

ñeros ha traído á este puesto, dadas las circunstancias que han creado sucesos har-to recientes, el grato recuerdo que dejan la Redaccion que les ha precedido, y su digno Presidente, y sobre todo, la desconfianza que nace de la conviccion de su propia insuficiencia.

Mas si reconocen cuán escasas son sus fuerzas para llenar, segun fuera su deseo, el que viene á significar la honrosa, pero difícil distincion de que han sido objeto, alientales, en cambio, su acendrado amor al Cuerpo á que tanto deben, el profundo sentimiento de gratitud que tamaña honra les inspira, y el noble ejemplo de sus antecesores que en momentos de ruda prueba supieron mantenerse con gloria dignos de la confianza que habian merecido.

Pero si semejante estímulo basta á mantener viva la voluntad inquebrantable de llevar á término los deberes que nuestro cargo nos impone, vano fuera nuestro empeño si no considerásemos distincion tan lisonjera como una garantía de que podemos contar con la cooperacion de nuestros compañeros todos, no ya sólo para mantener el crédito científico de esta publicacion á la altura á que supieron elevarlo cuantos á su redaccion contribuyeron, sino es tambien á que ella sea realmente la más genuina expresion de las aspiraciones y de los intereses del Cuerpo. Esto, que siempre fué tan necesario, es hoy una condicion de vida indispensable para la REVISTA, y á conseguirlo de una manera práctica se dirigirán nuestros esfuerzos, conceptuándonos dichosos si de nuestra parte logramos acertar con los medios de realizarlo, estrechando así los lazos que robustecen, no miras egoistas ni mezquinos intereses de clase, que sólo aviesas intenciones ó lamentable ignorancia han podido atribuirnos, sino el amor al bien público que fué siempre móvil de todos nues-

tros actos y manantial fecundo de los relevantes servicios que ilustran la limpia historia del Cuerpo de Ingenieros, que es la historia del progreso y de la pública prosperidad en España.

#### LA REDACCION.

La Redaccion de la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS elegida para el año actual se compone de los señores siguientes:

#### PRESIDENTE.

Sr. D. Francisco La-Gasca.

#### REDACTORES.

Sres. D. José Alvarez.  
D. Miguel Muruve.  
D. Agustin Suarez Moratilla.  
D. Teodoro Bonaplata.  
D. Rafael Monares.  
D. Manuel Morales Bell.

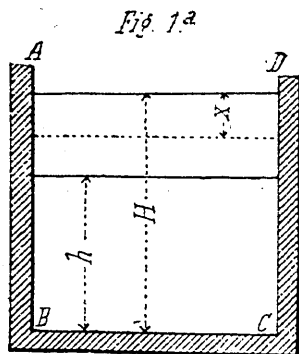
#### DESECAMIENTOS POR SEDIMENTACION.

Extractado de los « Anales de puentes y calzadas.— Mémoire sur les colmatages de la vallée de l'Isère entre Albertville et la limite du département de la Savoie par Mr. Choron.

Se llama *desecamiento por sedimentacion*, una operacion que tiene por objeto levantar el nivel de un terreno por medio de depósitos ó sedimentos producidos por aguas turbias. Esta operacion parece *à priori* tan sencilla, que no da lugar á discusion, más el problema se complica cuando se plantea con la condicion de alcanzar el objeto propuesto en el menor tiempo posible. Se presentan entónces varios sistemas, y para elegir en cada caso particular el más racional y el más ventajoso, es necesario conocer los principios y los fenómenos que se refieren á cada uno de ellos. A este conocimiento nos conducirá el estudio siguiente, que llamaremos teórico porque se limita á generalidades, pero que, en realidad, no es más que una discusion práctica de

las diversas combinaciones que pueden sugerir las circunstancias.

