

presentaban a la vista sendos haces de líneas paralelas horizontales; total, porque se trataba de una estructura de h. a.). Y se acaba sacrificando el sentido común. Días atrás, y a propósito de unas cimentaciones, me contaba un compañero nuestro la discusión por él sostenida con cierto centro oficial, verdaderamente pintoresca y reveladora. En algunos casos se llega, con gran aparato de fórmulas, eso sí, a conclusiones absurdas.

No es ocioso reproducir aquí el comentario que, al tratar cuestiones de alta técnica, escribía meses atrás un ilustre ingeniero francés en una revista española. "Tanto interés como pueda inspirarme la solución de un problema de mecánica celeste establecido sobre bases precisas, me desagradan los cálculos teóricos exageradamente laboriosos, cuyo carácter ilusorio queda establecido desde la más inmediata experiencia directa" ¹.

Se hace necesario reaccionar contra esas exageraciones o, mejor dicho, aberraciones, conservar el sentido de los valores y colocar cada cosa en su ver-

¹ H. Lossier: "El porvenir del hormigón armado y del acero en los puentes de gran luz." (*Hormigón y acero*. Madrid. Marzo 1935.)

dadero lugar, incluso la estética, no sólo en la arquitectura, sino en la ingeniería. (Alguien ha recordado, a este respecto, que hasta en la época del auge de las construcciones metálicas se eludió, por su fea apariencia, el empleo de las celosías en *K*, en las vigas principales de puentes, a pesar de que dan el mínimo — 3 a 5 por 100 — de esfuerzos secundarios.) Pero, sobre todo, no abdicuemos nunca en el ejercicio profesional el imperio de la razón, la más noble facultad de nuestra persona, y huyamos de ese pragmatismo pseudo-técnico que hace en los hombres el mismo efecto que las "anteojeras" en las caballerías de tiro: impedir la visión del espacio en torno, presentando, no más, a los ojos de éstas al pensamiento de aquéllos, que el estrecho camino carretero a seguir o la angosta rutina del oficio a practicar.

Para defendernos contra esa lamentable tendencia recordemos, a medida que las técnicas se hacen más complicadas, el sano consejo que un médico de gran notoriedad daba a sus discípulos: al plantearse un problema, acudir a la raíz, a los textos más simples, a los principios básicos. Es decir, a lo fundamental, a lo racional, a lo eterno.

Fernando DEL PINO.
ingeniero de Caminos.

Progresos constructivos de la Ingeniería española

Hace pocas semanas, en la Unión Radio, de Madrid, se leyó una lacónica charla de divulgación científica, titulada: "El Hormigón Armado en España". Fuí invitado a redactarla por la Revista *Ingeniería y Construcción*, que organizó un cursillo de divulgación científica de acuerdo con Unión Radio.

Como me habían recomendado que dicha charla no excediera de diez minutos, hube de condensar mi trabajo en términos casi telegráficos.

Así es que, aun cuando su texto íntegro ha sido reproducido por *Ingeniería y Construcción*, de marzo último, considero necesario ampliar algún tanto dicho tema para nuestra REVISTA, a fin de evidenciar, una vez más, la parte importantísima que a los ingenieros de Caminos corresponde en los progresos constructivos de España con relación a los demás países.

Ello me servirá también de réplica a las frases despectivas que en un diario de Madrid publicó don Salvador de Madariaga, respecto a la competencia de los ingenieros españoles en general, frases que demuestran el absoluto desconocimiento que tiene aquel ilustre colega de lo que se ha ejecutado en España en estos últimos años y que ha merecido en muchas Revistas y Congresos extranjeros reproducciones y elogios muy honrosos para nuestro país.

Ignoro casi los progresos evidentes que en los demás ramos de la Ingeniería se han debido a los ingenieros de Minas, Industriales, de Montes y Agrónomos; pero como, en cambio, conozco bien los que han realizado los ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, no está de más sintetizarlo en un artículo que nos clasifique en el lugar que merecemos.

