

do. Un trozo de tierra llana en donde se haga un muro de recinto que forme un estanque que se llene artificialmente puede ser solución. Difícilmente, en cambio, se la encuentra en un puerto comercial, donde tan difícil es que en una extensión tan grande no haya algún obstáculo, siempre gravísimo para el que vuela.

Por todo ello se ve que no es fácil tener buenos puertos para hidroaviones, aunque no faltan en muchas costas esas entradas del mar, inmejorables para la aviación. Pero la idea de hacer un puerto artificial para hidroaviones, como la de aprovechar un puerto comercial, debe ser mirada, por lo menos, con desconfianza.

* * *

Una observación importante hay que hacer. Lo que antecede es aplicable al aeroplano; su número y su importancia justifican que se haga el puerto para ellos. Pero conviene no olvidar que si el tráfico se hiciera exclusivamente con autogiros, el problema sería totalmente distinto por lo que a la extensión se refiere; tan distinto, que los cuatro kilómetros antes citados se reducen a la cubierta del *Dédalo*, y ya es bastante. El aeroplano no puede convivir con las naves del mar; el hidro gana y pierde altura a expensas de largos recorridos horizontales que son incompatibles con todo lo que haya en la superficie del mar; el autogiro amara verticalmente y no siente temor ante la idea de tener que navegar a más de cien kilómetros por hora en una dársena cruzada por otras embarcaciones.

* * *

Hasta aquí lo que piden las maniobras marinerías de entrar y salir. Dentro del puerto puede estar fondeado a la gira; es cosa sencilla, si no se olvida que el fondo ha de ser bueno, porque el hidro coge mucho viento y el ancla garrea con facilidad. En Inglaterra se emplean anclas de 250 kg., y es muy frecuente la boya cilíndrica de 60 centímetros de altura.

Con los barcos sólo hay que pensar en amarrarlos bien, anclas que no garreen y cadenas que aguanten. Con los hidros hay más; hay que sacarlos del agua con facilidad. Esto se puede hacer de muchas mane-

ras: una de ellas sólo consiste en una grúa que lo saque y lo ponga en el muelle. También se hacen varaderos por donde el hidro suba al muelle. En la pendiente del varadero hay una gran amplitud que llega al 15 y al 20 por 100. Como el peso del aparato es pequeño, no importa que la pendiente sea fuerte. El hidro sube en una cuna, como los barcos; o se le ponen ruedas que se montan en un eje que está hacia la línea de flotación; las ruedas tienen el buje hacia su línea de flotación, y así se consigue, sin grandes dificultades, armar las ruedas y que el hidro pueda salir rodando, y que un par de hombres que lo empujen, lo lleven a su cobertizo.

Lo que el hidro transporte, entra y sale de tierra en embarcaciones auxiliares. Es como si viniera en tráfico marítimo. Aduanas, policía, correo, sanidad, telégrafo, radio, teléfono y demás servicios, se organizan como en un puerto de mar. Como en él conviene establecer la corriente de circulación de pasajeros y de mercancías, de tal modo que las corrientes no se crucen y que sucesivamente se vaya pasando en el orden debido por todas las intervenciones que se hayan establecido en el puerto.

El cobertizo con sus amplias puertas colgadas, que dan la vuelta en los ángulos y que permiten abrir todo un frente, el taller de reparaciones y los depósitos de combustibles y de aprovisionamientos del hidro, son análogos a los de un puerto para aeroplanos.

Como todos los puertos, el aeropuerto marítimo es una estación de empalme entre la vía del aire, la del mar y las de tierra, sean ferrocarriles o carreteras. Este enlace ha de ser cómodo y sencillo.

El puerto se hace para que sea seguro un tráfico que hay que abaratar todo lo posible. No olvidemos esto; el puerto tiene que estar bien enlazado con tierra, sin olvidar que el viaje no se rinde hasta que mercancías y personas hayan llegado a su destino.

