

ESTIMACION DE LA RESISTENCIA EN ESCURRIMIENTOS MACRORUGOSOS

**Por
Mario Isaac Schreider**

**Tesis para optar al grado de Magister Scientiae en
Obras Hidráulicas**

Bdigital.ula.ve

**CENTRO INTERAMERICANO DE DESARROLLO
INTEGRAL DE AGUAS Y TIERRAS
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
MERIDA - VENEZUELA
1988**

C.C.Reconocimiento

Bdigital.ula.ve

A la memoria de mi padre

A mi madre

A Ezequiel

A Monica

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a las siguientes personas e instituciones:

Al Profesor Julián Aguirre, cuya dedicación, apoyo y constante estímulo fueron factores decisivos en la realización de este trabajo. No solo quiero expresarle mi gratitud sino también mi más profunda admiración por la nobleza de su persona.

Al Dr. Ramón Fuentes por sus importantes observaciones durante el desarrollo de la tesis y por la valiosa información aportada para la misma.

Al Dr. Hervé Jégat por el apoyo brindado.

A la Organización de Estados Americanos (OEA) por el financiamiento otorgado.

Al personal del Laboratorio de Computación y de Biblioteca, quienes en todo momento colaboraron con mi trabajo.

Al personal de la Sala de Dibujo y Fotocopiadora.

A la Señora Ana Peñaloza por el dactilografiado de la tesis.

A la Señorita Lina Ramírez y Señora Josefina Chacón por la colaboración prestada en los trabajos de mecanografía.

A la Señorita Alicia Usabillaga por sus importantes observaciones en cuanto a las normas de presentación de la tesis.

Por último deseo nombrar a Mónica, mi esposa, quien no solo colaboró conmigo en todo lo que estuvo a su alcance durante el transcurso de los estu -

dios de postgrado, sino que me dio lo que solo ella podía darme para el logro de esta meta, su amor. Muchas gracias.

Bdigital.ula.ve

INDICE

	Pág.
AGRADECIMIENTO.	v
LISTA DE TABLAS	xi
LISTA DE FIGURAS.	xiii
LISTA DE SIMBOLOS	xv
RESUMEN.	xxi
Capítulo	
I. INTRODUCCION.	1
II. ASPECTOS TEORICOS DE LA RESISTENCIA	5
Introducción al concepto de capa límite	5
Distribución de velocidades en un escurrimiento bidimensional turbulento.	6
Hipótesis de la longitud de mezcla de Prandtl.	6
Deducción de la ecuación de distribución de velocidades.	7
Distribución de velocidades en capas límites.	12
Expresiones simplificadas de las leyes de resistencia	18
Resistencia al escurrimiento en tuberías	18
Resistencia al escurrimiento en canales.	19
Resistencia al escurrimiento en canales con rugosidad de gran escala.	20
III. INFORMACION BASICA DEL ESTUDIO.	25
Datos de laboratorio.	25
Datos de las experiencias de Taylor (1961)	26
Datos de las experiencias de Aguirre (1988, inédito)	27
Datos del estudio "EPFL", Bathurst, Cao y Graf (1984).	28
Datos recopilados por Brownlie (1981).	29
Datos de Bogardi y Yen (Brownlie, 1981)	30
Datos de Neill (Brownlie, 1981).	30
Datos de Paintal (Brownlie, 1981)	30
Datos de las experiencias de Ashida y Bayazit (1973)	31
Datos de campo.	31
Datos presentados por Thompson y Campbell (1979)	32
Datos presentados por Bathurst (1985).	32

INDICE (Continuación)

	Pág.
Datos presentados por Griffiths (1981), ...	34
Datos presentados por Judd y Peterson (1969).	34
IV. MODELO DE CALCULO DE FRICCION CON EFECTO DE ESTELA	37
Planteo del modelo.	37
Evidencias experimentales de la existencia de la zona de estela.	41
Cálculo de la fricción sobre superficies con rugosidades compuestas.	48
Modelo que considera velocidad media constante en toda la sección.	48
Modelo que considera tensiones de corte entre las franjas de distinta rugosidad.	53
Análisis de resultados	61
Datos de laboratorio.	61
Experiencias de Taylor (1961).	61
Experiencias de Aguirre (1988, inédito).	66
Experiencias del estudio "EPFL", Bathurst, Cao y Graf (1984).	81
Experiencias de Ashida y Bayazit (1973).	89
Experiencias recopiladas por Brownlie (1981)	90
Datos de campo	91
V. ECUACIONES SEMILOGARITMICAS DE RESISTENCIA	101
Consideraciones generales	101
Ecuaciones de cálculo empleadas	102
Ecuación de Kármán Prandtl.	102
Ecuación de Graf.	103
Ecuación de Thompson y Campbell	104
Ecuación de Bathurst.	105
Ecuación de Griffiths	107
Análisis de resultados	107
VI. COMPARACION DE RESULTADOS.	115
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	127
Conclusiones.	127
Recomendaciones	129

INDICE (Continuación)		Pág.
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.		131
APENDICE		
APENDICE "A"	Programas utilizados	135
APENDICE "B"	Datos empleados en el estudio.	151
APENDICE "C"	Aplicación del modelo de cálculo de fricción con efecto de estela	169
APENDICE "D"	Aplicación de ecuaciones semilogarítmicas de resis- tencia	299

Bdigital.ula.ve

LUSTA DE TABLAS

Tabla		Pág.
1	Determinación experimental de λ . Serie 1 (Aguirre y Fuentes, 1988).	59
2	Determinación experimental de λ . Serie 2 (Aguirre y Fuentes, 1988)	60
3	Resumen de resultados. Experiencias de Taylor (1961). . .	67
4	Determinación de α y β para distintos diámetros característicos de una serie de datos. Experiencias de Aguirre (1988, inédito)	68
5	Cálculo de errores para distintos diámetros característicos de una serie de datos. Experiencias de Aguirre (1988 inédito).	69
6	Valores de α y β para rangos de pendientes. Experiencias de Aguirre (1988, inédito).	72
7	Cálculo de errores en la determinación de C_x para distintos valores de α y β . Experiencias de Aguirre (1988, inédita).	75
8	Determinación del caudal, área y velocidad media por dos metodologías distintas. Experiencias de Aguirre (1988, inédita)	78
9	Determinación del caudal total y del caudal que escurre entre piedras. Experiencias de Aguirre (1988, inédita) .	80
10	Valores de α y β obtenidos por regresión lineal para la Serie I. Experiencias de Bathurst et al. (1984).	84
11	Determinación de errores para distintos agrupamientos de datos, Serie I. Experiencias de Bathurst et al. (1984) . .	84
12	Valores de α y β que minimizan el error medio. Experiencias de Bathurst et al. (1984).	85
13	Valores de α y β obtenidos por regresión lineal para la Serie II. Experiencias de Bathurst et al. (1984). .	86
14	Determinación de los errores para distintos agrupamientos de datos. Serie II. Experiencias de Bathurst et al. (1984)	87

LISTA DE TABLAS (Continuación)

Tabla		Pág.
15	Valores de α y β obtenidos por regresión lineal para el conjunto de datos de la Serie III. Experiencias de Bathurst et al. (1984).	87
16	Determinación de los errores para distintos agrupamientos de datos. Serie III. Experiencias de Bathurst et al. (1984).	88
17	Resultados de las experiencias de Ashida y Bayazit (1973) .	90
18	Resultados de los grupos de datos extraídos de la recopilación de Brownlie (1981)	91
19	Resultados de la aplicación del modelo de fricción con efecto de estela a datos de campo	93
20	Resumen de resultados, modelo de cálculo de fricción con efecto de estela.	96
21	Aplicación de ecuaciones similogarítmicas. Resumen de resultados.	109

LISTA DE FIGURAS

Figura		Pág.
1	Distribución de velocidades sobre un contorno para distintos números de Reynolds (Rouse, 1946).	6
2	Gráfica de los experimentos de Nikuradse (Yalin, 1977) . .	11
3	Perfiles de defecto de velocidad para paredes lisas y rugosas. (Daily y Harleman, 1969).	14
4	Perfil de velocidad teórico en una capa límite bidimensional sobre superficie lisa (Bathurst, 1977)	15
5	Distribución de velocidades con influencia de la zona de estela (Montes, 1968).	21
6	Sección transversal típica en los experimentos de Taylor (1961).	26
7	Sección transversal típica en los experimentos de Aguirre (1988, inédito).	27
8	Esquema de definición para el relevamiento de secciones transversales (Bathurst et al. (1984)	29
9	Distribución de velocidades considerada por el modelo de cálculo (Aguirre et al. 1986).	38
10	Relación de $C_f - C_{f0}$ contra a/Y para las experiencias de Taylor (1961)* con λ_0 enteramente rugoso	42
11	Perfiles de velocidad - experiencias de Taylor (1961). . .	44
12	Perfiles de velocidad sobre granulometría uniforme. Experiencias de Aguirre (1988, inédito).	45
13	Perfiles de velocidad sobre granulometría no uniforme. Experiencias de Aguirre (1988, inédito).	47
14	Esquema de definición para el cálculo de fricción en superficies compuestas, considerando velocidad media constante.	48
15	Esquema de definición para el cálculo de fricción en superficies compuestas considerando tensiones de corte entre franjas (Aguirre y Fuentes, 1988).	53

LISTA DE FIGURAS (Continuación)

Figura		Pág.
16	Esquema de definición para la superficie de rugosidad com- puesta. Serie 1. Experiencias de Aguirre y Fuentes (1988)	58
17	Esquema de definición para la superficie de rugosidad com- puesta. Serie 2. Experiencias de Aguirre y Fuentes (1988).	59
18	Esquema de definición en los experimentos de Taylor (1961) con lecho dividido.	62
19	Gráfica para determinación del caudal que escurre entre pie- dras (Aguirre, 1988, inédito)	73
20	Ecuación para el cálculo de la fricción de acuerdo al mode- lo que considera efecto de estela	99
21	Variación de C_* con Y/D_m para los datos de las experiencias de Taylor (1961).	117
22	Variación de C_* con Y/D_{50} para los datos de las experiencias de Bathurst et al. Serie 1 (1984).	119
23	Variación de C_* con Y/D_{84} para los datos de campo recopilados por Thompson y Campbell (1979).	121
24	Variación de C_* con Y/D_{84} para los datos de campo recopila- dos por Bathurst (1985).	122
25	Variación de C_* con Y/D_{50} para los datos de campo recopila- dos por Griffiths (1981).	124

LISTA DE SIMBOLOS

Símbolo	Definición
A	Area de la sección transversal
AD	Fondo con antídunas
a	Altura de rugosidad
a_1	Constante en la ecuación de Hey
α	Función de textura
B	Constante aditiva de Nikuradse
β	Factor de proporcionalidad entre Y_1 y a
β_1	Variable asociada a los gradientes de presión
C	Constante de la ley de defecto de velocidades
C_*	Coeficiente de resistencia adimensional de Chezy
C_{*0}	Coeficiente adimensional de Chezy para un escurrimiento que ajusta a la ley logarítmica en toda su profundidad.
C_{*c_1}	Coeficiente adimensional de Chezy calculado por la ecuación de Kármán-Prandtl.
C_{*c_2}	Coeficiente adimensional de Chezy calculado por la ecuación de Graf
C_{*c_3}	Coeficiente adimensional de Chezy calculado por la ecuación de Thompson Campbell.
C_{*c_4}	Coeficiente adimensional de Chezy calculado por la ecuación de Bathurst.
C_{*c_5}	Coeficiente adimensional de Chezy calculado por la ecuación de Griffiths.
$C_{*l} = C_{*s} = C_{*p}$	Coeficiente adimensional de Chezy sobre superficie lisa.
C_{*r}	Coeficiente adimensional de Chezy sobre superficie rugosa.
c	Coeficiente en la ecuación de Colebrook
D	Diámetro de sedimento

LISTA DE SIMBOLOS (Continuación)

Símbolo	Definición
D_1	Constante que describe la geometría de la rugosidad
D_m	Diámetro medio
D_n	Diámetro nominal
D50	Diámetro de sedimento para el cual el 50% de la muestra tiene tamaños menores.
D84	Diámetro de sedimento para el cual el 84% de la muestra tiene tamaños menores.
ΔA	Variación del área
ΔQ	Variación de caudal
$\Delta \bar{U}$	Variación de la velocidad media
δ	Espesor de la capa límite
δ'	Espesor de la subcapa laminar o viscosa
$\frac{du}{dy}$	Derivada de la velocidad respecto de la profundidad
EM	Error medio en módulo
EMC	Error medio cuadrático
Fr	Número de Froude
f	Coefficiente de resistencia de Darcy
f_b	Coefficiente de Darcy correspondiente al lecho
f_n	Función de ...
f_w	Coefficiente de Darcy correspondiente a las paredes
g	Aceleración de la gravedad
k	Constante de Von Kármán
k_s	Rugosidad equivalente de arena
L	Perímetro mojado total

LISTA DE SIMBOLOS (Continuación)

Símbolo	Definición
L_l	Porción del perímetro mojado asociada al contorno liso.
$\ln$	Logaritmo natural
$\log$	Logaritmo decimal
L_r	Porción del perímetro mojado asociada al contorno rugoso
l	Longitud de mezcla de Prandtl
l_l	Longitud de pared lisa
λ	Coeficiente adimensional que interviene en el cálculo de las <u>tensiones</u> interfranjas en el modelo de rugosidades compuestas.
λ_1	Parámetro que considera la concentración de rugosidades.
μ	Viscosidad dinámica
ν	Viscosidad cinemática
PP	Fondo plano sin transporte
PS	Fondo plano con transporte
Q	Caudal
Q''	Caudal que escurre entre piedras
Q''_{pond}	Caudal que escurre entre piedras para una vertical dada
R	Radio hidráulico
Re	Número de Reynolds
r	Coeficiente de correlación
ρ	Densidad del fluido
S	Pendiente
s	Separación entre rugosidades
ξ	Parámetro de sinuosidad del escurrimiento
T	Ancho de un canal o ancho superficial en un cauce natural

LISTA DE SIMBOLOS (Continuación)

Símbolos	Definición
T_l	Ancho liso
T_r	Ancho rugoso
τ	Esfuerzo de corte total
τ_0	Esfuerzo de corte interactuante entre el escurrimiento y la superficie del lecho
τ'	Esfuerzo cortante entre masas de fluido
$\bar{\tau}$	Tensión de corte promedio actuando sobre la sección
τ_l	Tensión de corte sobre las paredes lisas
τ_r	Tensión de corte actuante sobre el fondo rugoso
τ_s	Tensión de corte actuante sobre el fondo liso
τ_t	Esfuerzo de corte turbulento "aparente"
τ_v	Esfuerzo de corte viscoso
$\bar{U}$	Velocidad media
U_s	Velocidad en la corriente libre
u	Velocidad a una distancia "y" del fondo
V_*	Velocidad de corte
V_{*l}	Velocidad de corte asociada a τ_l
V_{*r}	Velocidad de corte asociada a τ_r
V_{*s}	Velocidad de corte asociada a τ_s
Ψ	Parámetro de la intensidad de corte de la corriente
X_i	Factor que vincula la velocidad de corte de cada faja de rugosidad a la velocidad de corte total.
X	Progresiva para la medición del perfil de velocidad
Y	Profundidad del escurrimiento en un canal o profundidad media en un cauce natural

LISTA DE SIMBOLOS (Continuación)

Símbolo	Definición
Y_1	Porción de la profundidad con velocidad uniforme
y	Distancia medida desde el fondo de un escurrimiento a un punto cualquiera de éste.
ε	Constante aditiva en la ecuación de Graf

Bdigital.ula.ve

RESUMEN

Se presenta en esta tesis una recopilación de la información disponible sobre escurrimientos en lechos macrorugosos. Esta recopilación posibilitó la conformación de un banco de datos a los fines de evaluar la bondad de los resultados proporcionados por distintas expresiones que estiman la resistencia al escurrimiento.

Se aplican y comparan fórmulas que responden a la clásica relación semilogarítmica con otras que incluyen términos de corrección por efecto de bloque o que se basan en modificaciones de la distribución logarítmica de velocidades.

Los resultados demuestran un mejor ajuste de las expresiones que modifican las clásicas ecuaciones semilogarítmicas, obteniéndose los menores errores cuando se aplica el modelo de cálculo de fricción con efecto de estela. La ecuación que responde a este modelo demuestra poseer la estructura más apropiada para evaluar los efectos de resistencia en escurrimientos con grandes rugosidades, pero su aplicación requiere, al presente, de la calibración de los parámetros considerados por el modelo.

CAPITULO I

INTRODUCCION

Es indudable que el agua es uno de los factores decisivos para el desarrollo de un asentamiento humano. Prueba de ello es que las primeras civilizaciones florecieron alrededor de ríos tales como el Nilo, el Tigris y Eufrates.

Sin embargo el agua, que es fuente de producción y de riqueza, también es causa de innumerables desastres. El hombre ha sufrido durante su historia estos efectos negativos, pero sólo muchos años después de los comienzos de la civilización se construyó la primera estructura para control de inundaciones, esta fue el dique Faruk construido en Turquía en el siglo IX A.C. (Simons y Senturk, 1977).

Sin lugar a dudas la complejidad del fenómeno en tratamiento retrasó considerablemente la comprensión del mismo y consecuentemente la formulación de teorías adecuadas sobre las cuales fundar un desarrollo racional de las obras.

Sólo en el siglo XVIII, Brahms, 1750, y Chezy, 1769, citados por Simons y Senturk (1977), hicieron los primeros intentos por caracterizar el escurrimiento en un conducto. Sobre este particular Du Buat, 1786; citado por Rouse e Ince (1963) estableció que uno de los mayores problemas en el estudio del comportamiento hidráulico de un escurrimiento lo constituía la estimación de la velocidad de un río del cual se conoce el ancho, la profundidad y la pendiente. Esta sentencia involucra necesariamente una definición del problema de la resistencia al escurrimiento.

Dos siglos después no existe aún una metodología precisa para el cálculo de la resistencia sobre lechos fluviales, si bien es cierto que muchos investigadores han dado preferencial atención al tema y se han logrado importantes progresos en el campo del conocimiento de los mecanismos que gobiernan la interfase sólido-líquido de un escurrimiento.

En este sentido el campo de estudio se ha dividido en dos ramas del mismo tema:

- a.- Esgurrimientos en conductos cerrados
- b.- Esgurrimientos en canales abiertos

Enfocado el problema de la resistencia al esgurrimiento en canales abiertos debe puntualizarse que las primeras investigaciones sobre el tema se centraron sobre lechos de arena en cauces de baja pendiente. En este sentido son clásicos los trabajos de Einstein y Barbarossa (1952), Engelund (1966), Lovera y Kennedy (1969), Alam y Kennedy (1969), entre muchos otros que enfocaron el problema de la resistencia en cauces aluviales.

Por el contrario, los ríos de montaña con lechos de cantos rodados y grandes pendientes han recibido mínima atención hasta hace poco tiempo atrás. Sin embargo, el creciente desarrollo y ocupación de tierras en zonas altas ha creado la necesidad de llevar adelante un amplio conocimiento de la mecánica de los ríos de montaña con los fines de minimizar los daños que éstos pudieran provocar (Bathurst, 1982).

Fundado en lo anteriormente dicho se han desarrollado una serie de ecuaciones y procedimientos que procuran, a la vez que describir los procesos relevantes que intervienen en la mecánica del esgurrimiento, obtener expresiones simples de aplicar a situaciones prácticas, y que logren resultados de ajuste aceptable.

Se puede decir aquí que existe dos enfoques básicos en la evaluación de la resistencia en un canal abierto. El primero considera al tramo de río como un canal prismático recto, el cual está caracterizado por una geometría y parámetros del esgurrimiento promedios para el tramo; el flujo se considera bidimensional y permanente, no intentándose en este enfoque evaluar ningún aspecto de la estructura de la turbulencia característica de un esgurrimiento de montaña. El segundo enfoque considera detalles de la estructura de la turbulencia, lo que exige, sin embargo, el análisis de situaciones muy

particulares bajo condiciones muy cuidadas, en general de laboratorio (Bray, 1982).

En este trabajo se hará hincapié en las formulaciones basadas en el primer enfoque, confrontando una serie de desarrollos que pueden resumirse en los siguientes dos grupos:

a.- Modelos teóricos simplificados que surgen a partir de modificaciones a la clásica ley logarítmica de Prandtl-Von Kármán.

b.- Modelos semiempíricos los cuales, partiendo de una expresión con fundamentos teóricos, ajustan sus coeficientes mediante contraste experimental.

La aplicación de distintas expresiones de cálculo, encuadradas en los dos grupos aludidos al banco de datos recopilado en esta tesis, tiene como finalidad determinar el alcance de las distintas fórmulas y definir las condiciones de validez de las mismas.

CAPITULO II

ASPECTOS TEORICOS DE LA RESISTENCIA

Introducción al concepto de capa límite

En un análisis preliminar del movimiento de un fluido, en donde no se considere el efecto de la viscosidad, se encuentra que la configuración del movimiento está gobernada por la geometría del contorno dentro del cual el fluido se mueve. Sin embargo, la velocidad de un fluido viscoso en la zona de contacto con el contorno debe ser invariablemente la misma que la de éste. Esto hace que el patrón de flujo deba ser sustancialmente diferente del referido en primer término, por lo menos en las vecindades del contorno.

Sin lugar a dudas la inclusión de efectos viscosos, afecta la distribución de velocidades, y consecuentemente la magnitud de la fricción. La influencia de la viscosidad está referida en términos del número de Reynolds. Para bajos valores de éste la influencia de la viscosidad es importante; cuando el número de Reynolds es alto se ha determinado que la resistencia viscosa se torna apreciable sólo en la inmediata vecindad del contorno. Este descubrimiento del científico alemán Prandtl puede ser considerado como el inicio de la mecánica de fluidos moderna, (Rouse, 1946).

Si se consideran sólo efectos viscosos, la distribución de velocidades sobre un contorno será del tipo descrito por la curva I en la Figura 1. Si por el contrario, no se considera ningún efecto viscoso, sólo efectos acelerativos, la curva de distribución de velocidades será como la indicada con III en la Figura 1. En una situación de un fluido real con alto número de Reynolds, la curva de distribución de velocidades será como la señalada con II en la Figura 1.

Se puede observar en la Figura 1 que las curvas II y III sólo difieren sensiblemente en una zona próxima al contorno. Se concluye así que la mayor

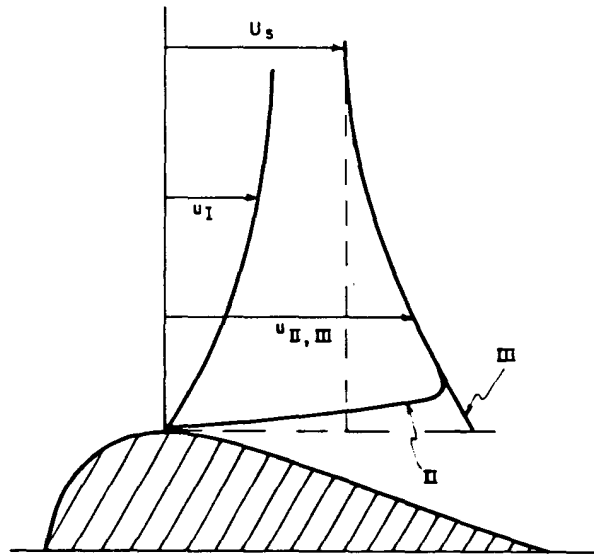


Figura 1.- Distribución de velocidades sobre un contorno para distintos números de Reynolds (Rouse 1946)

parte de la deformación viscosa está confinada a una región del escurrimiento, próxima al contorno, conocida con el nombre de capa límite (Rouse, 1946).

Distribución de velocidades en un escurrimiento bidimensional turbulento

Hipótesis de la longitud de mezcla de Prandtl

De acuerdo a los desarrollos expuestos por Yalin (1977), queda establecido que, en un escurrimiento turbulento, el esfuerzo de corte total τ correspondiente a un nivel, y, puede ser dado como la suma de dos componentes:

$$\tau = \tau_v + \tau_t \quad (2.1)$$

La componente τ_v es el esfuerzo cortante debido a la acción de la viscosidad μ .

La componente τ_t es el esfuerzo de corte aparente debido a las fluctuaciones turbulentas. Prandtl citado por Yalin (1977), expresó este esfuerzo

de corte turbulento de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\tau_t = \rho \ell^2 \left(\frac{du}{dy} \right)^2 \quad (2.2)$$

donde ℓ , se conoce como la longitud de mezcla de Prandtl, definida modernamente como una cantidad proporcional al tamaño medio de los remolinos macroturbulentos, o a la longitud media de su desplazamiento durante el proceso de mezcla turbulenta. Tanto el tamaño medio de los remolinos macroturbulentos como la longitud media de sus desplazamientos varían a lo largo del espesor del escurrimiento, y por lo tanto ℓ es una función de y . Si bien no se conoce la forma exacta de variación de ℓ con y a lo largo de toda la profundidad, sí se acepta, en forma generalizada, que en las proximidades del contorno la relación funcional entre ℓ e y se puede reducir a la proporcionalidad

$$\ell = k \cdot y \quad (2.3)$$

donde el factor de proporcionalidad, k , se conoce como la constante de Von Kármán, cuyo valor numérico, aceptado en forma general, es cercano a 0,4 para cualquier geometría de rugosidad del contorno.

Deducción de la ecuación de distribución de velocidades

De acuerdo a Yalin (1977), en un escurrimiento donde la geometría de la rugosidad esté especificada, el flujo, en las proximidades del contorno, puede quedar bien definido por las propiedades físicas ρ , μ del fluido, y por el estado mecánico de su movimiento, el cual es totalmente descrito por la velocidad de corte V_* . Por lo tanto cualquier propiedad del escurrimiento en la proximidad del contorno debe ser una cierta función de las cuatro variables independientes citadas.

$$\rho, \mu, V_*, a \quad (2.4)$$

Si se considera la relación entre la altura de rugosidad, a , y el espesor δ' de la subcapa viscosa o laminar, entendiéndose por ésta la región próxi-

ma al contorno de un flujo turbulento donde los esfuerzos de corte son gobernados por la viscosidad μ , esta relación es una propiedad del escurrimiento en la vecindad del contorno y puede ser dada por la función

$$a/\delta' = \text{fn}(\rho, \mu, V_*, a) \quad (2.5)$$

si el término de la izquierda es adimensional, el de la derecha también debe serlo. El análisis dimensional permite obtener el número de Reynolds

$$V_* a/\nu = Re \quad (2.6)$$

por lo tanto

$$\frac{a}{\delta'} = \text{fn}\left(\frac{V_* a}{\nu}\right) \quad (2.7)$$

Si ahora se considera que la altura de rugosidad, a , es despreciable en comparación con δ' , debe cumplirse que el término de la derecha en la ecuación (2.7) sea una función lineal de sus variables.

$$\delta' = C_{\delta'} \frac{\nu}{V_*} \quad (2.8)$$

donde $C_{\delta'} = 1/\text{constante}$. Se evidencia que para que exista proporcionalidad entre la relación a/δ' y el número de Reynolds $V_* a/\nu$, la influencia de la altura de rugosidad debe ser despreciable.

De las consideraciones anteriores queda claro que cualquier propiedad mecánica adimensional A_1 relacionada al escurrimiento en la vecindad del fondo debe ser función del número de Reynolds.

$$A_1 = \text{fn}\left(\frac{V_* a}{\nu}\right) \quad (2.9)$$

Si la relación A_1 es a/δ' , entonces la ecuación (2.7) es válida. Eliminando $V_* a/\nu$ a partir de (2.9) y (2.7) se obtiene:

$$A_1 = \text{fn} \left(\frac{\delta'}{a} \right) \quad (2.10)$$

Por lo anterior se deduce que una propiedad del fluido cerca del contorno puede igualmente ser tratada como una función de $V_* a / \nu$ o una función de δ' / a .

Si se integra la ecuación (2.2), esta integración debe ser realizada sobre un rango de y que respete las siguientes condiciones:

1. El valor máximo de y debe ser pequeño en comparación con la profundidad del escurrimiento. Esto es debido a que la proporcionalidad $\ell = k \cdot y$ es sólo válida para valores pequeños de y / δ .

2. El valor mínimo de y debe ser mayor o igual que δ' o que la altura de rugosidad a . En el primer caso se exige que y sea mayor que δ' pues la ecuación (2.2) es válida sólo en el núcleo turbulento del flujo. En el segundo, se requiere y mayor que a pues la ecuación (2.2) es sólo válida en regiones ocupadas totalmente por el fluido.

Sustituyendo (2.3) en (2.2) se tiene

$$\tau_t = \rho k^2 y^2 \left(\frac{du}{dy} \right)^2 \quad (2.11)$$

por cuanto y debe ser mayor que δ' , se puede suponer que la totalidad de los esfuerzos de corte son turbulentos $\tau \cong \tau_t$. Por otra parte, al ser y / δ pequeño, se puede suponer que $\tau \cong \tau_0$. Resulta entonces:

$$\tau_t = \tau_0 = \rho V_*^2 \quad (2.12)$$

reemplazando τ_t en (2.11) se tiene:

$$V_* = k y \frac{du}{dy} \quad (2.13)$$

la integración de (2.13) en el intervalo $(y_{\min}, y)$ produce:

$$\frac{u}{V_*} = \frac{1}{k} \ln \left(\frac{y}{y_{\min}} \right) + \frac{u_{\min}}{V_*} \quad (2.14)$$

donde $u_{\min}$ es la velocidad para $y = y_{\min}$.

Se pueden analizar diferentes condiciones de rugosidad.

1. Si δ'/a es grande, entonces $y_{\min} = \delta'$; se podría esperar de aquí que los valores de velocidad dados por la expresión

$$\frac{u}{V_*} = \frac{1}{k} \ln \left(\frac{y}{\delta'} \right) + \frac{u_{\delta'}}{V_*} \quad (2.15)$$

sean independientes de a , pero esto sólo sería posible si $u_{\delta'}/V_*$ no dependiera de V_*a/ν , es decir $u_{\delta'}/V_*$ es constante.

En este caso es válida la ecuación (2.8), y la ecuación (2.15) se transforma en

$$\frac{u}{V_*} = \frac{1}{k} \ln \left(\frac{y \cdot V_*}{\nu} \right) + \text{constante} \quad (2.16)$$

2. Si δ'/a es pequeña, entonces $y_{\min} = a$, y se puede esperar que los valores de velocidad estén dados por la expresión

$$\frac{u}{V_*} = \frac{1}{k} \ln \left(\frac{y}{a} \right) + \frac{u_a}{V_*} \quad (2.17)$$

y que estos valores de velocidad no dependan de la viscosidad. Esto sólo es posible si u_a/V_* es constante. Resulta entonces:

$$\frac{u}{V_*} = \frac{1}{k} \ln \left(\frac{y}{a} \right) + \text{constante}_1 \quad (2.18)$$

Se observa que las ecuaciones (2.16) y (2.18) pueden ser unificadas de la siguiente manera:

$$\frac{u}{V_*} = \frac{1}{k} \ln \left(\frac{y}{a} \right) + B \quad (2.19)$$

donde

$$B = \frac{1}{k} \ln (V_* a / \nu) + \text{constante} \quad \text{-- Si } \delta/a \text{ es grande} \quad (2.20)$$

$$B = \text{constante}_1 \quad \text{-- Si } \delta/a \text{ es pequeña}$$

en términos generales puede expresarse que B es una función del número de Reynolds.

$$B = \text{fn} \left(\frac{V_* a}{\nu} \right) \quad (2.21)$$

Nikuradse, 1933, citado por Yalin (1977), mediante experimentos llevados a cabo con arenas uniformes, logró determinar la curva experimental correspondiente a la relación funcional (2.21). En la Figura 2 se muestra dicha curva.

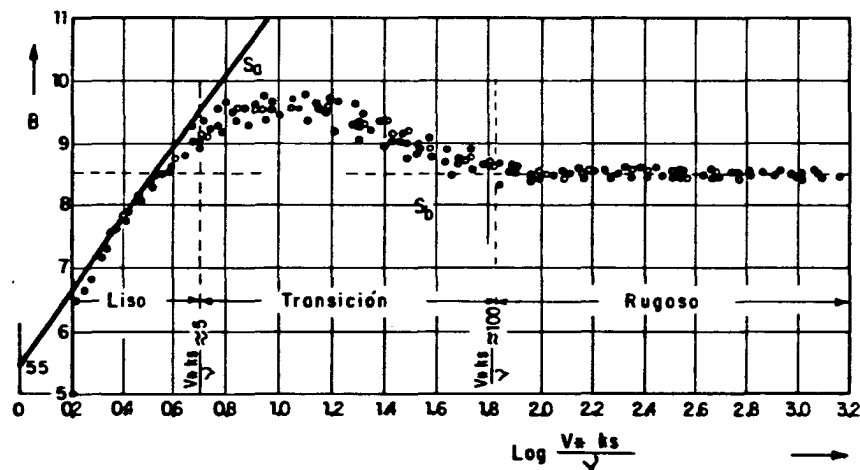


Figura 2.- Gráfica de los experimentos de Nikuradse (Yalin, 1977)

De la observación de la gráfica en la Figura 2 se desprende que para valores de $V_* a / \nu$ menores que 5, la vinculación entre B y el logaritmo de $V_* a / \nu$ es lineal, correspondiendo ésto a lo postulado para valores de δ/a grandes. Por el contrario, para valores de $V_* a / \nu$ mayores que aproximadamente 100,

el valor de B se hace constante, cumpliendo con la hipótesis de comportamiento de la constante B para δ'/a pequeña.

De este análisis se desprende que el número de Reynolds V_*a/ν es un parámetro que describe la condición de rugosidad del fondo desde el punto de vista hidráulico. Así, para V_*a/ν menor que 5, el fondo se comporta como hidráulicamente liso, es decir, las rugosidades quedan sumergidas dentro de la subcapa laminar y la fricción está dominada por efectos viscosos. Para V_*a/ν mayor que 100 el fondo se considera hidráulicamente rugoso, en tal caso las rugosidades sobresalen de la subcapa viscosa provocando su destrucción y la resistencia es gobernada por la geometría y tamaño de las rugosidades. En el rango de V_*a/ν entre 5 y 100 se genera una región de transición donde tienen influencia tanto los efectos viscosos como las rugosidades.

Distribución de velocidades en capas límites

A través del espesor de la capa límite la velocidad cae, desde su valor no perturbado en el flujo libre, a cero en el contorno sólido. El perfil de velocidades que así se desarrolla intenta ser descrito por leyes tales como la de la pared o la del defecto de velocidades.

Se ha encontrado que la distribución de velocidades en ríos presenta algunas similitudes con la que se observa en las capas límites. En consecuencia se han aplicado al cálculo de resistencia en ríos fórmulas que estiman el coeficiente de fricción deducidas de la teoría de capa límite. Sin embargo, los resultados indican que no siempre la adaptación de la teoría de capa límite a cauces naturales resulta exitosa (Bathurst, 1977).

Una capa límite puede ser dividida en tres partes en función de la distancia, y , desde la pared, expresada en términos adimensionales como V_*y/ν . Para valores de V_*y/ν menores que 30 se desarrolla una región conocida como subcapa laminar o viscosa donde, como ya se definió, el fluido está afectado por los esfuerzos viscosos. Fuera de este tramo estos esfuerzos son despreciables comparados con los esfuerzos turbulentos, y el perfil de velocidad es gobernado por la estructura de la turbulencia.

En la parte inferior de la zona dominada por efectos turbulentos, el escurrimiento y los remolinos componentes de la turbulencia están afectados por las condiciones del contorno. Se verifica en esta zona la proporcionalidad entre la longitud de mezcla, ℓ , y la distancia, y , a la pared. En esta región la velocidad a una altura, y , del fondo, considerado éste como hidráulicamente liso, viene definida por la ecuación (2.16).

$$\frac{u}{V_*} = \frac{1}{k} \ln \left(\frac{y \cdot V_*}{\nu} \right) + B$$

donde

B es la constante aditiva de Nikuradse

Más allá de esta zona interior dominada por las condiciones de la pared, la turbulencia se ve afectada por las condiciones de borde de la capa límite y el tamaño de los remolinos no se comporta en forma directamente proporcional a la distancia desde la pared. Para encontrar una ley que cubra esta región exterior de la capa límite, es necesario considerar el perfil de velocidades sobre la totalidad de la región turbulenta. Una expresión general podría estar dada como:

$$\frac{u - U_s}{V_*} = f_n \left(\frac{y}{\delta} \right) \quad (2.22)$$

donde

U_s es la velocidad en la corriente libre.

Se ha demostrado experimentalmente que, para altos números de Reynolds, las capas límites exhiben similitud cuando son expresadas en la forma de la ecuación (2.22). La confirmación de lo dicho se muestra en la Figura 3.

