

que en el aire sería $10 \times 10 \times 2 \ 220 = 220$ toneladas, no basta con que se reduzca en los cálculos a 120 por hallarse sumergido, sino que hay que rebajarlo hasta 72, si el agua se moviera con la velocidad de 20 m por segundo. Para el deslizamiento el peso resistente no sería más que de 36 ton. Este cálculo explica la opinión de los constructores que aconsejan que no se dejen los diques a media altura cuando se terminan las campañas de verano y se interrumpen los trabajos; así se hace a veces por creer que están más seguros cuando su altura es menor y están fuera de la zona de los grandes empujes de las olas. Esta opinión, recientemente expuesta en un trabajo admirablemente hecho por Miché, tiene, con el cálculo que antecede, completa justificación.

Viene a mi memoria un hecho que es ahora digno de comentario. Hace ya años fui testigo de la destrucción de un dique muro; en pocas horas la mar se fué llevando, uno tras otro, cinco grandes monolitos. El dique no estaba terminado; no estaba aún construída la estructura sobre los cajones y éstos quedaban enrasados un poco bajo la bajamar de aquel día de temporal que tantos daños causó en el puerto. Recuerdo bien que más de una vez vi los monolitos en movimiento; esto quiere decir que no iban envueltos por la ola, sino que eran arrastrados cuando se hallaban en el fondo de la depresión. Atribuí aquello a la succión que al paso de la ola se produciría al lado del puerto; en un escrito de entonces, al explicar la avería, decía que parecía como si el monolito fuese sorbido por la ola; que no era empujado, sino que tras de ella corría como si estuviese flotando y las olas lo moviesen sin esfuerzo. Así era, en efecto; uno de aquellos monolitos, que estaba cimentado a ocho metros sobre el fondo, anduvo catorce metros en el sentido horizontal; es decir, que sobró fuerza para quitarlo de su sitio.

Enlazo este recuerdo con el cálculo que antecede, para llegar a la conclusión de que el agua en movimiento cambia más de lo que se cree las condiciones del problema.

El dique *D* no está en el mismo caso cuando se halla en un agua en calma que llega al nivel *NR*, que cuando está en el fondo de la ola *cd*. No hay que olvidar

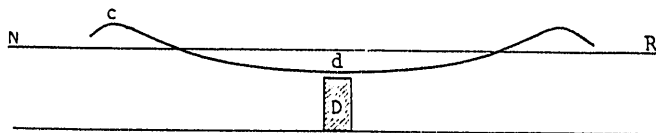


Fig. D.

que para calcular los diques muros se toman los empujes del agua como si estuviese al nivel de la cresta, y es fácil ver que muchas veces, y sin llegar a casos extremos, puede presentarse el caso que hace poco venía a mi memoria, y que el muro entero flote, sin que haya que tomarse demasiada licencia de lenguaje al emplear esta palabra.

De lo que queda dicho se deduce el medio de calcular la pérdida de peso de un dique envuelto por la marejada, o cuya parte superior asoma a veces entre las crestas de dos olas; el cálculo es sencillo; basta conocer la altura de la ola, su longitud y su período, datos siempre necesarios para cualquier cálculo de estabilidad de un dique de abrigo.

Al final se saca una consecuencia tan evidente que no necesitaba de cálculo ninguno. La de que se obra con ligereza o con imprudencia al aplicar el principio de Arquímedes a un líquido que no está en reposo y cuya superficie no es la horizontal de la mar en calma, sino la sucesión de crestas y depresiones del mar embravecido.

Eduardo J. DE CASTRO
Profesor de Puertos de la Escuela
de Caminos

El nuevo Plan nacional de Obras hidráulicas

La labor memorable del Cuerpo de Ingenieros de Caminos en favor de la política hidráulica

Una visita a la Exposición del Plan nacional de Obras hidráulicas que se exhibe en el Palacio de la Música y la lectura rápida de los tomos en que más detenidamente se explica me sugieren algunas consideraciones que juzgo oportuno consignar en la REVISTA.

Si sólo se tratara de una simple labor de propaganda a favor de esta política hidráulica, casi desconocida en España hace cuarenta años, y que gracias al esfuerzo de muchos ha podido vencer los obstáculos y las resistencias que en su origen y durante bastantes años se le opusieron, hasta el punto de ser hoy reconocida por todos como esencial para nuestra economía, si ése sólo fuera su objeto, no regatearía ciertamente mis alabanzas, porque se trata de una presentación insuperable, propia para cautivar y para predisponer favorablemente el espíritu del gran público.

