al pie de obra, aparte de que resultarían en el centro unas pilas metálicas de altura inusitada, pues excederían en mucho á las del viaducto del Salado de la línea de Linares á Almería, que son ya de las más grandes del mundo.

Por todas estas razones, se tanteó primero y se aceptó en definitiva el sistema mixto de fábrica y acero que aparece en el plano y que consiste en construir un primer viaducto de fábrica de 75 metros de altura máxima sobre el fondo del río, formado por cuatro arcos de 40 metros de luz, de los cuales los dos extremos son de estribos perdidos; encima de este viaducto y á plomo de sus pilas se hacen unos grandes basamentos, también de fábrica, sobre los que se apoyan unas pilas metálicas de 60 metros de altura y sobre ella apoyan los siete tramos metálicos de 55,40 metros de longitud del sistema de montantes comprimidos y diagonales estiradas empleado ya en obras de este proyecto; la primera pila, que no se apoya aún sobre el viaducto de fábrica, sólo tiene 30 metros de altura.

Las pilas propiamente dichas del viaducto de fábrica tienen un espesor de 11,40 metros y sus paramentos exteriores talud de 1 por 15, siendo verticales los normales al eje del viaducto. Al nivel de la coronación de estas pilas tiene la obra una anchura de 29 metros, pero entre las pilas la anchura sólo es de 28; ahora bien, como los arcos tienen 40 metros de luz y los centros están á 55,40 de distancia unos de otros, quedan 4 metros además de los 11,40 que tiene la pila, formando un ensanche de 2 metros á cada lado de ella, ensanche que, teniendo el paramento vertical á plomo del de los timpanos, hace aparecer la pila propiamente dicha como si fuera un contrafuerte de ella.

Para que el volumen de fábrica no resulte exagerado, y sobre todo para que no resulte inútil, se proyectan unos aligeramientos en las pilas, por medio de arcos ojivales de 15 metros de luz, cuyo eje longitudinal está en el plano que pasa por el eje del viaducto; de este modo se suprime una gran parte del macizo de fábrica que no tiene verdadera misión, pues siendo de roca el apoyo de los cimientos no hay que pensar en disminuir la carga en la base, aumentando la superficie, y ya que las dimensiones exteriores vienen obligadas por el talud que hay que dar á las pilas metálicas, es en el centro donde sobra material.

Los arcos no tienen más misión que la de arriostrar las pilas, proporcionando á la vez el medio de facilitar el paso de peatones de un lado á otro del barranco por el piso que conviene hacer encima de los mismos; pero como no han de soportar apenas carga y la sobrecarga será prácticamente nula, se proyectan con un espesor de 1,30 en la clave, que es el que resulta de fórmulas conocidas, sin hacer comprobación alguna de su estabilidad, puesto que evidentemente la tendrán, ya que estos espesores se calculan suficientes para las sobrecargas de prueba en los puentes. Sobre los arcos se apoyan los muros del timpano de un espesor en la coronación de 1,50 metros y un talud interior de un décimo, y el hueco entre los arcos y los timpanos se deja vacío, pues no hace falta ninguna rellenarlos de tierra, lo que obligaría á aumentar las dimensiones de los muros del timpano. En cambio se disponen dos tabiques longitudinales, que se proyectan de hormigón armado y aligerados considerablemente en la forma que apa-

recen en el plano, los cuales se apoyan sobre el trasdós de la bóveda y llegan al nivel de la coronación de los tímpanos, ó, mejor dicho, un poco más alto, por la razón que luego se dirá.

Los basamentos para las pilas metálicas están á plomo de las pilas del viaducto inferior, sobre las cuales se apoyan á través del espacio hueco de los tímpanos, es decir, que las pilas de los arcos de 40 metros no terminan, como es general, á nivel del plano de arranque, sino que se prolongan hacia arriba hasta la coronación general del viaducto de fábrica y aun rematan en su parte superior con lo que hemos llamado basamento de las pilas metálicas y que tienen 7,50 metros de altura con 10 metros de ancho y 24 metros de largo en la coronación; los taludes de estos elementos de la obra son de 1 por 30 en los paramentos transversales y 1 por 15 en los paralelos al eje del viaducto.

Como la parte central de los basamentos descritos no tiene misión alguno, se aligera con un arco de medio punto de 10 metros de luz y el aligeramiento se prolonga hacia abajo en la parte de las pilas á que no alcanzan los aligeramientos interiores, formando un hueco de sección que pudiéramos decir ovoide, y que en su parte inferior tiene sólo 5 metros de ancho y un pequeño arco invertido.

