

REVISTA DE OBRAS PUBLICAS

PUBLICACIÓN TÉCNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

AGUAS ⁽¹⁾

CANALES DESCUBIERTOS

(CONCLUSIÓN)

Resumiendo cuanto se lleva expuesto, puede decirse:

1.º Que con la fórmula de Tadini, y siempre que se trate de casos en que el valor de γ dado por la fórmula (a)

$$c = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{\pi}}} \gg$$

(que para la fórmula de Tadini equivale á dar el valor 50) se aproxima sensiblemente á 0,74, que corresponde á $R = 1$, los resultados obtenidos son las sencillísimas tablas que pueden prepararse, como se ha dicho, para los valores respectivos de la velocidad media y de la pendiente, en un canal descubierto, cuyas paredes corresponden al citado valor de $\gamma = 0,74$, son aceptables en la mayor parte de los casos prácticos y dan siempre base para la comprobación de los proyectos.

2.º Que el empleo de la forma rectangular para los cauces, como medio de facilitar notablemente el cálculo de su sección mojada ó útil, no acarrea errores sensibles, que afectan únicamente al valor del radio medio, en cuanto este valor se modifica al transformar la sección rectangular calculada en otra de forma de trapecio de área equivalente, quedando siempre estos errores comprendidos entre determinados límites fijados de este modo, para el valor del talud ó $\text{tg } \varphi$ (ángulo con la vertical).

El error es cero para $\left\{ \begin{array}{l} \text{tg } \varphi = 0 \\ \text{tg } \varphi = \frac{4}{3} \end{array} \right.$

El error es positivo para $\text{tg } \varphi < \frac{4}{3}$ » máximo para $\text{tg } \varphi = \frac{2}{3}$

El error es negativo para $\text{tg } \varphi < \frac{4}{3}$

entendiéndose que el error es positivo cuando la sección trapecial tiene mayor radio medio que la rectangular equivalente, y negativo en caso contrario.

(1) Véase el número anterior.

3.º Que para determinar el área de la *sección mínima* rectangular ó gasto de que es capaz un canal descubierto de determinado radio medio, basta fijar el rectángulo cuya base es cuádruple del valor de dicho radio medio y cuya altura sea el doble del mismo. Generalizados los casos precedentes, se obtiene, en efecto, la serie de igualdades que siguen y no necesitan explicación después de cuanto se lleva expuesto sobre el particular.

$$LH = \frac{2Q}{U} = n$$

$$L + H = \frac{Q}{U \times \rho} = m,$$

en que L es la base del rectángulo, H el doble de su altura, Q el gasto que trata de determinarse en función de ρ , radio medio de la sección buscada, y U la velocidad media que es independiente de la sección del canal para los efectos que se relacionan con el problema.

La condición que anula la posibilidad de soluciones imaginarias, en la ecuación de segundo grado $x^2 - mx + n = 0$ que sirve para determinar los valores de L y H en todos los casos es evidentemente $\frac{m^2}{4} = n$ » de donde se obtiene

$$\frac{Q^2}{4U^2\rho^2} = \frac{2Q}{U} \gg Q = 2U \times (2\rho)^2 \gg$$

y por tanto

$$\Omega \text{ (área de la sección mínima)} = \frac{Q}{U} = 2 \times (2\rho)^2 \gg$$

pero como

$$LH = 2\Omega = (4\rho)^2 \gg L + H = \frac{\Omega}{\rho} = 8\rho \gg \\ L = 4\rho = H$$

4.º Siendo el gráfico del Sr. Bonaventura un medio ideado para obtener desde luego las cuartas proporcionales de la fórmula

$$(F) \quad \frac{V}{\sqrt{R}} = \frac{c}{\frac{1}{\sqrt{I}}}$$

que se deduce de la exacta de Bazin, teniendo presente que

$$c = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}} \gg$$

ó sea la fórmula (a) de que se ha hablado anteriormente, según se deduce claramente de la figura 3.^a del artículo de la Revista que ha motivado las indicaciones presentes, el suponer, como Tadini supuso, que $c=50$, equivale á trazar en dicho gráfico una recta TT' (fig. 3.^a) paralela al eje de abscisas $\sqrt{R}$, y á la ordenada 50, llevada en la escala de $\frac{1}{\sqrt{I}}$, que se haya adoptado para las verticales.

