

# Saltos del Duero<sup>1</sup>

Los grandes medios auxiliares de construcción del aprovechamiento de aguas del río Es'a

VI

## Colocación en obra del hormigón

**JUSTIFICACIÓN DEL SISTEMA PROYECTADO.**—Explicadas en apartados anteriores todas las operaciones necesarias hasta llegar a la manipulación del hormigón, pasamos ahora a exponer los medios previstos para tomar el material a la salida de las hormigoneras y colocarlo en obra en el cuerpo de la presa de embalse.

La parte de instalación dedicada a esta fase del trabajo tiene la importancia excepcional que le da la circunstancia de ser ella la que constituye la base de toda la organización de los medios auxiliares, a causa de que el proyecto de dicha instalación se ha de desarrollar dentro de los límites que fijan las características de emplazamiento, perfil, etc., de la presa; límites que, en general, son mucho más estrechos que los en que puede moverse el ingeniero al disponer la trituración, transporte y manipulación de los componentes del hormigón.

En efecto; en todos los casos, que son frecuentes, en los que se dispone de cantera capaz de suministrar la suficiente cantidad de la primera materia: piedra, y en los que se dispone también, sin límite a esos efectos, de cemento, puede asegurarse que la preparación de los componentes del hormigón no ofrece dificultad alguna desde el punto de vista técnico. En tales casos, todo queda reducido a elegir los medios auxiliares que en capacidad o número sean necesarios, sin más limitación que la que imponga el aspecto económico del problema.

No ocurre lo propio con los medios para colocar en obra el hormigón. En éstos, además de la limitación que en toda instalación impone el factor coste, se presenta la inexorable de carácter técnico, que viene impuesta por las características geométricas del volumen a rellenar y por las condiciones especiales que, para la debida resistencia del macizo, deben cumplirse en la forma y tiempo de colocación en obra del hormigón. Esta última operación debe realizarse dentro de un espacio fijo y limitado; debe realizarse por tongadas en las que, además de su forma, hay que cuidar del tiempo en que se termina cada una, a fin de que sea homogénea y no padezca su resistencia porque sus partes fragüen en períodos excesivamente distintos; las operaciones de fabricación de esos macizos parciales, componentes del total, deben simultanearse o combinarse en el tiempo y en el espacio con la maniobra y movimiento de los encofrados que les sirven de moldes; con el acceso del personal que coloca y quita estos últimos; con la aportación de la herramienta que ese personal necesita, etc., etc.

En resumen: la operación de colocación en obra del hormigón en grandes cantidades por hora es la que realmente limita y fija el máximo del total trabajo horario posible, y la que, por consiguiente,

pone el tope, desde los puntos de vista técnico y práctico, al mínimo plazo de ejecución entre los diversos que se ofrezcan como posibles y convenientes en virtud del previo estudio financiero que se haya hecho del problema general de realización de las obras.

Todas estas circunstancias son las que teníamos en cuenta y justifican aquel párrafo anterior de este artículo, en el que decíamos que habiendo llegado en nuestros estudios previos a la conclusión de que necesitábamos preparar los medios auxiliares con capacidad para colocar 1 600 metros cúbicos de hormigón en jornada de diez horas, a esta condición habíamos *supeditado* el proyecto de toda la instalación y la fijación de capacidad de todos los demás medios auxiliares.

Recordada la cifra, no es necesario argumentar para que resalte que es preciso, en nuestro caso, recurrir a los medios más potentes, entre los utilizados hasta la fecha, para la realización del plan de trabajo propuesto.

Esos medios son conocidos por todos los técnicos que siguen con interés esta clase de trabajos, y no vamos, por consiguiente, a detallarlos aquí. Nos limitaremos a referirnos a sus características, en cuanto la referencia sirva para justificar las soluciones adoptadas en nuestra instalación.

Las condiciones *esenciales* de las que nos propusimos dotar, en lo posible, a la instalación, son las siguientes:

*Capacidad* del medio auxiliar y *rapidez* en su maniobra, considerables.

Disposición que garantice, al máximo práctico posible, la inalterabilidad de las *características de cada masada* de hormigón, desde su salida de hormigoneras hasta su colocación definitiva en obra.

*Facilidad de acceso*, con la masa de hormigón, a todos los puntos del macizo a construir.

*Compatibilidad*, con la menor perturbación del trabajo total, de la labor de colocación del hormigón con el transporte y maniobra de los encofrados y demás elementos auxiliares que es preciso utilizar durante la operación y en el mismo espacio en que la misma se realiza.

*Sencillez, resistencia* y demás circunstancias que contribuyen a garantizar la continuidad del trabajo, reduciendo al mínimo las interrupciones del mismo, que producen, además de los perjuicios generales inherentes a la prolongación del plazo de ejecución, la pérdida de jornales, etc., que se experimenta en toda parada imprevista de un trabajo en marcha.

*Costos mínimos* de primera instalación, de conservación y de consumo de energía por trabajo horario y unidad fabricada o construída.

No es necesario añadir que las precedentes condiciones peculiares del trabajo especial de que nos ocupamos habían de ir acompañadas de las demás que, con carácter general, deben exigirse en toda obra, como son las de máxima seguridad del personal, posibilidad de fácil inspección y vigilancia, etc., etc.

Como es sabido, lo que a los efectos de una clasi-

<sup>1</sup> Véase el número anterior, página 397.

ficación constituye la característica más típica de los sistemas que pueden cumplir, en mayor o menor grado, las condiciones precedentes es el medio o disposición que en cada uno de aquéllos se utilice para el transporte de la masa de hormigón desde la hormigonera hasta el punto de su ubicación definitiva en obra.

Dicho medio de transporte puede estar constituido por *canaletas*, por *cintas*, por *cables-grúas apoyados en castilletes* o por *elementos mixtos*, que resultan de la combinación de los anteriores.

Dentro del sistema de *cables-grúas* y aun en el de *cintas*, cabe establecer una variante o subdivisión, según aquéllos se apoyen en castilletes *fijos* o *móviles*.

Veamos, antes de describir nuestra instalación de cables-grúas sobre apoyos fijos, las razones que nos decidieron a aceptarla, después de comparada con los demás sistemas a que hemos aludido.

