

|                                                             |                                 |
|-------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Ferrocarril de Borja a Cortes.....                          | No puede rebajarse el anticipo. |
| Ferrocarril de Haro a Ezcaray.....                          | 10 por 100.                     |
| Compañía del Ferrocarril de Luchana a Munguía.....          | No puede rebajarse el anticipo. |
| Bilbao a Lezama.....                                        | No puede rebajarse el anticipo. |
| Amorebieta a Guernica.....                                  | No puede rebajarse el anticipo. |
| Ferrocarril de Bilbao a Portugalete.....                    | 45 por 100.                     |
| Bilbao a Begaña.....                                        | No percibe anticipo.            |
| Funicular Archanda.....                                     | No percibe anticipo.            |
| Compañía Ferrocarril La Robla a Valmaseda.....              | 50 por 100.                     |
| Sociedad Industrias y Ferrocarriles (León a Matallana)..... | No percibe anticipo.            |
| Sociedad Minera de Villadrid.....                           | No puede rebajarse el anticipo. |
| Ferrocarriles Vascongados.....                              | 50 por 100.                     |
| Compañía Ferrocarril de Triano.....                         | No percibe anticipo.            |
| Compañía Ferrocarril Monte Igueldo.....                     | No percibe anticipo.            |
| Sociedad Minera Guipuzcoana.....                            | 25 por 100.                     |
| Sociedad eléctrica El Irati.....                            | 10 por 100.                     |
| Compañía del Ferrocarril del Bidasoa.....                   | 12 por 100.                     |
| San Sebastián a la frontera.....                            | 40 por 100.                     |
| San Sebastián a Hernani.....                                | 25 por 100.                     |
| Ferrocarril Cantábrico.....                                 | 60 por 100.                     |
| Astillero a Ontaneda.....                                   | 20 por 100.                     |
| Santander a Bilbao.....                                     | 100 por 100.                    |
| Económicos de Asturias y Arriendas a Covadonga.....         | 50 por 100.                     |
| Sociedad Vasco-Asturiana.....                               | 100 por 100.                    |
| Ferrocarril de Langreo.....                                 | 100 por 100.                    |
| Ferrocarril de Carreño.....                                 | No percibe anticipo.            |
| Ferrocarril de Mallorea.....                                | No percibe anticipo.            |
| Sociedad del Ferrocarril de Sóller.....                     | No percibe anticipo.            |

OBSERVACIÓN. — Los tantos por ciento de reducción del anticipo correspondientes al ferrocarril y minas de Berga (décimotercera Comisión), Sierra Alamilla (décimonovena Comisión), y Sestao a Galdames (vigésima Comisión) no se consignan por falta de datos. El Consejo Superior de Ferrocarriles los determinará previa la información necesaria.

Madrid, 31 de mayo de 1924.

## Revista de revistas

### Compuertas para presas de embalse

En el número correspondiente al 19 de mayo de 1923 de la *V. D. I. (Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure)* publica el ingeniero Dr. E. V. Willmann un artículo sobre compuertas de embalse, que resumimos en esta nota por considerar interesante su conocimiento.

Comienza el autor por hacer ligeras indicaciones sobre la dificultad de construcción de estas compuertas, las más de las veces de dimensiones exageradas, sometidas a grandes cargas de agua, y concebidas a la manera de las llaves de paso de las canalizaciones de agua a presión, con su cierre en forma de cuña, y supeditada su impermeabilidad a la acción de este cierre sobre sus guías, bajo la influencia de la presión del agua del embalse.

