

**XIX SEMINARIO NACIONAL DE HIDRÁULICA E HIDROLOGÍA Y EL I FORO  
NACIONAL SOBRE LA SEGURIDAD DE EMBALSES  
BOGOTÁ D.C. COLOMBIA, 24 y 25 DE MARZO 2011**

**PRECISIÓN Y CORRECCIÓN A LA ECUACIÓN DE DISEÑO DE CUNETAS  
TRIANGULARES URBANAS DE AGUAS LLUVIAS, ESTABLECIDA EN NORMAS DE  
DISEÑO COLOMBIANAS.**

*Ramiro Vicente Marbello Pérez*  
*Profesor Asociado. Escuela de Geociencias y Medio Ambiente*  
*Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín, Colombia*  
*E-mail: [rymarbel@unal.edu.co](mailto:rymarbel@unal.edu.co)*

*Manuel Guillermo Cárdenas Quintero*  
*Estudiante de Ingeniería Civil.*  
*Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín, Colombia*  
*E-mail: [mcardenasq@unal.edu.co](mailto:mcardenasq@unal.edu.co)*

**RESUMEN:** Las cunetas de recolección y conducción de aguas lluvias en vías urbanas, generalmente, por funcionalidad y facilidad de construcción, son de forma geométrica triangular y conformadas, por un lado, por el bordillo vertical del andén, y, por el otro, por la berma de la calzada.

El Reglamento del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS, y las nuevas Normas de Diseño de Alcantarillados, de Empresas Públicas de Medellín, proponen una ecuación para el dimensionamiento de dichas cunetas, cuya deducción está basada en la ecuación de Manning, pero presenta una imprecisión, generada por una simplificación que hoy día no es justificable.

El presente artículo señala la imprecisión de la citada ecuación, presenta la ecuación correctamente deducida, y compara los resultados de un ejemplo resuelto, empleando ambas ecuaciones.

**ABSTRACT:** The stormwater collection and piping ditches on urban roads, usually for functionality and ease of construction, are triangular geometric shape, and made up, on the one hand, by the vertical edge of the curb, and, on the other, by the berm of the road.

Regulation of the Water Sector and Sanitation, RWS, and the new Sewer Design Standards, of Empresas Públicas de Medellín, proposed an equation for the design of these ditches, whose deduction is based on Manning's equation, but has a imprecision generated by a simplification which is not justified today.

This article points out the inaccuracy of that equation, deduces correctly the equation, and compares the results of a worked example, using both the incorrect equation and the correct equation.

**PALABRAS CLAVE:** drenaje superficial, cunetas, dimensionamiento de cunetas, diseño de alcantarillado pluvial, ecuación de Darcy & Weisbach.

**PRECISIÓN Y CORRECCIÓN A LA ECUACIÓN DE DISEÑO DE CUNETAS  
TRIANGULARES URBANAS DE AGUAS LLUVIAS, ESTABLECIDA EN NORMAS DE  
DISEÑO COLOMBIANAS.**

## 1. INTRODUCCIÓN

Las cunetas son obras complementarias de drenaje superficial que sirven para recoger y conducir las aguas lluvias en vías urbanas y carreteras. Las cunetas triangulares, en particular, por su geometría, su fácil adaptabilidad a calzadas y bermas de carreteras y calles urbanas, y por generar mayor seguridad vial a peatones y vehículos, es una de las obras complementarias más utilizadas en construcción de vías y alcantarillados pluviales.

Para el dimensionamiento de cunetas, tradicionalmente, se ha empleado la ecuación de Manning (1889), razón por la cual, en Colombia, las Normas RAS 2000, y las Nuevas Normas de EPM, para Diseños de Alcantarillado, exigen el empleo de esta ecuación en diseño de canales, en general, y, particularmente, en el dimensionamiento de cunetas, por su uso generalizado y su fácil aplicación.