A los ingenieros de Caminos, Canales y Puertos corresponde la redacción de los proyectos y la construcción de todas las obras públicas españolas, y en su Escuela especial es donde, indudablemente, se estudia con más intensidad y detalles cuantos conoci-

mientos comprenden las teorías, la práctica y la realización de todos los problemas que comprende este campo de la ciencia y del arte de la construcción.

Para mayor claridad, especificaré los progresos realizados en cada uno de los ramos de nuestras especialidades, desde el punto de vista constructivo. Si bien pudiéramos también enumerar muchos otros progresos en el orden teórico y experimental de nuestros laboratorios, pues no sólo disponemos en España de muchos proyectistas y constructores, sino que hemos tenido, y seguimos teniendo, en nuestro Cuerpo sabios eminentes, como Echegaray, Torres Quevedo y otros muchos, cuyas reputaciones han traspasado las fronteras.

En el prólogo de mi primer libro: *Puentes de Hierro Económicos, Muelles y Faros sobre palizadas y pilotes metálicos*, del que la segunda edición, en 1895, está también agotada, evidencié que en estas especialidades constructivas existían en España obras de esta clase que superaban en economía y originalidad a las más reputadas del extranjero. Así, por ejemplo, "El Faro de Buda", construido hace setenta años en la desembocadura del Ebro, apoyado sobre pilotes de rosca, cuya altura y racionalísima estructura no han sido superados hasta ahora en el extranjero ¹.

Pues bien, análogas superioridades se observan en las construcciones de hormigón armado de nuestro país, según se desprende de mi libro: *Puentes de Fábrica y Hormigón armado*, que se utiliza como texto en nuestra Escuela, ya que aquel nuevo procedimiento de construcción fué aquí acogido con especial interés y desarrollado por nuestra técnica con preferente atención.

¹ Los planos, presupuestos y detalles de esta obra singular, debida a nuestro eminente compañero D. Lucio del Valle, se han publicado en esta REVISTA, año 1861.

Obras de hormigón armado en caminos.

Tanto para carreteras como para los ferrocarriles suelen ser sus puentes y viaductos las obras más delicadas y costosas. Antes de la aparición del hormigón armado, la elección del sistema de puentes estaba contraída a las bóvedas de piedra de sillería y a los tramos o arcos metálicos.

Yo mismo me había visto obligado a proyectar grandes puentes metálicos, entre ellos el de Rivadesella, en Asturias, y el Viaducto de Pino, sobre el Duero, en Zamora; que siguen siendo en su clase, en España, el primero, el de mayor longitud y el de mayor luz el otro.

También habíamos los ingenieros españoles iniciado la substitución de bóvedas de sillería, tan cara, por otras de hormigón en masa.

Pero la economía evidente del nuevo material que enlazaba en perdurable abrazo la masa de la piedra y la flexibilidad resistente del acero, y sobre todo el éxito de los numerosos puentes que en mi cruzada de propagandista iba construyendo en España, determinó en nuestro país la generalización del hormigón armado en los puentes, hasta el punto de que aun hoy día el Estado español es el primero y el único que ha establecido modelos oficiales de hormigón armado para tramos de 10 a 50 m., cuyos 200 proyectos fueron encomendados por el Ministerio de Fomento a comisiones, en las que, además del que suscribe este artículo, tomaron parte mis ilustres compañeros Zafra, Mendizábal y Peña.

Ello ha producido muchos millones de economía al país en el millar de puentes con tramos o arcos de hormigón armado construídos en la Península y en Marruecos, de los cuales una buena parte fueron ejecutados por mí, quedando casi excluídos los puentes metálicos, aceptables únicamente en casos muy especiales.

Pero no sólo es en la ejecución de los tramos o arcos propiamente dichos de los puentes, sino en su cimiento y pilas donde el empleo del hormigón armado ofrece singulares economías. Así es que, en efecto, empecé yo por substituir los pilotes de madera o metálicos por los que fabriqué de hormigón armado hace más de treinta años para los cimientos del puente de María Cristina, en San Sebastián, y poco después substituí muchas pilas de los puentes con simple prolongación de los pilotes con pilares de hormigón armado, que constituyen en forma de palizadas los apoyos de los tramos.

