

se produzcan depresiones, es la superficie teórica que adoptaría un chorro líquido saliendo al vacío por un orificio practicado en pared delgada. Para conductos circulares, el coeficiente de contracción es de 0,6, y la generatriz de la embocadura (fig. 45-2) puede sustituirse por un cuarto de elipse, $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$, siendo los semiejes: $a = 0,55 D$ y $b = 0,1455 D$, donde D es el diámetro del conducto. En orificios alargados, sin contracción lateral, el perfil del chorro, con un coeficiente de contracción de 0,6, puede también sustituirse por cuartos de elipse con semiejes: $a = 1,10 h$ y $b = \frac{h}{3}$, siendo h la anchura de conducto, o si por uno de sus lados no existe contracción,

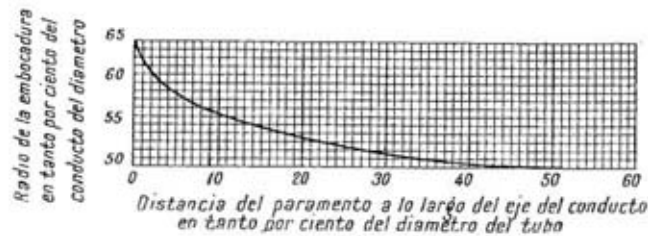


Fig. 45-2. — Embocadura ideal para conductos circulares.

el doble. En las tomas profundas, o en las que por existir contrapresión fuerte, no existe peligro de cavitación, se puede aceptar un coeficiente de contracción de 0,7 en lugar de 0,6, con lo que se reduce la obra de la embocadura.

En los conductos de alimentación de turbinas que atraviesan el cuerpo de la presa, siendo generalmente circulares, se suelen cerrar en el paramento de la presa por compuertas rectangulares, de mayor altura que ancho, por razones económicas, debiendo efectuarse la transición de la sección rectangular a la circular, procurando que las velocidades vayan incrementándose continuamente y que el ángulo divergente que formen las paredes laterales con el eje no sea mayor de $5^{\circ} 30'$.

Cuando el conducto deba quedar inclinado con respecto al paramento de agua arriba de la presa, conviene que su entrada sea normal a aquél y que el centro de gravedad de sus secciones siga la trayectoria parabólica que describía un chorro partiendo del centro de la entrada, sometido a una presión que, según ensayos, se ha encontrado ser el 87,7 por 100 de la altura de agua sobre dicho punto. A partir de cada punto de esta curva, se tomarían a ambos lados el semiespesor de la lámina, calculado lo mismo que para el caso de conducto recto, para obtener los paramentos del conducto.

Es conveniente que, tanto la solera ante la toma como la estructura de la rejilla, diste del centro de la entrada más de $0,8 h$.

En la figura 45-3 se representa una embocadura típica de conducto de alimentación de turbinas, en la que puede observarse que primeramente se

realiza la contracción en sentido horizontal y después de la compuerta se realiza la contracción en sentido vertical y la transición a sección circular.

Aducción de aire a los desagües. — Conviene llevar aire exterior a todos aquellos puntos en que se pueda producir una depresión; es decir, inmediatamente agua abajo de toda toma de agua que no desemboque directamente en la atmósfera; con ello se suprime o se disminuye el vacío, y los fe-

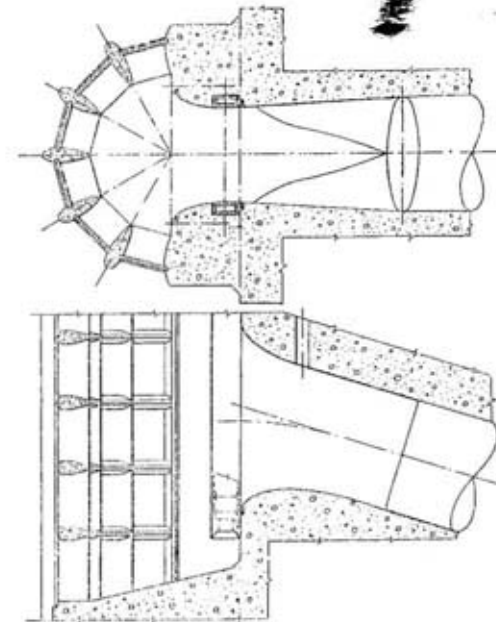


Fig. 45-3. — Embocadura de conducto circular con compuerta rectangular en su entrada.

nómenos de cavitación no se presentan o tienen escasa importancia. Esta aducción de aire habrá de ser tanto mayor cuanto más carga de agua tengan las compuertas, y es frecuente que las tuberías de aducción tengan diámetros de 30 a 40 cm. En la toma de la presa de Davis Bridge (*E. N. R.*, 1924, primer semestre, página 144) el tubo de aducción de aire tiene 1,20 m. de diámetro. De la velocidad con que el aire acude a llenar dicho vacío da idea el accidente ocurrido en la presa de Elephant Butte, y que se cita en *Les Grands Barrages en Maçonnerie aux Etats Unis*, de M. DESGOUÉ (página 65), ocurrido en 1917: dos hombres que pasaban por la galería a donde desembocabá el conducto de aspiración fueron arrastrados por la succión de aire y precipitados contra la rejilla, y sus cadáveres no pudieron ser retirados de ésta hasta después del cierre de las compuertas.

En los Estados Unidos, el Bureau of Reclamation recomienda, para evitar los fenómenos de cavitación agua abajo de las compuertas deslizantes, disponer conductos de aireación, cuyo diámetro viene dado por las curvas de la figura 45-4, en función del diámetro de la compuerta y de la carga de agua. En caso de ser las compuertas rectangulares, la aireación debe ser la misma que la precisa para un conducto circular de sección equivalente.

