CAPÍTULO III

ESCALA VERTICAL O DE POZO INTERMITENTE

Vamos a estudiar ahora otra aplicación del frenado hidráulico en un tipo de escala cuya denominación, *escala de pozo,* queda justificada a primera vista. Supongamos dos depósitos, A y B, yuxtapuestos, que contienen agua a distintos desniveles, z y Z, respectivamente, y que están alimentados por el caudal Q el primero y por el φ el segundo (fig. 4.ª). Como el nivel de B es superior al de A, pasará una cierta cantidad de agua de B por la sección anular C D, y al mismo tiempo otra cantidad de líquido, procedente de A y de B, saldrá por la sección circular E F de área s, con una velocidad u. Llamemos, como siempre, δ al peso específico del agua; g, a la aceleración de la gravedad, y designemos por S_0 y S las áreas de las plantas de los depósitos B y A; tendremos, evidentemente, que si en el depósito B el nivel sube $d\,Z$ durante el tiempo $d\,t$, por C D habrá pasado un volumen de agua

$$\varphi\, d\, t - S_0\, d\, Z,$$

y como en C D existe la presión $\delta\, z$, quedará un trabajo libre

$$\delta\,(Z - z)\,(\varphi\, d\, t - S_0\, d\, Z);$$

pero para que en el depósito A, alimentado por el gasto Q, suba al nivel $d\,z$ en el mismo tiempo, habría que suministrarle un trabajo que, teniendo en cuenta que por E F sale un caudal S u a la velocidad u, será:

$$\delta\, z\,(Q\, d\, t + S\, d\, z) - \frac{\delta\, u^2}{2\, g}\, s\, u\, d\, t;$$

estos dos trabajos deben ser iguales, de modo que, suprimiento el factor común δ y dividiendo por $d\,t$, podremos escribir la ecuación

$$(Z - z)\left(\varphi - S_0 \frac{d\,Z}{d\,t}\right) = z\,Q + z\,S\,\frac{d\,z}{d\,t} - \frac{u^2}{2\,g}\,s\,u\,, \qquad [24]$$

y si en los dos depósitos se han alcanzado los niveles de equilibrio H

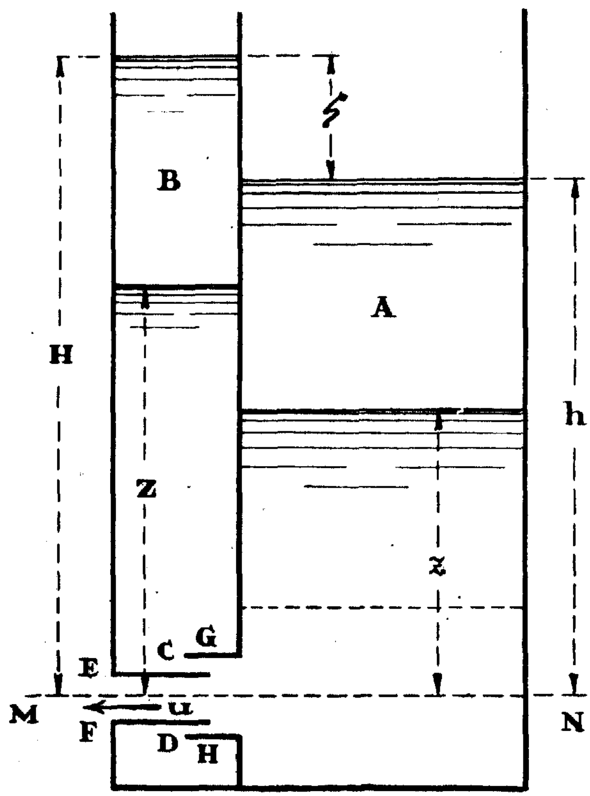

Figura 4.ª

y h, los cocientes diferenciales que figuran en la ecuación anterior serán nulos, y resultará:

$$(H - h)\,\varphi = h\,Q - \frac{u^2}{2\,g}\,s\,u,$$

que haciendo $H - h = \zeta$, se convierte en

$$\zeta\,\varphi = h\,Q - \frac{u^2}{2\,g}\,s\,u\,; \qquad [25]$$

pero como en este caso de equilibrio, evidentemente,

$$s\,u = \varphi + Q,$$

se obtienen con toda facilidad las dos expresiones:

$$\varphi = \frac{(2\,g\,h - u^2)\,s\,u}{2\,g\,H}, \qquad Q = \frac{(2\,g\,\zeta + u^2)\,s\,u}{2\,g\,H}, \qquad [26]$$

que nos dan a conocer los caudales Q y φ con que hay que alimentar los dos depósitos para que, manteniendo entre sus niveles una diferencia ζ, salga el agua por E F con una velocidad determinada, u.

Parece fácil que, con una velocidad u lo suficientemente moderada, un pez, penetrando por E F, llegue al depósito A, en el que ya no tendrá más que elevarse por flotación hasta su superficie y proporcionándole por cualquier procedimiento el medio de salvar el pequeño escalón $H - h = \zeta$, se encontrará en el nivel superior del río. Pero esto sólo es posible si la altura h es muy pequeña, pues en caso contrario, al llegar a la sección G H, se encontraría con una zona en la que el gradiente de presión es muy grande y esto se traduciría en un empuje insuperable dirigido de cabeza a cola. Puede pensarse, en vista de esto, en disponer varias entradas como la C D, repartidas en una longitud tal que el gradiente sea lo suficientemente débil, pero en cuanto la altura h sea algo importante, y precisamente para este caso se ha pensado este tipo de escala, la citada longitud es muy grande y, por lo tanto, inadmisible.

La cuestión se resuelve haciendo la escala intermitente. Durante un cierto tiempo, el depósito A se mantiene a un nivel T que dé lugar a una velocidad u de magnitud conveniente para atraer a los peces y que éstos puedan remontarla; pasado este tiempo, empieza a entrar agua por C D procedente de B, con lo que los niveles de B y A irán subiendo hasta alcanzar el equilibrio, en cuya posición se mantendrán el tiempo suficiente para que los peces que se encontraban en el depósito A suban a la superficie y alcancen el nivel superior del río, salvando el escalón ζ como antes hemos dicho. Todo esto puede hacerse con dispositivos hidráulicos, como explicaremos después, sin necesidad de acudir a compuertas ni órganos en movimiento más o menos delicados.

Estas consideraciones plantean inmediatamente el problema de calcular el tiempo que los dos depósitos tardan en llenarse utilizando los dos caudales φ y Q determinados por las [26]. Para resolverlo tendremos en cuenta que en el tiempo $d\,t$ los dos depósitos A y B han aumentado su nivel en $d\,z$ y $d\,Z$, respectivamente, y, además, ha salido por E F el volumen de agua $s\,u\,d\,t$; por lo tanto:

$$S_0\,d\,Z + S\,d\,z + s\,u\,d\,t = (\varphi + Q)\,d\,t,$$

o lo que es lo mismo, dividiendo por $d\,t$:

$$S_0 \frac{d\,Z}{d\,t} + S\,\frac{d\,z}{d\,t} + s\,u = \varphi + Q; \qquad [27]$$

pero, por otra parte, el agua pasará por C D con una velocidad

$$w = \sqrt{2\,g\,(Z - z)}, \qquad [28]$$

y si el área de esta sección es σ, como por ella tiene que pasar el volumen $\varphi\,d\,t - S_0\,d\,Z$, resultará:

$$\sigma\sqrt{2\,g\,(Z - z)} = \varphi - S_0\,\frac{d\,Z}{d\,t}, \qquad [29]$$

que unida a las [24] y [27] son las tres ecuaciones necesarias para resolver el problema propuesto.

