

concederle la consideración que merece siempre una opinión particular, tanto más cuando procedé de tan distinguido Ingeniero.

La aprobación del dictamen fué por mayoría, lo que demuestra hubo verdadera aquilatación de los distintos puntos que en el dictamen se tocan; pero la mayoría fué muy grande, lo que da autoridad indiscutible al informe emitido.

Además del voto particular anunciado, cuatro fueron los votantes en contra, si bien debemos consignar que ninguno de los cuatro lo fué en los principios fundamentales que el Cuerpo sustenta, sino en cuestión de detalles de su articulado, siendo sólo de lamentar que una vez explicado el voto, no hubiese sido éste en pro, aunque creemos que en el acta de la sesión constarán dichas aclaraciones.

No podemos menos de felicitarnos todos por tan luminoso dictamen. Asuntos de reconocida importancia ha informado nuestra Junta Consultiva, mas el de que nos ocupa debe figurar en primera línea; en ello va el interés de la Nación, que ve con gusto funcionar una de sus ruedas administrativas en provecho de su vitalidad.

### VISITA AL SR. DIRECTOR DE "EL IMPARCIAL,"

Terminada la sesión de la Junta de representación de nuestro Cuerpo, que relatamos al principio del número, visitó su Secretario al Excmo. Sr. D. Rafael Gasset, director de *El Imparcial*, para darle cuenta del acuerdo tomado relativo á su patriótica campaña en pro de la construcción de los pantanos y canales de riego, que tan excelente efecto está haciendo en la pública opinión.

El Sr. Gasset agradeció vivamente tal prueba de consideración, y con el entusiasmo que siempre vimos en tan distinguido hombre público, habló de sus planes é iniciativas, de sus laudables deseos y aspiraciones, que de tanta valía son y en tan alto grado estimamos.

Habiendo dado después el Secretario cuenta de la visita, á sus compañeros de la Comisión Central, agradeció ésta las frases que para el Cuerpo pronunció el Sr. Gasset, y acordaron se publicase en la REVISTA el cumplimiento dado al expresado acuerdo de la sesión del lunes, como hemos tenido el gusto de hacer.

### APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS PÚBLICAS (1)

#### VI

No trato en este artículo, aunque así lo parezca, de ocuparme en la manera de proyectar y construir pantanos; ni es esta ocasión ni lugar apropiado: hay, por lo demás, no pocas publicaciones que de ello tratan con la suficiencia que yo no pretendo tener, y que de sobra conocen todos los Ingenieros; pero habiendo proyectado muchos y construído alguno, esta ya larga experiencia hubiera dado á cualquiera de mis compañeros numerosas ideas y observaciones útiles. Opino, por tanto, que vengo obligado á exponer aquellas que yo haya podido recoger, siquiera

sean pocas y hasta inocentes, con el único propósito de evitarles algún trabajo, darles noticias que puedan aprovechar, y ganar tiempo en la redacción de los proyectos. Esta última circunstancia puede ser muy útil en los momentos en que el Cuerpo de Caminos ha presentado al Gobierno un plan extenso de obras de este género, y que es dable suponer dará ocasión á numerosos proyectos de esta clase.

Muchas de las obras que tratan de riegos y pantanos generalizan de tal manera sus propuestas, ó las reglas que aconsejan, deducidas de modelos tan extraños á nuestras necesidades, que con dificultad puede un Ingeniero seguirlas sin exponerse á un verdadero fracaso; á este efecto citaremos un ejemplo. Desde 3.000 litros hasta 2.500, y aun más, por hectárea y por segundo de tiempo, varían los volúmenes de agua que para cada año consiguan algunos autores como necesarios para el riego conveniente, y aun cuando dicho volumen deba variar con la clase de cultivo, con el clima y la calidad del suelo y subsuelo, es lo cierto que el Ingeniero se halla perplejo para elegir entre límites tan distantes, no conociendo, porque esto no es posible conocer, la permeabilidad del terreno en la zona regable.

Cuando se trata de completar riegos antiguos y que abarcan una zona de gran longitud, que es lo más frecuente, las aguas empleadas en el riego vuelven en su mayoría, y por filtración, al río de donde proceden, y una nueva presa las lleva por acequias más bajas á regar nuevos terrenos. El agua es aprovechada dos ó más veces, y por ello con un volumen primitivo mucho menor puede darse el riego completo á toda la zona. Este hecho, que hemos observado en muchas ocasiones, debe tenerse presente al hacer los aforos de un río, así como la corriente subálvea que puede variar mucho con el sitio en donde se practique aumentando ó menguando la superficial.

Cuando la zona entera ha de regarse mediante una sola toma en el río, el agua necesaria habrá de aumentarse, supuesto que las filtraciones vendrán al cauce del río y no rejarán nuevas tierras de aquélla.

De todos modos, y para orillar la dificultad antes apuntada, hemos aplicado un procedimiento sencillo y más exacto que los propuestos generalmente. Cuando una vega regada tiene agua bastante en las épocas de verano para dar los riegos con algún desahogo en el pueblo más bajo, no hay duda de que el caudal del río es el que se desea, si la obra de toma está bien dispuesta.

El problema queda en tal caso reducido á conocer con bastante aproximación la altura del agua en el río, en un punto próximo á la presa, y aforarle cuando la tenga.

No faltan en los pueblos de vega personas con conocimientos bastantes para tan sencilla averiguación, y preguntando á varios, y tomando el término medio de sus observaciones, puede llegarse á la verdad con la aproximación necesaria. Conociendo esta altura, puede aprovecharse una pequeña avenida del río para hacer el aforo precisamente en el momento en que descendiendo las aguas, llegue el nivel á la altura conocida.

