

# REVISTA DE OBRAS PUBLICAS

PUBLICACIÓN TÉCNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS. CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

## LOS LIBROS DE 1909

**LAS OBRAS DE RIEGO EN LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA**, por D. José Nicolau y D. Narciso Puig de la Bellacasa, Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Por los capítulos sueltos que hemos copiado de esta interesante obra habrán podido apreciar nuestros lectores, tanto la utilidad é importancia del asunto tratado, como la manera brillante con que han respondido sus autores al encargo que les confirió el Gobierno español, solícito á fomentar el regadío en el suelo patrio para elevar el nivel económico de la Nación.

Al publicar hoy las conclusiones á que llegan los autores al terminar su obra, no queremos dejar de trazar en líneas generales su resumen, para que los que no hayan podido leerla íntegra puedan apreciarla en su concepción sintética.

Los que siguen de cerca estas materias conocen ya á los ilustrados Ingenieros de Caminos Sres. Nicolau y Puig, que dieron al regresar de su expedición á Egipto gallarda muestra de cómo saben cumplir las misiones oficiales que se les encargan, y cuán acertado estuvo el Gobierno al confiarles aquélla en 1903, como ahora también la de 1907. No basta ver y saber describir, es necesario *saber ver*, conocer á fondo lo que aquí se hace para distinguir al primer golpe de vista lo que puede constituir para nosotros una enseñanza, y conocer á fondo lo que debe hacerse, para trazar con valentía una crítica de las obras ejecutadas en países que figuran en la vanguardia del progreso.

Labor constante de los autores es el demostrar cómo la política hidráulica, que España puso en práctica en remotísimos tiempos, se sigue hoy en todos los países de lluvias irregulares, en que se ha transformado el arte del cultivo en una verdadera industria, dando á la Naturaleza, por el trabajo y la constancia guiados por la Ciencia, lo que á la Naturaleza le falta: el orden y la regularidad, como dijo el Sr. Echegaray en su notable artículo «La Industria Agrícola».

*Las obras de riego en Egipto y Las obras de riego en los Estados Unidos de América*, editados de la misma manera, y por cierto con toda perfección, parece constituyen el principio de una colección, que dejan en el ánimo del lector

el deseo de que se continúe en provecho de los que han de llevar á la práctica en nuestra Patria la implantación de sus enseñanzas.

Se trataba en la primera de un problema concreto: un sistema orgánico de regadío en el valle de un río de especiales condiciones; transformación de la inundación en riego perenne; un país de gran densidad de población y gran atraso; y la dirección de un solo hombre, Lord Cromer.

El caso de los Estados Unidos es muy otro: conjunto de valles de diversas condiciones; país despoblado pero contando con la inmigración de colonos avezados al trabajo; la opinión colectiva interviniendo en la confección de las leyes, los Estados federales en aplicarlas y la dirección concentrada en el Gobierno federal; es el caso de la magnitud del problema, del ataque de frente á cuantas dificultades surgen sin reparar en las controversias científicas de teorías, barrenando hasta los principios de su modo de ser, amoldándose á las necesidades sin prejuicios, la gran rapidez de ejecución, la demostración palmaria de cuanto pueden, además del capital, la acometividad, la resolución, la constancia y la fe en conseguir lo que se proponen.

En Egipto era un hombre el que conducía el pueblo á la victoria, con material extranjero; en los Estados Unidos es el pueblo el que triunfa, poniendo sitio á la región atrasada, llevando todas las condiciones de su raza y todos los adelantos, acumulados, de la civilización.

Aquí participamos, como decía el Sr. Echegaray en su citado artículo, del carácter de la Naturaleza, en todo extrema, en todo exagerada; la inundación ó la sequía, sin término medio. Encontró gran oposición al principio la propaganda hidráulica; hoy, apenas hemos empezado á construir algunas obras, parece poco lo que se pedía; se pretende hacer más que los Estados Unidos con su inmensa fuerza, y que el Estado, al que se vedaba, pocos años ha, la ejecución de estas obras, llegue á pagar, además, á los particulares con creces la transformación de sus tierras de secano en regadío, y si no se otorgan esos centenares de millones, si no surge el regadío de repente, caeremos verticalmente en el pesimismo de que nada se puede hacer, que debe buscarse el remedio en otro lado, como, por ejemplo, la formación previa del catastro ó la supresión de los terremotos por agotamiento de los depósitos subterráneos. Esa inconstancia, esa variación de orientaciones, análoga á la de las muchedumbres que buscan una salida del recinto en que se en-



cuentran, sin reflexionar, constituyen el reverso de la medalla que nos presenta el libro de que nos ocupamos.

Doscientas ochenta y una páginas, en 8.º, ilustradas con 100 grabados, de los que una tercera parte están impresos en papel *couché*, cubierta de papel apergaminado japonés, impresión en buen papel, una esmerada edición, en suma, constituyen las condiciones materiales del libro, que han merecido, por cierto, justos elogios.

Una completa descripción geográfica de la región árida de los Estados Unidos y un detenido estudio del arte del regadío en dicha Nación, bajo los aspectos histórico, legislativo y constructivo, aplicado principalmente á aquella región de máximas dificultades para la implantación del riego, constituyen el plan de la obra, la cual termina con la aplicación á España de los métodos y soluciones allí empleados.

\*\*

Con trazo seguro y sobrio se define el clima del continente norteamericano, como consecuencia natural de su topografía; clima *estable*, considerando un largo período y *variable* dentro del mismo, según ciclos de altura pluviométrica ascendente y descendente que comprenden varios años, ó según las irregularidades naturales de menor cuantía que en todas partes ocurren.

En el mapa esquemático de las lluvias medias anuales que se inserta se ven bien marcadas las tres regiones: árida, semiárida y húmeda. La altura media de lluvia en la primera no llega á 50 centímetros; el ambiente es seco y enrarecido, las temperaturas extremas muy rigurosas con límites invernales de á 40º centígrados bajo cero.

Descritos la *topografía* y *clima*, se examinan los *recursos hidrológicos*, las aguas superficiales, escasas, de difícil aprovechamiento por su gran pérdida de filtración y evaporación ó por la impetuosidad de las avenidas, así como por la mala disposición de los cauces; las aguas subterráneas, poco abundantes, que se elevan por pozos artesianos, ó las subálveas, recogidas con presas enterradas, galerías filtrantes y pozos, no pueden dar más que para regar unos 30 millones de hectáreas de los 400 que mide la parte cultivable de la región árida. De ahí que deba utilizarse el agua del modo más completo posible y dentro de una prudente economía.

Por lo que en el epígrafe de *colonización* se trata, después de describir el «homestead entry», se ve que las leyes que lograron, con él, crear «una especie de ciudadanía rural», según frase gráfica de los autores, en la región húmeda, no dieron resultados eficaces en la árida, excepto donde se podía aplicar el riego á las tierras.

En el estudio consagrado á la *legislación* aparece patente la evolución de ésta desde que fueron importados los primeros principios por los españoles en el Oeste y Sur, hasta que ante las dificultades que aquéllos presentan en los países de lluvias insuficientes, como la región árida, se vió la necesidad de cambiar de frente, aplicando la centralización é intervención activa del Poder público en la distribución y policía de las corrientes y la determinación integral de los derechos relativos de los usuarios; abandonando, en parte, el principio estricto de la prioridad como base de derecho, sustituyéndolo por el de máximo beneficio que conduce á la derivación y distribución de las aguas por la Administración pública, según las necesidades de cada momento, á fin de obtener el mayor provecho posible para

los intereses de la comunidad entera; partiendo del principio de que el agua es un bien de dominio público cuya apropiación sólo puede ser legitimada por su aprovechamiento.

Al examinar las *condiciones sociales y económicas* se resumen las dificultades que se presentaban para el cultivo agrícola y para la colonización, falta de población, escasez de ferrocarriles y carencia de carreteras, lo duro y extremo del clima, lo inadecuado de las leyes de colonización y de las que regían el aprovechamiento de las aguas, la poca preparación y aun desconocimiento de las prácticas del riego, las condiciones desfavorables en que regantes ó Empresas han tenido que construir las obras, lo limitado de los recursos con que contaban, la relativa carestía de los materiales y abonos químicos, la insuficiencia de los mercados próximos; dificultades, en suma, como quizá en parte alguna se han presentado con mayor intensidad y que han sido vencidas, como dicen los autores, por la acometividad, la intensa aplicación al trabajo, la persistencia en el propósito, el espíritu emprendedor é inventivo y la fe en el éxito que tiene la población norteamericana.

Entre las *producciones y cultivos* principales que pueden obtenerse en el Oeste se cita el maíz, el trigo y demás cereales, frutas, forrajes de alfalfa y trébol, remolacha, patatas y hortalizas, haciendo resaltar después de las estadísticas que se presentan, la importancia del cultivo de la remolacha que produjo en toda la Unión 500.000 toneladas en el año 1906 07, y el de la alfalfa, cuya cosecha en ese año se vendió por 500 millones de pesetas.