Indica que cuando estas compuertas alcanzan más de 800 milímetros de diámetro y el embalse alturas de más de 20 metros se ha llegado a comprobar en ellas defectos considerables y resistencias en su funcionamiento que obligan a aplicar esfuerzos superiores a los que se habían prescrito en el cálculo, siendo máximas estas resistencias durante la apertura de los obturadores a un tercio de su recorrido, seguramente debido a la influencia de la corriente del desagüe; y cita como ejemplo el caso de las compuertas de la presa de Marklissa, de 1,100 metros de diámetro, que al principio de su apertura bastaron dos hombres para maniobrarlas, y al descubrirse sólo 0,40 metros precisaron en los tornos de maniobra el esfuerzo máximo de cuatro operadores. Llama también la atención sobre las vibraciones que se producen en estos cierres, escasísimas al principio de la apertura y final de la obturación, pero que a  $1/3$  o a  $1/4$  de su recorrido alcanzan valores tan intensos, que, primeramente, alteran los elementos de impermeabilidad y llegan a amenazar, final-

mente, la estabilidad de la mampostería en que aquel cierre se apoya y hasta producir en muchos casos rotura de las placas que constituyen la compuerta.

Como las necesidades del servicio obligan de ordinario a mantener las compuertas en una posición de apertura intermedia, las vibraciones llegan a hacerse peligrosísimas, y este grave inconveniente ha obligado a estudiar tipos nuevos de cierre, en los que se han tratado de corregir los mencionados defectos.

Ludin, en su obra *Die Wasserkrafte*, cita ejemplos de compuertas concebidas con esta idea; la de segmentos propuesta por Bachmann, las cilíndricas equilibradas aplicadas en las presas americanas de Croton y Aziscolhos y la propuesta por Thurnau de tipo deslizante, que puede producir diferentes secciones de paso por su disposición en forma de diafragmas, de elementos móviles, semejantes a los empleados en los objetivos fotográficos modernos, que permiten reducir paulatinamente la sección de paso en relación con el caudal que se desee suministrar a la zona o canal alimentado.

Pero en toda esta clase de construcciones el problema principal es la impermeabilidad del cierre. En la compuerta de segmento, la forma de la sección de paso no parece la más favorable para este fin; la compuerta cilíndrica es de construcción y conservación cara, y en la propuesta por Thurnau no dejaría seguramente de presentar en la práctica dificultades de importancia.

Por lo que se indica anteriormente, parece conveniente comprobar en las compuertas planas de forma sencilla una disposición mejorada de su funcionamiento con la que puedan evitarse los defectos señalados. El de mayor gravedad lo constituye, como ya se ha dicho, las vibraciones que se producen como consecuencia de la formación de torbellinos al paso del agua por la

sección reducida, y que dan lugar en la compuerta parcialmente abierta, a una serie sucesiva de impulsiones y aspiraciones.

En las compuertas ordinarias, la disposición de cierre no es la más conveniente para resistir estos defectos, puesto que los obturadores deslizan sencillamente en ranuras o guías de fundición que no pueden impedir se produzca en ellas con el uso un cierto juego en su movimiento.

El modo más elemental de evitar las vibraciones sería, por tanto, construir una disposición de guías sin juego posible alguno, lo que sólo podría conseguirse adaptando al cierre, en el hueco de deslizamiento de la compuerta, una serie doble de rodillos de fricción colocados entre el cuerpo de la compuerta y las guías de ranura en que ésta desliza y en dos filas distintas, una delantera y otra posterior, a los bordes del tablero móvil. Para lograr que en estas condiciones no sea posible juego alguno, y sobre todo para llegar a evitarlo, en el caso en que por su continuo funcionamiento se produjeran desgastes en las partes en rozamiento, sería necesario que una de las filas de rodillos fuera regulable a voluntad. Y aun en el caso en que las guías no fueran susceptibles de juego alguno, los esfuerzos locales producidos por el paso del agua habrían de influir desfavorablemente en aquéllas, aunque las citadas vibraciones no existieran.