Por otra parte, desde hace muchos años, se ha deducido una ecuación de diseño de cunetas triangulares urbanas, con base en la ecuación de Manning, aproximando el perímetro mojado al ancho superficial del flujo en la sección transversal de la cuneta. Obviamente, ello es una imprecisión que, en su momento, pudo haber sido justificable, dado el precario desarrollo tecnológico. Hoy día, esta imprecisión no es admisible, en virtud del gran avance tecnológico alcanzado en las tres últimas décadas.

La ecuación, cuya imprecisión se alude aquí, es la siguiente:

$$Q = 0.375 \left( \frac{z}{n} \right) y^{3/8} S_{ol}^{1/2} \quad (1)$$

En la ecuación (1),  $z$  es el talud lateral ( $z = 1/S_{ot}$ ). Véase la Figura 1.  $S_{ot}$  es la pendiente transversal de talud,  $S_{ol}$  es la pendiente longitudinal de la cuneta,  $y$  es la profundidad de la lámina de agua en la cuneta,  $Q$  es el caudal de aguas lluvias, y  $0.375 = 3/8$  es un coeficiente cuyas unidades son  $m^{1/3}/s$ .

Con base en la ecuación (1), se construyó el famoso Diagrama de Izzard (1946, en la publicación Proceedings Highway Research Board, de la Bureau Public Roads Washington. E.U.A.), el cual, junto con la ecuación arriba aludida, siguen vigentes.

Además de las normas arriba citadas, diferentes autores de libros de texto de la asignatura Acueductos y Alcantarillados, presentan y enseñan el empleo de la ecuación (1), sin advertir el error que ésta conlleva.

Se presentan aquí la deducción de la ecuación (1), indicando dónde se introdujo el error, la ecuación correctamente deducida, y la resolución de un problema sencillo de aplicación, comparando las diferencias entre los respectivos resultados. Además de lo anterior, se presenta la deducción de una ecuación de diseño de cunetas triangulares compuestas, basada en la ecuación de Manning, con su respectiva aplicación.

## 2. DEDUCCIÓN DE LA ECUACIÓN DE DISEÑO ERRADA

En la Figura 1 se muestra la sección transversal de la cuneta triangular simple, señalando sus elementos principales y un elemento diferencial de área.

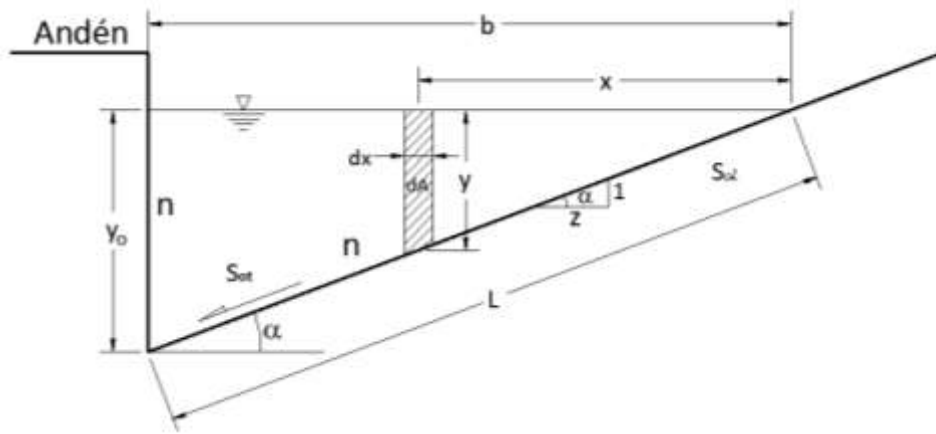


Figura 1 – Esquema de la sección transversal con los elementos diferenciales.

La ecuación de resistencia al flujo, de Manning, expresa lo siguiente:

$$Q = \frac{1}{n} A R_H^{2/3} S_{01}^{1/2} \quad (2)$$

A partir de la ecuación (2) y con arreglo a la Figura 1, se deducirá la ecuación (1), empleando elementos diferenciales de área, perímetro y caudal, tal como se dedujo originariamente.