\*\*

Descrita bajo todos sus aspectos la región del Oeste, de cuya *conquista* se trata, y á la que se refiere el problema actual del regadío en Norte América, enfocada la atención del lector sobre dicho campo de operaciones, después de haber seguido con creciente interés cuanto al conocimiento del mismo se refiere, descansa el ánimo del lector en el capítulo siguiente, enterándose más despacio de la historia del riego en los Estados Unidos, de la ley de 17 de Junio de 1902 ó «Reclamation Act», y de la situación actual creada por ésta, á modo de ampliación de lo que sobre esos tres extremos se apuntó solamente para no distraer la atención, al tratar de la región árida, y se pasa luego al capítulo que trata del cumplimiento que ha dado la Administración á aquella ley fundamental organizando el «Reclamation Service» ó *Servicio federal de obras de riego*.

Consígnase en las *indicaciones históricas* que si bien los indígenas aplicaban el riego al cultivo de los campos con obras rudimentarias de derivación y distribución de las aguas, fueron los españoles los que introdujeron realmente el arte del riego. La presa de la misión de San Diego es la primera que se construyó de fábrica en los Estados Unidos, y el pantano de la misión de San Gabriel el primer embalse artificial. Se establecieron varias Empresas de riegos, aumentó luego su número, y en 1893 se presentó la crisis financiera que generalmente acompaña á esta clase de empresas mientras el país prospera, enriqueciéndose propietarios y regantes. Comprendido esto por el Gobierno, nació la idea de su intervención y se promulgó para la región árida el *Acta Carey* en 1894, complementada más tarde por la ley de 11 de Junio de 1896. Por aquélla, se pueden conceder á cada colono 64 hectáreas de tierra vacante, á condición de que ponga 8 en riego en el plazo de diez años. Los Estados áridos sirven de intermediarios entre el Gobierno federal y los colonos.



La ley de 17 de Junio de 1902 es la que ha tenido realmente gran influencia en el desarrollo de los riegos en los Estados Unidos. Creó el fondo especial (Reclamation fund); sus ingresos proceden de la venta de las tierras de dominio nacional y del reintegro que hacen los colonos, en diez años, del capital (sin interés) invertido por el Gobierno en las obras. Para facilitar la aplicación de la ley se han constituido Asociaciones de usuarios de agua ó Sociedades cooperativas de propietarios que garantizan al Gobierno la implantación del riego y el reintegro antes citado, realizándose así las obras verdaderamente útiles.

El objeto principal de la ley de 1902 ha sido crear y asegurar en la región árida medios de subsistencia para los colonos, que consiguen con el riego y su trabajo propio convertirse en pequeños terratenientes.

La situación actual que como consecuencia de la aplicación de la ley han apreciado los Sres. Nicolau y Puig, es li sonjera. Se han constituido nuevas Empresas, el Gobierno ha llevado á la ejecución 31 proyectos, por valor de 203 millones de pesetas, de los que se habían invertido hasta fin de Junio último 126 millones. Han observado sobre el terreno la relativa facilidad con que se preparan para el regadío las tierras desiertas é incultas de extensas zonas (donde las obras del Gobierno están á punto de ser terminadas), luchando con todas las dificultades antes enumeradas.

Antes de pocos años la producción agrícola habrá crecido extraordinariamente en esa región desierta y su influencia en el mercado mundial se dejará sentir. El valor de la cosecha, correspondiente á la superficie regada en el año de 1907, fué de 875 millones de pesetas.

Para elegir, estudiar y construir las obras de riego, que según la ley de 1902 debía llevar á cabo el Gobierno se creó el *Servicio federal de obras de riego* ó «Reclamation Service», análogo á nuestro Servicio de trabajos hidráulicos. En su organización centralista se han seguido dos principios: el de la especialización de los trabajos y el de la demarcación de las funciones propias de los empleados con la necesaria elasticidad para que reporten el máximo de utilidad. El trabajo se realiza con gran asiduidad é intensidad, consagrándole ocho horas diarias, lo mismo en las obras que en las oficinas. Influyen en ello el deseo del personal de adquirir buena reputación y hacerse acreedor á recompensa, y la acción enérgica y vigilante del Centro directivo. Los Ingenieros cambian impresiones sobre los distintos asuntos en que tienen que intervenir, en reuniones ó conferencias que se celebran aprovechando los Congresos de riego.

Al tratar de las *condiciones vigentes en los contratos*, se indica que, en general, las obras se ejecutan por contrata; pero que la ley no requiere que la licitación obligue á la adjudicación, ni siquiera á que sea elegida la proposición más baja, que se desecha cuando los precios que contiene son evidentemente insuficientes. Los pliegos de condiciones son parecidos á los vigentes en España. En las obras de riego de que se trata, el cemento lo adquiere la Administración y lo suministra al contratista.

...

Cuanto hemos reseñado va comprendido en el primer cuarto del libro; en sus páginas cuajadas de materia, ceñidas al asunto, se encierran las noticias geográficas, legislativas, administrativas, sociales y económicas que el objeto del libro demanda. El resto del tomo se dedica á la parte

constructiva—las obras de riego—excepto las 10 páginas finales en que por consignarse los resúmenes y conclusiones de todo el libro, se mezclan esos múltiples puntos de vista.

Estúdiase en dicha parte constructiva los *caracteres distintivos de las obras*, las *soluciones generales adoptadas*, la *planta y los perfiles de presas de fábrica*, las *presas de tierra*, las *presas de escollera*, las *presas mixtas*, el *procedimiento hidráulico para la construcción de macizos de tierra*, las *presas de derivación*, los *aliviaderos y desagües de los pantanos*, las *disposiciones más interesantes empleadas en los canales*, las *fábricas que se usan*, los *procedimientos y medios auxiliares de construcción*, el *coste de las obras*, y se hacen *diversas observaciones* sobre el aterramiento de los pantanos, las dotaciones de agua para el riego, las pérdidas de agua en los canales y su prevención.

En las presas se estudian los caracteres de las modernas de tierra, tratando de las que tienen, ó no, pantalla impermeable, las de escollera con uno ó varios muros transversales, las de paramento de agua arriba impermeable, y las mixtas de tierra y escollera.

Se detalla el procedimiento hidráulico para la construcción de macizos, fijándose especialmente en la de Silver Lake, de los Ángeles, y haciendo un detenido juicio crítico sobre dicho procedimiento, á propósito del cual indicó hace tiempo el Sr. Nicolau en las columnas de esta REVISTA que podría aplicarse en la limpia de pantanos, utilizando los productos en el recrecimiento de las presas de tierra que los cierra, alcanzándose de este modo dos fines distintos en una sola operación.

Al tratar de los procedimientos y medios auxiliares de construcción, se llama la atención sobre los métodos de excavación por perforadoras, arados, máquinas excavadoras-cargadoras y excavadoras de vapor, y los transportes con arrobaderas, vagones y cables.

Agotadas las obras fáciles y de gastos reducidos, se han acometido los grandes proyectos de embalses, de más de 2.000 millones de metros cúbicos algunos.

En el *resumen* con que termina el libro se trata del rápido desarrollo, sin precedente, del riego en los Estados Unidos, de la acción del Gobierno federal en materia de riegos, del riego en los Estados Unidos y en España y de la aplicación á España de los métodos y soluciones empleados en los Estados Unidos.

Siendo sumamente interesante lo que se consigna referente á dicha aplicación, por contener un bien hecho resumen de cuanto se ha indicado en el libro con la mira puesta en nuestro país lo copiamos íntegro á continuación:

*Observaciones preliminares.*—Las condiciones de uno y otro país son, por muchos conceptos, tan distintas, que difícilmente serán por completo y con ventajas aplicables á uno los sistemas, procedimientos y soluciones que se adopten en el otro con éxito. Esto no obstante, es de observar que allí donde las necesidades y los medios disponibles guardan alguna analogía, los métodos, y, sobre todo, las soluciones empleadas no presentan en realidad muy radicales diferencias. En todo caso, hay detalles y resultados que importa conocer, y procedimientos y soluciones que conviene tener en cuenta, aun cuando no deban ser imitados por completo, pues de unos y otros cabe casi siempre obtener indicaciones utilizables.

Debe observarse también que no todo lo que en materia de riegos se hace en los Estados Unidos tiene carácter de novedad, como es fácil presumir; por el contrario, la exposición que en este trabajo se ha hecho revela que la mayor parte de las so-



luciones y métodos empleados son conocidos y seguidos hace tiempo en España y en otras partes; pero lo favorable de los resultados allí obtenidos, en algunos casos, justifica el que sobre ellos se llame especialmente la atención.

Las precedentes observaciones demuestran la conveniencia de señalar en forma compendiada aquellos puntos de esta Memoria relativos á los métodos y soluciones seguidos y á las tendencias que se manifiestan en los Estados Unidos, al emprender el Gobierno nacional la ampliación y mejora de sus riegos, y que, á nuestro juicio, merecen ser tenidos en cuenta en España al realizar empresa análoga.

Á este efecto dividiremos la materia en los tres grupos siguientes:

Obras.

Organización y procedimientos administrativos.

Aspecto social y económico de la empresa.

