

demolió el estribo y parte de los muros de la margen izquierda, se construyó el nuevo estribo (fig. 4.<sup>a</sup>), se reformó el alzado del estribo de la margen derecha para el aumento de vigas, se construyeron los cuatro tramos de hormigón armado (fig. 5.<sup>a</sup>) y se hicieron los muros de defensa de aguas arriba y abajo de la margen izquierda.

El año 1927 se hicieron los revestimientos de empedrados de la margen izquierda, se afirmó el puente con hormigón, se levantaron las pilastras de entrada y salida, los pretilos, guardarruedas y malecones; se hizo la relabra de paramentos de sillería y mampostería de las partes aprovechadas, las escolleras, la pintura al silicato y demás obras accesorias.

De la obra antigua se aprovechó menos de lo previsto en el proyecto, por la dificultad que al redactar éste ofrecieron las estacadas que defendían los cimientos, para realizar los reconocimientos.

Las pruebas se hicieron en los días 10, 11 y 14 de mayo de 1927.

El tren tipo de cargas adoptado se compuso de dos filas de carros de un solo eje, con un peso de 6 000 kg cada uno, arrastrados por cuatro caballerías en reata, siendo el peso de una de éstas 500 kg, y una apisonadora de vapor de 11 000 kg, intercada en una de las filas de carros. En la imposibilidad de atenerse al artículo 11 del pliego de condiciones, que señala las pruebas, por no encontrar carros de un solo eje de 6 toneladas, se sustituyeron las pruebas dinámicas por las siguientes:

a) Se hizo recorrer cada tramo por un tren en una sola fila, formado por una apisonadora de gasolina de 11 toneladas, otra de vapor de 8 toneladas y un camión cargado con 4 m<sup>3</sup> de arena, siendo el peso total de este vehículo de 8 toneladas.

b) A continuación se hizo recorrer un tren formado por las dos apisonadoras anteriormente citadas marchando de frente y coincidiendo los ejes traseros, así como el camión y un carro de un solo eje cargado con 2 m<sup>3</sup> de arena (el carro mayor que se encontró) y teniendo en cuenta su peso, total 3 toneladas.

c) El mismo tren, a la máxima velocidad de las apisonadoras.

Las pruebas estáticas, que se verificaron con antelación a las dinámicas, consistieron en cargar cada tramo con arena a razón de 525 kg/m superficial, incluso andenes.

En las pruebas estáticas no acusaron flecha ninguna los tramos, y en las dinámicas, el flexímetro de cuadrante del tramo contiguo al estribo derecho acusó 1 mm en la viga de aguas arriba.

A pesar de no señalar el pliego de condiciones prueba para las viguetas, se sometieron a la carga de los ejes traseros de las dos apisonadoras, sin que se acusara flexión alguna.

#### Coste de la obra

La valoración de contrata de la obra ejecutada importa 447 410,09 pesetas; la baja de subasta asciende a 60 324,88 pesetas, resultando que el importe líquido de la liquidación, aprobada en 9 de enero último, es de 381 535,21 pesetas, que comparadas con las 459 901,70 del presupuesto aprobado, resulta que se ha obtenido una economía de 78 366,49 pesetas. Debe señalarse que el artículo 4.º del presupuesto, «Barca de paso, defensas de la margen izquierda», alcanza a la cifra de 78 448,31 pesetas.

Antes de terminar este artículo he de consignar mis temores al elegir el tipo de viga, que creo es el primero que se ha construido en España en carretera. No es, sin embargo, original, ya que en el Tirol hace años se construyó uno del mismo tipo en un paso superior de ferrocarril.

Para mayor seguridad pedí consejo a mi querido amigo y jefe D. Eugenio Ribera, quien, con su gran experiencia, me dió su aprobación y me prestó su valiosa ayuda en la redacción del proyecto.

Debo también manifestar que mi querido compañero D. Rafael Zumárraga hubo de revisar algunos cálculos con paciencia benedictina y dirigió después la obra secundado por el ayudante D. Leandro Rodríguez, dignos ambos del mayor encomio por la competencia y celo desplegados.