De la Figura 1, se define el área y el perímetro mojados, como:

$$dA = y \, dx \quad (3)$$

$$dP = dx \quad (4)$$

Justamente aquí, en la ecuación (4), se presenta la imprecisión aludida, debido a que el diferencial de perímetro no considera la longitud real del contorno sólido en contacto con el agua.

Entonces, el radio hidráulico resulta:

$$R_H = \frac{dA}{dP} = \frac{y \, dx}{dx} = y \quad (5)$$

De acuerdo con la ecuación (2), el diferencial de caudal se expresa de la siguiente manera:

$$dQ = \left( \frac{1}{n} R_H^{2/3} S_{01}^{1/2} \right) dA \quad (6)$$

Reemplazando (3) y (5) en (6), se tiene:

$$dQ = \left( \frac{1}{n} y^{2/3} S_{01}^{1/2} \right) y \, dx$$

$$dQ = \frac{1}{n} S_{01}^{1/2} y^{5/3} \, dx \quad (7)$$

De la Figura 2, se puede obtener la siguiente expresión para la pendiente transversal,  $S_{02}$ :

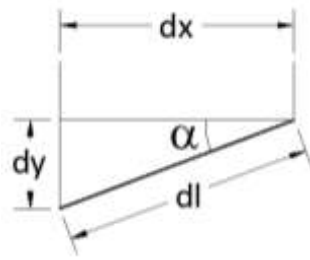


Figura 2. Detalle del elemento diferencial.

$$\frac{dy}{dx} = S_{ot}$$

$$dx = \frac{dy}{S_{ot}} \quad (8)$$

Reemplazando  $z = \frac{1}{S_{ot}}$  en (8), se tiene:

$$dx = z dy \quad (9)$$

Sustituyendo (9) en (7), se obtiene:

$$dQ = \frac{\square}{n} S_{ol}^{1/2} y^{5/3} z dy$$

$$dQ = \left( \frac{\square z}{n} \right) S_{ol}^{1/2} y^{5/3} dy$$

Integrando a ambos lados de esta ecuación, se tiene:

$$\int_0^Q dQ = \left( \frac{\square z}{n} \right) S_{ol}^{1/2} \int_0^y y^{5/3} dy$$

$$Q = \left( \frac{\square z}{n} \right) S_{ol}^{1/2} \left( \frac{y^{8/3}}{8/3} \right)$$

$$Q = \frac{3}{8} \left( \frac{\square z}{n} \right) y^{8/3} S_{ol}^{1/2}$$

Al reemplazar  $\square = 1.0 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ , se obtiene la ecuación (1).

$$Q = 0.375 \left( \frac{z}{n} \right) y^{8/3} S_{ol}^{1/2} \quad (7)$$

Obsérvese que la ecuación (7) es completamente idéntica a la ecuación (1).

### 3. DEDUCCIÓN DE LA ECUACIÓN DE DISEÑO CORRECTA

A continuación, se presenta la deducción de la ecuación correcta para el diseño de cunetas triangulares simples urbanas.

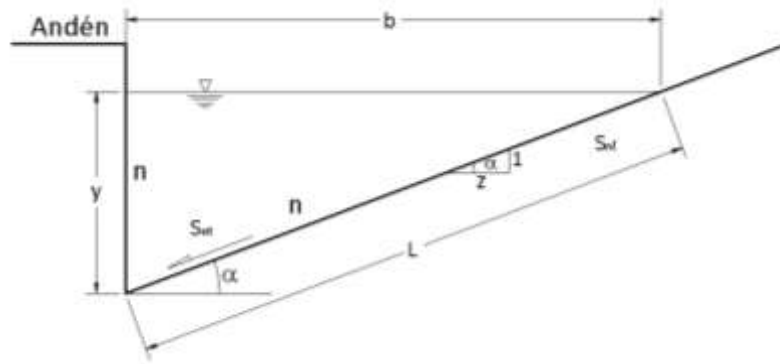


Figura 3. Esquema de la sección transversal de una cuneta triangular simple.