El sistema de *canaletas* se presta siempre a realizar fácilmente un gran volumen de trabajo horario; es bastante sencillo de instalación; se llega bien con él a todos los puntos del macizo; en general, no siempre, es de menor coste de primera instalación a igualdad de las demás circunstancias, y, especialmente, cuando el terreno permite colocar las hormigoneras a la altura conveniente, evitando así, o disminuyendo, la elevación a castilletes, es el de menos consumo de energía, puesto que el transporte del hormigón se hace por deslizamiento o gravedad.

A cambio de estas características favorables, tiene varios inconvenientes, entre los que destaca uno que, a nuestro juicio, es de capital importancia. Nos referimos a la limitación que impone para la utilización de hormigones que no tengan cierta plasticidad mínima, necesaria para garantizar el deslizamiento de la masa en las debidas condiciones y sin excesiva desagregación. Para hormigones secos, el sistema de *canaletas* no es apropiado; pero, además, tiene, a nuestro juicio, otro defecto práctico, al que damos importancia capital. No es posible actuar en obra como se actúa en el gabinete o en el laboratorio, y no se puede, por consiguiente, reproducir exactamente en la práctica todas las disposiciones ideadas y justificadas en la teoría o en un proyecto.

Por esto, en el funcionamiento de una instalación de *canaletas*, cuando se trata de obras grandes —que exigen longitudes considerables de aquéllas, constantes maniobras y variaciones de su situación, etc.—, es punto menos que imposible el disponer las *canaletas* con las pendientes, codos y demás circunstancias, en las condiciones exactas previstas como necesarias para el deslizamiento regular y perfecto. Son inevitables los atrancos de la masa; y cuando éstos se presentan en el curso de un trabajo en el que todo está preparado para una labor continua y rápida, es inevitable que el personal encargado de la misma busque el medio inmediato de salvar la dificultad, cueste lo que cueste; y ese medio, lo saben cuantos han trabajado en esta clase de obras, suele consistir, generalmente, en aumentar la cantidad de agua que arrastra la masa, facilitando así su deslizamiento; con frecuencia, la fluidez así obtenida es de las que alarman a la vista y dan la sensación de que se pierden condiciones de resistencia del hormigón, y para remediar el mal se agrega cierta cantidad de cemento; en fin, se recurre a todo con tal de que el chorro de hormigón tenga la conti-

nuidad prevista y necesaria para cumplir con lo que se considera esencial; y cuando ocurre esto, el resultado es que el hormigón colocado en obra es distinto del que se amasó en la hormigonera y más distinto aún, por consiguiente, del estudiado y fijado por el laboratorio.

Claro está que a cuanto precede puede oponerse que tales cosas no deben ocurrir en una obra bien organizada, debidamente vigilada, etc., y el argumento parece de fuerza si se olvida el aspecto práctico del problema. A pesar de ello, el hecho, comprobado muchas veces, es que las cosas ocurren o hay gran peligro de que ocurran, como hemos dicho; y claro está que, convencidos de ello, lo tuvimos muy en cuenta al elegir sistema, pues es evidente que el defecto es grave.

Naturalmente, los peligros que hemos señalado adquieren verdadera importancia cuando se trata de grandes volúmenes y, por consiguiente, de considerables longitudes y secciones de *canaletas*; en obras que no tengan dimensiones excepcionales, aquellos inconvenientes disminuyen, y nosotros mismos hemos utilizado el sistema de *canaletas* con resultado absolutamente satisfactorio. Pero cuando se llega a casos como el del Esla, el problema varía, porque además se da la circunstancia de que la ventaja en el costo de primera instalación que representa, en general, el sistema de *canaletas*, comparado con los cables-grúas, etcétera, va disminuyendo a medida que la obra aumenta. Esto es lógico, pues la longitud y accesorios de las *canaletas* y, por consiguiente, el costo de la instalación, guardan en todos sus componentes una proporción muy directa con el volumen del macizo a construir.

No ocurre lo propio con el sistema de cables-grúas. En el costo de éste tienen considerable influencia ciertos accesorios, como son los motores, los castilletes, etcétera, que pesan tanto menos en el costo unitario del conjunto cuanto más potente es la instalación. El valor de sus elementos, que en una pequeña instalación recargan considerablemente el presupuesto total y unitario, va perdiendo su influencia a medida que aquélla crece y se reparte en una mayor masa de maquinaria.

Si a ello se agrega que toda instalación de *canaletas* exige la supletoria, en general, de cables, para el transporte de encofrados, herramientas, etc., y que en el sistema de cables-grúas, que también necesita el suplemento, puede, sin embargo, utilizarse el propio sistema para parte de esas labores accesorias, se comprende que, aun desde el punto de vista del costo de primera instalación, las ventajas del sistema de *canaletas* no fueran claras en nuestro caso, y que estudiado en detalle diera por resultado que la instalación que hemos proyectado, a pesar de que ciertas modificaciones especiales que impusimos a los cables-grúas—y de las que luego nos ocuparemos—en carecían la instalación, nos permitiera obtener una economía de más de un 4 por 100 sobre todos los demás sistemas que hemos tanteado.

Después de cuanto precede, no hay por qué detallar otras desventajas, de menor importancia y de todas conocidas, que tiene el sistema de *canaletas*, tales como la necesidad que se presenta generalmente de repartir a brazo el árido grueso que por la forma de vertido se reparte desigualmente al depositarse la masa fluida en su emplazamiento definitivo; el desgaste, a veces muy considerable, de las *canaletas*; la

mayor cantidad de agua que en general es necesaria para la fluidez del mortero, cuando, como en nuestro caso, se trabaja con arena artificial; el mayor peligro de accidentes del personal que trabaja en aquel reparto a brazo, y en otros que inevitablemente han de realizarse en una zona situada debajo de la red de canaletas, etc., etc.

Creemos que basta lo expuesto para formarse idea de las razones por las que desechamos el sistema de canaletas.

Los demás sistemas de *cintas transportadoras y de cables-grúas* permiten transportar el hormigón en tanto éste se asienta en las propias cintas o en el cazo del cable-grúa, cualquiera que sea el grado de fluidez de la masa y sin que ésta sufra modificación alguna desde la salida de hormigoneras hasta los puntos que alcanzan directamente los referidos medios de transporte.