*Obras.*—Los puntos más salientes, relativos á los tipos de obras adoptados y á los procedimientos de ejecución seguidos, son los siguientes:

Elección de presas de tierra, con preferencia á las de fábrica, donde las condiciones, desde el punto de vista económico, se estiman favorables, aun con materiales que en Europa no se reputarían adecuados y alturas de embalses considerables.

Construcción de presas de tierra por procedimiento hidráulico, cuando por tal medio se puede construir económicamente el macizo ó lo requiere la seguridad de la obra.

Empleo de presas mixtas de escollera y tierra, que ofrecen en muchos casos, dentro de las debidas garantías de seguridad, la solución más económica.

Empleo de la arrobadera como medio de transporte ó de transporte y excavación para pequeñas distancias; empleo de los arados, excavadoras-elevadoras, excavadoras de vapor, etcétera, para efectuar excavaciones; y, finalmente, empleo de tipos perfeccionados de estos útiles y máquinas de excavación, carga y transporte.

Empleo de cables Blondin para transportes de masas importantes de materiales, cuando los puntos de procedencia y de destino no se hallan muy distantes y son casi invariables, como ocurre generalmente al construir las grandes presas de fábrica y de escollera.

Algunos perfeccionamientos introducidos en los aparatos de maniobra de las compuertas y la disposición adoptada en la presa de Roosevelt para obtener la impermeabilidad en las del sistema Stoney.

Elección de las mamposterías ciclópeas, con proporción reducida de los huecos que ha de ocupar el mortero para las presas de fábrica, sobre todo cuando la cantera que ha de utilizarse permite obtener con facilidad bloques de gran tamaño y relativamente regulares.

Empleo del hormigón con grandes cantos embebidos en la masa para la construcción de macizos importantes, singularmente en los casos en que se dispone de cemento barato y las ventajas obtenidas compensan el inconveniente de la reducción de densidad que ofrece aquella fábrica, comparada con la mampostería ordinaria ó ciclópea.

Adopción de las bóvedas para constituir presas de embalse en gargantas muy estrechas.

Pantanos laterales situados en vaguadas secundarias á aquella por donde corren las aguas de alimentación, ó en depresiones más ó menos acentuadas, que á veces se encuentran en los terrenos llanos ó entrellanos, cuando esta solución no resulta más costosa que la de los embalses en el valle principal, ó cuando el exceso de coste viene compensado con la ventaja que representa la reducción en el volumen anual de aterramientos probables.

La disposición general de varias presas de derivación y los medios ideados en algunas para reducir la proporción de arrastres en las aguas derivadas.

Varias disposiciones de detalle, tales como las que se en-

cuentran en algunos saltos de canales para amortiguar los efectos de la caída del agua, la de turbinas y bombas en un mismo eje, empleada en un salto del canal de Huntley, la agrupación en una misma estructura, cuando á ello se presta el terreno, de las tomas de acequias, pasos superiores y saltos de un canal, etc.

El empleo de arenas artificiales obtenidas por la trituración de rocas duras, cuando resulta más económico que el de las arenas naturales.

La atención que empieza á prestarse á los efectos que producen las variaciones de temperatura sobre las grandes estructuras de fábrica.

*Organización y procedimientos administrativos.*—Refiérese este grupo de observaciones, principalmente, á la organización y procedimientos adoptados por la Administración federal para llevar á cabo las disposiciones de la ley de 17 de Junio de 1902. Los puntos que merecen tenerse en cuenta son los siguientes:

La organización del Servicio federal de obras de riego, fundada en la especialidad de las funciones del personal, con la elasticidad suficiente para adaptar aquél á las necesidades de cada momento, aun á costa de lo que pudiera llamarse la uniformidad y rigidez de la distribución.

El carácter esencialmente técnico que se ha impreso á todo el Servicio, sustrayéndolo á formulismos y rutinas burocráticas que lo entorpecerían y esterilizarían.

Los proyectos estudiados por etapas y perfeccionamientos sucesivos, y además por partes, cuando es posible. Adopción de programas á que ha de someterse la redacción de aquéllos, fijados por comisiones consultivas especiales nombradas al efecto.

Informes de las comisiones, previo examen del terreno en la mayor parte de los casos.

Intervención en las comisiones de los autores de los proyectos é Ingenieros Jefes y, cuando es preciso, de Ingenieros especialistas.

Amplia publicidad de los trabajos y gestión del Servicio federal de obras de riego, incluyendo las Conferencias que de tiempo en tiempo se celebran.

La ejecución de los proyectos más importantes por partes, cuando es posible, y por perfeccionamientos sucesivos, dentro siempre del criterio de reducir los gastos iniciales en armonía con una bien entendida economía.

La aceptación del concurso de los futuros regantes, en forma de trabajo, durante la construcción, como medio de pago del canon que ha de exigirse por el riego, según se ha hecho últimamente en algunos casos.

La forma de licitación en las subastas que se celebran para contratar la ejecución de las obras, que versa sobre los principales precios unitarios que al efecto se señalan.

El suministro del cemento á los contratistas, por parte de la Administración, en las obras importantes ó delicadas.

La redacción de los proyectos en que entran obras de hormigón armado, en forma análoga y por los mismos procedimientos que se emplean para la generalidad de los demás.

*Aspecto social y económico de la empresa.*—Desde el punto de vista de los intereses sociales y económicos á que el acometimiento de una gran empresa afecta, son dignos de llamar la atención en la de extender los riegos en los Estados Unidos, los siguientes puntos:

Las disposiciones que tienden á conseguir que los regantes vivan en las fincas que cultivan.

La tendencia á crear fincas pequeñas cultivadas por sus propietarios y á favorecer al pequeño regante, convirtiéndolo en terrateniente. De cuantas medidas se han adoptado en los Estados Unidos sobre estas materias, acaso sean éstas las que envuelven mayor transcendencia social.

La constitución de un fondo especial destinado á la construcción de las obras de riego que ha de ejecutar el Gobierno nacional, nutrido con recursos propios, procedentes unos de la venta de terrenos, y otros, del canon que han de pagar los regantes



á título de restitución del capital adelantado para construir las obras.

El criterio de la utilidad que se presume han de reportar éstas, como base de la elección de las que deben emprenderse.

La fijación integral de los derechos relativos de los usuarios de una misma corriente de aguas, en virtud de los títulos de cada uno.

La inspección activa y eficaz del Poder público en la administración y aprovechamiento de las corrientes naturales de agua.

Las medidas de policía y el empleo de medios destinados á prevenir pérdidas inútiles y á obtener del agua el máximo rendimiento posible, compatible con un prudente respeto á todos los derechos adquiridos y consolidados por un uso razonable y beneficioso.

La cooperación activa que las Empresas ferroviarias prestan á las de implantación de nuevos riegos.

La colaboración social con que las Cámaras de Comercio, la banca, la prensa y otras entidades contribuyen al logro del mismo fin.

El cometido social, al par que técnico y económico, confiado á los Ingenieros del Servicio de obras de riego, á fin de que contribuyan, por todos los medios de que dispongan, á vencer las dificultades de muy diversa índole que suelen ofrecerse en la implantación de aquel medio perfeccionado de cultivo.»

\* \*

Este es el interesante libro, del cual hemos copiado en números anteriores varios de sus capítulos, y, en el de hoy, su resumen general.

Cuajado de datos y observaciones personales, denota el trabajo intenso desarrollado por los autores en el corto espacio de tiempo de que dispusieron; así se comprende que muchas veces el descanso de las fatigas del día visitando las obras lo hiciesen en los trenes que les transportaban á gran velocidad de una región á otra. Los funcionarios del Gobierno, los Ingenieros y las Corporaciones de todas clases les colmaron de atenciones; los autores, por su parte, dada su competencia, dejaron bien sentado el nombre de España y de nuestro Cuerpo; por cartas recibidas de aquel país hemos podido apreciar el lisonjero juicio que el libro les ha merecido, encontrando en él algunos puntos de vista en que su atención no se había fijado y reconociendo que constituye una perfecta síntesis de la materia de que trata.

El libro, como decimos, demuestra el cumplimiento de la misión confiada á sus autores sobre el terreno, y prueba también su cuidadoso celo en difundir lo que vieron, para enseñanza de todos. Cumpliendo así, pueden y deben darse Comisiones oficiales.

La exposición de las materias tratadas se hace con una bien escogida distribución de rasantes intelectual, para no fatigar al lector y sostener su interés.

Las figuras intercaladas son muy claras, destacándose las líneas esenciales que conviene conocer, sin minucias de detalle inútiles para el objeto; muchas de las fotografías, esmeradamente fotográfadas, se tomaron directamente por los autores al visitar las obras.

Muy bien entendido el resumir cada capítulo, subrayando en la memoria del lector los extremos á destacar de aquél, ideas fundamentales sacadas á plena luz, que jalonan la obra y se engarzan á su vez en el resumen final.

Es un libro que honra á sus autores, los distinguidos Ingenieros de Caminos Sres. Nicolau y Puig de la Bellacasa, á quienes enviamos nuestro sincero aplauso.