Con base en el esquema de la Figura 3, el área mojada de la sección transversal de la cuneta se expresa de la siguiente manera:

$$A = \frac{1}{2} b y \quad (8)$$

La pendiente transversal,  $S_{ot}$ , se define como:

$$S_{ot} = \tan \alpha = \frac{y}{b} = \frac{1}{z} \quad (9)$$

$$\therefore b = \frac{y}{S_{ot}} = z y \quad (10)$$

Reemplazando (10) en (8), se tiene:

$$A = \frac{1}{2} \left( \frac{y}{S_{ot}} \right) y = \frac{y^2}{2S_{ot}} \quad (11)$$

El perímetro mojado para la sección triangular simple es:

$$P = y + L \quad (12)$$

$$L = \sqrt{b^2 + y^2} \quad (13)$$

Sustituyendo (13) en (12), se obtiene:

$$P = y + \sqrt{b^2 + y^2} \quad (14)$$

Reemplazando (10) en (14), se obtiene:

$$P = y + \sqrt{\frac{y^2}{S_{ot}^2} + y^2} = y + \sqrt{y^2 \left( \frac{1}{S_{ot}^2} + 1 \right)} = y + y \sqrt{1 + \frac{1}{S_{ot}^2}} = y + y \sqrt{\frac{1 + S_{ot}^2}{S_{ot}^2}} = y \left( 1 + \sqrt{\frac{1 + S_{ot}^2}{S_{ot}^2}} \right)$$

$$P = y \left( 1 + \sqrt{\frac{1 + S_{ot}^2}{S_{ot}^2}} \right) \quad (15)$$

Sustituyendo (11) y (15) en (2):

$$Q = \frac{\square \left( \frac{y^2}{2S_{ot}} \right)^{5/3}}{n \left[ y \left( 1 + \sqrt{\frac{1 + S_{ot}^2}{S_{ot}^2}} \right) \right]^{2/3}} S_{ol}^{1/2} = \frac{\square y^{10/3}}{2^{5/3} n S_{ot}^{5/3} y^{2/3} \left( 1 + \sqrt{\frac{1 + S_{ot}^2}{S_{ot}^2}} \right)^{2/3}} S_{ol}^{1/2}$$

$$Q = \frac{\square S_{ol}^{1/2} y^{8/3}}{(2S_{ot})^{5/3} n \left( 1 + \sqrt{\frac{1 + S_{ot}^2}{S_{ot}^2}} \right)^{2/3}} \quad (16)$$

La ecuación (16) es la ecuación correcta para dimensionar cunetas triangulares simples urbanas.

Despejando la profundidad de la lámina de agua, y, de la ecuación (16), se obtiene:

$$y = \left[ \frac{n Q (2S_{ot})^{5/3} \left( 1 + \sqrt{\frac{1 + S_{ot}^2}{S_{ot}^2}} \right)^{2/3}}{\square S_{ol}^{1/2}} \right]^{3/8}$$

$$y = \left( \frac{nQ}{\square} \right)^{3/8} \frac{(2S_{ot})^{5/8}}{S_{ol}^{3/16}} \left( 1 + \sqrt{\frac{1 + S_{ot}^2}{S_{ot}^2}} \right)^{1/4} \quad (17)$$

La ecuación (17) permite calcular la profundidad de la lámina de agua, y, del flujo uniforme de aguas lluvias en cunetas triangulares simples urbanas, conocidos n, Q, S<sub>ot</sub> y S<sub>ol</sub>. Calculada la profundidad, y, se puede determinar el ancho superficial, b, empleando la ecuación (10).