José M. SAINZ  
Ingeniero de Caminos

## Algunos aspectos económicos del aprovechamiento de las aguas, con especial referencia a la cuenca del Duero

### El problema económico del aprovechamiento de las aguas

El aprovechamiento de las aguas es un tema repetidas veces considerado (sin duda merecidamente) desde el punto de vista de la economía nacional; pero el estudio se ha limitado generalmente al de la disyuntiva entre riegos y saltos, planteada con un carácter de ineluctable que no se presenta en todos los casos, y perentoriamente decidida por modo harto esquemático. La comparación se establece entre las riquezas producidas por cantidades iguales de agua dedicadas a uno y otro uso, cifrando aquéllas en relación con los precios actuales de las cosechas y la energía. Aun cuando este método conduzca a re-

sultados aceptables al ser aplicado a pequeños aprovechamientos, los cuales, por su tamaño mismo, deben ser calificados de locales (y entonces su trascendencia en la economía nacional es insignificante), no es admisible para tratar el mismo problema con mayor generalidad y amplitud.

Solamente el hecho de buscar el término más favorable de la alternativa entre riegos y saltos implica un olvido de las íntimas relaciones que ligan Agricultura e Industria, y equivale a postular un país esencialmente o agrícola un país preferentemente industrial, con evidente riesgo de la armonía entre estas dos fuentes de riqueza exigida por una economía actual. Y sobre que, como antes queda dicho, la oposición entre riegos y saltos no siempre

existe, no son estas dos las únicas aplicaciones que pueden disputarse el aprovechamiento de un cierto caudal o de algún tramo de río, pues a veces merecerán la preferencia los abastecimientos y saneamientos, el trazado de un ferrocarril o de una carretera, una explotación minera, una central térmica...

La feliz creación de las Confederaciones Hidrográ-

producción de fuerza motriz que se dedique a la elevación de aguas subterráneas con destino a riegos. Indica al mismo tiempo el Sr. G. Bedoya que la existencia de agua freática poco profunda (menos de 20 m) en vastas extensiones de la meseta castellana ofrece extensas posibilidades para los regadíos de tal modalidad. En confirmación de este supuesto presentamos (fig. 1.<sup>a</sup>) un plano de la región castellano-