Sobre los tímpanos y tabique longitudinales de hormigón armado se apoya un piso, que corre á todo lo largo del viaducto de fábrica, y este piso es un ligero forjado de hormigón armado, aunque apenas tiene que soportar carga este piso; como la separación entre los tímpanos y los tabiques es de 7,30 metros y la de los tabiques entre sí de 10 metros, para disminuir el vano de los apoyos del piso se dispone una serie de viguetas de hormigón armado en forma de arco muy rebajado y espaciadas á 5 metros de eje á eje, cruzando transversalmente y apoyándose en los cuatro muros verticales; en el espesor de la prolongación superior de las pilas corre este piso por debajo de los arcos de medio punto de los basamentos de las pilas metálicas y también en este espacio se intercalan viguetas transversales de hormigón armado para apoyo del piso. Este piso no forma un plano horizontal, sino que, con objeto de que corran las aguas de lluvia, se levanta en el centro 50 centímetros por encima del nivel de la coronación general y por eso los tabiques longitudinales de hormigón armado tienen que terminar en su parte superior un poco más arriba que dicha coronación, como ya se hizo notar anteriormente.

A todo lo largo de la coronación del viaducto de fábrica corre una gran cornisa de 2 metros de altura, pero de perfil sumamente sencillo, proporcionada á las dimensiones generales de la obra y marcando dos fuertes líneas de sombra que acusen bien su terminación. Los basamentos de fábrica que van encima también tienen una sencilla imposta de 50 centímetros de espesor.

La pila metálica de 30 metros de altura ya hemos dicho que no llega á cargar sobre el viaducto, pero su basamento tiene las mismas dimensiones en planta y los mismos taludes que los otros, como igualmente su arco de aligeramiento en sentido longitudinal del viaducto. Este basamento va sobre un cimiento de 2 metros de espesor, que tiene una zarpa de 50 centímetros, todo alrededor de pie de los taludes.

Poco hay que decir de los estribos de fábrica de los tramos metálicos: el del lado Madrid es del tipo corriente de semipila, pilastrón y muro de acompañamiento, que por cierto es muy corto, porque el terreno sube rápidamente y no se proyectan tampoconos aligerados por la misma razón y la de tener poca altura ni aun en su principio. El estribo del lado Valencia es de lo más rudimentario, pues se reduce á una excavación en la caliza dura de la ladera, tallando una caja que en sección longitudinal tiene el perfil que había de tener el estribo hasta el lecho de la coronación de la semipila, haciendo luego un plano inclinado para que

corra el agua hacia afuera; en sentido de su anchura, la excavación debe tener por lo menos 2 metros más á cada lado que lo que ocupa el tramo metálico, para facilitar las operaciones de montaje y la vigilancia y conservación del tramo y sus apoyos. Sobre la roca natural se sentarán unos sillares de 1,50 por 0,60 metros de sección para el apoyo de las cajas de rodillos; es conveniente que sean sillares escogidos, por si en aquel punto preciso la roca tuviera alguna falla ó no fuera de calidad suficientemente dura para soportar la carga del tramo.

Sobre los basamentos de fábrica descritos se levantan las pilas metálicas, que son de dos alturas diferentes; una, la primera, de 30 metros de altura, y las otras cinco de 60 metros, cuyos montantes insisten sobre unos sillares de 50 centímetros de altura y 1,60 metros de lado.

La estructura de las pilas está formada por cuatro montantes inclinados, unos arriostamientos horizontales y otros verticales compuestos por diagonales formando cruces de San Andrés; los horizontales, á su vez, forman rectángulos con diagonales cruzadas.

Los ejes de los montantes forman un tronco de pirámide cuya base superior es un rectángulo de 5 metros de largo por 2,40 de ancho; el rectángulo de la base inferior tiene 18 metros de largo por 7 de ancho en las pilas de 60 metros, y 11,50 de largo por 5 de ancho en las de 30 metros de altura. Cada montante está constituido por una serie de planchas de 600 milímetros de ancho y 10 de espesor, á las que se enlazan por medio de angulares de 100 \times 100 \times 12, otras á escuadra de las mismas dimensiones que cada una de las otras, formando una viga de cajón cuyo lado abierto se arriostra con unos ligeros angulares que le dan rigidez. En su parte superior los dos montantes de cada lado del eje de la vía están unidos por una robusta coronación de palastro de sección análoga á ellos, pero de mayores dimensiones, puesto que el fondo del cajón ó platabanda de la viga tiene un metro de anchura y las dos planchas que forman las almas 70 centímetros; estas dos vigas se arriostan á su vez por otras dos vigas, formada cada una por dos almas ó planchas verticales, reforzadas en sus extremos por angulares que, además de darles la rigidez necesaria, sirven para coser á ellas los enlaces de celosía.