Sustituyendo la pendiente transversal, S<sub>ot</sub> = 1/z, en las ecuaciones (16) y (17), se obtienen las siguientes expresiones respectivamente equivalentes:

$$Q = \frac{\square S_{ol}^{1/2} z^{5/3} y^{8/3}}{2^{5/3} n (1 + \sqrt{1 + z^2})^{2/3}} \quad (18)$$

$$y = \left( \frac{nQ}{\square} \right)^{3/8} \left( \frac{2}{z S_{ol}^{3/10}} \right)^{5/8} (1 + \sqrt{1 + z^2})^{1/4} \quad (19)$$

#### 4. DEDUCCIÓN DE LA ECUACIÓN DE DISEÑO DE CUNETAS TRIANGULARES COMPUESTAS

Cuando el caudal de aguas lluvias supera el caudal de diseño de la sección transversal triangular simple, el ancho superficial,  $b$ , invade una pequeña porción de la berma o calzada de la vía, configurándose una sección transversal compuesta.

A continuación, se deducirá la ecuación de diseño de dicha sección transversal compuesta, partiendo de la ecuación de Manning.

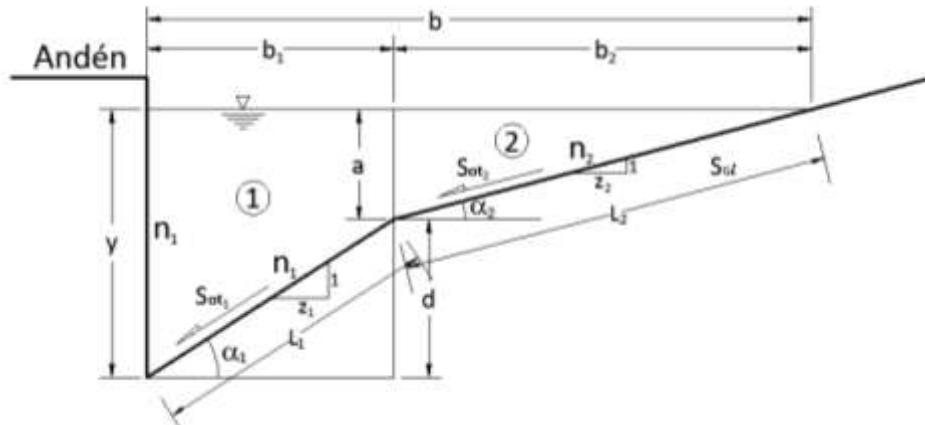


Figura 4. Esquema de una cuneta de sección triangular compuesta.

El caudal  $Q$  que transita por la cuneta triangular compuesta es igual al caudal,  $Q_1$ , que circula por la sección trapezoidal de la izquierda, más el caudal,  $Q_2$ , que transita por la sección triangular de la derecha. Véase la Figura 4. Es decir:

$$Q = Q_1 + Q_2 \quad (20)$$

Utilizando la ecuación de Manning para cada subsección, se tiene:

$$Q_1 = \frac{\square A_1^{5/3}}{n_1 P_1^{2/3}} S_{ol}^{1/2} \quad (21)$$

$$Q_2 = \frac{\square A_2^{5/3}}{n_2 P_2^{2/3}} S_{ol}^{1/2} \quad (22)$$

Sustituyendo (21) y (22) en (20), se tiene:

$$Q = \frac{\square A_1^{5/3}}{n_1 P_1^{2/3}} S_{ol}^{1/2} + \frac{\square A_2^{5/3}}{n_2 P_2^{2/3}} S_{ol}^{1/2}$$

$$Q = \square S_{ol}^{1/2} \left( \frac{A_1^{5/3}}{n_1 P_1^{2/3}} + \frac{A_2^{5/3}}{n_2 P_2^{2/3}} \right) \quad (23)$$

