

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

POR

DON JOSE NICOLAU

Y

DON NARCISO PUIG DE LA BELLACASA

SERVICIO FEDERAL DE OBRAS DE RIEGO

(Continuación.)

Datos relativos al coste de varias obras.—Varía éste entre límites muy extensos, puesto que las condiciones en que se efectúan la desagregación, transporte y depósito de los materiales suelen ser muy diversas; pero para dar una idea de los precios á que resultan, citaremos algunos relativos á las obras que hemos mencionado al ocuparnos de aquellas operaciones.

Los más bajos se han obtenido en los terraplenes para ferrocarriles, que no requieren precauciones especiales al depositarse los productos, pudiendo citar en la línea del Pacífico del Norte donde, en general, no hubo que recurrir al agua á presión, alguno que no excedió de 0,25 pesetas por metro cúbico, siendo el precio medio de 0,31 pesetas. En los terraplenes del Pacífico Canadiense, en que tampoco hubo que obtener la presión con bombas, resultó un precio medio de unas 0,50 pesetas por metro cúbico.

Las obras de reparación de la presa del Lago Francés, hechas en condiciones muy desfavorables por tratarse de un volumen pequeño, que había que colocar con precauciones especiales para incorporarlo bien á la parte subsistente, costaron cerca de 1,30 pesetas por metro cúbico, incluyendo en éste, como en todos los precios que citamos, los gastos de jornales, materiales é instalaciones.

En la presa referida, para formar un embalse en una de las islas Hawai, se contrató la desagregación y transporte de los productos á 53 céntimos, y agregando los gastos de extensión y arreglo, resulta el precio de 0,58 pesetas por metro cúbico.

En la de Terrace, contando con toda clase de gastos, el precio se ha elevado á 0,78 pesetas.

Según nos manifestó el Ingeniero encargado de la construcción de la presa de Silver Lake, el coste del metro cúbico resultaba á algo más de una peseta; pero cree que se ha-

bría reducido á la mitad si se hubiese ejecutado todo el macizo con relleno hidráulico.

Parecen indicar los precios citados que en Norte América la construcción por este procedimiento de presas que se encuentren en las condiciones corrientes permite obtener el metro cúbico por 50 á 80 céntimos de peseta. Comparados estos precios con los usuales en aquel país para las presas de tierra, que suelen ser de una á dos pesetas por metro cúbico, se ve desde luego que resultan bastante más económicos.

Resumen crítico sobre el procedimiento hidráulico de construcción de macizos.—Aun cuando no puede decirse que era desconocido este procedimiento hasta las aplicaciones hechas en América, su empleo se había limitado, aprovechando la propiedad que poseen las corrientes de agua para transportar materiales en suspensión á los entarquinamientos y algunos rellenos hechos con productos de dragados.

En términos generales, y aun con jornales más baratos que en los Estados Unidos, puede decirse que cuando el terreno de donde han de extraerse los productos y el agua que ha de desagregarlos y transportarlos se encuentran en condiciones favorables, es tal vez el medio más económico para la construcción de terraplenes, pudiendo tener muy buena aplicación en los de las vías férreas y en otros muchos casos.

Circunscribiéndonos al examen de su empleo en la ejecución de los macizos de las presas, bien sean éstas de tierra solamente, ó bien mixtas, creemos que este nuevo método de construcción permite alcanzar resultados tan satisfactorios como los obtenidos con los ordinarios, cuando se toman todas las precauciones de que hemos hecho mención al ocuparnos de las presas de tierra de mucha altura; y en los casos en que se aplica en condiciones favorables, se consigue con su adopción una considerable economía.

Es característica de este procedimiento aplicado á la construcción de presas la facilidad con que cabe separar los diversos materiales que se hallan mezclados íntimamente en el terreno de que se extraen, y hacer que se depositen en el macizo en formación del modo más útil y conveniente para la constitución de una presa impermeable y estable. Hemos visto, en efecto, con qué sencillez se consigue que los cantos, gravas y arenas gruesas, es decir, los materiales que resisten mejor el rozamiento y acción del agua, lluvias, etc., y los que por su permeabilidad deben hallarse en sus partes exteriores, puedan depositarse en los taludes, y que las tierras arcillosas formadas por las partículas finas, capaces de

constituir núcleos impermeables, queden en el centro protegidas por los materiales más gruesos. Cabe con este procedimiento lograr, en ciertos casos, la construcción de una presa estable con materiales que no serían utilizables por el ordinario, puesto que el terreno de que se extraen puede estar formado por una mezcla que no reúna las condiciones adecuadas para formar un macizo impermeable, y, sin embargo, ser esto factible una vez hecha la separación y conveniente clasificación de sus elementos.

En los varios ejemplos referidos se han encontrado materiales que reúnan condiciones muy diversas, obligando á adoptar disposiciones distintas para su desagregación, transporte y depósito. Conviene notar con insistencia que el sistema sólo es aplicable cuando los productos disponibles reúnen condiciones apropiadas, y este es punto que debe estudiarse con gran detenimiento. Según el Ingeniero Mr. Schuyler, propagandista entusiasta del procedimiento, el mejor material está compuesto de cantos rodados, grava y arena, mezclados con un 25 á un 35 por 100 de arcilla, y el que ofrece más dificultades, entre las admisibles, es la arcilla pura, por su inestabilidad mientras está húmeda, por la lentitud y dificultad con que se le sana, y, finalmente, por las grietas á que da lugar la gran contracción que sufre al desecarse, pudiendo producirse aquéllas aun después de transcurridos varios meses desde la terminación de la obra, si bien, en cambio, cuando llega á consolidarse ofrece la mayor resistencia al paso del agua. Aunque la arcilla es el material más impermeable, cuando escasee ó no se encuentre en el terreno puede sustituirse por otros, como ocurre, por ejemplo, con el «loess» glacial empleado en las presas del Snake.