## P U E N T E S

### Observaciones sobre la estabilidad de los viaductos.

(CONTINUACIÓN)

Si despreciamos las reacciones producidas por la rotación de los planos de arranque en los arcos, tendremos también:

$$Q_4 = K\alpha_4$$

$$Q_3 = K(\alpha_3 - \alpha_4)$$

$$Q_2 = K(\alpha_2 - \alpha_3)$$

$$Q_1 = K(\alpha_1 - \alpha_2)$$

$$Q = K'(\alpha + \alpha'),$$

suponemos que la bóveda sobrecargada si se agrieta es porque  $K'$  puede ser diferente de  $K$ .

Del mismo modo

$$q_3 = h\alpha_3$$

$$q_2 = h_1\alpha_2$$

$$q_1 = h\alpha_1$$

$$q = g\alpha,$$

$h$  y  $h_1$  corresponden al punto de aplicación situado en el vértice de las pilas ordinarias ó pilas estribos, y  $g$  al punto de aplicación próximo de la mitad de la altura.

Podemos escribir todas las cantidades en función de  $Q_1$  particularmente.

$$Q_1 = Q_1 \left( 1 + \frac{4h + 2h_1}{K} + \frac{2h^2 + 3hh_1}{K^2} + \frac{h^2h_1}{K^3} \right)$$

$$\frac{K}{Q} q = K\alpha = Q_1 \left( 4 + \frac{6h + 4h_1}{K} + \frac{2h^2 + 4hh_1}{K^2} + \frac{h^2h_1}{K^3} \right)$$

del mismo modo hacia la izquierda

$$Q'_1 = Q'_1 \left( 1 + \frac{h + 2h_1}{K} + \frac{hh_1}{K^2} \right)$$

$$\frac{K}{g'} q' = K'\alpha' = Q'_1 \left( 3 + \frac{2h + 2h_1}{K} + \frac{hh_1}{K^2} \right)$$

y

$$Q = K\alpha + K'\alpha' = \frac{K'}{K} Q_1(4 + \dots) + \frac{K}{K'} Q'_1(3 + \dots)$$

Pero sabemos que  $qz$  depende poco de  $z$ , por lo tanto, sensiblemente

$$qz = q'z' = \frac{4}{5} P'_1 d'_1$$

y

$$q + Q_1 = q' + Q'_1$$

por lo tanto,

$$\frac{g}{K} 2Q(4 + \dots) = \frac{g'}{K} z' Q'_1(3 + \dots)$$

y

$$Q(1 + \frac{4g}{K} + \dots) = Q'_1(1 + \frac{3'g}{K} + \dots)$$



como por otra parte  $g$  y  $g'$  son conocidos en función de  $z$  y  $z'$ , podemos eliminar  $Q_1$  y tres de las cantidades  $gg'zz'$  y quedan dos incógnitas que se determinan por las dos ecuaciones:

$$Q_1 + q + Q = \frac{P'd'}{b}$$

$$qz = \frac{4}{5} P'd'_1.$$

Tomemos un ejemplo numérico que corresponde, por otra parte, á un viaducto ordinario, establecido según la práctica usual:

$$h = 5$$

$$h_1 = 15$$

$$K = 80$$

el punto de la pila donde el ángulo de rotación del vértice cambia de signo, está un poco más alto que el medio, en todos los casos el cuadro de los valores de  $h$  y  $g$  es el siguiente:

$$z = b \quad h = 5$$

$$z = b + \frac{l}{4} \quad g = 10$$

$$z = b + \frac{l}{3} \quad g = 15$$

$$z = b + \frac{5}{12}l \quad g = 22$$

$$z = b + \frac{l}{2} \quad g = 48$$

$$z = b + \frac{5}{8}l \quad g = 216$$

La zona neutra está comprendida entre  $b + \frac{5}{12}l$  y  $b + \frac{7}{12}l$ .

En estas condiciones damos los valores de los coeficientes principales para el caso considerado.

$$1 + \frac{4h + 2h_1}{K} = 1 + \frac{2}{3}$$

$$4 + \frac{6h + hh_1}{K} = 4 + \frac{6}{5}$$

$$1 + \frac{h + 2h_1}{K} + \dots = 1 + \frac{4}{9}$$

$$3 + \frac{2h + 2h_1}{K} + \dots = 3 + \frac{1}{2}$$

de donde se saca

$$\frac{gz}{g'z'} = \frac{3}{4}$$

como  $g$  varía rápidamente con  $z$ , se ve que  $z$  y  $z'$  serán muy poco diferentes y que sensiblemente

$$\frac{g}{g'} = \frac{3}{4}$$

y de aquí se saca que

$$Q'_1 = \frac{11}{10} Q_1$$

Las dos ecuaciones que dan las incógnitas son así en el caso de las pilas estribos.

$$\begin{aligned} \frac{Q}{K} Q_1 \left(4 + \frac{6}{5}\right) &= \frac{4}{5} \frac{P'_1 d'_1}{2} \\ \frac{g}{K} Q_1 \left(4 + \frac{6}{5}\right) + Q_1 \left(4 + \frac{2}{3}\right) &+ \frac{K'}{K} Q_1 \left(4 + \frac{6}{5}\right) \left(1 + \frac{3}{4}\right) = \frac{P'd'}{b} \end{aligned}$$

dividiendo miembro á miembro.

$$1 + \frac{1}{3} \frac{K}{g} + \frac{7}{4} \frac{K'}{g} = \frac{5}{4} \frac{P'd'}{P'_1 d'_1} \frac{z}{b}.$$

Esta es la ecuación fundamental del viaducto; el segundo miembro representa, salvo la constante, el empuje suplementario producido por la sobrecarga; los tres términos del primero representan los elementos que equilibran este empuje suplementario; el primer término corresponde á la reacción de la pila, el segundo á la reacción del arco próximo y el tercero al descenso del empuje en el arco sobrecargado.

Si se supone que

$$P'_1 d'_1 = \frac{3}{2} P'd'$$

y si se observa que  $\frac{P'd'}{b}$  es un poco más elevado en realidad que el empuje suplementario, se tiene

$$1 + \frac{1}{3} \frac{K}{g} + \frac{7}{4} \frac{K'}{g} = \frac{2}{3} \frac{z}{b}.$$

vamos á examinar varias hipótesis:

1.° Supongamos que la bóveda sobrecargada y las bóvedas próximas no se aprietan, entonces

$$K = K' = 80$$

y

$$1 + \frac{25}{12} \frac{80}{g} = \frac{2}{3} \frac{z}{b},$$

para

$$l = 8b$$

se encuentra un valor de  $g$  próximo de 72, es decir, que el vértice de la pila va á girar muy claramente en el sentido de la sobrecarga, el momento de reacción de la pila será un poco más débil de lo que hemos supuesto, la misma reacción será un poco inferior al cuarto del empuje suplementario; en cuanto á los otros tres cuartos se repartirán entre el arco sobrecargado y el arco próximo en la relación de 5,2, de suerte que las cantidades  $q$ ,  $Q_1$  y  $Q$  son proporcionales á las fracciones

$$\frac{3}{10}, \frac{1}{10}, \frac{6}{10}.$$

Se ve así que los  $\frac{2}{3}$  del empuje suplementario son absorbidos por el arco sobrecargado; si este empuje suplementario correspondiese á un desplazamiento de la curva de presiones igual á la mitad de la amplitud posible, el desplazamiento será del  $\frac{1}{3}$  de la amplitud del arco sobrecargado, y



como hemos supuesto que no se agrieta, es necesario que en el origen los puntos de paso hayan estado en el límite del tercio inferior en la clave, y en el límite del tercio superior en los arranques ó en la junta de rotura.

Este no es el caso de las lineadas de un viaducto, á no ser que se hayan tomado precauciones especiales.

2.º El caso generalmente admitido, y que puede ser bastante fácilmente realizado, es aquel en el que las curvas de presiones en estado de reposo, y á la temperatura de la fabricación del aparejo, pasan por el límite del tercio superior en la clave y por el límite del tercio inferior en los arranques.

En estas condiciones, la bóveda sobrecargada se agrieta,  $K'$  disminuye, la amplitud total disponible no es, por otra parte, más que de  $\frac{1}{3}$  que no se emplea toda, sin lo cual la bóveda estaría en estado de inestabilidad absoluta; admitamos que no se emplea más que  $\frac{1}{5}$  que corresponde á  $\frac{2}{5}$  del empuje suplementario, y tendremos:

$$1 + \frac{1}{3} \frac{K}{Q} = \frac{3}{5} + \frac{2}{3} \frac{z}{b} = \frac{2}{5} \frac{z}{b}.$$

de donde se saca

$$g = 26.$$

El punto de aplicación de la reacción de la pila está todavía en la región donde la rotación del vértice se hace en el sentido de la sobrecarga, pero esta rotación es muy débil, las tres cantidades  $q$ ,  $Q_1$  y  $Q$  son entre sí sensiblemente como las fracciones

$$\frac{5}{15}, \quad \frac{4}{15}, \quad \frac{6}{15}.$$

En el arco sobrecargado, la curva de presiones pasa á una distancia del contorno aparente igual á  $\frac{2}{15}e$ ; si  $Q$  es el empuje, el trabajo en la compresión es entonces

$$5 \frac{Q}{e}$$

en lugar de  $\frac{29}{e}$  sobre el cual se cuenta, admitiendo que las bóvedas no se aprietan.