Haremos una simplificación inmediata. El depósito B debe tener en planta dimensiones lo más reducidas posibles, porque el agua que contiene resultará siempre desaprovechada, ya que dentro de él no han de estar los peces en ningún momento, mientras que en el A deben permanecer bastante tiempo y han de tener sitio suficiente para sus evoluciones; esto quiere decir que S_0 puede suponerse nulo sin gran error, y, por lo tanto, [29]:

$$\sigma\sqrt{2\,g\,(Z - z)} = \varphi; \qquad [30]$$

deduciéndose que la diferencia $Z - z$ es constante y, por lo tanto, igual a la $H - h$ que hemos designado por ζ. Las ecuaciones del problema, resultantes de hacer esta simplificación en las [24] y [27], se reducen así a estas dos:

$$\zeta\,\varphi = z\,Q + z\,S\,\frac{d\,z}{d\,t} - \frac{u^2}{2\,g}\,s\,u, \qquad S\,\frac{d\,z}{d\,t} + s\,u = \varphi + Q. \qquad [31]$$

Haciendo $z = 0$ en la primera de las dos ecuaciones anteriores, teniendo en cuenta que, según la segunda, $\frac{dz}{dt}$ no puede ser infinito, resulta fácilmente:

$$u = -\sqrt[3]{\frac{2 g \zeta \varphi}{s}},$$

es decir, un valor negativo para u que en realidad nos dice que habría una succión por E F. Si ahora hacemos $u = 0$, resultará de la segunda:

$$S \frac{dz}{dt} = \varphi + Q,$$

y sustituyendo en la primera, designando por z_0 el nivel en el depósito A para el cual se anula la velocidad de salida u, tendremos:

$$\zeta \varphi = z_0 (\varphi + 2 Q), \qquad z_0 = \frac{\zeta \varphi}{\varphi + 2 Q}; \tag{32}$$

pero si hacemos caso omiso del agua que puede entrar por E F, efecto de la sección antes mencionada y llamando τ al tiempo invertido en alcanzar el nivel z_0, evidentemente:

$$(\varphi + Q) \tau = S z_0,$$

o sea, sustituyendo el valor de z_0 antes encontrado:

$$\tau = \frac{S \zeta \varphi}{(\varphi + Q)(\varphi + 2 Q)}. \tag{33}$$

Entre las dos ecuaciones [31] podemos eliminar $s u$ y se obtiene:

$$S \frac{dz}{dt} = \frac{\zeta \varphi - z Q + \frac{u^2}{2 g} (\varphi + Q)}{z + \frac{u^2}{2 g}},$$

de la que se deduce inmediatamente:

$$dt = \frac{S \left(z + \frac{u^2}{2 g} \right) dz}{\zeta \varphi - z Q + \frac{u^2}{2 g} (\varphi + Q)},$$

que integrada entre los límites z_0 y h, nos dará el tiempo t necesario para que el agua suba desde z_0 al nivel de equilibrio h. Para hacer esta integración nos encontramos con la dificultad de que $\frac{u^2}{2g}$ es variable, ya que u significa la velocidad de salida en cada instante, pero esta fracción variable, $\frac{u^2}{2g}$, la podemos sustituir por su valor medio constante $\frac{u_h^2}{4g}$, designando ahora por u_h la velocidad final al ser alcanzado el nivel de equilibrio h y teniendo en cuenta que en el límite inferior z_0, de la integral, la velocidad es nula. De esta manera tendremos:

$$d\,t = \frac{S\,(4gz + u_h^2)\,dz}{4g\,(\zeta\,\varphi - z\,Q) + u_h^2\,(\varphi + Q)}\,; \qquad [34]$$

y efectuando la división e integrando entre los límites z_0 [32] y z, lo que es lícito, a pesar de la simplificación anterior, con tal de que sólo consideremos valores de z próximos a h, tendremos:

$$t = \frac{S}{Q}\int_{z_0}^{z}\left[-\,dz + \frac{4g\,\zeta\,\varphi + u_h^2\,(\varphi + 2\,Q)}{4g\,(\zeta\,\varphi - z\,Q) + u_h^2\,(\varphi + Q)}\,dz\right] =$$

$$[35]$$

$$= \frac{S}{Q}\left[\frac{\zeta\varphi}{\varphi + 2Q} - Z + \frac{4g\,\zeta\,\varphi + u_h^2\,(\varphi + 2Q)}{4g\,Q}\log\text{nep}\,\frac{(\varphi + Q)\left(u_h^2 + \frac{4g\,\zeta\,\varphi}{\varphi + 2\,Q}\right)}{4\,g\,(\zeta\varphi - z\,Q) + u_h^2\,(\varphi + Q)}\right]$$

valor que, sumado al dado por la [33], nos daría el tiempo necesario para alcanzar un nivel z.

En la fórmula anterior se ve en seguida que en cuanto

$$z = \frac{4\,g\,\zeta\,\varphi + u_h^2\,(\varphi + Q)}{4\,g\,Q} < h,$$

el denominador de la fracción afectada por el logaritmo se hace cero y por lo tanto el tiempo infinito y desde luego imaginario para un valor de z mayor. En realidad, estos valores imaginarios proceden de haber tomado a $\frac{u^2}{2g}$ como constante e igual al valor medio; pero, de todas maneras, este resultado nos dice que en un tiempo finito no es posible llegar al nivel de equilibrio alimentando los depósitos A y B con los caudales Q y φ respectivamente. Pero es fácil disponer las cosas de modo que, mientras los depósitos se llenan, los dos caudales φ y Q alimenten juntamente el depósito B, y entonces, haciendo en [34] $Q = 0$ y poniendo en lugar φ

$$\Phi \equiv \varphi + Q,$$

tendríamos:

$$t = \frac{S}{\Phi(4g\zeta + u_h^2)} \int_{z_0}^{h} (4gz + u_h^2)\,dz = \frac{S(h-\zeta)}{\Phi(4g\zeta + u_h^2)} [u_h^2 + 2g(h+\zeta)]; \quad [36]$$

pues según [32], al anularse Q resultá z_0 igual a ζ.

Con $Q = 0$ y poniendo Φ en lugar de φ, resulta de [33]:

$$\tau = \frac{S\zeta}{\Phi}, \quad [37]$$

y sumando este valor con el de t dado por la [36], tendremos finalmente que el tiempo necesario para que se llenen ambos depósitos hasta llegar al equilibrio será:

$$T = \frac{S}{\Phi}\left[\zeta + \frac{h-\zeta}{4g\zeta + u_h^2}[u_h^2 + 2g(h+\zeta)]\right], \quad [38]$$

en la que falta determinar u_h. Para ello, hagamos $Q = 0$ en la segunda de las [31], y sustituyendo en la primera el valor de $S\frac{dz}{dt}$ que obtengamos, resultará, poniendo h en lugar de z, la ecuación de tercer grado

$$\frac{S}{2g}u_h^3 + s\,h\,u_h - (h-\zeta)\varphi = 0,$$

que nos dará el valor buscado, pero no merece la pena tomarse este trabajo, porque cuando z esté próximo a h, u_h se diferencia poco del valor u de las fórmulas [26] correspondientes al equilibrio perfecto con los caudales φ y Q. En efecto: con $Q = 0$, la primera de las [31] se convierte en

$$\zeta\varphi = zS\frac{dz}{dt} - \frac{u^3}{2g}su,$$

que nos dice que mientras u sea positiva, $\frac{dz}{dt}$ también lo es, y, por lo tanto, que z debe crecer incesantemente, lo que no es de extrañar, ya que implícitamente, al establecer las ecuaciones de partida, admitimos que el caudal φ se agrega constantemente al nivel que en cada instante alcanza el depósito B, pero como u no puede aumentar indefinidamente, al crecer z disminuirá $\frac{dz}{dt}$, y cuando aquélla valga h, $\frac{dz}{dt}$ debe ser próxima a cero, y entonces la segunda de las [31] nos dará:

$$u_h \approx \frac{\varphi + Q}{S} = u,$$

con lo que en la [38] podemos poner u en lugar de u_h y, teniendo en cuenta que $\zeta = H - h$, escribir:

$$T = \frac{S}{\Phi}\left[\zeta + \frac{H - 2\zeta}{u^2 + 4g\zeta}(u^2 + 2gH)\right]. \qquad [39]$$