Posible es que este dato le den algo exagerado por la tendencia natural en el país á tener agua en abundancia; mas no siendo excesivo el aumento y contando con que el Ingeniero le analizará y comparará debidamente, nada debe importar una apreciación algo excesiva: primero, porque en general no pasará de las apreciaciones que generalmente se hacen por otros medios, y además porque el agua sobrante tendrá seguramente buena aplicación á las tierras que habrán de regarse de nuevo en las inmediaciones de la zona.

Conviene también rectificar una idea equivocada, aunque muy extendida, respecto de los pantanos, y es, que se les juzga como obras excesivamente costosas, y esto dificulta su multiplicación. Natural es que el presupuesto sea muy variable con las condiciones de que depende; pero en las obras reproductivas la palabra *caro* ó *barato* nada dice en absoluto, y lo dice todo cuando se relaciona con su utilidad. A pesar de ello, algunos ejemplos pueden dar idea del coste de estas obras. El pantano de Valdeinfierno se ha recrecido y casi rehecho últimamente su capaci-

(1) Véase el núm. 1231.

dad después de limpio no bajará de 30 á 32 millones de metros; las obras se presupuestaron en 550.000 pesetas de ejecución material, y las construídas, que son en su gran mayoría, han costado 402.000, economizando en ellas cerca del 10 por 100 de dicho presupuesto de ejecución material. Una economía aún mayor se ha conseguido en las obras de fábrica que comprende el canal de derivación de Totana, construídas también por administración directa, y cuyo presupuesto se aproximaba á 300.000 pesetas, y como esta tendencia se observa en las demás, es de creer que los presupuestos aprobados miden con algún exceso el verdadero coste.

Ahora bien; el presupuesto del pantano del Quipar que con presa de 38 metros puede guardar 39 millones de metros, asciende por ejecución material á 433.000 pesetas, y agregando 12.000 para agotamientos y 250.000 para expropiar los terrenos y fincas ocupadas, se llega á la cifra de 695.000 pesetas.

El de Talave, en construcción, tiene presa de 41 metros de altura y capacidad bastante mayor que el anterior. Su presupuesto de ejecución material, agotamientos y expropiaciones, muy costosas por los ricos terrenos ocupados, asciende á 1.218.000 pesetas, y también son de esperar economías por haberse aprovechado en esta obra las vías, herramientas y otros elementos de construcción adquiridos para las obras terminadas.

Hay otros pantanos proyectados en el río Segura ó sus afluentes más elevados, cuyos presupuestos varían entre 460.000 y 900.000 pesetas, y todos tienen capacidad notable, si bien no tanta como los anteriores.

Los ejemplos citados prueban que el coste de un pantano varia entre límites bastante extensos, según son las múltiples condiciones de que depende el gasto. Las más notables diferencias radican en el coste de la cimentación, el de las expropiaciones, la longitud y la altura de la presa, y de aquí la trascendental importancia que tiene la elección de un buen emplazamiento.

Las principales parecen ser: 1.<sup>a</sup>, que la extensión de la cuenca agua arriba del pantano sea la suficiente para que éste pueda llenarse al menos una vez al año con sus avenidas de otoño é invierno; 2.<sup>a</sup>, que la capacidad del embalse resultante pueda suplir la deficiencia de agua del valle durante el verano al menos, dejando el caudal ordinario como sobrante para riegos de primavera y otoño que son en menor número; 3.<sup>a</sup>, que el desfiladero que habrá de cerrarse con la presa esté formado por roca fuerte y compacta, tenga poca anchura y vertientes rígidas; 4.<sup>a</sup>, que los materiales, piedra, arena, etc., sean de buena calidad y estén próximos; 5.<sup>a</sup>, que sobre el desfiladero y cerca de él haya un gran ensanche del valle ó algún afluente al río principal.

Fácilmente se justifican estas condiciones. Inútil ó poco menos fuera un pantano si las vertientes que llevan á él sus aguas no dieran sino una pequeña parte de las que la cuenca necesita; é igual resultado se obtendría si la capacidad del vaso fuese tan reducida que no bastase para las necesidades, sino adoptando para la presa una altura excesiva y peligrosa.

De las demás condiciones, solamente la tercera merece alguna aclaración. La poca anchura del desfiladero donde se sitúa la presa tiene dos grandes ventajas: primeramente, el macizo de la cimentación y aun de la presa misma depende de esta anchura; pero además esa cualidad revela que las rocas que forman las vertientes se reúnen en el cauce á poca profundidad; es decir, que el límite de la denudación mediante la cual el río se ha abierto paso á través de las rocas, se halla próximo al lecho, y que así los costosos agotamientos como las gravísimas dificultades que ofrece una cimentación profunda en el cauce mismo de un río, han desaparecido; tal sucede en Valdeinferno, en cuyo emplazamiento la caliza dura y compacta está á la vista por todas partes, y en el Quipar, que también lo está en la mitad y casi seguramente en el resto del cauce á muy corta profundidad.

Nadie ignora las funestas consecuencias que puede acarrear la rotura de la presa de un pantano, que ordinariamente viene acompañada de una gran avenida para agravarla. De aquí que en ésta, más que en otra obra alguna, sea indispensable la adop-

ción de cuantas precauciones y cuidados pueda sugerir la más exquisita prudencia. La presa debe tener la forma circular en planta; sus extremidades deben ser en lo posible normales á las laderas; debe cimentarse siempre sobre la roca resistente, así en el fondo como en los costados, y mediante profundos sedientes que enlacen la obra con el terreno é impidan las filtraciones. La forma del perfil habrá de ser tal, que la mampostería no esté sometida á estiramientos en parte alguna, y muy especialmente en el paramento de arriba para el caso de depósito lleno; pues las grietas que en otro caso podrían formarse permitirían alguna filtración, que daría lugar á subpresiones notablemente peligrosas.