Ahora bien, estos transportes rectilíneos, en planta para las cintas, y en planta y alzado para los cables-grúas, se realizan siempre en un mismo plano vertical, a menos que se utilicen, para apoyo de los extremos de cintas o cables, castilletes móviles que al variar de posición sobre vías horizontales hacen variar también, dentro de ciertos límites, la situación de los referidos planos verticales de trabajo, permitiendo así que la zona de vertido o de colocación en obra del hormigón se extienda en todo el espacio en planta que abarca el despliegue en abanico, si sólo uno de los castilletes extremos es el móvil, o el despliegue en rectángulo, que se va ensanchando si son ambos castilletes los que pueden trasladarse. En nuestro caso no era posible pensar en caballetes móviles, pues lo acantilado de las laderas impedía hacer las explicaciones exigidas por las vías de movimiento de los castilletes, sin llegar a volúmenes de desmonte absolutamente inadmisibles.

Pero, además, esta maniobra de movimiento de caballetes de gran peso y gran altura es siempre delicada y molesta; y no resuelve en absoluto el problema, porque no puede aspirarse en la práctica a frecuentar excesivamente el cambio de emplazamiento de los apoyos. Limitado por esto el número de diversas posiciones que son posibles para aquéllos, no se consigue que los planos verticales en que puede realizarse el vertido directo abarquen toda la superficie que ha de ocupar el hormigón, y precisa prever otros *elementos de descarga o distribución suplementarios* que tomando la masa en puntos convenientes de la cinta o cable-grúa, la lleven y repartan en la zona de trabajo que no está al alcance directo, por descarga vertical, de cintas o cables.

Como elemento suplementario se ha tomado, en general, la canaleta que, establecida en forma que pueda tomar la masa en un punto cualquiera de la trayectoria que el material recorre conducido por la cinta o cable, permite continuar el transporte hasta depositarlo en obra. Como se ve, esto constituye una solución mixta que da lugar a todos los inconvenientes que hemos achacado al deslizamiento por canaleta, si bien aminorados, ya que, como tenemos dicho, la importancia del peligro es función de la longitud del deslizamiento y hasta proporcional en gran parte a la misma, la cual se reduce mucho cuando se trata del reparto o distribución, que pudiéramos llamar secundarios, a que estamos aludiendo.

Claro está que esa longitud depende del punto de toma; por consiguiente, es tanto menor cuanto más

próximo se halla dicho punto del de colocación definitiva del material. Y a este mejor acceso se presta más el cable-grúa, cuyo cazo suspendido tiene gran flexibilidad de traslación, tanto en el sentido horizontal como en el vertical.

La cinta se presta fácilmente al transporte horizontal; es menos propia para el vertical, pues éste exige el movimiento ascendente o descendente de la total cinta por deslizamiento de sus ejes en los castilletes de apoyo; operación mucho más lenta y complicada que el movimiento de un simple cazo colgado de un cable-grúa y manejado desde la caseta de tornos y motores.

Además, para luces grandes, el tendido y amarre de cables es sencillo y económico, pues puede hacerse sin apoyos intermedios, confiando la sustentación de aquéllos tan sólo a los castilletes o anclajes extremos, dispuestos en las márgenes del río sobre la coronación de la presa, a la altura que más convenga.

Las cintas no se prestan a tal disposición; exigen castilletes intermedios, en cuanto la luz a salvar tiene alguna importancia, y hasta resulta prudente dotarlas de apoyo continuo en consideración a la carga por metro lineal que, uniformemente repartida a lo largo de la cinta, gravita sobre ésta, constituyendo un peso total de gran amplitud cuando el trabajo se realiza lejos de las hormigoneras.

Para evitar o disminuir estos inconvenientes sirve la disposición, muy usada en América con el nombre de *belt-conveyor*, del cual podría aplicarse a nuestro caso un tipo del que puede darse una idea esquemática diciendo que es un puente colgante, con apoyos fijos o móviles, a lo largo de cuyo piso corre una cinta transportadora que en los puntos convenientes de su trayecto vierte la masa en canaletas, por las que aquélla se desliza hasta el punto de la obra en que se desea colocar el hormigón. Este sistema adolece también de los defectos que pueden en cierto grado achacarse al de canaletas, ya que éstas constituyen una parte, y bastante considerable, del conjunto. Es, sin embargo, más perfecto porque la alimentación que en el de canaletas, en general, es intermitente por la necesidad de elevar el hormigón con ascensores a lo alto de las torres de alimentación, se convierte en continua con el *belt-conveyor*, cuya cinta transporta la masa sin interrupción.

Para disminuir todos estos inconvenientes de las cintas y aun de los cables-grúas, sería preciso aminorar la importancia del transporte que hemos llamado secundario o buscar soluciones que quiten a este último los defectos que hemos apuntado.

Para lo primero sólo cabe multiplicar las cintas o cables, colocando dos o más, según el ancho de la superficie a hormigonar, estrechando así el espacio comprendido en planta entre las cintas principales para disminuir al propio tiempo la extensión que queda fuera de su alcance directo.

Para lo segundo, habían de sustituirse las canaletas de reparto o distribución secundarios por otros medios más perfectos, como cintas, también secundarias, etc.

El multiplicar las cintas principales, sólo el duplicarlas, resultaba en nuestro caso más caro que el hacer lo propio con los cables-grúas. Se comprende que así sea teniendo en cuenta la importancia que, como hemos dicho, tienen en aquel sistema los castilletes o apoyos. Se presenta, además, otro problema: o los castilletes se sitúan fuera de la planta de la

presa, aguas arriba y aguas abajo de la misma, o se colocan dentro de aquélla. En el primer caso, con anchos de presa del orden de la nuestra, cuya base llega a los 76 m, las cintas quedan muy distantes y persiste la importancia del transporte y distribución secundarios. En el segundo caso, los castilletes deben quedar definitivamente sumergidos en el cuerpo de la presa, con los inconvenientes de heterogeneidad del macizo, pérdida del material, etc., que tal solución lleva consigo.

El multiplicar análogamente los cables-grúas no ofrece tales inconvenientes, pues pendientes de los anclajes en las laderas, por encima de la presa, pueden situarse sin dificultad en los planos verticales que más convenga.