Más sencillamente, pero sólo como fórmula de tanteo, puede emplearse la

$$T \approx \frac{SH^2}{2\Phi\zeta}, \qquad [40]$$

que se obtiene de la anterior, despreciando u y el ζ del primer sumando y en el numerador de la fracción. Esta fórmula da valores del tiempo aproximados, pero sensiblemente mayores que la [39].

Derivando la [39] con respecto a u se tiene fácilmente:

$$\frac{dT}{du} = -\frac{4gSu(H - 2\zeta)^2}{\Phi(u^2 + 4g\zeta)^2} < 0,$$

que nos indica que el tiempo T disminuye al aumentar u y, por lo tanto, convendrá adoptar para ésta el mayor valor posible, lo que obligará a reducir la sección de salida todo lo que se pueda.

Para ver la variación con ζ, derivemos con respecto a ésta y se tendrá:

$$\frac{dT}{d\zeta} = \frac{S}{\Phi}\left[1 - \frac{2(u^2 + 2gH)^2}{(u^2 + 4g\zeta)^2}\right],$$

la cual es evidentemente negativa para $\zeta = 0$ y se anulará para

$$\zeta = \frac{H}{\sqrt{2}} + u^2 \frac{\sqrt{2} - 1}{4g},$$

lo que nos dice que T disminuye al aumentar ζ hasta llegar a un máximo para el valor de ζ dado por la expresión anterior, pero este valor resultará, salvo caso muy excepcional, demasiado grande; por esta causa, lo que realmente se deduce de aquí es que debe tomarse ζ tan grande como se pueda.

Vamos ya a entrar en la descripción de esta escala, sirviéndonos para ello de las figuras 5.ª y 6.ª; la primera es una perspectiva en la que se ha quitado el muro de delante, y la segunda es una planta que ayudará a comprender la anterior; pero ambas, interesa hacer constar, son completamente convencionales y en ellas todo se ha supeditado a que sirvan para explicar claramente el funcionamiento. Por otra parte conviene hacer presente que la complicación de la figura 5.ª es sólo aparente; está producida, de un lado, por pretender marcar el nivel del agua en todas sus partes con el rayado, y de otra, por la manifiesta desproporción de todos sus elementos, pero ambas cosas las hemos considerado necesarias.

Ya dijimos al principio de este capítulo que la escala se compone de dos depósitos, A y B, que se comunican por la parte inferior en la forma que se ve en la figura 5.ª y que, esquemáticamente, se representa en la figura 4.ª en E F, C D, G H. El depósito B se alimenta con el caudal φ, por el canal C D E que arranca del nivel superior mantenido por la presa y pasa por el vertedero sumergido, E, calculado para el gasto, φ. El depósito A se alimenta por el canal D F G H, que deja pasar el caudal Q y tiene los vertederos G y H para formar la escala que permita a los peces salvar el desnivel ζ entre los depósitos A y B. El pequeño depósito lateral, I, que se llena por el orificio J en un tiempo determinado, tiene un sifón de descarga que pasa a través del dispositivo K, que viene a ser una trompa de vacío, de intento representada con dimensiones absolutamente desproporcionadas, y que por el tubo K L extrae el aire del sifón M que, con una bifurcación, P Q, descarga en parte en el depósito A por el orificio O.

Cuando, en el momento que en la figura se indica, los dos depósitos, A y B, están en su nivel de equilibrio y se llena I, el pequeño sifón de éste se ceba por sí mismo y empieza a funcionar la trompa K, que por el tubo K L provoca el cebado del sifón M, el que, con el desnivel inicial ζ, descarga en A un cierto caudal, y por P Q, el resto. Inmedia-

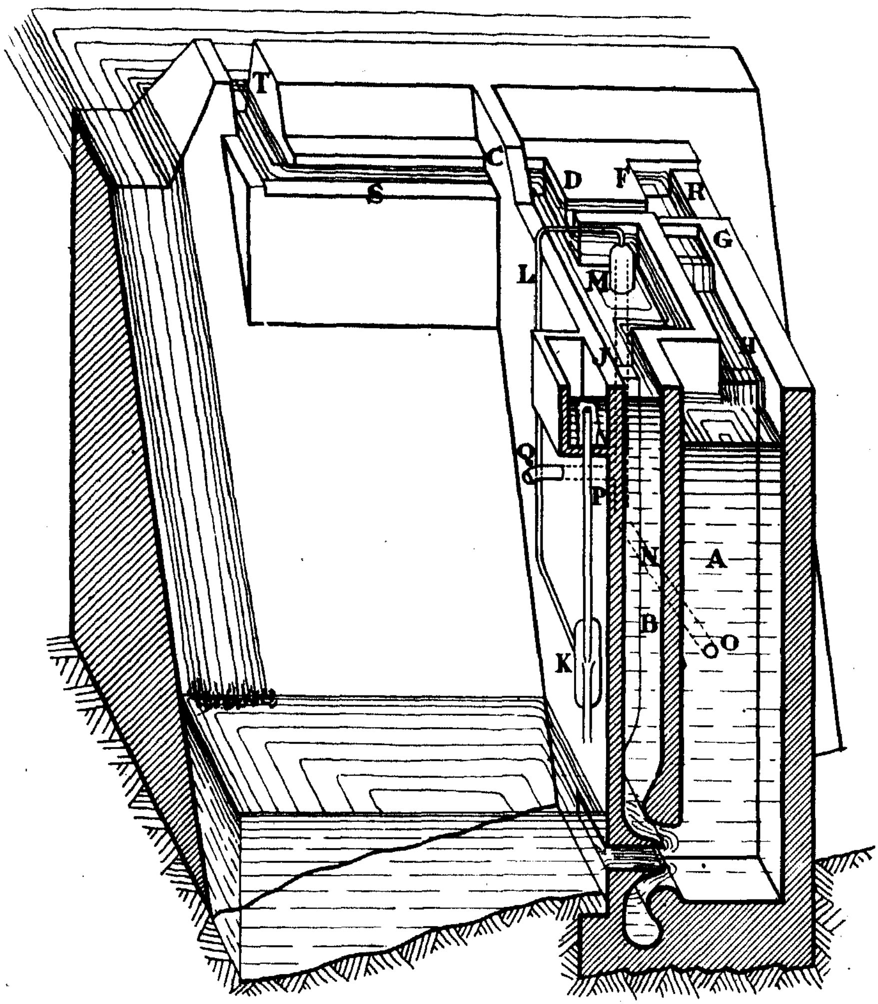

Figura 5.ª

tamente empieza a bajar el nivel en M y, por lo tanto, a disminuir el caudal de alimentación del depósito B hasta anularse por completo en cuanto el nivel sea inferior al umbral del vertedero sumergido, E;

el desnivel entre A y B disminuye y se anula; el efecto de frenado hidráulico desaparece en el orificio inferior de salida y los dos depósitos A y B se vacian hasta alcanzar un nivel R S, en que el caudal de alimentación que viene por O, procedente del sifón M, se iguala con el de salida. En este momento es cuando, atraídos por esta