3.º Supongamos, finalmente, que un descenso de temperatura haya llevado la curva de presiones en estado de reposo al límite del sexto superior en la clave, y al límite del sexto inferior en los arranques, no queda entonces disponible más que una amplitud de  $\frac{1}{6}$ , y supongamos que

$\frac{1}{12}$  solamente se utilice, tendremos:

$$1 + \frac{1}{3} \frac{K}{g} = \frac{5}{6} \frac{2}{3} \frac{2}{b} = \frac{5}{9} \frac{2}{b}$$

de donde

$$g = 20.$$

La rotación del vértice de la pila se hace ahora en el sentido de la sobrecarga, pero es muy débil.

Las cantidades  $q$ ,  $Q_1$  y  $Q$  son entre sí como las relaciones

$$\frac{15}{42}, \quad \frac{20}{42}, \quad \frac{7}{42}.$$

El trabajo en la compresión llega en la clave á

$$28 \frac{Q}{e}$$

ó sea cuatro veces la que se admite frecuentemente.

Las cifras que damos para este trabajo son aproximadas; para determinarlas exactamente sería necesario hacer uso de la teoría analítica de las bóvedas.

Es suficiente observar para esto que en un arco que no se agrieta la disminución del empuje es siempre

$$5,2 Q_1;$$

pero acabamos de ver que  $Q_1$  puede llegar á ser la mitad del empuje suplementario debido á la sobrecarga; por lo tanto, la disminución del empuje teórico será próximamente igual al empuje en estado de reposo  $Q_0$ , y esto es suficiente para calcular el punto de paso de la curva de presiones, que está, como lo hemos supuesto, en la proximidad del sexto superior en la clave.

Si se suprimen las pilas estribos la relación 5,2 vendrá un poco aumentada y llegará á 6 próximamente; si, por el contrario, se supone que se ha tomado para la relación de la rigidez de las bóvedas y de las pilas una cifra demasiado elevada, doble, por ejemplo, de la que se realiza á causa de las grietas de las aristas y del aumento de las reacciones de las pilas ocasionadas por la rotación de los arranques de las bóvedas, la relación 5,2 es un poco más pequeña ó igual á 4,5 próximamente. Se sabe que en todos los casos nuestras conclusiones no son sensiblemente modificadas.

Esta discusión sumaria demuestra, por lo tanto:

1.º Que conviene aumentar, por los medios que hemos indicado al principio de este estudio y con preferencia por uno de los dos primeros, la relación del empuje en estado de reposo al empuje suplementario debido á las cargas móviles; se reduce así la amplitud del desplazamiento de la curva de presiones. El espesor de una bóveda de viaducto particularmente no debe determinarse por la misma regla que el espesor de una bóveda ordinaria cuyos arranques son fijos. cuestión que por otra parte el estudio analítico lo demuestra muy claramente.

2.º Que conviene llegar por cualquier medio á que en el estado de reposo la curva de presiones ocupe con relación al eje neutro una posición casi simétrica, de la que tiene tendencia á tornar naturalmente.

En fin, de una manera general, la discusión demuestra que un viaducto es un conjunto elástico con deformaciones extensas, deformaciones que están, por otra parte, un poco reducidas por la presencia de los tímpanos y por el relleno de los riñones, pero que dado su modo de establecimiento sería muy delicado contar con su intervención.

Á esto se debe el que en los proyectos que hemos establecido hayamos preconizado claramente el empleo de una platabanda horizontal, colocada sobre los arcos y enlazando los vértices de las pilas; con un gasto relativamente poco elevado, que se puede valorar en un 5 por 100 próximamente del precio total, se anula el desplazamiento horizontal de los arranques, y por consecuencia los movimientos



externos de la curva de presiones al paso de las cargas móviles, y una parte del gasto será, por otra parte, recuperado por la disminución del espesor de las bóvedas y la supresión de las pilas estribos.

*Montaje de los arcos de un viaducto.*—El montaje de los arcos de un viaducto se hace habitualmente empleando cuatro ó cinco cimbras y procediendo de un modo progresivo desde un estribo al otro.

Cuando el primer arco está á punto de ser descimbrado, como su cimbra no es completamente rígida, se produce ya un empuje que las cimbras colocadas transmiten á las pilas sucesivas; la rigidez de estas cimbras es poco elevada para que después de un número limitado de pilas la última no transmita nada. Si se ejecutan los arcos en dos capas, la capa inferior ayuda á la madera en la transmisión de los esfuerzos, no obstante lo cual la experiencia parece enseñar que sería ilusorio emplear más de cuatro ó cinco cimbras.

Por lo que concierne á las pilas, la disposición de las fábricas hace que los pesos vayan disminuyendo de una cara á la siguiente; por lo tanto, el vértice tiene tendencia á girar en el sentido de donde vienen los esfuerzos. Circunstancia favorable que aumenta la rigidez como hemos visto precedentemente.

Cuando se descimbra el primer arco, el complemento de empuje dado por el peso que descansaba sobre la cimbra debe ser contrarrestado, como hemos dicho antes, y este contrarresto vendrá de la pila próxima, de la cimbra y del arco próximo, y sobre todo por el descenso del empuje en el mismo arco descimbrado, pues la curva de presiones, que tenía ya tendencia á pasar al límite del tercio superior en la clave, entra claramente en este tercio y desciende al tercio inferior en los arranques. Estas son próximamente las condiciones deplorables que hemos visto y por lo que es necesario encontrar un medio, no sólo de cerrar las grietas que puedan producirse en el descimbramiento, sino de corregir claramente la posición de la curva de presiones de manera que estas grietas tengan casi una tendencia á producirse en sentido opuesto.

Un procedimiento para impedir las grietas sería que tan pronto como la bóveda estuviera construída y antes del cierre, se anulase la rigidez de la cimbra, hacer seguidamente el cierre, con lo que la situación de la curva de las presiones sería normal, quedando todavía por obtener la inversión de las posiciones de esta curva de las presiones, para lo que no vemos otro medio que la hincas de juntas secas desde el intradós hacia el trasdós en la clave y del trasdós hacia el intradós en la junta de rotura.

Este medio puede aún suplir al primero si es bastante enérgico.

De cualquier modo que sea, se llega al resultado de que aumentando en notables proporciones el empuje y por consecuencia el desplazamiento horizontal de los vértices de los dos ó tres pilas siguientes, que son los únicos puntos de resistencia que se oponen á este empuje, se crea así una especie de ola de intensidad creciente que arrastra violentamente los vértices de las pilas en el sentido en que la construcción se efectúa, y como la reacción del último arco no es suficiente para anular este efecto, se tiene una obra que en el origen está sometida á esfuerzos considerables.

En resumen, el retacado de las juntas es una operación brutal, respecto de la cual no hay indicaciones precisas; engendra en los arcos esfuerzos favorables, pero de intensidad desconocida, y produce en las pilas esfuerzos desfavorables,

desgraciadamente también, de intensidad desconocida.

He aquí las dificultades que nos habían conducido, en los proyectos de viaducto de que hemos hablado, á emplear tantas cimbras como arcos y operar el cierre simultáneo de todas las bóvedas; como por el empleo de la platabanda no teníamos necesidad de invertir la posición normal de la curva de presiones, fué suficiente efectuar el cierre en una estación media, ó más bien en una época de temperatura un poco baja para que las condiciones iniciales fuesen tan perfectas como era de desear.

Es de observar, por otra parte, que el empleo de 12 cimbras en vez de 5, por ejemplo, que impide reempleos onerosos y que permite una venta más fácil de las maderas por no haber servido más que una vez no es muy costoso, pues este suplemento de gasto no llega á un 3 por 100 del precio total de la obra.—O.

## EL PRIMER CONGRESO DE CARRETERAS

(CONTINUACIÓN)

No se dió gran importancia en este Congreso á los pavimentos de adoquín, asfalto y tarugos, por usarse poco en carreteras tales revestimientos; á pesar de esto, me ha parecido tan acabado el estudio que respecto de ellos hace el Ingeniero Jefe de Puentes y Calzadas M. P. Tur, adjunto al Inspector general encargado del servicio de Viabilidad pública de la villa de París, que he creído de utilidad, principalmente para los Ingenieros que se dedican á viabilidad en poblaciones importantes, trasladar á la REVISTA casi íntegra la Memoria presentada por dicho Ingeniero, no sólo porque en ella se hace un estudio concienzudo de los revestimientos citados sino, y principalmente, porque las conclusiones que de ella se desprenden respecto de asfaltados y entarugado son bastante distintas y aún están en oposición con las que se consignan en los libros que tratan de este particular.

He aquí lo que se dice en la referida Memoria:

«Hasta mitad del siglo último no se disponía para la construcción de calzadas, de carreteras y de calles más que de piedra martillada y adoquinada. Con frecuencia, es verdad, la naturaleza de los materiales, el modo de ejecución de los trabajos ú otras circunstancias locales modificaban el tipo corriente de estos dos sistemas de revestimientos. Pero los tipos secundarios así creados están desprovistos de todo interés general, puesto que su uso estaba limitado á regiones en donde los materiales de superior calidad eran raros, y por tanto caros, y donde las exigencias de la circulación eran modestas.