De la Figura 4, se tiene:

$$b = b_1 + b_2 \quad (24)$$

$$y = a + d \quad (25)$$

$$S_{ot1} = \tan\alpha_1 = \frac{d}{b_1} = \frac{1}{z_1} \quad (26)$$

$$\therefore d = b_1 S_{ot1} = \frac{b_1}{z_1} \quad (27)$$

Así mismo,

$$S_{ot2} = \tan\alpha_2 = \frac{a}{b_2} = \frac{1}{z_2} \quad (28)$$

$$\therefore a = b_2 S_{ot2} = \frac{b_2}{z_2} \quad (29)$$

El área y el perímetro mojados de las subsecciones 1 y 2 se muestran a continuación:

$$A_1 = \frac{b_1}{2} (y+a) = \frac{b_1}{2} (y+b_2 S_{ot2}) \quad (30)$$

$$P_1 = y+L_1 = y + b_1 \sqrt{1+S_{ot1}^2} \quad (31)$$

$$A_2 = \frac{ab_2}{2} = \frac{b_2^2 S_{ot2}}{2} \quad (32)$$

$$P_2 = L_2 = b_2 \sqrt{1+S_{ot2}^2} \quad (33)$$

Reemplazando las ecuaciones (30) a (33) en (23), y simplificando, se tiene:

$$Q = \frac{\square S_{ol}^{1/2}}{2^{5/3}} \left[ \frac{1}{n_1} \sqrt{\frac{[b_1(y + b_2 S_{ot2})]^5}{\left(y + b_1 \sqrt{1 + S_{ot1}^2}\right)^2}} + \frac{1}{n_2} \sqrt{\frac{b_2^8 S_{ot2}^5}{(1 + S_{ot2}^2)}} \right] \quad (34)$$

De acuerdo con la Figura 4, el ancho  $b_2$  se puede expresar, de la siguiente manera:

$$b_2 = \frac{y - b_1 S_{ot1}}{S_{ot2}} \quad (35)$$

Sustituyendo (35) en (34), y simplificando, se obtiene:



$$Q = \frac{\phi S_{ol}^{1/2}}{2^{5/3}} \left[ \frac{1}{n_1} \sqrt[3]{\frac{[b_1(2y-b_1 S_{ot1})]^5}{\left(y + b_1 \sqrt{1 + S_{ot1}^2}\right)^2}} + \frac{1}{n_2 S_{ot2}} \sqrt[3]{\frac{(y-b_1 S_{ot1})^8}{(1+S_{ot2}^2)}} \right] \quad (35)$$

La ecuación (35) es la ecuación de diseño de cunetas triangulares compuestas urbanas.

## 5. EJEMPLOS

### 5.1 EJEMPLO COMPARATIVO DE DISEÑO DE UNA CUNETAS SIMPLE, EMPLEANDO LAS ECUACIONES INCORRECTA Y CORRECTA

Empleando la ecuación incorrecta (1) y la ecuación correcta (16), calcular la capacidad de transporte de aguas lluvias que tendrá una cuneta triangular simple urbana, el ancho superficial correspondiente y el error relativo para los respectivos caudales, empleando los siguientes parámetros constantes y variando la pendiente transversal,  $S_{ot}$ , de la misma.

$S_{ol} = 0.03$ ;  $y = 0.067$  m;  $n = 0.017$ ;  $\phi = 1.0$  m<sup>1/3</sup>/s;  $S_{ot} = 0.04, 0.06, 0.08, 0.10, 0.12, 0.14, 0.16$  y  $0.18$

**Solución:** Sustituyendo en las ecuaciones (1) y (16) los valores numéricos dados, se obtuvieron los resultados que se muestran en la Tabla 1.

$$Q = 0.375 \left(\frac{z}{n}\right) y^{3/8} S_{ol}^{1/2} \quad (1) \qquad Q = \frac{\phi S_{ol}^{1/2} y^{8/3}}{(2S_{ot})^{5/3} n \left(1 + \sqrt{\frac{1 + S_{ot}^2}{S_{ot}^2}}\right)^{2/3}} \quad (16)$$

Tabla 1. Resultados obtenidos de la aplicación de las ecuaciones (1) y (16).