Una *cuenca de sedimentación* no es más que un inmenso vaso de una profundidad dada, y en el cual se trata de producir un sedimento, cuyo espesor está determinado de antemano por consideraciones extrañas á la operación. Sea *ABCD* (Fig. 1.<sup>a</sup>) el vaso en cuestión, y sea *h* el



espesor del sedimento que se quiere obtener. Se llegará á este resultado introduciendo agua turbia en el vaso, y decantándola despues, para renovarla á medida que esté clarificada; mas esta operación puede dar lugar á dos métodos, que bajo el punto de vista práctico conducen á consecuencias muy diferentes.

En primer lugar puede adoptarse el procedimiento siguiente : se introduce una capa de agua de una altura *H* (la mayor posible para obtener el máximo efecto), se deja clarificar *por completo*; despues se vacia enteramente para volver á introducir otra capa de agua que llegue al mismo nivel, la cual se deja clarificar tambien *por completo*, y así sucesivamente hasta que el sedimento alcance el espesor *h*.

En segundo lugar puede procederse como sigue : se introduce en el vaso una primera capa de agua turbia (supondrémos su altura igual á *H* como precedentemente); se deja clarificar *en parte*, y cuando la capa superior de un espesor igual á *x* está clarificada, se decanta esta última, para reemplazarla por agua turbia, repitiendo la operación cuantas veces sea necesario, para obtener el espesor de sedimento *h*.

Llamaremos al primer sistema : *método de la*

*decantación completa*, y al segundo : *método de la decantación parcial*.

Lo primero que interesa saber es cual de los dos métodos conduce más rápidamente al resultado buscado. Las fórmulas aplicables á cada método y por medio de las cuales podrian resolverse todos los problemas que originan, son fáciles de establecer de una manera general. Nos ocuparemos, en primer lugar, del método de la decantación completa.

Sean :

*h* el espesor del sedimento que se desea obtener;  
*α* el volumen de lègamo contenido en la unidad cúbica de agua turbia (coeficiente que se puede llamar potencia de sedimentación);  
*H* la altura desde el fondo del vaso hasta el nivel superior que puedan alcanzar las aguas turbias.

El número *n* de operaciones necesarias para llegar al sedimento buscado, estará dado por la fórmula siguiente, que es fácil establecer :

$$(1) \quad h = \alpha H [1 + (1 - \alpha) + (1 - \alpha)^2 + \dots + (1 - \alpha)^{n-1}] = H [1 - (1 - \alpha)^n],$$

de donde se deduce :

$$(2) \quad n = \frac{\log. \frac{H - h}{H}}{\log. (1 - \alpha)},$$

fórmulas que indican que para obtener en las condiciones indicadas un sedimento de una altura igual á *H*, sería necesario que *n* = ∞, ó lo que es lo mismo, que es imposible.

El volumen total de agua empleada por unidad de superficie del vaso, se deduce de la fórmula :

$$(3) \quad V = \frac{h}{\alpha}.$$

En cuanto al tiempo necesario, depende esencialmente de la ley que existe entre el espesor de la capa de agua, y el tiempo necesario para que deposite todo el sedimento. Esta ley, en cada caso, no depende más que del espesor de la capa, y puede representarse por la fórmula general *t* = *f* (*H*).

Supongamos, para simplificar, que no haya

tiempo perdido para cada decantacion y el relleno inmediato del vaso, ó de otro modo, que estas operaciones sean instantáneas. El tiempo buscado se deducirá de la fórmula general :

$$(4) \quad T = f(H) + f[H(1-\alpha)] + f[H(1-\alpha)^2] + \dots + f[H(1-\alpha)^{n-1}].$$

Pasemos ahora al segundo método.

Sea  $n'$  el número de decantaciones parciales necesarias, para obtener el sedimento del espesor  $h$ , siendo  $x$  el espesor de la capa decantada.