Pero el Plan pretende ser algo más que eso: aspira a convertirse en ley y a iniciar una nueva era, rompiendo con el pasado, que se censura con acritud y sin justicia, para fundar sobre sus ruinas las normas que en lo sucesivo hayan de regir sobre estas materias.

Y no es que yo crea tampoco que lo hecho hasta ahora sea perfecto, y que el estado presente no admita mejora; a ninguna obra humana podría exigírsele eso, y menos al Plan provisional de Obras hidráulicas de 25 de abril de 1902, a cuya génesis asistí y en cuya formación colaboré bajo la dirección del inolvidable D. Antonio Arévalo.

Como la inmensa mayoría de los ingenieros de hoy no alcanzaron aquella fecha, sino a lo sumo en la Escuela, y algunos en las primeras letras, no estará de más recordar en qué condiciones se realizó aquel trabajo, cuál fué su objeto y cuál se pensó que había de ser su ulterior desarrollo.

Acababan de perderse en desastrosa guerra los últimos restos de nuestro imperio colonial; la nación

se recluía en sí misma, forzada a buscar en el solar patrio recursos con que hacer frente a su economía deshecha. Costa había dejado oír su voz, sin encontrar todo el eco que mereciera, a favor de una *política hidráulica* inspirada en el ejemplo de obras aragonesas debidas a ilustres ingenieros de Caminos, entre los cuales no es posible dejar de citar a D. Mariano Royo y a D. Ramón García, y en este ambiente, cuando se trataba de celebrar el centenario de la fundación de nuestro Cuerpo, surgió entre varios compañeros la idea de nacionalizar las obras de riego y de ofrecer al país un avance de plan de las que podrían llevarse a cabo. Un periódico, *El Imparcial*, acogió benévolamente la idea, y el personal de Obras públicas de provincias rivalizó en entusiasmo para enviar propuestas y sugerencias, que contribuían a mantener viva la atención pública sobre tema tan interesante.

De tal modo respondió la opinión, que D. Francisco Silvela, encargado del Gobierno, creyó satisfacerla llevando al Ministerio de Fomento a D. Rafael Gasset, director de *El Imparcial*, que se había declarado convencido y resuelto defensor de la idea, pres-tándole el calor político que no podían comunicarle los técnicos solos.

Pero todo lo hecho hasta entonces no significaba sino una orientación y un propósito; era preciso llegar a los hechos concretos, y la ley de Obras públicas imponía la formación de un plan.

No se ocultaba a los inspiradores de aquellas campañas que un plan, y más en aquellas circunstancias, no podía improvisarse, si por plan había de entenderse la determinación precisa de toda la labor realizable en un porvenir más o menos próximo; pero ni era eso nuestros demás planes, ni en ninguna nación del mundo se ha considerado eso necesario para dar gran impulso a las obras de riego.

Lo que sí parecía imprescindible para poder dar cumplimiento al precepto legal era una revisión de las innumerables propuestas hasta entonces publicadas, su rápida comprobación sobre el terreno, que permitiera juzgar de sus posibilidades, y la elección de aquellas que merecieran ser estudiadas con más detenimiento, porque aquello, en definitiva, tenía que ser por el pronto, más que un plan de obras, un plan de estudio.

Para realizar este cometido se escogió lo más florido del Cuerpo que, con un celo, una actividad y un desinterés no igualados dieron cima a su trabajo en un plazo de muy pocos meses. La Inspección general de trabajos hidráulicos recogió y resumió todo aquellos estudios, y formuló en 1901 el plan que con carácter provisional fué aprobado el año siguiente. Gracias a él fué posible iniciar una política hidráulica que, a pesar de los duros ataques de que fué objeto, ha conseguido desarrollarse y ser hoy aceptada por todos, acaso ya con alegrías excesivas, y aun quizá con miras particularistas, que más pueden perjudicarla que favorecerla.

Ataques al Plan de 1902 y a los que lo elaboraron

Pues toda aquella labor abnegada y patriótica de nuestro Cuerpo, no superada antes ni después en su larga vida, no merece, en suma, al autor del nuevo

Plan de Obras hidráulicas sino juicios más despectivos que severos, porque aunque, en su sentir, hubo por parte de todos *error grave*, esta apreciación se temple con algunas atenuaciones piadosas y con el calificativo de *excusable*. "Lo hubo—dice— en la actuación de aquellos ingenieros que se perdieron por el país para recoger una cosecha, al parecer muy copiosa, de iniciativas de la más variada procedencia y la más variable garantía; lo hubo en sus directores, que no acertaron a señalarles orientaciones y normas, y lo hubo en la acción gobernante, que no logró elevar su vista sobre la visión de los pretendidos hallazgos, de las aspiraciones locales y aun de los apellidos, para alcanzar horizontes de amplitud nacional." Y es claro que, ante tamaños errores, la excusa no podía ser otra sino que los infelices no sabían lo que tenían entre manos.