$S_{ot}$ [adim]	b [m]	Q [m <sup>3</sup> /s] Ecuación Incorrecta	Q [m <sup>3</sup> /s] Ecuación Correcta	Error Relativo [%]
0.040	1.675	0.071	0.058	22.27
0.060	1.117	0.047	0.038	23.91
0.080	0.838	0.035	0.028	25.57
0.100	0.670	0.028	0.022	27.25
0.120	0.558	0.024	0.018	28.95
0.140	0.479	0.020	0.015	30.66
0.160	0.419	0.018	0.013	32.40
0.180	0.372	0.016	0.012	34.15

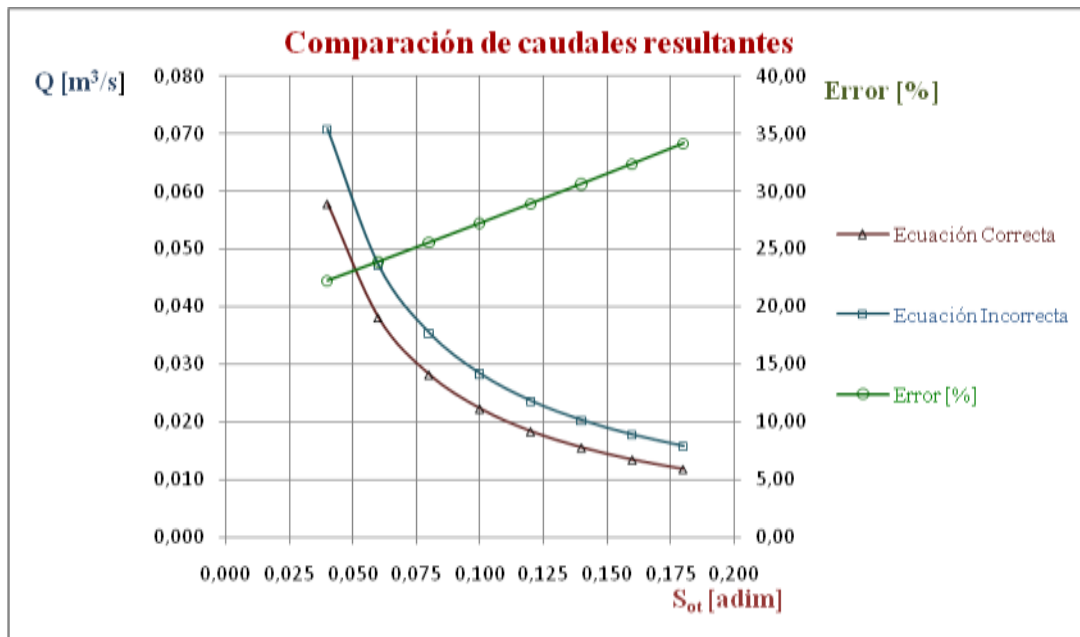


Figura 5. Comparación gráfica de los resultados del ejemplo 5.1.

Obsérvense la diferencia entre los caudales calculados, y sus respectivos errores relativos. La Figura 5 ilustra más claramente dichas diferencias.

## 5.2 EJEMPLO DE DIMENSIONAMIENTO DE UNA CUNETAS TRIANGULAR COMPUESTA

Con arreglo a la Figura 4, calcular la profundidad de la lámina de agua en una cuneta triangular compuesta, para los siguientes datos:  $S_{o1} = 0.03$ ;  $S_{ot1} = 0.083$ ;  $S_{o2} = 0.042$ ;  $n_1 = 0.013$ ;  $n_2 = 0.016$ ;  $b_1 = 0.6096$  m;  $Q = 57.00$  l/s.

$$Q = \frac{\square S_{o1}^{1/2}}{2^{5/3}} \left[ \frac{1}{n_1} \sqrt[3]{\frac{[b_1(2y - b_1 S_{ot1})]^5}{(y + b_1 \sqrt{1 + S_{ot1}^2})^2}} + \frac{1}{n_2 S_{o2}} \sqrt[3]{\frac{(y - b_1 S_{ot1})^8}{(1 + S_{o2}^2)}} \right] \quad (35)$$

$$0.057 = \frac{1.0 \times 0.03^{1/2}}{2^{5/3}} \left[ \frac{1}{0.013} \sqrt[3]{\frac{[0.6096(2y - 0.6096 \times 0.083)]^5}{(y + 0.6096 \sqrt{1 + 0.083^2})^2}} + \frac{1}{0.016 \times 0.042} \sqrt[3]{\frac{(y - 0.6096 \times 0.083)^8}{(1 + 0.042^2)}} \right]$$