el valor $\tau_1 V_1$ » para $\sqrt{R}=1=R$ (caso de las tablas arriba designadas), con la pendiente designada anteriormente » el valor $\tau_2 V_2$ » para $\sqrt{R}=or_2$, y así sucesivamente. El croquis de la figura 3.^a nos demuestra que en la hipótesis de Tadini las velocidades medias obtenidas corresponden, según el valor del radio medio, á los casos de canales con paredes de diversa resistencia, y para ello basta fijarse en

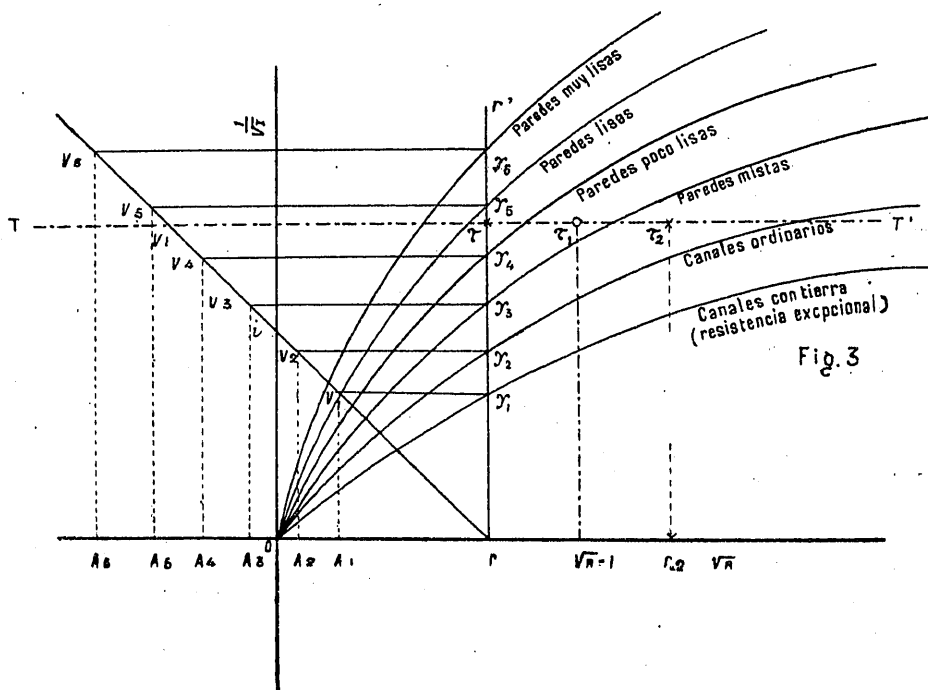


Fig. 3

En la presente figura 3.^a en que se croquiza y engloba sin otro objeto que el de comparar los resultados de Tadini, con el gráfico de referencia, se ve que tomando por base el triángulo $i o r$, cuyos catetos horizontal y vertical son respectivamente $\sqrt{R}$ y $\frac{1}{\sqrt{I}}$, y comparándolo con sus semejantes $V_1 A_1 r$ » $V_2 A_2 r$, etc., etc., que se obtienen trazando la vertical (paralela al eje de $\frac{1}{\sqrt{I}}$) rr' y por los puestos de encuentro con las hipérbolas que corresponden á los diferentes valores de τ , (según la naturaleza de las paredes del canal), rectas horizontales $\tau_1 V_1$, $\tau_2 V_2$ etc., etc., hasta su encuentro con la hipotenusa del triángulo rectángulo $i o r$ arriba mencionado; estas horizontales $\tau_1 V_1$, $\tau_2 V_2$, etc., etc., son los valores de V de la fórmula (F) ó sean las cuartas proporcionales

$$\frac{\tau A_1}{\sqrt{R}} = \frac{A_1 V_1}{oi} = \frac{c}{\frac{1}{\sqrt{I}}} \gg \tau A_1 = c \sqrt{RI}$$

$$\frac{\tau A_2}{\sqrt{R}} = \frac{A_2 V_2}{oi} = \frac{c}{\frac{1}{\sqrt{I}}} \gg \tau A_2 = c \sqrt{RI}$$

y así sucesivamente.