Los desagües de superficie deben ser amplios y dispuestos de manera que en una de las grandes avenidas no pueda saltar el agua por la coronación tomando alturas peligrosas, siquier para el cálculo del perfil se haya partido de las alturas más extremas.

La piedra para las mamposterías debe ser compacta, poco ó nada porosa y exenta de grietas ú oquedades, á fin de que la obra no ofrezca paso alguno al agua, y esta precaución esencialísima debe tomarse en toda la obra, y especialmente en el paramento de arriba; y decimos siempre mampostería, porque, excepción hecha de la coronación, no debe emplearse otra clase de fábrica en la obra, para evitar asientos diferentes y sus consecuencias.

En las cimentaciones del fondo convendrá emplear los cementos, y las cales eminentemente hidráulicas en el resto; ambos materiales deben elegirse entre los de fragua lenta, y del grupo de aquellos que mediante una larga historia ofrecen cuantas garantías pueden apetecerse. Es, en mi concepto, tan esencial cuanto se relaciona con este punto, que no dudamos en considerar como atrevido el empleo de cales ó cementos que no tengan bien acreditadas y por largo tiempo demostradas sus condiciones más esenciales: como buena y constante proporción entre sus componentes, perfecto y fino cernido, frescura y esmeradas precauciones en su transporte y almacenaje algunos de los cuales son bastante deficientes entre los que conocemos del país, incluso los procedentes de Zumaya y sus similares, en los que el cernido debiera perfeccionarse. De todos modos, conviene asegurarse de su calidad antes de emplearlos, y apreciar con la posible exactitud su resistencia á la tracción dentro de plazos prudenciales y generalmente conocidos.

Excusado es encarecer la utilidad de que la arena no tenga tierra ni otra sustancia extraña, pero conviene tener presente que además debe proibirse la de grano fino y desigual; en varias experiencias hemos notado que la arena de grano fino disminuye el coeficiente de resistencia á la tracción, y por otra parte es innecesaria en estas obras en que apenas tiene aplicación la sillería.

En recientes aplicaciones hemos empleado con excelente resultado los cementos Portland Bouloigne-sur-Mer, en la proporción de 300 á 350 kilogramos por metro cúbico de arena, según los casos; y las cales de Teil con 400. También se ha gastado el cemento de Teil que se obtiene de los fragmentos más duros de la cal reducidos á polvo por el molido; son cementos muy resistentes, de fragua lenta, bien pulverizados y que merecen toda confianza.

Las precauciones apuntadas excluyen por completo el sistema de contrata para la construcción de estas obras; otra cosa sería poner frente y en lucha con ellas el interés individual; á lo sumo pudiera confiarse el acopio de materiales hidráulicos, tomando precauciones para asegurar bien su procedencia, calidad, frescura y condiciones de transporte; así se ha hecho en las obras de Levante.

Así y todo, una obra de esta clase exige tan minuciosos cuidados, tan continua vigilancia, tanto en el aspecto material como en el administrativo, por parte del personal técnico encargado, que opino por que al Ingeniero no se encargue otro trabajo alguno, que sus visitas deben ser frecuentes y detenidas, y que el Ayudante debe fijar allí su residencia al menos mientras dura la

campana activa; en estas condiciones, la afición, el cariño á la obra crece á medida que los resultados corresponden á los esfuerzos empleados, y da fuerzas que son por cierto bien necesarias para luchar continuamente con obstáculos y contrariedades de todo género y con dificultades imprevistas que tantas veces ponen aquí á prueba el ingenio y la tenacidad del personal encargado.

Otra observación que considero de gran interés para la obra, voy á permitirme. El coste del buen mortero de cemento Portland en las proporciones antes señaladas, incluyendo en él el valor de la arena, agua, amasado, etc., puede calcularse en 38 á 40 pesetas, término medio, y el de cal Teil en 23 á 32, y como con él se tienen que rellenar todos los huecos de la piedra, resulta que en el corte de la mampostería influye mucho el volumen de los huecos, y por tanto el tamaño de los mampuestos.

De datos tomados en las obras de Murcia, hemos deducido que el volumen de mortero empleado en la mampostería variaba entre 24 ó 26 por 100 y 36 á 38 por 100, con el tamaño de la piedra. El valor del mortero de cemento, con piedra de todos tamaños hasta el de 6 á 10 kilogramos de peso, resulta, tomando, los medios á 14,43 pesetas, y el de cal á 11,10 por metro de mampostería; al paso que empleando grandes y abundantes piezas desciende á 9,75 y 7,05 pesetas.

A dicha economía hay que agregar la que se consigue con el aumento de trabajo útil. Un mampostero empleando piezas de gran tamaño, con su ripiado correspondiente (llamo piezas de gran tamaño á las que pesan de 60 á 80 kilogramos en adelante), hace al día hasta 5 metros cúbicos, y poco más de la mitad con piedra pequeña, y esto con igual número de sirvientes.

Verdad es que aun en canteras de buena clase y cuidadosa explotación tiene que perderse bastante piedra menuda, pero su coste de arranque no pasa de una peseta el metro, y así y todo, el ripiado consume también bastante piedra de esta clase; de todos modos, la economía es muy notable por ambas causas.

La solidez de la obra es también mayor, tanto porque las juntas son en menor número como porque las grietas que pudieran tender á formarse se interrumpen al encuentro continuo de grandes piezas, cuya rotura ofrece grandes esfuerzos.

Las presas se construyen generalmente por tongadas horizontales y de superficie muy desigual, para favorecer el enlance con las inmediatas. Nosotros organizábamos muchas veces este trabajo dividiéndole en tres brigadas de mamposteros. La primera marchaba delante asentando todas las piezas grandes que daba la cantera, sembrando con ellos la tongada y dejando espacios bastantes para hacer con comodidad el ripiado y poder colocar entre ellos y en todas direcciones piezas de segunda ó más pequeñas. La segunda brigada venía detrás sentando estas piezas y dejando también entre ellas espacios para el ripiado que hacia la tercera.