En el procedimiento hidráulico para construir presas de tierra, la facilidad con que pueden quedar clasificados los productos al verterlos sobre el macizo en construcción, motiva en muchos casos, como hemos dicho al ocuparnos de aquéllas, la adopción del perfil elegido en las de Terrace, por La Mesa y tantas otras, formado por un núcleo impermeable, ocupando el tercio central, recubierto á ambos lados de arenas, cantos y gravas, colocados por orden de tamaños decrecientes desde los taludes.

No siendo preciso, en general, recurrir á muros pantallas para conseguir la debida impermeabilidad, puede excusarse su empleo, que produce un aumento de gasto innecesario y no está exento de inconvenientes, según se ha dicho. Hay, sin embargo, ocasiones en que teniendo aplicación el procedimiento hidráulico, la naturaleza de los materiales no permite que sean clasificados en la forma dicha, ni, por lo tanto, que se forme con ellos el núcleo central impermeable; en tales casos, puede estar justificada su sustitución por un muro de fábrica, como ocurre en la presa de San Bernardino, descrita precedentemente.

En las mixtas de tierra y escollera puede depositarse la tierra empleando con ventaja este procedimiento. La pantalla de madera, colocada entre la escollera ó delante de ella, á que se ha recurrido algunas veces para impedir que los materiales muy tenues escapasen á través de la piedra, durante el período de consolidación de la presa, cabe admitirla en algunos casos especiales, pues aun cuando á la larga se destruya, puede haber ya cumplido su misión. En general, es más recomendable, sin embargo, la disposición adoptada para la presa de Zuñi, y, cuando los materiales se presten á ello, será aún mejor formar el relleno hidráulico con un núcleo impermeable y las porciones exteriores de arena y grava. Si no es posible la clasificación, como ocurrió en dicha

presa de Zuñi, convendrá efectuar el relleno hidráulico, según allí se hizo, colocando previamente la escollera de suerte que forme filtro en la zona en contacto con la tierra, y revistiendo el paramento de ésta para que no se socave y destruya por la erosión debida al oleaje, las lluvias y otras causas.

Creemos oportuno llamar la atención sobre la circunstancia de que este procedimiento, que al principio sólo se consideraba utilizable cuando se disponía de bastante cantidad de agua y los terrenos aprovechables para la formación del macizo estaban suficientemente altos, permitiendo el transporte por la sola acción de la gravedad, ha podido aplicarse con éxito en Norte América en casos en que no se realizaban estas condiciones. Recordaremos, en efecto, que, según dijimos refiriéndonos á la presa del Lago Francés, es susceptible de emplearse con un caudal relativamente pequeño, puesto que puede usarse en circuito continuo, bastando suplir la gastada por desecación, filtraciones, evaporación y otras pérdidas no grandes; y la construcción de la presa de Silver Lake demuestra que puede, en ocasiones, resultar más económico este sistema que los ordinarios, aun en el caso de que el transporte de los productos tenga que efectuarse impulsándolos á lo largo de tuberías ascendentes, sobre todo si se dispone de fuerza barata.

Además de tener aplicación indicada para el transporte y depósito en puntos donde hay que realizar rellenos con los productos obtenidos con dragas de succión ú ordinarias, según se practica corrientemente, pudiera tal vez ser empleado con notoria ventaja, como indicó hace ya tiempo en la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS uno de los autores de esta Memoria, en la limpia de los pantanos, practicada, bien con dragas, ó bien por el procedimiento hidráulico, utilizando los productos de esta operación, cuando sea ventajoso, en el recrecimiento de las presas de tierra que los cierran, alcanzándose de este modo dos fines distintos en una sola operación.

El Ingeniero Mr. Schuyler, que ha tenido ocasión de aplicar este procedimiento varias veces, opina que por su mayor eficacia y economía, demostradas ya de un modo positivo, debe reemplazar al ordinario cuando se trate de establecer presas de tierra de más de 30 metros de altura, pues el último no puede, en general, ofrecer las garantías que el primero representa en cuanto á impermeabilidad y asientos del macizo, á menos de adoptar precauciones que excedan los límites de una razonable economía.

Tal vez estas afirmaciones puedan tenerse por demasiado absolutas, y así lo consideran algunos autorizados Ingenieros norteamericanos, cuyas opiniones sobre este asunto hemos solicitado; pero es un hecho indudable que el nuevo procedimiento va propagándose más á medida que es mejor conocido, admitiéndose generalmente, que es de fácil aplicación, que no requiere, de ordinario, instalaciones muy costosas, y que con frecuencia constituyen la solución más económica cuando se trata de la construcción de macizos de tierra de alguna importancia.

Por nuestra parte creemos que está llamado á extenderse y aplicarse en muchas ocasiones, saliéndose de los reducidos límites á que se ha circunscrito hasta ahora, y que deberá tenerse desde luego en cuenta al hacer el estudio comparativo de las soluciones que pueden adoptarse para construir las presas y, en general, para las formaciones de macizos y aun para otras varias aplicaciones.

(Continuará.)