

# 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

## LAS OBRAS DE RIEGO EN LOS ESTADOS UNIDOS (1)

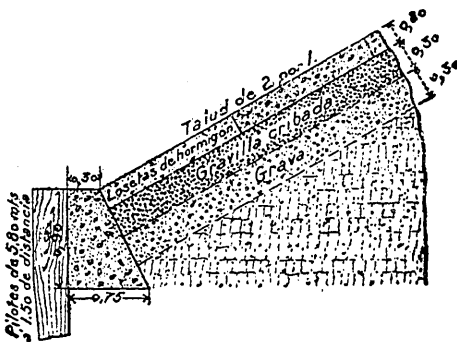
POR

DON JOSE NICOLAU

Y

DON NARCISO PUIG DE LA BELLACASA

Recientemente comienzan también á generalizarse mucho los revestimientos de hormigón, empleándose en varios casos formando losas, como ya hemos dicho al ocuparnos de la presa del Belle Fourche, en la que están colocadas como expresa el dibujo adjunto.



Revestimiento del talud interior en la presa de Belle Fourche.

En otras ocasiones se forma un revestimiento continuo de todo el talud ó de la parte que de ordinario suele quedar en seco. Citaremos como ejemplos de esta clase de revestimientos los de hormigón armado, que estaban construyéndose en varios de los embalses del valle de Cache la Poudre, en las inmediaciones de Greeley, Colorado, cuando visitamos esta región. Acompañamos un fotograbado relativo á la presa de Terry Lake, que se protege en parte de la altura por medio de una cuadrícula de barras de sección cuadrada, estriadas transversalmente en sus caras, que sirve de armadura á una placa continua de hormigón, compuesto de una parte de cemento, dos de arena y cuatro de gravilla. Este revestimiento descansa sobre dos vigas horizontales, también de hormigón armado, que lo limitan superior é inferiormente, las que á su vez se apoyan en pilotes del mismo material, formados abriendo agujeros en el macizo de la presa. Dicha defensa que, como todas las demás obras de esta naturaleza, no se ha proyectado para obtener la impermeabilidad, está calculada de suerte que pueda sostenerse

aun cuando desaparezca, por la erosión del agua, parte de la tierra que protege.

**Método de construcción.**—En la construcción de las presas de tierra, lo mismo que en las demás obras ejecutadas en la América del Norte, se procura reducir al mínimo el número de operarios, reemplazando su trabajo, hasta donde es posible, por el de las máquinas. Esto es debido, más aún que al adelanto industrial allí existente, á la escasez de braceros, que obliga á pagar los jornales seis ó siete veces más caros que en nuestro país, siendo además difícil encontrar canteros, mamposteros y otros operarios pertenecientes á oficios análogos. Nacen de aquí, comparados con los nuestros, diferencias en los procedimientos seguidos aún para ejecutar obras enteramente análogas, justificadas principalmente por las distintas condiciones sociales y económicas.

Tal vez la costumbre americana de recurrir constantemente al uso de mecanismos en sustitución del trabajo humano sea causa de que no se utilice éste en algunos casos en que fuera más ventajoso, de la misma manera que en nuestro país; el hábito de emplear braceros puede dar lugar á que en ciertas ocasiones no se estudien suficientemente las ventajas que podría proporcionar su sustitución por las máquinas. Por estas razones, consideramos que, sin perjuicio de ocuparnos con más detalle en otro lugar de la descripción y circunstancias que reúnen varias de aquéllas, es oportuno dar á conocer ahora la manera cómo trabajan las que se utilizan usualmente en las excavaciones, transportes, depósito y consolidación de tierras para formación de los macizos de las presas, al mismo tiempo que describamos estas operaciones, refiriéndonos principalmente á las obras que hemos visto en curso de ejecución, y que hemos citado precedentemente.

Las excavaciones se hacen con distintos instrumentos y máquinas, usándose en pocos casos el pico, azadón y pala. Cuando se desea extraer las tierras que forman el terreno superficial, como se hace, por ejemplo, en el fondo de los valles en los que se establecen los embalses, se emplean comúnmente unos arados robustos, que también sirven para dejar rugosa la superficie del terreno sobre la que han de insistir los macizos. La tierra removida por los arados, cuando se lleva á distancias que no pasan de 60 metros, suele en muchos casos cargarse y transportarse por medio de arrobaderas («drag scrapers»); éstas se llenan cuando el obrero, cogiendo las varas, inclina el borde cortante y están

(1) Véase el núm. 1.742 de esta REVISTA.

en disposición de transportar el volumen de 85 á 140 decímetros cúbicos que llevan, al soltar el operario las referidas varas en la forma que expresa el adjunto fotograbado. En terrenos sueltos no es preciso el empleo del arado, bastando la arrobadera para todas las operaciones, como indica el fotograbado, que se refiere á la excavación del terreno superficial del fondo del embalse de Cold Springs, y transporte y vertido de las tierras por medio de arrobaderas, en la parte baja del talud interior de la presa en construcción. La descarga de las arrobaderas se hace, bien levantando la caja y haciéndola girar sobre el borde para que viertan de frente, bien volcándola de costado.