Por esta causa, la variedad más común de los pavimentos de piedra que en todo tiempo se han empleado en el campo estaba constituida por piedras de forma irregular, colocadas derechas unas junto á otras; esta calzada, que se llamaba calzada de bloques, era necesariamente desigual y dura.

En el Sur de Francia se usó piedra redonda inapta para la circulación; más tarde se usó esta misma, pero arregladas las cabezas, sin embargo, el sílex era muy deslizante y había que dar mucho bombeo al pavimento porque era muy delgado. Los pavimentos de pequeñas piedras de Inglaterra



y Alemania, aunque con el mismo aspecto, no tienen los mismos inconvenientes.

Los firmes de ladrillos usados en Holanda y en América resisten poco peso.

Los firmes de dados de lava del Vesubio y del Etna son baratos en Italia; se usan para la circulación de poca importancia y hay que estriarlos con frecuencia por ser muy deslizantes.

En el sistema denominado «Tranvía» hay dados para las ruedas y pavimento para los caballos. Esta disposición, apropiada para las viejas calles muy estrechas, no puede convenir á las anchas vías de las villas modernas.

En los cincuenta años últimos la fabricación de cementos se ha perfeccionado mucho.

La utilidad de la fundación del cimient de hormigón se ha reconocido sobre todo en las grandes villas, en las que con frecuencia se hacen zanjas para colocar alcantarillas públicas y particulares, canalizaciones de agua, de gas, de electricidad, de aire comprimido, caminos de hierro, urbanos y otras obras subterráneas.

No hay posibilidad de revestimiento regular cuando descansa directamente sobre un suelo desigualmente asentado.

Se han ensayado diversas clases de afirmados sobre fundación de hormigón; una es la siguiente: cimient de hormigón, capa espesa de cemento estriado sobre el cimient; resiste poco.

Otras veces se ha puesto hormigón y pavimento de piedra, bien clavado en él, bien interponiendo entre ambos una capa de 8 centímetros de arena. Estos pavimentos, excelentes para los de á caballo y para estaciones de coches, producen ruido intolerable cuando la circulación es activa. Además, los pavimentos deben ser duros para que no se rompan rápidamente; pero entonces destruyen el hormigón ó al menos se pulimentan y se hacen deslizantes. Si se separan del cimient por arena, á medida que el espesor de la capa aumenta, la rapidez de su desgaste decrece; pero el gasto de primer establecimiento, que es siempre considerable, alcanza pronto un coste excesivo.

No se ha obtenido hasta el presente buenos afirmados sobre cimient de hormigón más que revistiéndole con madera ó asfalto. Estos materiales, empleados sobre fundaciones frágiles, pierden completamente la resistencia que deben tener; pero cuando descansan sobre fundación de hormigón, éste les comunican parte de su rigidez y solidez y ellos la protegen y aseguran casi indefinidamente su conservación por su elasticidad.

La fundación es el verdadero afirmado y la madera y el asfalto los materiales que las protegen destinados á ser renovados periódicamente.

Estas calzadas tienen las dos cualidades esenciales para subsistir: resistencia y elasticidad, y como la circulación se hace sobre la capa elástica gozan de otra tercera importante en las villas: la insonoridad.

En estas condiciones se concibe que los afirmados de madera y asfalto sean afirmados urbanos. Su uso es actualmente conveniente en París. Sus métodos de construcción y conservación están casi determinados. Nos limitaremos á hablar de estas dos clases de revestimientos.

*Pavimento de madera.*—En 1881 se ensayó en París, y desde entonces hasta hoy ocupan allí el primer lugar, teniendo actualmente 2 millones de m<sup>2</sup> de superficie de este pavimento.

El pavimento de madera se coloca derecho sobre funda-

ción de hormigón, separando una fila de otra 9 milímetros llenando el hueco con mortero de cemento.

Los tarugos tenían 22 centímetros de largo, 8 de ancho y 15 de alto, si bien ahora son más bajos.

*Establecimiento del pavimento de madera.*—El cimient de hormigón puede dar lugar á detonaciones por gases inferiores y para evitarlas conviene llevar las canalizaciones de agua en alcantarillas ó galerías de fábrica y las canalizaciones de gas ó electricidad por las aceras; no se puede dejar bajo el hormigón más que las conducciones maestras de gas ó de electricidad ó las partes de conducciones secundarias desprovistas de toda toma de servicio.

*Fundición de hormigón.*—Debe establecerse de modo que dure lo más posible; sin embargo, no debe de ser excesivamente resistente, para impedir que pueda formar bóveda hueca por debajo en gran extensión, la que llenándose de gases podría ocasionar graves accidentes.

El hormigón tenía antes espesor de 20 centímetros; hoy se hace de 15 centímetros y en calles de poco tránsito de 10.

Sobre el terreno natural, convenientemente arreglado y apisonado, se coloca la fundación á profundidad suficiente para dejar en los bordes de las aceras, después de colocados los pavimentos, un saliente medio de 15 centímetros. El hormigón está constituido de gujarros del Sena y de mortero de cemento de escoria y de cemento Portland, se ha renunciado á usar cales medianamente hidráulicas. La dosificación más habitual se compone de 250 kilogramos de cemento, medio m<sup>3</sup> de arena y un m<sup>3</sup> de gujarros.

Se recubre el hormigón con un enlucido de mortero de cemento Portland de un centímetro de espesor normal, compuesto de 450 kilogramos de cemento y de un m<sup>3</sup> de arena.

Para que este enlucido no se rompa rápidamente es esencial que se adhiera perfectamente al cemento propiamente dicho; pero como es difícil llegar á esto, se ha aconsejado con frecuencia establecer el pavimento directamente sobre hormigón, limitándose á hacer refluir por medio de un ligero apisonamiento el mortero á la superficie. Se prefiere, sin embargo, mantener el enlucido, porque permite dar más fácilmente á la fundación un perfil completamente regular.

El perfil transversal de la vía se traza según arco de parábola cuya flecha  $F$  en el centro de la vía está determinada por la fórmula  $F = \frac{D}{4} \frac{L^2}{L-1}$ , siendo  $L$  el ancho del firme y  $D$  la diferencia de nivel entre el punto más bajo de la calzada y el punto de la misma que se halla á un metro de distancia.

Para los pavimentos de madera  $D$  vale 6 centímetros.

*Naturaleza de la madera empleada en el pavimento.*—Se usa casi exclusivamente el pino de las Landas. Se distingue en el pino de las Landas dos calidades de madera: la madera natural y la sangrada. En estas últimas maderas se ha extraído la resina del tronco de los árboles en pie, cuya parte baja á través de la que corre la resina se ha hecho más dura y densa que la parte superior. Estos troncos son los que se utilizan para construir los mejores pavimentos.

Estas maderas se reprocharon algunas veces por la rapidez de su desgaste, por cuyo motivo se pretendió remediar el mal empleando maderas lo más duras posibles, las que eran mucho más caras; mas para disminuir el gasto se hicieron tarugos de menor altura, lo cual es racional. Pero al mismo tiempo tenían el inconveniente de no adherirse nada al mortero aun mojando las caras con brea; los tarugos se redondeaban, hacían mucho ruido, se movían en su



alveolo; por efecto del agua y la circulación se clavaban en el hormigón como una barra de hierro, formándose baches por tal causa. En resumen: si para proteger el hormigón se colocan adoquines ó tarugos muy duros se expone el hormigón á todas las degradaciones que sufriría si, como en Grenoble, se hiciera circular los coches directamente por su superficie. Sustituir á las maderas tiernas con maderas duras es retirar del pavimento de madera las cualidades esenciales á las que debe su éxito, á saber: la compresibilidad que ahoga los ruidos, amortigua los choques y da á la calzada su longevidad. Nos ha parecido útil insistir un poco respecto de estas ideas, porque no se han admitido en París sin alguna discusión.

**Fabricación de los tarugos.**—La forma de paralelepípedos rectangulares adoptada para los tarugos permite obtenerlos por el simple coste de los maderos que se hallan en el comercio. Los maderos tienen en Francia un espesor uniforme de 8 centímetros; desde el principio se ha reconocido que esta dimensión conviene perfectamente como ancho á los tarugos de madera. La longitud de los tarugos está constituida por el ancho de los maderos; si fuese inferior á 16 centímetros las juntas laterales serían muy numerosas; si alcanzaran á 30 centímetros, el tarugo se amoldaría mal á la curvatura de la fundación; por lo dicho, el tarugo oscila entre 17 y 27 centímetros.

La fabricación de los tarugos de madera exige, casi exclusivamente, el uso de la sierra, según la longitud de la cola ó altura adoptada.

Esta longitud ha variado ligeramente desde veintisiete años hasta ahora, bien por la naturaleza de las maderas empleadas, bien por otras consideraciones.