Resolviendo para la profundidad de la lámina de agua,  $y$ , se obtuvo:

$$y = 0.0762 \text{ m} = 7.62 \text{ cm}$$

## 6. CONCLUSIONES

La ecuación de diseño de cunetas triangulares urbanas, para recolección y conducción de aguas lluvias, estipuladas en las Normas RAS 2000 y en la Nuevas Normas de Diseño de Alcantarillados, de EPM, presentan una imprecisión que fue señalada en el presente artículo.

Diversos libros de Diseño de Acueductos y Alcantarillados, de amplio uso en universidades de nuestro país, contemplan el uso de esta imprecisa ecuación.

La imprecisión arriba aludida obedece a la aproximación del perímetro mojado de la sección transversal, al ancho superficial de la misma, despreciando, además, el contorno sólido del borde del andén en contacto con el agua.

Dado que el perímetro mojado así aproximado es menor que el real perímetro, la resistencia al flujo es menor que la resistencia real, resultando, como consecuencia, mayores capacidades de transporte de aguas lluvias que las que realmente presentará en campo.

Lo inmediatamente anterior genera en los ingenieros proyectistas la idea de que la sección imprecisamente diseñada presenta mayor capacidad de transporte, por lo cual subdimensionaría este tipo de obra de drenaje de aguas lluvias. Ello conllevaría a los consabidos desbordamientos de agua, aún para el mismo caudal de diseño.

Por todo lo anteriormente expresado, con base en la ecuación de Manning, en este artículo se presentó la deducción correcta de la ecuación de diseño, para este tipo de cunetas. Esta ecuación conducirá a diseños de cunetas más confiables, en relación con los que se obtendrían empleando la ecuación incorrecta.

Finalmente, con la ecuación deducida correctamente, se pretende desplazar el uso de nomogramas, ábacos y ecuaciones aproximadas, que conducen a diseños de canales inapropiados y poco fiables, e incentivar el empleo de herramientas de cálculo mucho más modernas y de amplia difusión en nuestro medio.

## **7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- 7.1 AROCHA RAVELO. Simón. (1983). Cloacas y Drenaje. Teoría y Diseño. Editorial Vega. Caracas, Venezuela.
- 7.2 CHOW, Ven Te. (1994). Hidráulica de Canales Abiertos. Ed. Mc Graw-Hill Interamericana S.A. Santafé de Bogotá, Colombia.
- 7.3 DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA. (1986). Normas y Especificaciones para el Diseño de Carreteras. Secretaría de Obras Públicas. Dirección de Estudios y Diseño. Medellín, Colombia.
- 7.4 EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN. (2007). Normas de Diseño de Acueductos y Alcantarillados de las EE.PP.M. Medellín, Colombia.
- 7.5 GAVILÁN LEÓN, Germán E. (2001). Manual de Diseño de Drenajes Superficiales y Subsuperficiales en Vías. Bucaramanga, Colombia.
- 7.6 LÓPEZ CUALLA, Ricardo Alfredo. (1995). Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Santafé de Bogotá, Colombia.
- 7.7 MARBELLO PÉREZ, Ramiro. (2005). Manual de Prácticas de Laboratorio de Hidráulica. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Medellín, Colombia.
- 7.8 PÉREZ PARRA JORGE A. (1998). Diseño de Acueductos y Alcantarillados. 2ª. ed. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Medellín, Colombia.
- 7.9 REPÚBLICA DE COLOMBIA. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. (2000). Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS). Bogotá, Colombia.
- 7.10 DA DEPPO, Luigi y DATEI, Claudio. (2005). Fognature. 2ª Ed. Librería Internazionale Cortina Padova, Italia.