Para los cimientos de muchos puentes substituí también entonces los carísimos cajones metálicos que se empleaban en aquella fecha para la hinca por aire comprimido o por agotamiento, mediante cajones de hormigón armado, que fuí el primero en aplicar en el mundo, y que ya constituyen procedimiento casi general en todos los países.

Asimismo fuí yo, también, el primer constructor que suprimió las peligrosas y caras cimbras de madera que desde tiempo inmemorial se empleaban para las construcciones de las bóvedas de piedra. Para ello montaba el aire por medio de cables unas armaduras rígidas de acero, de las cuales se suspenden unos ligeros y sencillos moldes en los que se apisonaba el hormigón que había de envolver los arcos metálicos de su armadura.

Este nuevo procedimiento, que apliqué también a mis Modelos Oficiales en arco, ha permitido, en un

gran número de puentes, no sólo una sensible economía, sino evitar las contingencias, tan frecuentes, de la ruina de las cimbras por las crecidas de los ríos. Por último, en luces de puentes de hormigón armado, un ingeniero español, nuestro malogrado compañero D. Francisco Martín Gil, alcanzó el *récord* mundial con el arco por él proyectado sobre el Esla, para el ferrocarril de Zamora-Orense, que se está ejecutando y que alcanzará una luz de 209 m.¹

Claro es que ninguno de los puentes o viaductos españoles han alcanzado las longitudes formidables de alguno de los puentes de América y Asia y otros europeos, pero hay que recordar que nuestros ríos son menos caudalosos y anchos que los que surcan otros países, y, por lo tanto, no hemos necesitado ejecutar los puentes colosales que se citan con admiración, si bien no hay motivo para suponer que no seríamos capaces de proyectarlos, ya que los procedimientos de cálculo y de construcción que en aquellos puentes se emplearon nos son familiares.

Obras de hormigón armado en canales.

Al escribir hace unos tres años los capítulos IX, Acueductos, y X, Sifones, del tomo IV de mi libro *Puentes de Fábricas y hormigón armado* y coleccionar para ello datos de cuantos habían construído en el mundo de más característico, observé que en España es donde se habían generalizado más las obras de hormigón armado para los canales de todas clases. Verdad es que nuestro país es el de toda Europa el que más necesita canales de riego, y son además numerosísimos los canales construídos para obtención de fuerza hidráulica.

Comencé yo por construir un acueducto el año de 1898 en Tolosa con cajero de hormigón armado, cuyas paredes laterales eran los nervios resistentes de los cinco tramos de 12 m. de luz y cuyos tableros superiores, que servían de pasadera, actuaban como cabeza de compresión de aquellos nervios. Los cinco tramos de ese acueducto se apoyan sobre palizadas sencillas de hormigón armado, por todo lo cual esta obra llamó la atención de mis compañeros del canal de Aragón y Cataluña, que poco después me destajaron los proyectos y construcción de dos acueductos para un canal de 36 m.² por segundo, que constituímos con grandes cajeros apoyados sobre palizadas, todo ello de hormigón armado.

Ese tipo de acueductos fué adoptado en muchas otras obras posteriores en todos los canales de las cuencas del Ebro y del Guadalquivir, cuyos ingenieros fueron perfeccionando mis disposiciones en los modelos que describo en mi ya citado libro.

Entre dichas mejoras indicaré las siguientes, así, por ejemplo: En el acueducto de Miraflores (Sevilla) el cajero se substituyó por un tubo de hormigón armado de 441.35 m. de longitud, dividido en tramos de 15 m. apoyados sobre palizadas, y las armaduras de los tubos tienen resistencia bastante para el peso propio de los mismos cargados de agua.

Los mismos ingenieros ejecutaron también varios acueductos sobre ligeros arcos parabólicos, utilizando la condición especial de que los cajeros que se apoyan sobre ellos tienen siempre una sobrecarga uniformemente repartida, lo que permite utilizar la propiedad de que entonces la curva de presiones es

¹ REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, 15 diciembre 1934.

una parábola de segundo grado que autoriza la delgadez máxima de los arcos sustentadores, con lo que se puede aumentar las luces de los tramos hasta 20 m.

