

cuencia de ráfagas de distintas intensidades en un lugar determinado ha de ser muy útil para nuestros trabajos profesionales.

Respecto a la variación de la intensidad del viento con la altura parece ser que la fórmula clásica

$$p_h = p_1 \sqrt[7]{h} \dots (h \text{ metros})$$

da valores inferiores a la realidad. Schmidt, como resultado de sus recientes estudios experimentales, propone la fórmula

$$p_h = p_1 \sqrt[4,5]{h}$$

Una vez bosquejado el aspecto meteorológico, vamos a decir algunas palabras sobre la parte aerodinámica.

Se produce un viento cuya velocidad es conocida, y queremos determinar su acción sobre una estructura. Desde la época de Newton se admite la fórmula

$$P = \frac{1}{2} c \frac{r}{g} v^2 S$$

donde c es un coeficiente de forma, r el peso específico del aire, g la aceleración de la gravedad y S el área de la cuaterna maestra. Suponiendo

$$\frac{r}{g} = \frac{1}{8}$$

se comete un error despreciable. En el caso de una superficie prismática de sección cuadrada y longitud indefinida, es $c = 2$.

Hoy sabemos que dicha resistencia no es debida a choque alguno, pues principalmente está producida por la desviación de las partículas flúidas y, en los casos de régimen turbulento, por la formación de dos frentes, uno de sobrepresión anterior al obstáculo, y otro de depresión posterior. La presión unitaria

$$p = \frac{1}{2} \times 2 \times \frac{1}{8} v^2$$

antes citada es resultante de estas dos acciones, que en ciertos casos pueden ser iguales, y entonces una de ellas valdrá

$$p_1 = \frac{1}{16} v^2$$

Los ensayos sobre modelos reducidos han demostrado plena eficacia en este problema. El laboratorio Aerodinámico de Gotinga ha realizado una obra admirable, que patentiza la necesidad de reformar los Reglamentos vigentes. Holanda acaba de redactar un proyecto de prescripciones sobre la acción del viento,

y probablemente no tardarán en imitar este ejemplo otros países.

Las orientaciones modernas empiezan señalando una velocidad fundamental donde se resumen las características meteorológicas de cada lugar. Este valor debe deducirse combinando las observaciones realizadas mediante un criterio mixto de seguridad y economía. En general, oscila entre 33 y 50 m por segundo. En sitios abrigados puede aceptarse sin riesgo $v = 25$ m/s.

Una vez establecida la velocidad de cálculo, podemos obtener la presión teórica media P_t , cuyo valor resume los elementos locales independientes del tipo de estructura que pretendemos calcular. Después necesitamos un factor de forma m , obtenido mediante ensayos sobre modelos reducidos. Con este motivo habrá que articular metódicamente la multitud de casos prácticos posibles, de manera que destaque cierta unidad doctrinal a través del casuismo inevitable, cuando se pretende reflejar fielmente una cuestión muy compleja.

Se ha comprobado también que la presión sobre un elemento de la estructura puede ser mucho mayor que el valor medio referido a una superficie más amplia, y conviene desglosar aquellas partes afectadas de distinto modo por la acción del viento.

Tratándose de una viga armada y viento normal a su plano, el coeficiente m varía entre 1,6 y 1,2. El primer valor corresponde al caso de vigas con celosía o recuadros poco espesos,

$$\left(\frac{S_u}{S} \leq 0,20 \right)^1$$

y el segundo, a vigas espesas,

$$\left(\frac{S_u}{S} \geq 0,40 \right)$$

Quando existe un segundo plano paralelo, tendremos otra acción que varía entre el 50 y el 75 por 100 del empuje sobre el plano anterior. Este porcentaje es función de la distancia entre ambos planos y del cociente $\frac{S_u}{S}$.

Como los nuevos valores difieren bastante de los usuales, tanto por exceso como por defecto, es decir, unas veces con riesgo para la estructura y otras con quebranto económico, es lógico suponer que la revisión de los viejos Reglamentos se extenderá pronto a todos los países.

FEDERICO ALICART
Ingeniero de Caminos

¹ S es la superficie plana limitada por el contorno de la viga y S_u la parte cubierta por las barras.

Presa de Hoover

Sobre el río Colorado (Estados Unidos)

I

Se está construyendo en los Estados Unidos, sobre el río Colorado, la magna presa de Hoover, de importancia y trascendencia no igualadas hasta el día, y

que creemos será muy difícil superarlas en porvenir lejano.