Organizado así el trabajo, su división producía el aumento de la obra y una perfección difícil de conseguir con el procedimiento ordinariamente seguido. La tercera brigada pudiera también emplear el hormigón en vez del ripiado, que siendo bastante grueso, de piedra pequeña y bien apisonado da una mampostería muy compacta; pero aun cuando los huecos sean pequeños es considerable el volumen necesario y resulta caro por el mortero que se emplea.

Otras precauciones conviene tomar para que el mortero fragüe por completo y en el tiempo que le corresponde, y para evitar su descomposición. Es la primera, el regar con frecuencia la obra hecha, durante una semana al menos, y con cierta abundancia en los descansos y en las horas del calor, de lo contrario el sol absorbe rápidamente el agua del mortero y éste se seca sin tener tiempo para fraguar; y la segunda, que en los primeros días y los últimos de una campaña debe cubrirse con ramas, broza, etc., la obra hecha, y sobre todo, y de un modo permanente y eficaz, á la llegada de los fríos, y consecuente paralización de los trabajos.

En el siguiente párrafo VII, que ya será el último, decimos algo

acerca del medio que hemos empleado para el estudio de la transformación de la avenida á su paso por un pantano, y de algunas disposiciones adoptadas ó propuestas y que se relacionan con sus desagües.

## VII

( Conclusión. )

La creación de un pantano en el cauce de un río se consigue, como es sabido, cerrando con un muro de mampostería el espacio que dejan entre sí sus dos vertientes. Como este muro ordinariamente tiene que ser de gran altura y está expuesto á muy variadas acciones, todas ellas de gran energía, debe procurarse que sea un verdadero monolito. Pero á la vez debe permitirse el paso del agua destinada al riego y la inundación, y para conseguir aquella condición esencialísima hay que llevar todos los desagües á las laderas de roca del desfiladero, y así lo hemos hecho en todos los proyectos, lo cual demuestra su facilidad.

El desagüe para riegos, industrias y demás, consta en general de dos ó tres pequeñas galerías situadas á diferentes alturas, que ponen en comunicación el embalse con un pozo vertical situado más agua abajo y en el mismo plano, y también abierto en la roca de la misma ladera; del fondo de este pozo parte otra galería en dirección contraria á las anteriores, dotada de una compuerta cuyo movimiento permite tomar el agua en la medida necesaria, dando al río por debajo del pantano el caudal apropiado á las necesidades previstas.

Los desagües destinados á funcionar en las avenidas, y que también sirven para la limpia del pantano, son más complicados y difíciles por sus dimensiones, y también por las grandes presiones á que se les somete. Constan de una gran galería, abierta en la roca de la ladera y á la altura del zócalo de la presa, ó de dos más pequeñas, una en cada vertiente, y dan paso á las aguas desde el vaso hasta el cauce inferior, á bastante distancia de la obra, para evitar su ataque. Esta solución debe preferirse siempre que sea posible, porque facilita mucho la construcción de la obra, la colocación de las compuertas y su separación, y además porque con el área del orificio se reducen los esfuerzos y entorpecimientos propios del funcionamiento de ellas.

Debe también evitarse que el agua, aun de las mayores avenidas, no llegue á saltar sobre la presa, ó, á lo sumo, sea en lámina delgada y casos extremos, y para ello se sitúa otro gran desagüe de superficie, por donde salen gran parte de las aguas de avenida cuando los desagües inferiores no han bastado, ni tampoco la capacidad del embalse. El desagüe de superficie, llamado también vertedero porque así funciona, debe tener el labio ó batiente muy largo y situado 2 ó 3 metros más bajo que la coronación de la presa, por el cual podrá salir una lámina de agua de las extraordinarias dimensiones indicadas, antes de que pueda verter sobre aquélla.

En las condiciones expuestas, llega una avenida, y se entabla dentro del pantano una especie de lucha entre ella y los desagües. La primera crece rápidamente, condición muy general en los ríos de montaña, y principia á la vez á salir el agua por las galerías; mas la carga es aún pequeña, y, por consiguiente, el gasto y el nivel se eleva en el embalse. Continúan así las cosas, y el nivel creciendo hasta que llega á la altura del vertedero, y con este nuevo elemento, mucho más potente cuanto más se eleva el nivel, se restablece el equilibrio, y desde aquel momento principia á bajar el nivel, hasta que la avenida termina sin haber rebasado la presa.

El análisis y representación de todo este hecho es lo que se puede llamar régimen del embalse, y puede hacerse de la manera siguiente: levantando el plano acotado del embalse, podemos conocer el área de sus diferentes curvas de nivel en función contadas desde el zócalo de la presa, con cuyos datos, y tomando por abscisas las alturas y las áreas por ordenadas, obtendremos la curva llamada de las áreas. Del mismo modo, y si con datos tomados en la localidad podemos conocer con cierta aproximación la duración de una avenida, su máximo de intensidad y algunos

estados intermedios, podremos construir otra curva, que con cierta aproximación representará la avenida que se trata de regularizar; en esta curva las abscisas representarán los tiempos á partir del origen de la avenida, y las ordenadas los gastos del río en los tiempos correspondientes.