Muy esencial es lo referente a luces y señales. El balizamiento de las rutas del aire es más importante que para los buques. De él trataremos a continuación.

Eduardo J. DE CASTRO,
Profesor de Puertos y Señales marítimas
en la Escuela de Caminos.

Cubicación de embalses

La capacidad de un embalse es una de sus más importantes características desde el punto de vista práctico. Su determinación habrá de depender del objeto que con la obra se pretende alcanzar y de la cantidad y distribución de los recursos hidráulicos disponibles; pero para hacer efectiva esa capacidad, hay que contar con la forma del terreno que, juntamente con la presa, han de constituir el receptáculo donde el agua pueda almacenarse y conservarse.

Preséntase así un problema de cubicación, que no es sólo interesante para la redacción del proyecto, sino también desde el punto de vista de la conservación y de la explotación de la obra, por cuanto una vez resuelto permitirá conocer en cada momento el volumen de que se dispone y tomar en cada caso las medidas que la previsión aconseje, para dar a la reserva

la más útil aplicación o para preparar el almacenamiento o el desagüe de nuevos caudales de avenida.

Un conocimiento suficientemente preciso de la capacidad del vaso es necesario, además, para poder vigilar sus posibles variaciones, sobre todo las originadas por el depósito de los arrastres acarreados por la corriente cuando, como es el caso más general, el pantano se establece en el mismo río.

Por todas estas razones, el problema merece la atención del Ingeniero, y si teóricamente su resolución es sencillísima, en la práctica preséntanse a menudo dificultades que limitan su precisión y son causas de errores inevitables, de cuya importancia conviene darse cuenta lo más aproximada posible.

Si se tratase de cuerpos de forma sencilla, bastaría determinar sobre el terreno sus dimensiones ca-

racterísticas y aplicarles las fórmulas conocidas de la Geometría. El error presumible sería entonces fácilmente calculable y dependería tan sólo de la precisión efectiva de la medida y de la mayor o menor complicación de las fórmulas.

Pero la superficie del terreno no obedece a leyes analíticas: es el resultado de fuerzas o accidentes, a veces producidos en distintas épocas, que actúan o han actuado con distintos ritmos y que, por lo general, no presentan entre sí ningún enlace necesario.

Casos especiales podrá haber, sin embargo, en que esa superficie pueda asimilarse sin error sensible a una superficie geométrica y, en tal caso, la operación se simplifica; pero rara vez ocurrirá esto para la superficie total de un embalse algo extenso, y sólo en casos muy favorables cabrá dividir éste en un corto número de volúmenes parciales que cumplan con aquella condición.

Aumentando ese número, se podría, teóricamente, al menos, alcanzar el resultado con una precisión creciente; pero pronto llegaría el momento en que la acumulación de errores hiciera completamente ilusoria la pretendida precisión.

No habría entonces otro recurso que recurrir a los métodos generales de integración aproximada en los que, si el principio es el mismo, la división sistemática del volumen impide que los errores puedan acumularse más allá de un cierto límite.

Considerada en toda su generalidad, una integral de volumen es una integral triple; pero en el caso que aquí consideramos, como la superficie del agua es horizontal, se reduce fácilmente a una integral doble que resultaría de cuadricular la superficie y multiplicar el área de cada cuadrícula por la altura media del agua sobre el terreno. Si las cuadrículas son todas iguales, como su suma ha de ser igual a la superficie total, se tendría limitado el error por el producto de la superficie por el máximo desnivel del terreno que correspondiera a una cuadrícula, y que podría ser tan pequeña como se quisiera, aumentando convenientemente el número de cuadrículas.

En realidad, el error sería bastante menor que ese si se tomaba para cada cuadrícula una profundidad media y si, como es de esperar siempre en casos análogos, el gran número de cuadrículas condujera a una compensación parcial de los errores. Los errores de cálculo vendrían, sin embargo, a sumarse con los errores de medida, que en muchos casos podrían llegar a superarlos, sobre todo si las cuadrículas fueran muy pequeñas.