Para extraer la tierra arcillosa, utilizada para formar ciertas partes de la presa de Cold Springs, que se hallaba en el fondo del barranco que cruza el valle, hemos visto empleada la excavadora de vapor conocida con el nombre de «Orange-peel», que funciona de un modo parecido á las dragas Priestman. Tiene aplicación cuando extrayéndose los productos de puntos bajos han de cargarse en carros situados en el terreno natural, como indica el fotograbado adjunto, en el que el útil, que consta de tres segmentos, abiertos al hincarse en el terreno, se cierra en el momento de comenzar el movimiento ascendente para subir las tierras excavadas que deposita en un carro, que no se ve en el dibujo, pero que se hallaba á la derecha. La capacidad del útil varía de 380 á 765 decímetros cúbicos, y la cabria que dirige su trabajo es movida por una máquina de vapor. Excava en terrenos sueltos unos 400 metros cúbicos en diez horas, y aun cuando no es un sistema de los más usados, puede tener útil aplicación en algunos casos. La excavadora empleada en las obras de la presa de Cold Springs procedía de la casa Lidgerwood Manufacturing Co, de Nueva York (1).

Cuando se excava el terreno superficial y se transporta á distancias que requieren el empleo de carros, es muy usada la máquina excavadora-elevadora llamada «elevating grader», que esencialmente consiste en un arado y una tela sin fin que recoge las tierras removidas y las eleva hasta depositarlas en los carros, como expresa el fotograbado. Pueden moverse por caballerías, ó, como vimos en las obras de la presa de Belle Fourche, por una máquina de tracción. La «elevating grader» usada en dichas obras procedía de la casa Western Wheel Scraper Co, Aurora, Illinois, y según nos manifestaron, era de 16 caballos de fuerza, hacía un trabajo de 590 metros cúbicos en diez horas, y había costado unas 5.000 pesetas.

La máquina más empleada para todos los desmontes importantes que se ejecutan en Norte-América, y que tiene indicada aplicación para sacar las tierras destinadas á los macizos de las presas, es la excavadora de vapor («steam shovel»), de cuyo funcionamiento da idea el fotograbado correspondiente. Cuando hay que obtener un volumen considerable de tierras, suele ser el procedimiento más económico, pues se compensan los gastos que requiere la adquisición de la máquina, trenes de transporte é instalación de

vías, con la rapidez, facilidad y aun economía con que se ejecutan los trabajos. Como es sabido, consisten esencialmente estas excavadoras, que no difieren en sus líneas generales de las europeas, en una máquina de vapor, montada sobre una plataforma, movable con su auxilio, á lo largo de una vía férrea, y que acciona también varios mecanismos que permiten al útil trabajar de un modo semejante á la pala ordinaria, derivándose de esta analogía el nombre de «steam shovel». Como se comprende por el fotograbado, cuando el útil ó cuchara, por medio de los movimientos del brazo transversal, que puede girar y deslizar sobre el inclinado de la grúa, se encuentre en su posición más baja y enfrente de la trinchera, podrá, al subir empujado contra ella, excavar el terreno con los robustos dientes que lleva en su parte superior, depositándose los productos en la capacidad que ofrece, y cuyas dimensiones suelen variar de 0,75 á 1,90 metros cúbicos; cargado ya el útil con las tierras, se hace girar la grúa hasta que esté encima del vagón, en la forma que expresa el fotograbado, y actuando entonces sobre un escape, se abre el fondo vertiéndose su contenido.