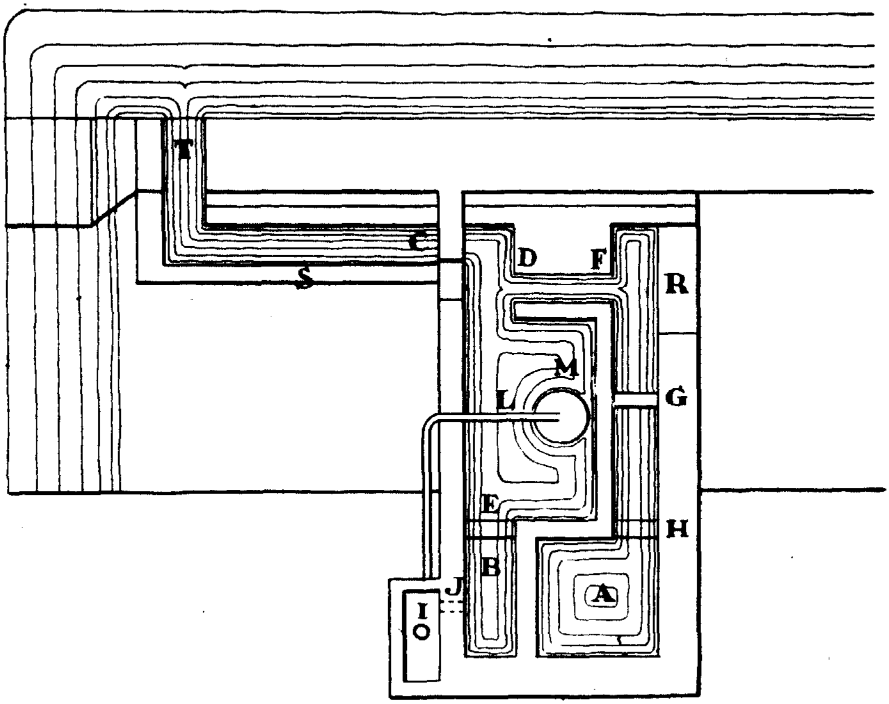

Figura 6.ª

corriente de salida, los peces pueden penetrar hasta llegar al depósito A. Las cosas se mantienen así mientras quede agua en el depósito I, cuyo volumen será el necesario para que esta situación dure el tiempo conveniente, debiendo observarse que, a causa de haber bajado el nivel en el depósito B, el I ha dejado de alimentarse, por no poder pasar agua por J.

En cuanto el depósito I se ha vaciado, la trompa K deja de funcionar y el sifón M se desceba por haberse puesto en comunicación con la atmósfera por el tubo K L. El agua empezará a entrar en B por el vertedero E, que ahora funcionará como vertedero ordinario y no como sumergido; esta circunstancia hace que, estando en D el fondo del canal de alimentación del depósito A algo más elevado que el umbral del vertedero E, que mientras no se sumerja por haber alcanzado el depósito B su nivel más alto es capaz de verter todo el caudal que penetra por C, el canal D F G H quede en seco y, por lo tanto, privado de alimentación el depósito A por su parte superior. El agua que entra en B por el vertedero E sale en parte por el orificio inferior, pero la otra parte penetra en A, cuyo nivel y, por consecuencia, el de B empiezan a subir hasta alcanzar el equilibrio en el tiempo T dado por la [39], volviendo a la situación indicada en la figura, en la que permanecerán el tiempo que tarde en llenarse el depósito I a través del orificio J. Durante este tiempo los peces que habían penetrado en A pueden, remontando el canal H G F D C, alcanzar el nivel superior del río.

El ciclo se repite automática e indefinidamente y su duración puede regularse fácilmente por medio de dos simples llaves colocadas en el orificio J y en el tubo del sifón del depósito I, con lo cual el tiempo que tarda éste en llenarse y vaciarse queda a nuestro arbitrio. El funcionamiento parece completamente seguro, porque, no habiendo órganos en movimiento, todo depende del funcionamiento de los dos sifones; pero si en C se impide la entrada de cuerpos flotantes, el gran sifón M es difícil que se atasque, dadas sus dimensiones, y la gran velocidad del agua cuando el nivel de A está próximo a R S y la marcha del pequeño sifón del depósito I y de la trompa de vacío queda asegurada disponiendo en J una alcachofa con orificios lo suficientemente pequeños o mallas finas que impidan el paso de sedimentos.

La entrada de los peces en el depósito A por el orificio inferior, y cuando el nivel está en R S, nos parece segura, ya que con disponer las cosas de manera que el nivel R S sea el conveniente, se puede tener una corriente de salida suficientemente atractiva. En estas condiciones, la eficacia de la escala depende de que los peces se vuelvan a salir o bien tengan tendencia a permanecer si la forma, dimensiones u otras circunstancias de la parte inferior del depósito A les inducen a ello. En el primer caso no sería imposible idear un dispositivo que, permitiendo la entrada, impidiese la salida, el cual pudiera consistir en un camino laberíntico que el pez recorrería a la entrada, guiado por la corriente de salida, pero que luego, una vez dentro, fuera difícil de encontrar; ésta sería una posible solución, y seguramente otras.

igualmente factibles o mejores, se les ocurrirá a los hidrobiólogos con sus superiores conocimientos acerca de la vida e instintos de los peces.

Las dos fórmulas [26] nos dan los caudales φ y Q con que hay que alimentar los depósitos B y A cuando permanecen en el nivel superior de equilibrio, y la [39], el tiempo que tardarían en llenarse y alcanzar aquel nivel. Nos falta ahora determinar el tiempo que tardan en vaciarse, y para ello tendremos en cuenta que, en cuanto el sifón M empieza a funcionar, no llega agua al depósito B, mientras que al A llega un caudal ψ fijo y determinado, dependiendo del que entra por C y del que sale por la ramificación P Q, y, por lo tanto, podemos establecer:

$$-\mathrm{S}\,dz = s\,u\,dt - \psi\,dt,$$

pero la velocidad u de salida será la debida a la altura z, o sea:

$$u = \sqrt{2gz},$$

con lo que, sustituyendo y despejando $d\,t$, tendremos:

$$dt = \frac{-\mathrm{S}\,dz}{s\sqrt{2gz} - \psi},$$

o sea, integrando entre h y z:

$$t = \int_h^z \frac{-\mathrm{S}\,dz}{s\sqrt{2gz} - \psi} = -\frac{\mathrm{S}}{g\,s^2}\left[s\sqrt{2gz} - \psi + \psi \log\operatorname{nep}\left(s\sqrt{2gz} - \psi\right)\right]_h^z;$$

pero el nivel R S se alcanzará cuando se igualen el caudal de entrada y el de salida, de modo que los límites de la integral serán h, y el valor de z, para el que se verifique:

$$s\sqrt{2gz} - \psi = 0;$$

pero para este valor del límite el tiempo sería infinito, es decir, que el nivel de equilibrio no se alcanzaría nunca. Ahora bien: un nivel bastante próximo es aquel para el que la expresión contenida en el corchete es nula; de modo que, conformándonos con alcanzar éste, el tiempo invertido en el vaciado sería:

$$t = \frac{\mathrm{S}}{g\,s^2}\left[s\sqrt{2gh} - \psi + \psi \log\operatorname{nep}\left(s\sqrt{2gh} - \psi\right)\right]. \qquad [41]$$

con cuya fórmula, unida a las anteriores, tenemos los elementos necesarios para el cálculo de la escala y de su ciclo de funcionamiento, quedando a nuestro arbitrio los tiempos de permanencia en los niveles superior e inferior.