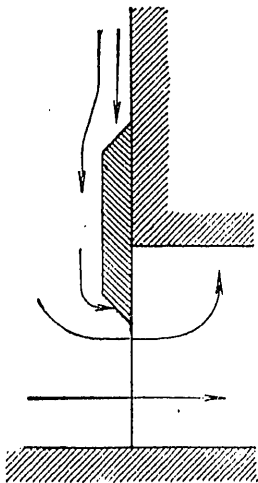


Fig. 1.ª

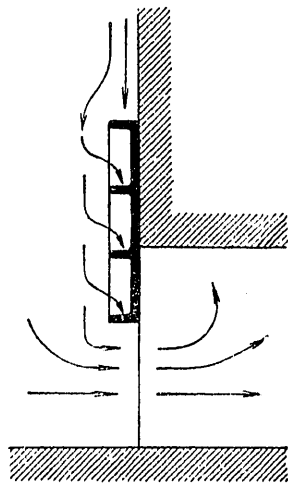


Fig. 2.ª

Por esta razón, cuando las guías no tengan juego alguno, debe tratarse de disminuir en lo posible la formación de remolinos al paso del agua, que son los que dan lugar al cambio de presiones e impulsiones y, en definitiva, a la producción de vibraciones.

La formación de estos remolinos proviene, en parte, de la forma de la sección libre al paso del agua en las posiciones medias de las compuertas. Se ha comprobado que en el caso de sección libre en forma de lúnula la formación de remolinos es más intensa y que, en cambio, se reduce notablemente en el caso en que la compuerta termina inferiormente en forma recta, disposición que además es preferible por consideraciones de resistencia de los materiales. El borde inferior de la tapa de compuerta, que en obras de importancia alcanza grandes espesores, debe disponerse en la forma indicada, como se representa en la figura 1.ª Esta disposición no sólo favorece al paso de la corriente, sino, como más adelante se indica, hace disminuir las resistencias que se oponen a su movimiento.

Otras de las desventajas comprobadas al analizar las grandes compuertas planas son las resistencias que se producen al hacer su maniobra. Son éstas debidas a las siguientes causas:

1.ª Al peso propio de las compuertas y sus varillas de acción.

2.ª Al rozamiento que se produce entre la compuerta y sus guías de movimiento.

3.ª A los esfuerzos complementarios producidos por el paso de la corriente.

Para dar una idea de la participación que cada una de estas causas tiene en el esfuerzo total que debe producirse para hacer la maniobra de estos cierres, hace observar el autor que, según Bachmann, en el caso de la ya referida compuerta de 1,100 metros de anchura del embalse de Marklissa, el peso propio de la misma, incluso las varillas de maniobra, ha sido de 1,40 toneladas; las resistencias debidas al rozamiento alcanzan el valor de 5 toneladas, y las que corresponden a los esfuerzos producidos por el paso del agua llegan a la cifra de 6 toneladas. Como el peso propio puede compensarse fácilmente disponiendo convenientemente contrapesos, puede no tenerse en cuenta.

Respecto a la resistencia producida por el rozamiento, varía según la presión del embalse, transmitida a las guías por la compuerta, y con la naturaleza de los materiales de que éstas están constituidas.

Este defecto no se ha conseguido disminuirlo en las correderas planas con modificaciones en su forma; por tanto, parece conveniente el emplear guías de rodillos, que, evitando las vibraciones del cierre, reduzcan los rozamientos a su menor valor o al más favorable posible.

El problema no parece augurar lisonjeros éxitos, si se tiene en cuenta la enorme presión de agua que existe en los grandes embalses; pero parece acertado, como primera providencia, dar a los trenes de rodillos disposiciones que permitan reducir las resistencias de rozamiento, por ejemplo, construyendo los ejes de los rodillos con diámetros grandes y reducir en cambio el cuerpo de los rodillos o la superficie de rodadura de los mismos.

Con esta disposición, aunque el rozamiento de los ejes es elevado, puede reducirse en cambio la resistencia de rodadura de los rodillos sobre sus guías de movimiento y hacer que valga ésta hasta 1/3 de la que se comprueba en los tipos corrientes de compuertas.