El número  $n'$  se deducirá de la fórmula :

$$(5) \quad h = n' \alpha x$$

de donde se deduce :

$$(6) \quad n' = \frac{h}{\alpha x}.$$

El tiempo  $T'$  estará dado por la fórmula :

$$(7) \quad T' = n' f(x) = \frac{h}{\alpha} \frac{f(x)}{x}.$$

El volúmen total de agua empleada será el mismo, ó sea,  $V = \frac{h}{\alpha}$

Las fórmulas (4) y (7) son hasta el presente muy indeterminadas, pues que la forma de la función  $f(H)$  es completamente desconocida. Por esta razón no se prestan dichas fórmulas á la discusión, sin embargo sería posible hacer resaltar una consecuencia que no es evidente *a priori*, esto es que  $T'$  es necesariamente menor que  $T$  en todos los casos, siempre que  $x$  sea menor que  $(H-h)$ , cosa que siempre debe tener lugar; pero los cálculos son complicados y quizá no parecerían concluyentes de una manera general. Por esta razón preferimos establecer el hecho por un razonamiento directo, sin artificios de cálculo, lo que por otro lado es muy sencillo.

En efecto, sea  $V$  el volúmen de las materias contenidas en un volúmen  $A B C D$  (Fig. 2.<sup>a</sup>)

de aguas turbias,  $t$  el tiempo necesario para que se depositen completamente; el segundo método no difiere del primero más que por la circunstancia de que cuando el vaso está lleno de agua turbia hasta  $A B$ , en vez de aguardar á que todas

las materias en suspension estén depositadas, se da salida á las aguas contenidas en la capa  $A B A' B'$  de un espesor  $x$  en cuanto esta capa está clarificada, mientras las materias van concentrándose cada vez más debajo del nivel  $A' B'$ . Reemplazando esta capa por otras que suministran nuevas materias, todas estas van sucesivamente concentrándose debajo de  $A' B'$ , y en definitiva, cuando el tiempo  $t'$  ha transcurrido, hay en el vaso (depositadas ó en camino de depositarse) una cantidad de materias superior á  $v$ . El segundo método permite, por consiguiente, alcanzar el resultado final en menor tiempo.

Este razonamiento enseña, además, que cuanto menor sea la capa  $x$ , menor será el tiempo perdido, y la duración total  $T$  de la operación, llegando necesariamente á esta conclusión, que el mínimo de  $T$  corresponde al límite de  $x=0$ , es decir, al caso en que la decantación y el relleno se hiciesen de una manera continua, vertiéndose el agua clarificada sin intermitencia, y reemplazándola continuamente el agua turbia. La fórmula (7) que da  $T'$ , á saber :

$$T' = \frac{h}{\alpha} \frac{f(x)}{x}$$

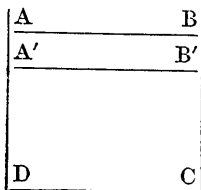
conduce algebraicamente al mismo resultado. En efecto, la derivada de  $T'$  relativamente á  $x$ , es:

$$\frac{h}{\alpha} \frac{x f'(x) - f(x)}{x^2}$$

Para que  $T'$  sea un mínimo, es necesario que esta derivada sea nula, y dicha expresión no puede anularse (si es que se anula), más que por  $x=0$ , valor que da  $f(x)=0$ .

En la incertidumbre en que estamos acerca de la forma de la función  $f(H)$ , es imposible hacer nuevas deducciones, las cuales no tendrían por otro lado mucho interés bajo el punto de vista práctico. Sin embargo, tendría cierta importancia buscar por medio de la experiencia la ley de que acabamos de hablar, ley que para un líquido dado de una composición también dada, sería probablemente muy sencilla; pero que al pasar de un líquido á otro, se complicaría de todos los elementos característicos de los diversos líquidos. Algunos experimentos que he-

Figura 2.<sup>a</sup>



mos emprendido, aunque en pequeña escala, tienden á demostrar que la funcion  $f(H)$  puede representarse por un binomio de segundo grado

$$a H + b H^2$$

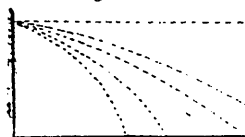
en el cual el coeficiente  $b$  tiene relativamente un pequeño valor, pero los experimentos no son bastante concluyentes para poder dar este resultado con toda seguridad.

Esta forma de funcion satisface á la condicion de que el mínimo de  $T$  corresponda al caso límite de  $x=0$ , es decir, como se ha explicado, al caso en que el relleno y el vaciado del vaso se hagan de una manera continua, y que es precisamente el método seguido en la práctica.