El nuevo Plan. Deficiencias graves

Pero todo lo podríamos dar por bien empleado si hoy, después de treinta y dos años de estudios, de obras, de trabajos de todo género que han venido a ensanchar considerablemente en España y fuera de España el conocimiento de estas materias, aparecieran perfectamente definidos el programa de obras, los objetivos precisos, la visión de conjunto que en el Plan de 1902 se quiere echar de menos. En el Plan que se propone ahora no encontramos mucho más que lo que en aquél se encontraba.

Buena parte de las obras que lo constituyen eran ya mencionadas bajo una u otra forma en el plan anterior y otras han surgido para satisfacer propósitos o necesidades en el mismo ya reconocidos. En cuanto a los objetivos a realizar, no creo que pueda ser tomada en serio esa hipotética distribución de cultivos, fundada sobre estadísticas muy recusables, en que ni siquiera se ha tenido en cuenta el cambiante valor de la peseta, y que cualquiera que sea su exactitud respecto del pasado nos pueden enseñar muy poco en cuanto al porvenir, dadas las corrientes modernas en todo lo relativo al comercio internacional. Si los regadíos responden a una conveniencia económica verdadera, más que inciertos hechos pretéritos, guiará a los regantes en todo tiempo en la elección de los cultivos el propósito de lograr los mayores rendimientos y la posibilidad de vender bien sus productos, según las mudables circunstancias de cada momento, lo que, en definitiva, conducirá mejor que ningún otro medio a lograr el máximo beneficio para la economía general.

Y por lo que a la visión de conjunto se refiere, el único rasgo que aparece nuevo en el Plan es la importancia que en él se da al pretendido desequilibrio entre las precipitaciones de las vertientes atlántica y mediterránea, desequilibrio que más bien sería en perjuicio de la primera si la precipitación se calcula, más que por su magnitud absoluta, por su relación con las superficies respectivas de ambas vertientes. No lo entiende así el Sr. Lorenzo Pardo, y es para poner las cosas en su punto para lo que proyecta esos trasvases, que es, en fin de cuentas bien echadas, la única novedad y también la parte más discutible del Plan.

Extremo tan importante y característico bien me-

recía precisiones y datos más detallados y estudios más completos que los que al parecer se han efectuado y los que se encuentran en los tres tomos publicados, en los que sólo se dedican al particular cinco páginas y media (tomo I, páginas 196-201), amén de algunas ligeras alusiones en otras partes y un pequeño croquis que aparece en la figura 19.

Con esos solos antecedentes mal puede juzgarse del proyecto; pero si se ha de aventurar una impresión, ésta no puede menos de ser desfavorable. Recoger aguas del alto Tajo para encauzárlas en canales, en su mayor parte muertos, de más de 600 km de longitud, abiertos en no cortos trayectos al través de terrenos difficilísimos, con túneles enormes o elevaciones a alturas verdaderamente inauditas en este linaje de empresas, para llevarles a regar tierras de la provincia de Almería, no puede parecer una empresa económica, cualesquiera que sean los medios de exornación y de propaganda a que se recurra; si a esto se añade que al final de ese recorrido sólo se va a dar riego insuficiente a 12 000 hectáreas, tampoco se ve que pueda haber razón suficiente para tamaño esfuerzo.

Es verdad, sin que ello invalide lo que acaba de afirmarse, que no es sólo ese pequeño rincón de la provincia de Almería el que se trata de beneficiar; se habla igualmente de Valencia, de Albacete, de Murcia, de Alicante; pero también es ésa demasiada superficie o demasiado pequeña para ser regada en todo o en parte con caudales trasvasados, que calculo deben de ser muy exigüos, y muy especialmente cuando en el Júcar se confiesa la existencia de un sobrante de 900 millones de metros cúbicos anuales (pág. 191) y otro de 400 millones en el Segura (pág. 193). Con esos sobrantes no se ve bien la urgencia de sacar agua de otras cuencas; y entretanto, bueno sería estudiar con todo detalle y con sólidas garantías de acierto los aspectos económico, social y político de una tal empresa, olvidados en buena parte al redactar el Plan. Sólo después de semejante estudio sería llegado el momento, si el resultado fuera favorable, para hacer objeto esa obra de una ley especial. En el Plan de 1902, destinado ante todo a iniciar empresas económicamente recomendables, no se encontraban ciertamente obras de esa naturaleza, y por esto se le censura ahora; pero tampoco es cierto que aquel Plan dejase olvidada a la región levantina: expresamente 46 770 hectáreas se incluían para riego en la División del Júcar y 15 400 en la del Segura, sin contar con que en los números 158 y 159 se incluían proyectos de mejora y ampliación de los riegos de ambos ríos que no se cifraban con precisión, porque, como allí mismo se dice, era preciso estudiar detenidamente los múltiples aprovechamientos existentes y estudiar también los resultados de las obras en curso de ejecución para defensa contra las inundaciones.