La ley referida en la ecuación (2.22) describe la totalidad de la capa límite sobre la subcapa viscosa, por lo que se superpone a la ley descrita por la ecuación (2.16). Consecuentemente, en la región de superposición esta ley debe adoptar una expresión logarítmica de la forma siguiente:

$$\frac{u - U_s}{V_*} = \frac{1}{k} \ln \left(\frac{y}{\delta} \right) + C \quad (2.23)$$

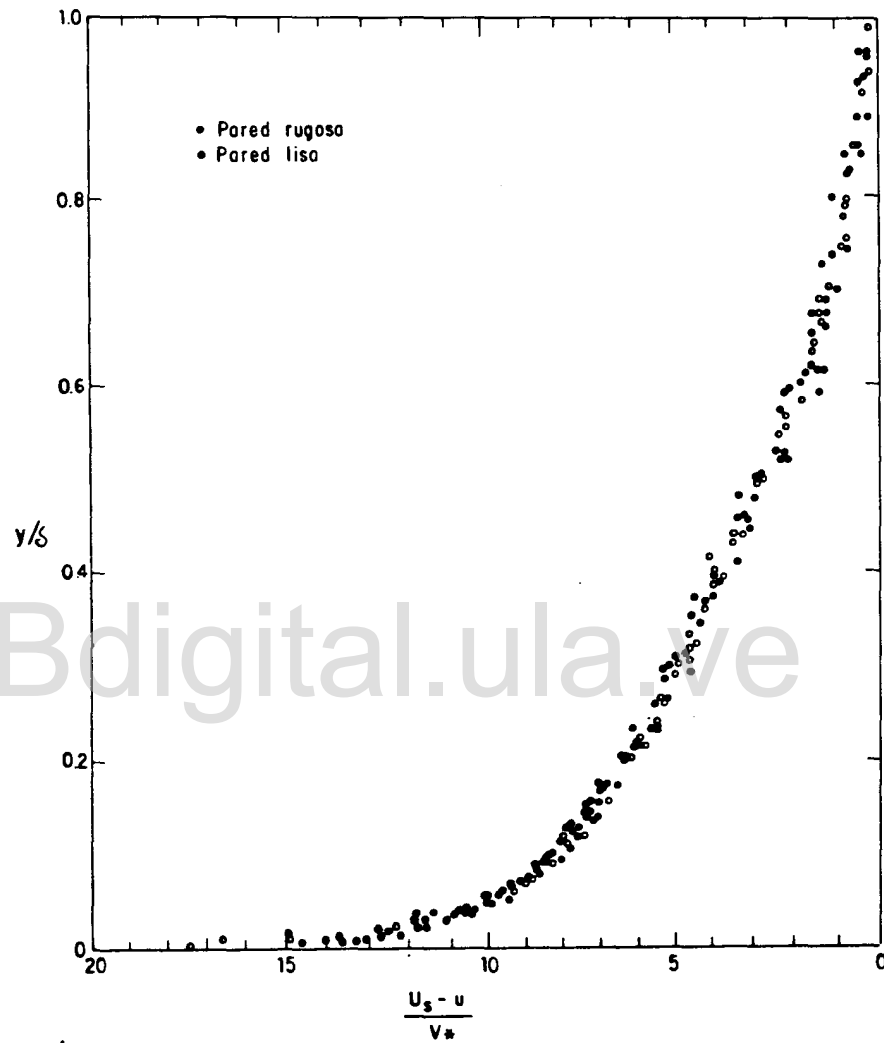


Figura 3.- Perfiles de defecto de velocidad para paredes lisas y rugosas. (Daily y Harleman, 1969)

fuera de la región logarítmica, la divergencia del perfil de velocidades del correspondiente logarítmico es descrita como una función que tiene una magnitud de C en el borde de la capa límite (Coles, 1956).

La zona de validez de la expresión logarítmica depende del valor del número de Reynolds, pero evidencias experimentales demuestran que la ley de la pared no es válida, por lo general, para valores de y/δ mayores que 0,10 a 0,15, tal como se muestra en la Figura 4.

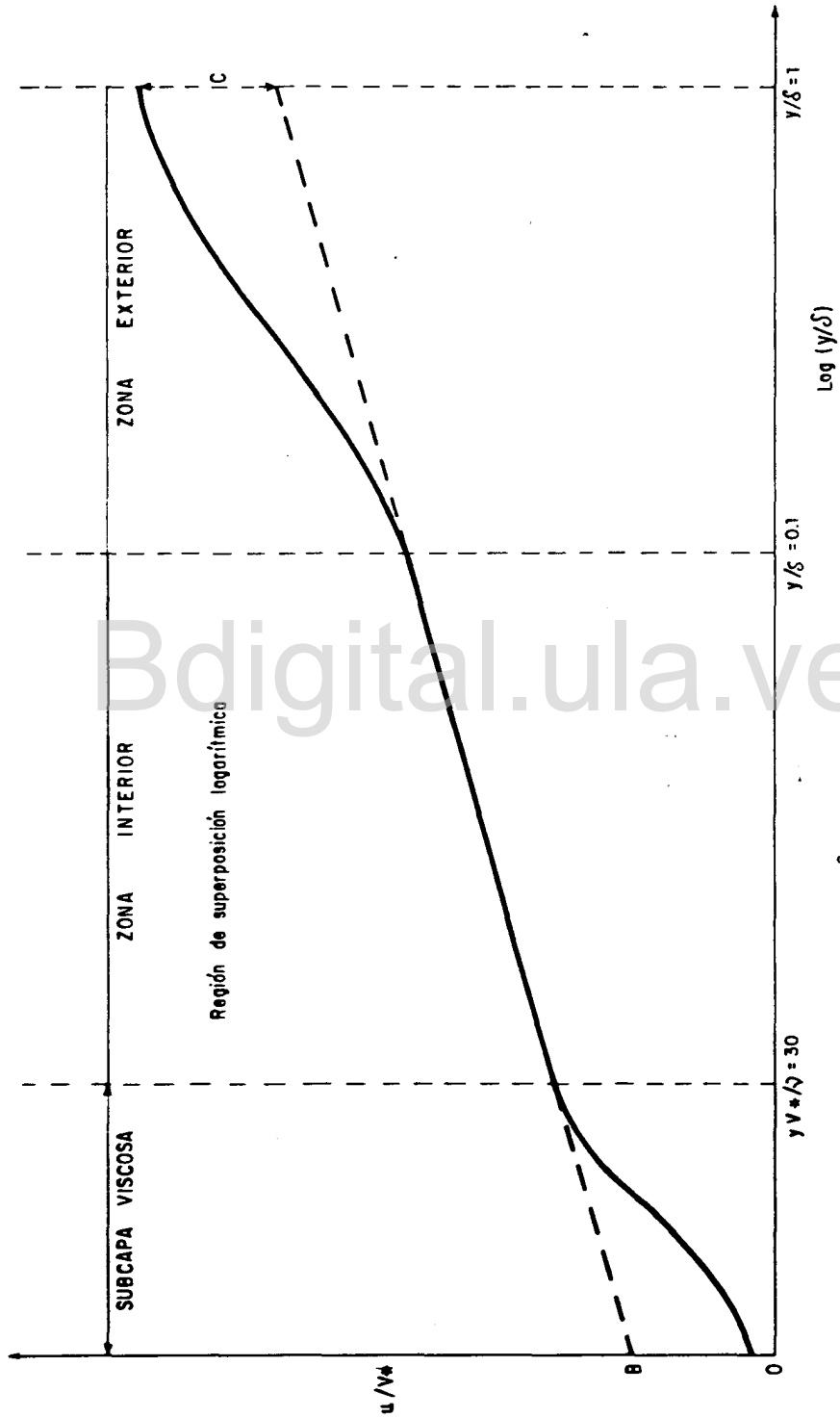


Figura 4.- Perfil de velocidad teórico en una capa límite bidimensional sobre superficie lisa (Bathurst, 1977).

La combinación de las ecuaciones (2.16) y (2.23) genera una ecuación de cálculo de resistencia para escurrimiento sobre contorno liso.

$$\frac{U_s}{V_*} = \frac{2,3}{k} \text{Log} \left(\frac{V_* \delta}{V} \right) + B - C \quad (2.24)$$

donde la relación U_s/V_* es una expresión del coeficiente de Chezy para un escurrimiento en capa límite. Este coeficiente tiene un significado similar al coeficiente, f , de Darcy para flujos a superficie libre, con la diferencia que este último se expresa en términos de la velocidad media.

La ecuación (2.16) fue desarrollada considerando un escurrimiento hidráulicamente liso, o sea donde las rugosidades quedan sumergidas en la subcapa viscosa. Sin embargo en ríos, por lo general, el contorno es hidráulicamente rugoso y el perfil de velocidades está dominado ya no por efectos viscosos sino por la geometría y tamaño de las rugosidades. Para esta condición, la ley de la pared obedece a la ecuación (2.18) la cual, ligeramente modificada por Bathurst (1977), se expresa como:

$$\frac{u}{V_*} = \frac{2,3}{k} \text{Log} \left(\frac{y}{a} \right) + B - D_1 \quad (2.25)$$

donde, D_1 es una constante que describe la geometría de la rugosidad.

Diversos investigadores como Hama (1954), Clauser (1954) y Perry y Joubert (1963) han demostrado la validez de la ley de la pared bajo diversas condiciones, tanto en capas límites como en tuberías y canales con o sin gradientes adversos de presión. Las numerosas validaciones que ha recibido la ley de la pared ha hecho que su uso se difundiera, llegándose a considerar una ley universal.

Más allá de la zona de validez de la ley de la pared se desarrolla la región exterior de capa límite, donde aun queda por definir las condiciones de universalidad de la ley de distribución de velocidades. Aunque se ha demostrado, Figura 3, que la ley del defecto de velocidad es independiente de las con

diciones de rugosidad del contorno, ésta varía con el tipo de escurrimiento, los gradientes de presión y el efecto de las corrientes secundarias, (Clauser 1954, 1956 y Hama, 1954).

Schubauer, 1954, citado por Bathurst (1977), estableció que existían marcadas diferencias entre las capas límites que se desarrollan en tuberías y canales. Estas diferencias dependen fundamentalmente de la estructura de la turbulencia. La parte exterior de una capa límite turbulenta puede estar afectada por incursiones de fluido no turbulento que proviene de la corriente libre. Consecuentemente la región exterior de una capa límite puede contener fluido turbulento y no turbulento, mientras que en un escurrimiento totalmente desarrollado todo el fluido es turbulento y no existe corriente libre. Aun dentro de un escurrimiento totalmente desarrollado existen diferencias en la estructura de la turbulencia. En una tubería la turbulencia no está confinada, mientras que en un canal, en la proximidades de la superficie libre, la turbulencia está restringida a un movimiento vertical.

Estas diferentes conformaciones en la estructura de la turbulencia producen valores divergentes del parámetro C en la ecuación (2.23).

Clauser (1954) determinó que podrían verificarse importantes reducciones del factor de fricción, en el desarrollo de capas límites con gradientes de presión adversos.

La importante cantidad de factores que afectan el desarrollo del perfil de velocidades en la zona exterior de la capa límite hacen difícil construir una ley que sea aplicable a todo tipo de escurrimiento. Sin embargo Bathurst (1977), presenta una expresión válida para situaciones en las que no se verifiquen corrientes secundarias y sólo existan gradientes de presión débiles.

$$\frac{u - U_s}{V_*} = \frac{2,3}{k} \text{Log} \left(\frac{y}{\delta} \right) + C - \text{fn} (\beta_1) \quad (2.26)$$

donde C depende del tipo de escurrimiento y la función de β_1 considera el

efecto del gradiente de presión.

Combinando la ecuación (2.25) con la (2.26) se encuentra una ecuación de resistencia que se pudiera considerar universal para las siguientes condiciones: escurrimiento bidimensional y uniforme, fluido incomprensible escurriendo sobre un contorno plano, hidráulicamente rugoso y con altos números de Reynolds.

$$\frac{U_s}{V_*} = \frac{2,3}{k} \log \left(\frac{\delta}{a} \right) + B - C + f_n(\beta_1) \quad (2.27)$$

Evidentemente una ecuación de este tipo necesita correcciones si se desea aplicar a un escurrimiento en canal. Estas correcciones deberán tener en cuenta la condición tridimensional del escurrimiento y las irregularidades del contorno. Sin embargo es común que las ecuaciones de resistencia en canales se basen en los desarrollos formulados para tuberías, en donde las correcciones antes aludidas no son necesarias. Esto se traduce en un desconocimiento de los principios en los cuales la ley se funda, y trae como consecuencia la imposibilidad de obtener una ecuación universal de resistencia para canales (Bathurst, 1977).

Expresiones simplificadas de las leyes de resistencia

Resistencia al escurrimiento en tuberías

La mayoría de las investigaciones sobre resistencia al escurrimiento han sido desarrolladas usando tuberías circulares. Esto se debe a la simple configuración de los flujos que allí escurren. El escurrimiento en tuberías es efectivamente bidimensional, y la distribución de esfuerzos de corte es uniforme a lo largo de todo el perímetro. No obstante, las expresiones de resistencia desarrolladas para tuberías involucran simplificaciones respecto de una expresión de tipo teórico como la que representa la ecuación (2.27).

Si se considera el término rugoso de la clásica ecuación de Colebrook

(1939), el cual se define como:

$$\frac{\bar{U}}{V_*} = \frac{2,3}{k} \text{Log} \left(c \frac{R}{k_s} \right) \quad (2.28)$$

puede observarse la inclusión de la constante c , la cual involucra un factor de conversión que transforma el cálculo de una ecuación basada en la velocidad máxima, a otra basada en la velocidad media.

En la ecuación (2.28) la influencia de la rugosidad es descrita totalmente por el parámetro de rugosidad equivalente de arena k_s , tal como fue definido por Nikuradse, 1933, citado por Bathurst (1977). En la ecuación (2.27) la influencia de la rugosidad está dada por su altura, a , y por el parámetro de geometría D_1 .

Resistencia al escurrimiento en canales

Es evidente que si las ecuaciones de resistencia en tuberías involucran simplificaciones que no permiten una descripción total del fenómeno, su aplicación a canales implica desconocer un número significativo de características del escurrimiento que no son tenidas en cuenta por las expresiones de cálculo desarrolladas para ductos.

La incompleta descripción que del proceso de resistencia hacen las ecuaciones clásicas desarrolladas para tuberías, es la causa de la gran variación en el valor de las constantes, de acuerdo al grupo de datos para que fue ajustada la expresión. Esto conspira contra el desarrollo de una ecuación de tipo universal para canales.

Autores como Keulegan (1938) y Leopold et al. (1964), introdujeron el concepto sobre la diferenciación entre resistencias de distinto origen, definiendo tres categorías: resistencia friccional, causada por las rugosidades del contorno; resistencia causada por remolinos y corrientes secundarias y, resistencia causada por cambios de sección, como los que ocurren por formas de fondo o grandes bloques dispuestos en el cauce.

Otros factores, no asociados directamente a las condiciones de rugosidad, también influyen en la resistencia al escurrimiento. En este sentido tienen su importancia la distribución de esfuerzos cortantes, la presencia de corrientes secundarias debidas a la configuración en planta y la existencia de gradientes de presión en el perfil longitudinal. Estas características del escurrimiento afectan la zona exterior de capa límite, donde no existe una ley universal para todos los casos.

En lo que refiere a los aspectos de la resistencia vinculados a las condiciones del contorno, es clásicamente aceptada la validez de la ley de la pared y, la mayoría de los desarrollos han sido formulados en base a estas consideraciones. Esto es válido para escurrimientos cuyas profundidades son grandes en comparación con el tamaño del sedimento del lecho. Los estudios básicos de la Hidráulica Fluvial han sido desarrollados para este tipo de condiciones, en las cuales la ley de la pared ha sido considerada de validez universal.

Resistencia al escurrimiento en canales con rugosidad de gran escala

Se ha demostrado la validez de la teoría de la capa límite como medio para describir los perfiles de velocidad en escurrimientos con relaciones "altura de rugosidad-profundidad" pequeñas. Sin embargo, no todos los ríos presentan condiciones de esta relación que acepten la aplicación de la teoría de la capa límite tal como ha sido expuesta. En aquellos escurrimientos en donde la profundidad es del mismo orden de la altura de rugosidad, e incluso éstas pudieran sobresalir de la superficie del agua, se hace necesario un nuevo enfoque para el análisis. Desde el punto de vista cuantitativo se encuadran en este tipo de escurrimiento, genéricamente conocidos como macrorugosos, a aquellos que presentan valores de Y/D_{84} menores que 4, donde Y es la profundidad media y D_{84} es el diámetro para el cual el 84% de la muestra tiene tamaños menores, (Bathurt, 1985).

La resistencia al escurrimiento para rugosidades de gran escala no logra describirse usando la teoría de la capa límite. Las condiciones de alta turbulencia provocan tales alteraciones en el escurrimiento, que pareciera poco

probable la formación de un perfil logarítmico característico de la capa límite. Los elementos de rugosidad no actúan en forma colectiva, sino que ellos obran individualmente produciendo una resistencia basada en la suma de sus arrastres por forma (Bathurst, 1977). El escurrimiento se comporta localmente como no uniforme, y sólo se podrían lograr condiciones de uniformidad al considerar valores promedio de un tramo.

Estudios experimentales como el de Sayre y Albertson (1961) y Bayazit (1976), evidencian que a medida que la rugosidad relativa crece, aproximándose a la unidad, la resistencia al escurrimiento se vuelve dependiente de otros factores no considerados en la ecuación (2.27) (Bathurst, 1977).

Montes, 1968, citado por Ramírez (1987) ya había considerado la influencia de las macrorugosidades en la resistencia al escurrimiento definiendo que, cuando las alturas de rugosidades eran del mismo orden de magnitud que el espesor de la capa límite, el escurrimiento detrás de cada elemento de rugosidad conformaba una zona de estela, tal como se muestra en la Figura 5.

De acuerdo a las hipótesis de Montes (1968), si la relación entre la altura de rugosidad, a , y la separación entre rugosidades, s , es grande, el escurrimiento entre los elementos rugosos constituye una parte importante del escurrimiento total. A su vez, la zona de estela proporcionaría la causa primordial de pérdida de energía mediante la formación de vórtices en la zona de separación detrás de las rugosidades.

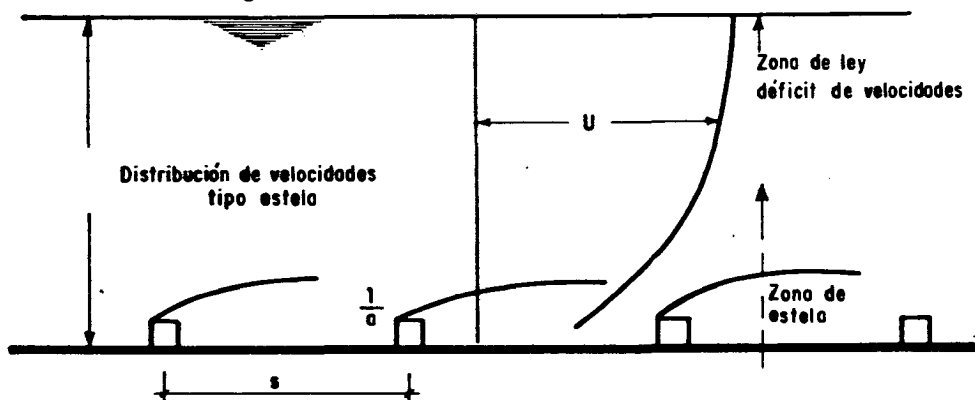


Figura 5.- Distribución de velocidades con influencia de la zona de estela (Montes, 1968)

Las hipótesis de Montes (1968) justifican el desplazamiento vertical en el origen del perfil de velocidades logarítmico, y sirve de base para el desarrollo de una ley de distribución de velocidades que combina una zona de variación logarítmica con otra de velocidad uniforme, tal como la presentada por Aguirre, Fuentes y Olivero (1986).

Judd y Peterson (1969), usando datos de ríos de montaña encontraron que la resistencia debía ser función de un parámetro que tuviera en cuenta el espaciamiento de las rugosidades λ_1 , además de parámetros que consideren la forma de la sección, y la rugosidad relativa.

La inclusión del parámetro de espaciamiento de las rugosidades λ_1 fue también considerado en sus estudios por Sayre y Albertson (1961), Mirajgaoker y Charlú (1963), Roberson y Chen (1970), y Bathurst, Li y Simons (1979), entre otros. Desde ya la inclusión de un nuevo parámetro explica algo más del proceso físico involucrado, pero su determinación complica el cálculo agregando una nueva incógnita en muchos casos difícil de determinar. En este sentido Bathurst (1978, 1985) propone expresiones empíricas para el cálculo de los parámetros de concentraciones de rugosidades, tanto para la sección transversal como en planta, a partir de características geométricas fácilmente determinables. Necesariamente el rango de validez de las mismas no va más allá del que abarcaron los datos con que fueron obtenidas.

Es evidente que no existe, a la fecha, un criterio único sobre la metodología de cálculo a aplicar en la estimación de resistencia en escurrimientos macrorugosos. Sin embargo, existe consenso en que los modelos de cálculo desarrollados en base a la teoría de la capa límite serían inaplicables a estas situaciones.

Desde el punto de vista empírico, la utilización de ecuaciones de tipo logarítmico encierra, en la gran variación de las constantes de ajuste obtenidas, las divergencias entre las hipótesis de los modelos de cálculo y la realidad del medio físico en análisis.

Por su parte, los modelos teóricos que intentan una mejor explicación conceptual del proceso, involucran un mayor número de variables, en muchos casos imposible de obtener en condiciones reales de campo, lo que torna inaplicables las ecuaciones resultantes.

Se hace necesario, en virtud de lo antes expuesto, establecer un criterio de compromiso entre el grado de explicación del proceso físico y la obtención de resultados que estimen con precisión razonable los valores observados en el campo.

Bdigital.ula.ve

C.C.Reconocimiento

CAPITULO III

INFORMACION BASICA DEL ESTUDIO

Este capítulo tiene como finalidad la presentación de los distintos grupos de datos, tanto de campo como de laboratorio, que contienen la información básica requerida para la aplicación de las distintas metodologías de cálculo del coeficiente de fricción.

Se presenta aquí una breve descripción de la información en la cual se resume, en la medida que se dispuso de su conocimiento, las condiciones de obtención de la misma, y las restricciones que sobre ella pesan. Esto es factible de conocer para los datos obtenidos en laboratorio, de cuyas experiencias se tiene un mayor grado de detalle. Lamentablemente, para los datos de campo no siempre se dispuso de un conocimiento apropiado de las condiciones de medición.

La información básica que aquí se presenta no involucra todos los parámetros que los diversos autores ofrecen en sus publicaciones, habiéndose seleccionado sólo aquellas variables que sean de interés, a los fines de la aplicación de las distintas metodologías de cálculo que se analizan en este estudio.

La base de datos que aquí se presenta comprende un total de 477 registros, de los cuales 241 corresponden a datos de laboratorio y 236 a datos de campo, correspondientes a escurrimientos sobre lechos de gravas y cantos rodados. La mayoría de los datos analizados presentan relaciones de $Y/D84$ correspondientes a rugosidad de intermedia o gran escala, de acuerdo a la definición dada por Bathurst (1985).

Datos de laboratorio

El siguiente es un resumen de los distintos grupos de información obtenidos a partir de experiencias de laboratorio, los cuales, como se ha seña-

lado, se reúnen en función de la fuente que proporciona la información.

Datos de las experiencias de Taylor (1961)

Las experiencias del autor fueron llevadas a cabo en un canal de pendiente variable de 0,2667 m. de ancho y 12,2 m. de longitud. La condición de lecho rugoso fue lograda mediante la colocación de gravas con tamaños en el rango de 0,019 m. a 0,0318 m, con un diámetro nominal de 0,0254 m. y de forma aproximadamente subredondeada a redondeada.

Se llevaron a cabo dos tipos de experimentos:

a. Lecho enteramente rugoso; en este caso la totalidad del fondo era cubierta con las gravas ya descritas.

b. Lecho dividido; en esta situación la mitad del fondo del canal estaba compuesta de gravas y la mitad restante consistía en un fondo liso de madera pintada ubicado a un nivel por encima del piso del canal, igual al diámetro nominal de las gravas.

En la Figura 6 se muestra el esquema de definición de una sección transversal típica con las dimensiones correspondientes.

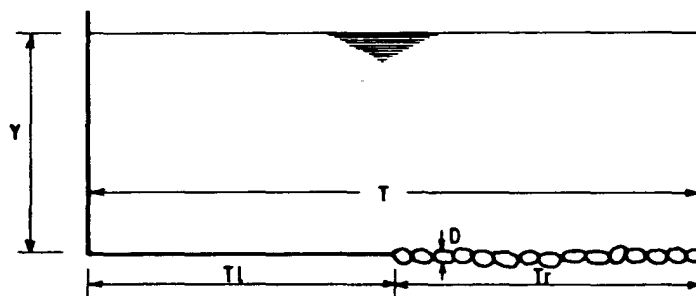


Figura 6.- Sección transversal típica en los experimentos de Taylor (1961).

Se llevaron a cabo un total de veintinueve experimentos, que se pueden agrupar bajo las siguientes condiciones de ensayo:

1. Lecho enteramente rugoso, una capa de piedras: once (11) experimentos.
2. Lecho enteramente rugoso, varias capas de piedras: siete (7) experimentos.
3. Lecho dividido, una capa de piedras: ocho (8) experimentos.
4. Lecho dividido, varias capas de piedras: tres (3) experimentos.

En la Tabla B.1 del Apéndice B se detalla la información resultante de los ensayos para las distintas condiciones de experimentación.

Datos de las experiencias de Aguirre (1988, inédito)

Se dispuso de un conjunto de cuarenta (40) datos resultantes de experiencias llevadas a cabo en un canal de pendiente variable de 1 m de ancho y 23 m de largo. La condición de rugosidad del fondo se logró mediante la colocación en forma aleatoria de piedras de varios tamaños extraídas del lecho de un río de montaña. La composición de tamaños, tanto en peso como en muestreo superficial, como así los diámetros característicos de las curvas granulométricas se muestran en la Figura B.1 del Apéndice B.

La Figura 7 muestra el esquema de definición que caracteriza las mediciones en este grupo de datos. Así, la profundidad del agua, Y , se define como el nivel de agua medido desde el piso del canal menos la altura de rugosidad correspondiente al diámetro cincuenta. Consecuentemente, el área mojada será la profundidad, Y , por el ancho, T , del canal.

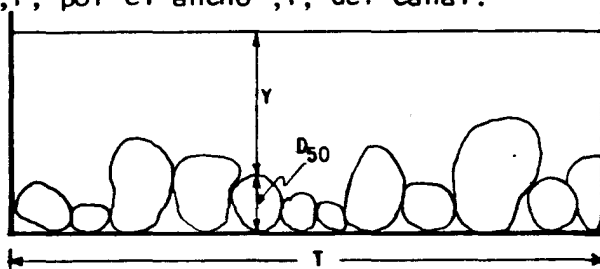


Figura 7.- Sección transversal típico en los experimentos de Aguirre. (1988, inédito).

En la Tabla B.2 de Apéndice B se detalla la información resultante de los ensayos que sirve de base para la aplicación de los distintos métodos de cálculo.

Datos del estudio "EPFL", Bathurst, Cao y Graf (1984)

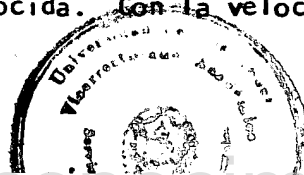
Para la realización de este estudio experimental los autores dispusieron de un canal de laboratorio de pendientes variable de 0,6 m de ancho y 16,8 m de longitud.

Las experiencias se llevaron a cabo para tres granulometrías diferentes de sedimentos, cuyos diámetros medios fueron: 11,5; 22,2 y 44,3 mm. En la Figura B.2 del Apéndice B se muestran las curvas granulométricas correspondientes a cada tipo de material de fondo, construidas tanto por el método de muestreo superficial como por el de tamizado.

La definición de la profundidad, Y , del escurrimiento, así como la del área mojada obedeció a diferentes procedimientos de acuerdo a si se producía o no transporte de sedimento.

En los casos en que no había movimiento del lecho se hacía un relevamiento detallado del área, mediante la medición de un número suficiente de verticales que representarían adecuadamente las variaciones en las elevaciones del fondo. Los autores consideraron suficiente relevar siete verticales en cada sección transversal. La profundidad media del flujo, Y , resultaba, entonces, de dividir el área así obtenida por el ancho del canal. En la Figura 8 se muestra el esquema de definición del procedimiento anteriormente descrito.

En los casos en que se verificó transporte de sedimentos, el área, y consecuentemente la profundidad, Y , se obtuvo en forma indirecta de acuerdo al siguiente procedimiento: la velocidad del escurrimiento se estimó en base al tiempo de traslado de los picos de conductividad de una concentración salina a lo largo de una distancia conocida. Con la velocidad así obtenida, y el caudal



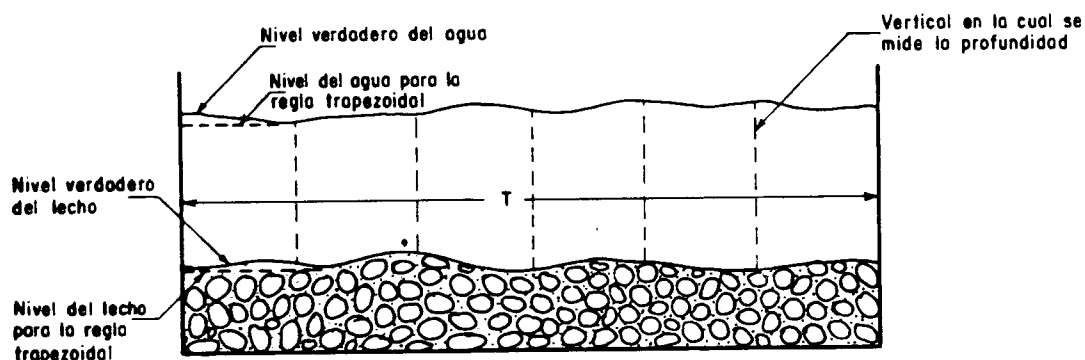


Figura 8.- Esquema de definición para el relevamiento de secciones transversales. (Bathurst et al, 1984)

determinado mediante un caudalímetro electromagnético ubicado en la tubería de retorno, se determinó el área de la sección transversal.

El número de datos disponibles para cada granulometría fue el siguiente: cincuenta y cuatro (54) experimentos para $D_{50} = 0,0222$ m; cuarenta y dos (42) para $D_{50} = 0,0443$ m y diecinueve (19) para $D_{50} = 0,0115$ m.

En las Tablas B.3, B.4 y B.5 del Apéndice B, se detalla la información básica resultante de estos experimentos.

Datos recopilados por Brownlie (1981)

En un extenso trabajo de recopilación, el autor presenta una base de datos que contiene 7027 registros, de los cuales 5263 pertenecen a datos de laboratorio y 1764 a mediciones de campo.

Los datos abarcan una extensa gama de situaciones en cuanto a valores de pendiente, caudal, profundidad y granulometría de sedimento. Sin embargo, la mayor parte de la información responde a condiciones del escurrimiento y del contorno que lo ubican en la zona del régimen fluvial inferior.

De todos modos fue posible hallar, aunque en número reducido, grupos de datos que respondieron a condiciones de pendiente y rugosidad relativa tales que hicieron posible su encasillamiento dentro de la categoría de escurrimientos macrorugosos.

En la recopilación hecha por el autor no se analizan las condiciones particulares de obtención de cada uno de los grupos de datos. Sin embargo, se detalla para cada fuente de información la cita bibliográfica correspondiente.

Bajo las condiciones anteriormente descritas se conformaron tres (3) grupos de datos.

Datos de Bogardi y Yen (Brownlie, 1981)

De la totalidad de la información presentada por estos autores se seleccionó un conjunto de veinte (20) registros, cuyos parámetros hidráulicos se aproximan a las condiciones requeridas para un escurrimiento macrorugoso. El detalle de la información seleccionada se presenta en la Tabla B.6 del Apéndice B.

Datos de Neill (Brownlie, 1981)

Con igual criterio que en el caso anterior, se seleccionó un grupo de diez (10) registros, cuyo detalle se expone en la Tabla B.7 del Apéndice B.

Datos de Paintal (Brownlie, 1981)

Del conjunto de datos presentado por este autor, se seleccionaron quince (15) registros, cuyos parámetros hidráulicos se aproximaban a las condiciones requeridas en este estudio. Un detalle de los mismos es presentado en la Tabla B.8 del Apéndice B.

Datos de las experiencias de Ashida y Bayazit (1973)

Los autores dispusieron para sus experiencias de un canal de 0,20 m de ancho y 20 m de longitud, en el cual la pendiente podía ser ajustada hasta un 20%.

Se usaron en los experimentos gravas naturales de tres diferentes tamaños, cuyos diámetros nominales fueron: 0,0225 m, 0,012 m y 0,0064 m; reuniendo un conjunto de doce (12) registros.

Se debe hacer notar que los valores de profundidad presentados por los autores fueron medidos desde un fondo teórico, arriba del cual un 25% de la superficie de los granos sobresale en la dirección del flujo. Esto equivale, para esferas uniformes, a localizar la superficie del lecho a una distancia igual al 15% del diámetro nominal por debajo del tope de las esferas.

Los datos básicos resultantes de las experiencias se presentan en la Tabla B.9 del Apéndice B.

Datos de campo

A diferencia de los datos de laboratorio, las mediciones llevadas a cabo en ríos y canales naturales presentan un mayor grado de imprecisión en la determinación de los parámetros de interés, producto esto de las dificultades propias de las mediciones y de la imposibilidad de controlar alguna variable para observar los cambios en otra. En este sentido no es posible, salvo excepciones, presentar una serie de registros donde uno o más parámetros permanezcan constantes, y en muchos casos cada registro corresponde a un sitio distinto.

Por lo antedicho, la presentación de la información se agrupa en función de la fuente de la que fue obtenida, haciéndose notar los casos en que un grupo de datos corresponde a un mismo sitio.

Datos presentados por Thompson y Campbell (1979)

Los autores presentan una serie de cinco (5) registros obtenidos del canal de descarga de la central hidroeléctrica Tekapo B, Nueva Zelandia. El canal estaba revestido con grandes piedras, brindando una excelente oportunidad para medir escurrimientos poco profundos en canales abiertos sobre lechos con rugosidad de gran escala.

Adicionalmente los autores presentan una serie de datos correspondientes a ríos de Estados Unidos y a un canal de riego en Nueva Zelandia, conformando un conjunto de veintiseis (26) registros cuyo detalle se expone en la Tabla B.10 del Apéndice B.

Datos presentados por Bathurst (1985)

El autor recopiló información de dieciseis (16) secciones de medición en ríos de montaña de Gran Bretaña. Todos los sitios estuvieron próximos a estaciones hidrométricas que poseían curvas "altura-caudal".

En cada sitio se hizo un relevamiento de detalle de la sección transversal. Los datos fueron obtenidos durante visitas técnicas a los distintos sitios, y en algunos casos aumentados en base a mediciones de marcas dejadas por crecientes recientes.

La granulometría de lecho fue determinada a partir del muestreo de cien (100) elementos, recolectados de la capa superficial de acuerdo a la técnica descrita por Wollman (1954).

Las distintas mediciones completaron un conjunto de cuarenta y cuatro (44) datos, cuya información básica se muestra en la Tabla B.11 del Apéndice B.

Datos presentados por Bathurst (1977)

En su tesis doctoral el autor presenta una serie de datos relevados en los ríos de Gran Bretaña. Para este trabajo se seleccionó la información correspondiente a los ríos Severn y Tees, dado que poseían el mayor número de datos y representaban condiciones de rugosidad bien diferenciadas.

El conjunto de información comprendía un total de treinta (30) datos para el río Severn distribuidos a lo largo de nueve secciones de medición, y nueve (9) datos en el río Tees en tres (3) secciones de medición.

Las determinaciones de área y pendiente en cada uno de los sitios se obtuvo por relevamiento de las secciones transversales al comienzo y final del tramo de estudio. La estimación de la granulometría se hizo mediante la técnica de Wollman (1954).

El detalle de la información básica resultante de estas mediciones se expone en la Tabla B.12 del Apéndice B.

Datos presentados por Thorne y Zevenbergen (1985)

Los autores presentan un conjunto de datos relevados en el río Boulder, Estados Unidos, en dos sitios de medición. Los tramos fueron ubicados en las proximidades, aguas arriba y abajo, de una estación de medición de caudales que posee una curva de descarga considerada de buena precisión.

Las secciones transversales del cauce así como la distribución de tamaños de sedimentos fueron medidos al comienzo y final de cada tramo de estudio. La pendiente de la superficie del agua fue obtenida por nivelación topográfica de cada uno de los tramos para los caudales considerados.