Si pasamos a examinar el segundo recurso, a que hemos aludido, para perfeccionar el trabajo, o sea a la sustitución de las canaletas de distribución secundaria por cintas u otros medios más satisfactorios, nos encontramos con que en casos como el nuestro, de grandes desniveles, es fácil aplicar el recurso a los cables-grúas, resultando difícil y prácticamente casi imposible hacer lo propio con las cintas transportadoras. No es necesario detallar este extremo, pues basta exponerlo para que un constructor se haga cargo de las dificultades que consignamos.

En las obras del Grimsel, en las que se llegó a colocar 3 100 m<sup>3</sup> en jornada de veinticuatro horas, se han utilizado los cables-grúas, llegando a reducir mucho la importancia de las canaletas de distribución secundaria. Para esto, el cable-grúa descarga su cazo sobre un puente de distribución, suspendido también de cables, y cuyo piso inclinado constituye la canaleta por la que se desliza el hormigón hasta el punto de colocación.

No hay, pues, más transporte por canaletas que el que representa la longitud del puente, que por tratarse de instalación doble equivale a la mitad del ancho de la superficie a hormigonar, o sea un máximo de 40 m, aproximadamente.

La solución es, indudablemente, satisfactoria; pero la visita y estudio de esta instalación nos sugirió la idea de que tal vez fuese posible perfeccionar más el sistema, sustituyendo la canaleta, que constituía el piso del referido puente de descarga, por una cinta transportadora. Así, el hormigón llegaba a su emplazamiento definitivo, sin modificación alguna, desde la hormigonera al cazo que pende del cable-grúa; de éste a la tolva de descarga en el puente; de la tolva a la cinta, piso del mismo, y desde la cinta hasta su punto de colocación.

Todavía pensamos en que podía guiarse y conservar más constante la disposición relativa de los componentes del hormigón, si el vertido de éste desde la cinta piso final hasta la obra se hacía por intermedio de un tubo fácil de mover a lo largo del puente y por cuyo interior corriera la masa. Este detalle no tenía gran importancia, porque para cada jornada diaria el puente tendrá una posición fija que le situará a una altura máxima de tres metros sobre el plano de colocación de la masa, pues una tortada de tal espesor da un margen suficiente para garantizar el espacio a rellenar con el trabajo de un día.

Sin embargo, puestos a intentar y estudiar posibles mejoras del sistema, consultamos nuestras ideas, incluso esta última, con la Casa Bleichert, constructora de la instalación del Grimsel. Dicha Casa, después de ensayar y estudiar nuestras propuestas, las aceptó,

garantizando su perfecto funcionamiento, que hemos comprobado ya en los ensayos practicados en la fábrica de Leipzig antes de la salida del material, cuyo montaje se está terminando en el Esla.

No quiero terminar con este apartado de mi exposición sin dedicar algunas líneas a los sistemas de colocación en obra del hormigón por medio de *derricks* o por *puentes de servicio*, de hormigón o metálicos, tendidos a lo ancho del cierre en que se ubica la presa.

Ambas soluciones son de las que a primera vista resalta que no eran apropiadas a nuestro caso; pero no por eso las olvidamos en nuestro estudio.

El empleo de *derricks*, muy frecuente actualmente en América, tiene su apropiada aplicación en obras en las que las grandes cantidades de hormigón han de colocarse a lo largo también de grandes longitudes de presa, especialmente si, además, se da la circunstancia de que las alturas del macizo no son considerables. La utilización de *derricks* que enganchan la plataforma de un vagón cargado de hormigón y lo depositan en el punto de colocación definitiva de dicho material, es de gran rendimiento y aceptable allí donde los espacios cilíndricos, que limitan la zona de trabajo de tal medio auxiliar, pueden yuxtaponerse y sucederse en series longitudinales o transversales, sin que aquellos espacios se interfieran, perturbando la actuación de un aparato la del adyacente.

Por eso, en obras de características longitudinales, en que la sucesión de *derricks* es posible, el sistema es técnicamente aceptable, aunque el aspecto financiero de la multiplicación de aparatos caros es muy de tener en cuenta y puede hacer inconveniente el sistema.

La característica longitudinal de la zona de trabajo resuelve, además, el problema de alimentación de los *derricks*, pues el arribo y maniobra de los trenes de hormigón para la fácil carga de aquellos medios auxiliares son sencillos cuando se trata de trayectos total o aproximadamente rectilíneos. Pero cuando se trata de presas como la del Esla, en la que su volumen envolvente es más bien cónico, en la que el espacio entre laderas abruptas es escaso en planta; es decir, cuando nos encontramos con un espacio de trabajo cuyas mayores dimensiones se desarrollan en altura, sobre base que pudiéramos calificar de escasa o ahogada, estos *derricks*, que necesitan para moverse ampliamente la libertad de un espacio cilíndrico del que sólo una parte resulta útil, no se adaptan a las circunstancias del lugar; se estorban unos a otros y el rendimiento final es deficiente.