Pero cuando el número de cuadrículas aumenta, el procedimiento se hace sumamente penoso, a menos que las cuadrículas pudieran agruparse en superficies suficientemente extensas, cuyo fondo obedeciera aproximadamente a alguna ley de regularidad geométrica, que permitiera calcular su profundidad media. Se estaría entonces en el caso examinado antes, de división del embalse en volúmenes parciales directamente calculables, a los que eventualmente hubieran de añadirse, para la evaluación por medio de cuadrícula, los residuos que no se prestaran a un cálculo más preciso.

Habría, sin embargo, en todos estos casos, una nueva fuente de errores acumulables a lo largo de las líneas de división, que no podrían ajustarse exactamente a la cuadrícula; causa de errores que, en todo caso, existiría a lo largo de las orillas, aunque enton-

ces tenga menos importancia por razón de lo exiguo de la altura del agua.

Por todas estas razones, el método de la cuadrícula es, por lo general, poco cómodo y su práctica minuciosa no siempre compensa su mayor exactitud, más aparente a veces que real.

Para obtener una mayor expedición, se trata entonces de reducir la integral doble a una integral simple, estableciendo una serie de perfiles suficientemente próximos, cuyas superficies, multiplicadas por sus distancias mutuas, nos den los volúmenes elementales, cuya suma constituya el volumen total.

De dos modos se ha intentado poner en práctica este método: o bien por medio de perfiles verticales, en forma análoga a como se procede para cubicar los movimientos de tierras necesarios para la construcción de caminos y canales, o utilizando las secciones horizontales correspondientes a los distintos niveles de agua.

Rara vez podrá estar indicado el primer procedimiento. Sólo cuando se trate de un verdadero cañón limitado por acantilados o laderas relativamente uniformes, sin grandes ensanchamientos y con barrancos poco numerosos, podrán los resultados ser aceptables en la misma medida en que lo son las cubicaciones de los movimientos de tierra.

En canales y caminos, la sección suele ser regular y uniforme, los taludes superficies regladas y el terreno sólo interviene en una parte del perfil, introduciendo en él la variabilidad e irregularidad propias de los elementos naturales. Aun esta irregularidad se habrá buscado, de intento, que sea la menor posible, esforzándose por acomodarse hasta donde sea dable a la forma del terreno. Iguales consideraciones se aplican al perfil longitudinal y al trazado en planta, donde se habrán evitado codos bruscos o curvas demasiado cerradas, todo lo cual contribuirá a mantenerse dentro de las condiciones en que son admisibles las fórmulas aproximadas utilizadas en el cálculo.

Como consecuencia de todo ello, la base del perfil longitudinal sigue una dirección perfectamente determinada, que viene a coincidir con el eje del camino, y los perfiles transversales se disponen normales a este eje, sin que se separen de él considerablemente, y se suelen señalar directamente en el campo, escogiendo los puntos característicos del terreno que mejor puedan definir el volumen que se trata de calcular.

Nada de esto ocurre, por lo general, en los embalses. Si hay en ellos una línea que podría parecer asimilable al eje del canal, cual es la que corresponde al cauce de la corriente, ésta es a veces extremadamente sinuosa, y si en todo rigor sería posible seguirla para determinar el volumen del propio cauce, la utilidad sería escasa, porque ese volumen suele ser muy pequeño en relación con el volumen total. Y si se sale del cauce para tomar en cuenta las vegas inmediatas y las laderas próximas, ya aquella línea debería ser rectificadas sin que se tenga para ello un criterio seguro que permita fijar la dirección de los transversales; de donde resultarían inevitables vacilaciones y errores que habrían de agravarse con la dificultad de abarcar con la vista una gran extensión de terreno, lo que obligaría a un levantamiento más detallado para poder operar después sobre el plano con las debidas garantías.