La altura primitiva de los tarugos era de 15 centímetros; aun hoy se usa esta altura para vías frecuentadas, como el bulevar Montmartre, en el que pavimentos de 15 centímetros se desgastan íntegros sin que la calzada pierda su regularidad.

Para las frecuentaciones ordinarias de París el espesor de 12 centímetros es suficiente y podrá descender á 10 centímetros; en todo caso, las alturas de 8 centímetros, y sobre todo las alturas menores, no parecen compatibles con el sistema habitual de colocación; los pavimentos de tan poco espesor son rápidamente invertidos y dislocados. La altura de 12 centímetros es preferible á la de 10 con el fin de usar los pavimentos viejos. Al cabo de algunos años, en efecto, cuando el desgaste de los pavimentos ha alcanzado de 2 á 3 centímetros el pavimento se hace desigual y debe ser reparado; este arreglo es posible con pavimentos de 9 á 10 centímetros; da malos resultados con pavimentos más cortos.

Los tarugos de maderas duras tenían en general altura de 7 centímetros, pero su colocación había exigido precauciones especiales.

La fabricación de tarugos por su sencillez se presta á bastas instalaciones mecánicas, y la de la municipalidad de París es sin duda una de las más importantes.

**Creosotado de los pavimentos.**—Desde el origen de los pavimentos de madera ha sido preocupación constante protegerlos contra la pudrición por medio de tratamientos antisépticos.

La villa de París se ha limitado hasta ahora á introducir los tarugos que ella fabrica en un baño caliente de aceite pesado que se llama impropriadamente creosota. Este aceite pesado debe contener al menos 13 por 100 de productos creosotados, y á lo más 8 por 100 de naftalina durante el invierno, y 13 por 100 durante el verano. Los tarugos están en el baño de veinte á treinta minutos.

Este creosotado es muy superficial, pues la penetración del aceite pesado no pasa de algunos milímetros, y como se ha dudado de su eficacia se han hecho diversos ensayos para perfeccionarla, si bien los resultados han sido dudosos.

VÍCTOR O. DE ALLENDE.

(Se continuará.)

## *Revista de las principales publicaciones técnicas.*

### **Andenes de hormigón armado del puente de Blackwell's Island, en New-York.**

Los andenes del puente de Blackwell's Island, sobre los que recientemente se ha producido una discusión relativa á su resistencia, son por completo de hormigón de cemento armado. Tienen una anchura de 5 metros en los tramos principales y de 4,50 en los de avenida, y una longitud total de cerca de 2 kilómetros, entre los estribos exteriores.

Van sostenidos estos andenes por tres largueros paralelos á las vigas principales que toman apoyo sobre las viguetas del tablero superior, separados de 7 á 12 metros, y tienen una luz total de 18,30 metros próximamente. Están enteramente constituidos por losas de cemento armado de 1.050 á 1.060 milímetros de anchura, de 2,10 á 2,50 metros de longitud y de 50 milímetros de espesor.

La armadura de estas losas está formada de barras redondas de acero de 70 milímetros cuadrados próximamente de sección, y separadas 16 centímetros en el sentido de la longitud y de 22,5 centímetros en el de la anchura de la losa.

Las losas descansan sobre los hierros de la armadura del puente, por intermedio de tacos de cemento. Sus bordes están

constituídos por cantoneras aplicadas contra un refuerzo de las losas.

En el *Engineering News* del 28 de Enero, M. F. W. Abbott describe con detalle la construcción de estos andenes y de estas losas.

### **Grandes obras de riego en la provincia de Madras (Indias inglesas).**

El Gobierno de las Indias proyecta actualmente la ejecución de trabajos importantes de este género en tres puntos de la provincia de Madras. La descripción de estos trabajos está expuesta en el *Engineer* del 29 de Enero. Los proyectos comprenden:

1.º El de Bhavani, que constituye la creación sobre el tramo superior del Bhavani, de dos embalses; uno de 320 millones de metros cúbicos, y otro de 58 millones, por la construcción de dos presas de 52 y 51 metros de altura, y de 1.100 y 640 metros de longitud. En el tramo inferior se creará también un embalse de 480 millones de metros cúbicos, por medio de una presa de 3.700 metros de longitud y 40 metros de altura.

2.º El proyecto del Tungabhadra, que comprende la construcción de una presa de 2.300 metros de longitud y 42,60 me-



tros de altura, con la que se crea un embalse de 3.500 millones de metros cúbicos.

3.º El proyecto del embalse de la Kistua, que comprende la construcción, en Daida, sobre la Kistua de un embalse de una capacidad de 1.500 millones de metros cúbicos, formado por una presa de cerca de 2.900 metros de longitud y 53 metros de altura. Esta presa será la mayor de cuantas existen actualmente.

Comprende este último proyecto igualmente la instalación de una estación de bombas elevadoras de un gasto medio de 175 metros cúbicos por segundo, movidas por el agua del depósito, que servirán para elevar una parte de esta agua hasta un canal superior.

Estos tres grupos de embalses permitirán el riego de 44.000, 320.000 y 260.000 hectáreas respectivamente.

### Casas de cemento armado para los países expuestos á temblores de tierra.

La catástrofe de Mesina ha llamado de nuevo la atención sobre el género de construcciones que será lógico adoptar para reducir al mínimo las consecuencias desastrosas de los fenómenos sísmicos. La resistencia que ha tenido toda la ciudad de Fanellani, en Calabria, reconstruida enteramente de hormigón armado después del temblor de tierra de 1905, y la de las cuatro ó cinco casas construidas del mismo modo y que han permanecido en pie en medio de las ruinas de Mesina, sirven de argumentos á los especialistas que preconizan este sistema de construcción.

En el *Cemento* del 15 de Enero, M. Damesso pone de relieve una de las preciosas características de las obras de cemento armado: la de que cuando están construidas con esmero, resisten perfectamente á los esfuerzos anormales, ó no se quebrantan sino muy lentamente. La caída, cuando se produce, va precedida de fuertes flexiones visibles, de grietas y de un principio de desagregación que da tiempo para desalojar los locales.

De los esfuerzos á los cuales están sometidas las diversas partes de una construcción cuando sufren la acción de las vibraciones sísmicas, deduce el autor ciertos principios de construcción. Excluye las excavaciones que pudieran crear líneas de equilibrio inestable, y recomienda no elevar más que uno ó dos pisos, evitando las masas pesadas en altura. La armadura de cemento armado debe descansar sobre una plataforma continua que reparta la presión sobre el suelo; es indispensable arriostrar bien los tabiques.

M. Cesare Posenti estudia la cuestión bajo un aspecto un poco diferente, en el *Cemento* del 15 de Febrero. La comparación de diversos materiales, tanto desde el punto de vista de la resistencia cuanto de las condiciones de habitabilidad, le conduce á dar la preferencia al cemento armado. La construcción debe formar un monolito elástico colocado sobre una plataforma de la cual sea independiente. Las superficies de contacto entre el edificio y la plataforma deben ser todo lo reducidas posible, á fin de que puedan producirse desplazamientos relativos y se amortigüen las vibraciones. El tipo de apoyos y de plataforma que preconiza parece que satisfacen á este *desideratum*. En lugar de paredes y de muros, propone el empleo de apoyos con revestimiento de acero galvanizado y que puedan deslizar fácilmente sobre placas del mismo metal empotradas en la plataforma con una placa de plomo interpuesta.

En el *Cemento* del 28 de Febrero, M. Luigi Vonelli estudia los efectos producidos por las vibraciones verticales y horizontales sobre las paredes de un edificio, y deduce que las fábricas ordinarias no pueden resistir á las sacudidas violentas.

Los inconvenientes de las construcciones de madera y hierro le obligan á preferir el cemento armado, é indica en qué condiciones deben construirse las diversas partes de una casa, y cómo debe emplearse el hormigón de cemento.

### Los grandes puentes de New-York.

Creemos útil pasar rápidamente revista á las características esenciales de esta clase de obras importantísimas.

Comenzado en 1870, el puente de Brooklyn, el más antiguo, se abrió á la circulación en 1883, y comprende, según es sabido, un tramo central de 485 metros y dos tramos laterales de 283, que con las avenidas hacen una longitud total de 1.830 metros.

La obra va colgada de cables de 387 milímetros de diámetro, que pasan por dos torres de fábrica que se elevan á 82 metros por encima del nivel de las aguas. Lleva cuatro vías de camino de hierro ó de tranvías, dos carreteras de 5,50 metros y un andén de 4,50 metros. La anchura libre total es de 24 metros.

En 1896, la villa de New-York emprendió la construcción de un nuevo puente colgado, el Williamsburg Bridge, cuyo tramo central tiene la misma longitud que el del puente de Brooklyn. Las torres, que son de acero, se elevan sobre pilas de fábrica, construidas sobre cajones. Tienen estas torres 102 metros de altura por encima del agua y sostienen cuatro cables de 465 milímetros de diámetro. Tiene este puente 35 metros de anchura libre próximamente y lleva dos vías del «Elevated Railway, cuatro vías de tranvía, dos andenes de 5,40 metros y dos carreteras de 6 metros, estas últimas en voladizo. Está abierto á la circulación desde 1903.