La excavadora de vapor que vimos funcionar en las obras de Belle Fourche desmontaba la tierra arcillosa de una ladera situada en un sitio más alto que la presa, que es como suelen escogerse los puntos de ataque, siempre que es posible, para facilitar la tracción de los trenes de tierras. Procedía de la casa The Vulcan Iron Works Co, Toledo. El útil podía cargar 1,9 metros cúbicos y había costado 42.500 pesetas, puesta en la estación más próxima. Con trenes formados por 10 vagones de 2,3 metros cúbicos de capacidad y dos vías dispuestas para que haya siempre un tren enfrente de la máquina, pueden excavar, según nos manifestaron, algo más de 1.000 metros cúbicos al día. En la presa construída por administración en Deer Flat, las dos excavadoras eran de la casa Atlantic Equipment Co, New-York, y costaron unas 48.000 pesetas cada una en la estación de ferrocarril más cercana, teniendo el útil también la capacidad de 1,9 metros cúbicos, y trabajando á razón de unos 114 metros cúbicos por hora, que podían llegar á 150 si el trabajo se hacía sin interrupción; el material excavado era gravilla mezclada con tierra. En Cold Springs tuvo que colocarse la máquina excavadora en un punto más bajo que la presa, lo que obligó á establecer la vía de los trenes con un gran desarrollo para ganar la altura sin pendientes fuertes; dicha máquina es de la casa Marion Steam Shovel Co, Marion, Ohio, y costó unas 50.000 pesetas.

En las presas de importancia casi todas las tierras se transportan por medio de vagones volquetes que cargan las excavadoras de vapor. En el adjunto fotograbado se representan los de tres metros cúbicos de cubida, empleados en la presa Deer Flat, procedentes de la casa Kilbourn-Jacobs Manufacturing Co, y que costaron unas 1.100 pesetas, puestos en una estación próxima. Del mismo precio, próximamente, é igual cubida son los vagones de Dumpcar Kilgore Peteler Co, Minneapolis, empleados, con resultado también satisfactorio, en las obras de Cold Springs.

En general, las excavaciones de los productos destinados á los grandes macizos de las presas de tierra se hacen con excavadoras de vapor, y el transporte con vagones volquetes arrastrados por locomotoras, formando dos trenes de trabajo. En algún caso, sin embargo, como en Belle Fourche, á más de este medio se emplea, según se ha dicho, la máquina excavadora-elevadora que excava y carga los carros con que se hace el transporte. En Cold Springs se suple-

(1) Hemos considerado que en algún caso puede resultar de interés la indicación de las casas constructoras de las máquinas que se citan en esta Memoria; pero debemos advertir que nos hemos limitado á las que hemos visto empleadas, con buen éxito según los Ingenieros que hemos consultado, sin que en modo alguno tratemos de dar á entender con ello que tales máquinas sean ó no las mejores ó de resultados más satisfactorios entre las de su clase que se fabrican en los Estados Unidos.

menta de un modo análogo el trabajo de la excavadora ordinaria con la llamada «Orangepeel», la cual carga los carros que hacen el transporte.

Una vez depositadas las tierras en el macizo, se extienden por capas de 15 á 20 centímetros, que después se riegan y cilindran. Para esparcirlas é igualarlas suele hacerse uso de las arrobaderas, empleándose también en varios casos una máquina arrastrada por caballerías, provista de una plancha de acero que sirve para distribuir la tierra, y que, por usarse mucho en la extensión de firmes de carretera, se denomina «road machine»; vimos trabajar una de ellas, representada en el fotograbado que se acompaña, en la presa superior de Deer Flat, construída por la Austin Manufacturing Co, de Chicago. Después de extendidas las tierras se riegan, bien con cubas ó con agua á presión, que muchas veces se obtiene elevándola por medio de bombas á un depósito alto, desde el que se distribuye en la zona de los trabajos y campamento donde vive el personal. La consolidación se opera con rodillos que en varios casos se prescribe estén formados por discos sucesivos, con 5 centímetros de diferencia en sus diámetros, y produciendo una presión que no baje de 330 kilogramos por decímetro de anchura. Generalmente estos rodillos son del tipo corriente en los cilindros compresores, pero algunas veces consisten simplemente en rodillos arrastrados por una máquina de tracción. Entre éstos citaremos uno, representado en un fotograbado siguiente, que vimos funcionar en las obras de la indicada presa superior de Deer Flat, que ofrece la particularidad de estar formado por un cilindro de hormigón construído en la misma obra, habiéndose adoptado esta solución, por no haberse admitido, á causa de estimarlas demasiado elevadas, ninguna de las proposiciones hechas por las casas constructoras, á las que se había recurrido para adquirir uno metálico.