Como hemos hecho al tratar de la escala continua de canal, vamos ahora a aplicar las fórmulas establecidas a algunos ejemplos, y supongamos primeramente que se trata de una presa de 20 m. de altura, y tomemos para desnivel entre los dos depósitos, en el momento de equilibrio superior, 2 m., o sea que los datos de partida serán:

$$\mathrm{H} = 20 \text{ m.} \qquad \zeta = 2 \text{ m.} \qquad h = \mathrm{H} - \zeta = 18 \text{ m.}$$

Si al orificio inferior le damos unas dimensiones apropiadas para el salmón, podemos adoptar 0,60 m. de anchura por 0,42 de altura, o sea que la sección de salida y el gasto, tomando 2 m. por segundo para la velocidad, serían:

$$s = 0{,}60 \times 0{,}42 = 0{,}25 \text{ m.}^2, \qquad u = 2 \text{ m. seg.}^{-1}, \qquad s\,u = 0{,}500 \text{ m.}^3 \text{ seg.}^{-1},$$

y las fórmulas [26] nos darían inmediatamente:

$$\varphi = 0{,}445 \text{ m.}^3/\text{seg.}^{-1}, \qquad \mathrm{Q} = 0{,}055 \text{ m.}^3 \text{ seg.}^{-1}.$$

La velocidad de salida del agua del depósito B por C D (fig. 4.ª) sería:

$$w = \sqrt{2\,g\,\zeta} = 6{,}26 \text{ m. seg.}^{-1},$$

y, por lo tanto, la sección de salida:

$$\sigma = \frac{\varphi}{w} = 0{,}0711 \text{ m.}^2$$

o un poco mayor, debido a la pérdida de carga.

Dando al depósito A una planta cuadrada de 2,50 m. de lado, su superficie será:

$$\mathrm{S} = 6{,}25 \text{ m.}^2,$$

y si el vertedero E, que cuando está sumergido con los depósitos en su nivel superior de equilibrio sólo deja pasar el caudal $\varphi = 0{,}445$ metros cúbicos seg.$^{-1}$, antes calculado, es capaz de un gasto doble cuando baja el nivel de aquéllos, podremos aplicar la fórmula [39], tomando:

$$\Phi = 1 \text{ m.}^3 \text{ seg.}^{-1},$$

y entonces, con $u = 2$ m. seg.$^{-1}$, según ya se explicó oportunamente, tendríamos:

$$T = 8^m \, 1^s$$

para el tiempo que se tarda en alcanzar el nivel superior.

Durante el tiempo que el nivel en A está en R S es cuando los peces pueden entrar, necesitándose para ello una corriente viva que salga por el orificio inferior, capaz de atraerlos. Si el nivel R S está a 0,40 m. sobre el eje del orificio, la velocidad de salida sería:

$$u_s = \sqrt{2g \, . \, 0{,}40} = 2{,}80 \text{ m. seg.}^{-1},$$

que puede ser suficiente, y como $s = 0{,}25$ m.^{2}, resultará:

$$\psi = 0{,}25 \times 2{,}80 = 0{,}700 \text{ m.}^3 \text{ seg.}^{-1};$$

luego el sifón M debe ser capaz de suministrar este caudal cuando A esté vacío; pero, por otra parte, con A lleno y al empezar a funcionar deberá dejar pasar:

$$\varphi + Q = 0{,}445 + 0{,}055 = 0{,}500 \text{ m.}^3 \text{ seg.}^{-1},$$

con un desnivel $\zeta = 2$ m.; de modo que tendrá una sección:

$$\frac{0{,}500}{\sqrt{2g\zeta}} = 0{,}08 \text{ m.}^2;$$

es decir, un diámetro de 32 cm. Para dar los 0,700 m.^{3}/seg.$^{-1}$ necesitará funcionar con una diferencia de nivel de

$$\frac{\zeta \times 0{,}700^2}{0{,}500^2} = 4 \text{ m.},$$

o sea que el orificio O debe abrirse a 2 m. más abajo del nivel superior de equilibrio de A, o un poco más, para tener en cuenta las pérdidas de carga, y con objeto de poder regularlo convenientemente, se proveerá a la ramificación P Q de su correspondiente llave.

Con el valor de $\psi = 0{,}700$ m.^{3} seg.$^{-1}$ antes encontrado podemos aplicar la fórmula [41], y tendremos:

$$t = 51 \text{ seg.}$$

para el tiempo de vaciado. Sumando este valor con el de tiempo T, necesario para el llenado, resultarán 9 minutos 17 segundos, y si admitimos que los depósitos estén durante 45 minutos en su nivel inferior, para permitir la entrada de los peces, y media hora en el superior, para que éstos, coronando la presa, lleguen al río, resultará un ciclo de 1 hora, 24 minutos, 17 segundos, o sea hora y media, teniendo en cuenta que, por pérdidas de carga, los tiempos de llenado y vaciado pueden ser un poco mayores; por lo tanto, el ciclo podrá repetirse durante el día 16 veces.

Con los mismos datos anteriores, pero para una presa de 50 m. de altura, con lo que $h = 48$ m., tendríamos:

$$\varphi = 0{,}478 \text{ m.}^3 \text{ seg.}^{-1}, \qquad Q = 0{,}022 \text{ m.}^3 \text{ seg.}^{-1},$$

y tomando para Φ el mismo valor que antes, tendremos para el tiempo de llenado:

$$T = 57^{m}\ 26^{s},$$

y para el de vaciado, con $\psi = 0{,}700$ m.^{3} seg.$^{-1}$:

$$t = 1^{m}\ 24^{s},$$

o sea un total de 58 minutos, 50 segundos, que, unidos a la hora y cuarto que se permanece en los niveles superior e inferior, haría un total de 2 horas, 13 minutos, 50 segundos, y en números redondos, dos horas y media, con lo que el ciclo se repetirá de nueve a diez veces diarias. Con un valor de ζ algo mayor, por ejemplo, 3 m., la duración del llenado disminuye notablemente y, por lo tanto, el ciclo puede repetirse mayor número de veces.

Para tantear las posibilidades del sistema, estudiaremos un caso extremo, considerando una presa de 100 m. de altura, y tomaremos para ζ cuatro metros, con sección y velocidad u de salida igual que en los ejemplos anteriores; tendremos:

$$H = 100 \text{ m.} \quad \zeta = 4 \text{ m.} \quad h = 96 \text{ m.} \quad s = 0{,}25 \text{ m.}^2 \quad u = 2 \text{ m. seg.}^{-1},$$

con lo que resulta en seguida:

$$\varphi = 0{,}479 \text{ m.}^3 \text{ seg.}^{-1}, \qquad Q = 0{,}021 \text{ m.}^3 \text{ seg.}^{-1};$$

valores prácticamente iguales que los obtenidos con la presa de 50 m. para $\zeta = 2$ m.