Hasta ahora, las presas construídas de 100 m o más de altura, de las que tenemos conocimiento, son las siguientes:

Nombre de la presa	Nación	Altura máxima	Clase de la presa
Sautet.....	Francia.	135 m	Bóveda. (En construcción.)
Owyhee.....	E. U....	131 "	Bóveda-gravedad.
Diablo.....	E. U....	120 "	Bóveda.
Pacoima.....	E. U....	118 "	Bóveda.
Grimsel.....	Suiza....	115 "	Bóveda-gravedad.
Wäggital.....	Suiza....	112 "	Gravedad.
Pardee.....	E. U....	107 "	Gravedad.
Sarrans.....	Francia.	105 "	Gravedad. (En construcción.)
Arrowrock.....	E. U....	105 "	Gravedad.
O'Shaughnessy.	E. U....	104 "	Gravedad.
Camarasa.....	España..	103 "	Gravedad.
Esla.....	España..	100 "	Gravedad.

Altura de la presa y dificultades para su proyecto y construcción.—La presa de Hoover va a tener 222 metros de altura. Al salvar en ella tan grande escalón, todos los problemas a que puede afectar esta construcción se complican extraordinariamente. No han bastado, por lo tanto, para este caso, los conocimientos que la ciencia y la experiencia han acumulado con anterioridad, y ha sido preciso investigar dentro de la esfera de las matemáticas, de la elasticidad, de la hidráulica, de la geología, de la física, etc., y a más de esto, proceder a múltiples ensayos en modelos, a analizar nuevas clases de cementos, imponiéndoles condiciones caloríficas de fraguado; a proyectar nuevas modalidades hidráulicas, mecánicas y constructi-

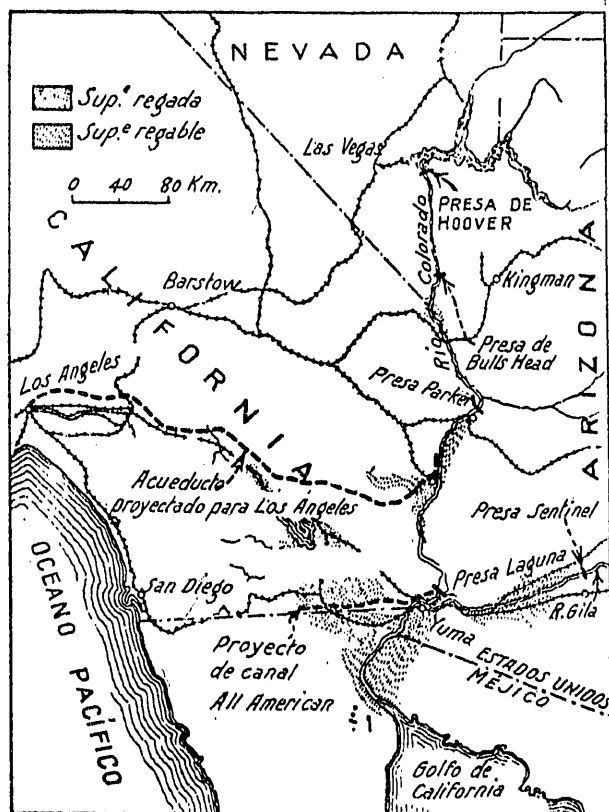


Fig. 1. Mapa del territorio afectado por la presa Hoover

vas, etc.; a ensanchar, en fin, el radio de acción de los conocimientos ingenieriles, que luego habrán de aprovechar para otras obras de análoga o menor importancia.

Diez años para decidir la construcción y tramitar el expediente.—Desde hace muchos años se venía tratando en los Estados Unidos, en reuniones, confe-

rencias y revistas, de la posibilidad de aprovechar el río Colorado en el cañón que lleva su nombre, entre los Estados de Arizona y Nevada, para la construcción de una alta presa (fig. 1). Pero eran tantos los intereses que entraban en juego, que no solamente afectaban a varios Estados de Norteamérica, sino a Méjico, que riega terrenos con aguas del Colorado, y que, por convenio anterior y por el paso a través de dicha nación de las aguas que riegan los valles de Yuma e Imperial, tenía derecho a la mitad de las derivadas, que la solución armónica era difícilísima. Se llegó, por fin, a ella en noviembre de 1922, con protesta del Estado de Arizona. Y desde dicha fecha se han venido concretando las diversas modalidades del proyecto, después de múltiples consultas, informes y decisiones del Gobierno, hasta que se dió comienzo a los trabajos en septiembre de 1930 con el del ferrocarril que construyó el Estado para unir la red existente con las obras.

Fines de las obras.—Los fines que se persiguen con esta magna construcción son varios, como corrientemente ocurre con las hidráulicas de alguna importancia: 1.º, protección de riadas; 2.º, mejora de la navegación; 3.º, regulación del río; 4.º, suministro de agua para riegos; 5.º, abastecimiento de poblaciones; 6.º, producción de energía eléctrica.

Lo más importante del primer punto es defender el valle Imperial (California) junto a la frontera mejicana. Allí el río corre por un canal sobre un ancho delta, quedando 60 m por encima del valle. La rotura de los diques causaría en poblaciones y terrenos cultivados grandísimos daños, como ocurrió en 1903 y 1905. La abundancia del caudal sólido que arrastra el río se calcula en más de 160 000 000 de m³ al año (unos 250 por km² de cuenca), y hace que el cauce en el delta vaya sucesivamente elevándose.