En posesión de estas dos curvas, observaremos que el volumen del gua que entra en el pantano en un tiempo infinitamente pequeño,  $d t$ , siendo  $Q$  el gasto del río en la mitad del tiempo, es  $Q d t$ . Este volumen se distribuye en dos, que son el que sale por los orificios en aquel tiempo, que es  $q d t$ , siendo  $q$  el correspondiente á la unidad de tiempo, y el que se queda depositado en el pantano, que será  $S d x$ , llamando  $S$  al área de la curva de nivel del vaso, situado á la altura  $x$ , y  $x$  la altura del nivel del agua sobre el zócalo en el instante que se considera. De aquí la ecuación

$$Q d t = A d x + q d t \quad \text{ó} \quad d x = \frac{Q - q}{A} d t,$$

que hace conocer la variación del nivel del embalse en aquel instante.

Pero no siendo  $Q$  función de  $t$ , esta ecuación no es integrable, y para hallar los incrementos del nivel hay que recurrir al empleo de las diferencias finitas, con lo cual se obtiene

$$\Delta x = \frac{Q - q}{A} \Delta t.$$

Para aplicar esta ecuación, supongamos que empieza una avenida que ya hemos representado por las curvas de sus gastos antes mencionada: en este momento conocemos su gasto  $Q$ ; el de los orificios del vaso  $A$  de la curva de nivel del embalse; y  $\Delta t$  que tomamos prudencialmente, luego podemos conocer  $\Delta x$ , ó sea la variación que ha tenido la altura del embalse en el espacio de tiempo que representa  $\Delta t$ .

Para hallar otro nuevo incremento, tendremos un nuevo valor de  $Q$  y de  $A$  por medio de las curvas de la avenida y del vaso; una nueva altura  $x$  del embalse, que será  $x + \Delta x$ ; y un nuevo gasto  $q'$  de los orificios, debido á esta última altura; y con éstos obtendremos el segundo incremento  $\Delta' x$ ; continuando así, obtendremos una nueva curva, en que las abscisas sean los tiempos  $\Delta t$ ,  $\Delta' t$ ,  $\Delta'' t$ , etc., y las ordenadas  $q$ ,  $q'$  y  $q''$ , etc., gastos de los orificios ó desagües del pantano que corresponden á los diferentes periodos en que se ha dividido el tiempo que ha durado la avenida.

Esta curva representa la avenida del río agua-abajo del pantano, que es la transformada de la natural, y si sobreponemos una á otra de manera que coincidan en su origen, observaremos que al principio es en general interior á ésta, pues el gasto por los orificios es muy pequeño; las dos curvas crecen después, porque la avenida se va desarrollando y los niveles se elevan, hasta que llega el máximo de ésta, á partir del cual decrece.

El volumen que va entrando en el vaso es mayor que el evacuado y la transformada sigue elevándose, y por tanto ambas curvas llegan á cortarse, en cuyo momento se igualan los gastos; desde entonces el nivel del embalse decrece, y por ello el gasto de los orificios; así es que la transformada tiene en este punto una tangente horizontal, ó sea su máximo, y es ya exterior á la curva de la avenida. La distancia que separa las dos tangentes horizontales mide en la escala de tiempos el retraso que ha tenido el máximo de la avenida, y la diferencia de magnitud de las ordenadas correspondientes la reducción sufrida por la avenida natural á su paso por el pantano. La curva transformada tiene además una tangente horizontal en cada uno de sus extremos y un punto de inflexión en los intermedios; con estas propiedades y con algunos puntos hallados directamente, es fácil su trazado.

Las galerías de fondo son pequeños túneles abiertos en la roca de una ó las dos laderas del desfiladero donde se sitúa la presa, por las que puede salir el agua de la inundación desde que empieza, ó antes si se la teme, y el vaso contiene agua para el

riego; sirven también para la limpia del vaso abriendo las compuertas de que están provistas, y el agua al salir con gran velocidad arrastra los tarquines depositados.

Nada tienen de particular estas galerías; pero las compuertas merecen algún examen, puesto que se trata de orificios de gran superficie y carga, y por esto se comprende que éstas y su disposición son acaso una de las mayores dificultades de un pantano.

Muchas disposiciones se han ideado para estas compuertas y su manejo, además de las empleadas en los antiguos pantanos españoles, compuertas de madera, metálicas, dobles con contrapresión, etc., movidas por variados mecanismos y aun empleando para ello la presión misma del agua; el proyecto del pantano de Valdeinfierno en que se proyectaron compuertas dobles movidas por el agua de un manantial muy elevado, se hizo un estudio bastante detenido de este asunto, proponiendo además otros medios auxiliares para hacer más eficaz la limpia. Entre otros, recordamos el empleo del agua de dicho manantial á gran presión para remover los barros no lejos del orificio; las acequias laterales al vaso, que viniendo al cauce por distintos y variables puntos formasen en la masa de los tarquines grandes surcos, como allí tiene lugar, y aun otros que ni mentamos ni describimos porque no caben dentro de los límites de este trabajo.

No queremos, sin embargo, pasar adelante sin recordar un hecho que puede tener útil imitación.

Sabido es que el muro de Valdeinfierno quedó sin terminar con una altura de 29 metros, y como quedase cerrada la compuerta de limpia los tarquines llenaron todo el vaso al cabo de muchos años en que las aguas tuvieron que saltar sobre la presa. Los regantes consiguieron abrir la galería, y el agua principió á salir por ella, y en diez y ocho ó veinte años ha vuelto á restablecerse el antiguo cauce, abriendo un inmenso surco en los tarquines depositados. La dureza adquirida por estos depósitos es parecida á la de la roca arcillosa, y los taludes del barranco abierto en ellos se conservan verticales; pero hay una avenida, este surco se llena de agua que remoja los tarquines, y al bajar y quedarse éstos sin apoyo, se producen grandísimos desprendimientos que dejan siempre taludes verticales, y los barros son arrastrados por la corriente.