Con lo dicho creo haber desvanecido las principales censuras que se dirigen al Plan de 1902, para formular las cuales parece no se han tenido en cuenta los patrióticos propósitos perseguidos, los datos y medios de que a la sazón podía disponerse y los limitadísimos recursos con que se contaba, que contrastan, por cierto, con los que con posterioridad se han destinado a las atenciones de este género, especialmente en algunas organizaciones autonómicas pre-

sentadas como modelo, donde acaso, sin gran exceso en la frase, podría decirse que toda prodigalidad tuvo su asiento.

Desconfianza que puede inspirar el nuevo Plan

Es muy posible que la finalidad perseguida con el mandato consignado en el art. 26 de la ley de Presupuestos, aún vigente, fuese la formación de un Plan de ejecución de obras concreto, encaminado a garantizar el buen empleo de los caudales públicos y limitado a las que pudiesen terminarse en plazo de pocos años; eso exigiría proyectos ultimados, o por lo menos estudios completos, con estimaciones de su coste muy próximas a la realidad. Pero si la magnitud de las obras y el plazo de ejecución, que seguramente la realidad rebasaría aún muy considerablemente, ha de admitirse que tendrán las amplitudes aceptadas en el Plan formulado, es indispensable emplear las mayores cautelas y tomar las más serias garantías para que el éxito no corra riesgo de frustrarse.

De todos modos estimo que, aparte de los asesoramiento que el Gobierno y las Cortes han de reclamar antes de tomar sus acuerdos, sería de gran interés y utilidad que sobre la propuesta que se hace emitieran su opinión y dieran su consejo los que por su autoridad y capacidad se hallan en condiciones de hacerlo cumplidamente. No me encuentro seguramente entre ellos, a pesar de lo cual no quiero dejar de consignar que, a mi juicio, la labor realizada en plazo muy corto por los autores del nuevo Plan, es muy meritoria y digna por varios conceptos de un elogio que, por mi parte, rindo desde aquí con gran complacencia; sin que eso quiera significar que no me asalta ningún temor sobre la perfección, conveniencia o valor práctico de las distintas partes que integran el trabajo realizado. Según creo, aun prescindiendo de todo lo ajeno a obras de riego, falta, en efecto, no poco por estudiar y concretar si el Plan ha de servir de base inmediata y definitiva a orientaciones capitales de nuestra economía y para apreciar si sus amplitudes, que en la realidad superarán considerablemente a las supuestas, caben dentro del marco limitadísimo de nuestras posibilidades financieras. Especialmente entiendo requiere demostración inequívoca que el trasvase de las aguas de unas a otras cuencas, a que se aludió más arriba, constituye en la forma ideada algo más que una mera posibilidad técnica, y que al intentar realizarlo no se correría el riesgo de que pudiese representar algo así como una alegre excursión al campo florido de ilusiones de la utopía, al regresar del cual, con las alforjas repletas de decepciones, se habría de encontrar al infeliz contribuyente español con los bolsillos vaciados.

Observaciones finales

No es mi ánimo alargar este escrito con un mayor análisis del nuevo Plan de Obras hidráulicas y de los fundamentos en que pretende basarse, aunque no falta ciertamente materia para ello. Séame permitido tan sólo, antes de terminar, formular dos observaciones.

A más de los planes de obras de riego formados

anteriormente, no escapan a las críticas y ataques del Sr. Lorenzo Pardo, generalmente mucho más duros que razonables, aunque casi siempre envueltos en correcta y limpia literatura, buena parte de lo hecho en esa materia, con excepción, naturalmente, de la labor propia. Esta, por otra parte, ha sido objeto de intensas campañas laudatorias de publicidad en libros, revistas, periódicos, conferencias, etc., que yo estimo en parte dignas de encomio, realizadas por el propio interesado y por otros panegiristas, a alguno de los cuales, según las trazas, sólo guiaba un puro idealismo. Semejante método, que, por lo menos, merece ser calificado de poco elegante, ha sido seguido muchas veces por quienes no tienen escrúpulos en realizar su propia personalidad tratando de rebajar las ajenas; pero me parece que el Sr. Lorenzo Pardo no tenía necesidad de recurrir a él, ni aun en pequeña parte, porque no tengo noticia de que nadie, apartándose de la razón, haya desconocido sus méritos verdaderos.