El método de las secciones horizontales se encuen-

en parte, ese defecto, pues en ese caso las diferencias segundas de la serie

$$S_0, S_1, S_2 \dots S_n$$

serán todas positivas y se tendrá por consiguiente

$$S_k - 2S_{k-1} + S_{k-2} > 0$$

$$S_{k-1} - 2S_{k-2} + S_{k-3} > 0.$$

Ahora bien, las diferencias entre las fórmulas segunda y tercera y la fórmula primera son respectivamente

$$\begin{aligned} & \frac{\frac{2}{3}}{3} (S_{k-2} + 4S_{k-1} + S_k) - \\ & - \frac{\frac{2}{3}}{2} (S_{k-2} + S_{k-1} + S_{k-1} + S_k) = \\ & = \frac{S_k - 2S_{k-1} + S_{k-2}}{6} > 0 \\ & \frac{\frac{3}{8}}{8} (S_{k-3} + 3S_{k-2} + 3S_{k-1} + S_k) - \\ & - \frac{\frac{3}{8}}{2} (S_{k-3} + 2S_{k-2} + 2S_{k-1} + S_k) = \\ & = \frac{S_{k-3} - S_{k-2} - S_{k-1} + S_k}{8} = \\ & = \frac{1}{8} [(S_k - 2S_{k-1} + S_{k-2}) + \\ & (S_{k-1} - 2S_{k-2} + S_{k-3})] > 0. \end{aligned}$$

Este mejor ajuste de las fórmulas de orden más elevado puede hacer creer que con él la aproximación habrá de ser siempre creciente. No habrá de ser siempre creciente. Y esto por dos razones: en primer lugar, porque, como ya se ha hecho observar antes, la superficie del terreno no obedece a ninguna ley analítica, sino que por el contrario, su forma general se encuentra perturbada por una multitud de accidentes locales, que de ordinario se suceden sin orden ni concierto. En las vegas, las divagaciones del río han producido desniveles que se acusan en las *madres viejas* abandonadas por la corriente; las laderas, de taludes más uniformes y regulares, se encuentran cortadas por barrancos más o menos profundos originados por la erosión; los distintos estratos del terreno, con su desigual resistencia, introducen nuevas irregularidades en el modelado, y a todas estas causas de confusión y de variabilidad se añade que las

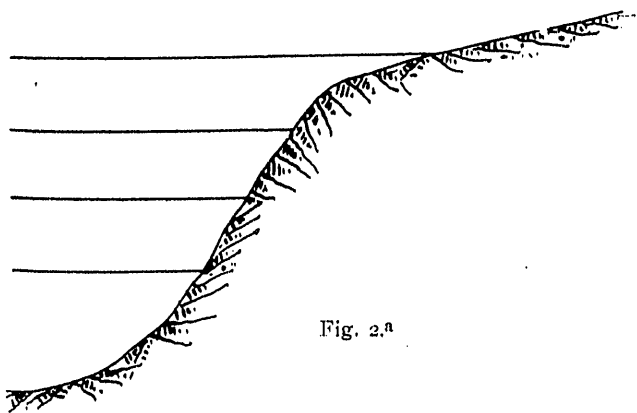


Fig. 2.a

líneas más características desde el punto de vista del relieve, las que más pueden influir en la precisión del volumen, como divisorias de aguas, pies de laderas, bordes de mesetas, etc., o se esfuman, quedando indeterminadas en el plano, o están lejos de ser horizontales, o cuando lo fueran no coinciden con ninguna curva de nivel (fig. 2.a).