Como dato indica el autor que en un embalse de 30 metros de altura y en una compuerta de 2 metros de diámetro, que disponga de una superficie expuesta a resistencias de movimiento por valor de 3,50 metros cuadrados, la producida por rozamiento, supuesto este coeficiente de 0,15, sería:

$$3,5 \text{ m}^2 \times 30 \text{ m} \times 0,15 = 15,75 \text{ toneladas,}$$

mientras que en las mismas condiciones, con guías de rodillos de 24 centímetros y ejes de los mismos, de 10 centímetros de diámetro, con un coeficiente de rozamiento en estos ejes de 0,10 y otro de rodadura de los rodillos de 0,005, este valor es tan sólo:

$$\frac{3,5 \text{ m}^2 \times 30 \text{ m} \times 0,10 \times 5}{12} + \frac{3,5 \text{ m}^2 \times 30 \times 0,005}{12} = 4,42 \text{ toneladas}$$

Los esfuerzos adicionales sufridos por las compuertas son debidos a la acción de la corriente de agua, y esencialmente se traducen en un aumento de la presión estática efectiva de aquel líquido sobre el borde de la compuerta, y en otras presiones, hacia abajo, que obran sobre el borde superior del bastidor y, accidentalmente, sobre algunos de los nervios transversales de refuerzo de la placa de la compuerta (figura 2.ª).

La presión estática sobre la superficie de la compuerta aumenta durante su apertura, porque, a causa del efecto de aspiración de la corriente de agua, se produce tras la placa de la compuerta una presión inferior, que puede evaluarse en un 30 por 100 de la

presión estática; de manera que esta presión estática sufrida por la compuerta debe entrar en el cálculo con un valor aproximado de 1,30 por 100.

En el ejemplo que se cita sería, por tanto, el aumento de las resistencias que se producen en la maniobra

$$15,75 \times 0,30 = 4,72 \text{ toneladas}$$

para el caso de guías de deslizaderas; y

$$4,42 \times 0,30 = 1,33 \text{ toneladas}$$

para el caso de guías de rodillos.

Las presiones que se producen sobre los elementos horizontales de la placa de la compuerta quedan anuladas en el caso de la compuerta cerrada, debido al efecto de la presión hidrostática que obra por todos lados; pero tan pronto como se inicia la apertura de la compuerta se produce una corriente líquida, debida a la presión de arriba a abajo, mientras que, simultáneamente, por la parte baja de la compuerta, actúa sólo una presión en dirección de la corriente (fig. 2.<sup>a</sup>).

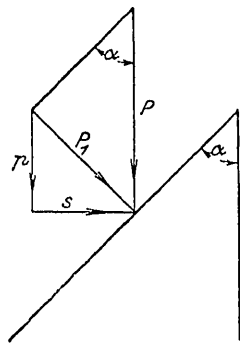
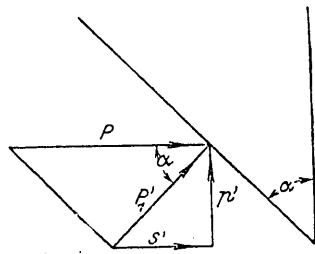
La subpresión queda descartada desde luego, y la presión hidrostática se transforma por completo en velocidad.

En el ejemplo elegido, por razones de resistencia, se ha dado a la compuerta un espesor de 0,25 metros; de modo que la presión superior debe repartirse sobre una superficie de  $0,25 \times 2 = 0,50 \text{ m}^2$ , y P. valdrá, por tanto, aproximadamente, unas 15 toneladas, valor que hasta puede ser superado cuando la compuerta esté abierta y provista de nervios de refuerzo.

Para evitar estos esfuerzos tan extraordinariamente desfavorables debe construirse el cierre de la compuerta por el lado de la presión del agua, con disposición plana, y tanto el borde superior como el inferior de la compuerta en forma achaflanada, como indica la figura 1.<sup>a</sup>.

De esta manera, la fuerza que sobre ella actúa en dirección hacia abajo será parcialmente efectiva, y su influencia escasa, a causa de la corriente, y si se dispone el borde inferior con forma horizontal, se hace parcialmente favorable para la acción de la subpresión.