Con el agua que se almacene en la presa se podrá regar cerca de un millón de hectáreas, especialmente en California, para lo que se construirá el canal All American. En la actualidad en el valle Imperial se riegan unas 21 000 hectáreas.

El abastecimiento de poblaciones limítrofes se mejorará. Los Angeles y otras ciudades de gran crecimiento demográfico miran al río Colorado como último recurso. Se calcula que para este fin serán necesarios unos 40 m³/s.

Al pie de la presa se construirá una gran central hidroeléctrica, capaz de producir un millón de caballos de vapor.

Ubicación de la presa.—La elegida, previo informe de una Comisión de ingenieros y de geólogos, fué la zona conocida con el nombre de Black Canyon. Esta Comisión dictaminó además que el proyecto de la presa debía sujetarse a normas de prudencia; que el canal All American era factible; que la energía hidroeléctrica podría absorberla el sur de California, y que el coste aproximado de las obras sería de 165 millones de dólares (al cambio de 12,5 son 2 013 millones de pesetas).

Las laderas en las que se ha de apoyar la presa y asentar las demás obras están formadas por roca volcánica muy compacta (andesita). La perforación, terminada, de los túneles de desviación del río han confirmado, mejorando, las buenas condiciones de compacidad y resistencia que los análisis previos hicieron presumir.

Zona desértica y calurosa.—Las dificultades inhe-

rentes a la construcción de tan importante obra se multiplicaban, por estar el punto de su ubicación en terreno desértico, a 48 km de distancia del poblado más próximo, y por los rigores de la temperatura. El calor en verano llega a 57° C. En los comienzos de las obras, alojados los obreros en albergues provisionales, este calor determinaba una falta grande de rendimiento en el trabajo.

Vías auxiliares.—Las primeras actividades se concentraron en la construcción de 95 km de ferrocarril de vía ancha, parte a cargo del Estado, y el resto (41 kilómetros) de la entidad contratista. Se construyeron además 40 km de carretera por el Estado de Nevada para unir la ciudad de Las Vegas con Boulder City, población obrera que nació para proporcionar

Altura de la presa, 222 m.
Capacidad del embalse, 36 000 millones de metros cúbicos.
Longitud del embalse, 185 km.
Contorno del embalse, 885 km.
Superficie cubierta por el agua, 162 km².
Cuenca afluente, 630 000 km².
Espesor en la coronación de la presa, 13,70 m.
Idem en la base, 200 m.
Longitud de la coronación, 360 m.
Planta curva: radio del estradós en la coronación, 152,50 m.
El radio aumenta hasta en la base, que es de 186 m.
Máxima carga de trabajo del hormigón, 32 kg/cm² a la compresión y 8 kg a la tracción.
Volumen de excavaciones, 4 400 000 m³.
Volumen de fábrica de hormigón en la presa, 2 600 000 m³.
Idem en otras obras, 700 000 m³.
Atagüas de desviación del río durante la construcción de la presa: la de agua arriba, de 29 m de altura (de tierra y escollera), con pantalla de 15 cm de hormigón armado, prolon-