En efecto, el desecamiento de un terreno cualquiera, se opera como sigue: Se rodea la cuenca de un dique de tierra que la aísla de las parcelas vecinas, y forma una especie de vaso, donde se introduce el agua turbia. Esta proviene de un rio donde se construye una toma de aguas, que permanece abierta durante el período de las crecidas, dando paso continuamente al agua, que llega por medio de un canal al interior del recinto. Del lado opuesto á la entrada de las aguas, se construye en el dique un vertedero, por el cual pasa por láminas muy delgadas el agua clarificada de la superficie.

Esta operacion continúa puede asimilarse, bajo el punto de vista de sus resultados, á una operacion intermitente compuesta de una serie de decantaciones parciales, en las cuales la capa decantada fuese infinitamente pequeña, y por consiguiente, el depósito se formará por capas sucesivas de espesor uniforme, hasta alcanzar el nivel del vertedero. En realidad no sucede enteramente así, porque hay que tener en cuenta los movimientos del agua, y las demas causas que pueden turbar la produccion regular y uniforme del sedimento, tales como la diversa naturaleza y las densidades variables de las materias suspendidas en el agua, las plantas que crecen en la cuenca, etc. De estas causas, que no hacemos más que indicar, resulta que el sedimento no se deposita con uniformidad sobre toda la superficie de la cuenca, sino que es más abundante hácia el origen que hácia su extremidad, y esto se

explica teóricamente de una manera muy sencilla. Al entrar las materias en la cuenca, están animadas de una velocidad inicial igual á la del agua que las ha conducido; seguirán, por consiguiente, marchando bajo la influencia de esta velocidad, al propio tiempo que la accion de la gravedad las impulsará á descender y depositarse. En virtud de estas dos influencias, describirán trayectorias de forma parabólica, cuya amplitud es tanto mayor, cuanto ménos densa sea la materia. Las materias pesadas se depositan, por consiguiente, cerca de la orilla, y las más lige-

Fig. 3<sup>a</sup>

ras van más léjos. Si se hiciese un córte trasversal cualquiera en un momento dado, las líneas de igual densidad serian curvas parabólicas, como representa la figura 3.<sup>a</sup>, y el lugar geométrico de todas estas curvas, es decir, las superficies de igual densidad serian paraboloides parabólicos muy aplastados. La experiencia confirma estas indicaciones teóricas; pero cuando la sedimentacion toca á su fin en una cuenca, la superficie se nivela de una manera muy lenta.

Es evidente que la influencia de las hierbas, malezas y vegetaciones de todas clases que crecen en las cuencas alteran la regularidad de los fenómenos que acabamos de analizar, pero los resultados generales son siempre los mismos.

En resumen, pues, una cuenca de sedimentacion puede considerarse con mucha aproximacion como un gran vaso en el cual se introduce agua turbia por intervalos continuos, dando salida simultánea á la capa superior ya clarificada. Estas dos operaciones se hacen por sí mismas, gracias á la disposicion de las obras.

Una consecuencia importante resulta necesariamente de este método (que es el que hemos llamado de decantacion parcial), y es que la profundidad de la cuenca, ó mejor dicho, de la capa que contiene, no tiene influencia sobre la cantidad de légamo depositado en un tiempo dado,

y por tanto, sobre el tiempo que la operacion exige. En efecto, no hay más que la capa superior, la que se renueva de una manera continua por el vertedero, que sea activa; la capa de debajo, la que está en reposo, no tiene ninguna influencia, y no es más que un intermediario más ó ménos útil, donde se concentran poco á poco las materias que lleva la capa renovable, siendo indiferente su mayor ó menor espesor. Resulta de esto que es inútil establecer las obras, ó al ménos los vertederos, al nivel definitivo que deben alcanzar para acabar la sedimentacion; pues ésta marchará con la misma velocidad, manteniéndolas primero á un nivel bajo, y remontándolas sucesivamente á medida que se eleven los sedimentos depositados. Esta manera de operar es ventajosa cuando no pueden destinarse de una vez crecidas sumas á las obras, como sucede en el caso de consagrarse á ellas una consignacion anual, ó solamente la renta de los mismos terrenos que se tratan de desecar. Claro es, sin embargo, que la renovacion de los vertederos es una operacion costosa que no se debe repetir á la ligera, y que el coste final de las obras será siempre mayor haciéndolas por partes, que de una vez.