La componente de la fuerza elemental de la corriente, P, que queda con acción efectiva, es tan sólo  $P_1 = P \sin^2 \alpha$  (fig. 3.<sup>a</sup>), que para el ejemplo citado y para una inclinación de  $\alpha = 45^\circ$  vale 7,35 toneladas.

Fig. 3.<sup>a</sup>Fig. 4.<sup>a</sup>

Pero, debido al paso de la corriente, actúa contra esta fuerza una subpresión  $P_1' = P \sin \alpha \cos \alpha$  (figura 4.<sup>a</sup>), que para nuestro ejemplo y el mismo valor de  $\alpha = 45^\circ$ , es igualmente de 7,35 toneladas.

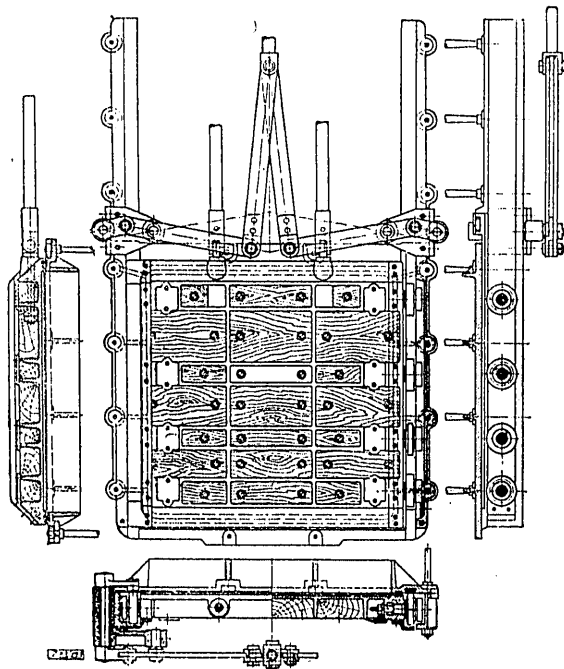
Se ve, pues, que se equilibraría la subpresión producida por la corriente si no quedara existente la fuerza lateral de dirección horizontal, originada por la disposición indicada de la superficie de la compuerta.

Esta fuerza efectiva, que debe considerarse como carga adicional sufrida por la superficie de la compuerta, vale  $s = P \sin \alpha \cos \alpha$  para la parte supe-

rior y  $s' = P \cos^2 \alpha$  para la parte inferior, y es en el caso de nuestro ejemplo  $7,35 + 7,35 = 14,70$  toneladas.

Los esfuerzos estáticos que sufre la superficie de la compuerta aumentan por esta causa en un 14 por 100, y el valor de las resistencias al movimiento, en la misma proporción, debiendo entrar en el cálculo con un valor de  $0,14 \times 15,75 = 2,20$  toneladas cuando las guías son corredera, y con el de  $0,14 \times 4,42 = 0,62$  toneladas para guías de rodillos.

Si se comparan ahora las resistencias al movimiento que se producen en una compuerta plana construida por el método ordinario y otra bien construida de las dimen-

Figuras 5.<sup>a</sup> a 8.<sup>a</sup>

siones elegidas, se obtiene, en el primer caso, un valor de  $15,75 + 4,72 + 15 = 35,47$  toneladas, mientras que en el segundo el valor es tan sólo de  $4,42 + 1,33 + 0,62 = 6,37$  toneladas.

En los dos casos citados se ha prescindido del peso propio de la compuerta porque se ha supuesto que estaba equilibrada.

Se ha indicado al principio de esta nota que la impermeabilidad de la compuerta se realiza, por lo general, mediante la influencia de la presión producida por el agua sobre las guarniciones en forma de cuña de la tapa sobre el marco de la abertura.

Esta disposición, necesaria para mantener la impermeabilidad del cierre, tiene la positiva ventaja de su sencillez, pero la desventaja efectiva de ser precisa al principio de toda maniobra la aplicación de esfuerzos muy considerables para vencer los rozamientos de deslizamiento producidos en todo su contorno.