En casi todas las obras se requiere la construcción de campamentos para el personal, exigidos por lo riguroso del clima y la falta de poblaciones en que aquél pueda alojarse. Algunos, como el que la Administración federal ha instalado para construir la presa antes citada, revelan que se ha consagrado atención especial á fin de que resulten sanos y agradables: en él se encuentran, distribución de agua á presión, instalación de duchas para los obreros, oficinas y otras dependencias muy completas, depósito subterráneo para guardar comestibles, dormitorios bien ventilados, retretes asépticos, cuarto de lectura, etc. Contra lo que suele ser general en estos campamentos, en éste se hallan separados los comedores de los obreros del de los Ingenieros y empleados administrativos.

**Comparación entre los tipos de presas de tierra.**—El estudio de las circunstancias particulares de cada caso es lo que, en definitiva, permite al Ingeniero escoger la solución apropiada, sin que pueda decirse *a priori* que unos tipos deban siempre preferirse á otros. Antes se buscaban materiales apropiados para la ejecución de los perfiles considerados como modelos, y hoy, por el contrario, se proyecta la sección adecuada á los materiales de que se dispone, pudiendo decirse que han dado buen resultado presas formadas con casi toda clase de tierras, siempre que éstas se hayan dispuesto convenientemente, no empeñándose, por ejemplo, cuando sólo se dispone de materiales sueltos, en conservar los taludes y secciones sancionadas por la práctica para el caso de mezclas apisonadas de arcilla y grava.

Creemos, por consiguiente, que la cuestión, tan debatida

en América, de si las presas de tierra deben ó no llevar en todos los casos pantallas impermeables, no puede resolverse de un modo radical, por más que, á nuestro juicio, cuando el examen y los ensayos que se hagan con las tierras de que se disponga permitan formular la conclusión de que puede conseguirse la impermeabilidad sin llegar á macizos de espesores excesivos, será, en general, posible prescindir de la pantalla, que es causa de los inconvenientes ya citados en otro lugar.

Cuando se disponga de materiales de ciertas condiciones de impermeabilidad y consistencia, las presas sin pantalla podrán ser homogéneas; pero, de ordinario, convendrá que tengan una parte de su sección transversal destinada especialmente á impedir el paso del agua, y otra para darla resistencia y proteger la primera contra las erosiones. Se acostumbra generalmente en Norte América á colocar los materiales más impermeables cerca del paramento interior, lo que nos parece conveniente cuando estén formados de arcilla mezclada con productos sueltos; pero cuando aquéllos sean muy arcillosos y tenues, será preferible dejarlos hacia el centro del macizo, pues así quedarán mejor protegidos contra cualquier acción erosiva.

Los núcleos arcillosos y los muros de fábrica tendrán su justificación cuando la naturaleza de los materiales térreos haga necesario asegurar la impermeabilidad por dichos procedimientos. Aun cuando los primeros son más económicos, si la diferencia de precio no es excesiva, juzgamos preferible emplear los muros de fábrica, dándoles espesores suficientes y construyendo los terraplenes en las partes contiguas de modo que al ejecutarlos no se produzcan empujes bruscos ni desiguales. En las pantallas de fábrica parece que podrá, en muchos casos, tener adecuada aplicación el hormigón armado, que permite al muro cierta flexibilidad.

## LAS MATEMÁTICAS DEL INGENIERO

(Extracto de un informe presentado por Mr. Maurice D'Ocagne, Ingeniero Jefe de Puentes y Calzadas, Delegado del Ministerio de Obras públicas en el cuarto Congreso internacional de las Matemáticas celebrado en Roma en los días 5 al 12 de Abril de 1908.)

Formada una institución en 1896 para celebrar cada cuatro años Congresos internacionales sobre matemáticas, han tenido lugar los tres primeros en Zurich, París y Heidelberg, habiendo correspondido á Roma el cuarto, según acuerdo tomado en la sesión de clausura del último Congreso.

Lo mismo que en los tres precedentes, el Congreso de Roma debía comprender cuatro Secciones:

- I. Aritmética, Álgebra, Análisis.
- II. Geometría.
- III. Mecánica, Física matemática, Geodesia.
- IV. Cuestiones filosóficas, históricas y didácticas.

Por razón de la naturaleza de ciertos trabajos anunciados, el Comité de organización juzgó conveniente añadir á la Sección III una Sección III B, en la cual se agrupasen todas aquellas comunicaciones que interesan especialmente á la ciencia del Ingeniero, y á consecuencia de esta circunstancia el Comité invitó al Ministro de Obras públicas de Francia para que se hiciese representar en el Congreso por un Delegado oficial. Un decreto del 23 de Marzo de 1908 señaló para este cargo al autor del informe que extractamos.