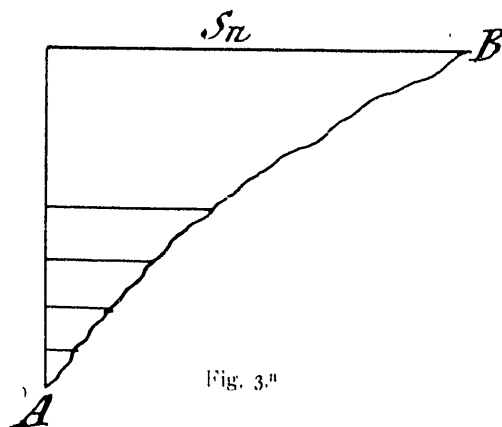


Fig. 3.a

Resulta de aquí, que si para equidistancias relativamente grandes, la curva AB trazada a sentimiento sobre la figura 1.a puede semejar una curva regular y de apariencia sencilla, al intercalar nuevas ordenadas, no obtenidas por una interpolación analítica, sino tomada directamente de la realidad, la curva con que nos encontraríamos sería como la de la figura 3.a, más parecida a los trazados aproximados que se obtienen cuando se trata de representar sobre el dibujo las funciones continuas sin derivada.

Pero, aparte de esta razón de naturaleza física, podría haber también otra de orden analítico. Si es cierto que por n puntos puede pasar siempre una parábola de grado $n - 1$, no lo es menos que esta parábola en sus máximos y en sus mínimos puede apartarse considerablemente de la curva media que a sentimiento trazáramos para unirlos, a veces quizás por irreflexiva costumbre o arraigados hábitos de pensar,

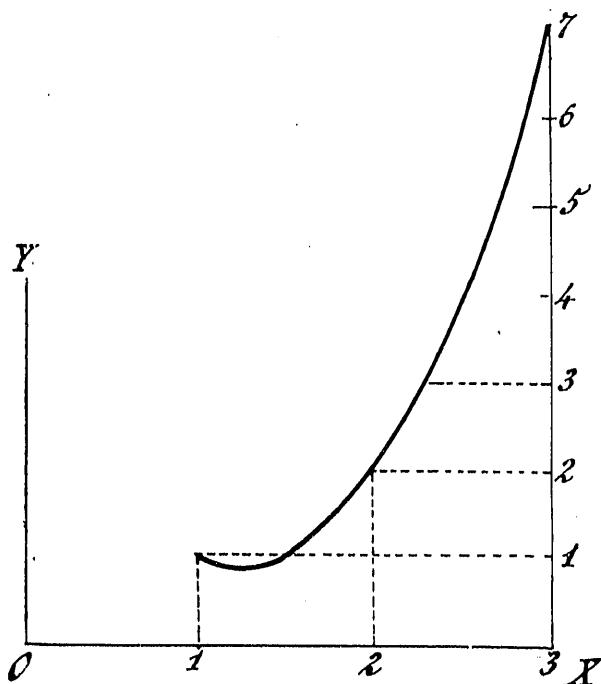


Fig. 4.a

pero a veces también respondiendo a una experiencia de más positivo valor.

Un ejemplo sencillo bastará para demostrarlo. Supongamos señalados sobre el papel (fig. 4.^a) los puntos M_1 , M_2 , M_3 , cuyas coordenadas referidas a los ejes cartesianos OX y OY sean (1,1), (2,2) y (3,7) (*). Esos puntos parecen señalar una curva de ordenada constantemente creciente, por lo menos dentro del intervalo considerado, y que podría, por lo tanto, representar dentro de esos límites el crecimiento de las superficies de las sucesivas secciones horizontales del embalse. Sin embargo, si calculamos su ecuación encontraremos:

$$y = 2x^2 - 5x + 4$$

y entonces se ve inmediatamente que esa expresión tiene un mínimo correspondiente a

$$x_m = \frac{5}{4} = 1,25$$

y que, comprendido entre M_1 y M_2 , viene a interrumpir de manera inadmisiblemente la constancia del crecimiento. La ordenada del mínimo sería

$$y_m = 0,875$$

y aun podría ser más pequeña si el punto M_3 fuera más elevado; se anularía aproximadamente para

$$Y = 20$$

y pasaría a ser negativa para valores mayores.