En el caso de una compuerta de construcción ordinaria este efecto no tiene gran importancia, porque durante las demás maniobras se producen otras resistencias, cuya importancia es notablemente superior al esfuerzo adicional necesario para iniciar el movimiento.

En el de guías provistas de rodillos y de formas especiales la resistencia inicial de la maniobra alcanzaría realmente un valor extraordinariamente grande. En el ejemplo a que siempre nos referimos sería de 15,75 toneladas iniciales contra 6,37 toneladas durante el resto de su movimiento.

Este defecto podría remediarse si se llevaran a su contacto las superficies de impermeabilidad, mediante un movimiento de aproximación de la placa de cierre sobre su asiento, al terminar el movimiento de obtu-

ración; o a la inversa, que antes de producirse la apertura de la compuerta se separara previamente la placa de obturación de su superficie de asiento.

En el artículo de la revista alemana se cita como ejemplo de lo expuesto una compuerta construida según este principio, y que se representa en las figuras 5.<sup>a</sup> a 9.<sup>a</sup>, que hemos tomado del texto alemán, y que ha sido fabricada en los talleres de construcciones metálicas *Geigersche Fabrik*, de Karlsruhe, destinada a los desagües de fondo de un pantano de Guatemala.

La figura 9.<sup>a</sup> representa las guías de los rodillos de esta compuerta, desprovistos de juego alguno, y que están dispuestos de modo que pueda realizarse cuanto se ha indicado anteriormente. Tienen estos obturadores dos series de rodillos, de los cuales la serie *a* se apoya sobre la vía de rodadura *c*, de manera tal, que quede la compuerta asegurada en su posición contra toda separación o juego posible respecto a su asiento; la serie de rodillos *b* rueda sobre la guía *d*, que impide el juego o separación de la compuerta hacia adelante.

Los rodillos de la serie *a* son de menor diámetro que los de la serie *b*, con objeto de que aquéllos no

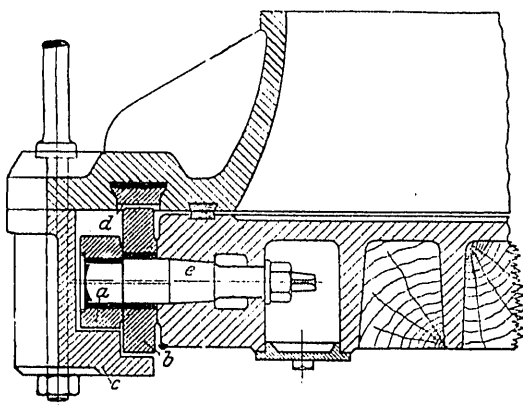


Fig. 9.ª

puedan tocar la superficie de guía de éstos últimos; y esta disposición permite que cada serie de rodillos pueda girar en su correspondiente guía de movimiento sin entorpecerse mutuamente, a pesar de que pueda en ellos producirse un movimiento de giro en sentido contrario.

El ajuste de estas piezas se ha logrado alcanzar de manera sencilla y perfecta, montando los dos rodillos en un eje único, *e*, y los extremos de los ejes o pernos están torneados excéntricamente, para poder recibir los rodillos de la serie *a*.

Para que la colocación de los rodillos se haga sin que se origine juego o movimiento alguno entre la compuerta y el bastidor, basta hacer girar los pernos alrededor de su eje de figura, maniobra que se realiza sin dificultad alguna, dada la forma como están montados, con sólo aflojar la tuerca de amarre.

En las figuras 5.<sup>a</sup> a 9.<sup>a</sup> se detalla la construcción de la placa corrediza de la compuerta. Los bordes superior e inferior son rectos, y su sección transversal dispuesta con chaflanes inclinados a 45°; el cuerpo lleva nervios de refuerzo y tacos de madera alojados en los huecos que aquéllos forman, para disponer en la compuerta una superficie exterior plana continua.