El tiempo de llenado sería:

$$T = 1^h\, 57^m\, 5^s,$$

y el de vaciado:

$$t = 1^m\, 49^s,$$

o sea en total 1 hora, 58 minutos, 54 segundos, que con la hora y cuarto de los otros ejemplos, haría 3 horas, 13 minutos, 54 segundos, o sea, redondeando la cifra, tres horas y media y, por lo tanto, siete ciclos diarios.

Como puede verse, el sistema es aplicable aún para muy grandes alturas, y no hemos tenido en cuenta que al tomar Φ el doble próximamente de φ, para el que está calculada la sección σ de salida del depósito B, ζ es mucho mayor que el valor utilizado en los cálculos, al menos en los primeros momentos del llenado, y, por lo tanto, el tiempo invertido en éste es menor del que hemos obtenido. Bien es verdad que al final disminuye Φ, acercándose a φ; pero hechos los cálculos, que conducen a fórmulas muy complicadas, resultan en definitiva tiempos sensiblemente inferiores a los deducidos; de manera que el error cometido es en sentido favorable. Tratándose de esta clase de tanteos conviene ponerse en las peores condiciones, y por esta razón no hemos querido tener en cuenta el aumento de ζ, que en grandes alturas tiene suficiente influencia para no pasarlo por alto en un proyecto más preciso y detallado que los ejemplos anteriores. El cálculo, por otra parte, no es nada difícil; en efecto: llamando ζ_1 al nivel que se mantiene con el caudal Φ, será:

$$\Phi = \sigma \sqrt{2 g \zeta_1},$$

y este valor de ζ_1,

$$\zeta_1 = \frac{\Phi^2}{2 g \sigma^2}$$

se mantendrá hasta una altura en el depósito A:

$$h_1 = H - \zeta_1;$$

luego poniendo en la [39] ζ_1, en vez de ζ, tendremos el tiempo T_1 que se invierte en alcanzar el nivel h_1.

El tiempo T_2 necesario para que el nivel ascienda desde h_1 a h lo tendremos tomando la integral [36] entre los límites h_1 y h; pero para tener en cuenta la progresiva disminución de Φ y estar seguros de que el error que podamos cometer es en sentido favorable, pondremos $\varphi + Q$ en lugar de Φ, y tendremos:

$$T_2 = \frac{S(h - h_1)}{(\varphi + Q)(u^2 + 4g\zeta)}[u^2 + 2g(h + h_1)], \qquad [42]$$

y la suma $T_1 + T_2$ nos dará el tiempo total T de llenado.

Aplicando esto al caso de la presa de 100 m. del último de nuestros ejemplos, tendríamos:

$$\zeta_1 = 16 \text{ m.}, \qquad h_1 = H - \zeta_1 = 84 \text{ m}.$$

y la fórmula [39] nos dará:

$$T_1 = 1431 \text{ seg.},$$

y siendo $\varphi + Q = 0{,}500$ m.^{3} seg.$^{-1}$, y con $\zeta = 4$ m., resultará de la [42]:

$$T_2 = 3294 \text{ seg.},$$

o sea en total 1 hora, 20 minutos, 34 segundos, que con la hora y cuarto que hemos supuesto para estacionamiento en los niveles de equilibrio, nos conduce a una duración total de 2 horas, 35 minutos, 34 segundos, lo que signfica casi nueve ciclos al día, redondeando la cifra anterior a dos horas y tres cuartos. En el ejemplo, al considerar despreciable el aumento de ζ, habíamos obtenido siete ciclos diarios; la necesidad de tenerlo en cuenta es manifiesta, en cuanto se trata de alturas algo importantes.

Como ya se sabe, los peces han de salvar el escalón ζ entre los niveles de los depósitos A y B, y para ello, en la figura 5.ª se ha supuesto la escala de artesas G H. Puede emplearse otro medio cualquiera, pero se comprende que es necesario estudiar la variación de ζ cuando, debido al irregular régimen del río, se modifiquen los caudales de alimentación φ y Q, ya que si ζ aumentase demasiado, llegaría un momento en que los peces no podrían saltar el primer escalón H. Para esto llamemos Φ a la suma de los dos caudales de alimentación; es decir:

$$\Phi = \varphi + Q ,$$

y entonces de la primera de las [26], y teniendo en cuenta que

$$h = H - \zeta, \qquad s\,u = \Phi, \qquad \varphi = \sigma\sqrt{2g\zeta},$$

se obtiene fácilmente:

$$\Phi\,\varphi^2 + 2g\sigma^2 H\varphi - 2g\sigma^2 H\Phi + \frac{\sigma^2\Phi^3}{s^2} = 0. \qquad [43]$$

de la que puede obtenerse φ y, por tanto, ζ, en función de Φ, o también ζ directamente, y estudiar sus variaciones; pero las expresiones que se obtienen son muy complicadas y parece mejor emplear otro procedimiento. Derivando dos veces la [43], se tiene:

$$\varphi^2 + 2\Phi\varphi\frac{d\varphi}{d\Phi} + 2g\sigma^2 H\frac{d\varphi}{d\Phi} - 2g\sigma^2 H + \frac{3\sigma^2\Phi^2}{s^2} = 0;$$

$$2\varphi\frac{d\varphi}{dx} + 2\Phi\varphi\frac{d^2\varphi}{d\Phi^2} + 2\left(\varphi + \Phi\frac{d\varphi}{d\Phi}\right)\frac{d\varphi}{d\Phi} + 2g\sigma^2 H\frac{d^2\varphi}{d\Phi^2} + \frac{6\sigma^2\Phi}{s^2} = 0, \qquad [44]$$

en las que se ve que cuando $\frac{d\varphi}{d\Phi}$ sea nula,

$$\varphi^2 = 2g\sigma^2 H - \frac{3\sigma^2\Phi^2}{s^2},$$

que será el valor máximo de φ, porque en la segunda de las [44] se ve claramente que para valores positivos de φ, $\frac{d^2\varphi}{d\Phi^2}$ es forzosamente negativa. De este máximo de φ puede deducirse en seguida el de ζ, que sería:

$$\zeta = H - \frac{3\Phi^2}{2g s^2} = H - \frac{3u^2}{2g},$$

a cuyo valor, siempre muy grande, no podemos permitir que llegue ζ. y en cuyas proximidades es donde su variación con Φ sería pequeña; nos hemos de mantener alejados del máximo, y conviene tener idea de la magnitud de $\frac{d\zeta}{d\Phi}$, pues ello nos indicará las precauciones que haya que tomar.

Despejemos $\frac{d\varphi}{d\Phi}$ en la primera de las [44], y tendremos:

$$\frac{d\varphi}{d\Phi}=\frac{2g\sigma^2 H-\varphi^2-\frac{3\sigma^2\Phi^2}{s^2}}{2\Phi\varphi+2g\sigma^2 H};$$

y como en el nivel de equilibrio de partida Q es siempre pequeño (véanse los ejemplos), Φ es muy próximo de φ; luego poniendo éste en vez de aquél en la expresión anterior, obtendremos un valor muy próximo al verdadero, pero menor; es decir:

$$\frac{d\varphi}{d\Phi}<\frac{2g\sigma^2 H-\frac{s^2+3\sigma^2}{s^2}\varphi^2}{2g\sigma^2 H+2\varphi^2},$$

y efectuando la división y despreciando σ^2 ante s^2, tendremos con mayor razón:

$$\frac{d\varphi}{d\Phi}<1-\frac{3\varphi^2}{2g\sigma^2 H+2\varphi^2},$$

y siendo:

$$\varphi^2=2g\sigma^2\zeta, \qquad \frac{d\zeta}{d\Phi}=\frac{\varphi}{g\sigma^2}\,\frac{d\varphi}{d\Phi}=\frac{1}{\sigma}\sqrt{\frac{2\zeta}{g}}\,\frac{d\varphi}{d\Phi},$$