El área de la superficie comprendida entre la parábola y el eje de las x estaría siempre representada por la fórmula de Simpson

$$A = \frac{h}{3}(y_1 + 4y_2 + y_3).$$

(*) Para mayor claridad de la figura, hemos tomado una escala de horizontales doble de la de verticales.

por lo menos mientras el mínimo fuera positivo, y también después, si se conviene en considerar como negativo el segmento parabólico que quedara por debajo del eje de las x ; pero cualesquiera que pudieran ser las compensaciones para mínimos poco pronunciados, a la larga la fórmula se apartaría cada vez más de la realidad, que estaría ya mejor representada por las rectas $M_1 M_2$ y $M_2 M_3$ que corresponderían al cálculo por medias aritméticas.

Hemos visto más atrás que la diferencia entre las dos expresiones sería entonces

$$\Delta = \frac{y_3 - 2y_2 + y_1}{6},$$

y si se suponen y_1 y y_2 constantes, o lo que es lo mismo fijos M_1 y M_2 , se ve que Δ crecería con y_3 , y que la divergencia entre las dos fórmulas sería cada vez mayor.

Las cosas podrían complicarse aún más cuando el número de superficies a combinar fuera mayor que tres. Una parábola tiene en general entre máximos y mínimos tantos como raíces su derivada, o sean $n - 1$, si es n su grado o $n + 1$ el número de los puntos que la determinan. Cuando estos valores extremos se interponen entre los dados, el método deja de ser aplicable y sólo se le podrá aceptar con algunas garantías cuando la parábola encontrada, en el intervalo en que haya que utilizarla, hubiera ya entrado en la rama final de crecimiento constante. Si así no fuera, habría que dividir el área en varias secciones, a cada una de las cuales correspondiera una parábola que cumpliera aquella condición, lo que siempre se podría conseguir porque conduciría en el límite al cálculo por medias aritméticas.

Con este último, sin embargo, hemos visto que se comete de ordinario un error por exceso. Era natural, por consiguiente, ensayar otras fórmulas y procedimientos de que nos ocuparemos en un próximo artículo.

Pedro M. GONZALEZ QUIJANO

Acerca del general uso y aprovechamiento de los caminos públicos

En imagen sencilla puede decirse que una obra pública, en general, y singularmente una vía de comunicación, y del modo más concreto un camino ordinario, o carretera, equivale a un instrumento de trabajo para uso del conjunto social; pero ello, de un modo tan ilimitado, que abarca a todos los habitantes; así nacionales como extranjeros; y como tal instrumento hay que crearlo primeramente y usarlo después; de aquí que resulte lógico considerar dos fases distintas, perfectamente separadas por un momento crítico; aquel en que ejecutado, o establecido, el camino se entrega al tránsito público, para su general uso y aprovechamiento.

La primera fase, o de creación, ha sido materia de leyes fundamentales y de copiosa y detallada reglamentación; y desde que éstas se iniciaran en 1876 con arreglo a las doctrinas de derecho administrativo

más acreditadas, puede decirse que se alcanzó en España un cuerpo de disposiciones tan armónico y eficiente, que no es fácil encontrar un ejemplo más acabado de acierto insuperable.

No ha sucedido otro tanto con la segunda fase o de general uso y aprovechamiento, por lo que se refiere a los caminos ordinarios o carreteras; precisamente las obras públicas más antiguas en el orden de su aparición en la vida del hombre y las más fundamentales para el desarrollo de los intereses económicos de cualquier Estado: los caminos de hierro, por ejemplo, que apenas cuentan con un siglo de existencia práctica, fueron tratados, apenas se planteó en España el problema de su establecimiento, con una amplitud legal tan previsoramente y con un sentido práctico tan ponderado, que las leyes y reglamentos primitivos han perdurado medio siglo sin envejecer ni renovarse