Las riestras horizontales que forman los cuadros son diferentes en las palizadas transversales al viaducto, en que realmente tiene que sufrir esfuerzos importantes y conocidos, de las colocadas en las otras normales. Las primeras están constituidas por cuatro angulares, enlazados por ligeras celosías de barras planas y las otras tienen sección en doble T, cuya alma también es de celosía; las diagonales horizontales son también de sección tubular formada por cuatro angulares arriostados por celosías, que difieren de las anteriores en que, para facilitar los enlaces, tienen los angulares con su concavidad hacia dentro, mientras que en las riestras está hacia fuera.

Las diagonales de las palizadas transversales tienen sección análoga á las riestras horizontales de las mismas y sus elementos están dispuestos de la misma manera; las de las otras palizadas son mucho más ligeras, puesto que sólo se componen de dos angulares opuestos por el vértice y ofrecen la particularidad de que son más cortas porque para que no tengan una oblicuidad excesiva con el eje de la pila, á causa de la menor anchura de estas palizadas, forman dos cruce de San Andrés en la misma altura en que hay una sola en los planos normales.

Para resistir la tendencia al volcamiento ocasionada por la acción del viento, las montantes llevan unos anclajes formados por barras redondas de acero de 100 milímetros de diámetro, que penetran á 7,50 metros de profundidad en el macizo de las

pilas de fábrica por unas chimeneas circulares practicadas en el mismo y que terminan abajo en unas pequeñas galerías forman do bóveda de un metro de luz; el extremo de la barra de anclaje cruza una fuerte viga tubular de palastro, contenida por una zapata de acero fundido, que á su vez se sujetó por una chaveta que atraviesa el extremo de aquélla; entre la viga y la bóveda de fábrica se interponen unas planchas de plomo que, rellenando las pequeñas desigualdades de la piedra, reparten el esfuerzo de tracción que sufren las vigas, cuya longitud tiene por objeto transmitir aquél á mayor volumen de fábrica. La unión de la base de los montantes con las barras de anclaje se hace por medio de angulares y nervios que sujetan á aquéllos á otras placas horizontales que atraviesan la barra; la cabeza superior de ésta termina en una rosca, á la que se atornilla una gran tuerca, por medio de la cual se templó el anclaje hasta que las planchas de plomo de su parte inferior acusen la tensión suficiente. En la pila de 30 metros la profundidad de la chimenea hasta la galería del anclaje es sólo de 5 metros.

Estas galerías están en las pilas grandes debajo del piso del viaducto de fábrica, y para poder bajar á inspeccionar los anclajes se dejarán en aquél unas escotillas con tapa amovible. En la pila de 30 metros las galerías quedan un poco por debajo del nivel de la ladera, y para evitar que penetren en las aguas, y, lo que sería peor, las personas que pudieran producir algún desperfecto, deben tapiarse con unos sencillos tabiques que fácilmente se repiten cada vez que se haya hecho la visita, que periódicamente debe practicarse.

En cuanto á los tramos metálicos nada tenemos que decir, puesto que son idénticos al proyecto para el puente sobre el río Tajo. **Puente sobre el río Tuéjar.**—Aunque la importancia del caudal del río Tuéjar no es grande, las conveniencias del trazado obligan á llevar la rasante á la altura de unos 36 metros sobre el fondo del cauce, y el puente se convierte en un verdadero viaducto. La parte que cruza el cauce, que es la que tiene una altura media de 30 metros, se salva con tres tramos metálicos de 30 metros de luz; el resto lo componen una serie de arcos de fábrica de 16 metros de luz, en la margen derecha, que es la que se eleva paulatinamente por escalones formados por los bancales de la huerta, mientras que en la izquierda el estribo del último tramo metálico está seguido de muros de acompañamiento, en los que no hay más que un pequeño claro para dejar paso á la acequia de Chelva.

Las pilas del viaducto metálico son de fábrica y del mismo tipo y dimensiones del viaducto de Almoguera; los siete arcos del viaducto de acceso son semejantes á los del viaducto del kilómetro 204,369'38, aunque las pilas no tienen contrafuertes; en fin, los muros de acompañamiento son del tipo aligerado con tablero de hormigón armado.