De esta observación se desprende un procedimiento rápido para limpiar este vaso; que hubiera sido empleado á no haber otro pantano más abajo, que es el de Puentes, dé propiedad particular, y que recibiría estos tarquines, si antes no se combinaban con él las limpias de ambos. Cerrando la galería de fondo se llena en pocos días el barranco de los tarquines con sólo el agua ordinaria del río, que también en pocos días se reblandecen; pues bien, abriendo entonces la compuerta, se produce una avenida artificial que causa grandes derrumbamientos de tarquín, y su arrastre consiguiente, y como estas avenidas pueden repetirse muchas veces, al menos en el invierno, cada año pueden extraerse sin coste alguno enormes volúmenes de depósitos, conservando el vaso en condiciones aceptables de capacidad.

Volviendo á las compuertas y reduciendo éstas á sus ejes, digámoslo así, son un plano vertical de forma rectangular algo mayor que el orificio y que se mueve en su plano apoyada en guías á lo largo de sus lados verticales; la presión sobre ellas es enorme, y lo mismo el rozamiento que se desarrolla en sus guías con el movimiento que hay que vencer mediante complicados y costosos mecanismos; esto, unido á la facilidad con que el fango, piedrecillas ó alguna rama puede detenerse en las guías é impedir su movimiento, hace que el aparato no esté exento de inconvenientes verdaderamente graves. Las compuertas dobles suelen evitarlos algunas veces, pues con la combinación de sus movimientos puede conseguirse que cada una de ellas se haya movido sin carga momentos antes de abrir ó cerrar la galería; pero no es seguro el éxito y además exige la pérdida de tiempo y el aumento de trabajo; es, sin embargo, y á pesar del mayor coste, un perfeccionamiento, y así lo hemos propuesto para Valdeinfierno.

En el año último se remitió al Ministerio para esta obra un

proyecto de compuerta metálica de dos metros de superficie, con el que se suprime el rozamiento y también las guías, y evitando con ello sus inconvenientes; es sencillamente un carretón de plataforma vertical que se mueve sobre rodillos sueltos, apoyados en carriles sentados sobre el contorno vertical del orificio. La forma de éste es abocinado en sus tres lados, salvo el suelo, y la contracción de la vena fluida aumentada con este abocinamiento hace que los rodillos y los carriles estén siempre en seco, y por ello pueden registrarse y limpiarse en todo momento aun saliendo el agua.

Se comprende que esta disposición al transformar en rodadura el rozamiento con las guías, facilita extraordinariamente el movimiento de la compuerta y los mecanismos que ésta necesita, y evita los depósitos de barro, hierbas, etc. Este modelo no tiene aún la sanción de la experiencia, aunque uno semejante propuesto en el proyecto primitivo, se ha empleado en Híjar con buen resultado, según mis noticias. Acaso pudiera convenir ensayarlo en compuertas más pequeñas ó de toma, y aumentando en ellas progresivamente la carga y la superficie, pudieran corregirse los defectos que se notasen y llegar por fin á las grandes compuertas de limpia.

La toma de agua para riegos se hace en los pantanos dejando entrar el agua del vaso en un pozo vertical llamado torreón, que tiene muchas aberturas y está adosado al paramento interior de la presa.

Esta disposición costosísima tiene además otros inconvenientes, bien notados en algunos pantanos, y por esto se ha suprimido por completo en Valdeinfierno, llevando el pozo á la ladera; con lo cual éste y sus galerías tienen una resistencia incontestable y libran á la presa de vibraciones vivísimas que se producen en la compuerta y se transmiten á la obra. El pozo se comunica con el vaso por tres ó cuatro galerías horizontales situadas á diferente altura, y en su fondo tiene otra de desagüe con su compuerta; el pozo no llega al fondo del depósito, pues los 8 ó 10 metros de agua inferiores se destinan á la limpia del vaso y salen por la compuerta de fondo.

Demás está añadir que estas compuertas más pequeñas y con menor carga pueden ser parecidas á la descrita antes, y aun pudiera estudiarse un nuevo modelo propuesto en la Memoria de Valdeinfierno, en el cual se suprimen en absoluto las compuertas de toma de agua.

El aliviadero de superficie, abierto también en la roca de la ladera ó en las dos según los casos, y en dirección normal á la presa, es un cauce por el cual salen las aguas de las avenidas de importancia, supuesto que los desagües inferiores no bastan en estos casos para evitar que la obra sea rebasada. Debe tener, por consiguiente, gran longitud, y aun esto no bastará si su labio ó batiente no está dos ó tres metros más bajo que la coronación.

El gasto de un vertedero se expresa por la fórmula

$$Q = m L H \sqrt{H}$$

siendo L y H su longitud y altura y  $m$  su coeficiente experimental; depende, pues, de L y H, y conocido que sea Q, volumen que habrá de evacuar el vertedero, en la avenida máxima podremos determinar los otros dos.

Pero una sola ecuación no basta, y tenemos que proceder de la manera siguiente. Si tomamos para L el valor de 30 metros, por ejemplo, y 35 para la altura del batiente sobre el zócalo de la presa, y aplicamos el procedimiento antes descrito para la transformación de las avenidas, supuesto conocidos los desagües inferiores y la curva representante de la avenida máxima del río, obtendremos la curva de la avenida transformada, que si la sobreponemos á la anterior, de manera que coincidan en el origen, se cortarán, como allí dijimos, en el punto correspondiente al máximo de la evacuación de los desagües y también al mayor valor de  $x$ , altura máxima tomada por el nivel del embalse sobre el zócalo; si, pues, de  $x$  se restan los 35 metros mencionados, tendremos el valor de H.

Si el valor de  $x$  pudiera crecer indefinidamente, claro es que todas las avenidas posibles serían reducibles por un pantano; pero la presa no puede elevarse más allá de cierto límite, y en tal caso habría que aumentar la longitud L, aumentando con ello el máximo de la avenida transformada; y tal pudiera ser la natural, que los valores de L ó H diesen á los desagües el volumen del máximo, y entonces no se habría conseguido la reducción de éste.