La distribución de tamaños de sedimentos fue determinada por el método de Wollman (1954) sobre una muestra de cien (100) piedras.

Se conformó un total de doce (12) mediciones correspondientes a otros tantos caudales. Del total, siete (7) datos correspondieron al tramo de aguas abajo de la estación hidrométrica, y los cinco restantes al tramo de aguas arriba.

El detalle de la información básica resultante se muestra en la Tabla B.13 del Apéndice B.

Datos presentados por Griffiths (1981)

El autor presenta en su publicación un amplio juego de datos obtenidos de setenta y dos (72) tramos de medición en cuarenta y seis (46) ríos con lechos de gravas de Nueva Zelandia. La totalidad de la información fue clasificada en dos subgrupos:

a. Datos de ríos con lecho rígido.

b. Datos de ríos con lechos móviles. Para este estudio se han seleccionado cincuenta y un (51) registros correspondientes a ríos con lechos rígidos.

Mediante mediciones directas se determinaron variables de interés como el ancho superficial, el perímetro mojado, la profundidad y el área de la sección transversal. La velocidad fue obtenida mediante mediciones con molinete hidrométrico. El tamaño medio del material del lecho fue determinado usando la técnica de Woolman (1954), o mediante análisis de tamizado en los tramos donde el material del lecho estaba compuesto por gravas finas.

El detalle de la información básica obtenida se muestra en la Tabla B.14 del Apéndice B.

Datos presentados por Judd y Peterson (1969)

En un extenso trabajo desarrollado por los autores, donde se analiza la hidráulica de canales con grandes rugosidades, se presenta un conjunto de

datos de diversos ríos de montaña de Estados Unidos. Para este estudio se seleccionaron cuatro (4) de ellos por ser los que poseían mayor cantidad de información.

La característica sobresaliente de este grupo de datos es que la composición granulométrica del sedimento fue determinada por una técnica diferente de la clásica de Wollman (1954). En este caso las curvas de distribución de tamaños fueron construidas tomando la altura de los elementos por encima de un plano medio como tamaño representativo de cada uno de ellos. Un detalle del método es descrito por Judd (1963).

El número de registros obtenidos para cada sitio de medición fue el siguiente: río Logan (sitio 32), dieciocho (18) datos; río American Fork (sitio 62), doce (12) datos; río Rojo (sitio 81), once (11) datos y río Rojo (sitio 82), veintitres (23) datos. Con lo que se conformó un total de sesenta y cuatro (64) registros.

El detalle de la información básica disponible aparece en las Tablas B.15 y B.16 del Apéndice B.

CAPITULO IV

MODELO DE CALCULO DE FRICCION CON EFECTO DE ESTELA

Planteo del modelo

En el Capítulo II se han expuesto, en forma resumida, los argumentos que evidencian la imposibilidad de aplicar formulaciones derivadas de la teoría de capa límite a escurrimientos donde la altura de rugosidad es del mismo orden de la profundidad.

En 1986, Aguirre et al. formularon un modelo simplificado para la estimación de la fricción en escurrimientos con grandes rugosidades. Este modelo supone las siguientes hipótesis para su desarrollo:

1. A partir del tope de las rugosidades y en un espesor Y_1 se desarrolla una zona de velocidad esencialmente constante u_1 . Esta porción de la profundidad es dominada por las estelas y torbellinos que se producen por efecto de las macrorugosidades.

2. Desde el borde mismo de la zona de velocidad uniforme y hasta la superficie libre es válida la ley logarítmica bajo la forma

$$\frac{u}{V_*} = \frac{1}{k} \ln \left(\frac{Y}{\alpha a} \right) + B \quad (4.1)$$

donde

α es el factor de rugosidad o textura tal que el producto de $\alpha \cdot a$ produce la rugosidad equivalente de arena de Nikuradse, y

B es el término aditivo de la ley logarítmica de velocidades que, para contornos hidráulicamente rugosos, adopta un valor constante cercano a 8,5.

A partir de las hipótesis enunciadas, la velocidad media en una verti-

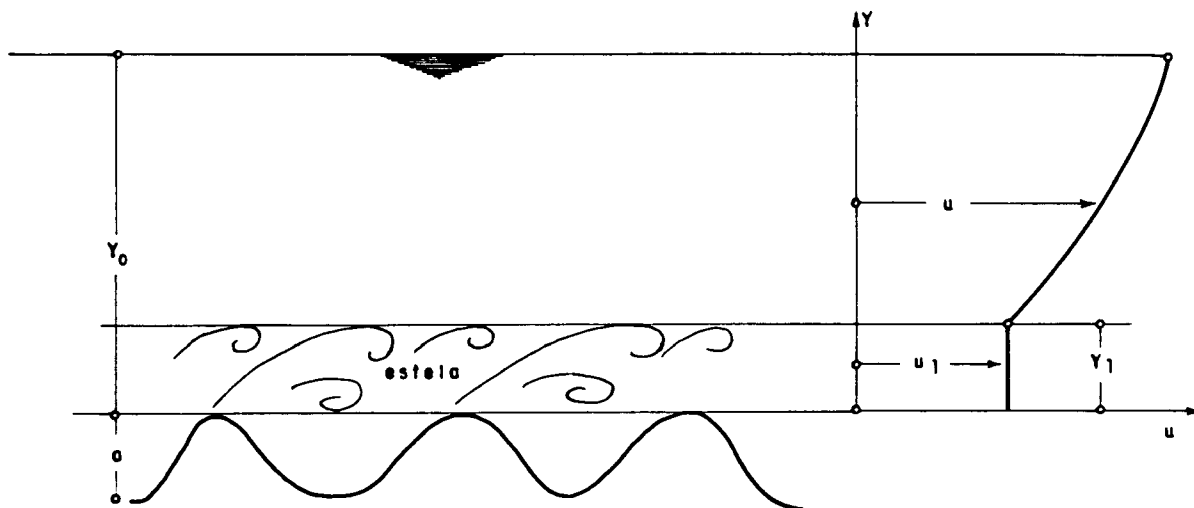


Figura 9.- Distribución de velocidades considerado por el modelo de cálculo (Aguirre et al, 1986)

cal de profundidad Y , estará dada por:

$$\bar{U} = \frac{u_1 Y_1}{Y} + \frac{1}{Y} \int_{Y_1}^Y u \, dy \quad (4.2)$$

sustituyendo la velocidad u por la expresión dada en (4.1) se tiene

$$\frac{\bar{U}}{V_*} = \frac{u_1}{V_*} \frac{Y_1}{Y} + \frac{V_*}{V_*} \frac{1}{Y} \int_{Y_1}^Y \left(\frac{1}{k} \ln \left(\frac{y}{\alpha a} \right) + B \right) dy \quad (4.3)$$

desarrollando (4.3) resulta

$$\frac{\bar{U}}{V_*} = \frac{u_1}{V_*} \frac{Y_1}{Y} + \frac{1}{Y} \left(\frac{1}{k} \int_{Y_1}^Y (\ln y - \ln (\alpha a)) \, dy + \int_{Y_1}^Y B \, dy \right) \quad (4.4)$$

$$\frac{\bar{U}}{V_*} = \frac{u_1}{V_*} \frac{Y_1}{Y} + \frac{1}{Y} \left[\frac{1}{k} (y \ln y - y - \ln (\alpha a) y) + B y \right]_{Y_1}^Y \quad (4.5)$$

$$\begin{aligned} \frac{\bar{U}}{V_*} &= \frac{u_1}{V_*} \frac{Y_1}{Y} + \frac{1}{Y} \left[\frac{1}{k} (Y \ln Y - Y - Y \ln (\alpha a)) + B Y \right] - \\ &\quad - \frac{1}{Y} \left[\frac{1}{k} (Y_1 \ln Y_1 - Y_1 - Y_1 \ln (\alpha a)) + B Y_1 \right] \end{aligned} \quad (4.6)$$

si se distribuyen los términos en la ecuación (4.6) se tiene

$$\begin{aligned} \frac{\bar{U}}{V_*} = C_* = \frac{u_1}{V_*} \frac{Y_1}{Y} + \frac{1}{k} \ln \left(\frac{Y}{\alpha a} \right) - \frac{1}{k} + B - \frac{Y_1}{Y} \frac{1}{k} \ln \left(\frac{Y_1}{\alpha a} \right) + \\ + \frac{Y_1}{Y} \frac{1}{k} - B \frac{Y_1}{Y} \end{aligned} \quad (4.7)$$

reagrupando términos en la ecuación (4.7)

$$\begin{aligned} \frac{\bar{U}}{V_*} = C_* = \frac{1}{k} \ln \left(\frac{Y}{\alpha a} \right) - \frac{1}{k} + B + \frac{1}{k} \frac{Y_1}{Y} + \\ + \frac{Y}{Y} \left(\frac{u_1}{V_*} - \frac{1}{k} \ln \left(\frac{Y_1}{\alpha a} \right) - B \right) \end{aligned} \quad (4.8)$$

a su vez se tiene

$$\frac{u_1}{V_*} = \frac{1}{k} \ln \left(\frac{Y_1}{\alpha a} \right) + B \quad (4.9)$$

por lo tanto el último sumando de (4.8) se anula, entonces

$$C_* = \frac{1}{k} \ln \left(\frac{Y}{\alpha a} \right) - \frac{1}{k} + B + \frac{1}{k} \frac{Y_1}{Y} \quad (4.10)$$

en la cual

$$\frac{1}{k} \ln \left(\frac{Y}{\alpha a} \right) - \frac{1}{k} + B = C_{*0} \quad (4.11)$$

donde

C_{*0} representa el coeficiente adimensional de Chezy para un escurrimiento que obedece a la ley logarítmica en la totalidad de su profundidad.

El espesor de la zona de estela, Y_1 , depende de la forma y distribución de los elementos rugosos. En virtud de esto se supone que Y_1 es propor -

cional a la altura de rugosidad a

$$Y_1 = \beta a \quad (4.12)$$

donde

β deberá ser definido para cada configuración de rugosidades. Reemplazando (4.12) y (4.11) en (4.10) se tiene:

$$C_* = C_{*0} + \frac{\beta}{k} \frac{a}{Y} \quad (4.13)$$

si las hipótesis del modelo se ajustan a los datos experimentales, debería comprobarse una vinculación lineal de $(C_* - C_{*0})$ con a/Y para una rugosidad dada. Esta relación funcional permite obtener, para cada conjunto de datos, los valores de α y β de acuerdo al siguiente procedimiento:

1. Conocidos los parámetros hidráulicos del escurrimiento, se calcula el valor de C_* experimental

$$C_* = \frac{\bar{U}}{\sqrt{g R S}} \quad (4.14)$$

2. Se calcula con la ecuación (4.11) el valor de C_{*0} , conocida la altura de rugosidad, a , y suponiendo un valor de α .

3. Se grafica en escala natural la relación $C_* - C_{*0} = f_n(a/Y)$

4. Se determina por regresión lineal la ecuación de la recta de ajuste.

5. Si la ecuación resultante tiene ordenada al origen cero, o muy próximo a él, el valor de α supuesto es el correcto y el valor de β/k viene definido por la pendiente de la recta de ajuste.

6. Si la ordenada al origen de la recta de ajuste es distinta de cero, se debe suponer un nuevo valor de α , y repetir el procedimiento desde el paso 2.

Evidencias experimentales de la existencia de la zona de estela

Sayre y Albertson (1961) estudiaron las distribuciones de velocidades y la fricción para un conjunto de datos correspondientes a experiencias realizadas con distintas densidades de rugosidad. Ellos mostraron que los valores medios de velocidad expresados en la forma adimensional $\bar{U}/\sqrt{\tau_0/\rho}$, se ajustan a una distribución logarítmica cuando el espaciamiento entre rugosidades es pequeño. Por el contrario, para espaciamientos grandes las desviaciones de los puntos experimentales respecto de la recta logarítmica son importantes. Los autores atribuyeron este efecto a la no uniformidad de las rugosidades y concluyeron en que la naturaleza de los perfiles de velocidad parece estar afectada por las configuraciones de las rugosidades.

No es solamente el patrón de rugosidades lo que afecta la forma del perfil de velocidades; la determinación del origen para la medición de las profundidades sobre contornos rugosos influye sensiblemente en la conformación del perfil. Rand, 1954, citado por Sayre y Albertson (1961) sugirió que cuando los elementos de rugosidad están muy próximos entre sí, la profundidad debería ser medida desde la superficie del agua hasta algún nivel de referencia entre la cresta y el valle de las rugosidades. Por su parte Bathurst (1977) cita a otros autores que afirman que el nivel de referencia es una función del espaciamiento de las rugosidades. Así para rugosidades dispersas sobre un lecho liso, el origen de la profundidad debería aproximarse al contorno liso. Por el contrario, si la densidad de rugosidades es alta, el nivel de referencia debería estar próximo a la cresta de las rugosidades.

Ramírez (1987) utilizando la misma información que Sayre y Albertson (1961), encontró un buen ajuste al modelo de fricción con efecto de estela, considerando el origen para la profundidad sobre el tope de las rugosidades, independientemente de la densidad de las mismas. Para estos mismos datos Sayre y Albertson (1961) habían hallado un buen ajuste a la ley logarítmica cuando la densidad de rugosidad era baja.

Esta contradicción estaría indicando que el nivel de referencia que se

adopte para la determinación de las profundidades sería un factor determinante en la definición del tipo de perfil de velocidades. Se hace necesario, en consecuencia, definir una forma indirecta para la obtención de la profundidad, la que podría resultar de medir en forma directa, mediante métodos conductimétricos, la velocidad media; con ésta y el caudal se determina el área de la sección transversal y consecuentemente la profundidad.

El encontrar una buena aproximación lineal de la relación funcional $C_* - C_{*0} = \text{fn}(a/Y)$ para un grupo de datos dado, no es indicio de que los perfiles de velocidad medidos bajo esas condiciones demuestren la existencia de una zona de estela, ni aún, en muchos casos, evidencian la presencia de una región logarítmica. Si bien es de reconocer que estos perfiles corresponden a un punto particular del escurrimiento y, en muchos casos, no representan las condiciones medias para las cuales se desarrolló la metodología.

Los experimentos de Taylor (1961) reafirman lo citado en el párrafo anterior. En la Figura 10 se muestra la relación entre $C_* - C_{*0}$ y a/Y en donde se aprecia un buen ajuste lineal con un coeficiente de correlación $r = 0,905$.

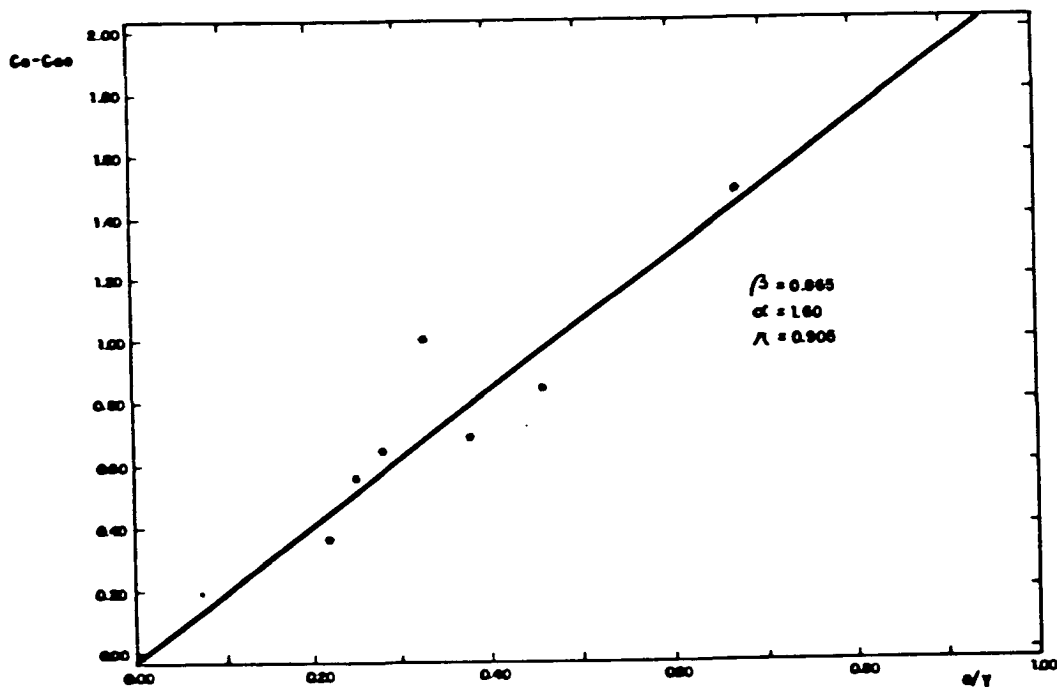


Figura 10.- Relación $C_* - C_{*0}$ contra a/Y para los experimentos de Taylor (1961) con lecho enteramente rugoso.

Sin embargo, los perfiles de velocidad medidos para ese conjunto de experimentos no evidencian, en ningún caso, la presencia de una zona de estela, Figura 11. Se debe hacer notar que lo que se identificó como fondo en dicha figura corresponde a la altura de la rugosidad ubicada en la vertical sobre la que se midió el perfil. Por su parte la determinación del nivel de referencia para la medición de las profundidades fue tomado de acuerdo a la metodología propuesta por el autor (Taylor, 1961), ya que no se dispuso de otra información.

Aguirre (1988, inédito), en base a experiencias llevadas a cabo en el Laboratorio de Hidráulica de la Universidad de Los Andes, elaboró un banco de datos el cual contenía un importante número de perfiles de velocidad. Estos perfiles se agruparon en dos categorías: (a) perfiles de velocidad medidos sobre granulometría uniforme, (b) perfiles de velocidad medidos sobre granulometría no uniforme.

Para el primer caso se dibujaron 42 perfiles de velocidad en escala natural, abarcando un amplio rango de pendientes y caudales. Todos los perfiles dibujados corresponden al centro del canal. Las Figuras C.1 a C.11 del Apéndice C muestran las gráficas aludidas.

Es notable que en un buen número de los perfiles dibujados, se puedan distinguir dos zonas con configuraciones de velocidades diferentes; puede advertirse en las Figuras C.1 a C.11 del Apéndice C que existen perfiles donde se verifica una zona inferior en la que se presentan tres y hasta cuatro puntos de medición con valores de velocidades esencialmente constantes, desarrollándose por encima de ésta una región, donde la distribución de velocidades se aproxima, aparentemente, a una forma logarítmica.

En base a esta presunción se seleccionaron dos perfiles en donde hubiera al menos cuatro puntos de velocidad aproximadamente constante. Estos perfiles se graficaron en escala semilogarítmica, Figura 12, resultando, tal como se aprecia en la misma, un buen ajuste logarítmico de los puntos de medición de la zona superior del perfil.

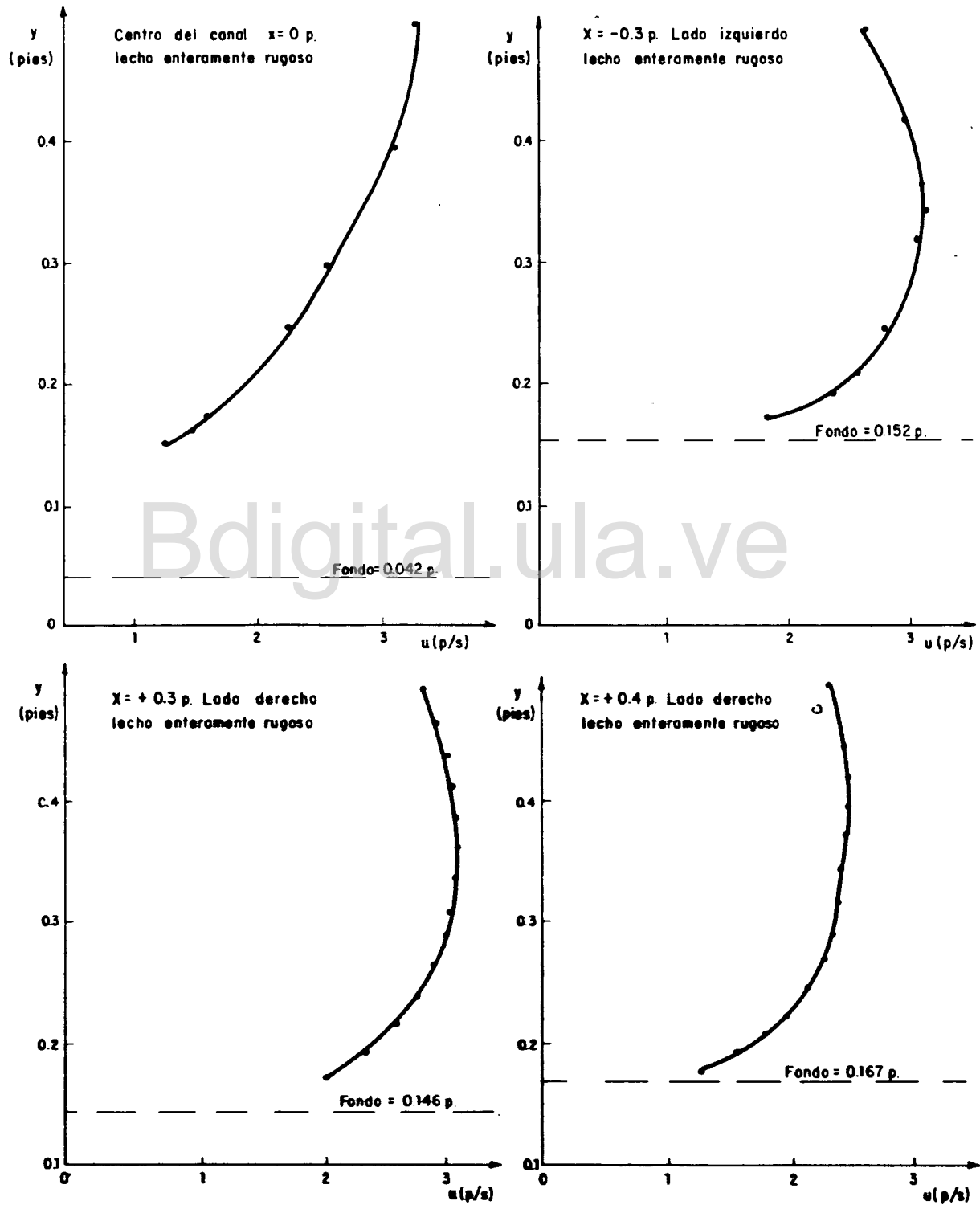


Figura 11.- Perfiles de velocidad - experiencias de Taylor. (1961).

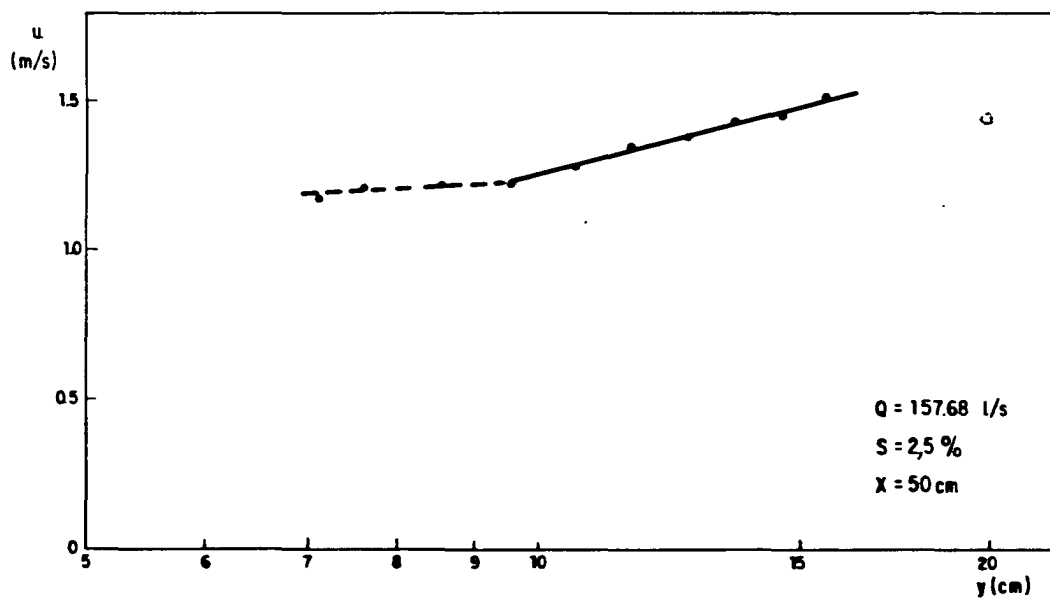
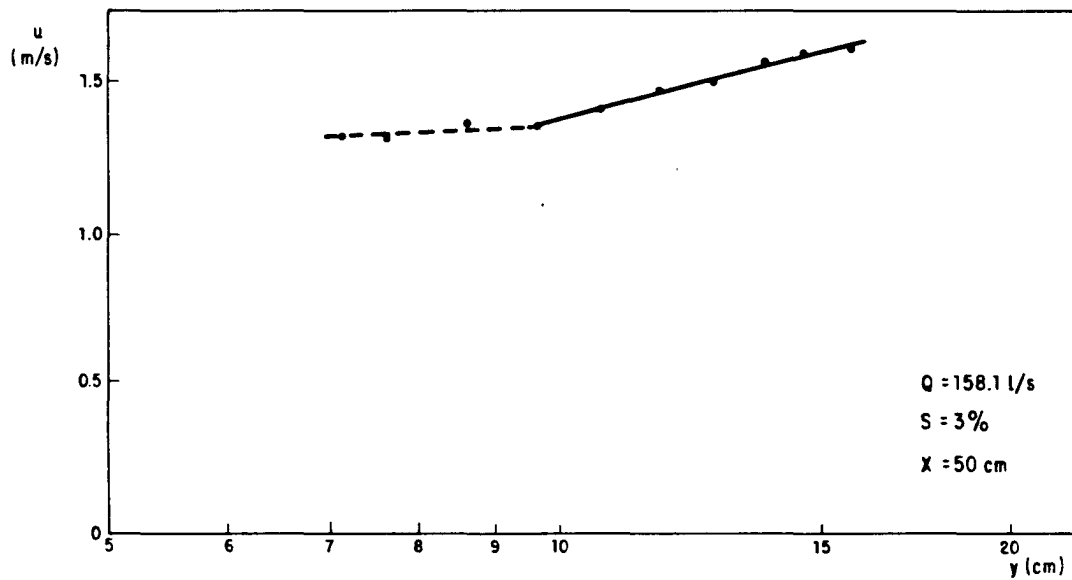


Figura 12.- Perfiles de velocidad sobre granulometría uniforme.
 Experiencias de Aguirre (1988, inédito)

El número de perfiles en los que se conserva uniformidad de la velocidad en los puntos de medición próximos al contorno, permite suponer la validez de la existencia de una región de estela en aquellos escurrimientos sobre rugosidades uniformes.

Para la situación de granulometría no uniforme, se confeccionaron 32 perfiles de velocidad en escala natural, Figuras C.12 a C.19 del Apéndice C, correspondientes a tres valores diferentes de pendientes y caudales.

Al contrario de lo obtenido para la situación de granulometría uniforme, no se encontró en este caso ningún perfil que aceptara la hipótesis de una zona inferior de velocidad constante. Esto se corresponde bien con los resultados de los datos de Taylor (1961), donde la granulometría tampoco era uniforme.

Sin embargo, fue posible advertir en los perfiles dibujados, que muchos de ellos presentaban una ostensible tendencia hacia una distribución logarítmica para la totalidad de la profundidad. En virtud de ello se dibujaron, en escala semilogarítmica, dos perfiles de los que presentaron el más alto coeficiente de correlación lineal entre la velocidad y el logaritmo de la profundidad. En la Figura 13 se observa el buen grado de ajuste de los perfiles seleccionados.

Se puede concluir que para granulometría no uniformes no existen evidencias, dentro del campo de experimentos disponibles, que muestren la existencia de la zona de estela, tal como se vio para granulometría uniforme.

Escapa al alcance de esta tesis el análisis de los aspectos de la mecánica de fluidos que pudieran ser causantes de las situaciones descritas. Sin embargo, se plantea la posibilidad de que las diferentes estructuras de la turbulencia que se suscitan en uno y otro caso, puedan ser fuente de origen a las distintas conformaciones de los perfiles de velocidad.

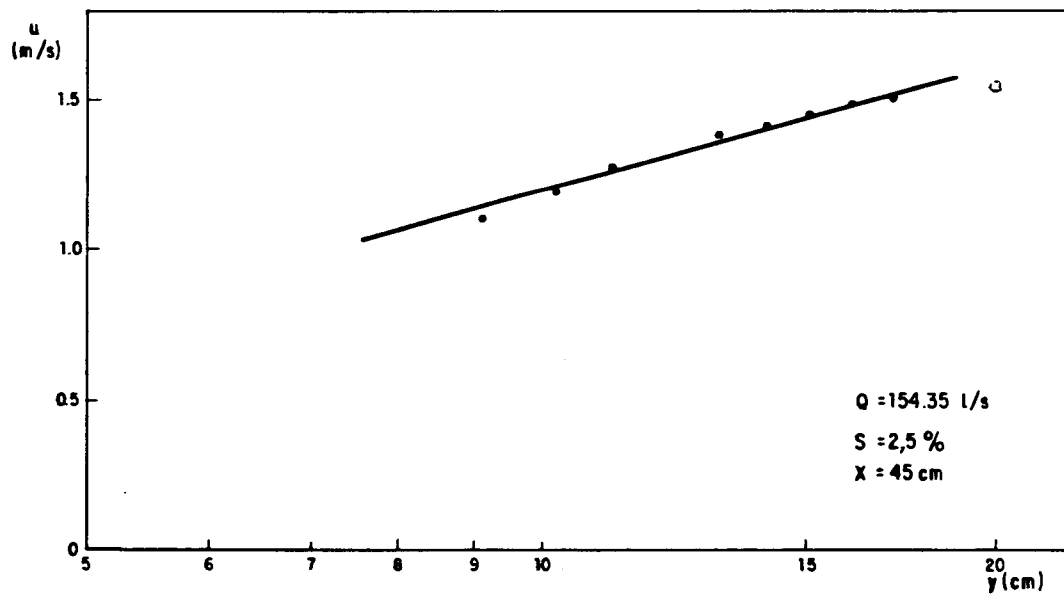
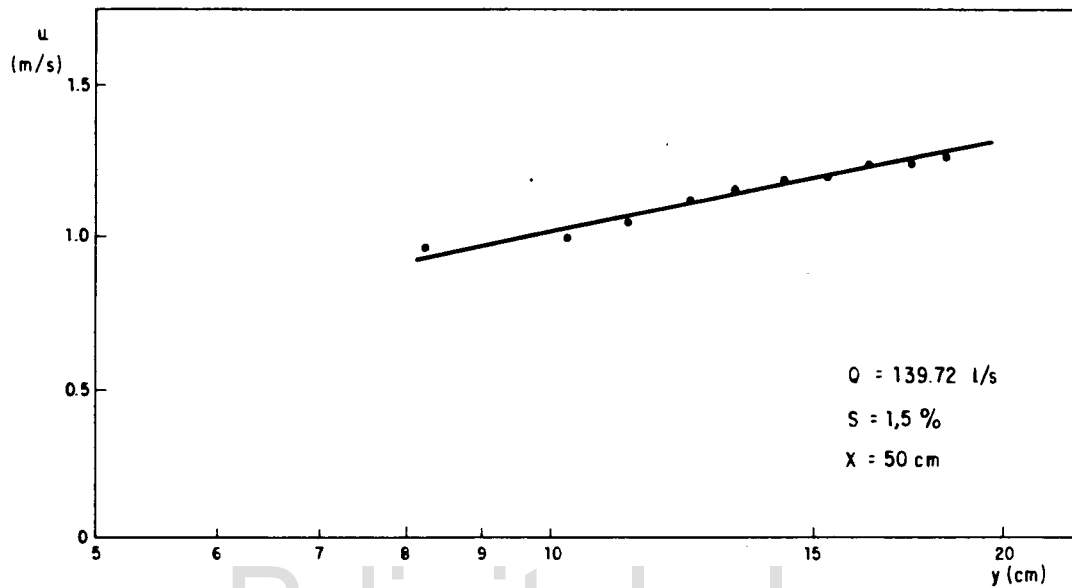


Figura 13.- Perfiles de velocidad sobre granulometría no uniforme.
Experiencias de Aguirre (1988, inédito)

Cálculo de la fricción sobre superficies con rugosidades compuestas

Modelo que considera velocidad media constante en toda la sección

En este procedimiento de cálculo desarrollado por Aguirre (1987), se supone que la velocidad media es constante en la sección transversal y se lleva a cabo una repartición del perímetro mojado de acuerdo a la proporción de éste que cada rugosidad ocupa sobre el total.

Sea la siguiente sección típica esquematizada en la Figura 14.

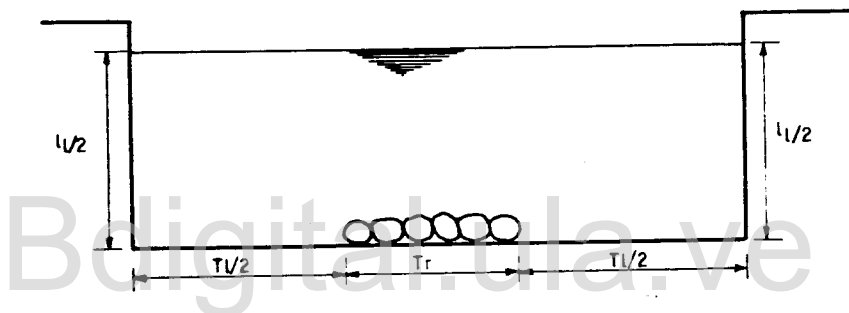


Figura 14.- Esquema de definición para el cálculo de fricción en superficies compuestas, considerando velocidad media constante.

Al aplicar la ecuación de cantidad de movimiento a la sección de canal se tiene

$$\bar{\tau} = \rho g R S = \rho g \frac{A}{L} S \quad (4.15)$$

donde

A es el área de la sección

L es el perímetro mojado y

$\bar{\tau}$ es el esfuerzo de corte promedio

Si se distribuye el esfuerzo cortante a lo largo del perímetro para las distintas rugosidades actuantes resulta

$$\tau_s T_\ell + \tau_\ell \ell_\ell + \tau_r T_r = \bar{\tau} L = \rho g A S \quad (4.16)$$

donde

$\tau_s = \tau_\ell$ es el esfuerzo cortante sobre el contorno liso, y

τ_r es el esfuerzo cortante sobre el contorno rugoso

dividiendo (4.16) por ρA se tiene

$$\frac{\tau_s}{\rho} \frac{T_\ell}{A} + \frac{\tau_\ell}{\rho} \frac{\ell_\ell}{A} + \frac{\tau_r}{\rho} \frac{T_r}{A} = g \cdot s \quad (4.17)$$

o lo que es decir

$$V_{*s}^2 \frac{T_\ell}{A} + V_{*\ell}^2 \frac{\ell_\ell}{A} + V_{*r}^2 \frac{T_r}{A} = g \cdot s \quad (4.18)$$

donde $V_{*s}^2 = \tau_s / \rho$, $V_{*\ell}^2 = \tau_\ell / \rho$ y $V_{*r}^2 = \tau_r / \rho$

si se sabe que

$$\frac{\bar{U}^2}{V_*^2} = C_*^2 \quad (4.19)$$

se tiene

$$V_*^2 = \frac{\bar{U}^2}{C_*^2} \quad (4.20)$$

reemplazando (4.20) en (4.18) se tiene

$$\frac{1}{C_{*s}^2} \frac{T_\ell}{A} + \frac{1}{C_{*\ell}^2} \frac{\ell_\ell}{A} + \frac{1}{C_{*r}^2} \frac{T_r}{A} = g \cdot \frac{S}{\bar{U}^2} \quad (4.21)$$

$$\text{a su vez } \rho g A S = \bar{\tau} L, \text{ de donde } \frac{\bar{\tau}}{\rho} \frac{L}{A} = g S \quad (4.22)$$

la ecuación (4.22) se expresa como

$$g S = \bar{V}_*^2 \frac{L}{A} \quad (4.23)$$

multiplicando a ambos lados de (4.23) por $\bar{U}^2$ se tiene

$$\frac{gS}{\bar{U}^2} = \frac{\bar{V}_*^2}{\bar{U}^2} \frac{L}{A} = \frac{1}{C_*^2} \frac{L}{A} \quad (4.24)$$

reemplazando (4.24) en (4.21) se obtiene

$$\frac{1}{C_{*s}^2} \frac{T_\ell}{A} + \frac{1}{C_{*\ell}^2} \frac{\ell_\ell}{A} + \frac{1}{C_{*r}^2} \frac{T_r}{A} = \frac{1}{C_*^2} \frac{L}{A} \quad (4.25)$$

$$\frac{1}{C_{*s}^2} \frac{T_\ell}{L} + \frac{1}{C_{*\ell}^2} \frac{\ell_\ell}{L} + \frac{1}{C_{*r}^2} \frac{T_r}{L} = \frac{1}{C_*^2} \quad (4.26)$$

despejando en (4.26) se obtiene

$$C_* = \frac{1}{\sqrt{\frac{T_\ell/L}{C_{*s}^2} + \frac{\ell_\ell/L}{C_{*\ell}^2} + \frac{T_r/L}{C_{*r}^2}}} \quad (4.27)$$

Si la rugosidad de la pared lisa es la misma que la de la porción lisa del fondo, la ecuación (4.27) se reduce a

$$C_* = \frac{1}{\sqrt{\frac{L_\ell/L}{C_{*p}^2} + \frac{L_r/L}{C_{*r}^2}}} \quad (4.28)$$

donde

L_ℓ es la porción del perímetro mojado asociado al contorno liso

L_r es la porción del perímetro mojado asociado al contorno rugoso

$C_{*\ell} = C_{*s} = C_{*p}$ es el coeficiente adimensional de Chezy correspondiente al contorno liso

C_{*r} es el coeficiente adimensional de Chezy correspondiente al contorno rugoso.