Antes de pasar adelante conviene indicar sumariamente las obras de que se compone una cuenca de sedimentacion reducida á su mayor sencillez.

En primer lugar, la cuenca está formada, como hemos ya dicho, por un dique de tierra que la rodea por todos lados y la aísla completamente de los terrenos adyacentes. A esta cuenca desemboca un canal, llamado canal de aguas turbias, que desde el curso de agua elegido conduce á la cuenca las que deben producir el sedimento. Este canal tiene naturalmente dimensiones variables, segun el volúmen de agua que se quiere utilizar por segundo. Su longitud depende: 1.º, del nivel que se quiere hacer alcanzar á las aguas en la cuenca; 2.º, de la velocidad máxima que se acepte para las aguas en el canal, cuya condicion determina su pendiente longitudinal. Esta velocidad debe ser bastante grande para que las aguas no depositen los sedimentos en el canal, y bastante pequeña para que la corriente no degra-

de las márgenes, cuyo revestimiento exigiria la inútil inversion de una suma considerable. Por otro lado, cuanto menor sea la pendiente del canal, podrá ser en general más corto, y por tanto más económico. La experiencia ha demostrado que una pendiente de 0<sup>m</sup>0006 á 0<sup>m</sup>0,0007 por metro, satisface perfectamente á todas las condiciones exigidas en la práctica, bastaria en rigor una pendiente de 0<sup>m</sup>0004, pero la velocidad del agua sería más pequeña, y para obtener un gasto suficiente sería necesario aumentar mucho la seccion del canal, lo que conduciría á mayores estipendios.

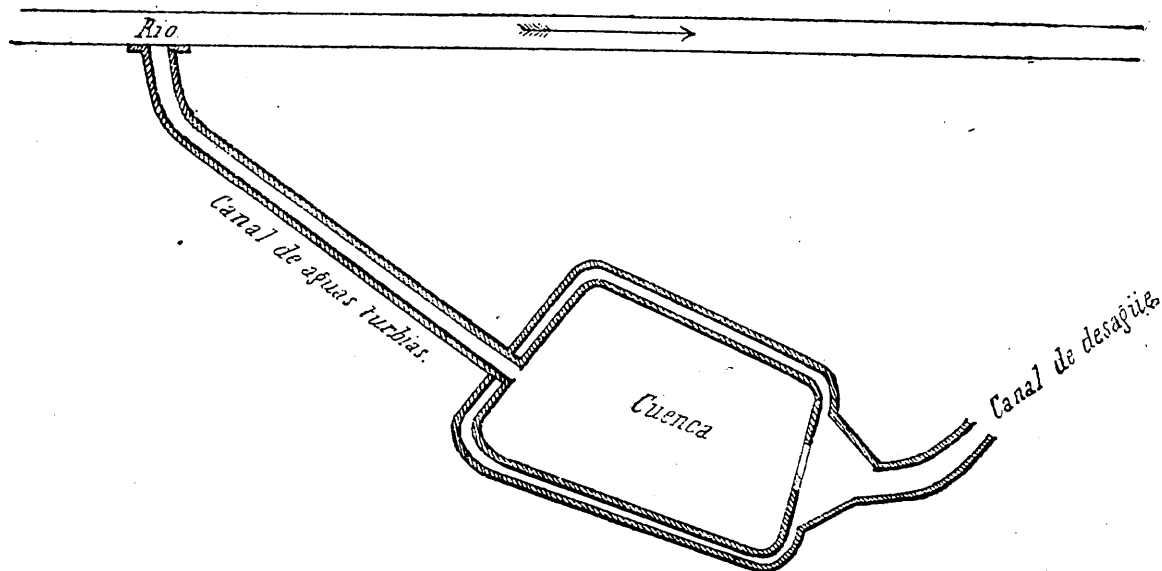
En el origen del canal se construye una toma de aguas, que consiste simplemente en una ó varias compuertas de corredera, sólidamente establecidas entre dos estribos de mampostería. En fin, en una parte del dique de cintura, y á ser posible en el punto más lejano de la desembocadura del canal, se construye uno ó varios vertederos de superficie, destinados á dar paso á las aguas claras á medida que las aguas turbias las empujan. La longitud del vertedero (que suponemos único para simplificar) depende de dos cosas: 1.º, del volúmen de agua á que debe dar paso por segundo, que es con muy poca diferencia el mismo que conduce el canal de agua turbia; 2.º, de la diferencia de nivel que se quiere admitir entre el agua de la cuenca y el vertedero, es decir, de la carga de este último. Esta carga debe reducirse todo lo que se pueda, á fin de que la capa renovable, naturalmente limitada por el nivel del vertedero, sea la menor posible, y que las aguas puedan salir perfectamente claras, sin necesidad de dar á la cuenca una superficie desmesurada, ni de disminuir el volúmen de las aguas turbias. Por otro lado, tampoco debe caerse en la exageracion inversa, que tendria por inconveniente el aumentar extraordinariamente la longitud del vertedero, y por consiguiente su coste. En la práctica conviene limitar la carga del vertedero á 0<sup>m</sup>10 ó 0<sup>m</sup>15; en cuanto á su longitud se calcula por medio de las fórmulas de la hidráulica cuando se conoce el gasto.