Una segunda observación me sugiere la conclusión, en verdad inesperada, a que aquel ingeniero llega al enfrentarse con los problemas más reconocidamente arduos y fundamentales que plantean las dificultades de índole diversa, la mayor parte gravísimas, que suelen oponerse casi siempre al establecimiento de nuevos regadíos, y que hay que temer alcancen gran intensidad al pretender casi duplicar en un plazo de veinticinco años la extensión de los actuales, que absorbieron la labor más que milenaria de los pobladores de España. Para el Sr. Lorenzo Pardo no será obstáculo en ningún caso a la implantación fructuosa de los regadíos o a la mejora de los existentes la falta de recursos hidráulicos suficientes, ni la de tierras aptas para ellos allí donde por otros conceptos sería fácil o ventajoso llevarlos, ni la falta, por todos tan temida, de población agrícola con preparación y condiciones adecuadas, ni la de recursos y créditos suficientes, que no cabe admitir se encontrarán con seguridad cuando se requieran, al considerar que ello supone reclamar del ahorro español en un plazo relativamente corto la suma, calculada con grande y

notoria deficiencia, en 5 000 millones de pesetas, para esa sola finalidad, enorme ciertamente para una economía pobre como la nuestra, que, además, pasa ahora por una profunda crisis, cuyo término, por desgracia, no se vislumbra, y, finalmente, la falta, hoy más probable que otras veces, de mercados remuneradores para la colocación de productos. Nada de eso ni otros altos obstáculos a que no alude amedrenta al Sr. Lorenzo Pardo: sólo la falta de organización y la incapacidad constructiva en que, según asegura, nadie o muy pocos, salvo él, se han fijado, constituye a su juicio la clave de todo y sería capaz de engendrar limitaciones a la empresa planeada. No cabe engaño, dice; "la esencia del problema está en el instrumento. Lo es todo o casi todo".

Por mi parte me atrevo a poner muy en duda la legitimidad de esa conclusión, pues no se deduce necesariamente de las enseñanzas que la experiencia viene suministrando en España y fuera de ella.

Admítase de buen grado que la empresa requiere una organización muy apta, con perfección y eficacia tan grandes como las que alcancen las mejores de su clase; pero no puede suponerse que ella por sí sola, quienquiera que sea el que la idee y dirija, haya de bastar siempre para vencer satisfactoriamente todo linaje de dificultades. No es posible, en efecto, montar y sostener organizaciones tan perfectas, tan previsoras, tan sabias y tan afortunadas, exentas de vicios y constantemente eficientes, que por su sola virtualidad sean prenda suficiente y segura del éxito en todos los casos. Por el contrario, no habrá seguramente error al aconsejar en esto la mayor cautela, precaución y aun desconfianza y contar con la necesidad de recurrir a cuantos medios y colaboraciones más o menos indirectos tiendan a hacer posible y venturosa empresa de tal complicación y magnitud, empezando por la aprobación de las fórmulas jurídicas y financieras, que la experiencia viene demostrando han de ser, más que necesarias, esenciales, y que ya se ha visto que no es llano arbitrarlas con oportunidad ni llevarlas a la realidad sin grandes esfuerzos.

José NICOLAU
Ingeniero de Caminos

Presa de bóvedas múltiples

Desde la publicación del primer artículo ¹ hemos podido conversar con bastantes ingenieros sobre el tipo de presa propuesto, y, aunque ya lo hemos hecho particularmente, pensamos, al finalizar la publicación del artículo, contestar a las principales observaciones.

Mucho agradeceremos a los compañeros interesados en el problema de las presas que nos presenten las objeciones que crean interesantes, aprovechando la oportunidad que ofrece la primera presa a construir de este tipo en España, y con ello querríamos que en la REVISTA se inaugurase una sección permanente de polémicas técnicas, tan fructuosas en muchas revistas profesionales extranjeras.

Método de cálculo

Vamos a abordar el cálculo de presas de bóvedas de un modo general, exponiendo a continuación la aplicación a la presa del Piscárdanos.

Estudiaremos primero las bóvedas, y, después, el contrafuerte.

Cálculo de las bóvedas

Seguimos, paso a paso, el desarrollo de cálculo expuesto en el libro de Gómez Navarro (tomo II, página 1144), que es el empleado por Kelen en su obra *Die Staumauern*.

En el número de marzo de 1932 de los *Proceedings*

¹ REVISTA del 15 de diciembre de 1933, pág. 534.