El valor de C_{*p} se calcula a partir de la ecuación de Prandtl para un canal de contorno liso, la que viene dada por

$$C_{*p} = \frac{1}{k} \ln \left(R_e / C_{*p} \right) + 5,5 - \frac{1}{k} (1 + 2 \ln (2)) \quad (4.29)$$

donde

$$R_e = 4 V Y / \nu \quad (4.30)$$

El valor de C_{*r} se calcula en base a la ecuación (4.13).

El coeficiente de Chezy calculado con la ecuación (4.28) se debe contrastar con los valores experimentales de C_{*} que viene dado por la ecuación (4.14).

$$C_{*} = \frac{\bar{U}}{\sqrt{g \frac{A}{L} S}}$$

La ecuación (4.28) puede ser utilizada como método de corrección por efecto de pared, siendo su uso equivalente al método de corrección propuesto por Einstein, 1942, y citado por Chow (1959). Para verificar la afirmación se parte de la fórmula que presenta el autor para el cálculo del f de Darcy correspondiente al lecho.

$$f_b = f + \frac{2Y}{T} (f - f_w) \quad (4.31)$$

$$f_b = \frac{8}{C_{*r}^2} ; \quad f = \frac{8}{C_{*}^2} ; \quad f_w = \frac{8}{C_{*p}^2} \quad (4.32)$$

Para el caso particular de la corrección por efecto de pared se tiene

$$L_\ell = 2 Y \quad (4.33)$$

$$L_r = T \quad (4.34)$$

reemplazando en (4.31) resulta

$$\frac{8}{C_{*r}^2} = \frac{8}{C_*^2} + \frac{L_\ell}{L_r} \left(\frac{8}{C_*^2} - \frac{8}{C_{*p}^2} \right) \quad (4.35)$$

agrupando y tomando factor común, la ecuación (4.35) se transforma en

$$\frac{1}{C_{*r}^2} = \frac{1}{C_*^2} \left(1 + \frac{L_\ell}{L_r} \right) - \frac{L_\ell/L_r}{C_{*p}^2} \quad (4.36)$$

$$\frac{1}{C_{*r}^2} = \frac{1}{C_*^2} \left(\frac{L_r + L_\ell}{L_r} \right) - \frac{L_\ell/L_r}{C_{*p}^2} \quad (4.37)$$

por su parte

$$L_r + L_\ell = L \quad (4.38)$$

reemplazando (4.38) en (4.37) se tiene

$$\frac{1}{C_{*r}^2} = \frac{L}{L_r} \frac{1}{C_*^2} - \frac{L_\ell/L_r}{C_{*p}^2} \quad (4.39)$$

operando en (4.39) se obtiene

$$\frac{1}{C_{*r}^2} = \frac{1}{\sqrt{\frac{L/L_r}{C_*^2} - \frac{L_\ell/L_r}{C_{*p}^2}}} \quad (4.40)$$

La ecuación (4.40) es equivalente a la ecuación (4.28) en donde ha sido despejado el término $1/C_{*r}$.

Queda así verificada la validez de la metodología propuesta como una forma generalizada de corregir la influencia de cualquier porción lisa del perímetro mojado, obteniendo de esta manera la resistencia correspondiente sólo a la fracción rugosa.

Modelo que considera tensiones de corte entre las franjas de distinta rugosidad.

Este modelo fue desarrollado por Fuentes (1987) y presentado por Aguirre y Fuentes (1988). El método considera que el escurrimiento puede considerarse conformado por fajas, en cada una de las cuales la velocidad es aproximadamente uniforme, excepto en una zona estrecha de fuerte interacción entre las fajas vecinas, Figura 15.

La ecuación de continuidad puede escribirse como

$$Q = \bar{U}.A = \sum_{i=1}^n \bar{U}_i . A_i \quad (4.41)$$

donde el subíndice i , representa a la faja de orden i .

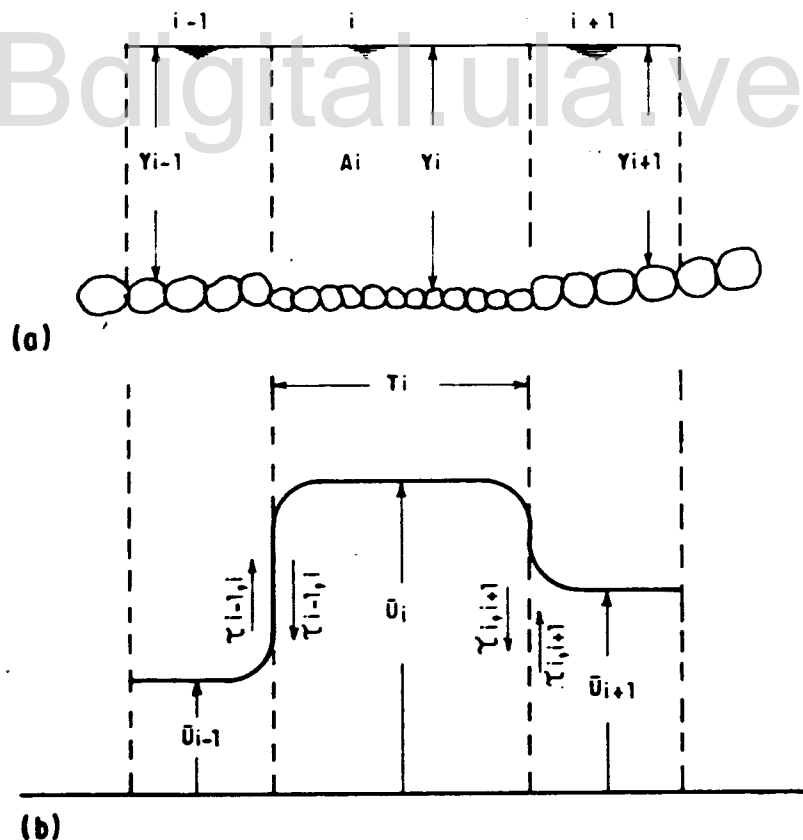


Figura 15.- Esquema de definición para el cálculo de fricción en superficies compuestas considerando tensiones de corte entre franjas (Aguirre y Fuentes, 1988)

$$\frac{\bar{U}_{i-1}}{V_{*i-1}} = C_{*i-1} \quad (4.54)$$

$$\frac{V_{*i-1}}{V_*} = X_{i-1} \quad (4.55)$$

$$\frac{\bar{U}_{i+1}}{V_{*i+1}} = C_{*i+1} \quad (4.56)$$

$$\frac{V_{*i+1}}{V_*} = X_{i+1} \quad (4.57)$$

reemplazando (4.52) a (4.57) en (4.51) se obtiene

$$X_i^2 \frac{T_i}{L} + \lambda \left[C_{*i} X_i - C_{*i-1} X_{i-1} \right] (C_{*i} X_i - C_{*i-1} X_{i-1}) \frac{Y_i}{L} + \\ + \lambda \left[C_{*i} X_i - C_{*i+1} X_{i+1} \right] (C_{*i} X_i - C_{*i+1} X_{i+1}) \frac{Y_i}{L} = \frac{A_i}{A} \quad (4.58)$$

La ecuación (4.58) se plantea para todas las franjas estableciéndose un sistema de ecuaciones que en general será suficiente para calcular las X_i incógnitas. Una vez conocidas todas las X_i , el C_* total resulta de la siguiente ecuación

$$C_* = \sum_{i=1}^n X_i C_{*i} \frac{A_i}{A} \quad (4.59)$$

donde los valores de C_{*i} se calculan con las ecuaciones (4.13) o (4.29) según el contorno de la faja en consideración sea rugoso o liso.

Determinación experimental del parámetro λ

Aguirre y Fuentes (1988) definen a λ como un parámetro adimensional que debe ser determinado mediante experimentos. En su trabajo, los autores obtienen

el valor de λ para cada serie de experimentos mediante la minimización de la expresión.

$$\Sigma(C_{*calculado} - C_{*experimental})^2 = \text{mínimo} \quad (4.60)$$

Los valores de λ que satisfacían la condición de la ecuación (4.60) variaban de una serie a la otra. Sin embargo los autores encontraron que un valor de $\lambda = 3,5$ interpretaba bien el conjunto de datos.

Se plantea aquí un desarrollo experimental que permitirá conocer el valor de λ asociado a un experimento en particular del cual se conocen las ve locidades medias en cada franja de rugosidad diferenciada y la profundidad co rrespondiente, además del caudal, la pendiente y la altura de rugosidad con los cuales se efectuó el ensayo.

Dado que la información disponible corresponde al mismo conjunto de experimentos que los autores utilizaron en el desarrollo de su trabajo, se adoptan aquí iguales valores de α y β que los por ellos definidos.

El procedimiento de cálculo es el siguiente

1. Mediante la ecuación (4.13) o (4.29), según sea el contorno de la faja y rugoso o liso, se obtiene el valor de C_{*i} en base a la información dis ponible.

2. Con C_{*i} conocido se calcula V_{*i} a partir de

$$V_{*i} = \bar{U}_i / C_{*i} \quad (4.61)$$

3. Con V_{*i} se obtiene τ_i como

$$\tau_i = \rho V_{*i}^2 \quad (4.62)$$

4. De la ecuación de cantidad de movimiento planteada para la confi-

guración particular de rugosidad del experimento en consideración se despeja la tensión de corte interfranja $\tau_{i,i-1}$.

5. Conocido el valor de $\tau_{i,i-1}$, de la ecuación (4.46) se obtiene el valor de λ , conocidas las velocidades medias en las fajas adyacentes.

El cálculo se llevó a cabo para dos series de experimentos asociados a configuraciones rugosas diferentes conformándose un total de diez datos.

En la Figura 16 se muestra el esquema de definición para las rugosidades asociadas a los datos de la serie 1.

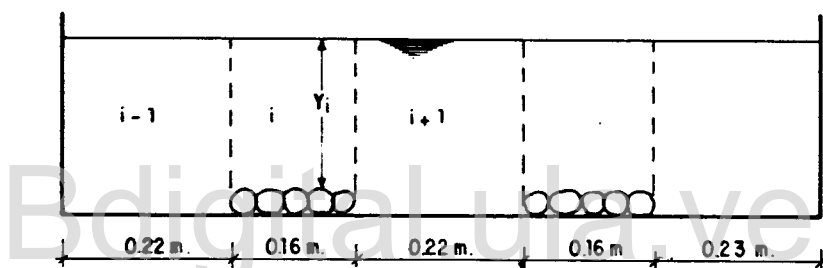


Figura 16.- Esquema de definición para la superficie de rugosidad compuesta. Serie 1. Experiencias de Aguirre y Fuentes. (1988).

La ecuación de cantidad de movimiento para la faja, i , resulta

$$\tau_i \cdot 0,16 \text{ m} - 2 \tau' Y_i = \rho g S Y_i \cdot 0,16 \text{ m} \quad (4.63)$$

donde

$$\tau' = \tau_{i,i-1} = \tau_{i,i+1}$$

despejando

τ' de (4.63) se tiene

$$\tau' = (\tau_i \cdot 0,16 \text{ m} - \rho g S 0,16 \text{ m} Y_i) / 2 Y_i \quad (4.64)$$

conociendo el valor de τ' , de (4.46) se obtiene

$$\lambda = \tau' / \rho |\bar{U}_i - \bar{U}_{i-1}| (\bar{U}_i - \bar{U}_{i-1}) \quad (4.65)$$

En la Tabla 1 se resume el proceso de cálculo.

Tabla 1 Determinación experimental de λ . Serie 1 (Aguirre y Fuentes, 1988)

Experi- mento Nº	Q l/s	S %	$\bar{Y}_i$ (m)	D_i (m)	$\bar{U}_i$ (m/s)	$\bar{U}_{i-1}$ (m/s)	C_{*i}	V_{*i} (m/s)	τ_i (kg/m ²)	τ' (kg/m ²)	λ
1	74.44	1	0,0456	0,064	0,633	0,879	8,658	0,0731	0,545	0,156	-0,0252
2	115,27	1	0,0741	0,064	0,87	0,976	8,488	0,102	1,071	0,356	-0,31
3	74,45	2	0,0243	0,064	0,565	1,16	10,05	0,056	0,3198	-0,547	0,015
4	95,44	3	0,0308	0,064	0,97	1,428	9,28	0,104	1,115	0,496	-0,023
5	86,81	4	0,0167	0,064	0,65	1,65	12,06	0,053	0,296	-1,782	0,017

Nota: se supone $\bar{U}_{i-1} = \bar{U}_{i+1} = (\bar{U}_{i-1} + \bar{U}_{i+1})/2$

La Figura 17 muestra el esquema de definición de la configuración de rugosidad asociada con los datos de la serie 2.

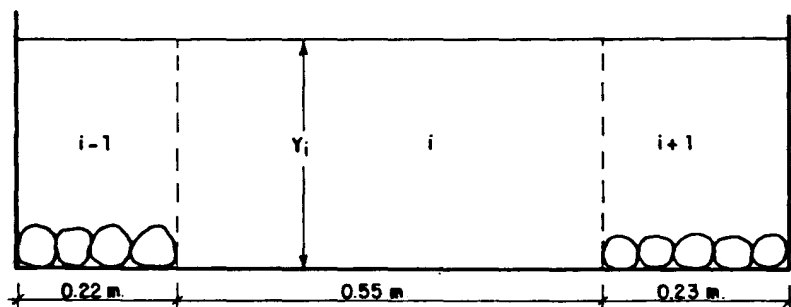


Figura 17.- Esquema de definición para la superficie de rugosidad compuesto. Serie 2. Experiencias de Aguirre y Fuentes (1988)

De aplicar la ecuación de cantidad de movimiento a la faja, i , se obtiene

$$\tau_i \cdot 0,55 \text{ m} + 2 \tau' Y_i = \rho g S Y_i \cdot 0,55 \text{ m} \quad (4.66)$$

donde

$$\tau' = (\rho g S Y_i \cdot 0,55 \text{ m} - \tau_i \cdot 0,55 \text{ m}) / 2 Y_i \quad (4.67)$$

conocido, τ' , se obtiene λ por aplicación de la ecuación (4.65).

La Tabla 2 resume el proceso de cálculo para esta serie

Tabla 2 Determinación experimental de λ . Serie 2 (Aguirre y Fuentes, 1988)

Experi- mento Nº	Q (l/s)	S %	$\bar{Y}_i$ (m)	$\bar{U}_i$ (m/s)	$\bar{U}_{i-1}$ (m/s)	Re 10^5	$C_{\lambda i}$	$V_{\#}$ (m/s)	τ_i (kg/m ²)	τ' (kg/m ²)	λ
1	75,32	1	0,0999	1,223	0,288	4,89	23,98	0,051	0,265	2,02	0,023
2	154,0	1	0,1538	1,346	0,646	8,28	25,19	0,053	0,291	2,23	0,0446
3	131,54	2	0,1190	1,693	0,533	8,06	25,13	0,067	0,463	4,43	0,0322
4	159,22	3	0,1255	1,97	0,803	9,89	25,58	0,077	0,605	6,92	0,0498
5	162,18	4	0,1146	2,253	0,83	10,33	25,68	0,088	0,785	9,11	0,044

Como puede observarse en las Tablas 1 y 2 los valores de λ resultantes son, en todos los casos, próximos a cero; y sustancialmente diferentes del valor de $\lambda = 3,5$ propuesto por Aguirre y Fuentes (1988). A criterio del que escribe, estas divergencias pueden deberse al hecho de que el parámetro λ , al actuar dentro de un sistema de ecuaciones y ser ajustado a partir de una serie de datos, se comporta en forma diferente de cuando es considerado en una ecuación individual (4.65) y determinada para un experimento aislado. Resultaría conveniente obtener los valores de τ_i en forma experimental, en base a mediciones de laboratorio con instrumental adecuado, a fin de ajustar los valores experimentales de λ .

Análisis de resultados

Se desarrolla en este punto un resumen de los resultados obtenidos al aplicar el modelo de cálculo de fricción con efecto de estela, a los distintos grupos de datos presentados en el Capítulo III. El análisis se lleva a cabo agrupando los datos de la misma manera como se hizo en el capítulo anterior.

Datos de laboratorio

Experiencias de Taylor (1961)

Con los datos correspondientes a lecho enteramente rugoso se determinaron los valores de α y β , correspondientes a las dos condiciones de lecho. Se obtuvo así que para lecho enteramente rugoso y una capa de piedras: $\alpha = 1,83$ y $\beta = 0,6$. Mientras que para lecho enteramente rugoso y varias capas de piedras: $\alpha = 1,60$ y $\beta = 0,865$. La bondad de los ajustes obtenidos en la relación funcional $C_* - C_{*0} = f_n(D/Y)$ se muestra en las Figuras C.20 y C.21 del Apéndice C.

Con los valores de α y β resultantes se calculó el coeficiente de fricción para las series de datos correspondientes a lecho enteramente rugoso, con y sin efecto de estela. El detalle de cálculo se muestra en las Figuras C.22 a C.25 del Apéndice C. Se aprecia en dichas figuras que los errores producidos por la ley logarítmica clásica son significativamente mayores a los que genera el modelo que considera el efecto de estela. A su vez el error provocado por la ley logarítmica clásica crece con el aumento de la relación D/Y .

En la Figura C.26 del Apéndice C se explicita el cálculo de la serie de datos correspondientes a lecho enteramente rugoso, una capa de piedras, pero con los valores de α y β ajustados para la condición de lecho enteramente rugoso con varias capas de piedras. Si bien la variación de los parámetros α y β no es muy grande, el error resultante se duplica respecto del cálculo con los valores de α y β propios de la serie. Se desprende de aquí la importancia

de una estimación correcta de estos parámetros en base a datos medidos.

Las dos series de datos correspondientes a lecho dividido, mitad liso y mitad rugoso, fueron analizadas a la luz del método de cálculo que considera velocidad media constante en la sección. Los resultados se detallan en las Figuras C.27 y C.28 del Apéndice C, haciéndose notar que si bien el número de datos en cada serie es reducido, el error en ningún caso supera el 9 %.

Las mismas dos series fueron analizadas con el método de cálculo que considera tensiones de corte entre las franjas, y velocidad media variable en la sección. Para ello fue necesario establecer el sistema de ecuaciones característico de la configuración rugosa presentado por Taylor (1961).

En la Figura 18 se expone el esquema de definición correspondiente a los experimentos de Taylor (1961) con lecho dividido.

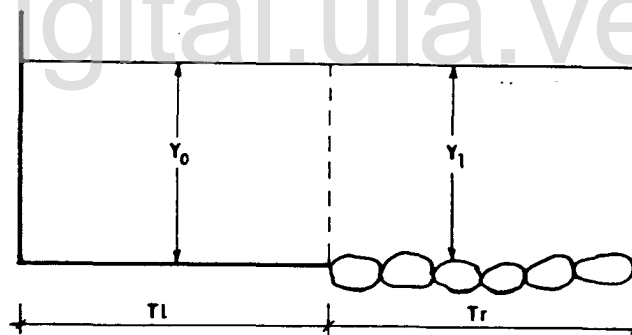


Figura 18.- Esquema de definición en los experimentos de Taylor (1961) con lecho dividido.

Se supone

$$Y_0 \cong Y_1 \cong Y \quad (4.68)$$

la ecuación de cantidad de movimiento sobre la sección de fondo liso se establece como:

$$\tau_s (T_l + Y) + \tau' Y = \rho g S Y T_l \quad (4.69)$$

donde

τ_s es el esfuerzo de corte sobre el contorno liso y

τ' es el esfuerzo cortante entre las masas de fluido

la ecuación de cantidad de movimiento sobre la sección de fondo rugoso se plantea como

$$\tau_r T_r - \tau' Y + \tau_s Y = \rho g S Y T_r \quad (4.70)$$

en (4.69) se define que

$$l_0 = T_\ell + Y \quad (4.71)$$

dividiendo (4.70) por el ancho rugoso del fondo T_r resulta

$$\tau_r = \rho g S Y + \tau' \frac{Y}{T_r} - \tau_s \frac{Y}{T_r} \quad (4.72)$$

dividiendo (4.69) por l_0 se obtiene:

$$\tau_s = \rho g S Y \frac{T_\ell}{l_0} - \tau' \frac{Y}{l_0} \quad (4.73)$$

el sistema de ecuaciones queda conformado de la siguiente manera

$$\begin{cases} \tau_s + \tau' \frac{Y}{l_0} = \rho g S \frac{YT_\ell}{l_0} & (4.74) \\ \tau_r + \tau_s \frac{Y}{T_r} - \tau' \frac{Y}{T_r} = \rho g S Y & (4.75) \end{cases}$$

el perímetro mojado de la sección se define por:

$$L = T_\ell + T_r + 2 Y \quad (4.76)$$

dividiendo (4.74) y (4.75) por $\tau.L = \rho g S A$, resulta

$$\begin{cases} X_{\ell}^2 + X'^2 \frac{Y}{\ell_0} = \frac{LYT_{\ell}}{\ell_0 A} & (4.77) \\ X_r^2 + X_{\ell}^2 \frac{Y}{T_r} - X'^2 \frac{Y}{T_r} = \frac{LY}{A} & (4.78) \end{cases}$$

donde

$$X_{\ell}^2 = \tau_s / \tau \quad (4.79)$$

$$X'^2 = \tau' / \tau \quad (4.80)$$

$$X_r^2 = \tau_r / \tau \quad (4.81)$$

desarrollando las ecuaciones (4.77) y (4.78) se tiene:

$$\begin{cases} X_{\ell}^2 + \lambda (C_{\ast \ell} X_{\ell} - C_{\ast r} X_r)^2 \frac{Y}{\ell_0} = \frac{LYT_{\ell}}{\ell_0 A} & (4.82) \\ X_r^2 + X_{\ell}^2 \frac{Y}{T_r} - \frac{Y}{T_r} \lambda^2 (C_{\ast \ell} X_{\ell} - C_{\ast r} X_r)^2 = \frac{YL}{A} & (4.83) \end{cases}$$

distribuyendo los cuadrados resulta

$$\begin{cases} X_{\ell}^2 + \lambda^2 \frac{Y}{\ell_0} (C_{\ast \ell}^2 X_{\ell}^2 - 2C_{\ast \ell} C_{\ast r} X_{\ell} X_r + C_{\ast r}^2 X_r^2) = \frac{LYT_{\ell}}{\ell_0 A} & (4.84) \\ X_r^2 + X_{\ell}^2 \frac{Y}{T_r} - \lambda^2 \frac{Y}{T_r} (C_{\ast \ell}^2 X_{\ell}^2 + 2C_{\ast \ell} C_{\ast r} X_{\ell} X_r + C_{\ast r}^2 X_r^2) = \frac{YL}{A} & (4.85) \end{cases}$$

agrupando y tomando factor común, se obtiene el sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas a ser resuelto. Las ecuaciones (4.86) y (4.87) lo plantean

$$\begin{cases} A_0 X_{\ell}^2 + A_1 X_r^2 + A_2 X_{\ell} X_r = A_3 & (4.86) \\ B_0 X_{\ell}^2 + B_1 X_r^2 + B_2 X_{\ell} X_r = B_3 & (4.87) \end{cases}$$

donde las incógnitas son

$$X_{\ell} = \frac{V_{*\ell}}{V_*} \quad (4.88)$$

$$X_r = \frac{V_{*r}}{V_*} \quad (4.89)$$

los coeficientes del sistema de ecuaciones vienen dados por las siguientes expresiones:

$$A_0 = 1 + \lambda \frac{Y}{\ell_0} C_{*\ell}^2 \quad (4.90)$$

$$A_1 = \lambda^2 \frac{Y}{\ell_0} C_{*r}^2 \quad (4.91)$$

$$A_2 = -2\lambda^2 \frac{Y}{\ell_0} C_{*\ell} C_{*r} \quad (4.92)$$

$$A_3 = L Y T_{\ell} / \ell_0 A \quad (4.93)$$

$$B_0 = \frac{Y}{T_r} - \frac{Y}{T_r} \lambda^2 C_{*\ell}^2 \quad (4.94)$$

$$B_1 = 1 - \lambda^2 \frac{Y}{T_r} C_{*r}^2 \quad (4.95)$$

$$B_2 = 2 C_{*\ell} C_{*r} \lambda^2 \frac{Y}{T_r} \quad (4.96)$$

$$B_3 = YL/A \quad (4.97)$$

Resuelto el sistema definido por las ecuaciones (4.86) y (4.87), el valor de C_* total se obtiene por aplicación de la ecuación (4.59).

Definido el sistema de ecuaciones a resolver, apareció una incógnita adicional introducida por el método, tal el valor de λ , el cual no era conocido. En primera instancia se adoptó como valor del parámetro, el sugerido por Aguirre y Fuentes (1988), o sea $\lambda = 3,5$. En las Figuras C.29 y C.30 del Apéndice C se detallan los resultados logrados, encontrándose que los errores me -

dios eran similares a los que resultaban de aplicar el método que considera velocidad media constante en la sección.

Dado que los autores dejaron constancia de que el valor de λ variaba de una serie de experimentos a otra, se dispuso optimizar este parámetro para las dos series de datos presentados por Taylor (1961). En las Figuras C.31 y C.32 del Apéndice C se presentan los gráficos que vinculan el error medio cuadrático con el valor del parámetro λ .

Sólo para la serie correspondiente a una sola capa de piedras fue posible observar un mínimo del error medio cuadrático, correspondiente a un valor de $\lambda = 0,3$. Para este caso se rehizo el cálculo con este valor de λ , cuyos detalles se muestran en la Figura C.33 del Apéndice C.

En las Figuras C.34, C.35 y C.36 del Apéndice C, se graficaron en forma superpuesta los resultados que se obtuvieron de aplicar los dos métodos de cálculo de resistencia en superficies compuestas. La notable coincidencia de los resultados sugiere la factibilidad de aplicar el método simplificado, que considera velocidad media constante, para el rango de rugosidades relativas y demás parámetros hidráulicos comprendidos en los datos.

En la Tabla 3 se presenta un resumen de los resultados obtenidos de aplicar el modelo de fricción con efecto de estela a los datos proporcionados por Taylor (1961).

Experiencias de Aguirre (1988 inédito)

Tal como se presentan en el Capítulo III, se dispuso de una serie de cuarenta (40) experimentos desarrollados sobre una granulometría no uniforme. En una primera instancia se contó con un conjunto de diez (10) datos, correspondientes a experimentos llevados a cabo con pendientes del 1,5 y 2% y mediciones expeditivas de la granulometría del lecho.

Tabla 3 Resumen de resultados. Experiencias de Taylor (1961)

Experi- mentos N°	Condición del lecho	Rango de D/y	Rango de pendientes	Rango de velocidad	α	β	λ	EM(%)
11	enteramente rugoso -una sola capa de piedras	0,186-0,567	0,00096-0,03242	0,304-1,164	1,83	0,6	-	3,045
7	enteramente rugoso va- rias capas de piedras	0,221-0,656	0,00834-0,01931	0,610-0,805	1,6	0,865	-	1,13
8	dividido u- na capa de piedras	0,188-0,386	0,00064-0,00828	0,245-1,015	1,83	0,6	-	5,87
		"	"	"	"	"	3,5	5,29
		"	"	"	"	"	0,30	1,39
3	dividido va- rias capas de piedras	0,264-0,541	0,00415-0,0252	0,646-1,006	1,6	0,865	-	3,4
		"	"	"	1,6	"	3,5	4,32

En una situación de granulometría no uniforme se planteó la cuestión sobre cuál sería el diámetro representativo a considerar. En este sentido se llevó a cabo el siguiente procedimiento de cálculo a los fines de evaluar la influencia que, sobre los resultados, tiene el diámetro representativo seleccionado.

Para este fin se trabajó con el conjunto preliminar de diez (10) datos, correspondientes a las pendientes de 1,5 y 2%. Mediante el método ya descrito se calcularon los valores de α y β para un conjunto de diámetros representativos que iban desde 0,049 m a 0,072 m. El área de la sección transversal se definió como

$$A = (Y' - 0,06 \text{ m}) T \quad (4.98)$$

donde la profundidad Y' fue medida desde la superficie libre hasta el piso del canal. A su vez el término entre paréntesis de la ecuación (4.98) constituyó la profundidad considerada en el perfil de velocidades. El valor 0,06 m. indica que, para este cálculo, se supuso un espesor uniforme de piedra de 6 cm. Los valores resultantes se muestran en la Tabla 4. En la Tabla 5 se expone el cálculo del error medio cuadrático, con y sin efecto de estela, para el mencio

nado grupo de diez (10) datos y para igual número de diámetros representativos que los considerados en la Tabla 4.

Tabla 4 Determinación de α y β para distintos diámetros característicos de una serie de datos. Experiencias de Aguirre (1988 inédito).

VALORES DE ALFA Y BETA QUE CUMPLEN LA ECUACION $C^* - C_0^* = (BETA/K) * (D/Y)$

CON CORRECCION POR EFECTO DE PARED

DATOS DEL LABORATORIO DE HIDRAULICA DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

SE CONSIDERO AREA Y VELOCIDAD MEDIA CONSTANTE PARA TODOS LOS DIAMETROS

SE TOMO EL AREA = $(Y(I) - 0.06 \text{ m.}) * T$ - SIENDO "T" EL ANCHO DEL CANAL

E "Y(I)" LA PROFUNDIDAD MEDIDA DESDE EL PISO DEL CANAL

EL DIAMETRO ESTA DADO EN METROS

DIAMETRO: .04900	COEF DE CORRELACION: .99267	BETA: 2.68908	BETA*DIAM.: .13176	ALFA: 1.81500
DIAMETRO: .05000	COEF DE CORRELACION: .99267	BETA: 2.63529	BETA*DIAM.: .13176	ALFA: 1.78000
DIAMETRO: .05100	COEF DE CORRELACION: .99267	BETA: 2.58362	BETA*DIAM.: .13176	ALFA: 1.74500
DIAMETRO: .05200	COEF DE CORRELACION: .99267	BETA: 2.53393	BETA*DIAM.: .13176	ALFA: 1.71000
DIAMETRO: .05300	COEF DE CORRELACION: .99267	BETA: 2.48612	BETA*DIAM.: .13176	ALFA: 1.68000
DIAMETRO: .05400	COEF DE CORRELACION: .99267	BETA: 2.44008	BETA*DIAM.: .13176	ALFA: 1.64500
DIAMETRO: .05500	COEF DE CORRELACION: .99267	BETA: 2.39572	BETA*DIAM.: .13176	ALFA: 1.61500
DIAMETRO: .05600	COEF DE CORRELACION: .99267	BETA: 2.35294	BETA*DIAM.: .13176	ALFA: 1.59000
DIAMETRO: .05700	COEF DE CORRELACION: .99267	BETA: 2.31166	BETA*DIAM.: .13176	ALFA: 1.56000
DIAMETRO: .05800	COEF DE CORRELACION: .99267	BETA: 2.27180	BETA*DIAM.: .13176	ALFA: 1.53500
DIAMETRO: .05900	COEF DE CORRELACION: .99267	BETA: 2.23330	BETA*DIAM.: .13176	ALFA: 1.51000
DIAMETRO: .06000	COEF DE CORRELACION: .99267	BETA: 2.19607	BETA*DIAM.: .13176	ALFA: 1.48500
DIAMETRO: .06100	COEF DE CORRELACION: .99267	BETA: 2.16007	BETA*DIAM.: .13176	ALFA: 1.46000
DIAMETRO: .06200	COEF DE CORRELACION: .99267	BETA: 2.12523	BETA*DIAM.: .13176	ALFA: 1.43500
DIAMETRO: .06300	COEF DE CORRELACION: .99267	BETA: 2.09150	BETA*DIAM.: .13176	ALFA: 1.41000
DIAMETRO: .06400	COEF DE CORRELACION: .99267	BETA: 2.05883	BETA*DIAM.: .13176	ALFA: 1.39000
DIAMETRO: .06500	COEF DE CORRELACION: .99267	BETA: 2.02715	BETA*DIAM.: .13176	ALFA: 1.37000
DIAMETRO: .06600	COEF DE CORRELACION: .99267	BETA: 1.99643	BETA*DIAM.: .13176	ALFA: 1.35000
DIAMETRO: .06700	COEF DE CORRELACION: .99267	BETA: 1.96663	BETA*DIAM.: .13176	ALFA: 1.33000
DIAMETRO: .06800	COEF DE CORRELACION: .99267	BETA: 1.93771	BETA*DIAM.: .13176	ALFA: 1.31000
DIAMETRO: .06900	COEF DE CORRELACION: .99267	BETA: 1.90963	BETA*DIAM.: .13176	ALFA: 1.29000
DIAMETRO: .07000	COEF DE CORRELACION: .99267	BETA: 1.88235	BETA*DIAM.: .13176	ALFA: 1.27000
DIAMETRO: .07100	COEF DE CORRELACION: .99267	BETA: 1.85584	BETA*DIAM.: .13176	ALFA: 1.25500
DIAMETRO: .07200	COEF DE CORRELACION: .99267	BETA: 1.83006	BETA*DIAM.: .13176	ALFA: 1.23500

Tabla 5 Cálculo de errores para distintos diámetros característicos de una serie de datos. Experiencias de Aguirre (1988 inédito).