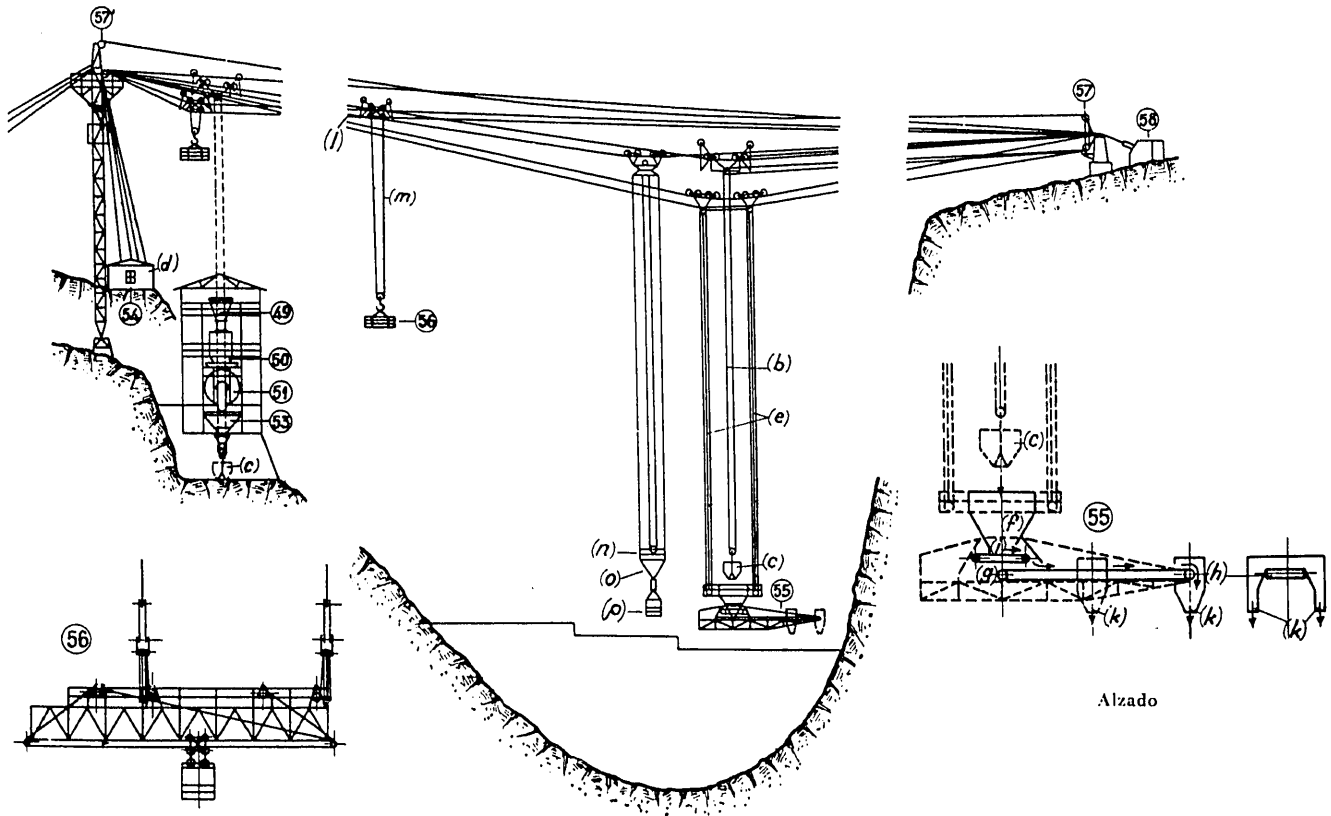
Por eso nosotros, que no hemos dudado en utilizar *derricks* de gran potencia para el desescombro de los productos de excavación de estribos acumulados en un espacio de gran superficie y de relativamente poca altura, no pudimos aceptar tal medio auxiliar para la colocación en obra del hormigón, a pesar de que, deseosos de no excluir tanteo alguno de los que conocíamos, lo estudiamos al propio tiempo que los demás sistemas a que he aludido.

El sistema de *puentes fijos de servicio* lo desechamos también por antieconómico, en nuestro caso, si los proyectábamos a cota superior a la coronación de la presa, y por sus inconvenientes técnicos si los proyectábamos múltiples y a menor cota; porque al quedar sumergidos en el núcleo del macizo tenían todos los inconvenientes de heterogeneidad del mismo a que nos hemos referido cuando tratábamos de los castilletes de las cintas transportadoras.

No creemos necesario detallar más estas ideas, seguramente adivinadas por los lectores que podamos tener. La luz de tales puentes y la altura de sus pilas, que habían de estar en relación con la altura de 90 m que la presa del Esla ha de tener sobre enrase de cimientos (que a su vez está más alto que el fondo de la excavación del lecho del río), son características

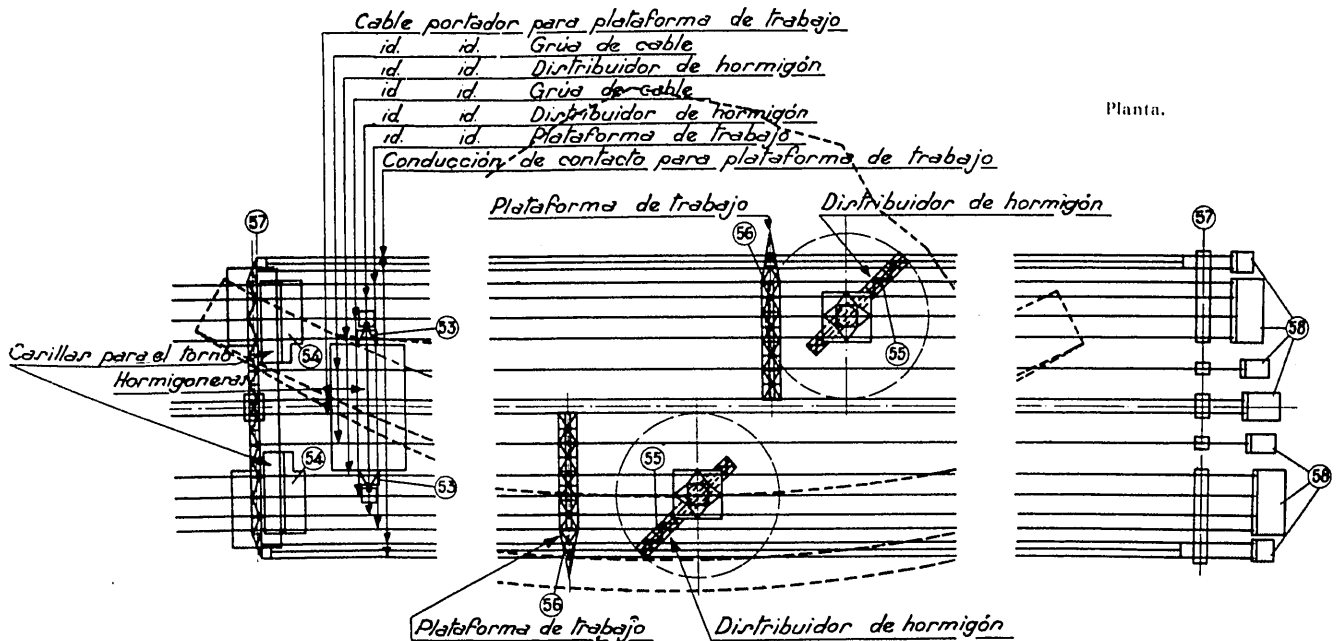
tes de fábrica o metálicos, como los que sería necesario construir en casos como el nuestro.

Teniendo en cuenta todas las razones que dejamos expuestas; habiendo comprobado que el sistema de cables-grúas podía rendir con exceso el trabajo horario que nos habíamos propuesto, y comprobado, por fin, en el concurso correspondiente, que la doble



Detalle de la instalación de cables-grúas.