Viaducto sobre el barranco del Arco.—Este viaducto consta de cinco arcos de 20 metros de luz y tiene la particularidad de que la rasante está en pendiente de 0,02783. Como el lugar en que está situado es muy visible desde la carretera y bastante próximo á Chelva, se proyectan de sillería los aristones y boquillas de las bóvedas, á fin de darle un aspecto mejor que el que produce el sillarejo, con mayor razón, porque todas las obras de la carretera están construidas con verdadero esmero y riqueza de materiales.

Las dimensiones de los distintos elementos de la obra son ya conocidas por ser reproducción de los de otras ya descritas; los muros de acompañamiento son también aligerados. Los cimientos se proyectan con bastante profundidad, como se ve en los planos, porque el terreno en aquella zona está formado por unas margas yesosas tan falsas, que es preciso encarjarlos de tal modo que no les puedan alcanzar las socavaciones que se producen, aun con cantidades de agua de lluvia insignificantes.

Viaducto sobre el barranco de Cojanta.—Esta pequeña obra, que consta de tres arcos de 16 metros de luz, en que los dos laterales son de estribos perdidos, podría acaso haberse sustituido por un solo arco de 20 metros con muros de acompañamiento aligerados; pero teniendo en cuenta, por una parte, que la diferencia de coste, si la hubiera, sería insignificante y además la circunstancia indicada en el anterior de ser muy malo el terreno para cimentar, que hubiera obligado á un gran macizo de fábrica para dichos muros de acompañamiento, nos hemos decidido á proyectar un viaducto en esta forma, muy semejante, por otra parte, al que tiene la carretera, de la que está á pequeñísima distancia.

Como no tiene ninguna particularidad digna de mención, nos remitimos al examen de los planos, en los que se presenta la obra con suficiente detalle.

Puente sobre el barranco del Margen.—La cantidad de agua que, en el caso peor, puede bajar por este barranco, podría pasar por una simple alcantarilla; pero como en atención á la naturaleza del terreno el cubo de fábrica de los muros y sus cimientos sería muy grande, resulta la obra más económica haciendo un arco de medio punto de 12 metros de luz, y así se proyecta. La obra no tiene importancia ninguna y sólo se menciona aquí por no ajustarse á ninguno de los modelos generales.

Viaducto sobre el barranco de la Puente Seca.—Este viaducto, en curva de 500 metros de radio y pendiente de 0,0.862, consta de un arco central de 20 metros de luz y dos laterales de 12 metros, verdaderos aligeramientos de los muros de acompañamiento. El arco central es el que salva el barranco que, como tiene laderas bastante escarpadas, permite que las dos pilas-estribos tengan relativamente poca altura, aunque por razón de la naturaleza del terreno se deben cimentar á bastante profundidad. Cada una de ellas consta de un machón central, que tiene adosadas á ambos lados las dos semipilas de los arcos contiguos.

El estribo de la margen derecha tiene muros de acompañamiento aligerados con tablero de hormigón; en el otro, los muros tienen el perfil corriente á causa de su poca altura y ser preciso de todos modos el macizo de fábrica para cimentación del estribo del arco de 12 metros.

Viaducto sobre el barranco de Alcotas.—Este profundo barranco se salva con un viaducto metálico de cuatro tramos rectos de 36 metros de luz sobre pilas de fábrica; el estribo del lado Madrid está aligerado con un arco de 16 metros de luz y los muros de acompañamiento son del tipo corriente.

La única particularidad que presenta esta obra es la de tener las pilas aligeradas, como se ve en los planos, á causa de su elevación, pues tienen desde la coronación hasta la base del fuste 31,20 metros de altura, y la más alta tiene además un zócalo ó basamento de 11 metros de altura. El aligeramiento consiste en un hueco de un metro de ancho por 4 de largo, que se deja en el centro de la pila y que, empezando á 3 metros por debajo de la coronación, llega hasta 7 metros por debajo de la coronación del zócalo, de tal modo que en la sección transversal pudiera parecer la pila formada por dos muros paralelos unidos arriba y abajo; aunque el aligeramiento no es más que en lo que pudiera llamarse núcleo central de la pila y, por consiguiente, queda un espesor de fábrica grande en relación con la parte hueca, por un exceso de previsión se proyecta interrumpido el aligeramiento en dos secciones horizontales á los tercios de la altura, sirviendo de enlaces de 2 metros de espesor entre los dos muros paralelos.

El estribo del lado Valencia está cimentado á gran profundidad porque la fuerte inclinación de la ladera y la naturaleza desleznable del terreno aconsejan la mayor prudencia.

(Continuará.)