Las aguas que salen por el vertedero deben recogerse en un canal de desagüe para que no

perjudiquen á los terrenos vecinos, á ménos que se pueda disponer de un cauce natural.

Las disposiciones que acabamos de describir pueden resumirse en el croquis representado por

la figura 4, susceptible naturalmente de diversas modificaciones, segun los casos que puedan presentarse.

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

Hemos dicho que las diversas obras que componen la cuenca pueden completarse poco á poco, levantándolas, por decirlo así, por pisos, á medida que los sedimentos se elevan; sin embargo, es conveniente crear de una vez el canal de aguas turbias, de tal manera que nada quede que hacer en él hasta el fin de la operacion. En efecto: este canal atraviesa casi siempre terrenos particulares que se ocupan temporalmente, y por los cuales se paga una indemnizacion anual que es conveniente fijar de una vez. Además, existe una razon más poderosa, cual es la de la economía.

(Se continuará.)

#### OBRAS PÚBLICAS DE LAS BALEARES DURANTE EL AÑO 1870.

Las sumas considerables que representa por punto general la construccion de las obras públicas, enlaza intimamente el desarrollo de éstas con la situacion de la Hacienda del Estado; cuando ésta desfallece y lleva una vida penosa y difícil, como sucede hoy día, los trabajos públicos decaen forzosamente,

y los pocos que se llevan á cabo resultan á subido precio.

A pesar de estas consideraciones, durante el año de 1870 se han subastado en esta provincia obras por un valor muy crecido, lo cual debe atribuirse, sin duda, á la ley de presupuestos vigente, al disponer que las cantidades consignadas para la construccion de carreteras se repartan entre las diversas provincias proporcionalmente á la longitud de via que falta por construir, con arreglo al plan de carreteras del Estado; abandonando de este modo el sistema ántes seguido, que consistia en distribuir dichas cantidades siguiendo el capricho del Ministro de Fomento ó las recomendaciones de personas influyentes, más atentas en general á su interes particular que al beneficio comun.

Merced á la disposicion citada, digna de todo elogio por obedecer á un espíritu marcado de rectitud y justicia, se han emprendido en esta provincia obras de bastante consideracion, que vamos á reseñar en breves líneas, juntamente con las que se han acabado y recibido durante el mismo año, empezando por estas últimas.

*Obras recibidas, acabadas ó inauguradas.*— Siguiendo el orden de importancia, debemos colocar en primer lugar la carretera de Ibiza á San Antonio.