Como los empujes en estas pilas son siempre iguales por ambos lados, los apoyos y cimientos resultan muy económicos, y son estos acueductos originales y científicos y están dando el mejor resultado.

Pero nuestros compañeros, D. Alfonso Peña y D. Eduardo Torroja, han realizado otros dos acueductos aun más interesantes que los que acabo de reseñar: el primero fué encargado del proyecto de un gran acueducto para el canal de Monegros, en Tardienta, capaz para un gasto de 71 m.³ por segundo. El presupuesto del primer proyecto del tipo corriente ascendía a cuatro millones de pesetas y se deseaba reducir su coste; lo consiguió nuestro compañero Peña con una disposición novísima, por medio de semi tubos con un diámetro interior de 7,30 m., apoyado sobre caballetes también de hormigón armado a 9 y 15 metros de distancia, según sus alturas. Las armaduras del semi tubo adquieren, como es natural, gran importancia, puesto que han de resistir para cada tramo, no sólo el peso propio, sino la formidable sobrecarga de 315 toneladas en los tramos de 15 m. (peso equivalente al de cuatro locomotoras corrientes). Así es que, a pesar de la justificada confianza que merece técnicamente tan ilustre profesor, la administración se creyó obligada a construir cinco tramos de ensayos para efectuar sobre ellos las pruebas que merecía tan delicado trabajo. Se efectuaron aquellas pruebas con éxito completo, comprobándose la exactitud de los cálculos y de la original disposición de Peña que producirá una economía de más de un millón de pesetas en el gasto total de la obra ¹.

Mi aventajado discípulo, y ya esclarecido compañero, Eduardo Torroja, proyectó, a su vez, y dirigió, por cuenta de mi Compañía de Construcciones Hidráulicas y Cíviles, las obras de otro acueducto sobre el río Guadalete para la conducción de aguas de Jerez; el cajero tiene una disposición igual a la que yo preconicé en el acueducto de Tolosa, antes citado, pero está sostenido principalmente por unos cables de acero de 57 m. de luz entre pilas, envueltos en hormigón que se atrantan mediante un procedimiento ingenioso, que fué copiado en Francia porque Torroja había remitido una nota al II Congreso Internacional de Puentes, celebrado en Viena el año 1928, publicada en su Boletín ².

Asimismo, en todos estos canales se han construído bastantes sifones de hormigón armado, pero ni en España ni en el extranjero se han alcanzado, que yo sepa, los diámetros y dimensiones de los dos primeros sifones que yo proyecté y construí para atravesar los valles del río Sosa y de Albelda con diámetros de 3,80 y 4 m., respectivamente, y longitudes de un kilómetro cada uno de ellos.

Estas obras me fueron adjudicadas mediante concurso internacional de proyectos y ejecución; en el primer concurso del sifón del Sosa, presenté dos soluciones: una con simples armaduras y otra con sistema del ingeniero francés Bonna, con multitud de juntas y unas chapas intercaladas en hormigón, con lo que se pretendía asegurar la impermeabilidad. Se

presentaron, además, otras proposiciones de tubos metálicos, pero mucho más caros que mis proyectos, entre los que fué elegido el del sistema Bonna. La construcción de este tipo nos ofreció enormes dificultades y sinsabores; así es que en el segundo concurso para el sifón de Albelda proyectamos un tubo continuo y sin juntas, y suprimimos, además, la famosa camisa interior de palastro, que tantas complicaciones nos habían producido ¹.

Estos dos sifones, que alcanzan presiones de tres atmósferas, a pesar de su constante y regular funcionamiento desde hace treinta años, no han exigido reparación alguna, y nuestro tipo de sifones de Albelda no produce la menor filtración, con lo que hemos demostrado la inutilidad de juntas y camisas. Constituyen, además, el *récord* mundial para este tipo de obras.

También se han construído muchas y notables presas para todos los canales españoles, pero prefiero que estas obras sean enumeradas y descritas por ingenieros más documentados que yo sobre esta materia, en la que no me he especializado.