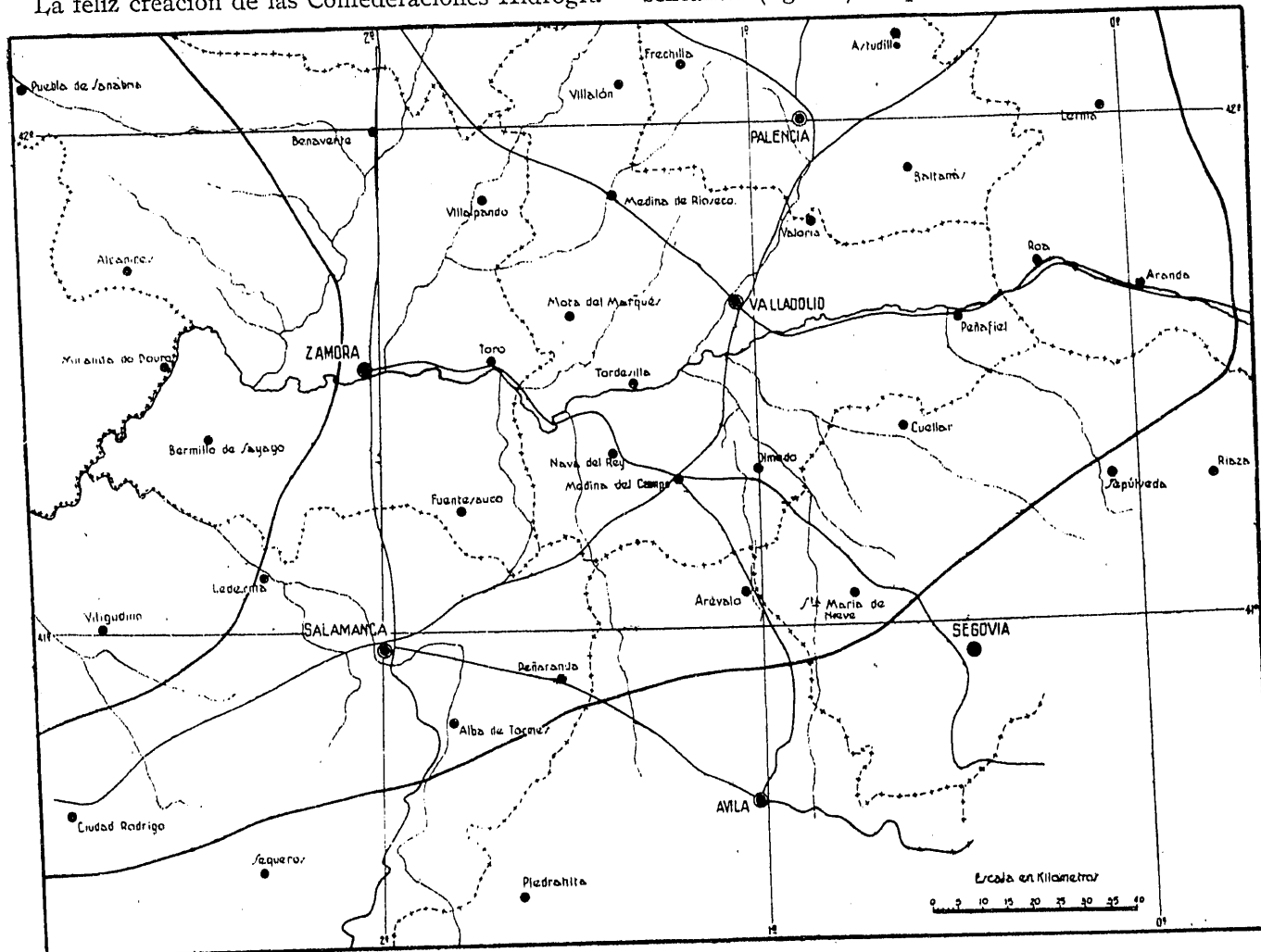


Fig. 1.<sup>a</sup> Zona de aguas subterráneas en la región castellano-leonesa

ficas, inspirada en una visión ampliamente comprensiva de la complejidad inherente al aprovechamiento de las aguas, permite tratar en cada caso este problema con arreglo a las peculiaridades de cada cuenca, al objeto de lograr el mayor y mejor provecho para todos los intereses en la misma radicados y afectados por aquel aprovechamiento. La discreta intervención en las Confederaciones que se ha reservado al Poder central ponderará, con criterio aun más elevado, el conjunto de todos los intereses, armonizándolos de la manera más conveniente a la economía nacional.

### Riegos con aguas superficiales y con aguas subterráneas

En artículo publicado en estas mismas páginas <sup>1</sup>, nuestro distinguido compañero Sr. G. Bedoya justifica el acrecentamiento del rendimiento económico de una corriente logrado al aprovechar ésta para la

leonesa en el que, por encargo de la Sociedad Hispano-Portuguesa de Transportes Eléctricos, concesionaria de los Saltos del Duero, el ilustrado ingeniero de Minas Sr. H. Sampelayo ha trazado una línea que delimita, aproximadamente, la zona general de aguas subterráneas. Aunque investigaciones más detalladas reduzcan sensiblemente la extensión de esta zona, siempre resultará muy considerable el área susceptible de ser regada con aguas elevadas.

Las necesidades de los riegos con aguas superficiales, en la cuenca del Duero, son, según estimaciones de los ingenieros que conocen esta cuenca, más bien moderadas, representando una pequeña fracción (un 15 por 100 aproximadamente) de la correspondiente riqueza hidráulica. Es posible, en consecuencia, realizar un importante aprovechamiento industrial de las aguas del Duero sin detrimento de los riegos con aguas superficiales, y éstos son también perfectamente compatibles con los riegos efectuados con aguas subterráneas elevadas mediante energía producida por las aguas superficiales de la misma cuenca. La ampliación de los regadíos de la cuenca del Duero y el mejor aprovechamiento de su riqueza

<sup>1</sup> «Saltos de agua y regadíos», A. G. Bedoya. REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, 15 de febrero de 1928.

hidráulica piden de consumo el desarrollo de los riegos con aguas subterráneas.