Un tercer puente colgado, el Manhattan Bridge, se ha empezado en 1901, y se espera terminarlo en 1909 ó 1910. Como en el Williamsburg Bridge, las torres de sostén son de acero y descansan sobre pilas de fábrica; los cables, en número de cuatro, tienen 545 milímetros de diámetro y llevan un tablero de dos pisos superpuestos. El piso inferior comprenderá cuatro vías de tranvía, una carretera de 11 metros y dos andenes de 3,40 metros; en el piso superior se establecerán cuatro vías del «Elevated».

En el mismo año de 1901 comenzó la construcción del puente de Blackwell's Island del tipo Cantilever, con un arco central de 360,51 metros de luz. Este puente llevará dos vías férreas más que el Williamsburg Bridge. El montaje del puente se terminaba cuando sobrevino la caída del puente de Québec, y esto motivó la pregunta de si el puente de Blackwell sería suficientemente sólido. Esta cuestión fué objeto de dos informaciones que se llevaron á la par. Las dos llegaron á la conclusión de que el puente estaría sobrecargado en el estado de sollicitación previsto en el proyecto, y una de ellas emitió la conclusión de que se debían quitar dos de las cuatro vías del «Elevated», y la otra de que se debían suprimir todas las vías. La cuestión no está aún resuelta.

Los gastos ocasionados por la construcción de estos puentes marcan una progresión creciente. Los puentes colgados de Brooklyn y de Williamsburg han costado 85 y 117 millones de francos próximamente. El puente de Manhattan costará 138 millones.

En cuanto al puente de Blackwell's Island, su coste será de 106 millones de francos.

(*Scientific American*, 5 de Diciembre de 1908.)

### Obras de caminos de hierro en Suiza.

Existen actualmente en vías de ejecución obras importantes de caminos de hierro en la parte oriental de la Suiza.

El soberbio valle de Appenzell, desprovisto hasta estos últimos tiempos de toda comunicación por camino de hierro, está actualmente cortado en numerosos puntos por voluminosos andamios, sobre los cuales se edifican gigantescos viaductos. Altos terraplenes unirán estos viaductos á los túneles que comprende el trazado de la nueva línea en construcción. La línea está destinada á enlazar el lago Constanza con el lago de Zürich, y son numerosas las obras de arte cuya ejecución será difícil y costosa en este recorrido, que es de los más accidentados.



La Sitter se franquea á 98 metros de altura por encima del valle con un puente de 350 metros de desarrollo, y comprende un tramo metálico central de 120 metros de luz y arcos de piedra de 25 y 12 metros á uno y otro lado de este tramo.

Este trabajo ha resultado muy costoso por las grandes distancias de transporte que han tenido que recorrer los materiales de construcción. Para la mampostería de las pilas y de las bóvedas, los materiales proceden de Saint Gall: dos líneas aéreas atraviesan el valle á 100 metros por encima del fondo del río para el transporte respectivamente de las piedras y el mortero.

Las vastas instalaciones que se necesitan para la colocación de estas líneas se completan con muchos planos inclinados con vías férreas establecidas en las vertientes de las montañas. Durante el año 1909 tendrá lugar, á partir de una torre gigante de madera de 25X30 metros de base, elevada en el eje de la obra, el montaje del tramo metálico del puente.

Otro puente de la misma línea de camino de hierro se halla en construcción sobre el Weissenbach; tendrá 289 metros de longitud y pasará á 82 metros de altura por encima del fondo del valle. Esta obra comprenderá una serie de arcadas de 25 y 15 metros de luz. Los materiales de construcción, que se encuentran aquí al pie de obra, son llevados por tornos eléctricos, que corren sobre puentes de servicio que unen las pilas y que se van elevando á medida que avanzan en altura los trabajos de la fábrica.

Entre los túneles más importantes, conviene citar el de Brunnadern, que tendrá 3 kilómetros y medio de longitud. Este túnel atraviesa terrenos generalmente margosos, que no exigen revestimiento de madera de la galería de avance más que en ciertas partes del desarrollo de la obra. Su perforación se efectúa por medio de perforadoras movidas por aire comprimido.

Los trabajos de la línea en construcción ofrecen todavía numerosas particularidades, sobre las cuales no podemos extenderlos. La cifra elevada de su presupuesto, que se eleva para la infraestructura á 333.600 marcos por kilómetro de vía, da una idea de las dificultades encontradas en su ejecución.

Dificultades no menos importantes se han encontrado en la construcción de la línea de vía estrecha que enlazará Davos á Filisur, y que se pondrá pronto en explotación.

Entre las obras de arte notables que habrá en esta línea, debe mencionarse el viaducto de Wiesen, que tendrá un arco de 55 metros de luz y arcadas con bóvedas de 20 metros á uno y otro lado de aquél.

Este puente pasa igualmente á 98 metros próximamente de altura por encima del valle. La bóveda central comprende tres roscas distintas; los andamios que sirven para su ejecución son notables.

La calidad inferior de la piedra de que aquí se dispone, ha conducido á adoptar dovelas de hormigón fabricadas en la obra, completando la fábrica con un revestimiento de mampostería. Una línea aérea conduce las piedras y el cemento al pie de la obra.

Podemos también citar la línea en construcción de la Bernina, que se destina á los excursionistas y se explotará por la electricidad. Enlazará á San Mauricio con Tirano y permitirá ir por ferrocarril desde Engadin á Veltlin y al lago de Como.

(Zentralblatt der Bauverwaltung.)

### La mejora de los estuarios de los ríos.

Bajo este título, *Engineering* comienza en su número del 30 de Octubre de 1908 la publicación de una serie de artículos en los cuales pasa revista á la situación de los estuarios de los ríos que dan acceso á los grandes puertos marítimos. El autor,

M. Brysson Cunningham, recuerda que esta cuestión preocupa á los pueblos desde hace siglos, y que ya en la época romana se ejecutaron trabajos para sostener la navegabilidad del Ródano y para dar acceso al puerto de Ostia.

La mayoría de los puertos, los más importantes del mundo, son interiores y se encuentran sobre rías con marea; tales son los de Londres, Liverpool, New-York, Amberes y Hamburgo. La prosperidad de estas grandes metrópolis está íntimamente ligada con el estado de sus vías de acceso al mar, y se puede decir que son éstas, en efecto, las que regulan las extensiones de los puertos que sirven. Por otra parte, se considera hoy como un axioma que un puerto que no progresa está muy cerca de su decadencia.

Es de toda necesidad para los puertos ponerse á la altura de los progresos realizados en la construcción naval; este problema presenta frecuentemente grandes dificultades y cada año se gastan fuertes sumas con este objeto. Así se ve, en efecto, que en el curso de los últimos ocho años Hamburgo ha consagrado cerca de 19 millones en la mejora del Elba, los Estados Unidos han gastado 10 millones de francos en el Ambrose Channel y la villa de Boston se prepara á la apertura de un nuevo canal de acceso al mar con un gasto de 20 millones de francos. La profundización de la Tyne costará 11.500.000 francos. Newport consagrará 1.500.000 francos en el Usk y Liverpool 1.250.000 francos en trabajos extraordinarios de la Mersey, cuyo sostenimiento de la navegación cuesta anualmente 750.000 francos.

Los dragados del Támesis interior cuestan cada año 575.000 francos.

Inútil es multiplicar estos ejemplos; todos ellos prueban sobradamente la importancia que tiene la conservación y la mejora de las vías que unen los puertos al Océano.

El régimen de los estuarios y de los ríos ha sido el objeto de estudios y observaciones numerosas por parte de los Ingenieros, con objeto de determinar la naturaleza y el efecto de las diversas fuerzas puestas en juego; pero muchos de los fenómenos permanecen más ó menos oscuros y dan lugar á notables diferencias de opinión entre los hombres más competentes: tales son, entre otras, la formación de las barras, el crecimiento y la distribución de las soleras, el desplazamiento de los canales.

Todos los ríos acarrean materiales arrancados al lecho y á las orillas; su cantidad es algunas veces tan grande, que el color natural de las aguas se encuentra profundamente alterado. Es muy conocido, por ejemplo, que la corriente del Amazonas se reconoce en el mar á 540 kilómetros de la costa. El Mississipi vierte cada año en el golfo de Méjico, próximamente, 595 millones de millones de metros cúbicos de materias sólidas, y sólo el Ganges transporta cada día 300 millones de toneladas de fango hacia el mar durante la estación de las lluvias. El caudal sólido del Támesis, que no es relativamente más que un río de mínima importancia, es de 500.000 toneladas por año.

Son estas materias sólidas las que ocasionan la formación de bancos en los ríos y las barras delante de los estuarios.

Después de estas consideraciones generales, M. Brysson Cunningham estudia los estuarios de los ríos más importantes. Este estudio, acompañado de numerosas figuras, es demasiado extenso para que no podamos dar ni siquiera un corto resumen, y nos vemos obligados á enviar á nuestros lectores á la publicación citada á la cabeza del presente artículo.—O.

*Errata.*—El denominador de la fórmula de la pág. 227 del número anterior es 20.