Obras de hormigón armado en puertos.

En estos cincuenta últimos años, los ingenieros de Caminos han proyectado y dirigido la construcción de casi todos los muchos puertos de la Península, Baleares, Canarias y Marruecos, con disposiciones varias correspondientes al régimen marítimo, que es completamente diferente entre el Mediterráneo y el Atlántico; así que han adquirido una competencia que no le va en zaga a los más eminentes especialistas del extranjero, según han podido comprobar los técnicos que asisten a los Congresos internacionales de puertos, donde nuestros ingenieros presentan notas e intervienen en las más arduas discusiones.

Aunque se han ejecutado muchos puertos con los procedimientos corrientes en el mundo entero, los ingenieros españoles se han distinguido mucho en la construcción de muelles económicos sobre pilotes metálicos de roscas, que hace años sustituimos con pilotes de hormigón armado con tableros de igual material, que está recibiendo sin commoverse los constantes empujes del atraque de los barcos.

Pero, sobre todo, en lo que han sobrepasado es en el empleo creciente de cajones con fondo, que se llevan flotando y remolcados a la obra, rellenándoles *in situ* con bloques de arena u hormigón. Este procedimiento, inaugurado por Churrua con grandes cajones metálicos en el rompeolas de Bilbao, fué después perfeccionado en Barcelona y Valencia con grandes cajones flotables de hormigón en masa, que aun conseguimos mejorar empleando el hormigón armado para sus cajones, como se ha hecho en la Avenida Marítima de Santa Cruz de Tenerife y en un muelle importante, recientemente terminado en Huelva.

El éxito de estas obras nos ha conducido a aplicar el sistema de enormes cajones flotables para la construcción, sin agotamiento de un dique de carena, en Cádiz. En esta obra hemos batido el *récord* mundial, pues nuestro ingeniero en aquella obra, don Juan Córdoba Machinbarrena, acaba de terminar y

¹ Léanse detalles en la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS de 1.º de abril de 1935.

² Detalles de esta obra en la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS de 15 de mayo de 1927.

¹ Véanse detalles de estas obras en el IV tomo de mi libro, o en la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS de 1.º de marzo de 1906.

poner a flote un cajón que alcanza las extraordinarias dimensiones de 53 m. de longitud, 34 de ancho y 17 de altura, cifras muy superiores a cuanto se ha hecho hasta la fecha.

Ya dijimos anteriormente cómo se habían preocupado los ingenieros españoles de alcanzar en faros grandes alturas con disposiciones económicas.

No podían menos de utilizar el nuevo material para sus faros, y así, por ello, imaginé el tipo del faro de Larache, en Marruecos ¹, que reúne, a su gran economía y a la rapidez de construcción, la gran ventaja sobre los faros metálicos, de suprimir los gastos de conservación. No conozco otro ejemplo de faro de hormigón armado, por lo que considero esta disposición original y práctica.

Otras obras de hormigón armado.

Son innumerables ya sus aplicaciones en fábricas, casas y edificios de todas clases, singularmente en depósitos de agua, teatros y cines, donde se han obtenido grados en voladizos que hubiesen atemorizado en otros tiempos; pero en cubiertas, sobre todo, se han distinguido los técnicos españoles con disposiciones tan audaces como científicas.

Me complace poder citar a dos de mis aventajados discípulos: Ildefonso Sánchez del Río y Eduardo Torroja. El primero ha construido en Oviedo cubiertas de concepciones tan nuevas como atrevidas, en mercados y tribunas, pero sobre todo un depósito de agua en Oviedo de planta circular, en los que los muros de contorno están substituídos por simples contrafuertes de fábrica ordinaria, unidos entre sí por ligerísimas bovedillas que cierra el embalse, cuyos contrafuertes bastan para resistir el peso de una original cubierta de hormigón armado ².

He proyectado y construído muchos depósitos de agua, pero debo reconocer la superioridad económica, práctica y artística del tipo de depósito de mi discípulo

lo Sánchez del Río sobre cuantas disposiciones se han empleado hasta hoy en el mundo, por lo que estoy seguro que se propagará su empleo en cuanto sea más conocido.