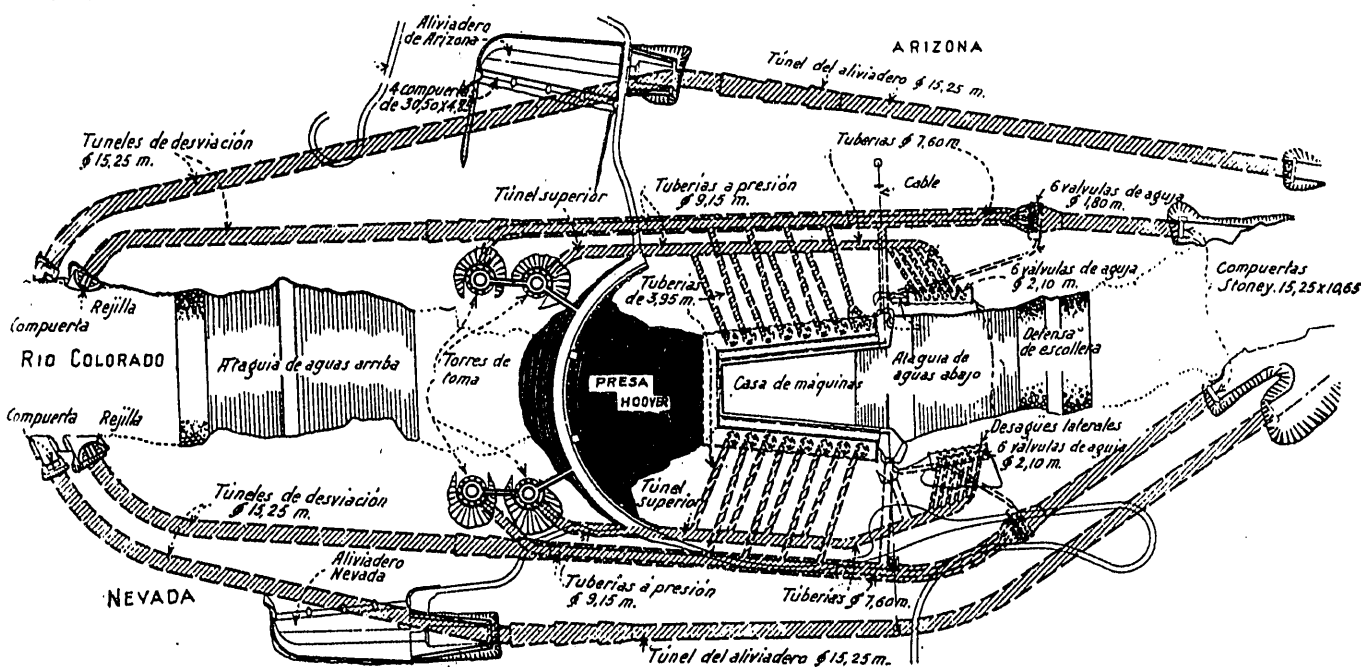


Fig. 2. Plano general de la presa Hoover con las construcciones auxiliares

cómodo alojamiento a la masa de personal afecto a las obras, y que se situó a 12 km de éstas. El Estado construyó el ramal de carretera de dicha longitud; y la Sociedad contratista unió por diversas vías los puntos finales del ferrocarril y carretera con los diversos tajos de las obras.

Boulder City.—Esta población se ha construido con capacidad inicial de 5 000 habitantes y con todas las características de ciudad moderna: calles pavimentadas, abastecimiento de agua, saneamiento, luz, iglesias de varias Confesiones, hospitales, Centros de reunión y esparcimiento, etc. La Sociedad contratista construyó centenares de pequeñas casas, una por familia, aparte de dormitorios y comedores generales. Era exigencia del pliego de condiciones de la contrata el que el 80 por 100 del personal obrero residiese en Boulder City.

Energía eléctrica.—La línea eléctrica, de 360 kilómetros de longitud, a 132 000 voltios, que suministra fuerza para los trabajos, se construyó en doscientos veinticinco días. Esta línea, una vez terminada la central de pie de presa, servirá para el transporte de energía de ésta.

Características de la obra.—La figura 2 indica las diversas partes constructivas de la solución adoptada. Los datos característicos son los siguientes:

gada con tablestacas metálicas de 12 a 15 m de longitud. Volumen de esta presa en tierras, 430 000 m³; en roca, 120 000 m³. La atagüa de agua abajo, de 18 m de altura, con barrera de roca agua abajo de ella de análoga altura, para protegerla contra la erosión de las aguas salientes de los túneles de desviación.

Túneles de desviación: cuatro (dos por ladera), de longitud media de 1 200 m. Todos ellos, de 16,80 m de diámetro en la perforación en roca, y al revestirlos con 0,90 m de espesor de hormigón darán 15 m de luz.

Dos aliviaderos (uno por ladera), capaces cada uno para 5 500 metros cúbicos; el segundo desaguando en los dos túneles exteriores, que antes habrán servido para desviación de las aguas.

Cuatro tomas de agua en torres de 120 m de altura (dos por ladera).

Cuatro tuberías generales de toma de agua para la central y riegos, de 9 m de diámetro.

Central en forma de herradura, con un ala en cada ladera. Cada ala contendrá seis unidades, con sitio para ocho. Las dimensiones de cada ala serán 150 m de longitud, 20 de luz y 25 de altura. Capacidad de potencia, 1 000 000 de CV.

Plazo máximo de ejecución, siete años, que se han reducido a seis con el progreso actual de las obras.

Capacidad del embalse.—La enorme cifra de capacidad del embalse, de 36 000 millones de metros cúbicos, queda muy lejos de las mayores conseguidas hasta ahora: 5 000 millones para la presa de Asuan, una vez terminada la elevación de la presa a 34 metros; 3 165 millones en la presa de Elephant Butte

(Estados Unidos); 2 800 millones en la presa de Salduda (Estados Unidos). En España, la presa del Esla, de Saltos del Duero, con 100 m de altura de presa, conseguirá 1 180 millones de metros cúbicos; y análogo embalse, con aproximadamente igual altura, tendrá la presa de Cijara.

La capacidad indicada se presta a una regulación interanual. Se tenían pocos datos de aforos. La estación más cercana, agua arriba, dista 440 km, y el caudal medio anual que pasó por ella en el río entre los años 1923 y 1929 es de 19 000 millones de metros cúbicos.