Las condiciones económicas de los riegos con aguas subterráneas son beneficiadas por la circunstancia de poder tomar energía de los aprovechamientos hidroeléctricos, en lugar de tener que hacerlo de instalaciones propias, y la ventaja, puesta de manifiesto por el Sr. G. Bedoya, que los mismos riegos reportan a la economía nacional resulta ampliada por virtud de la señalada posibilidad. Una central hidroeléctrica proyectada con vista a mover las bombas de los regantes se vería obligada, muy probablemente, a desaprovechar buena parte de los caudales de su tramo, puesto que los riegos sólo consumen durante seis o siete meses y la energía de invierno

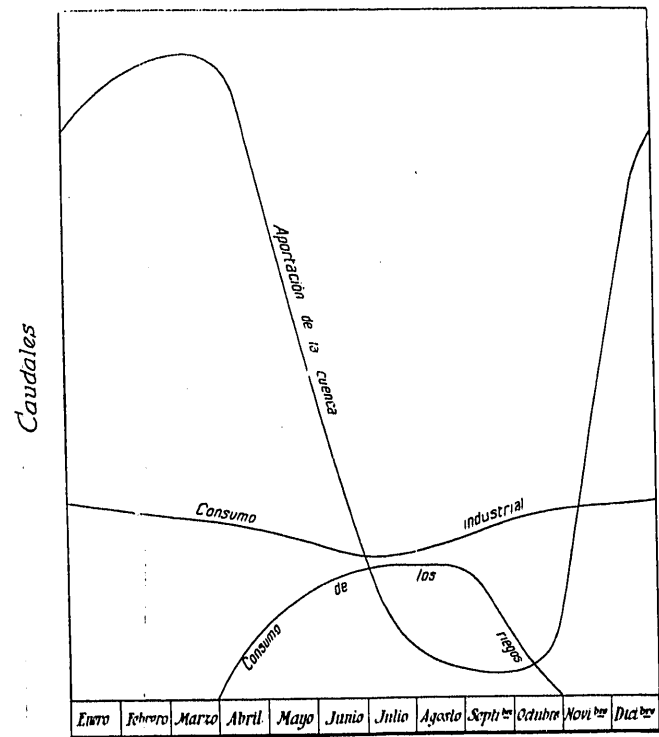


Fig. 2.ª Curvas típicas de aportación y consumos de agua en la cuenca del Duero.

es de difícil y poco valiosa colocación; por tanto, la fuerza para los regantes resultaría a un precio más bien elevado. Es lo contrario, puede decirse, de lo que ocurre con una central que aproveche las aguas y el desnivel de un pantano para riegos, la cual, o es de producción continua, o, si sólo utiliza los mismos caudales de riego, encontrará fácil y buen mercado para su producción, aun cuando es de notar que tal central no realizará tampoco, generalmente, un aprovechamiento completo, por efecto de que los riegos se adelantan respecto al estiaje, como se observa en la figura 2.ª, que representa curvas típicas de la cuenca del Duero. La cabal coincidencia entre los consumos de riegos y los de la central referida se lograría dedicando la energía de ésta a elevar aguas subterráneas para el riego de una zona de las mismas características que la regada con las aguas del pantano. Los inconvenientes derivados de las indicadas limitaciones se evitan o aminoran incorporando las centrales hidroeléctricas de los pantanos de riego a grandes sistemas de producción y distribución de electricidad, capaces de borrar o atenuar el *decalaje* entre las curvas de consumo de los riegos y

de la energía eléctrica y tomando de los mismos sistemas la fuerza necesaria para el riego de las zonas con aguas subterráneas. Únicamente así se lograría el más perfecto aprovechamiento de las aguas de la cuenca del Duero.