Alzado



Planta.

suficientes para hacerse cargo del problema económico que la construcción de tales obras planteaba en nuestro caso; todo esto dejando a un lado el inconveniente que muchos técnicos achacan al sistema, por las alteraciones que la masa de hormigón sufre al ser transportada en vagones que vibran excesivamente al correr sobre vías rígidas tendidas a lo largo de puen-

instalación de dichos cables-grúas—compuesta de distribución provista de cinta, tubo de vertido y puente de maniobra—resultaba además en nuestro caso más económica de primera instalación que los demás sistemas de capacidad equivalente, sin que tampoco fueran mayores los probables gastos de conservación, reparación y consumo de energía, decidi-

mos adoptar para la puesta en obra del hormigón la instalación cuyos detalles y forma de funcionamiento pasamos a describir.

**DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN PARA LA COLOCACIÓN EN OBRA DEL HORMIGÓN.**—Como dijimos al exponer esquemáticamente el proceso general de la construcción de la presa, la instalación parcial destinada a la colocación en obra del hormigón tiene limitadas sus funciones a las de tomar dicho material a la salida de hormigoneras y transportarlo al lugar adecuado.

También dejamos dicho que tal instalación la proyectamos subdividida en dos iguales, de las que cada una está encargada de realizar la mitad de la labor; es decir, que cada una de las dos instalaciones idénticas es capaz de colocar en obra un volumen de 80 m<sup>3</sup> por hora, con el que se alcanzan los 1 600 m<sup>3</sup> asignados a la jornada de diez horas.

Esto en cuanto a características de *cantidad* de material colocado. En cuanto a ubicación del mismo, dijimos también que, a pesar de que la presa tiene en su base una anchura máxima de 76 m, la instalación de que nos estamos ocupando sólo abarca un ancho de 52 m, doble del radio de acción de cada una de las instalaciones parciales y pareadas que constituyen la total.

Los 24 m que quedan fuera del alcance de la instalación constituyen el repié del talud de aguas abajo de la presa y representan un volumen pequeño en relación con el total (aproximadamente el 6 por 100 de este último), por lo que es fácil colocarlo con los *derricks* que tenemos dispuestos para el desescombro de los productos procedentes de la excavación de estribos de presa, y tal solución es mucho más económica que la que hubiera consistido en ampliar más la zona de acción de los cables-grúas destinados especialmente a la colocación en obra del hormigón.

En resumen: las dobles instalaciones de cables-grúas abarcan un ancho de 52 m, correspondiendo a cada uno 26 m de zona de acción. Ambas son idénticas, por lo que nos limitaremos a exponer los detalles y funcionamiento de una de ellas.

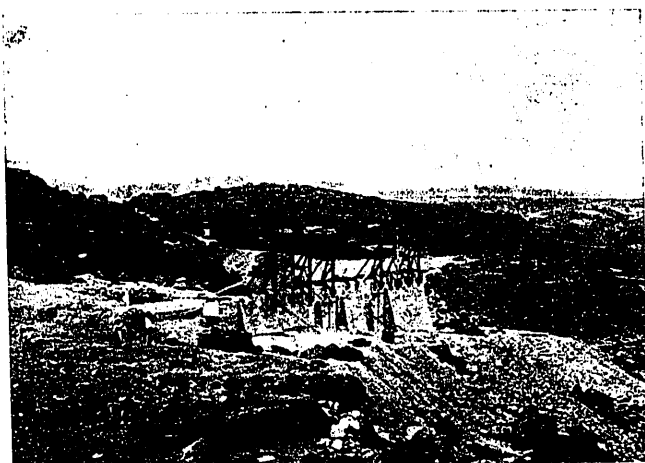
Cada instalación comprende cuatro *juegos de cables*, encargados de la suspensión y movimiento de las también cuatro *grúas de cable* que forman la parte esencial del conjunto.

1. Cable-grúa destinado al transporte del hormigón.
2. Cable-grúa destinado a la suspensión y movimiento del puente distribuidor del hormigón.
3. Cable-grúa destinado al transporte de encofrados y elementos auxiliares; y
4. Cable-grúa destinado a la suspensión y movimiento de la plataforma de trabajo.

El cable-grúa (1) está constituido por un cable de suspensión (a), del que por intermedio de caballetes móviles pende un cable tractor de transporte horizontal y otro de transporte vertical (b). Un cazo (c) suspendido del último, y gracias al movimiento combinado de éste y del horizontal, puede ser llevado a cualquier punto del plano vertical en que se realizan los dos transportes. Ambos movimientos se accionan desde la caseta de maniobras (d), que contiene los motores y tornos correspondientes y que está situada en la margen izquierda del río sobre el estribo de la presa.

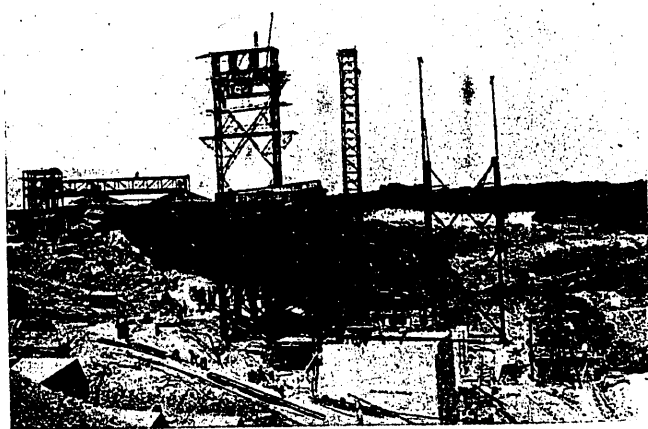
El cazo (c) que se carga directamente a la salida de hormigoneras (51), tiene una capacidad total de

4,50 m<sup>3</sup>, que equivale a una útil de 4 m<sup>3</sup>. Es decir, que puede transportar en cada viaje unos 10 000 kg de hormigón.



Cables-grúas. Anclajes de la margen derecha.

El cable de suspensión (a), que tiene 310 m de luz, está sujeto a la margen derecha directamente por anclajes (57) embutidos en macizos de hormigón (58), situados a la cota 705, o sea a 20 m por encima de la coronación de la presa. En la margen izquierda, la configuración del terreno ha obligado a colocar castilletes intermedios (57') entre el anclaje propiamente dicho, que es análogo al de la margen derecha, pero situado a la cota 677, y el tramo de cable situado por encima de la presa, que está a la altura del anclaje derecho.