Reparto de presiones en los desagües.— En los conductos de sección uniforme y horizontales que desembocan en la atmósfera, debido a los rozamientos, la presión aumenta desde ser nula a la salida, hasta la entrada.

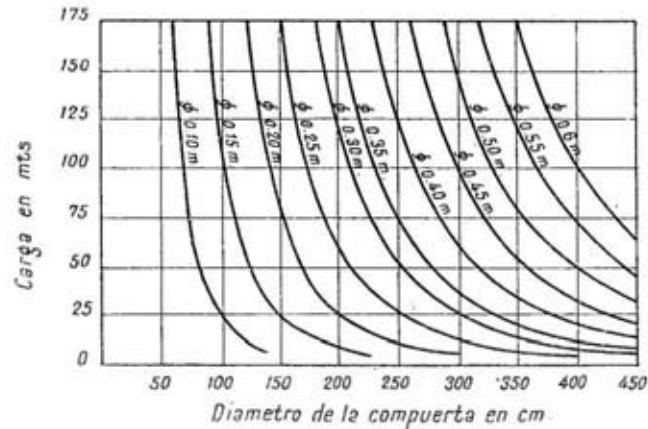


Fig. 45-4.— Diámetro de los conductos de aducción de aire.

Sin embargo, en los desagües que desembocan en el vertedero de la presa, para evitar el despegue del chorro con respecto al paramento, se suelen curvar en su proximidad, descendiendo rápidamente, lo que tiene como consecuencia que se aumenta el desagüe, pero desciende la línea piezométrica, que puede cortar o acercarse al conducto con peligro de cavitación.

En los desagües de la presa Norris, a pesar de haberse estudiado cuidadosamente la embocadura, se oyeron ruidos durante su funcionamiento, debidos a fenómenos de cavitación agua abajo de las compuertas, con destrucción parcial del blindaje metálico a continuación de las ranuras de compuertas y de pequeñas irregularidades de la chapa, debido a que, al ser pequeñas las presiones en esta zona, cualquier incremento de velocidad daba lugar a depresiones (*Transactions of A. S. C. E.*, 1947). Después de reparar las averías, se evitaron nuevas cavitaciones, estrangulando las salidas de los conductos, precaución que se ha venido tomando en todos los desagües con inclinaciones fuertes, a pesar de que con ello se reduce la capacidad del desagüe.

Conveniencia de dos cierres en cada desagüe.— Si cada desagüe quedase controlado sólo por un cierre, un desperfecto ocurrido en éste inutilizaría aquél. Si la toma no pudiese abrirse, no cumpliría su fin. Si, estando abierta, no pudiera cerrarse, saldría inútilmente agua del embalse. Esto se evita colocando en cada toma dos cierres en serie. Uno, el de agua arriba, que se llama de seguridad, y que en explotación normal debe quedar o completamente cerrado o abierto; y otro, el de agua abajo, de regulación, que puede quedar parcialmente abierto. Los dos cierres con mecanismos dispuestos para poderlos mover con la máxima carga de agua supuesta.

Si ocurre una avería en el cierre de seguridad, quedando calado el de regulación por medio de un *by-pass* que comunique la cara de agua arriba de aquél con la cámara que quede entre los dos cierres, se equilibran las presiones en las dos caras del de seguridad y habrá más facilidad para levantar o bajar éste. Si la avería ocurre en el cierre de regulación, se puede bajar el de seguridad, dar salida al agua entre los dos, por otro *by-pass*, y entrar a revisar aquél.

Se puede prescindir de doble cierre en aquellos casos en que las tomas son múltiples, en que unas pueden suplir a las otras, y en el que queda una de ellas sin poderse cerrar y saliendo agua por ella no tenga importancia, por tener que dejar correr agua abajo de la presa un caudal de aguas superior al que pueda pasar por dicha toma averiada. El punto de colocación de los cierres puede ser: ya junto o cerca del paramento de agua arriba o de agua abajo, o en punto intermedio. A los efectos de dejar libre acceso a la tubería que atraviese la presa, para corregir cualquier desperfecto en ella y las filtraciones que puedan presentarse por su contorno, es conveniente colocar el primer cierre junto al paramento de agua arriba. Esta situación es particularmente aconsejable en ríos torrenciales en los que se originen sedimentos que puedan llegar a taponar la tubería en la época en que están los cierres calados, y luego, al abrirlas, no se consiga por dicho taponamiento el paso del agua.

En el cierre junto al paramento de agua arriba los mecanismos elevatorios hay que colocarlos o en lo alto de la presa o en el interior de ésta, en una cámara encima del cierre. La primera solución es corriente, pero costosa. La segunda lo es menos; pero dicha galería sí, para el fácil manejo de los mecanismos, se hace amplia, debilita la presa. Las dos soluciones se adoptan.

La solución de los cierres junto al paramento de agua abajo da facilidad de acceso a ellos, y bajo coste. Se adopta esta última ubicación muchas veces para el segundo cierre, el de regulación, y tiene además la ventaja en los servicios en que el agua vierte al cauce, que, descargando en la atmósfera, no se forma depresión.

Rejillas ante los desagües.— Es preciso evitar la entrada de cuerpos que, arrastrados por el agua, pueden ser una dificultad para el cierre de los desagües. Estos cuerpos pueden quedar acodados junto a ellos y, al ser solicitados por la velocidad de las aguas, determinar esfuerzos que tiendan a producir desperfectos. Esto se evita, como indicamos, al tratar de las tomas de agua para las turbinas, en canales de nivel libre, colocando rejillas.

Pero las circunstancias de unas y otras rejillas son diferentes. En las de los canales, aquéllas quedan a pocos metros por debajo del nivel del