Factor importante para la determinación de esta capacidad fué el caudal sólido que arrastra el río, y que irá mermando aquélla al sedimentarse. Se calcula que esta aportación sea del orden de 160 millones de metros cúbicos al año. Con la construcción de embalses agua arriba, este volumen se reducirá nota-

blemente, corriendo a su cargo el suministro de todos los materiales, excepto la arena, grava y bloques; materiales aquéllos que colocará sobre vagón en Boulder City. Todos los elementos auxiliares para la construcción serán a cargo del contratista. Durante el período de construcción de las ataguías y perforación de los túneles, los riegos de riada serán de cuenta del contratista; pero, una vez terminadas aquéllas y éstos, los daños de las riadas correrán a cargo del Estado.

Se presentaron tres proposiciones, y la adjudicación se hizo a la entidad que presentó oferta más baja, que fué la denominada Six Companies Incorporated (Unión de seis Sociedades especializadas). La contrata se adjudicó en abril de 1931, siendo la fianza definitiva 5 000 000 de dólares (10 por 100 de 50 000 000, importe de la contrata).

Los trabajos los comenzó la Sociedad constructora antes de la fecha de adjudicación, y a los seis meses había trabajando 3 000 obreros.

Presa.—La presa fué calculada por el procedimiento conocido por "Trial Load", que en esencia consiste en suponer la presa dividida por rebanadas horizontales y verticales. Se hace una repartición hipotética entre las ménsulas y los arcos de los esfuerzos a que ha de resistir la presa. Se encuentran las deformaciones, por ménsulas y arcos, que en cada punto han de ser iguales; al no serlo se repite el tanteo tantas veces como es necesario, hasta encontrar la aproximada igualdad. Los esfuerzos tenidos en cuenta para este cálculo han sido: presión hidráulica, efectos de deformaciones radiales por ménsulas, por deformaciones por variaciones de temperatura, por fraguado del hormigón y por el ambiente, esfuerzos cortantes transversales en arcos y ménsulas, esfuerzos tangenciales entre arcos, esfuerzos de torsión y los debidos a deformaciones en la roca de cimentación y en los estribos. Se investigaron, además, los efectos del empapamiento de agua de los poros del hormigón en el paramento de agua arriba, el coeficiente de Poissons, las variaciones del módulo de elasticidad y la no lineal repartición de esfuerzos entre las dos caras de la presa.

El cálculo se ha sometido a la comprobación en modelo reducido. De este ensayo se ocupó la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, en su número del 1 de diciembre de 1932, artículo del Sr. Fernández Casado, y allí se podrán ver las satisfactorias comprobaciones. El arco interior se forma, y parte de los esfuerzos son transmitidos a los estribos, dando valor al método de cálculo antes indicado.

El perfil transversal proyectado para la presa es el que se indica en la figura 3.

Disposiciones para aminorar los efectos de las variaciones de temperatura en el fraguado.—Un problema de alta importancia, que hay que abordar en la construcción de la presa, es el debido a la elevación de temperatura por el fraguado del hormigón y la posterior radiación del calor almacenado con la consiguiente contracción. Este problema, que en las presas corrientes se resuelve con las juntas transversales de contracción, en la de Hoover, con las grandes masas que hay que colocar en poco tiempo (2 600 000 m³ en 34 meses) y con los grandes espesores de ella, la eliminación del calor tardaría muchísimos años.

Para aminorar extraordinariamente este mal se ha

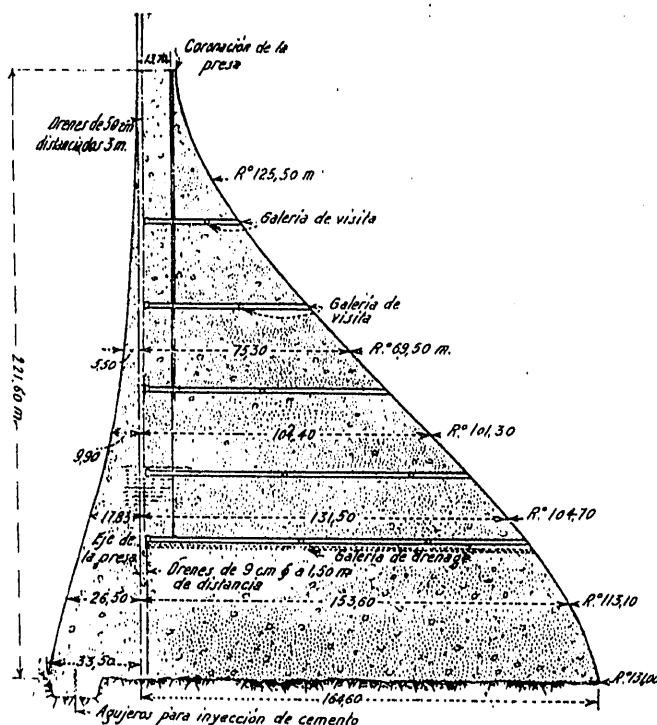


Fig. 3. Sección transversal máxima de la presa Hoover

blemente, y se estimó que en los cincuenta años en que se supone el período de amortización de la obra, la disminución de capacidad será inferior a 3 600 millones de metros cúbicos.