CALCULO DEL ERROR MEDIO CUADRATICO DE UNA SERIE

DATOS DEL LABORATORIO DE HIDRAULICA DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

DETERMINACION DEL ERROR CON Y SIN EFECTO DE ESTELA PARA DISTINTOS

DIAMETROS CARACTERISTICOS CON SUS CORRESPONDIENTES VALORES DE ALFA Y BETA

LOS ERRORES SE EXPRESAN EN PORCENTAJES

DIAMETRO (m.):	.04900	ALFA: 1.81500	BETA: 2.68908	ERROR MEDIO CUAD.: 2.81706	ERROR MEDIO CUAD. (BETA = 0): 48.5181
DIAMETRO (m.):	.05000	ALFA: 1.78000	BETA: 2.63529	ERROR MEDIO CUAD.: 2.81364	ERROR MEDIO CUAD. (BETA = 0): 48.5339
DIAMETRO (m.):	.05100	ALFA: 1.74500	BETA: 2.58362	ERROR MEDIO CUAD.: 2.81391	ERROR MEDIO CUAD. (BETA = 0): 48.5327
DIAMETRO (m.):	.05200	ALFA: 1.71000	BETA: 2.53393	ERROR MEDIO CUAD.: 2.81780	ERROR MEDIO CUAD. (BETA = 0): 48.5145
DIAMETRO (m.):	.05300	ALFA: 1.68000	BETA: 2.48612	ERROR MEDIO CUAD.: 2.81160	ERROR MEDIO CUAD. (BETA = 0): 48.5436
DIAMETRO (m.):	.05400	ALFA: 1.64500	BETA: 2.44008	ERROR MEDIO CUAD.: 2.82267	ERROR MEDIO CUAD. (BETA = 0): 48.4926
DIAMETRO (m.):	.05500	ALFA: 1.61500	BETA: 2.39572	ERROR MEDIO CUAD.: 2.82297	ERROR MEDIO CUAD. (BETA = 0): 48.4914
DIAMETRO (m.):	.05600	ALFA: 1.59000	BETA: 2.35294	ERROR MEDIO CUAD.: 2.81163	ERROR MEDIO CUAD. (BETA = 0): 48.5436
DIAMETRO (m.):	.05700	ALFA: 1.56000	BETA: 2.31166	ERROR MEDIO CUAD.: 2.81781	ERROR MEDIO CUAD. (BETA = 0): 48.5145
DIAMETRO (m.):	.05800	ALFA: 1.53500	BETA: 2.27180	ERROR MEDIO CUAD.: 2.81210	ERROR MEDIO CUAD. (BETA = 0): 48.5412
DIAMETRO (m.):	.05900	ALFA: 1.51000	BETA: 2.23330	ERROR MEDIO CUAD.: 2.80915	ERROR MEDIO CUAD. (BETA = 0): 48.5557
DIAMETRO (m.):	.06000	ALFA: 1.48500	BETA: 2.19607	ERROR MEDIO CUAD.: 2.80862	ERROR MEDIO CUAD. (BETA = 0): 48.5582
DIAMETRO (m.):	.06100	ALFA: 1.46000	BETA: 2.16007	ERROR MEDIO CUAD.: 2.81059	ERROR MEDIO CUAD. (BETA = 0): 48.5485
DIAMETRO (m.):	.06200	ALFA: 1.43500	BETA: 2.12523	ERROR MEDIO CUAD.: 2.81516	ERROR MEDIO CUAD. (BETA = 0): 48.5266
DIAMETRO (m.):	.06300	ALFA: 1.41000	BETA: 2.09150	ERROR MEDIO CUAD.: 2.82269	ERROR MEDIO CUAD. (BETA = 0): 48.4926
DIAMETRO (m.):	.06400	ALFA: 1.39000	BETA: 2.05883	ERROR MEDIO CUAD.: 2.81575	ERROR MEDIO CUAD. (BETA = 0): 48.5242
DIAMETRO (m.):	.06500	ALFA: 1.37000	BETA: 2.02715	ERROR MEDIO CUAD.: 2.81113	ERROR MEDIO CUAD. (BETA = 0): 48.5460
DIAMETRO (m.):	.06600	ALFA: 1.35000	BETA: 1.99643	ERROR MEDIO CUAD.: 2.80863	ERROR MEDIO CUAD. (BETA = 0): 48.5582
DIAMETRO (m.):	.06700	ALFA: 1.33000	BETA: 1.96663	ERROR MEDIO CUAD.: 2.80813	ERROR MEDIO CUAD. (BETA = 0): 48.5606
DIAMETRO (m.):	.06800	ALFA: 1.31000	BETA: 1.93771	ERROR MEDIO CUAD.: 2.80961	ERROR MEDIO CUAD. (BETA = 0): 48.5533
DIAMETRO (m.):	.06900	ALFA: 1.29000	BETA: 1.90963	ERROR MEDIO CUAD.: 2.81313	ERROR MEDIO CUAD. (BETA = 0): 48.5363
DIAMETRO (m.):	.07000	ALFA: 1.27000	BETA: 1.88235	ERROR MEDIO CUAD.: 2.81887	ERROR MEDIO CUAD. (BETA = 0): 48.5096
DIAMETRO (m.):	.07100	ALFA: 1.25500	BETA: 1.85584	ERROR MEDIO CUAD.: 2.80841	ERROR MEDIO CUAD. (BETA = 0): 48.5594
DIAMETRO (m.):	.07200	ALFA: 1.23500	BETA: 1.83006	ERROR MEDIO CUAD.: 2.81780	ERROR MEDIO CUAD. (BETA = 0): 48.5145

Del análisis de los resultados pueden hacerse las siguientes observaciones:

1. El coeficiente de correlación del ajuste estadístico fue el mismo para cualquier valor de diámetro considerado.

2. Los valores de β decrecían con el aumento del diámetro, verificándose una relación hiperbólica entre estos parámetros.

3. El producto $\beta.D = Y_1$ fue constante para todos los cálculos, lo que puso de manifiesto que el espesor de la zona de estela Y_1 es independiente del diámetro seleccionado para el cálculo, y sí depende de los parámetros del escurreimiento, los que a su vez están influidos por la geometría y tamaño de las rugosidades.

4. De igual modo, el producto $\alpha.D = k_s$ también fue constante, evidenciando que, para una configuración del fondo, el valor de k_s debería ser único.

5. En virtud de que los parámetros α y β no intervienen en el cálculo, sino como factores de la altura de rugosidad seleccionada, una correcta determinación de los mismos debería generar un error en el cálculo de similar magnitud, cualquiera sea el diámetro de sedimento considerado. Esta afirmación se desprende de la observación de la Tabla 5, donde se ve que, para la serie preliminar de diez (10) datos, el error medio cuadrático es de aproximadamente el 2,8%, manteniéndose constante para todo el rango de diámetros involucrados en el cálculo.

6. En la Tabla 5 se presenta el error que se comete al no considerar el termino de estela. Sin embargo, debe puntualizarse que el cálculo se hizo suponiendo $\beta = 0$, pero sin modificar el valor de α . Este proceder podría ser incorrecto ya que se desprende, de los valores de la Tabla 4, que existe una vinculación funcional entre los parámetros α y β .

7. El valor de Y_1 resultante para este conjunto preliminar de diez (10) datos es mayor que la mayor profundidad verificada durante los experimentos. Esto estaría indicando la no existencia de la porción logarítmica del perfil. Sin embargo, tal afirmación pareciera ser falsa, en virtud de los perfiles de velocidad disponibles, en los cuales para los casos en los que se advierte una forma definida del perfil éste se aproxima a una expresión logarít-

mica para toda la profundidad. Debe recordarse, sin embargo, que la velocidad media fue determinada en base a un área supuesta; es posible que estas velocidades no se correspondan con las verdaderas, situación que afectaría directamente el valor de Y_1 .

El conjunto de diez (10) datos fue ampliado y corregido, completándose una serie de cuarenta (40) registros. Además, se dispuso de una granulometría de detalle cuya curva de distribución de tamaños se muestra en la Figura B.1 del Apéndice B.

Del conjunto de cuarenta (40) datos se seleccionaron los correspondientes a las pendientes de 1,5 y 2% que poseen iguales caudales que los del grupo preliminar, pero en los cuales se había efectuado correcciones en la profundidad. Esto se hizo en base a la hipótesis de que los valores de Y_1 y consecuentemente de β podrían estar afectados por imprecisiones en las mediciones. En este caso a la profundidad medida desde el piso del canal se le resta el diámetro cincuenta, D50, correspondiente a la curva granulométrica en peso.

En la Tabla C.1 del Apéndice C se muestran los resultados obtenidos. Se observa por comparación de las Tablas 4 y C.1 una notable reducción en el valor Y_1 que en una parte es atribuible a la variación en las mediciones de profundidad, y en otra a la modificación del área y consecuentemente de la velocidad media.

Posteriormente se determinaron los parámetros α y β para el conjunto de cuarenta (40) datos, Tabla C.2 del Apéndice C, encontrándose una reducción del valor de β y consecuentemente de Y_1 . En virtud de esto se procedió a obtener los valores del coeficiente β para rangos restringidos de pendientes en la presunción de que pudiera haber alguna relación funcional entre el valor de β y la pendiente.

El cálculo se hizo para dos condiciones:

- a. Sin sustraer el caudal que escurre entre las piedras.

b. Sustrayendo la parte del caudal que escurre entre las piedras. Para el caso "b" se dispuso de una gráfica, Figura 19, elaborada por Aguirre (1988, inédito) la cual vincula el caudal que escurre entre las piedras con la profundidad del agua para distintas pendientes. En los experimentos que dieron origen a la Figura 19, no se consideró agua escurriendo por encima de las piedras.

La Tabla 6 resume los resultados obtenidos.

Tabla 6 Valores de α y β para rangos de pendientes. Experiencias de Aguirre (1988, inédito).

N° de datos	Pendientes %	Sin sustraer el caudal que escurre entre piedras			Sustrayendo el caudal que escurre entre piedras		
		β	α	r	β	α	r
10	1,5-2,0	1,379	1,82	0,98	1,235	1,76	0,97
10	2,5-3,0	1,076	1,41	0,92	0,901	1,335	0,90
10	3,5-4,0	0,857	1,00	0,78	0,633	0,925	0,69
10	4,5-5,0	1,135	1,605	0,75	0,890	1,485	0,67

r: coeficiente de correlación

El detalle de los cálculos se muestra en las Tablas C.1 y C.3 a C.9 del Apéndice C.

Puede observarse en la Tabla 6 que, en todos los casos, la sustracción del caudal que escurre entre piedras desmejora la correlación. Esto puede deberse al hecho que se está asignando un valor constante de caudal a sustraer para una pendiente dada. Mientras que en la realidad el volumen que escurre entre las piedras debería ser una función de otras características del escurrimiento tal como la profundidad y el caudal además de la pendiente. Debido a ello se decidió que en las determinaciones de α y β que se hicieran en adelante, no se descontaría el caudal escurriendo entre piedras.

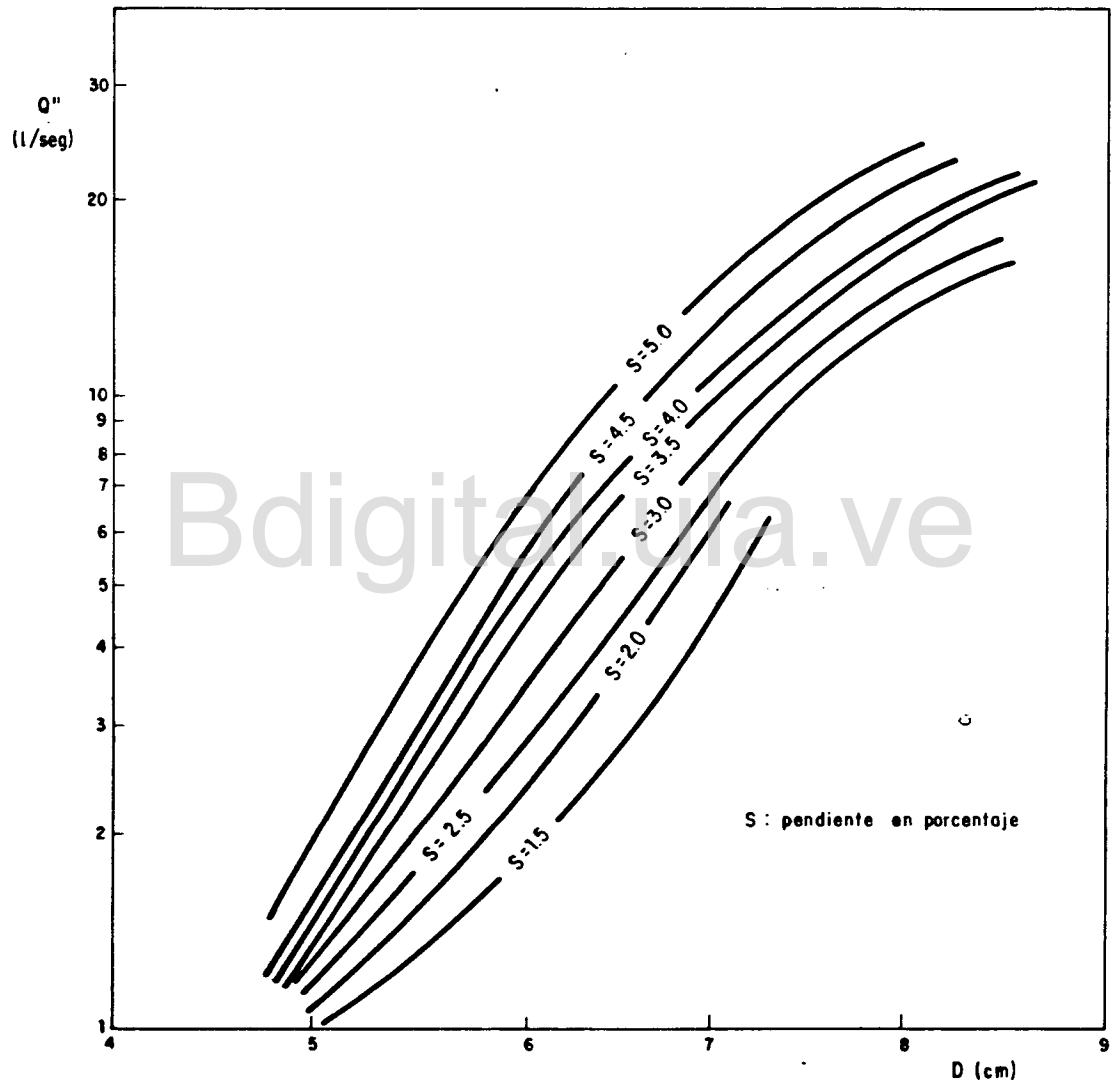


Figura 19.- Gráfico para determinación del caudal que escurre entre piedras (Aguirre 1988, inédito).

Del análisis de la Tabla 6 se pensó que podría existir una vinculación entre el parámetro β y la pendiente. Se encontró que para el rango de pendiente del 1,5 al 4% los valores de β decrecían con el aumento de la pendiente. Esta situación se invertía para los valores de pendientes de 4,5 y 5%.

Dado el cambio de sentido en la variación de los parámetros α y β para las pendientes mayores, se decidió analizar en detalle el grupo de datos asociado a estas pendientes. Para ello se estudiaron en forma separada los conjuntos de cinco (5) datos correspondientes a las pendientes del 4,5 y 5%.

Del análisis se obtuvo que para la pendiente de 4,5 % los valores de α y β eran aun mayores que cuando se trabajó con las dos pendientes reunidas en un sólo grupo. Por su parte, para la pendiente de 5,0% el valor de β era aproximadamente cero como se muestra en la Tabla C.10 del Apéndice C.

Adicionalmente se pudo saber que las condiciones de experimentación para la pendiente de 5% fueron extremadamente difíciles y pudiera haber errores en las mediciones. Por este motivo se desechó este conjunto de datos reduciendo el total a treinta y cinco (35) registros. Para la serie total reducida a treinta y cinco (35) datos se ajustaron por regresión lineal los valores de α y β resultando $\alpha = 1,43$ y $\beta = 1,1177$ con un coeficiente de correlación, $r = 0,87$. El detalle del cálculo se expone en la Tabla C.11 del Apéndice C.

Un análisis más detallado de los resultados permitió concluir que la aparente vinculación funcional entre β y la pendiente podría ser ficticia, siendo muy factible que nuevas agrupaciones de datos en torno a otros parámetros hidráulicos también presenten "aparentes" relaciones funcionales con el parámetro β .

Del análisis efectuado no puede hacerse ninguna conclusión firme respecto a la posible vinculación de β con algún parámetro de la corriente. Se hace necesario ampliar los estudios sobre este aspecto, a la vez que disponer de un mayor número de experimentos.

Con los valores de α y β obtenidos para la serie total y series parciales, sin descontar caudal entre piedras, se calculó el error medio cuadrático y el error medio para las distintas agrupaciones de datos. En la Tabla 7 se resumen los resultados obtenidos.

Tabla 7 Cálculo de errores en la determinación de C_{α} para distintos valores de α y β . Experiencias de Aguirre (1988 inédita).

N° de datos con que se ajustó α y β	N° de datos con que se calculó el error medio	Rango de pendientes de los datos con que se calculó el error %	Rango de pendientes de los datos con que se determinó α y β %	α	β	EMC %	EM %
35	35	1,5 - 4,5	1,5 - 4,5	1,43	1,1177	9,3975	6,626
10	35	1,5 - 4,5	3,5 - 4	1,00	0,857	11,372	8,66
10	35	1,5 - 4,5	1,5 - 2	1,82	1,379	10,042	7,218
10	10	1,5 - 2,0	1,5 - 2	1,82	1,379	2,77	2,12
35	10	1,5 - 2,0	1,5 - 4,5	1,43	1,177	4,11	3,70
10	10	1,5 - 2,0	3,5 - 4	1,00	0,857	9,11	8,23
10	10	3,5 - 4,0	3,5 - 4	1,00	0,857	12,36	8,76
35	10	3,5 - 4,0	1,5 - 4,5	1,43	1,177	12,32	10,18
10	10	3,5 - 4,0	1,5 - 2	1,82	1,379	14,00	13,13

El detalle de los cálculos se presenta en las Tablas C.12 a C.17 del Apéndice C.

En base a los resultados mostrados en la Tabla 7, pueden hacerse las siguientes observaciones:

1. En todos los casos los mejores resultados se obtuvieron cuando se aplicaron los valores de α y β resultantes del ajuste de la propia serie.

2. Los errores resultantes de aplicar a series parciales los valores de α y β obtenidos del ajuste de la serie total no se incrementan significativamente en términos absolutos.

3. La aplicación a series parciales de valores de α y β ajustados para otras series parciales provocan importantes incrementos en los errores resultantes.

En la Figura C.37 del Apéndice C se expone el resultado del cálculo para la serie completa de treinta y cinco (35) datos. Se puede observar que sólo un pequeño número del total de experimentos presenta relaciones $C_t \equiv C_*$ calculado sobre $C \equiv C_*$ experimental que estén por encima de 1,1 o debajo de 0,9.

En base al análisis realizado, puede señalarse que el valor de β , además de ser una característica de la configuración del contorno, es función de la condición hidrodinámica del escurrimiento y, por lo tanto, es razonable esperar que varíe de un grupo a otro de datos con características hidráulicas diferentes.

Así, desde el punto de vista de la aplicación del modelo de fricción con efecto de estela, se hace necesario una calibración previa de los parámetros α y β para una serie de datos que involucren, en lo posible, variadas condiciones del escurrimiento.

Determinación de la velocidad media a partir de perfiles de velocidad.

Para el conjunto de datos disponibles a partir de las experiencias de Aguirre (1988, inédito), las velocidades medias se obtuvieron a partir de dividir el caudal por el área de la sección transversal. Esta área resultó de descontar a la profundidad, medida desde la superficie libre hasta el piso del canal, la altura correspondiente al diámetro cincuenta (50) de la curva granulométrica, y multiplicar esta diferencia por el ancho del canal.

El objetivo de este punto es comparar la velocidad media obtenida con el procedimiento anteriormente descrito, con la que resulta de la integración de perfiles de velocidad medidos en varios puntos de la sección transversal. Se dispuso para ello de tres (3) experimentos (Aguirre, 1988 inédito), en los cuales se había medido, mediante tubo de Pitot, una densa red de velocidades puntuales.

La velocidad media en cada vertical fue obtenida mediante el promedio aritmético de los valores medidos en la misma. Para un experimento se contrastó esta forma de obtención de la velocidad media con la que resulta de integrar el perfil de velocidades mediante la regla trapezoidal. Las diferencias halladas fueron insignificantes.

La velocidad media en la sección se determinó por el método de semi-sección. El procedimiento permitió hallar, para cada experimento, el área de la sección y el caudal resultante.

Los valores de caudal, área y velocidad media obtenidos a partir de los perfiles de velocidad, se compararon con: el caudal medido en la curva de descarga del disco de aforo, el área definida como ya se explicó, y la velocidad media resultante de la división de éstos.

En la Tabla 8 se detallan los valores obtenidos.

Del análisis de la Tabla 8 se desprenden las siguientes observaciones:

1. El diámetro cincuenta, D50, no representa necesariamente el área de piedras a descontar. Dado que no se observa una tendencia definida en las diferencias encontradas, y ya que las piedras han sido colocadas en forma aleatoria, no se cree posible definir un diámetro que represente el área de las rugosidades. Sería conveniente relevar el área de la sección transversal en cada experimento.

Tabla 8 Determinación del caudal, área y velocidad media por dos metodologías distintas. Experiencias de Aguirre (1988 inédito).

Caudales					
N° de experimento	Q(1) (l/s)	Q(2) (l/s)	ΔQ (l/s)	Diferencia %	S %
1	139,719	130,092	9,627	7,4	1,5
2	99,308	86,35	12,958	15,0	2,0
3	154,352	125,057	29,29	23,42	2,5
Areas					
N° de experimento	Area (3) m ²	Area (4) m ²	$\Delta Area$ m ²	Diferencia %	S %
1	0,1222	0,133	0,0108	8,84	1,5
2	0,0893	0,10467	0,0154	17,24	2,0
3	0,1149	0,1262	0,0113	9,83	2,5
Velocidades					
N° de experimento	$\bar{U}(5)$ (m/s)	$\bar{U}(6)$ (m/s)	$\Delta \bar{U}$ (m/s)	Diferencia %	S %
1	1,065	1,051	0,014	1,33	1,5
2	0,9672	0,94877	0,018	1,94	2,0
3	1,088	1,223	0,135	12,41	2,5

Nota:

- (1) Caudal medido en la curva de descarga del disco de aforo
- (2) Caudal calculado a partir del aforo de velocidades
- (3) Area medida por batimetría de la sección del canal
- (4) Area calculada como la profundidad media medida desde el piso del canal por el ancho del mismo, de la que se descuenta una franja uniforme de piedras de altura igual al diámetro cincuenta y un ancho igual al del canal.
- (5) Velocidad media calculada como el caudal (2) dividido por el área (3).
- (6) Velocidad media calculada como el caudal (1) dividido por el área (4).

2. El caudal resultante del aforo de velocidades es en todos los casos menor que el observado en la curva de descarga del disco de aforo. Esta diferencia es creciente con la pendiente.

Se debe hacer notar que las mediciones de los perfiles de velocidad pueden estar afectados por errores, tanto en la determinación misma de la velocidad como en la definición de la profundidad asociada al perfil. Este hecho obliga a hablar de diferencias y no de errores, aunque en el cálculo de las diferencias porcentuales se tomó, en todos los casos, como valor observado el correspondiente al aforo de velocidades.

Se puede pensar que las diferencias existentes entre el caudal medido en la curva de descarga y el obtenido del aforo de velocidades, puedan atribuirse al caudal que escurre entre las piedras. A los fines de evaluar esta posibilidad se desarrolló el siguiente procedimiento:

1. Se determinó la altura de rugosidad en cada vertical.
2. Con la altura determinada en 1, y la pendiente, se obtuvo de la Figura 19 el valor correspondiente del caudal que escurre entre piedras.
3. Se adicionó, para cada vertical, el caudal obtenido en 2, ponderándolo por el ancho asociado a cada vertical.

La Tabla 9 detalla el cálculo para el experimento 3, llevado a cabo con una pendiente del 2,5%.

En la Tabla 9, Q'' , representa el caudal que escurre entre piedras obtenido de la Figura 19. $Q''_{\text{pond.}}$, representa la ponderación de Q'' en función de la fracción que del ancho total representa la altura de rugosidad considerada.

Pueden hacerse las siguientes observaciones:

1. El caudal entre piedras resultantes de la suma de $Q''_{\text{pond.}}$ fue 1 de

Tabla 9 Determinación del caudal total y del caudal que escurre entre piedras. Experiencias de Aguirre (1968, inédito).

Nº vertical	Altura de rugosidad (cm)	Q'' ℓ/s	Q''_{pond} ℓ/s	Q_{aforo} ℓ/s	Q_{total} ℓ/s
0 - 1	4,73	1,02	0,0204	0,7118	0,7322
1 - 2	5,215	1,4	0,112	6,8216	6,5336
2 - 3	5,375	1,55	0,155	10,8042	10,9592
3 - 4	4,875	1,04	0,104	12,07	12,174
4 - 5	6,345	3,5	0,35	11,986	12,336
5 - 6	7,495	10,8	1,08	12,68	13,76
6 - 7	7,415	10,2	1,02	13,78	14,80
7 - 8	7,92	13,5	1,35	13,38	14,73
8 - 9	7,095	7,3	0,73	14,55	15,28
9 - 10	7,05	7,2	0,72	14,37	15,09
10 - 11	7,475	10,7	1,07	13,98	14,988

6,723 l/s que es menor que la diferencia entre el caudal medido en la curva de descarga y el resultante del aforo.

2. La altura de rugosidad media difiere, para este experimento, del valor del diámetro cincuenta.

Los resultados obtenidos refuerzan la idea de que la gráfica de la Figura 19 estaría subestimando el valor del caudal que escurre entre piedras. En este sentido, un incremento del número de determinaciones de caudal, a partir de aforos de la sección completa, permitiría reconstruir la curva que da el caudal escurriendo entre piedras como una función de la altura de rugosidad, la pendiente y la profundidad del agua.

Debe remarcarse nuevamente que las consideraciones aquí expuestas pueden verse parcialmente afectadas por la presencia de errores en las mediciones de los perfiles de velocidad.

Experiencias del estudio "EPFL", Bathurst, Cao y Graf (1984)

Los datos del estudio, tal como ya se citó en el Capítulo III, han sido agrupados en tres series, cada una de las cuales involucra un conjunto de experimentos llevados a cabo sobre una determinada granulometría.

En este trabajo se analizó la información en el mismo orden en que es presentada por los autores, pero dentro de cada serie de datos se hizo un agrupamiento adicional de acuerdo al estado de movimiento del lecho. Así se diferenciaron para cada serie los siguientes subgrupos:

1. Datos correspondientes a fondo plano sin transporte.
2. Datos correspondientes a fondo plano con transporte.
3. Datos correspondientes a fondo con antidunas.

El primer grupo de datos en análisis correspondió a 29 registros de la serie I, con $D50 = 0,0222$ m, y correspondientes a fondo plano sin transporte. En la Tabla C.18 y Figura C.38 del Apéndice C se detalla el cálculo de la relación $C_* - C_{*0} = \text{fn}(D/Y)$, que arrojó un valor de $\alpha = 3,823$ y $\beta = 0,73$; con un coeficiente de correlación $r = 0,526$.

Con los valores de α y β así obtenidos se calcularon los errores resultantes en el valor de C_* por aplicación del modelo de cálculo de fricción con efecto de estela. Los resultados se muestran en la Tabla C.19 y Figura C.39 del Apéndice C, siendo el error medio para la serie de 11,62%.

En la Figura C.38 del Apéndice C se identificaron los errores asociados a los puntos más distantes a la recta de regresión, evidenciándose que los mayores errores están asociados a los puntos experimentales más alejados de la recta.

Con los veintinueve (29) datos de la serie I se llevó a cabo un análisis de la variación de β con la pendiente, agrupando a los datos en función de ésta. Los resultados obtenidos no indican la existencia de una relación funcional de estos parámetros, con lo que se refuerza la idea sobre la no vinculación de los mismos, tal como ya se expuso.

El hecho de que el coeficiente de correlación hubiera resultado tan bajo introdujo la posibilidad de que existiera otra combinación posible de valores de α y β que generara un error menor que el provocado por aquellos resultantes del ajuste lineal. Se procedió así a efectuar el cálculo para una matriz de valores de α y β que cubrían el siguiente rango, α entre 0,1 y 5 y β entre 0 y 5. Los valores resultantes fueron: $\alpha = 4,6$ y $\beta = 0,9$; provocando este juego de parámetros un error medio del 11,31%.

Se desprende de los resultados obtenidos, que ambas metodologías de cálculo arrojan valores de los parámetros α y β que no difieren significativamente y cuya aplicación en el modelo de cálculo provoca errores de magnitud similar.

El procedimiento del cálculo se repitió para veintitres (23) datos de la serie II, $D_{50} = 0,0443$ m, correspondientes a fondo plano sin transporte. El ajuste lineal arrojó los siguientes valores: $\alpha = 2,255$ y $\beta = 0,0964$. Tabla C.20, Figura C.40 del Apéndice C.

La aplicación del método generó un error medio del 9,5% para la serie. El detalle del cálculo se expone en la Tabla C.21 y Figura C.41 del Apéndice C. Se repitió, para esta situación, la obtención de α y β mediante la minimización del error medio. Al igual que para el caso anterior los resultados fueron esencialmente los mismos.

Se observa en la Figura C.40 la directa relación que existe entre el error provocado por el cálculo y la distancia del punto experimental a la recta de regresión.

A las dos series de datos analizados, correspondientes a condiciones de fondo plano sin transporte, se les incorporó la información perteneciente a la misma granulometría de fondo, pero con condiciones de transporte.

En primer término se analizó la serie I, $D_{50} = 0,0222$ m. A los veintinueve (29) datos correspondientes a fondo plano sin transporte se les añadió ocho (8) datos de fondo plano con transporte, y diez y siete (17) de fondo con antidunas, conformándose un total de cincuenta y cuatro (54) registros.

Se llevó a cabo la regresión lineal a los fines de determinar α y β para cada una de las condiciones del fondo por separado, agrupando luego dos o más de ellas. En todos los casos se calcularon los errores para los valores de α y β , producto de la regresión del propio conjunto de datos, así como para los valores de α y β ajustados para la condición de fondo plano sin transporte.

En las Tablas 10 y 11 se resumen los resultados obtenidos.

Tabla 10 Valores de α y β obtenidos por regresión lineal para la serie I. Experiencias de Bathurst et al. (1984).

Condición del fondo	N° de datos	α	β
PP	29	3,823	0,7304
PS	8	2,3	- 0,858
AD	17	4,265	1,966
PP + PS	37	3,45	0,517
PP + PS + AD	54	3,115	0,411

Nota: los símbolos para la condición del fondo tienen el siguiente significado.

PP : Fondo plano sin transporte

PS : Fondo plano con transporte

AD : Fondo con antidunas

PP+PS: Agrupamiento de datos correspondientes a fondo plano con y sin transporte.

PP+PS+AD: Agrupamiento de los datos correspondientes a las tres condiciones del fondo.

Tabla 11 Determinación de errores para distintos agrupamientos de datos, Serie I. Experiencias de Bathurst et al. (1984).

Condición del fondo	N° de datos	α	β	EMC%	EM %
PP + PS	37	3,45	0,517	15,21	12,37
PP + PS	37	3,823	0,7304	15,29	12,34
PP + PS + AD	54	3,115	0,411	18,09	14,28
PP + PS + AD	54	3,823	0,7304	17,30	14,01
PS	8	2,37	-0,858	14,107	10,79
PS	8	3,823	0,7304	17,58	14,82
AD	17	4,265	1,966	23,10	18,29
AD	17	3,823	0,7304	21,00	17,62
PP	29	3,823	0,7304	14,6	11,66

Se observa en la Tabla 11 que el error medio resultante del análisis del grupo de datos correspondientes a fondo plano sin transporte es similar al que se obtiene cuando se calcula en forma conjunta los datos asociados a fondo plano con y sin transporte. El error aumentó cuando se incluyó en el tratamiento los datos correspondientes a fondo con antidunas. En igual sentido se aprecia que el mayor error se obtuvo cuando se analizó en forma aislada la información asociada a este tipo de formas de fondo.

Se puede hacer notar el hecho de que, en todos los casos, la aplicación de los valores de α y β obtenidos del ajuste de los datos de fondo plano sin transporte no modificaron significativamente los errores medios resultantes, con respecto a los que se obtuvieron con los valores de estos parámetros propios del ajuste de la serie en análisis.

En las Tablas C.22 y C.23 del Apéndice C, se detalla el cálculo para la serie completa de cincuenta y cuatro (54) datos. En las Figuras C.42 y C.43 del Apéndice C, se observa cómo los experimentos correspondientes a fondo con antidunas presentan los mayores errores. No se nota, sin embargo, mayores diferencias en los resultados obtenidos para la condición de fondo plano sin y con transporte.

Para los mismos grupos de datos se determinaron los valores de α y β que minimizaban el error medio. En la Tabla 12 se muestran los resultados.

Tabla 12 Valores de α y β que minimizan el error medio. Experiencias de Bathurst et al. (1984)

Condición del fondo	Nº de datos	α	β	EMC (%)	EM (%)
PP + PS	37	4,3	0,7	14,079	11,92
PP + PS + AD	54	4,3	0,8	16,78	13,80
PS	8	3,31	-0,05	13,176	10,35
AD	17	5,00	1,6	20,9	17,22

Se observa en la Tabla 12 que, en todos los casos, los valores de α y β obtenidos no son sustancialmente diferentes de los resultantes de la regresión lineal; y lo que es más importante, los errores que generan son muy similares a los obtenidos anteriormente.

Lo dicho reafirma la idea de la representatividad que tiene el método de regresión lineal como forma de determinar los parámetros α y β . En esta forma de cálculo la distancia de los puntos experimentales a la recta de ajuste, representa la magnitud del error que se comete.

Un análisis idéntico al anteriormente descrito se llevó a cabo para la serie II, correspondiente a $D50 = 0,0443$ m. Las Tablas 13 y 14 muestran los resultados obtenidos.

Tabla 13 Valores de α y β obtenidos por regresión lineal para la Serie II. Experiencias de Bathurst et al. (1984).

Condición del fondo	Nº de datos	α	β
PP	23	2,255	0,0956
PS	6	0,975	-2,052
AD	13	0,64	-5,536
PP + PS	29	2,275	0,076
PP + PS + AD	42	3,255	0,4578

Es notable que la magnitud del error para la condición de fondo plano sin transporte es similar al de la serie I y, al igual que en dicha serie, el error medio se incrementa con la incorporación de los datos correspondientes a fondo con antidunas.

Para esta serie los errores resultantes de la aplicación de los valores de α y β ajustados con el propio grupo de datos, difieren de los que producen aquellos valores de los parámetros obtenidos del ajuste de la serie de

Tabla 14 Determinación de los errores para distintos agrupamientos de datos.
Serie II. Experiencias de Bathurst et al. (1984).

Condición del fondo	Nº de datos	α	β	EMC (%)	EM (%)
PP + PS	29	2,275	0,076	13,68	9,48
PP + PS	29	2,255	0,0956	14,051	9,68
PP + PS + AD	42	3,255	0,4578	24,62	16,58
PP + PS + AD	42	2,255	0,0956	29,50	18,32
PS	6	0,975	-2,052	4,759	4,01
PS	6	2,255	0,0956	12,01	10,43
AD	13	0,64	-5,536	21,42	17,91
AD	13	2,255	0,0956	48,69	37,58
PP	23	2,255	0,0956	14,54	9,49

fondo plano sin transporte. En términos absolutos esta situación es muy notoria para el caso de fondo con antidunas.

Un detalle de los resultados correspondientes a la serie completa de 42 datos, se muestra en las Tablas C.24 y C.25 y en las Figuras C.44 y C.45 del Apéndice C.

En el caso de la serie III, con $D50 = 0,0115$ m, sólo se consideró la información correspondiente a fondo plano con y sin transporte. Los resultados se resumen en las Tablas 15 y 16.

Tabla 15 Valores de α y β obtenidos por regresión lineal para el conjunto de datos de la serie III. Experiencias de Bathurst et al. (1984).

Condición de fondo	Nº de datos	α	β
PP	8	1,11	-2,288
PP + PS	19	1,095	-2,60

Tabla 16 Determinación de los errores para distintos agrupamientos de datos.
Serie III. Experiencias de Bathurst et al. (1984).

Condición del fondo	N° de datos	α	β	EMC (%)	EM (%)
PP + PS	19	1,11	- 2,288	4,06	3,0
PP + PS	19	1,095	- 2,60	4,03	3,04
PP	8	1,11	- 2,288	2,67	2,05

Para esta serie no se aprecian diferencias significativas en la magnitud de los errores para una y otra condición del fondo.

En la Tabla C.26 y Figura C.46 del Apéndice C se detalla el cálculo para la serie de diez y nueve (19) datos, con los valores de α y β correspondientes al ajuste por regresión lineal de dicha serie.

En la Tabla C.27 del Apéndice C se presenta el mismo cálculo, pero sin considerar efecto de estela. Puede notarse que aunque las relaciones de diámetro sobre profundidad son menores, en todos los casos, que 0,24 y en muchos de los experimentos menores que 0,1, la influencia del término de estela es importante, duplicándose el error medio de la serie. Se hace resaltar que, para estos cálculos, el valor de α fue siempre próximo a la unidad.

Del análisis de la información del estudio "EPFL", Bathurst et al. (1984), pueden hacerse los siguientes comentarios:

1. El ajuste por regresión lineal de la relación $C_* - C_{*0} = \text{fn } (D/Y)$ como medio de obtención de los parámetros α y β , asegura el logro de los mínimos errores para la serie en análisis.

2. La magnitud del error cometido es directamente proporcional a la distancia del punto experimental a la recta de regresión.

3. El coeficiente de correlación no es un indicador del error esperable.

4. Los mayores errores arrojados por el modelo de cálculo corresponden, en todos los casos, a la condición de fondo con antidunas, evidenciándose la incompetencia del método para representar la resistencia por formas de fondo.

5. Para las condiciones de fondo plano con y sin transporte, el método predice los valores experimentales con errores menores que el 15%.

6. Los valores de α y β ajustados para la condición de fondo plano sin transporte, pueden ser aplicados a la condición de fondo plano con transporte sin que se generen errores exagerados.

Experiencias de Ashida y Bayazit (1973)

Se dispuso de un conjunto de 12 registros para tres tamaños diferentes de sedimentos. Dado el reducido número de datos el análisis se hizo sin diferenciar subgrupos asociados a un determinado diámetro de material.

Con los valores de α y β obtenidos por regresión lineal, se calcularon los errores para la serie.

El procedimiento de cálculo se repitió tanto para la profundidad medida desde el fondo teórico, tal como lo definen Ashida y Bayazit (1973), como para aquella profundidad considerada desde el tope de los granos. Los resultados en uno y otro caso fueron muy similares.

Para las dos condiciones de medición de profundidad se determinó los valores de α y β que minimizaban el error medio. Se obtuvo valores de estos parámetros que no modificaban sustancialmente los errores medios obtenidos con anterioridad.