No es fácil que esto llegue en los ríos de montaña ó de cuencas poco extensas, donde los pantanos tienen más racional aplicación; pero de todos modos, vemos por esta ligera discusión, que los valores de  $x$ , L y H están íntimamente relacionados entre sí, con las condiciones de la avenida máxima y con la forma y capacidad del vaso, y que para fijarlos con la conveniente discreción, forzoso será proceder por tanteos, fijándose bien en la variación que deben y pueden tener cada uno de ellos.

Así, la altura de la presa debe estar en relación con la forma del vaso y sus dimensiones con las aplicaciones del agua en la cuenca y con la reducción que se desea obtener en el máximo de la gran avenida; no perdiendo de vista que el volumen de la fábrica y las dificultades de todo género aumentan en gran proporción con la altura; sólo en circunstancias verdaderamente extraordinarias podrá llegarse al límite que alcanzan las de Puentes, el Villar y Valdeinfierno.

Tampoco conviene que el valor de H sea excesivo, porque significa una capa de agua, la más voluminosa de todas, perdida para los riegos, y que sin embargo, ha de ser guardada, siquiera por poco tiempo, con un aumento considerable en la altura de la presa.

Sólo el valor de L puede ser relativamente grande sin graves inconvenientes, siempre dentro de la necesidad de reducir en cierta medida el máximo de las grandes avenidas; mas para evitar grandes desmontes y sus gastos, conviene dar al vertedero una disposición especial semejante á la adoptada en Valdeinfierno.

El labio ó batiente del vertedero es allí la curva horizontal del embalse que en la ladera derecha está á la altura á que vierten las aguas; una vez que éstas han pasado el labio, vierten en un corto canal abierto en la ladera, paralelo á la curva y con pendiente hacia la presa, para tomar antes de llegar á ella una dirección normal y atravesar la ladera en trinchera.

Como el terreno es todo él de caliza en masas compactas, el canal tiene una gran pendiente, el agua toma en él gran velocidad y altura, y con un ancho reducido vierte al río en un caudal enorme.

Con esta disposición se ha podido adoptar un vertedero que se aproxima á 40 metros, con un desagüe que no pasa de 7 en su anchura, que es la parte verdaderamente costosa.

Terminaremos con una observación relativa á la época más conveniente para hacer la limpia de los pantanos. En los antiguos españoles se hace cada tres ó cuatro años, en espera de que los tarquines hayan adquirido la consistencia que exige el método empleado para abrir la galería; pero esta práctica, sobre ser peligrosa, quita capacidad al vaso, dificulta la limpia y se ha evitado con las nuevas compuertas.

La limpia debe ser anual, precisamente para que los depósitos no se hayan solidificado, y la época mejor es á principios de otoño. Para entonces los riegos terminan, viene la siembra de cereales, y el agua turbia de la limpia se emplea útilmente como abono y para dar á las tierras la humedad conveniente. Al mismo tiempo el pantano queda vacío y en la mejor situación para recibir y regularizar las avenidas de otoño, que son las más temibles, pudiendo con éstas y las aguas de invierno y primavera llenarse de nuevo.

Las compuertas de fondo acostumbran á colocarse á la entrada de la galería, pues colocadas al extremo opuesto, pudiera ésta llenarse de tarquines y dificultar el manejo de aquéllas. Esta disposición exige la apertura de otra larga galería paralela á la de desagüe, en la que se colocan los aparatos que mueven

las compuertas; es, pues, costosa y de dudosa utilidad en mi concepto, pues si los vasos se limpian anualmente, los barro no adquieren altura y compacidad para resistir la presión del agua, y son arrastrados por ésta; además, la compuerta debe levantarse un poco y con frecuencia, tanto para tener siempre limpia la galería, como la seguridad de que ha de moverse cuando lo exijan las circunstancias. El agua que así se pierde es poca, pues bastan para ello algunos minutos, y aun puede ser aprovechada; por otra parte, desde que el nivel del vaso ha descendido hasta la galería de toma más baja, el agua de riego tiene forzosamente que salir por la galería de fondo, y esta corriente continua impide la detención de los barro en la galería, y contribuye eficazmente á la limpia general del vaso.

RAMÓN GARCÍA.

## REVISTA EXTRANJERA

### La tracción eléctrica en el ferrocarril de Milán á Monza.

En la línea férrea de Milán á Monza, poblaciones separadas por una distancia de 18 kilómetros, se ha establecido un servicio de coches eléctricos, alternando con los trenes ordinarios de vapor.

El sistema adoptado es el de coches automóviles con acumuladores. No es este el sistema más económico, á causa del considerable peso muerto que hay que transportar y de los gastos de conservación y renovación de los acumuladores; pero es el único que permite que los coches sean completamente independientes de la línea, y, además, no exige instalación fija de ningún género á lo largo de la vía. Estas ventajas son muy importantes cuando, como en este caso ocurre, no se quiere aplicar la tracción eléctrica á todo el servicio de la línea, sino que han de circular por ella trenes de vapor y coches eléctricos.

Los coches eléctricos son del sistema americano, con dos carretones de cuatro ruedas cada uno. La caja tiene una longitud de 17,80 metros, y de 18,50 entre topes. Está dividida en cuatro departamentos, dos de primera clase (fumadores y no fumadores) de 8 y de 16 asientos, y dos de segunda de 16 y de 24 asientos. En las plataformas pueden ir de pie 24 viajeros. El coche puede, pues, transportar reglamentariamente 88 viajeros. Los asientos están colocados normalmente al eje del coche y dejando un paso central.

La entrada ó salida se verifica por las plataformas situadas en los dos extremos del coche.