### Los riegos, el secano y los montes. Electrificación rural

Si el cultivo de regadío es más provechoso para el agricultor que el de secano, el establecimiento de los regadíos ocasionará competencias entre los terrenos de una y otra clase hasta el momento en que el incremento de la población (indudablemente favorecido por aquel establecimiento) aumente proporcionalmente la demanda de terrenos. Esta, al principio, se inclinará en favor de las zonas de riego, con el consiguiente demérito de los secanos adyacentes. El fenómeno, restringido en profundidad por la repugnancia de los campesinos a trasladarse, se producirá a lo largo del contorno de las zonas y, a igualdad de otras condiciones, será de mayor importancia relativa cuando las zonas de riego se den en fajas, como ocurre en la cuenca del Duero. Aun a la larga, en todas las cuencas, la tendencia natural será siempre la de intensificar, perfeccionándolos, los cultivos intensivos de regadío, a costa de un decrecimiento, por abandono, de los cultivos extensivos de secano en los terrenos menos fértiles. Una buena economía hará que estos últimos terrenos pasen a incrementar el patrimonio forestal del que, tal vez, nunca debieron salir. Esta observación pone de manifiesto que una política de riegos, en España, es inseparable de una política forestal, según ha sido puesto ya en práctica por el actual ministro de Fomento, con una clarividencia que sólo es justicia reconocer.

La competencia de cosechas agravará la de terrenos si en los de regadío no se establecen cultivos de su exclusiva, es decir, cultivos que no puedan efectuarse en secano. Las cosechas de regadío, de coste más bajo, luchan ventajosamente por ocupar los mejores mercados, desplazando hacia otros menos pingües los productos de secano. La consideración de los intereses generales del país aconsejará generalmente el dedicar las zonas de riego a cultivos que les sean propios. Una investigación, en este sentido, de las zonas de riego parece indeclinable.

Simultaneando convenientemente el desarrollo de los riegos con aguas superficiales con el efectuado mediante aguas subterráneas se restringirán las competencias de terrenos y cosechas y se logrará un mejor empleo de las actividades de las masas rurales existentes, conservando próximamente su centro de gravedad actual, y solicitándolas por modo más próximo y con mayor generalidad. Las consecuencias serán una mayor extensión de terrenos de regadío, incremento de la velocidad de puesta en riego y una más amplia difusión de la riqueza creada.

La utilización en las zonas de riego con agua elevada de la fuerza eléctrica procedente de grandes sistemas de producción, capaces de suministrar energía abundante y económica, induce a contemplar la electrificación rural de Castilla aprovechando las distribuciones establecidas con aquel objeto. La dificultad de las electrificaciones rurales es consecuencia, fundamentalmente, de que dan lugar a consumos bajos, con factor de carga deficiente, recargando por dos conceptos los costes de producción y distri-

bución. Los motores de riego elevarán a la vez el consumo y el factor de carga y permitirán, por tanto, precios de la energía más ventajosos, sobre todo si ésta procede de un gran sistema que produzca y distribuya en alta económicamente, con diversidad de consumos, aumentada provechosamente por las electrificaciones rurales.

Los beneficios de las electrificaciones rurales, ampliamente estimados y experimentados ya en varios países, son especialmente recomendables para comarcas tales como la castellana, de población casi exclusivamente agrícola. La electrificación del solar castellano parece ofrecida por la Naturaleza, en legítima compensación de otras desventajas, como el medio de obtener la elevación moral y material de sus habitantes. Refiriéndola nada más al problema de los riegos, la electrificación rural ayudará poderosamente al desarrollo de los mismos, por cuanto suplirá, siquiera en parte, la baja densidad de población en la región, y consentirá la implantación, desde el primer momento, de cultivos que requieren mano de obra abundante y económica, sustituyendo ésta por fuerza eléctrica de iguales condiciones.