Cables-grúas. Anclajes y castilletes de la margen izquierda.

Las características que definen el movimiento y, por consiguiente, el trabajo horario de que es capaz este medio auxiliar, son las siguientes:

|                                             |               |
|---------------------------------------------|---------------|
| Velocidad de traslación horizontal del cazo | 180 m/minuto. |
| » de descenso del cazo. . . . .             | 120 »         |
| » de elevación del cazo cargado. . .        | 40 »          |
| » de elevación del cazo vacío . . . .       | 120 »         |

que garantizan la realización de 20 maniobras por hora, con las que se consigue el transporte previsto de 80 m<sup>3</sup> de hormigón en la misma unidad de tiempo.

Los motores instalados en vista del consumo má-

ximo que pueden exigir las maniobras, son: uno de 110 CV para el movimiento de traslación horizontal y otro de 135 CV para el vertical de elevación.

El cable-grúa (2) del distribuidor del hormigón está constituido por dos cables de suspensión, cuyos anclajes (57-57') son análogos y están próximos a los del cable-grúa (1). Claro está que las dimensiones de los macizos dependen del esfuerzo a que están sometidos y algo también de las condiciones topográficas del terreno en sus puntos de ubicación. Por esto, las luces que salvan sus distintos grupos de cables no son iguales, aunque se diferencian poco.

De los dos cables de suspensión aludidos, y por intermedio de caballetes idénticos a los del cable-grúa (1), penden los dos tractores para el movimiento horizontal del puente de distribución secundaria del hormigón, y otros dos verticales (e) para la elevación o descenso del puente, que puede así, con ese doble movimiento, seguir al del cazo (c) accionado por el cable-grúa (1) y situarse en el punto conveniente.

Los tractores en sentido horizontal se accionan por tornos y motores situados en la caseta de maniobras (d); los de movimiento vertical se accionan con análogos elementos, situados en la plataforma (55) del propio puente.

Este puente o plataforma (55) de distribución está dotado de una tolva (f) de 6 m<sup>3</sup> de capacidad, en la que descarga el cazo o balde (c), y de la armadura de la cinta-piso (g-h), que se sostiene en el armazón de la tolva. Esta, en su fondo, lleva un alimentador continuo (i) que va descargando el hormigón sobre la cinta transportadora (g-h) de 900 mm de ancho. Esta cinta puede girar dentro de un plano horizontal alrededor del eje vertical (j), cubriendo así un círculo de 12,50 m de radio. Para que el vertido del hormigón depositado en la cinta pueda hacerse desde cualquier punto de la misma, lleva ésta un descargador (k) deslizable a lo largo de toda su longitud, lo cual permite colocar el material en cualquier punto de la superficie del círculo de 25 m de diámetro que cubre la cinta en una rotación completa.

La velocidad del transporte de la cinta es de 1 m por segundo, y la potencia necesaria para su movimiento es de 12 CV.

El cable-grúa (3) para transporte de encofrados y elementos auxiliares tiene una suspensión y movimientos de traslación análogos al anterior (2). Se reduce a una plataforma (56) que cuelga de dos cables (1) de suspensión anclados en las laderas y cuya luz es de 270 m. Está dotado del doble movimiento de traslación horizontal y vertical. El primero se consigue por dos cables que se accionan con tornos y motores desde la caseta de maniobras (d); el segundo se produce con dos cables verticales (m) que funcionan con tornos y motores situados en la propia plataforma.

La capacidad o peso que puede transportar esta plataforma es de una tonelada. La velocidad de traslación, al elevarse, de 40 m por minuto, y la potencia que esto exige, de 16 CV.

El cable-grúa (4) sostiene y mueve la plataforma de trabajo (n), que se reduce a una viga armada (o) de sección triangular, que tiene una longitud y cubre un ancho de presa, de 28 m. La cabeza inferior de esta viga sirve de carril para el movimiento, a lo largo de la misma, de una grúa (p) de 1 000 kg de potencia. Para la maniobra hay instalados 8 CV de potencia.

Como se deduce de la descripción precedente, el funcionamiento de los cables-grúas es análogo al de las grúas-puentes, que, en otra escala, llenan finalidad también análoga. La diferencia está en que las vigas-carriles de las últimas se sustituyen por cables en las primeras, y en que en los cables-grúas los mecanismos del movimiento tienen situación fija en lugar de trasladarse con el todo, como sucede en los puentes.

El proceso del trabajo de colocación en obra del hormigón con la instalación descrita es el siguiente:

Con anterioridad a la primera jornada del día se transportan y colocan los encofrados que ha de contener el macizo parcial previsto. Para estos transportes y colocación se utilizan los cables-grúas (3) y (4). Terminadas esas operaciones se retiran ambos la suficiente distancia, en sentido opuesto al en que están las hormigoneras, para dejar así libre el espacio ocupado por el macizo a fabricar y el comprendido entre éste y la margen izquierda. Estos dos espacios libres son necesarios para situar sobre el primero el cable-grúa (2), del que pende el puente de distribución, que se coloca a unos 3 m de altura sobre el fondo del volumen a hormigonar, cuidando de que el eje vertical de giro del puente quede convenientemente situado para que éste, en una rotación completa, cubra todo el espacio previamente encofrado, y para que en el segundo pueda moverse libremente el cazo.

Estas maniobras de colocación se hacen, ordinariamente, una vez al día como máximo, porque, como hemos dicho, el volumen que en ese tiempo puede colocarse debe caber sin dificultad dentro de los encofrados preparados.

Fijada, pues, la situación del puente de distribución (55) y fijada con ella la de la tolva (f) del mismo, la primera maniobra es la de tantear el desarrollo que los cables que sustentan y mueven el cazo (c) han de tomar para llevar éste hasta coincidir con la entrada de la tolva.

El desarrollo de cables en los dos sentidos, horizontal y vertical, se acusa en el cuadro de la cabina de tornos y motores por el movimiento de dos agujas o índices, que recorren sobre dos reglas en ángulo recto distancias proporcionales a las que el cazo (c) recorre en el espacio.