La fórmula de Tadini, que da un solo valor para V que hemos designado por U en las líneas anteriores, equivale á suponer que las hipérbolas correspondientes á los diversos valores de τ quedan sustituidas por la línea recta TT' , paralela al eje de los valores de $\sqrt{R}$, dándonos el valor τV_1 , para la velocidad en el caso de que

$$\sqrt{R} = or \gg y \frac{1}{\sqrt{I}} = oi \gg$$

los puntos τ , τ_1 , τ_2 , etc., que caen entre las hipérbolas correspondientes á estas diversas clases de canales, según el valor de R ó $\sqrt{R}$.

Siempre que R se separe poco de un metro, $\sqrt{R}$ se aproximará también á la unidad con mayor motivo, y el valor U de la velocidad corresponderá exactamente al caso de $\tau = 0,74$ » que corresponde al punto τ_1 del gráfico, pues de la fórmula (a) se deduce para c el valor 50, y entonces $V = c \sqrt{RI} = 50 \sqrt{RI} = U$. La recta TT' supone que c vale constantemente 50 unidades llevadas en la escala de ordenadas del gráfico, y de la fórmula (a) se obtiene lo que corresponderían para ello á τ , según el valor de $\sqrt{R}$. También se observa que cuando el radio medio es muy pequeño, ó sea cuando el valor or de $\sqrt{R}$ se separa mucho de la unidad aproximándose al origen ó alejándose notablemente, los puntos τ , τ_1 , τ_2 , tienden á salir del haz que forman las hipérbolas que comprenden todos los casos posibles de canales, y que para tales casos no sirve la fórmula de Tadini, lo cual se demostraría en seguida despejando el valor de τ de las tantas veces citada fórmula (a), en que c tiene el valor obligado de 50. Basta multiplicar el valor 0,74 por $\sqrt{R}$ » y si este valor es menor de 0,06 ó mayor que 1,75 que son los límites fijados por Bazin, sabemos que la velocidad obtenida no corresponde á ninguno de los casos posibles. En el gráfico del Sr. Bonaventura, debidamente trazado, estos límites corresponden respectivamente á los valores

$$\sqrt{R} = 0,09 \gg \text{ó } R = 0^m,0081$$

$$\sqrt{R} = 2,40 \gg \text{ó } R = 5^m,76$$

para canales de paredes muy lisas y de tierra de resistencia excepcional.

Los casos límites intermedios son

(Paredes lisas).....	$\sqrt{R} = 0,18$	$R = 0,0324$
(Idem poco lisas).....	$\sqrt{R} = 0,60$	$R = 0^m,36$
(Idem mixtas).....	$\sqrt{R} = 1,15$	$R = 1^m,33$
(Idem en canales ordinarios).	$\sqrt{R} = 1,72$	$R = 2^m,96$

Y 5.º Teniendo presentes las observaciones anteriores, la fórmula de Tadini es un medio sencillo y rápido para resolver los problemas, relaciones con los *canales de riego* y con los desagües (á veces de gran longitud) que precisan *los lavaderos de minerales y carbones* para beneficiarlos, limpiando las tierras y conduciendo el agua cargada de sedimentos á las balsas de decantación, obligadas por el Reglamento sobre enturbiamiento de los cauces públicos, vigente en la materia.

El mínimo gasto de establecimiento de canales de los riego y el de su conservación obliga muchas veces á fijar de antemano la máxima velocidad del agua en el cajero del canal, para evitar que sus paredes sean socavadas. Además, la naturaleza del terreno por que ha de llevarse el trazado del *canal ordinario* que se proyecta, muy particularmente para evitar la expropiación, determina la adopción de la sección de área mínima, para el caudal de agua que se precisa para el riego de la zona que ha de beneficiarse con la obra proyectada, y con estos elementos tendremos fijada el área de la sección que se desea y su radio medio consiguiente. Llevando sobre el gráfico el valor de $\sqrt{R}$, que supondríamos sea en el croquis de la Fig. 3.ª *or* (para no complicar el dibujo), trazando la ordenada $r'r'$ hasta el encuentro con la curva hiperbólica que proceda, según la naturaleza de las paredes del cauce, obtendríamos los puntos γ correlativos, y llevando después paralelamente el eje de abscisas, la longitud γV , de la velocidad media supuesta también como dato, podremos dibujar sobre el gráfico $r'V$, que (prolongado si es necesario) cortará en el punto i al eje de ordenadas. El