Se debe hacer notar que los resultados obtenidos pueden estar influenciados por errores en las mediciones, ya que parte de los experimentos fueron llevados a cabo con profundidades muy pequeñas y pendientes muy altas, condiciones éstas donde se hace muy difícil lograr precisión en las medidas.

En la Tabla 17 se resumen los resultados obtenidos, mientras que el detalle de los cálculos se ofrece en las Tablas C.28 a C.33 del Apéndice C.

Tabla 17 Resultados de las experiencias de Ashida y Bayazit (1973)

Modo de medición de la profundidad	N° de experimentos	Modo de obtención de α y β							
		Regresión lineal				Optimización			
		α	β	EMC (%)	EM (%)	α	β	EMC (%)	EM (%)
Desde el fondo teórico	12	2,1615	0,61	39,63	30,66	3,55	0,6	31,89	25,38
Desde el tope de los granos	12	2,305	1,027	39,13	30,69	3,1	0,9	31,16	25,06

Experiencias recopiladas por Brownlie (1981)

Un procedimiento similar al utilizado con los datos de Ashida y Bayazit (1973), se repitió para los tres grupos de información extraídos de la recopilación hecha por Brownlie (1981). En este caso sólo se hizo el cálculo para la profundidad tal como se presentaba en la información.

Los resultados se presentan en la Tabla 18.

En las experiencias de Bogardi y Yen, y de Paintal, extraídas de Brownlie (1981), se trabajó con un diámetro representativo único; mientras que en las experiencias de Neill, recopiladas por Brownlie (1981), había variaciones en los diámetros de un experimento a otro. Sin embargo, en todos los casos los resultados del ajuste por regresión lineal y los que surgieron de optimizar los parámetros α y β prácticamente coinciden.

Tabla 18 Resultados de los grupos de datos extraídos de la recopilación de Brownlie (1981)

Experiencias de:	N° de experimentos	Modo de obtención de α y β							
		Regresión lineal				Optimización			
		α	β	EMC (%)	EM (%)	α	β	EMC (%)	EM (%)
Neill (Brownlie 1981)	10	2,155	3,486	6,50	5,41	2,2	3,3	6,52	5,36
Bogardi y Yen (Brownlie 1981)	20	14,70	9,74	10,73	8,97	19,4	10,5	10,24	6,94
Paintal (Brownlie 1981)	15	5,31	7,38	7,75	6,03	4,9	6,8	7,73	5,97

El detalle del cálculo de las experiencias referidas en la Tabla 18 se expone en las Tablas C.34 a C.40 del Apéndice C.

Datos de campo

Como ya se señaló en el Capítulo III, la información correspondiente a ríos y canales es, por lo general, menos precisa y completa que la que se obtiene a partir de experimentos de laboratorio. Las condiciones de medición son diversas y es difícil encontrar un grupo de datos en los que uno o más parámetros hidráulicos permanezcan constantes, posibilitando estudiar la variación de otro.

Debido a las razones expuestas, el análisis para estos conjuntos de datos se hizo siguiendo las siguientes pautas:

1. En los casos que se dispuso de cinco o más datos correspondientes a una única sección de un río o canal, se analizó esa información en forma aislada.

2. En toda otra situación se agrupó la información de acuerdo a la fuente o autor en cuya publicación se presentaba.

En general el proceso de cálculo siguió los siguientes pasos:

1. Determinación de los parámetros α y β en base al ajuste por regresión lineal de la relación $C_* - C_{*0} = \text{fn } (D/Y)$.

2. Cálculo de los errores de la serie a partir de los valores de α y β determinados en el punto 1.

Como era de esperar, los resultados obtenidos en base a la información de campo presentan un grado de dispersión superior al que se obtuvo para los experimentos de laboratorio. Esto es lógico si se piensa que en las determinaciones de los valores de α y β se han incluido condiciones hidráulicas y de granulometría de sedimento muy variadas. Lo dicho puede ser un justificativo de los valores negativos hallados para el parámetro β en algunos conjuntos de datos.

Fundado en la misma razón se encuentra el hecho de que los errores medios obtenidos se hayan incrementado respecto de los arrojados por los datos de laboratorio. Sin embargo, puede observarse en la Tabla 19 que para todos los conjuntos de datos siempre fue posible obtener una par de valores de α y β que generaran un error medio inferior, en todos los casos, al 25%.

Se puede hacer notar que en la mayoría de los cálculos los valores de α resultantes estuvieron dentro de rangos razonables, en comparación con los obtenidos para otras condiciones experimentales. Asimismo, se resalta el hecho de que los valores de β obtenidos para varios casos son próximos a cero, indicando, desde el punto de vista de la teoría, una débil influencia del efecto de estela.

Tabla 19. Resultados de la aplicación del modelo de fricción con efecto de estela a datos de campo.

Fuente	Río o Canal	Diámetro datos	Nº de datos	Cálculo detallado		Modo de ob- tención de α	α	β	EMC (%)	EM (%)
				Tabla	Figura					
Thompson y Campbell (1979)	Tekapo B	Medio	5	C41	C47	Regresión	3,50	-1,31	1,148	0,77
Thompson y Campbell (1979)	Tekapo B	Medio	5	C41	C47		3,50	0	40,5	39,13
Thompson y Campbell (1979)	Tekapo B	Medio	5			Optimización	3,4	-1,4	0,98	0,60
Thompson y Campbell (1979)	Ríos de EE.UU.	Medio	7	C42	C48	Regresión	9,06	-1,46	16,80	15,32
Tompson y Campbell (1979)	Ríos de EE.UU.	Medio	7	C42	C48		9,06	0	27,37	21,83
Thompson y Campbell (1979)	Ríos de EE.UU.	Medio	7			Optimización	8,7	0,8	17,19	13,93
Thompson y Campbell (1979)	Ríos y Canales	Medio	26	C43-C44	C49	Regresión	5,19	0,21	21,20	18,69
Thompson y Campbell (1979)	Ríos y Canales	Medio	26	C45	C49	Optimización	5,15	0,15	19,48	14,82
Thompson y Campbell (1979)	Ríos y Canales	Medio	26	C46			6,15	0	19,96	15,23
Thorne y Zevenbergen (1985)	Boulder Creek	D50	5	C47		Regresión	4,38	-1,59	2,22	1,76
Thorne y Zevenbergen (1985)	Boulder Creek	D50	5			Optimización	4,35	-1,6	2,41	1,68
Thorne y Zevenbergen (1985)	Boulder Creek	D84	5	C47		Regresión	1,81	-0,66	2,19	1,78
Thorne y Zevenbergen (1985)	Boulder Creek	D50	7	C48		Regresión	7,00	-0,73	6,19	5,14
Thorne y Zevenbergen (1985)	Boulder Creek	D50	7			Optimización	6,80	-0,9	5,76	4,44
Thorne y Zevenbergen (1985)	Boulder Creek	D50	12	C49	C50	Regresión	5,76	-1,09	8,15	6,85
Thorne y Zevenbergen (1985)	Boulder Creek	D84	12	C50	C51	Regresión	2,18	-0,49	5,76	4,37
Thorne y Zevenbergen (1985)	Boulder Creek	D50	12			Optimización	6,4	-0,8	8,27	6,84
Thorne y Zevenbergen (1985)	Boulder Creek	D84	12			Optimización	2,0	-0,6	5,87	4,29

Tabla 19. (Continuación).

Fuente	Río o Canal	Diámetro	Nº de datos	Cálculo detallado		Modo de obtención de α y β	α	β	EM (%)
				Tabla	Figura				
Bathurst (1985)	Ríos de Inglaterra	D84	44	C51-C52	C52	Regresión	1,84	-0,27	30,48 22,54
Bathurst (1985)	Ríos de Inglaterra	D84	44	C53	C52	Optimización	2,75	-0,05	25,76 20,78
Bathurst (1985)	Ríos de Inglaterra	D84	44	C54			2,75	0	26,75 21,62
Griffiths (1981)	Ríos de Nueva Zelandia	D50	51	C55-C56	C53	Regresión	4,02	-0,52	25,01 20,16
Griffiths (1981)	Ríos de Nueva Zelandia	D50	51	C57	C53	Optimización	5,85	0,2	22,70 18,31
Griffiths (1981)	Ríos de Nueva Zelandia	D50	51	C58			5,85	0	22,58 18,36
Judd y Peterson (1969)	Logan	D84	18	C59-C60	C54	Regresión	5,9	0,31	4,69 3,49
Judd y Peterson (1969)	American Fork	D84	12	C61	C55	Regresión	8,2	0,47	14,84 11,06
Judd y Peterson (1969)	American Fork	D84	12	C62	C55	Optimización	9,1	0,5	12,50 8,13
Judd y Peterson (1969)	Rojo (81)	D84	12	C63	C56	Regresión	0,21	-1,07	26,98 19,10
Judd y Peterson (1969)	Rojo (82)	D50	23	C64-C65	C57	Regresión	2,33	-0,77	32,51 24,46
Bathurst (1977)	Severn	D84	30	C66-C67	C58	Regresión	2,25	1,67	39,08 28,9
Bathurst (1977)	Severn	D84	30	C68	C58	Optimización	5,6	2,8	29,78 21,31
Bathurst (1977)	Tees	D84	9	C69	C59	Regresión	3,6	0,23	19,52 13,97

Consideraciones finales y resumen de resultados

A lo largo de la aplicación del modelo de cálculo a los distintos grupos de datos, tanto de campo como de laboratorio, se fueron señalando los aspectos más notables que se desprendían del análisis experimental. Es por ello que sólo se quiere remarcar aquí algunas consideraciones sobre la validez de la aplicación del modelo, y la determinación de sus parámetros α y β .

Los resultados logrados de la aplicación del modelo al extenso banco de datos recopilado en esta tesis, permiten afirmar que la estructura de la ecuación de distribución de velocidades propuesta por el mismo, representa adecuadamente los efectos de fricción en una amplia gama de escurrimiento macrorugosos.

Lamentablemente no fue posible encontrar, a partir de los datos analizados, una relación funcional clara de los parámetros α y β con alguna característica de la corriente de fácil determinación. Ante esta situación se haría necesario disponer de información previa, para la calibración de los parámetros, antes de proceder a aplicar el método.

No obstante, se cree de utilidad ofrecer un amplio rango de valores de α y β asociados a las más variadas condiciones hidráulicas. Si a cada par de valores de estos parámetros se los identifica con el rango de pendientes, rugosidades relativas y velocidades de los datos que les dieron origen, se dispondría de una guía tentativa para la selección de los mismos en los casos de no disponer información previa que permita su calibración. Esto es solo una hipótesis que requeriría de información adicional para su validación. Es posible que iguales valores de los parámetros correspondan a condiciones hidráulicas distintas o viceversa.

En base a la presunción enunciada en el párrafo anterior se construyó la Tabla 20, en la cual se resumen los valores de α y β , y el error medio resultante para los distintos grupos de datos analizados. Se incluye, asimismo, la fuente que proporcionó la información, si los datos corresponden a experien

Tabla 20. Resumen de resultados, modelo de cálculo de fricción con efecto de estela.

Fuente	Nº de datos	Datos de:	Granulometría	Rango de D/V	Rango de Pendientes	Rango de velocidades (m/s)	α	β	EM(2)
Taylor (1961)	11	Laboratorio	Única, una capa de piedras, diámetro medio	0,186 - 0,567	0,00096 - 0,03265	0,298 - 1,164	1,83	0,6	3,045
Taylor (1961)	7	Laboratorio	Única, varias capas de piedras, diámetro medio	0,221 - 0,656	0,00834 - 0,01930	0,610 - 0,805	1,6	0,865	1,13
Aguirre (1988, inédito)	35	Laboratorio	Única, sin transporte, diámetro: D50	0,396 - 2,157	0,015 - 0,045	0,661 - 1,707	1,43	1,118	6,626
Bathurst et al (1984)	29	Laboratorio	Única, Fondo plano sin transporte, diámetro: D50	0,128 - 1,057	0,01 - 0,09	0,312 - 1,068	3,82	0,73	11,7
Bathurst et al (1984)	23	Laboratorio	Única, Fondo plano sin transporte, diámetro: D50	0,169 - 1,108	0,01 - 0,09	0,314 - 1,353	2,25	0,096	9,5
Bathurst et al (1984)	54	Laboratorio	Única, Fondo plano sin antídunas, diámetro: D50	0,087 - 1,057	0,01 - 0,09	0,312 - 2,00	3,115	0,411	14,28
Bathurst et al (1984)	42	Laboratorio	Única, Fondo plano sin antídunas, diámetro: D50	0,169 - 1,108	0,01 - 0,09	0,314 - 1,842	3,255	0,478	16,58
Bathurst et al (1984)	19	Laboratorio	Única, Fondo plano con y sin transporte, D50	0,053 - 0,213	0,005 - 0,01	0,506 - 1,301	1,095	-2,6	3,04
Ashida y Bayazit (1973)	12	Laboratorio	Varias, sin transporte, diámetro nominal	0,117 - 1,731	0,01 - 0,2	0,304 - 1,219	3,55	0,6	25,38
Neill (Brownlie, 1981)	10	Laboratorio	Varias diámetro: D50	0,119 - 0,546	0,00147 - 0,027	0,438 - 1,081	2,155	3,49	5,41
Bogardi y Van (Brownlie, 1981)	20	Laboratorio	Única diámetro: D50	0,08 - 0,198	0,0119 - 0,0248	0,788 - 1,066	14,7	9,74	8,97
Paintal (Brownlie, 1981)	15	Laboratorio	Única diámetro: D50	0,104 - 0,231	0,0079 - 0,01030	0,807 - 1,246	5,3	7,39	6,03
Thompson y Campbell (1979)	5	Campo	Única diámetro medio	0,367 - 0,506	0,052	1,85 - 3,133	3,5	-1,316	0,77
Thompson y Campbell (1979)	7	Campo	Varias diámetro medio	0,097 - 0,538	0,0065 - 0,038	1,249 - 2,982	9,06	-1,46	15,32

Tabla 20. (Continuación).

Fuente	Nº de datos	Datos de:	Granulometría	Rango de D/Y	Rango de Pendientes	Rango de velocidades (m/s)	α	B	E _m (%)
Thompson y Campbell (1979)	26	Campo	Varías, diámetro medio	0,053 - 0,538	0,0039 - 0,052	0,917 - 3,13	6,15	0,15	14,82
Thorne y Zevenbergen (1985)	5	Campo	Única, diámetro: Ø4	0,255 - 0,456	0,0143 - 0,0163	0,561 - 1,416	1,81	-0,66	1,78
Thorne y Zevenbergen (1985)	7	Campo	Única diámetro: Ø50	0,253 - 0,439	0,0183 - 0,0198	0,517 - 1,271	6,80	-0,9	4,44
Bathurst (1985)	44	Campo	Varías, diámetro: Ø4	0,087 - 2,303	0,00429 - 0,0373	0,171 - 3,725	2,75	-0,05	20,78
Griffiths (1981)	51	Campo	Varías diámetro: Ø50	0,013 - 0,563	0,00009 - 0,011	0,152 - 3,316	5,85	0,2	18,31
Judd y Peterson (1969)	18	Campo	Única diámetro: Ø4	0,379 - 1,349	0,0083 - 0,01033	0,385 - 1,803	5,9	0,318	3,49
Judd y Peterson (1969)	12	Campo	Única diámetro: Ø4	0,830 - 3,333	0,063 - 0,0655	0,45 - 1,102	9,1	0,5	8,128
Judd y Peterson (1969)	12	Campo	Única diámetro: Ø4	0,634 - 1,471	0,0121 - 0,0145	0,442 - 1,688	0,21	-1,08	19,11
Judd y Peterson (1969)	23	Campo	Única diámetro: Ø50	0,257 - 0,665	0,022 - 0,02810	0,482 - 1,908	2,335	-0,77	24,46
Bathurst (1977)	30	Campo	Varías diámetro: Ø4	0,035 - 0,62	0,00001 - 0,0029	0,143 - 1,335	5,6	2,8	21,31
Bathurst (1977)	9	Campo	Varías diámetro: Ø4	0,761 - 2,742	0,0080 - 0,0174	0,245 - 0,896	3,6	0,23	13,97
Thorne y Zevenbergen (1985)	12	Campo	Varías diámetro: Ø4	0,253 - 0,456	0,0143 - 0,0198	0,517 - 1,416	2,0	-0,6	4,29

cias de laboratorio o mediciones de campo, características de la granulometría del sedimento, diámetro representativo, rangos de pendientes, rugosidad relativa y velocidad involucrados en cada conjunto de datos.

La ecuación de fricción propuesta por el modelo, para contornos rugosos, está dada por la expresión (4.13) bajo la forma

$$C_* = \frac{1}{k} \ln \left(\frac{Y}{\alpha D} \right) + B - \frac{1}{k} + \frac{\beta D}{Y k}$$

si en ella se supone que $k = 0,407$ y $B = 8,5$ y se introduce estos valores en (4.13) se obtiene

$$C_* - F = 5,65 \log \left(\frac{Y}{\alpha D} \right) + 6,043 \quad (4.99)$$

donde

$$F = 2,457 \beta \frac{D}{Y} \quad (4.100)$$

Si se representa la ecuación (4.99) en escala semilogarítmica, Figura 20, el resultado es una recta. La gráfica de la ecuación (4.99) permite una rápida determinación del coeficiente de Chezy adimensional para una rugosidad relativa dada, a condición de conocer los valores, que para esa situación particular, adoptan los parámetros α y β .

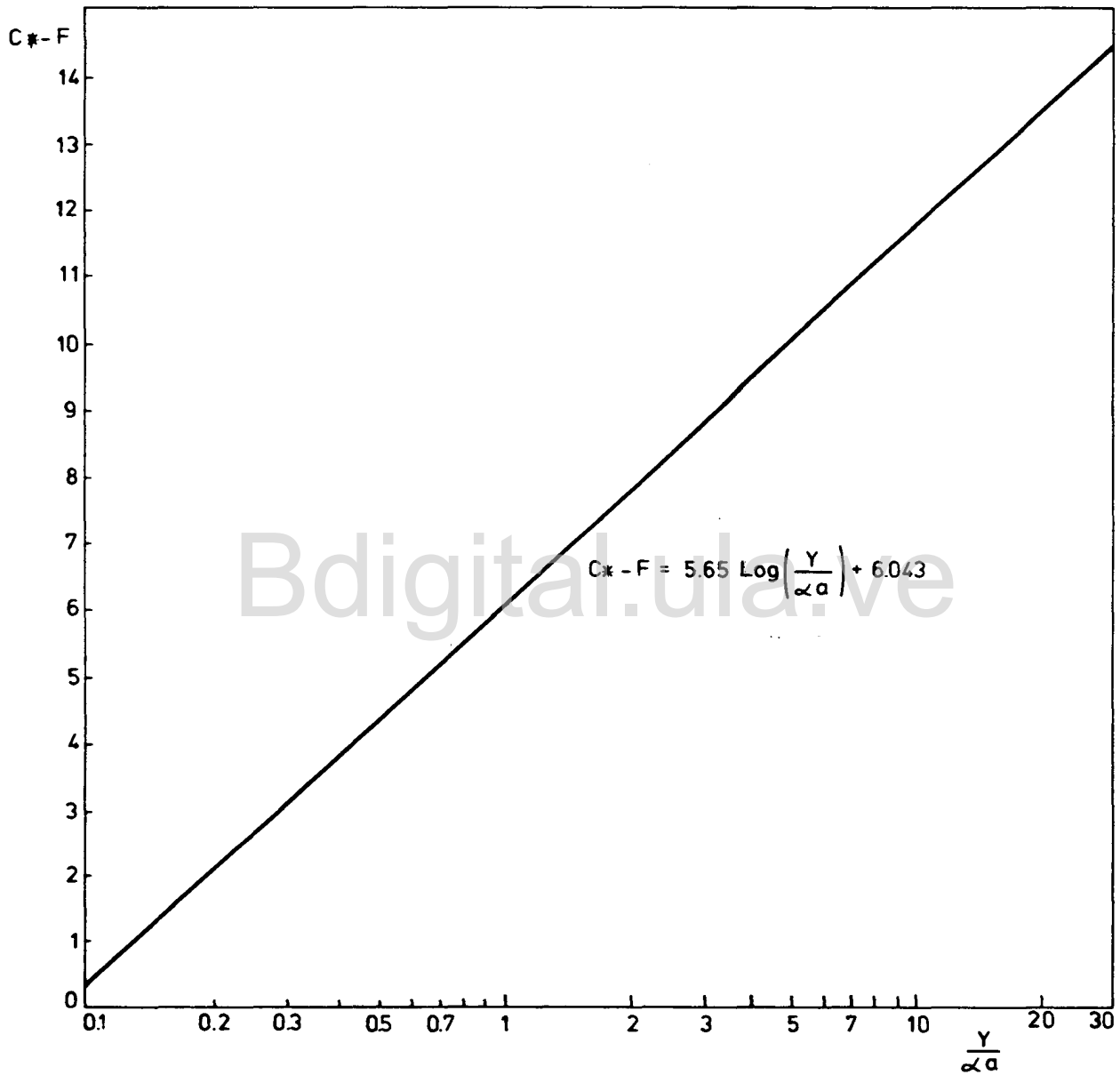


Figura 20. Ecuación para el cálculo de la fricción de acuerdo al modelo que considera efecto de estela.

CAPITULO V

ECUACIONES SEMILOGARITMICAS DE RESISTENCIA

Consideraciones generales

Tal como se expuso en el Capítulo II, la distribución de velocidades en escurrimientos macrorugosos no logra ser descrita adecuadamente por leyes que se basen en la teoría de la capa límite. Esta situación impide el establecimiento de una ley de resistencia de tipo universal, y es la causa de la gran variación de las constantes de ajuste en las expresiones de cálculo.

Sin embargo, la generalizada aceptación de leyes de tipo semilogarítmicas para el cálculo de la resistencia de superficie en escurrimientos con pequeña escala de rugosidad, ha hecho que su uso se extrapole a condiciones donde la altura del sedimento es del mismo orden que la profundidad del agua.

El ajuste experimental de distintos grupos de datos ha traído como resultado una gran cantidad de expresiones cuya estructura básica es la misma, pero que difieren en sus constantes. Es lógico pensar que tales ecuaciones no son válidas fuera del rango de los parámetros del escurrimiento y del contorno para los que fueron deducidas, sin embargo no es inusual que se haga uso de ellas fuera de estos rangos.

Algunos autores han desarrollado expresiones de cálculo que combinan el análisis experimental de un conjunto de datos, con un cierto basamento teórico que intenta representar en mejor grado el proceso de resistencia en un escurrimiento de montaña. En esta tendencia se encuentran las ecuaciones que contemplan la inclusión de factores de densidad de rugosidad o aquéllas que analizan el efecto de bloqueo en corrientes poco profundas.

En este trabajo se aplican, al banco de datos recopilado, cinco ecuaciones de predicción de la resistencia, todas ellas basadas en una distribución

de velocidades logarítmicas. Se debe hacer notar que no se incluye ninguna ecuación que considere parámetros de densidad de rugosidad, esto se debe al hecho de que no se dispuso de información que permita la estimación directa de tales parámetros; por su parte la aplicación de ecuaciones de tipo experimental para la obtención de estos factores reduce la expresión de cálculo a una ecuación empírica más.

Cuatro de las cinco ecuaciones seleccionadas tienen la particularidad de que sus constantes fueron ajustadas con al menos uno de los grupos de datos que conforman el banco. La única excepción la constituye la ecuación de Kármán Prandtl para canales con contorno rugoso; su inclusión obedece al hecho de haber brindado satisfactorios resultados al ser aplicada al conjunto de datos presentados por Taylor (1961).

Ecuaciones de cálculo empleadas

Ecuación de Kármán Prandtl

En una tubería circular de contorno rugoso la ecuación de Kármán Prandtl para la estimación del coeficiente de Darcy viene dada por la expresión (5.1).

$$1/\sqrt{f} = -2 \log E + 0,54 \quad (5.1)$$

donde:

$E = a/4R$. Esta ecuación es válida para números de Reynolds de corte mayores que cien.

La forma de la ecuación (5.1) surge de suponer una distribución de velocidades logarítmicas, en tanto que sus constantes han sido determinadas experimentalmente.

Para el caso de un canal abierto bidimensional no existe un valor único experimental de las constantes, aunque las ecuaciones correspondientes es tán basadas en una distribución de velocidades logarítmicas. La ecuación de resistencia para un canal bidimensional, definida a términos del coeficiente adimensional de Chezy, tal como la expresa Taylor (1961), viene dada por (5.2):

$$C_* = \sqrt{\frac{8}{f}} = -5,74 \log E + 2,57 \quad (5.2)$$

Keulegan (1938) estableció, mediante experimentos en un canal de sección transversal poligonal, la necesidad de introducir un factor de forma en la ecuación (5.2). No existe, sin embargo, una definición precisa acerca del modo de obtención de dicho factor de corrección por forma. En virtud de ello, y en acuerdo con la fórmula de cálculo empleada por Taylor (1961), no se incluyó aquí ningún factor de corrección, siendo la ecuación de Kármán Prandtl utilizada en este trabajo la definida por (5.2).

Ecuación de Graf

Graf (1984) determinó, mediante análisis dimensional, que el factor de fricción dependía de los siguientes parámetros adimensionales: número de Reynolds de la corriente, Re ; número de Froude, Fr ; relación de la profundidad al tamaño del sedimento, Y/D ; la sinuosidad del escurrimiento; ξ ; y la intensidad de corte, Ψ .

$$C_* = f_n (Re, Fr, Y/D, \xi, \Psi) \quad (5.3)$$

Para escurrimientos hidráulicamente rugosos y canales de laboratorio, el efecto del número de Reynolds y de la sinuosidad son despreciables. Con lo que la relación (5.3) se reduce a:

$$C_* = f_n (Fr, Y/D, \Psi) \quad (5.4)$$

Se supone que la relación Y/D es el factor más importante en la definición del coeficiente de Chezy, C_* .

De un ajuste visual de datos de laboratorio, Graf (1984) determinó para sus experimentos la siguiente ecuación:

$$C_* = 5.75 \log (R/D) + \varepsilon \quad (5.5)$$

Los valores de la constante aditiva, ε , son los siguientes: si el diámetro considerado es el diámetro cincuenta, entonces ε vale 3,25; si se emplea el diámetro ochenta y cuatro, ε vale 4,0. En este trabajo se empleó la ecuación (5.5) adoptando el diámetro cincuenta como representativo.

Se debe hacer notar que una parte importante de los datos de laboratorio que sirvieron para el ajuste de la ecuación (5.5), corresponden al estudio "EPFL", Bathurst et al. (1984), cuya información es parte del banco de datos recopilado en esta tesis.

Ecuación de Thompson y Campbell

Thompson, 1963, citado por Thompson y Campbell (1979) llevó a cabo mediciones de la variación de la velocidad, u , con la profundidad, y , para distintas condiciones de escurrimiento. La ecuación (5.6) ajusta los perfiles observados

$$u = 2(8 Y S g)^{1/2} \log(12 \cdot 2,718 Y/k_s) \quad (5.6)$$

donde

k_s es la altura de rugosidad de Nikuradse

Si se integra la ecuación (5.6), despreciando los términos pequeños del orden de $0,1 k_s/Y$ se obtiene

$$f = (2 \log(12 R/k_s))^{-2} \quad (5.7)$$

La ecuación (5.7) es válida para escurrimientos donde la relación entre la profundidad y la altura de rugosidad sea mucho mayor que la unidad.

Experiencias de O'Loughlin y MacDonald, 1964, citados por Thompson y Campbell (1979) evidencian que el coeficiente de fricción experimental, f , excede el valor calculado por la ecuación (5.7), cuando esta ecuación es aplicada a escurrimientos poco profundos. En este tipo de escurrimientos los elementos de rugosidad obstruyen una parte significativa de la profundidad provocando un fenómeno particular conocido como efecto de bloqueo.

Thompson y Campbell (1979) modificaron la ecuación (5.7) de manera de introducir un término correctivo que tuviera en cuenta el efecto de bloqueo. La ecuación (5.8) se corresponde a la expresión modificada:

$$f = \left((1 - 0,1 k_s/Y)^2 \log(12 Y/k_s) \right)^{-2} \quad (5.8)$$

donde:

$k_s = 4,5 D_m$, siendo D_m el diámetro medio. El valor de 4,5 para la relación k_s/D_m fue obtenido del ajuste experimental de un conjunto de datos, los cuales forman parte del banco de información recopilado en esta tesis.

Para su utilización en este trabajo la ecuación (5.8) se expresa en términos del coeficiente adimensional de Chezy como:

$$C_* = \sqrt{\frac{8}{f}} = 5,657 (1 - 0,1 k_s/Y)^2 \log(12 Y/k_s) \quad (5.9)$$

Ecuación de Bathurst

Bathurst (1985) recopiló una extensa cantidad de información correspondiente a escurrimientos con escalas de rugosidad grande, intermedia y pequeña, tanto de datos de campo como de laboratorio. Bathurst (1985, Figura 8) graficó los valores observados de C_* contra la relación $Y/D^{8/4}$, delimitando las envolventes de los datos experimentales.

Bathurst (1985) propone tres maneras de cuantificar la variación del coeficiente de fricción para los distintos valores de $Y/D84$:

1. Trazar tres ecuaciones de líneas rectas, en escala semilogarítmica, a lo largo del centro de la envolvente, una para cada escala de rugosidad. Esto tiene la desventaja que para $Y/D84$ mayor que 6, el coeficiente de resistencia se tornaría constante, lo que contradice la teoría.

2. Adoptar la expresión propuesta por Hey (1979) que se expone aquí como la ecuación (5.10).

$$C_* = 5,62 \log(a_1 R/3,5 D84) \quad (5.10)$$

donde:

a_1 es una constante que varía entre 11,1 y 13,46.

La ecuación (5.10) proporciona un valor medio razonable de C_* para relaciones de $Y/D84$ mayores que 6; sin embargo para escalas de rugosidad intermedia y grande la ecuación cae sobre la envolvente inferior de los valores observados, provocando una subestimación del valor del coeficiente de fricción.

3. La tercera alternativa, adoptada por Bathurst (1985), propone una ecuación paralela a la ecuación (5.10), pero que se ubique próxima al centro de la envolvente de los datos experimentales. La ecuación de referencia es:

$$C_* = 5,62 \log(Y/D84) + 4 \quad (5.11)$$

La ecuación (5.11) se ubica en el centro de la región de gran escala de rugosidad, y a lo largo del centro de los datos de canales de laboratorio (Bathurst, 1985, Figura 5 y Figura 8).

Se debe hacer notar que parte de los datos de campo y de laboratorio utilizados para el ajuste de la ecuación (5.11) se incluyen dentro del banco de datos presentados en esta tesis. Por ello se consideró esta expresión entre las ecuaciones semilogarítmicas utilizadas en este trabajo.

Ecuación de Griffiths

Mediante un análisis de regresión múltiple, en base a una importante cantidad de datos de río de Nueva Zelandia, Griffiths (1981) estableció que para lechos de gravas sin movimiento el factor de fricción estaba principalmente representado por la relación entre el radio hidráulico y el diámetro cincuenta del material del fondo.

Griffiths (1981) añadió a sus propios datos otros proporcionados por distintos autores. En base a ese gran volumen de información ajustó experimentalmente una ecuación de tipo semilogarítmica.

$$1/\sqrt{f} = 0,76 + 1,98 \text{ Log } (R/D50) \quad (5.12)$$

A los fines de la aplicación en este trabajo la ecuación (5.12) se expresa en términos del coeficiente de Chezy adimensional como:

$$C_* = 5,6 \text{ Log}(R/D50) + 2,1496 \quad (5.13)$$

De los datos de ríos de Nueva Zelandia presentados por Griffiths (1981), un grupo de cincuenta y un registro correspondiente a lecho rígido fueron extraídos e incorporados al banco de datos recopilado en esta tesis.

Análisis de resultados

Han sido presentadas las cinco fórmulas de tipo semilogarítmico que se aplicaron a los distintos grupos de datos. Las expresiones de cálculo utilizadas se identifican con las ecuaciones (5.2), (5.5), (5.9), (5.11) y (5.13).

Cada una de las ecuaciones fue empleada respetando los parámetros por ellas definidos. En los casos en que para algún grupo de datos no se dispuso de la información requerida por alguna de las fórmulas, ésta no fue aplicada a dicha situación.

Los grupos de datos fueron clasificados con igual criterio que el sostenido en el Capítulo IV, o sea, la información fue agrupada de acuerdo a la fuente de la que se obtuvo, y en los casos en que fue posible se hicieron subagrupaciones en virtud de alguna característica remarcable de los experimentos, tal es el caso de los datos del estudio "EPFL", Bathurst et al. (1984).

Los resultados obtenidos son resumidos en la Tabla 21, mientras que el detalle de los cálculos y gráficas correspondientes constituyen el Apéndice D de este trabajo.

Se puede observar en la Tabla 21 que la magnitud del error resultante de aplicar una ecuación dada varía significativamente para los distintos grupos de datos. Esta circunstancia refuerza la idea sobre la no universalidad de las ecuaciones, y la necesidad de no extrapolar la aplicación de las mismas fuera de los rangos para los cuales fueron deducidas.

La afirmación anterior, que expresa un concepto en forma general, tiene sin embargo sus excepciones, y tal situación obliga a hacer un análisis detallado para cada una de las cinco ecuaciones empleadas en este trabajo.

La ecuación de Kármán Prandtl (5.2) fue desarrollada para escurrimientos con pequeña escala de rugosidad, por lo que su aplicación a condiciones de macrorugosidad generaría una sobreestimación del valor de C_f . Tal presunción se confirmó para todos los conjuntos de datos, inclusive en las experiencias de Taylor (1961) donde generó los menores errores, excepto para los datos de Aguirre (1988, inédito) en donde todas las expresiones utilizadas subestiman el valor de C_f . Se debe recordar aquí, que el área mojada en dichos

Tabla 21. Aplicación de ecuaciones semilogarítmicas. Resumen de resultados

Fuente	Datos de	Nº de datos	Rango de D/Y	Cálculo detallado		Error medio (%) ecuación de				
				Tabla	Figura	Kármán Prandtl	Graf	Thompson y Campbell	Bathurst	Griffiths
Taylor (1961)	Laboratorio lecho enteramente rugoso.	18	0,182 - 0,656	D1	D1	5,47	29,49	46,62	--	43,89
Aguirre (1988 inédito)	Laboratorio granulometría variable.	35	0,396 - 2,157	D2	D2	18,58	52,88	74,01	52,39	66,76
Bathurst et al. (1984)	Laboratorio Serie I. Fondo plano sin transporte.	29	0,128 - 1,057	D3	D3	46,31	13,18	36,97	12,84	26,53
Bathurst et al. (1984)	Laboratorio Serie I. Fondo plano con y sin transporte.	37	0,0874 - 1,057	D3	D4	46,37	13,11	33,68	12,79	24,90
Bathurst et al. (1984)	Laboratorio Serie I. Fondo plano y con antidunas.	54	0,0674 - 1,057	D3	D5	44,05	14,85	31,89	14,55	24,68
Bathurst et al. (1984)	Laboratorio Serie I. Fondo con antidunas.	17	0,1669 - 0,383	D3	D6	38,99	18,65	27,97	18,35	24,20
Bathurst et al. (1984)	Laboratorio Serie II. Fondo plano sin transporte.	23	0,169 - 1,108	D4	D7	36,16	17,82	48,61	13,99	37,14
Bathurst et al. (1984)	Laboratorio Serie II. Fondo plano con y sin transporte.	29	0,169 - 1,108	D4	D8	36,64	16,21	46,63	12,72	35,64
Bathurst et al. (1984)	Laboratorio Serie II. Fondo plano y con antidunas.	42	0,169 - 1,108	D4	D9	48,31	20,12	38,39	18,29	31,30
Bathurst et al. (1984)	Laboratorio Serie II. Fondo con antidunas.	13	0,256 - 0,406	D4	D10	74,37	28,83	20,01	30,72	21,60
Bathurst et al. (1984)	Laboratorio Serie III. Fondo plano sin transporte.	8	0,080 - 0,213	D5	D11	9,62	18,64	31,06	15,87	31,11
Bathurst et al. (1984)	Laboratorio Serie III. Fondo plano con y sin transporte.	19	0,053 - 0,213	D5	D12	7,95	19,08	28,89	15,91	30,61
Ashida y Bayazit (1973)	Laboratorio	12	0,117 - 1,731	D6	D13	42,25	28,36	50,35	--	40,88
Neill recopilado por Brownlie (1981)	Laboratorio	10	0,119 - 0,546	D7	D14	10,92	30,67	44,63	--	42,67
Nogard y Ven recopilado por Brownlie (1981)	Laboratorio	20	0,08 - 0,198	D8	D15	47,14	16,43	12,09	---	12,51

Tabla 21. (Continuación)

Fuente	Datos de	N° de datos	Rango de D/Y	Cálculo detallado			Error medio (%) ecuación de			
				Tabla	Figura	Kármán Prandtl	Graf	Thompson y Campbell	Bathurst	Griffiths
Palmat, A.S. recopilado por Brownlie (1981)	Laboratorio	15	0,104-0,231	D9	D16	13,92	16,26	29,69	-	29,30
Thompson y Campbell (1979)	Campo	26	0,053-0,538	D10	D17	83,122	31,296	15,83	-	18,57
Thorne y Zevenbergen (1985)	Campo	12	0,253-0,456	D11	D18	160,67	77,00	28,07	30,83	41,78
Bathurst (1985)	Campo	44	0,087-2,303	D12	D19	117,48	48,37	24,81	26,24	29,72
Griffiths (1981)	Campo	51	0,013-0,563	D13	D20	53,34	26,28	19,12	-	19,24
Judd y Peterson (1969)	Campo	18	0,379-1,349	D14	D21	220,72	124,99	13,57	60,92	84,11
Judd y Peterson (1969)	Campo	12	0,83-3,33	D15	D22	261,41	67,28	48,05	66,15	19,83
Judd y Peterson (1969)	Campo	12	0,634-1,471	D16	D23	22,42	36,41	67,45	39,62	54,51
Judd y Peterson (1969)	Campo	23	0,257-0,665	D17	D24	82,25	26,95	32,11	-	24,15
Bathurst (1977)	Campo	30	0,035-0,65	D18	D25	55,76	29,90	24,32	25,96	23,68
Bathurst (1977)	Campo	9	0,765-2,742	D19	D26	148,04	43,87	26,33	23,09	12,78

experimentos se determinó descontando a la sección total del canal una franja de piedras de altura uniforme igual al diámetro cincuenta de la curva granulométrica en peso; a su vez no pudo establecerse fehacientemente la magnitud del caudal que podría derivarse entre las piedras y que debería sustraerse del caudal total medido en la curva de descarga del disco de aforo. Dado que la velocidad media se obtuvo dividiendo el caudal por el área mojada, ésta podría verse sujeta a las imprecisiones antes citadas e influir en los resultados obtenidos de la aplicación de las ecuaciones semilogarítmicas.