Cuenca afluente.—La importancia de la cuenca afluente (630 000 km²) salta a la vista. Supera a la superficie total de España (504 000 km²), y a la de Francia (536 000 km²).

La máxima riada aforada es de 8 500 m³/s. (Hay, como hemos dicho, escasez de observaciones.) El caudal mínimo aforado es de 160 m³/s.

Volumen de hormigón.—Del cubo total de hormigón que se va a emplear da idea el tener en cuenta que entre todas las presas que en veintiséis años ha construido Reclamation Service, suman un total volumen de 3 358 000 m³, aproximadamente el mismo que va a emplearse en la presa de Hoover (unos 3 300 000 metros cúbicos). Se puede calcular que este volumen de hormigón sería el necesario, aproximadamente, para construir una población de 90 000 habitantes.

Concurso para las obras.—El Gobierno hizo un

apelado a tres medios: 1.º, disposición de juntas de contracción transversales y longitudinales; 2.º, refrigeración del hormigón, impidiendo la elevación ex-

No se han determinado aún las clases de cemento a emplear en la presa y su dosificación.

Refrigeración del hormigón.—Se conseguirá por circulación de agua a través de tuberías, de 2 1/2 y 3 pulgadas, embebidas en el hormigón, sumando una longitud de tuberías de 240 km. Las tuberías formarán sistemas de bucles que, en longitud, cada sistema alcance, como máximo, 500 m. La instalación tendrá la capacidad suficiente para rebajar en 4º C 150 litros por segundo. La refrigeración debe actuar hasta que la temperatura del hormigón sea inferior a 22º C en los termómetros que quedarán embebidos en la presa. El agua se hará circular a los seis días de colocado el hormigón. La temperatura de aquella será superior a 2º C. La distancia entre los tubos será de 3,50 m en horizontal y 3 en vertical. Cerca de 16 000 piezas de dilatación de tubos se emplearán para cruzar las juntas de contracción de los bloques.

Empleo de dos clases de cementos.—Se preconiza el empleo de un cemento de invierno y otro de verano. Para que la elevación de temperatura no sea muy grande se hacen inves-

tigaciones y experiencias variando la composición de aquéllos. El cemento de empleo estival, de menos

cesiva de la temperatura; 3.º, empleo de cementos especiales que den relativamente escaso calor de fraguado.

Con la disposición de juntas de contracción indicada, la presa quedará por ellas dividida en una serie de bloques verticales de 15 m de lado, como se indica en la figura 4 (en planta y cortes), y en la figura 5 (en perspectiva esquemática). Las caras de agua arriba y de agua abajo serán verticales y de forma cilíndrica, siguiendo la curvatura de la presa. Las otras caras serán paralelas al río hasta 90 m por encima de la cimentación; curvadas, en los 90 metros siguientes, y radiales, en el resto.

Se dispondrán agujeros para inyección en las juntas verticales de los bloques, en sistemas de 30 m de altura. La presa será inyectada por cada 30 m de elevación.

Colocación del hormigón.—El hormigón se colocará, en cada bloque, en capas de espesor máximo de 1,50 m, de modo que no más elevación que dicha altura se permitirá en cada bloque en 3 días, ni más de 10,50 m en 30 días. En cualquier momento dos bloques no deben diferir en altura en más de 10 m.

La colocación del hormigón en la presa debe empezar en 1 de julio de 1933 y terminar antes del 1 de abril de 1936, lo que representa un volumen medio diario de 2 600 m³. Pero, para llegar a esta media, será preciso alcanzar en muchos días cifras de 5 000 a 6 000 m³. En esta colocación del hormigón no se permitirá el empleo de canaletas. El hormigón será plástico, rayando en seco; descenso en el ensayo de "Slump Test", de 7,50 cm.