se obtiene en seguida un valor que, aunque superior, es muy próximo al verdadero; es decir:

$$\frac{d\zeta}{d\Phi}<\frac{1}{\sigma}\sqrt{\frac{2\zeta}{g}}\left(1-\frac{3\zeta}{H+2\zeta}\right), \qquad [45]$$

y que nos dice que aun cuando la altura sea pequeña, un aumento de Φ

arrastra otro considerable de ζ. En nuestro ejemplo de presa de 100 metros tendríamos aproximadamente:

$$\frac{d\,\zeta}{d\,\Phi} = 15{,}8\ \mathrm{m.}^{-2}\ \mathrm{seg.},$$

y a variaciones de Φ de

$$0{,}001, \qquad 0{,}010, \qquad 0{,}100\ \mathrm{m.}^3\ \mathrm{seg.}^{-1}$$

corresponderían aumentos de ζ algo menores, pero próximos a

$$0{,}016\ \mathrm{m.}, \qquad 0{,}158\ \mathrm{m.}, \qquad 1{,}580\ \mathrm{m.},$$

que, como se comprenderá fácilmente, el último es inadmisible, aunque es producido por una variación de Φ del 20 por 100 solamente.

Como se ve en la [45], el valor de $\frac{d\,\zeta}{d\,\Phi}$ depende del de ζ, y cuando éste sea pequeño, aquél lo será también. Esto parece indicar la conveniencia de adoptar para ζ valores pequeños; pero esto no es posible, pues nos conduciría a un caudal Q de alimentación del depósito A tan pequeño, que en el canal F G H no habría agua suficiente para que los peces pudiesen remontarlo, y, por lo tanto, al adoptar el valor de ζ hay que tomar en consideración esta circunstancia.

En vista de estos resultados, conviene tomar dos precauciones: una, disponer amplios aliviaderos, como el S y el R que se ven en la figura 5.ª, en la que, además, se hace que el agua atraviese el muro C por un orificio de sección casi igual a la del canal, y lo mismo se ha hecho inmediatamente después del vertedero R; todo ello con objeto de limitar el caudal, y sobre todo el Q, que va a parar al depósito A. Claro es que estos aliviaderos deben proveerse de rejillas y situarlos de tal suerte que los peces no puedan precipitarse por ellos; pero ya dijimos que las figuras son completamente convencionales y en ellas se han omitido estos y otros detalles que en la práctica no se pueden pasar por alto y que dependerán de las numerosas circunstancias particulares de cada caso. Convendría también, y ésta es la segunda precaución, hacer los cálculos de los caudales φ y Q de equilibrio superior para un caudal total Φ algo mayor del que se adopte como normal o medio, cuidando de que, cuando se tenga éste, Q no sea tan pequeño que haga inutilizable, por escasez de agua, la escala superior destinada a salvar el desnivel ζ. De esta manera, cuando funcione con el valor Φ normal, ζ será un poco menor del calculado y, en consecuencia, el nivel del depósito A estará algo más alto, y esto, lejos de presentar inconveniente, dará una facilidad para la entrada en la citada escala superior. Lo que hay que evitar es, evidentemente, que ζ aumente y que, por lo tanto, el nivel de A baje hasta tal punto que dicha entrada se haga imposible o difícil.

En el aspecto constructivo no creamos que este tipo de escala presente grandes dificultades. Si se trata de presa de nueva construcción, la escala puede incluirse en el cuerpo mismo de la presa, y si ésta es de grandes proporciones, puede llegarse a que apenas se advierta la existencia de la escala, sobre todo si se observa que nada se opone a que los depósitos, supuestos verticales en la figura, estén inclinados o tengan la forma del paramento. Con una presa ya construída, su adaptación, ya con depósitos verticales o acostados sobre el paramento, no puede ser más sencilla.

El material que lógicamente debe emplearse es el hormigón armado, capaz de resistir las presiones que para grandes alturas se originarán en la parte inferior, y con el que la construcción puede resultar económica. Sobre esta cuestión no debe perderse de vista que la instalación de todos los dispositivos superiores, sifones, etc., es la misma para cualquier altura y que esta escala se ha pensado para cuando aquélla es grande y técnica o económicamente es imposible otro tipo de escala. Como es muy fácil impedir la entrada de cuerpos flotantes y son tan enérgicas las descargas del sifón M, el atasco de éste es punto menos que imposible, y lo mismo ocurre con el dispositivo de frenado hidráulico del orificio inferior por donde deben entrar los peces, pues las corrientes son tan vivas que no hay que pensar en esta circunstancia. Pueden depositarse materiales en el fondo del depósito A, pero en el vaciado, la fortísima corriente de salida arrastrará todo, y cada uno de aquéllos supondrá una limpieza total. Donde hay que tomar precauciones es en el pequeño depósito I, evitando por todos los medios la llegada de arrastres capaces de perturbar el funcionamiento de K; pero su caudal de alimentación es tan pequeño, que incluso, si fuera necesario, puede dotársele de un filtro adecuado, aunque no lo consideramos preciso con tal de dar a K dimensiones suficientes para que los sedimentos que puedan pasar por una malla fina colocada en J no sean capaces de alterar su marcha. En estas condiciones, el funcionamiento hidráulico parece perfectamente asegurado.

En cuanto a su eficacia, poco puede decirse mientras no se hagan las oportunas experiencias, pero, como ya se ha indicado en el transcurso de este estudio, nos parece que sería completa si los peces no se salen una vez que hayan penetrado en el depósito A. La entrada en éste puede hacerse todo lo fácil y atractiva que se quiera, de modo que, convenientemente determinado el tiempo *t* en que se permanece en el nivel inferior de equilibrio, no hay razón alguna para que los peces no entren como en otra escala cualquiera, y si después no se salen, no les queda otro recurso que alcanzar el nivel superior del río cuando llegue al suyo el depósito A. Puede ocurrir que con ciertas dimensiones y forma de éste los peces tengan suficiente tendencia a permanecer en él, y el problema quedaría resuelto de tan sencilla manera; pero si no es así, la solución habría que buscarla en otro expediente, que muy bien pudiera ser el camino laberíntico de que ya hemos hablado o en algo parecido a lo que, esquemáticamente, se indica en la figura 7.ª, redondeando las aristas para evitar que los peces se hieran, y distanciando los barrotes lo necesario para que los pequeños salmones que bajan, utilizando la escala en sentido inverso, tengan una fácil salida. Bien estudiado, este dispositivo creemos que había de dar resultado, y si así es, no se ve motivo ninguno contra la eficacia de esta escala que tan bien se presta a las grandes alturas y exige a los peces el mínimum de trabajo.

Si, como es lo probable, por uno u otro medio se consigue la permanencia de los peces dentro del depósito, podía pensarse que son inútiles los esfuerzos para conseguir el automatismo de la escala, pues puede parecer que un simple depósito, de profundidad igual a la altura de presa, provisto de una compuerta en su arte inferior, resolvería la cuestión, abriendo y cerrando aquélla a intervalos determinados. Pero o estos intervalos son cortos y cada escala necesitaría un vigilante constante, con todos los inconvenientes derivados de la mayor o menor negligencia inherente a la continua intervención humana, agregándose a esto que una compuerta soportando grandes presiones es bastante complicada y, frecuentemente manejada, muy expuesta a costosas averías, o bien los intervalos son largos — doce horas, por ejemplo — para no necesitar más que dos visitas al día, y entonces, sin anular completamente los inconvenientes apuntados, resultaría que seguramente se saldrían los peces, porque si bien con una permanencia corta, y pensando en el dispositivo de la figura 7.ª u otro parecido, algunos pueden escapar, lo normal es que la mayor parte no encuentren la salida; pero si han de estar muchas horas, casi todos acabarán por encontrarla y, por regla general, sólo subirían los que hubiesen entrado poco tiempo antes de cerrar la compuerta. En uno y otro caso la escala sería muy poco eficaz y, como consecuencia, el automatismo aparece como condición necesaria.