### La electrificación rural y la Confederación Hidrográfica del Duero

Para el aprovechamiento en riegos de las aguas

subterráneas es primer requisito indispensable disponer de energía económica. En la cuenca del Duero es posible producirla, y queda indicado que su precio para el regante debe mejorar sensiblemente si procede de distribuciones generales muy amplias y de distribuciones locales para el consumo rural diverso. Pero después aquellos riegos sufren de las mismas dificultades que los efectuados con aguas superficiales, requiriendo, por tanto, todas las variadas asistencias sabiamente incorporadas al programa de las Confederaciones Hidrográficas. Sólo éstas se hallan capacitadas para establecer y desarrollar, en extensiones considerables, los riegos por elevación.

Las circunstancias y modalidades de la cuenca del Duero que quedan bosquejadas: mejor aprovechamiento de las corrientes, aumento de la extensión total regada, armonía entre los secanos y los regadíos, facilitación de la puesta en riego y beneficios de todo género causados por la electrificación rural (singularmente indicada para Castilla), parecen aconsejar que, mirando el problema con la dilatada perspectiva con que hoy se trazan los planes del Ministerio de Fomento, la Confederación Hidrográfica del Duero complete su actuación encargándose del establecimiento y desarrollo de los riegos con aguas subterráneas, y la perfección, elaborando y ejecutando un plan de electrificación rural de su cuenca.

Ricardo RUBIO  
Ingeniero de Caminos

## Un nuevo material de construcción

### El mortero celular

Si la ciencia de la construcción puede enorgullecerse de su rápido progreso, hay que reconocer que la lista de los materiales que emplea no tiene grandes aumentos. Los que terminamos la carrera con el principio del siglo, encontramos ya el hormigón armado en su período de desarrollo; el ladrillo de cal y arena, fabricado en autoclave, estaba también a nuestra disposición, y los aglomerantes asfálticos comenzaban a emplearse, si bien no tan abundantemente como en la actualidad.

Pudiéramos decir que sólo hemos visto nacer las nuevas aleaciones del hierro y las del aluminio con otros metales ligeros. El inmenso desarrollo de la química, sobre todo en la rama de la síntesis, apenas ha producido cuerpos que sean de gran provecho como materiales de construcción, si se exceptúan las pinturas y barnices.

Por esta razón creemos de utilidad dedicar unos renglones a un material nuevo para nosotros y acaso para muchos ingenieros y arquitectos: el hormigón celular.

Por primera vez le vimos en el Congreso Internacional de Ensayos de Materiales, celebrado en Amsterdam hace pocos meses.

Galantemente nos cedió una muestra nuestro distinguido amigo, el eminente ingeniero de Puentes y Calzadas M. Mesnager, ingeniero consultor o delegado técnico de la Sociedad que explota la patente en Francia.

Cierto que no estábamos completamente desprovistos de materiales ligeros, propiedad característica

del que nos ocupa, pues los ladrillos flotantes son de todos bien conocidos, así como el *moler* y los tabiques de serrín de corcho, empleados casi exclusivamente como revestimientos; pero el mortero celular es completamente distinto de los citados y susceptible de mayores aplicaciones, según nuestras noticias.

Éstas han sido adquiridas leyendo los resultados de los ensayos hechos por reputados laboratorios de distintas naciones. Aunque nos merecen completo crédito, deseamos disponer de material suficiente—que no sabemos se fabrique aún en España—para comprobar sus características.

Se prepara este material introduciendo en la pasta de cemento y agua, o en la de cemento, arena y agua, un producto que forma una espuma persistente un cierto tiempo y que, al desaparecer, queda el material lleno de numerosas celdillas o cavidades, repartidas con una homogeneidad perfecta. Su aspecto es el de las esponjas de caucho, tan empleadas actualmente.

Su fabricación es sencillísima, lo mismo a mano que en una hormigonera corriente.

Según las aplicaciones, se fabrica con distintas densidades aparentes, siendo la escala de ésta muy amplia: desde 250 a 1 200 kilogramos por metro cúbico. El peso y la dosificación sirven para clasificarle: así, un mortero de 0,7 y 1 : 2 expresa que contiene una parte de cemento por dos de arena y que pesa 700 kilogramos por metro cúbico.

Sus propiedades principales, aparte la ligereza, ya mencionada, son la escasa conductibilidad calorífica, suficiente resistencia para la construcción en espeso-