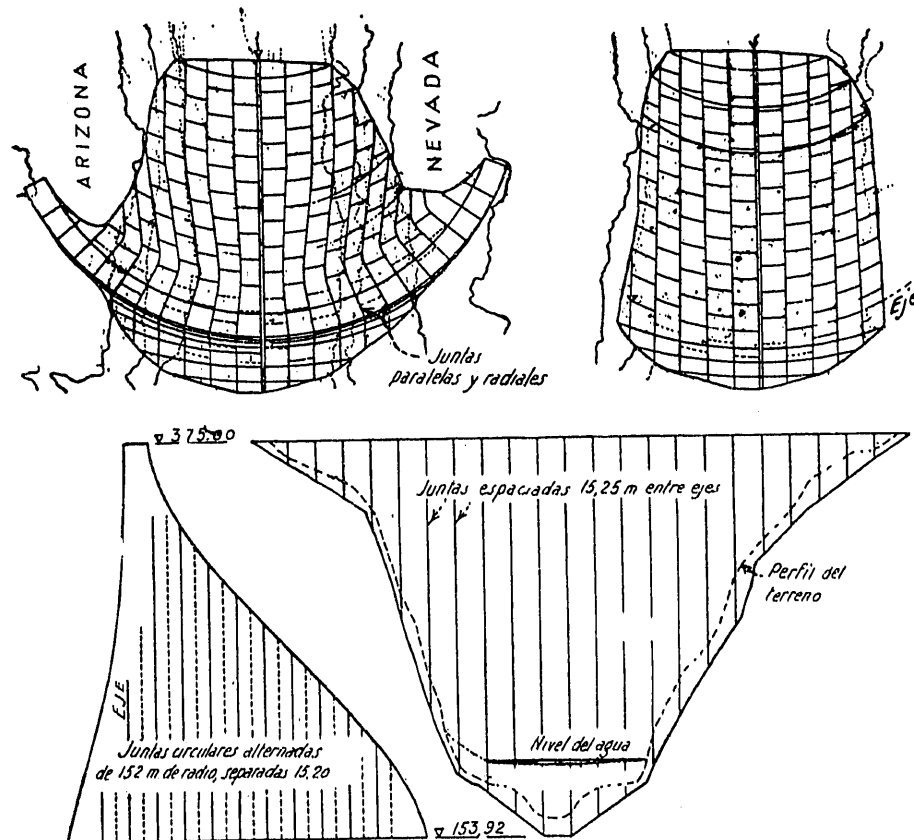


Fig. 4. Plantas y secciones transversal y longitudinal indicando las juntas de contracción

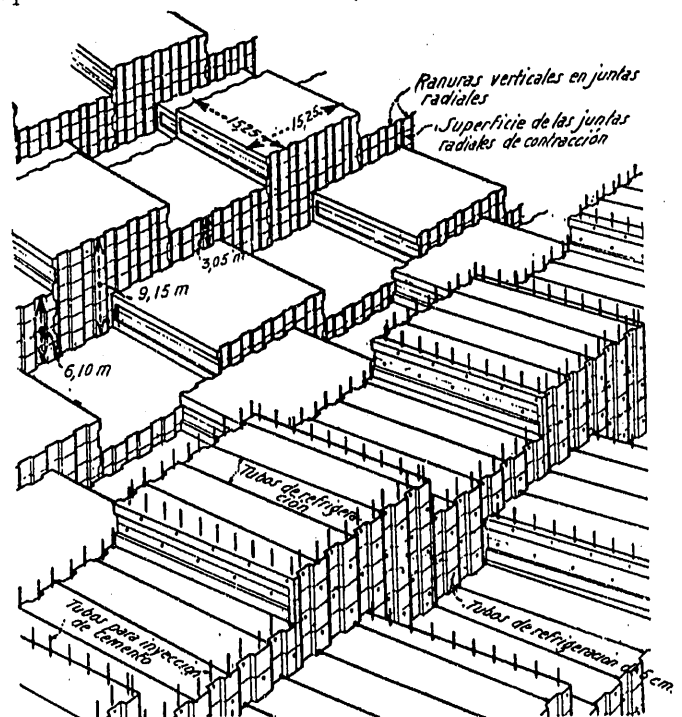


Fig. 5. Esquema de los bloques constructivos y de las juntas de contracción

desarrollo de calor, tendrá menos aluminato tricálcico (límite máximo, 5 por 100) que el de empleo in-

vernal (el límite de éste, 8 por 100). Se imponen también límites para el silicato tricálcico (menos del 60 por 100 para el cemento estival). (*Engineering News-Record*, 10 noviembre 1932, pág. 558.)

Para los ensayos de hormigones se han establecido dos laboratorios en Denver, con instalación de equipos especiales para investigaciones térmicas, y de presas hidráulicas para pruebas, pudiendo llegar a 200 atmósferas de presión y emplearse cilindros de 90×180 cm.

Inyecciones.—Tanto en el rastrillo de la presa como en los estribos y aliviaderos se harán inyecciones de cemento. En el primero distarán los agujeros 1,50 m, y las profundidades serán variables, esperándose que no superen a 45 m.

Galerías de drenaje.—Se dejará una galería de drenaje en la masa del hormigón junto a los estribos, y siguiendo el perfil transversal de la presa

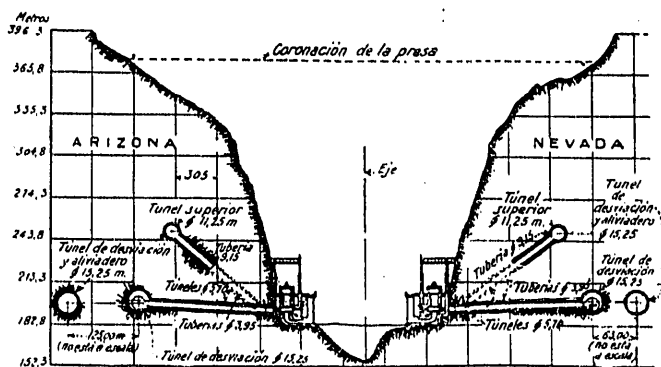


Fig. 6. Sección transversal del Cañón del Colorado por el sitio de la casa de máquinas, indicando la disposición de los túneles y tuberías

unos 2 m agua abajo de su eje, desde la que se harán los agujeros de inyección, distantes 1,50 m.