En términos generales la ecuación de Kármán Prandtl (5.2) fue la que produjo los mayores errores, sobreestimando de manera importante el valor de C_* . Los errores más significativos se obtuvieron para los conjuntos de datos con relaciones de D/Y grandes.

La ecuación de Graf (5.5) fue ajustada para un conjunto de datos de laboratorio entre los que se encontraban los correspondientes al estudio de "EPFL" Bathurst et al. (1984). Como es lógico, los menores errores generados por esta ecuación corresponden a los datos mencionados. Puede observarse sin embargo en la Tabla 21 que los errores se incrementan cuando se analiza en forma separada los experimentos correspondientes a fondo con antidunas (Bathurst et al., 1984), poniéndose de manifiesto la incapacidad de la ecuación para representar la resistencia por formas de fondo.

Para todos los datos del estudio "EPFL". Bathurst et al. (1984), la ecuación de Bathurst (5.11) generó errores del mismo orden o menores que los correspondientes a la ecuación de Graf (5.5). Cabe mencionar aquí que la ecuación de Bathurst (5.11) fue ajustada tanto con datos de campo como de laboratorio, entre los que se encontraban los de Bathurst et al. (1984); este hecho amplía el rango de aplicación de la misma. Tal afirmación se comprueba al observar la Tabla 21 en donde la ecuación (5.11) produce errores razonables para la mayoría de los conjuntos de datos a que fue aplicada.

De las cinco fórmulas empleadas sólo la ecuación de Thompson y Campbell (5.9) incluye un término correctivo de la relación semilogarítmica entre C_* e Y/D . Esta ecuación, ajustada a partir de datos de corrientes naturales, no produjo buenos resultados en su aplicación a experimentos de laboratorio. Sin embargo fue la que menores errores produjo al ser aplicada a datos de campo, e incluso el error asociado a esta fórmula en su aplicación a un grupo de datos dado fue menor que el producido por la ecuación que fue ajustada en base a dicha información. Este hecho permite afirmar que más allá de la dispersión propia de los valores experimentales, existe, para algunos conjuntos de datos, una variación no estrictamente lineal entre el valor de C_* y el logaritmo de Y/D ; situación ésta que no es bien representada por la estructura clásica de las ecuaciones semilogarítmicas.

Por último, la ecuación de Griffiths (5.13), la cual fue ajustada para datos de corrientes naturales con lechos de gravas, tampoco brindó resultados satisfactorios en la mayoría de los datos de laboratorio. No obstante, los errores resultantes de su aplicación a datos de campo se pueden considerar aceptables y en muchos casos de magnitud similar a los generados por la ecuación de Thompson y Campbell (5.9). Resulta notable que esta ecuación, desarrollada para relaciones de D/Y pequeñas, genere buenos resultados cuando se aplica a escurrimientos con características macrorugosas.

Del análisis anterior se desprenden las siguientes observaciones:

1.- La afirmación inicial respecto de la inconveniencia de aplicar una ecuación a condiciones del escurrimiento y del contorno distintas de las que le dieron origen, se ve confirmada por los resultados de la aplicación de la ecuación de Kármán Prandtl (5.2), pero a su vez desmentida por los resultados obtenidos de utilizar la ecuación de Griffiths (5.13). Esta contradicción no permite una definición precisa al respecto, si bien se desprende del análisis anterior que todas las ecuaciones empleadas generan los menores errores cuando son aplicadas a las condiciones que les dieron origen, dentro de cuyos rangos las ecuaciones brindan la mayor confiabilidad.

2.- En situaciones donde se dispone de información para contrastar los valores calculados se hace aconsejable utilizar el mayor número de ecuaciones posible, aun aquellas desarrolladas para condiciones distintas de las del caso en estudio. Comparar los resultados y consecuentemente seleccionar la expresión más apropiada.

3.- En situaciones donde no se dispone de información para contrastar los valores calculados se hace aconsejable utilizar expresiones que hayan sido desarrolladas para las condiciones del escurrimiento y del contorno más similares posibles a las del caso en estudio.

4.- Las ecuaciones ajustadas exclusivamente con datos de laboratorio no ofrecieron buenos resultados cuando se aplicaron a datos de campo.

5.- Las ecuaciones ajustadas exclusivamente en base a datos de corrientes naturales produjeron pobres resultados en su aplicación a datos de laboratorio.

6.- Los datos correspondientes a ríos y canales naturales fueron mejor representados, en la mayoría de los casos, por una expresión que incluye un término correctivo de la clásica relación semilogarítmica.

CAPITULO VI

COMPARACION DE RESULTADOS

En el Capítulo V se llevaron a cabo comparaciones entre los resultados generados por las distintas ecuaciones de tipo semilogarítmico. Del análisis efectuado se pudo concluir que para los datos de campo los mejores resultados se obtuvieron al aplicar la ecuación (5.9) que incluye un factor de corrección a la relación semilogarítmica entre C^* e Y/D .

Es objeto de este Capítulo comparar los errores producidos por las expresiones utilizadas en el Capítulo V con los que resultaron de aplicar la ecuación de cálculo que considera efecto de estela (Aguirre et al., 1986), la cual se denominará en lo siguiente como ecuación de Aguirre et al. (4.13).

De la observación de las Tablas 20 y 21 se desprende que para todos los grupos de datos el modelo de cálculo de fricción con efecto de estela, ecuación (4.13), produce los mínimos errores. Es necesario aclarar sin embargo que los parámetros α y β fueron ajustados en cada caso, lo que coloca este método en evidente ventaja respecto de las restantes ecuaciones en las cuales los parámetros permanecieron constantes para todos los grupos de datos.

Se ha citado en el Capítulo V que la elección de las ecuaciones de tipo semilogarítmico se hizo teniendo en cuenta que algunos de los grupos de datos que conforman el banco recopilado, hubiera servido para el ajuste de la ecuación, o ésta hubiera ofrecido resultados satisfactorios en su aplicación.

Bajo este criterio se dispuso de cuatro grupos de datos que sirvieron para el ajuste de otras tantas ecuaciones, y un conjunto de experimentos para los cuales la ecuación de Kármán Prandtl (5.2) produjo un error medio de poca cuantía.

Al hacer la comparación sólo para estos cinco conjuntos de valores observados se pretende comparar las estructuras de las ecuaciones, ya que se supone que los parámetros de las mismas, al ser ajustados con igual grupo de datos, asumen un valor tal que la ecuación genera el mínimo error.

A los fines de visualizar la comparación se han graficado los valores observados de C_* contra el logaritmo de Y/D para cada uno de los conjuntos de datos, y sobre ellos se ha superpuesto la ecuación semilogarítmica ajustada en base a esos datos, y la ecuación de Aguirre et al. (4.13) con los valores de α y β ajustados para cada caso en particular.

En la Figura 21, se muestran los valores experimentales de C_* contra el logaritmo de Y/D_m correspondientes a los ensayos de Taylor (1961) para lecho enteramente rugoso, una capa de piedras. En este caso la ecuación de Kármán Prandtl (5.2) no fue graficada ya que los valores de radio hidráulico corregido por efecto de pared diferían en algunos casos del valor de la profundidad. En su lugar se indica, mediante círculos, el valor calculado por la ecuación (5.2) correspondiente a cada experimento. En línea cortada se indica la ecuación de Aguirre et al. (4.13) con los valores de α y β ajustados para ese conjunto de datos.

Tal como ya se expresó la ecuación de Kármán Prandtl (5.2) sobre - estima los valores de C_* correspondientes a relaciones pequeñas de Y/D . Para los mayores valores de Y/D la ecuación (5.2) produce buenos resultados. Por su parte la ecuación de Aguirre et al. (4.13) produce un mejor ajuste de los valores experimentales, siendo notable la curvatura que en la relación de C_* con el logaritmo de Y/D introduce el término de estela. Los errores medios generados por una y otra ecuación para este conjunto de datos son los siguientes:

Ecuación de Kármán Prandtl (5.2): 7,1%

Ecuación de Aguirre et al. (4.13): 3,05%

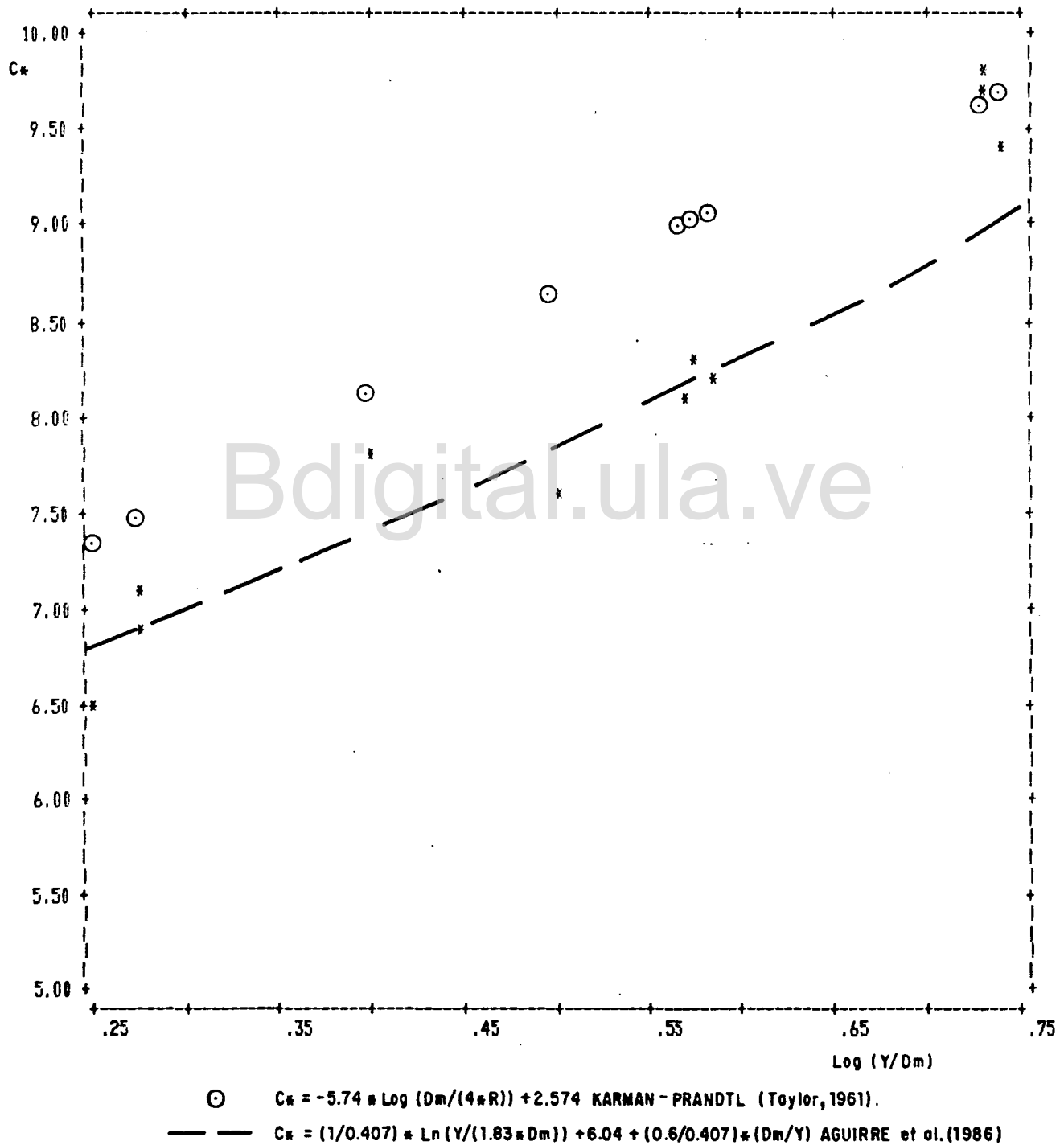


Figura 21.- Variación de C^* con Y/Dm para los datos de las experiencias de Taylor (1961)

En la Figura 22 se graficaron los valores experimentales de C_* contra el logaritmo de Y/D , correspondientes a la serie I del estudio "EPFL", Bathurst et al. (1984). Debido a que se dispuso de la información pertinente, fueron diferenciadas en la gráfica las distintas condiciones del fondo imperantes durante los experimentos. En dicha Figura se ha representado con línea llena la ecuación de Graf (5.5), y en línea cortada la ecuación de Aguirre et al. (4.13) con los valores de α y β ajustados para esos experimentos.

Los errores que una y otra ecuación produjeron para ese conjunto de datos son los siguientes:

Ecuación de Graf (5.5): 14,85%

Ecuación de Aguirre et al. (4.13): 14,28%

Puede observarse que ambas ecuaciones generan errores similares, no obstante algunas consideraciones de interés pueden hacerse en base a la Figura 22:

1. Para los menores valores de $Y/D50$ la ecuación de Graf (5.5) tiende a subestimar el valor de C_* , mientras que la ecuación de Aguirre et al. (4.13) ajusta mejor dichos valores debido a que el término de estela introduce una curvatura en la relación de C_* con el logaritmo de $Y/D50$.
2. El efecto del término de estela va disminuyendo a medida que la relación Y/D crece; a tal punto que para el valor de Y/D , aproximadamente igual a 10, ambas ecuaciones se confunden, y la expresión de Aguirre et al. (4.13) se representa como una recta en escala semilogarítmica, para cualquier efecto práctico.
3. Los valores observados que poseen las mayores desviaciones respecto de los calculados por las ecuaciones son los que corresponden a fondo con

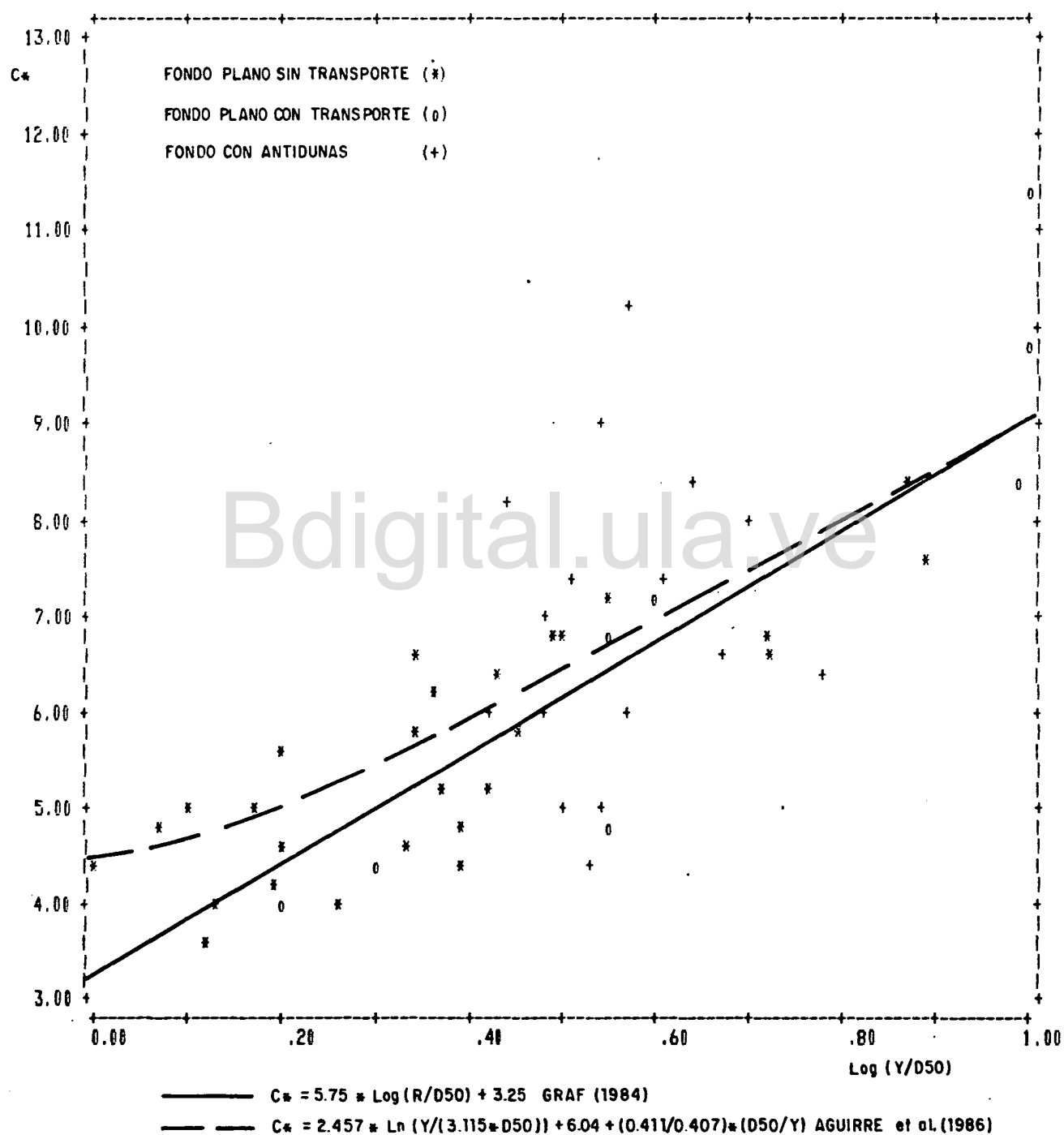


Figura 22.- Variación de C^* con $Y/D50$, para los datos de las experiencias de Bathurst et al. serie I (1984).

antidunas, poniéndose de manifiesto que ninguna de las dos ecuaciones resulta apropiada para la estimación de la resistencia en lechos con formas de fondo.

En la Figura 23 se han graficado los valores experimentales de C_* contra el logaritmo de Y/D para los datos de campo recopilados por Thompson y Campbell (1979). En línea llena se ha representado la ecuación de Thompson y Campbell (5.9), y en línea cortada la ecuación de Aguirre et al. (4.13) con los valores de α y β ajustados para esos datos. Los errores que para este conjunto de datos produjeron una y otra ecuación son los siguientes:

Ecuación de Thompson y Campbell (5.9): 15,83%

Ecuación de Aguirre et al. (4.13): 14,82%

Nuevamente aquí los errores en uno y otro caso son similares. Se observa en la Figura 23 que las dos ecuaciones de cálculo no son lineales, en escala semilogarítmica, siendo ésto un factor importante en el mejor ajuste de los resultados. Se puede hacer notar asimismo que para las mayores relaciones de Y/D_{50} las gráficas de ambas ecuaciones se vuelven líneas rectas prácticamente paralelas; indicando que tanto el término de corrección por efecto del bloqueo incluido en la ecuación (5.9) como el término de estela de la ecuación (4.13) dejan de tener influencia.

En la Figura 24 se muestran los valores experimentales de C_* contra el logaritmo de $Y/D^{8/4}$ para los datos de ríos de Inglaterra, recopilados por Bathurst (1985). En la gráfica la línea llena corresponde a la ecuación de Bathurst (5.11) mientras que la línea cortada representa la ecuación de Aguirre et al. (4.13) con los valores de α y β ajustados para este conjunto de datos. Los errores para una y otra ecuación son los siguientes:

Ecuación de Bathurst (5.11): 26,24%

Ecuación de Aguirre et al. (4.13): 20,78%

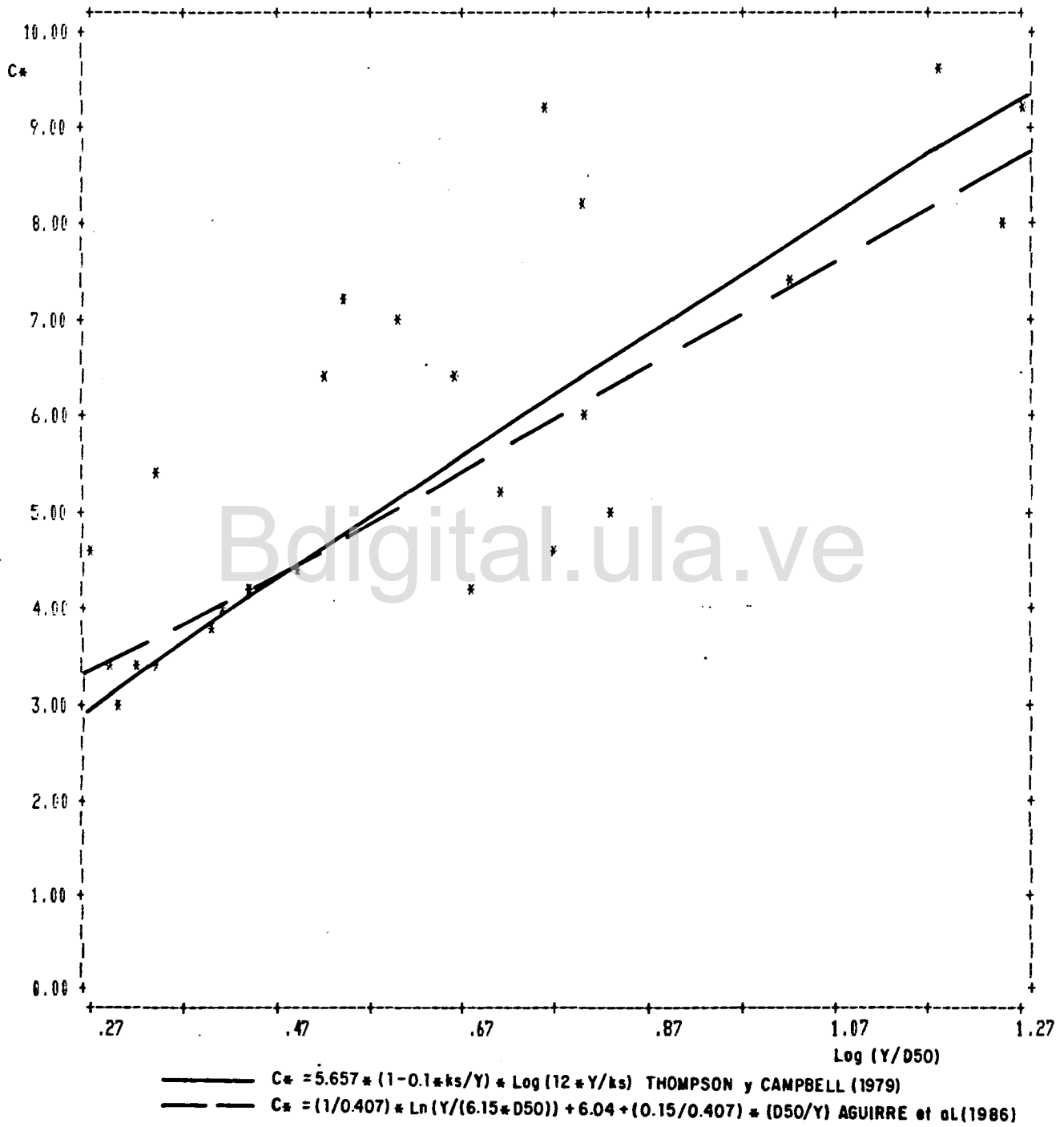


Figura 23.- Variación de C^* con $Y/D50$, para los datos de campo recopilados por Thompson y Campbell (1979).

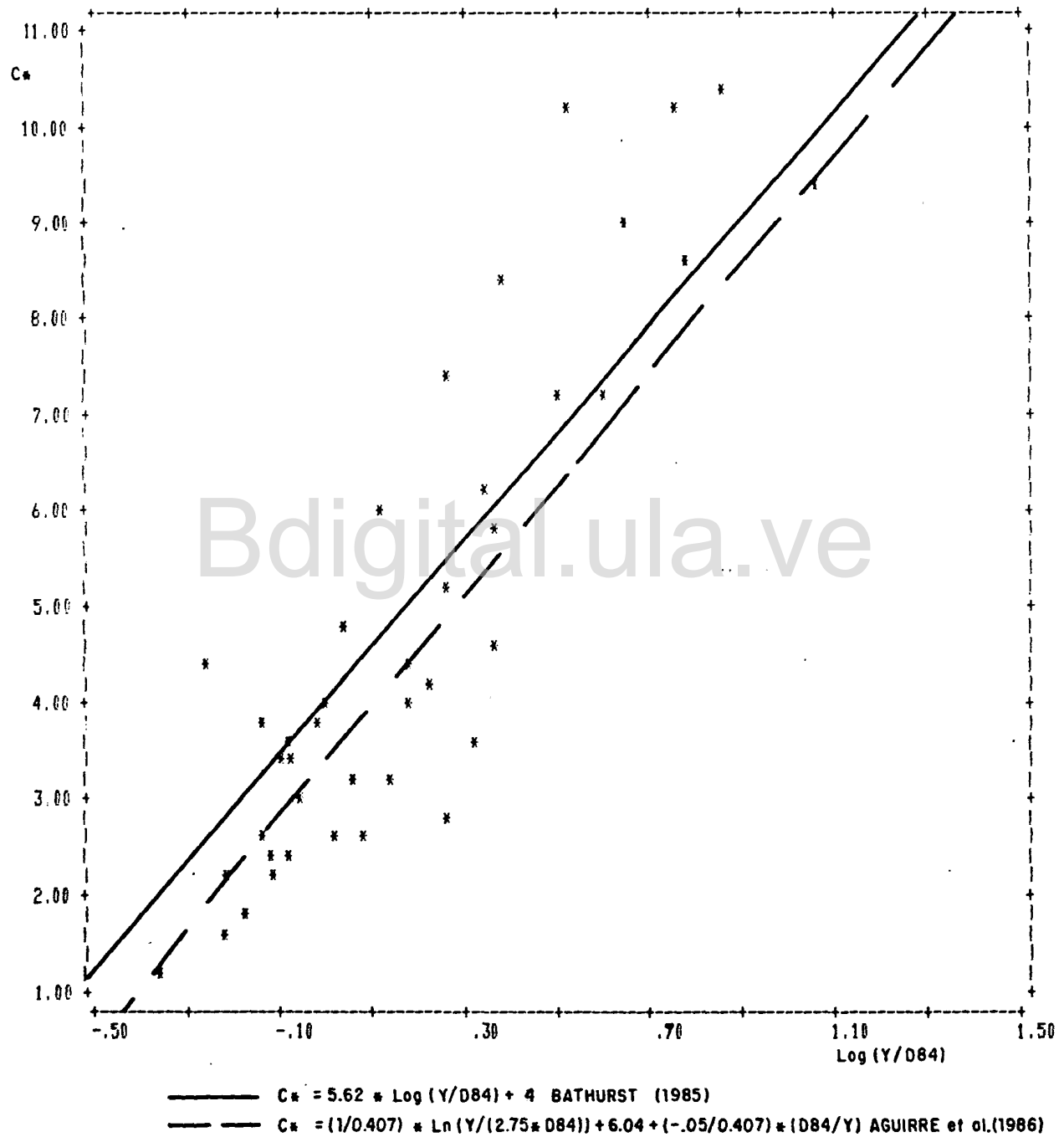


Figura 24.- Variación de C^* con $Y/D84$, para los datos de campo recopilados por Bathurst (1985).

Se observa en la Figura 24, que para este conjunto de datos, la ecuación de Aguirre et al. (4.13) se representa prácticamente como una recta en escala semilogarítmica. Esto es debido a que el valor de β resultante del ajuste es muy próximo a cero con lo que el efecto del término de estela se vuelve despreciable aun para valores pequeños de la relación $Y/D^{0.4}$.

Ambas ecuaciones tratan de ubicarse a lo largo del centro de la envolvente de los puntos experimentales. El hecho que la ecuación de Bathurst (5.11) provoque mayores errores puede deberse a que en su ajuste se incluyeron otros datos, tanto de campo como de laboratorio, además de los que se presentan en la Figura 24. Esto puede haber provocado el desplazamiento de la recta del centro de la envolvente de los puntos experimentales aquí empleados, generándose así un mayor error.

Para los datos de ríos de Nueva Zelandia presentados por Griffiths (1981) se llevó a cabo un análisis similar. Los valores experimentales de C_{*} contra el logaritmo de Y/D se graficaron en la Figura 25; la línea llena representa la ecuación de Griffiths (5.13), mientras que la línea cortada identifica a la ecuación de Aguirre et al. (4.13) con los valores de α y β ajustados para este conjunto de datos. Los errores resultantes de una y otra ecuación son los siguientes:

Ecuación de Griffiths (5.13): 19,24%

Ecuación de Aguirre et al. (4.13): 18,31%

Los errores provocados son muy similares y, si se observa la Figura 25, se ve que ambas ecuaciones se representan en forma muy próxima entre sí. Nuevamente aquí el efecto de estela es prácticamente despreciable para todo el rango experimental de $Y/D^{0.5}$, poniéndose de manifiesto la habilidad de la ecuación (4.13) para involucrar a las ecuaciones de tipo semilogarítmico siempre que se obtenga un ajuste apropiado del parámetro β .

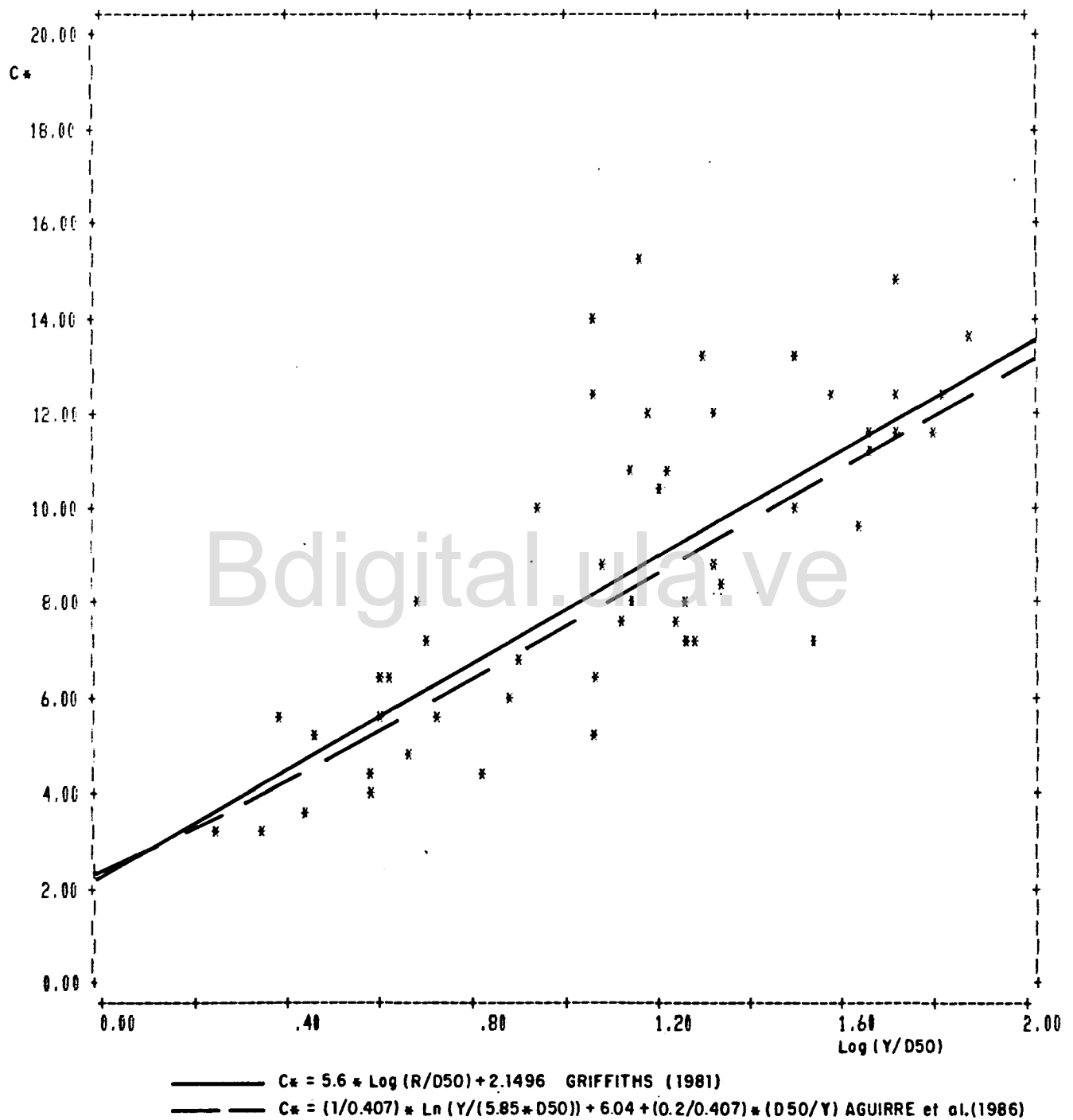


Figura 25.- Variación de C^* con $Y/D50$, para los datos de campo recopilados por Griffiths (1981).

En los cinco grupos de datos analizados la ecuación de Aguirre et al. (4.13) logró mejorar los resultados obtenidos por las correspondientes expresiones de tipo semilogarítmico ajustadas en cuatro de ellos con iguales datos que con los que se determinaron los parámetros α y β .

Este hecho pone de manifiesto que la estructura de la ecuación desarrollada por Aguirre et al. (1986) se adapta adecuadamente a todos los conjuntos de datos analizados, y se corresponde con las expresiones de tipo semilogarítmico en aquellos casos en que el valor ajustado de β resulte próximo a cero.

La variación de los parámetros α y β para los distintos grupos de datos analizados es una evidencia más de que la rugosidad relativa, Y/D , por sí sola no logra describir en forma completa los procesos de resistencia en escurrimientos macrorugosos.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1.- Se ha analizado en esta tesis una importante cantidad de datos correspondientes a variadas condiciones del escurrimiento y del contorno los cuales abarcaron desde lechos de gravas con escalas de rugosidad intermedias y pequeñas hasta lechos con grandes cantos rodados y relaciones de Y/D menores que la unidad. La aplicación a esta base de datos del modelo de cálculo de fricción desarrollado por Aguirre et al. (1986) y de las fórmulas de tipo semilogarítmico, permite concluir que no existe, dentro del marco analizado, una única fórmula, con parámetros constantes, que representen adecuadamente los efectos de fricción para todas las condiciones hidráulicas incluidas en el estudio.

2.- La estructura de la expresión de cálculo propuesta por Aguirre et al. (1986), ecuación (4.13), resultó la más apropiada para describir los procesos de resistencia en escurrimientos con escalas de rugosidad intermedias y grandes. En su aplicación a distintos grupos de datos, esta ecuación logró mejores resultados que las expresiones semilogarítmicas ajustadas para esos mismos datos.

3.- Del análisis experimental desarrollado no se obtuvieron evidencias acerca de la existencia de una relación funcional clara entre los parámetros α y β del modelo de cálculo propuesto por Aguirre et al. (1986) con alguna característica del escurrimiento o del contorno de fácil determinación. Esta situación hace necesario disponer de información previa que permita calibrar experimentalmente los parámetros antes de proceder a la aplicación del método de cálculo.