Con el fin de que lo mismo al principio que al final de las maniobras de apertura y cierre quede la compuerta en contacto íntimo con su marco para mantener la impermeabilidad necesaria se han dispuesto los elementos de la compuerta de la manera siguiente: la pieza interior *d* del marco de la compuerta, que constituye el camino de rodadura de los rodillos del lado de la fábrica del muro, dispone de carriles móviles, alojados en ranuras practicadas en el marco de la com-

puerta, con forma de cola de milano, que, como puede verse en las figuras 5.<sup>a</sup> a 9.<sup>a</sup> y 10 y 11, permiten un deslizamiento longitudinal en un cierto límite en estas ranuras, para lo cual están revestidas de guarniciones de bronce.

La cara exterior de estos carriles, en los puntos donde corresponden las posiciones de los rodillos cuando la tapa de la compuerta está en su situación de cierre completo, dispone de unas pequeñas escotaduras, *d'*, en forma de arco de círculo por su parte inferior, y rectas, según pequeños planos indicados por la parte superior.

Al deslizar los citados carriles móviles de rodadura hacia abajo, las escotaduras dispuestas bajo los rodillos se trasladan igualmente de lugar, y las partes inclinadas de aquéllas obligan a estos rodillos a separarse de su primitivo plano de contacto y, por tanto, a levantar la tapa de la compuerta de su asiento o superficie de impermeabilidad.

Al hacer la maniobra de la compuerta y levantarse ésta, como los rodillos están dispuestos de modo que se hallen separados entre sí a iguales distancias, se alojarán de nuevo en las siguientes escotaduras de los carriles de rodadura, y, por tanto, la tapa de la compuerta se dispondrá otra vez sobre la superficie de impermeabilidad del marco.

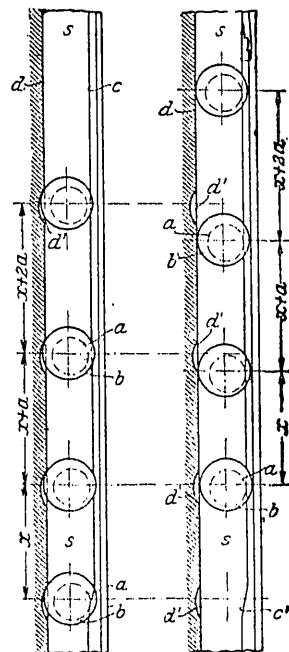
En el tipo de compuerta Geiger aún se ha modificado la colocación y separación de los rodillos de manera que queden anulados los rozamientos de deslizamiento que se producen en su maniobra, disponiendo aquéllos a distancias diferentes entre sí, como se indica en las figuras 10 y 11, y se explica con detalle en el artículo.

Los carriles móviles de rodadura se accionan de maneras diferentes. Según indican las figuras 5.<sup>a</sup> a 8.<sup>a</sup>, el movimiento se realiza por medio de levas maniobradas desde la coronación de la presa mediante transmisiones de sectores dentados y tornillos sin fin.

Cuando la carga de agua es inferior a 25 metros, pueden construirse las compuertas con disposiciones más sencillas y más económicas, que no precisan carriles móviles de rodadura; pero en cambio es necesario un esfuerzo grande durante un corto tiempo, algo superior al normalmente aplicado para deslizar la tapa sobre los rodillos, y que es debido a las resistencias producidas por el giro y la traslación simultánea de los rodillos sobre las guías oblicuas de las escotaduras y al rápido levantamiento de la tapa de la compuerta sobre su marco de asiento.

El análisis del tipo descrito de compuerta Geiger demuestra que el obturador plano es la forma más sencilla de cierre aplicable a los embalses y que es susceptible de construirse, satisfaciendo a todas las condiciones especiales a que obligan las elevadas presiones que han de sufrir en obra.

Indicaremos además, como positiva ventaja de esta clase de obturadores, la sencillez de su montaje, puesto que no debilita en nada la resistencia del muro de embalse al no precisar galerías ni huecos de importancia para su servicio.



Figuras 10 y 11