valor $oi = \frac{1}{\sqrt{I}}$ » nos determina la pendiente que ha de tener el cauce de que se trata. Con las Tablas que se hubiesen preparado con la fórmula de Tadini, y una vez que se concretara la naturaleza de las paredes del canal proyectado, queda inmediatamente determinado $\sqrt{R}$, según se ha dicho más adelante, siendo idénticas las construcciones precedentemente señaladas, pero es evidente que la solución obtenida pudiera no ser la conveniente, toda vez que, según ya se ha dicho, la sección mínima tendríase por base $4R$, y por altura $2R$ (dimensiones del rectángulo transformable en trapecio con los pequeños errores antes señalados), y tales dimensiones pudieran discrepar sencillamente de las que al canal correspondiesen para el gasto ó caudal que condujera, según la velocidad que se fijase. Si los datos fijados fuesen la pendiente y el radio medio (problema directo del gráfico), ó bien solamente la pendiente, obteniéndose en la hipótesis de Tadini el radio medio ó su raíz cuadrada por el gráfico; según la naturaleza de las paredes del cauce, llegaríamos á una velocidad que asimismo pudiera no ser la conveniente para el canal, por la misma naturaleza de las paredes, con la fórmula de Tadini ó la horizontal TT' que es su equivalente en el gráfico.

Para los lavaderos de minerales y carbones, la sección de los desagües, que pueden ser canalizos de fábrica, madera y metálicos, tiene que ser la mínima posible, y tanto el

gráfico del Sr. Bonaventura (que da soluciones para todos los casos), como la fórmula y tablas derivadas (de Tadini) en determinados supuestos, dan la pendiente mínima necesaria para la evacuación de las aguas sedimentadas, que precisan una velocidad mínima determinada y fija de antemano, para evitar que se aterren los cauces ó canalizos y se reduzca su sección, obligando á poner vigilantes que arranquen los sedimentos depositados y restablezcan las condiciones de desagüe.

JOSÉ C. DE UCELAY.

Bilbao 27 de Abril de 1910.

LOS DEMAS PUERTOS DE CADIZ

XIII

De interés general: Tarifa, Puerto de Santa María, Chiplona y Santi-Petri.

De interés local: Puerto Real, San Fernando, Chiclana y Rota.

Tarifa.—Se declaró á dicho puerto de interés general por ley de 15 de Julio de 1892. Se mandó estudiar por la Dirección general de Obras públicas; mas considerándose á Tarifa con carácter militar, el ramo de Guerra presentó algunas dificultades para la toma de datos necesarios para redactar el proyecto del puerto, no habiéndose hecho cargo el Estado hasta hace pocos años del mismo en la parte que se relaciona con el Ministerio de Fomento, el cual tan sólo atiende por ahora á la conservación del rompeolas y á la mejora de la pequeña dársena que el mismo defiende.

La antigua ciudad de Tarifa se halla próxima á la costa y está rodeada de murallas. Á unos 700 metros se halla la *isla de Tarifa* ó de *las Palomas*, unida á la costa por estrecho istmo. Dicha isla (de unas dos hectáreas) también está fortificada, hallándose el castillo de Santa Catalina situado en la parte central de la distancia de la isla á la ciudad. Al poniente de la isla está la *pequeña dársena* y el *rompeolas* antes mencionado que constituyen el puerto.

La población de Tarifa, de unos 12.000 habitantes, no tiene más importancia comercial que la producida por la exportación corchera y por las abundantes canteras, así como la de la pesca, á la que se dedican las embarcaciones de la localidad.

Mas si el puerto de Tarifa no tiene gran importancia comercial y bajo tal punto de vista bastarán pequeños gastos para conservar y ampliar su aprovechamiento, tiene importancia estratégica, según los competentes en la materia, los cuales consideran que bien artillada la isla antes citada, que tan sólo dista 12 kilómetros de la costa de África, y construido el puerto *militar* correspondiente (que podría costar unos *cuatro millones* de pesetas), no tan sólo sería utilizable para refugio de buques de guerra de mediano porte en un espacio abrigado de unas 30 *hectáreas* con *calados* de 5 á 12 metros, sino que Tarifa podría dominar con sus baterías desde *Cabo Plata* hasta *Punta de Europa* en Gibraltar, y aun la isla del *Perejil*; y la parte de África desde *Benzú* y *Punta Leona* en territorio español, hasta *Punta Civis*, próxima á *Tánger*.

Puerto de Santa María.—Fué declarado de interés general por ley de 3 de Enero de 1908. Á dicho puerto y á su po-