En cuanto a Eduardo Torroja, cuyo acueducto sobre el Guadalete cité anteriormente, acaba de ser objeto de un grandioso homenaje por las últimas obras por él realizadas, entre las que citaremos solamente las dos con las que ha conseguido también un *récord* mundial: La cúpula esférica del mercado de Algeciras, montada sobre — 8 — pilares con un diámetro de 48 m., y la cubierta del frontón de Madrid, de forma originalísima, que cubre un espacio de 55 metros de longitud y 33 m. de anchura. Ambos son dos *récords* mundiales en estas atrevidas estructuras.

Conclusiones.

Como resumen de esta, quizá pesada, enumeración de los progresos constructivos conseguidos por los ingenieros de Caminos que, como se ha visto, han superado en muchos casos sus colegas extranjeros, puedo añadir que en los concursos internacionales, en algunos de los que han participado varias reputadísimas firmas ultrapirenaicas, han triunfado siempre los proyectos de los ingenieros españoles, por las economías sensibles que han conseguido con sus disposiciones originales y prácticas.

Citaré sólo tres ejemplos: la cubierta del tercer depósito de Madrid, el puente de San Telmo en Sevilla y el dique de carena de Cádiz. En estos dos últimos concursos vencimos, en bastantes millones de pesetas, a la famosa firma Schneider y Compañía, que no sólo explota los talleres más importantes de Francia, sino que se ha especializado en obras marítimas.

Por último, en todos los Congresos internacionales y científicos que menudean en estos últimos tiempos. Podemos asegurar a D. Salvador de Madariaga que las notas e intervenciones de los ingenieros de Caminos han conseguido tanto respeto y consideraciones, como la merecida por aquel eminente diplomático en la Sociedad de Naciones.

J. EUGENIO RIBERA

¹ Descrito en REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS de 15 de abril de 1935.

² Véase la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS de 1.º de agosto de 1928 y 1.º de marzo de 1930.

La reforma del pliego general de condiciones

El tema de la reforma del Pliego General de Condiciones está mereciendo, en las páginas de la REVISTA, la debida atención; por encargo de la Comisión Central, los ingenieros señores Ramírez Doreste, Aguirre y Torroja redactaron un proyecto de Pliego que contiene valiosas sugerencias; para encauzar la discusión, la Comisión Permanente de la Zona nos encargó un dictamen que creemos conveniente darlo a conocer a los lectores de la REVISTA, sin más pretensión que la de que sea una modesta aportación más para el encauzamiento de este importantísimo problema.

Dictamen acerca del proyecto de Pliego General de Condiciones para la contratación de obras públicas, presentado por los señores D. Félix Ramírez Doreste, D. José María Aguirre y D. Eduardo Torroja Miret.

Los que suscriben, en cumplimiento del encargo con que les ha honrado la Comisión Ejecutiva de la Zona de Madrid, tienen el honor de informar sobre la pro-

puesta del nuevo Pliego General de Condiciones para la contratación de obras públicas, presentada por los señores Ramírez, Aguirre y Torroja.

Ante todo debe ir un cálido elogio para los autores de la propuesta, quienes, enfrentándose con tema de tales dimensiones, han logrado dar forma a una serie de interesantes soluciones en las que se plasman las enseñanzas deducidas a lo largo de su rica experiencia profesional.

Ahora bien, los que suscriben entienden, que la labor de discutir un Pliego articulado, como lo es la ponencia presentada, ardua y difícil incluso para una pequeña Comisión, cuyos componentes estuvieran absolutamente penetrados hasta de los más pequeños detalles del proyecto que se discute y dispusieran de tiempo suficiente, es tarea que supera considerablemente las posibilidades de trabajo y juicio de una reunión numerosa. A nuestro parecer, si se intentase una discusión de este tipo, el trabajo resultante, además de incompleto, estaría falto de unidad de criterio, corriéndose el riesgo de que en vez de fijarlo