Por esto, al terminar el tanteo para situar el cazo, los maquinistas marcan en las reglas del cuadro los puntos que para dicha situación corresponden a los índices, y hecho esto no tiene ya el personal que cuidar durante toda la jornada más que de que en cada maniobra los índices recorran exactamente la distancia así marcada.

Después de estos preliminares, la labor es sencilla. Se coloca el cazo a la salida (51) de hormigoneras, bajo la tolva (53) de éstas, a través de la que se carga aquél; inmediatamente los maquinistas ponen en marcha los motores y tornos de traslación, hasta que el índice correspondiente llega al punto del cuadro marcado en el tanteo previo. Con tanto, el cazo queda situado en la vertical de la tolva (f) del puente de distribución (55); hecho esto, y también desde la caseta de maniobras (d), se ponen en marcha los tornos y motores de movimiento vertical, hasta que el índice correspondiente llega al punto que se le fijó previamente; con lo cual el cazo desciende y queda ya encima y apoyado en la tolva del puente (f); los obreros situados en éste abren las compuertas del fondo del cazo, que así vierte en la tolva (f), de la

que el hormigón sale por mediación del alimentador continuo (i) a la cinta distribuidora (g-h). Al llegar la masa al punto de la cinta que está encima del sitio fijado para el vertido, el descargador móvil (k), previamente allí colocado, la desvía lateralmente, y el hormigón cae por los tubos (k) al tajo de hormigonado.

Esta instalación con puente distribuidor tiene, pues, la gran ventaja de que permite tener durante toda la jornada un solo punto de arribo del cazo, evitando así las pérdidas de tiempo que se originan cuando, por no darse tal circunstancia, se hace preciso tantear en cada maniobra la colocación más conveniente del cazo.

Por último, las dos partes gemelas en que está dividida la instalación, abarcando cada una la mitad del ancho de la presa, ofrecen grandes garantías contra los peligros de interrupción en cualquiera de ambas mitades, pues en caso necesario pueden empalmarse, por decirlo así (véase esquema longitudinal del conjunto de la instalación), ambos puentes en forma que uno de ellos actúe de alimentador y el

otro de distribuidor, con lo que puede hormigonarse en una mitad de la presa con hormigón procedente de la instalación correspondiente a la otra mitad.

Con lo que llevamos expuesto queda terminada la descripción total de la instalación de grandes medios auxiliares, en forma que pueden seguirse todas las operaciones de construcción de la presa, desde el arranque de la piedra en la cantera y la toma del cemento y agua en su origen, hasta la manipulación del hormigón y su colocación en el cuerpo de la presa.

Ahora bien, el funcionamiento de instalación de tal capacidad de trabajo exige, como dijimos, para que rinda lo debido, prever otros medios complementarios, como son la central de producción de energía eléctrica, talleres de reparación y conservación, almacenes, campamento obrero, servicios auxiliares, etcétera, que constituyen un conjunto interesante y de verdadera importancia. De ello nos ocupamos en el siguiente último apartado de este artículo, para completar nuestra información, a pesar de lo excesivamente extensa que ha resultado.

José ORBEGOZO  
Ingeniero, de Caminos

## Nuevos estudios sobre el "Impacto"

### Sistema actual

Nuevamente me voy a ocupar del impacto en los tramos metálicos, asunto que, como saben nuestros lectores, constantemente ha sido objeto de mi atención<sup>1</sup>, debiéndose reconocer que en estos últimos tiempos ha sido y es motivo de profundo estudio y observación por parte de cuantos ingenieros se interesan en el proyecto y construcción de tramos metálicos.

Bien sabido es que en la Instrucción vigente en España para el cálculo de dichas estructuras, aparecida en el año 1925, existe la prescripción de que dichos tramos han de calcularse incrementándose sus sobrecargas con arreglo a importantes coeficientes, determinados por fórmula que en la misma figura, siendo esta Instrucción una de las primeras en que se hace constar la expresada prescripción.

Igualmente es conocido que este asunto fué objeto de importante deliberación en el último Congreso de Puentes, celebrado en Viena el año 1928, y recientemente en el Congreso ferroviario, celebrado en Madrid en mayo del presente año, donde ha sido motivo de tema, estudio y discusión, llegándose, como luego se indicará, a algunas conclusiones no demasiado definidas.

Por ello, creo oportuno, en el momento actual, poner de nuevo esta cuestión en conocimiento de todos aquellos a quienes pueda interesar, explicando su situación presente.

### Nuevos puntos de vista

1.º *Vía sobre balasto.*—Uno de los aspectos nuevos en que este estudio ha sido tratado, corresponde

principalmente a un punto de vista que sobre el mismo se ha establecido, y es la tendencia que parece marcarse para el porvenir (todavía no de un modo bien determinado; pero, por lo menos, originando estudios, experiencias y deliberaciones), sobre la conveniencia de colocar en los tramos metálicos para ferrocarriles la vía sobre balasto de piedra machacada, es decir, volviendo al sistema empleado en la mayor parte de los tramos metálicos de la época de la construcción de nuestras líneas, en los cuales la vía estaba asentada sobre balasto de grava, generalmente colocado éste sobre tablones, sistema evidentemente imperfecto que motivó la desaparición de dicho modo de asiento de la vía, no sólo por el inconveniente gravísimo de la pudrición de dicho elemento sustentador, sino, además, por tener la ventaja esta desaparición de disminuir el peso muerto o carga permanente, descargando así el trabajo de los elementos resistentes, con cuyo alivio pudieron circular sobrecargas más pesadas que aquellas para las cuales dicha estructura estaba calculada.

Naturalmente que el balasto cuya colocación en la actualidad se propone y que tiene por objetivo, como posiblemente se conseguirá, la disminución del coeficiente de impacto, no ha de estar colocado ni sostenido por madera, como antes, sino por placas de palastro embutidas o por losas de hormigón armado.

A primera vista parece inconveniente este sistema, pues no hay duda que al aumentarse de un modo tan considerable la carga permanente, cuyo incremento puede valorarse en unas tres toneladas más por metro lineal de tramo, es indispensable ampliar en la proporción requerida las secciones de los elementos resistentes, y, por consiguiente, y a su vez, el peso propio de la estructura, lo que como consecuencia inmediata trae otros nuevos aumentos de la misma, con incremento indiscutible del coste de ella; pero se

<sup>1</sup> REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, 1.º de junio de 1923, página 33, y 1.º de diciembre de 1928, página 409.