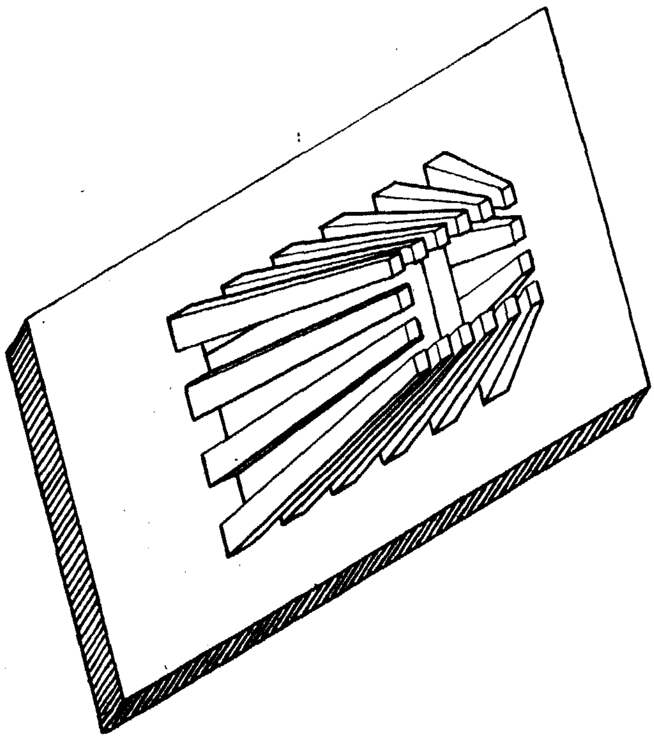

Figura 7.ª

Finalmente, conviene hacer una observación: En el momento de iniciarse el vaciado de los depósitos y hasta que el nivel de éstos no ha descendido suficientemente, la descarga a través del orificio inferior es violentísima, ya que el agua sale con la velocidad debida a casi toda la altura de la presa. Esto puede tener sus inconvenientes; por una parte, puede producir erosiones en las proximidades de la salida, que podrían evitarse con materiales y disposiciones adecuadas, pero por otra, podía atentar contra la vida de los peces, bien arrastrando algunos que, por no haber salido por la parte superior, permanecen dentro en el momento de la descarga, o bien arrastrando también a los que estén fuera y en las proximidades de la salida, ocasionándoles el daño consiguiente. Esto se evita fácilmente regulando el sifón M de modo que no se anule completamente el caudal de alimentación del depósito B; de esta manera, el frenado hidráulico en el orificio de salida no queda totalmente suprimido, y a trueque de aumentar algo el tiempo de vaciado, lo que no tiene gran inconveniente, pues, como puede verse en los ejemplos estudiados, es, con mucha diferencia, el menos importante en el ciclo total, la corriente de salida puede moderarse hasta dejarla reducida a una magnitud conveniente.

Resumen.

Después de unas consideraciones generales sobre la pendiente máxima que se puede dar a una escala salmonera, se hace en el presente trabajo un estudio hidrodinámico de dos tipos de escala con frenado hidráulico, designando con este nombre al procedimiento de moderar la velocidad del agua utilizando chorros dirigidos en sentido contrario a la corriente. Uno de los tipos estudiados es una escala de canal que, merced a la enérgica acción del frenado, puede alcanzar pendientes muy fuertes, y el otro es una escala vertical o de pozo, adaptable a grandes alturas y de funcionamiento intermitente, constituyendo una especie de ascensor hidráulico absolutamente automático y sin órgano alguno en movimiento.

Summario.

Depois de umas observações gerais sobre á maxima declividade que se pode dar á uma escala salmoeira, o auctor expõe no presente trabalho um estudo hidrodinamico de dois tipos de escala com freio hidraulico, denominando com este termo o procedimento destinado a moerar a velocidades da agua empegnando jorros dirigidos en direção contraria á corrente. Um dos tipos estudados é uma escala de canal que per meio da energica acção do freio pode attingir declividades muito fortes e o outro é uma escala vertical ou de fosso, adaptavel a grandes alturas e de funccionamento intermittente, constituindo uma especie de elevador hidraulico absolutamente automatico e sem intervenção de nenhum dispositivo mecanico.

Résumé.

Après quelque observations générales sur les maximum d'inclinaison que l'on peut donner à une échelle saumonière, l'auteur expose dans ce travail une étude hydrodynamique de deux types d'échelle avec frein hydraulique, donnant ce terme au procédé de modérer la vélocité de l'eau en employant des messes d'eau dirigées en sens contraire au courant. L'un des types étudiés est une échelle de canal qui grâce à l'action énergique du frein, peut atteindre des pentes assez fortes et l'autre est une échelle verticale ou de puits, adaptable à de grandes hauteurs et de fonctionnement intermittent, constituyant une espèce d'élévateur hydraulique absolument automatique et sans intervention d'aucun dispositif mécanique.

Sommario.

Dopo alcune osservazioni generali sopra la pendenza massima che si può dare à una scala salmoniera, l'autore espone in questo lavoro uno studio hidrodinamico di due tipi de scala con freno hidraulico, denominando con questo termine il procedimento di moderare la velocità del acqua utilizzando getti diretti in senso contrario alla corrente. Uno dei tipi studiati è una scala di canale che per mezzo della energica azione del freno, può raggiungere pendenze asai grandi a l'altro è una scala verticale o di fosso adattabile a grandi alture e di funzionamento intermittente, costituendo una specie di elevatore hidraulico assolutamente automatico o senza alcun organo mecanico.

Summary.

After some general observations referring to the maximum declivity that can be given to salmon passes, the author gives a hydrodynamic study of two kinds of passes with hydraulic brake, a term given to the process tending to moderate the velocity of the water by means of water masses directer in a sense opposite to the current. One of the studied types is a canal pass which owing to the energetic action of the brake can surmount very great declivities and the other is a vertical pass o ditch which can be adapted to great hights and works intermittently like a kind of hydraulic, absolutely automatic elevator without any mechanic device.

Zusammenfassung.

Nach Anführung allgemeiner Bemerkungen über die höchste Steigung, die man Lachs-Schleusen geben kann, bringt des Autor eim hydrodynamisches Studium über zwei Schleusen-Typen mit hydraulischer Bremsung, mit welchem Ausdruck das Verfahren bezeichnet wird, das dazu dient, die Schnelligkeit des Wassers mittelst Wassermassen, die in entgegengesetzter Richtung geleitet werden, zu vermindern. Der eine der beiden untersuchten Typen ist ein Schleusen-Kanal, der zufolge des energischen Wirkung der Bremsung grosse Steingungen bewältigen kann, während der andere Typ eine vertikale Schdeuse oder Grube darstellt, die sich an grosse Höhen anpasser kann und mit Unterbrechung funktioniert, gleichsam eine Art hydraulischer Aufzug, der absolut automatisch und ohne irgend eine Antriebsvorrichtung arbeitet.