Unos 15 m agua abajo del pie de la presa se construirá una galería, apoyada en la roca y a través de los aluviones aglomerados con cemento, que servirá de dren, y las aguas recogidas se elevarán con bombas que tendrán una capacidad de 600 litros por segundo.

Túneles de desviación del río.—Esta desviación se consiguió en noviembre de 1932 con la perforación de los túneles, dos en cada ladera, y con una ataguía provisional de escollera y tierras; esto permitirá la construcción de las dos ataguías definitivas que antes se indican. Estos túneles tienen revestidos una luz libre de 15 m, siendo su sección circular, y longitud media, cada uno, de 1 200 m.

De estos cuatro túneles, los dos más alejados del río, uno en cada ladera, servirán para desagüe de los aliviaderos de superficie, a cuyo efecto, agua arriba de la unión del pozo inclinado con el correspondiente túnel se construirá un taponamiento de hormigón, y para ello en cada boca de entrada se dispondrá una pantalla de acero de 1 500 toneladas de peso y de 15×15 m de ancho y alto, que se bajará para impedir la entrada de las aguas.

Aliviaderos.—Cada uno tendrá 195 m de longitud y quedarán coronados por cuatro compuertas de $30 \times 4,80$ m.

Torres de toma de aguas.—Las tomas de agua se efectuarán por cuatro torres de unos 120 m de altura y de 20 a 24 m de diámetro exterior. Estas tendrán dos series de vanos, una cerca de la base y otra en la parte media, controlados, cada serie, por una válvula cilíndrica de 9,60 m de diámetro. En caso de necesidad se podrá manejar la válvula inferior con carga de más de 90 m.

Tuberías.—De cada una de estas torres, y de su base, partirá una tubería de acero de 9 m de diámetro. Las dos que parten de las torres más alejadas de la presa se alojarán en los túneles que sirven para la desviación de las aguas y que quedan más cerca del río. Las otras dos tuberías, que tienen su origen en las dos torres más cercanas a la presa, se colocarán en dos túneles, de 11,10 m de diámetro, perforados a unos 57 m por encima, como se puede ver en la figura 6. El espacio comprendido entre el tubo y la roca se rellenará de hormigón en los túneles de 11,10 m de diámetro; no así en los otros, en los que la tubería quedará soportada por camas de hormigones y caballetes metálicos.

Son, pues, cuatro las tuberías de 9 m de diámetro, dos por cada ladera. De cada una de ellas, y para conexión con las turbinas por frente a la casa de máquinas, partirán cuatro ramificaciones (en total, 8 para cada ala de la casa de máquinas) de 3,90 metros de diámetro. Las cuatro tuberías generales siguen agua abajo de estas ramificaciones, reduciendo su diámetro de 9 a 7,50 m. Las dos tuberías superiores se ramifican cada una en seis, de 2,55 m de diámetro, terminando en un muro en la ladera y cerrándose con otras tantas válvulas de aguja de 2,10 m de diámetro. Las dos tuberías inferiores siguen después de las ramificaciones de las turbinas, terminando análogamente en un muro-tápon dentro del túnel general, y bifurcándose cada una en otras seis, que se cierran con otras tantas válvulas de aguja de 1,80 m de diámetro.

José LUIS GOMEZ NAVARRO
Ingeniero profesor de la Escuela

BIBLIOGRAFIA

- "Controlling the Colorado", *Engineering News-Record*, 1930, 6 febrero.
- "Controlling the Colorado", *Engineering News-Record*, 1930, 25 diciembre.
- "Rushing the Power Line to Hoover Dam Site", *Engineering News-Record*, 1931, 25 junio.
- "Driving the 50 Ft. Tunnels for Hoover Dam", *Engineering News-Record*, 1932, 16 junio.
- "Record Size Cableway for Hoover Dam", *Engineering News-Record*, 1932, 6 octubre.
- "Hoover Dam Penstocks", *Engineering News-Record*, 1932, 21 julio.
- "Construction Equipment for Hoover Dam", *Civil Engineer*, 1932, noviembre.
- Varios artículos en *Engineering News-Record*, 1932, 15 diciembre.
- "La Diga Hoover et il raffredamento dei calcestruzzi", *Energia Elettrica*, 1932, agosto.
- "Le barrage Hoover", *Le Génie Civil*, 1932, 12 noviembre.
- "La presa Hoover en el río Colorado", *Ingeniería y Construcción*, 1932, pág. 668.
- "La presa de Hoover sobre el río Colorado", *Ingeniería Internacional*, 1933, enero.