El bastidor sobre que insiste la caja, y que lleva entre los largueros, ó debajo de éstos, casi todos los aparatos eléctricos, se apoya en dos carretones por medio de dobles suspensiones elásticas. Cada carretón tiene dos ejes, de los cuales solamente el exterior es motor. La separación entre las clavijas centrales de los carretones es de 12 metros; la distancia entre los dos ejes del carretón es de 2,63 metros.

Los largueros principales, los de los carretones y los traveseros son de acero.

Los acumuladores son del tipo Planté, y están formados por 130 elementos, repartidos, para mayor facilidad en su manejo, en 26 cajas colocadas á ambos lados del coche. Forman de este modo dos grupos de 65 elementos, que pueden enlazarse en serie ó en paralelo. En el primer caso, que es el más frecuente, se obtiene una tensión de descarga que varía entre 275 y 235 volts.

Pesan los acumuladores 17 toneladas y deben bastar para dos viajes de ida y vuelta entre Milán y Monza, ó sea para un recorrido de 52 kilómetros. Se ha comprobado que su potencia es excesiva y que pueden servir para tres viajes. Falta saber si ocurrirá lo mismo después de algunos meses de servicio y de varios miles de kilómetros recorridos.

Para evitar que penetren en el coche las emanaciones desagradables de los acumuladores, en lugar de colocarlos, como generalmente se hace, debajo de los asientos de los viajeros, se han colocado debajo del bastidor entre los dos carretones, en dos cajas de madera con portezuelas que, una vez cerradas, los protegen contra el polvo y la lluvia. Unos ventiladores pequeños colocados en la cubierta de los coches, aseguran la ventilación de las cajas durante la marcha.

El alumbrado del coche es eléctrico, pero para que la luz no experimente variaciones desagradables, se toma la energía necesaria de una batería especial de 12 elementos destinada á este objeto exclusivamente.

Esta batería va colocada en una de las dos garitas del conductor; en la otra van la bomba y el conmutador automático del freno Westinghouse.

El coche está iluminado por 16 lámparas repartidas en el interior de los distintos departamentos, dos en las plataformas y dos en las garitas del conductor.

Los motores eléctricos tetrapolares actúan sobre los ejes exteriores de los carretones por medio de un par de ruedas dentadas en la relación de 61 á 20; van cerrados, pero dispuestos de modo que sean fácilmente visitables, y desarrolla cada uno 50 caballos de vapor, ó sea 100 caballos para cada coche.

Los reguladores son dos, y van uno en cada garita. Están compuestos de dos cilindros con conmutación múltiple. El primero sirve para enlazar los electromotores con las baterías y el segundo para restablecer los circuitos é intercalar las resistencias para arrancar sin sacudidas, variar la velocidad, marchar atrás, etc.

Además del freno de mano, lleva el coche para mayor seguridad un freno de aire comprimido sistema Westinghouse bastante complicado, que se compone: de una bomba de aire movida por un motor eléctrico; de un depósito principal, otro secundario y cilindro con la válvula triple; de dos llaves de descarga fáciles de manejar por el conductor; de un depósito especial para aire comprimido destinado á hacer funcionar el silbato, puesto que se ha querido que los coches eléctricos hagan al personal de la vía y de las estaciones las mismas señales que las locomotoras; de un motor eléctrico que mueve la bomba, combinado de tal suerte que funciona automáticamente cuando la presión disminuye en el depósito principal ó en el del silbato, y de este modo estos aparatos están siempre dispuestos para funcionar.

El coche eléctrico es muy estable á causa de su buena construcción y de su peso, que siendo de 58 toneladas cuando está vacío, puede llegar á pesar con toda la carga 65 toneladas. La marcha es suave y regular, los arranques se hacen sin sacudidas, la flexibilidad para el paso de las curvas es perfecta.

La resistencia al movimiento no llega á 5 kilogramos por tonelada con una velocidad de 50 kilómetros.

La energía eléctrica la suministra una Sociedad que explota los tranvías, y abastece de fluido para el alumbrado en Milán, y que recientemente ha establecido en el Adda, en Paderno, una grandiosa instalación que produce 13.500 caballos de vapor. La energía eléctrica se transporta á Milán á 13.500 volts, y se distribuye en la ciudad á 3.500. Con este voltaje llega á la estación central, donde se la transforma en corriente continua de baja tensión (300 ÷ 350 volts) por medio de un motor de corriente alternativa trifásica que mueve directamente un dinamo de corriente continua.

Obtenida la corriente continua, se la transporta al taller de carga y revisión de los acumuladores. Estos se cargan sin sacarlos del coche. Para ello se intercalan en el circuito de la corriente continua, y las dos cajas en que van colocados se ponen en comunicación con una tubería por la que, por medio de un ventilador movido por un motorcito eléctrico, se aspiran los gases que se desarrollan durante la operación. Unos timbres automáticos avisan cuando los acumuladores han llegado á la carga completa. Esta operación dura hora y media próximamente.

Este ensayo de tracción eléctrica, si bien tiene importancia considerado técnicamente, la tiene acaso mayor desde el punto de vista de la explotación. Trátase, en efecto, de traer al camino de hierro el movimiento creciente en los alrededores de las grandes ciudades, y de darle las mismas ó mayores comodidades que le proporcionan los tranvías. En la línea Milán-Monza, se han rebajado los precios de la tarifa y se despachan los billetes en el coche, evitando de este modo á los viajeros las pérdidas de tiempo en los despachos de las estaciones.

Los resultados han sido excelentes. El servicio se inauguró el 8 de Febrero, estableciendo 11 trenes diarios de ida y vuelta. Ya se ha encargado la construcción de nuevos coches, por resultar insuficientes los dos que están prestando el servicio.