4.- La variación que presentan los parámetros α y β para distintos conjuntos de experimentos llevados a cabo sobre una única granulometría permite concluir que los valores que asuman estos parámetros, además de ser representativos de la configuración del contorno, deben ser función de la condición hidrodinámica del escurrimiento.

5.- Los resultados obtenidos de aplicar el modelo de cálculo desarrollado por Aguirre et al. (1986) a los datos de Bathurst et al. (1984) permiten afirmar que los valores de α y β determinados en condiciones de lecho rígido son factibles de aplicar al mismo medio físico cuando existen condiciones de transporte, siempre que no se presenten formas de fondo.

6.- El término de estela en la ecuación de Aguirre et al. (4.13) deja de tener influencia para relaciones entre la profundidad y la altura de rugosidad mayores que aproximadamente 10; este valor es variable de acuerdo a la magnitud del parámetro β .

7.- Los resultados obtenidos de la aplicación del modelo de cálculo de Aguirre et al. (1986) ponen de manifiesto la relación funcional que existe entre los parámetros α y β . Por ello los valores de α obtenidos por este método no tienen necesariamente que coincidir con los citados en la literatura, pues en general ellos se han determinado sin considerar el efecto de estela.

8.- El estudio permite concluir que tanto la aplicación del método de regresión lineal de la relación $C_* - C_{*0} = f_n(D/Y)$ así como la minimización del error medio, son procedimientos igualmente válidos para la determinación experimental de los parámetros α y β , obteniéndose en ambos casos resultados similares.

9.- Para los experimentos con lecho dividido de Taylor (1961), las dos metodologías de cálculo de resistencia sobre rugosidades compuestas propuestas por Aguirre (1987) y Fuentes (1987), brindaron resultados similares.

10.- En el análisis de los datos de campo se comprobó que, de las expresiones semilogarítmicas, la que generó mejores resultados fue la ecuación de Thompson y Campbell (5.9). Esta expresión se diferencia de las restantes en el hecho que introduce un factor de corrección al término logarítmico, el cual tiene en cuenta los efectos de bloqueo que puedan tener lugar en escurrimientos macrorugosos.

11. Ninguna de las ecuaciones utilizadas en este estudio demostró representar adecuadamente los efectos de resistencia para condiciones de fondo con antidunas.

Recomendaciones

1.- Llevar a cabo estudios adicionales con la intención de obtener alguna relación funcional que permita encontrar los valores de α y β a partir de características del escurrimiento y del contorno de fácil determinación.

2.- A partir de nuevos grupos de datos no incluidos en este trabajo, llevar a cabo la aplicación del método propuesto por Aguirre et al. (1986), seleccionando los valores de α y β de la Tabla 20 en base a condiciones similares de uno o más de los parámetros hidráulicos considerados en la misma. Comparar los valores de α y β así obtenidos con los resultados a partir del ajuste de los datos experimentales, determinando la variación en el error producido por uno y otro juego de parámetros.

3.- Desarrollar un estudio comparativo de errores entre los proporcionados por el modelo de Aguirre et al. (1986) con valores estimados de α y β , Tabla 20, y los de diversas fórmulas de tipo semilogarítmicas no ajustadas específicamente para los grupos de datos en estudio.

4.- Utilizar, para condiciones experimentales similares a las de Taylor (1961) sobre lechos de rugosidad compuesta, la metodología de Aguirre (1987) debido a su mayor sencillez de aplicación.

5.- No aplicar las ecuaciones de tipo semilogarítmicas a condiciones diferentes de las que les dieron origen. Si bien se comprobó la eficacia de algunas expresiones fuera del rango en que fueron creadas, este hecho debería verificarse en cada caso en estudio.

6.- Ampliar y perfeccionar el banco de datos aquí recopilado, a los fines de precisar los parámetros involucrados en los procesos de resistencia en escurrimientos macrorugosos, en base a una caracterización hidrodinámica de los experimentos.

Bdigital.ula.ve

C.C.Reconocimiento

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- Aguirre, J. 1987. Notas sobre el desarrollo de un modelo de cálculo de fricción en superficies de rugosidad compuesta que considera velocidad media constante en la sección. Mérida. Comunicación personal.
- Aguirre, J. 1988. Banco de datos sobre elementos macrorugosos. Informe inédito. Laboratorio de Hidráulica. Universidad de Los Andes, Mérida.
- Aguirre, J., Fuentes, R. y Oliveros, M. 1986. Una fórmula para la fricción en escurrimientos macrorugosos a superficie libre. XII Congreso Latinoamericano de Hidráulica, San Pablo.
- Aguirre, J. y Fuentes, R. 1988. Un modelo para la fricción en escurrimientos en canales con macrorugosidades uniformes y compuestas. XIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica, La Habana.
- Alam, M. S. y Kennedy, J. F. 1969. Friction factor for flows in sand bed channels. Journal of the Hydraulics Division, ASCE. Vol. 95. # HY6.
- Ashida, K. y Bayazit, M. 1973. Initiation of motion and roughness of flows in steep channels. Fifteenth Congress of the International Association for Hydraulic Research, Estambul.
- Bathurst, J. C. 1977. Resistance to flow in rivers with stony beds. Tesis presentada en cumplimiento de los requerimientos para alcanzar el grado de Ph. D. en la Universidad de East Anglia, Londres.
- Bathurst, J. C. 1978. Flow resistance of large scale roughness. Journal of the Hydraulics Division. ASCE. Vol. 104 # HY12.
- Bathurst, J. C. 1982. Theoretical aspects of flow resistance, Gravel-bed rivers. Editado por R. D. Hey, J. C. Bathurst, y C. R. Thorne, John Wiley & Sons Ltd., Nueva York.
- Bathurst, J. C. 1985. Flow resistance estimation in mountain rivers. Journal of Hydraulic Engineering. ASCE. Vol. 111. # 4.
- Bathurst, J. C., Li, R. M. y Simons, D. B. 1979. Hydraulics of mountain rivers. Colorado State University. Publicación CER- 79JC-RML-DBS55
- Bathurst, J. C., Cao, H. H. y Graf, W. H. 1984. Hydraulics and Sediment Transport in a Steep Flume. Laboratoire d'hydraulique, Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, Lausana, Suiza. Institute of Hydrology, Wallingford, Oxford.

- Bayazit, M. 1976. Free Surface flow in a channel of large relative roughness. Journal of Hydraulic Research. Vol. 14. # 2.
- Bray, D. I. 1982. Flow resistance in gravel bed rivers. Gravel bed rivers. Editado por R.D. Hey, J.C. Bathurst y C.R. Thorne. John Wiley & Sons Ltd., Nueva York.
- Brownlie, W.R. 1981. Compilation of alluvial channel data: laboratory and field. California Institute of Technology, Pasadena, California. Informe # KH-R-43B.
- Clauser, F.H. 1954. Turbulent boundary layer in adverse pressure gradients. Journal of Aeronautics Sciences. Vol. 21. # 2.
- Clauser, F.H. 1956. The turbulent boundary layer. Advanced in Applied Mechanics. Vol. 4.
- Colebrook, C.F. 1939. Turbulent flow in pipes, with particular reference to the transition region between the smooth and rough pipes laws. Journal Instn. Civil. Engrs, Londres. Vol. 11, publicación # 5204.
- Coles, D. 1956. The Law of the Wake in the turbulent boundary layer. Journal of Fluid Mechanics. Vol. 1, # 2.
- Chow, V.T. 1959. Open Channel Hydraulics, Mc Graw Hill Book, Nueva York.
- Daily, J. y Harleman, D. 1969. Dinámica de los fluidos con aplicaciones en Ingeniería. F. Trillas. S.A., México.
- Einstein, H. A. y Barbarossa, N. L. 1952. River channel roughness. Transaction. ASCE. Vol. 117. Publicación # 2528.
- Engelund, G. 1966. Hydraulic resistance in alluvial streams. Journal of the Hydraulics Division. ASCE. Vol. 92. # HY2.
- Fuentes, R. 1987. Notas sobre el desarrollo de un modelo de cálculo de fricción en superficies de rugosidad compuesta que considera tensión de corte entre franjas de rugosidad diferenciadas, Caracas. Comunicación personal.
- Graf, W. 1984. Flow resistance for steep, mobile channels. Seminario su Idraulica del Territorio Montano, Università di Padova, Bressanone.
- Griffiths, G.A. 1981. Flow resistance in coarse gravel bed rivers. Journal of the Hydraulics Division. ASCE. Vol. 107. # HY7.
- Hama, F.R. 1954. Boundary-layer characteristics for smooth and rough surface. Transactions. Society Naval Architects Marine Engrs. Vol. 62.

- Hey, R.D. 1979. Flow resistance in gravel bed rivers. Journal of the Hydraulics Division. ASCE. Vol. 105. # HY4,
- Judd, H.E. 1963. A study of bed characteristics in relation to flow in rough, high-gradient, natural channels. Disertación de Ph.D. Utah State University, Logan.
- Judd, H.E. y Peterson, D.F. 1969. Hydraulics of large bed elements channels. Utah Water Research Laboratory, Utah State University, Logan.
- Keulegan, G.H. 1938. Laws of turbulent flow in open channels. Journal of Research (National Bureau of Standards, Washington, Estados Unidos). Vol. 21. Publicación de Investigación # 1151.
- Leopold, L.B., Wollman, M. G. y Miller, J. P. 1964. Fluvial Processes in Geomorphology. W.H. Freeman and company, San Francisco.
- Lovera, F. y Kennedy, J.F. 1969. Friction factor for flat bed flows in sand channels. Journal of the Hydraulics Division. ASCE. Vol. 95. # HY4.
- Mirajgaoaker, A.G. y Charlú, K.L.N. 1963. Natural roughness effects in rigid open channels. Journal of the Hydraulics Division. ASCE. Vol. 89, # HY5.
- Montes, S. 1968. Una nueva teoría del escurrimiento bidimensional sobre un contorno con rugosidad artificial. III Congreso Latinoamericano de AIH, La Plata.
- Perry, A. E. y Joubert, P. N. 1963. Rough-wall boundary layers in adverse pressure gradients. Journal of Fluid Mechanics. Vol. 17. # 2.
- Ramírez, M. 1987. Un modelo matemático de flujo sobre rugosidades compuestas. Tesis para optar al grado de Magister Scientiae. CIDIAT. Universidad de Los Andes, Mérida.
- Roberson, J.A. y Chen, C.K. 1970. Flow in conduits with low roughness concentration. Journal of the Hydraulics Division. ASCE. Vol. 96. # HY4.
- Rouse, H. 1946. Elementary mechanics of fluids. John Wiley & Sons, Inc. , Nueva York.
- Rouse, H. e Ince, S. 1963. History of Hydraulics. Dover Publications, Nueva York.
- Sayre, W.W. y Albertson, M.L. 1961. Roughness spacing in rigid open channels. Journal of the Hydraulics Division. ASCE. Vol. 87. # HY3.
- Simons, D.B. y Senturk, F. 1977. Sediment transport technology. Water Resource Press. Fort Collins, Colorado.

- Taylor, R.H. 1961. Exploratory studies of open-channel flow over boundaries of laterally varying roughness. California Institute of Technology. Pasadena, California. Informe # KH-R-4.
- Thompson, S.M. y Campbell, P.L. 1979. Hydraulics of a large channel paved with boulder. Journal of Hydraulic Research. Vol. 17. # 4.
- Thorne, C.R. y Zevenbergen, L.W. 1985. Estimating mean velocity in mountain river. Journal of Hydraulic Engineering. ASCE. Vol. 111. # 4.
- Wollman, M.G. 1954. A method of sampling coarse river bed material. Transaction of the American Geophysical Union. Vol. 35. # 6.
- Yalin, M.S. 1977. Mechanics of sediment transport. Segunda edición. Pergamon Press, Londres.

Bdigital.ula.ve

C.C.Reconocimiento

APENDICE "A"

PROGRAMAS UTILIZADOS

Bdigital.ula.ve

C.C.Reconocimiento

PROGRAMAS UTILIZADOS

Los programas utilizados en esta tesis fueron escritos en lenguaje Fortran 77 e implementados en una computadora HP-1000.

Se emplearon tres programas principales y una subrutina de graficación de resultados.

En cada uno de los programas principales, cuyo listado se presenta en este Apéndice, se detalla la finalidad de los mismos, los datos de entrada requeridos y las variables resultantes del proceso de cálculo.

Se debe hacer notar que, dada la variación en las características de la información básica del estudio, los programas debieron sufrir modificaciones para posibilitar su adaptación a los distintos grupos de datos.

Bdigital.ula.ve

```

00001 $FILES(0,4)
00002 C
00003 C   PROGRAMA QUE CALCULA LAS RELACION C* - C*0 CONTRA D/Y
00004 C   AJUSTA MEDIANTE REGRESION LINEAL UNA RECTA QUE PASE POR EL ORIGEN
00005 C   DETERMINA EL COEFICIENTE DE CORRELACION LINEAL
00006 C   DETERMINA LOS VALORES DE LOS PARAMETROS ALFA Y BETA DEL MODELO DE
00007 C   CALCULO DE FRICCION CON EFECTO DE ESTELA (AGUIRRE, et al, 1986)
00008 C
00009 C   LOS DATOS DE ENTRADA AL PROGRAMA SON:
00010 C   ALFA: VALOR INICIAL DE PRUEBA PARA EL COMIENZO DEL TANTEO
00011 C   N: NUMERO DE DATOS DE LA SERIE
00012 C   PRECI: PRECISION PARA EL CALCULO DE ALFA
00013 C   AINC2: INCREMENTO DE ALFA
00014 C   Y: PROFUNDIDAD MEDIA
00015 C   Q: CAUDAL
00016 C   R: RADIO HIDRAULICO
00017 C   S: PENDIENTE
00018 C   D: DIAMETRO DE SEDIMENTO CONSIDERADO
00019 C   AREA: AREA DE LA SECCION
00020 C
00021 C   VARIABLES CALCULADAS POR EL PROGRAMA
00022 C   C: COEFICIENTE ADIMENSIONAL DE CHEZY EXPERIMENTAL "C*"
00023 C   CL: COEF. ADIMENSIONAL DE CHEZY EN BASE A LA LEY LOGARITMICA "C*0"
00024 C   BETA: COEFICIENTE BETA DEL MODELO DE CALCULO DE AGUIRRE, et al (1986)
00025 C   ALFA: COEFICIENTE ALFA DEL MODELO DE CALCULO DE AGUIRRE, et al (1986)
00026 C   H: COEFICIENTE DE CORRELACION DE LA REGRESION LINEAL
00027 C
00028   PROGRAM BETA
00029   DIMENSION Y(60),V(60),R(60),S(60),DIF(60),REL(60),AREA(60)
00030   1,Q(60),D(60),T(60)
00031   OPEN (14,FILE='?BE',STATUS='OLD')
00032   OPEN (15,FILE='?BE1',STATUS='OLD')
00033   OPEN (12,FILE='*BE',STATUS='NEW')
00034   OPEN (13,FILE='*BE1',STATUS='NEW')
00035   G= 9.80665
00036   WRITE (1,*) 'DE EL NUMERO DE DATOS DE LA SERIE '
00037   READ(1,*)N
00038   WRITE (1,*) 'DE EL VALOR DE LA PRECISION PARA EL CALCULO DE ALFA'
00039   READ (1,*) PRECI
00040   WRITE (1,*) 'DE INCREMENTO DE ALFA'
00041   READ (1,*) AINC2
00042   WRITE (12,105)
00043 105  FORMAT (5X,'CALCULO DE LA RELACION "C* - C*0" -- "D/Y" ,/,
00044   15X,'CON CORRECCION POR EFECTO DE PARED',/)
00045   WRITE (12,110) ALFA
00046 110  FORMAT (5X,'ALFA = ',F6.4,/,5X,/)
00047   WRITE (12,115)
00048 115  FORMAT (5X,'ORDEN PROF.  VELOC.  PEND.  R.H.  AREA  V*'

```

```

00049 1, ' C* DIAM. Co* C*-C* D/Y'
00050 WRITE (12,120)
00051 120 FORMAT (5X, ' m. m/s m. m.cuad. m/s'
00052 1, ' m. ',/)
00053 35 WRITE (1,*) ' DE EL VALOR INICIAL DE ALFA, Y DE D50 '
00054 READ (1,*) ALFA,D50
00055 WRITE (1,*) 'SI QUIERE DESCONTAR CAUDAL ENTRE PIEDRAS INGRESE 2
00056 1SINO 1'
00057 READ (1,*) LLAVE
00058 37 CONTINUE
00059 READ (14,*)(Y(I),S(I),Q(I),R(I),DB1,D(I),AREA(I),I=1,N)
00060 DO I=1,N
00061 YO=Y(I)
00062 IF (LLAVE.EQ.1) GO TO 506
00063 READ (15,*) Q2
00064 Q(I) = Q(I)-Q2
00065 C
00066 C DIRECCIONAMIENTO PARA EL CASO QUE EL RADIO HIDRAULICO CORREGIDO ES DATO
00067 C
00068 C
00069 506 V(I)=Q(I)/AREA(I)
00070 WRITE (1,*) 'SI DESEA CORRECCION POR EFECTO DE PARED INGRESE 1 SINO
00071 1 0'
00072 READ (1,*) OPC
00073 IF (OPC.EQ.1) THEN
00074 C
00075 C CORRECCION DEL RADIO HIDRAULICO POR EFECTO DE PARED
00076 C
00077 F=8*G*R(I)*S(I)/V(I)**2
00078 RE=V(I)*R(I)/0.000001
00079 REF=RE/F
00080 WRITE (1,*) 'Re/f = ',REF
00081 K1=1
00082 FWP=0.05
00083 88 FW=((.159/REF**.237)+(0.0032*FWP**.237))**(1/1.237)
00084 WRITE (1,*) 'FW = ',FW
00085 D1=ABS(FWP-FW)
00086 IF (D1.LT.0.0005) THEN
00087 GO TO 99
00088 ELSE
00089 FWP=FW
00090 WRITE (1,*) 'ITERACION NUMERO:',K1
00091 K1=K1+1
00092 GO TO 88
00093 ENDIF
00094 WRITE (1,*) 'DE EL VALOR DE fw PARA Re/f = ',REF
00095 READ(1,*)FW
00096 99 FB=F+2*(Y(I))*(F-FW)/T(I)

```

```

00097      R(I)=FB*V(I)**2/(8*G*S(I))
00098      ELSE
00099      ENDDIF
00100      V1=SQRT(G*P(I)*S(I))
00101      C=V(I)/V1
00102      CL= 2.5*ALOG(Y0/ALFA/D(I))+6
00103      DIF(I)=C-CL
00104      REL(I)=D(I)/Y0
00105      Y01=Y(I)
00106 C
00107 C      IMPRESION DE RESULTADOS
00108 C
00109      WRITE (12,125) I,Y01,V(I),S(I),R(I),AREA(I),V1,C,D(I),CL,
00110      1DIF(I),REL(I)
00111 125  FORMAT(7X,I2,2X,F6.4,2X,F5.3,3X,F6.5,3X,F5.3,3X,F7.3,3X,F5.3,3X,
00112      1F6.3,3X,F5.4,3X,F6.3,2X,F6.3,2X,F5.3)
00113      ENDDO
00114      WRITE (1,*)'DE VALORES DE NSYM,INDEX,IDX,IDY,XMAX,XMIN,YMAX,
00115      1YMIN,IMP'
00116      READ (1,*)NSYM,INDEX,IDX,IDY,XMAX,XMIN,YMAX,YMIN,IMP
00117      CALL PLOT (N,REL,DIF,4HD/Y ,4HC-CO,NSYM,INDEX,IDX,IDY,
00118      1XMAX,XMIN,YMAX,YMIN,IMP)
00119 C
00120 C      CALCULO DE LA ECUACION DE LA RECTA DE REGRESION Y DEL COEFICIENTE DE CORRELACION
00121 C
00122      ZI=0
00123      ZJ=0
00124      ZK=0
00125      ZL=0
00126      ZM=0
00127      P=10.**97
00128      Q=-P
00129      R=P
00130      Q=0
00131      DO IB=1,N
00132      ZI=ZI+REL(IB)
00133      ZJ=ZJ+DIF(IB)
00134      ZK=ZK+REL(IB)*REL(IB)
00135      ZL=ZL+REL(IB)*DIF(IB)
00136      ZM=ZM+DIF(IB)*DIF(IB)
00137      IF (P.GT.REL(IB))THEN P=REL(IB)
00138      IF (Q.LT.REL(IB))THEN Q=REL(IB)
00139      IF (R.GT.DIF(IB))THEN R=DIF(IB)
00140      IF (Q.LT.DIF(IB))THEN Q=DIF(IB)
00141      ENDDO
00142      ZI=ZI/N
00143      ZJ=ZJ/N
00144      ZK=ZK-N*ZI*ZI

```



```

00145      ZL=ZL-N*ZI*ZJ
00146      ZM=ZM-N*ZJ*ZJ
00147      H=SQRT(ZK*ZM)
00148      H=ZL/H
00149      COV=ZL/(N-1)
00150      ZS=ZL/ZK
00151      ZT=ZJ-ZS*ZI
00152      WRITE (13,200) H,ZS,ZT
00153      WRITE (12,200)H,ZS,ZT
00154 200  FORMAT (//,5X,'COEF. DE CORRELACION: ',
00155             1F7.5,/,5X,'LA ECUACION DE REGRESION ES:   C*-C*0 = ',F7.5,1X,
00156             1'D/Y + (',F8.5,' )',/)
00157 C
00158 C      CALCULO DEL PARAMETRO BETA
00159 C
00160      BETA= ZS*.407
00161      WRITE (13,210)ALFA,BETA
00162      WRITE (12,210)ALFA,BETA
00163 210  FORMAT (5X,'ALFA = ',F7.5,5X,'BETA =',F7.5)
00164      AZT = ABS(ZT)
00165      WRITE (1,*) 'ALFA: ',ALFA,' ORDENADA: ',ZT
00166      IF (AZT.LT.PREC1) THEN
00167          GO TO 888
00168      ENDIF
00169      ALFA =ALFA+AINC2
00170      REWIND (14)
00171      REWIND (15)
00172      GO TO 37
00173 888  WRITE (1,220) H,BETA,ALFA
00174 220  FORMAT (5X,'COEF DE CORRELACION: ',F7.5,4X,
00175             1'BETA: ',F7.5,4X,4X,'ALFA: ',F7.5,/)
00176 101  END

```

```

00001 *FILES(0,2)
00002 C   PROGRAMA QUE CALCULA EL COEF. DE CHEZY ADIMENSIONAL SOBRE SUPERFI-
00003 C   CIES COMPUESTAS EN BASE A DOS MODELOS:
00004 C   - CONSIDERANDO VELOCIDAD MEDIA CONSTANTE PARA LAS DISTINTAS FAJAS
00005 C     DE RUGOSIDAD (MODELO DE AGUIRRE)
00006 C   - CONSIDERANDO VELOCIDAD MEDIA VARIABLE PARA LAS DISTINTAS FAJAS
00007 C     DE RUGOSIDAD (MODELO DE FUENTES)
00008 C
00009 C   EL PROGRAMA ESTA DESARROLLADO PARA RESOLVER EL METODO DE FUENTES EN
00010 C   UNA SECCION RECTANGULAR CUYO FONDO ES MITAD LISO Y MITAD RUGOSO
00011 C
00012 C   DATOS DE ENTRADA AL PROGRAMA
00013 C   ALL1: LONGITUD LISA DEL FONDO
00014 C   ALR: LONGITUD RUGOSA DEL FONDO
00015 C   D: DIAMETRO DE SEDIMENTO CONSIDERADO
00016 C   ALFA: VALOR DEL COEFICIENTE ALFA
00017 C   BETA: VALOR DEL COEFICIENTE BETA
00018 C   AJ: VALOR DEL COEFICIENTE LAMBDA
00019 C   NU: NUMERO DE DATOS DE LA SERIE
00020 C   Y: PROFUNDIDAD MEDIA
00021 C   S: PENDIENTE
00022 C   V: VELOCIDAD MEDIA
00023 C   R: RADIO HIDRAULICO
00024 C
00025 C   VARIABLES CALCULADAS POR EL PROGRAMA
00026 C   C: COEFICIENTE ADIMENSIONAL DE CHEZY EXPERIMENTAL "C*"
00027 C   CO: COEFICIENTE ADIMENSIONAL DE CHEZY CORRESPONDIENTE AL CONTORNO LISO
00028 C   CR: COEFICIENTE ADIMENSIONAL DE CHEZY CORRESPONDIENTE AL CONTORNO RUGOSO
00029 C   CT: COEFICIENTE ADIMENSIONAL DE CHEZY TOTAL PARA LA SECCION DE RUGOSIDAD COMPUESTA
00030 C   DIF: ERROR PORCENTUAL EN EL CALCULO DE COEFICIENTE ADIMENSIONAL DE CHEZY
00031 C   REL1: RELACION ENTRE EL VALOR CALCULADO Y EL EXPERIMENTAL DEL COEFICIENTE DE CHEZY
00032 C
00033 C   PROGRAM CALC
00034 C   DIMENSION Y(30),S(30),V(30),R(30),REL(30),REL1(30)
00035 C   OPEN (14,FILE='?MM',STATUS='OLD')
00036 C   OPEN (12,FILE='*MM',STATUS='NEW')
00037 C   G=9.80665
00038 C   VISC=0.000001
00039 C   WRITE (1,*)'DE VALORES DE LONG. LISA Y RUGOSA EN METROS'
00040 C   READ(1,*) ALL1, ALR
00041 C   WRITE (1,*)'DE VALOR DE LA ALTURA DE RUGOSIDAD'
00042 C   READ(1,*) D
00043 C   WRITE (1,*) 'INGRESE VALORES DE ALFA, BETA Y LAMBDA'
00044 C   READ (1,*)ALFA, BETA, AJ
00045 C   WRITE (1,*) 'INGRESE NUMERO DE EXPERIMENTOS'
00046 C   READ (1,*) NU
00047 C   READ (14,*)(Y(I),S(I),V(I),R(I),I=1,NU)
00048 C   WRITE (12,100) D,ALFA,BETA,ALL1,ALR,AJ

```

```

00049 100  FORMAT(5X,'MODELO DE RUGOSIDAD COMPUESTA - VEL. MEDIA CONSTANTE',
00050 1//,5X,'DIAM.(m)= ',F6.4/,5X,'ALFA= ',F6.4/,5X,'BETA= ',F6.4/,
00051 15X,'LONG. FONDO LISO (m) = ',F6.4/,5X,'LONG. FONDO RUGOSO (m) = ',
00052 1F6.4/,5X,'LAMBDA = ',F6.4,/)
00053  WRITE (12,105)
00054 105  FORMAT (5X,'ORDEN PROF.  VELOC.  PEND.  R.H.  DIAM/Y  Cliso',
00055 1'  Crug.  Cttotal  Cexp.  Dif Z  ' Ct/C ')
00056  WRITE (12,110)
00057 110  FORMAT (5X,'          m.          m/s.          m.',/)
00058 C
00059 C  CALCULO DE C* EXPERIMENTAL
00060 C
00061  SUM = 0
00062  DO I=1,NU
00063  ALL=ALL1+2*Y(I)
00064  ALT=ALL+ALR
00065 C  WRITE (1,*)'LONG. LISA = ',ALL
00066  C=V(I)/SQRT(6*R(I)*S(I))
00067 C
00068 C  CALCULO DEL C* TEORICO LISO
00069 C
00070  RE=4*V(I)*R(I)/VISC
00071  CP=30
00072  K=1
00073 20  CO=2.457*ALOG(RE/CP)+5.5-2.457*2.386
00074 C  WRITE (1,115)CO,K
00075 115  FORMAT (5X,'CO= ',F8.5,'  ITERACION NUMERO = ',I2)
00076  K=K+1
00077  IF (ABS(CO/CP-1).GT.0.00001) THEN
00078  CP=CO
00079  GO TO 20
00080  ENDIF
00081 C
00082 C  CALCULO DEL C* TEORICO RUGOSO
00083 C
00084  CR=2.457*ALOG(Y(I)/D/ALFA)+6+BETA/0.407*D/Y(I)
00085 C
00086 C  CALCULO DEL C* TEORICO TOTAL
00087 C
00088  WRITE (1,*)'SI DESEA UTILIZAR EL METODO DE AGUIRRE INGRESE 1, SI DESEA U
00089  TILIZAR EL METODO DE FUENTES INGRESE 2'
00090  READ (1,*) IND
00091  IF (IND. EQ. 2)THEN
00092  AREA = (ALL1+ALR) *Y(I)
00093  ALO =ALL1*Y(I)
00094  A0=1 + AJ**2*Y(I)/ALO*CO**2
00095  A1=AJ**2*Y(I)/ALO*CR**2
00096  A2=-2*AJ**2*Y(I)/ALO*CO*CR

```

```

00097      A3=ALT*Y(I)*ALL1/ALD/AREA
00098      B0=(Y(I)/ALR)-(Y(I)*AJ**2*CO**2/ALR)
00099      B1=1-(AJ**2*Y(I)*CR**2/ALR)
00100      B2=2*AJ**2*Y(I)*CO*CR/ALR
00101      B3=Y(I)*ALT/AREA
00102      AK1=B1*A3-B3*A1
00103      AK2=B2*A3-B3*A2
00104      AK3=B0*A3-B3*A0
00105      U=-AK2/AK1/2-SQRT((AK2/AK1/2)**2-AK3/AK1)
00106      X0=SQRT(A3/(A0+A1*U**2+A2*U))
00107      XR=U*X0
00108 C
00109 C      CALCULO DEL C* TEORICO TOTAL
00110 C
00111      CT= CO*X0*Y(I)*ALL1/AREA+CR*XR*Y(I)*ALR/AREA
00112      ELSE
00113      CT= 1/SQRT(ALL/ALT/CO**2+ALR/ALT/CR**2)
00114      ENDIF
00115 C
00116 C      CALCULO DEL ERROR RELATIVO PORCENTUAL
00117 C
00118      DIF = (CT-C)/C*100
00119      REL(I)=D/Y(I)
00120      SUM=SUM+DIF**2
00121      REL1(I) = CT/C
00122 C
00123 C      IMPRESION DE RESULTADOS
00124 C
00125      WRITE (12,125)I,Y(I),V(I),S(I),R(I),REL(I),CO,CR,CT,C,DIF,REL1(I)
00126 125  FORMAT (7X,I2,2X,F6.4,2X,F5.3,3X,F6.5,3X,F5.4,3X,F5.3,4X,F6.3,
00127      12X,F6.3,2X,F6.3,3X,F6.3,3X,F6.3,4X,F5.3)
00128      ENDDO
00129      ERR= SQRT(SUM/NU)
00130      WRITE (12,*)AJ,ERR
00131 130  FORMAT (/ ,5X,'ERROR MEDIO CUAD.(%)= ',F7.4)
00132      WRITE (1,*)'DE VALORES DE NSYM,INDEX,IDX,IDY,XMAX,XMIN,YMAX,YMIN'
00133      READ(1,*)NSYM,INDEX,IDX,IDY,XMAX,XMIN,YMAX,YMIN
00134      IMP=12
00135      CALL PLOT(NU,REL,REL1,4HD/Y ,4HCt/C,NSYM,INDEX,IDX,IDY,
00136      1XMAX,XMIN,YMAX,YMIN,IMP)
00137      END

```

```

00001 $FILES(0,3)
00002 C   PROGRAMA QUE CALCULA EL COEFICIENTE DE RESISTENCIA ADIMENSIONAL
00003 C   DE CHEZY EN BASE A EXPRESIONES DE TIPO SEMILOGARITMICA
00004 C
00005 C   LAS ECUACIONES DE CALCULO UTILIZADAS SON
00006 C   ECUACION DE KARMAN-PRANDTL PARA CONTORNOS RUGOSOS
00007 C   ECUACION DE GRAF
00008 C   ECUACION DE THOMPSON Y CAMPBELL
00009 C   ECUACION DE BATHURST
00010 C   ECUACION DE GRIFFITHS
00011 C
00012 C   LOS DATOS DE ENTRADA AL PROGRAMA SON:
00013 C   N: NUMERO DE DATOS DE LA SERIE
00014 C   Y: PROFUNDIDAD MEDIA
00015 C   V: VELOCIDAD MEDIA o Q: CAUDAL
00016 C   R: RADIO HIDRAULICO
00017 C   S: PENDIENTE
00018 C   D50, D84: DIAMETROS CARACTERISTICOS
00019 C   AREA: AREA DE LA SECCION
00020 C   T: ANCHO SUPERFICIAL
00021 C
00022 C   LOS RESULTADOS QUE ARROJA EL PROGRAMA SON:
00023 C   C: COEFICIENTE ADIMENSIONAL DE CHEZY EXPERIMENTAL "Cx"
00024 C   C*c: COEF. ADIMENSIONAL DE CHEZY EN BASE A LA ECUACION DE PRANDTL-KARMAN
00025 C   C*c2: COEF. ADIMENSIONAL DE CHEZY EN BASE A LA ECUACION DE GRAF
00026 C   C*c3: COEF. ADIMENSIONAL DE CHEZY EN BASE A LA ECUACION DE THOMPSON Y CAMPBELL
00027 C   C*c4: COEF. ADIMENSIONAL DE CHEZY EN BASE A LA ECUACION DE BATHURST
00028 C   C*c5: COEF. ADIMENSIONAL DE CHEZY EN BASE A LA ECUACION DE GRIFFITHS
00029 C
00030   PROGRAM LOG
00031   DIMENSION Y(55),V(55),R(55),S(55),DIF(55),REL(55),D50(55),D84(55)
00032   1,C1(55),V1(55),REL1(55),REL2(55),REL3(55),REL4(55),REL5(55),Q(55)
00033   1,CT1(55),CT2(55),CT3(55),CT4(55),CT5(55),AREA(55),T(55)
00034   OPEN (14,FILE='?LO',STATUS='OLD')
00035   OPEN (12,FILE='*LO',STATUS='NEW')
00036   OPEN (13,FILE='*LO1',STATUS='NEW')
00037   G= 9.80665
00038   WRITE (1,*)'DE EL NUMERO DE DATOS DE LA SERIE Y ANCHO DEL CANAL'
00039   READ(1,*)N,T
00040   WRITE (12,105)
00041 105  FORMAT (33X,'CALCULO DEL COEFICIENTE DE CHEZY ADIMENSIONAL ',/
00042   1/,5X,'APLICACION DE DISTINTAS ECUACIONES DE TIPO LOGARITMICAS',/)
00043   WRITE (12,115)
00044 115  FORMAT (5X,'ORDEN PROF.  VELOC.  PEND.   R.H.    V* ',
00045   1'    C*    C*c1/C*   C*c2/C*   C*c3/C*   C*c4/C*   C*c5/C* ',
00046   1'  D/Y',)
00047   WRITE (12,120)
00048 120  FORMAT (5X,'      M.      M/S      M.      M/S',/)

```

```

00049      DO I =1,N
00050      READ (14,*)S(I),Q(I),Y(I),D50(I),D84(I),AREA(I)
00051      T(I)=W
00052 C      Y(I)=Y(I)-D50(I)
00053 C      AREA(I)=Y(I)*T(I)
00054      V(I)= Q(I)/AREA(I)
00055      R(I)=Y(I)
00056 C      R(I)=AREA(I)/(2*Y(I)+T(I))
00057 C      WRITE (1,*)'RADIO HIDRAULICO SIN CORREGIR',R(I)
00058 C
00059 C      DIRECCIONAMIENTO PARA EL CASO QUE EL RADIO HIDRAULICO CORREGIDO SEA DATO
00060 C
00061      WRITE (1,*)'SI DESEA CORRECCION POR EFECTO DE PARED INGRESE 1 SINO
00062      1 0'
00063      READ(1,*)OPC
00064      IF (OPC.EQ.1) THEN
00065 C
00066 C      CORRECCION DEL RADIO HIDRAULICO POR EFECTO DE PARED
00067 C
00068      F= 8*G*R(I)*S(I)/V(I)**2
00069      RE=V(I)*R(I)/0.000001
00070      REF=RE/F
00071 C      WRITE (1,*)'Re/f = ',REF
00072      K1=1
00073      FWP=0.05
00074 88      FW=((0.159/REF**.237)+(0.0032*FWP**.237))**(1/1.237)
00075 C      WRITE (1,*)'FW = ',FW
00076      D1=ABS(FWP-FW)
00077      IF (D1.LT.0.0005) THEN
00078      GO TO 99
00079      ELSE
00080      FWP=FW
00081 C      WRITE (1,*)'ITERACION NUMERO:',K1
00082      K1=K1+1
00083      GO TO 88
00084      ENDIF
00085 C      WRITE (1,*)'DE EL VALOR DE fw PARA Re/f = ',REF
00086      READ(1,*)FW
00087 99      FB=F+2*(Y(I))*(F-FW)/T(I)
00088      R(I)=FB*V(I)**2/(8*G*S(I))
00089      ELSE
00090      ENDIF
00091      V1(I)=SQRT(G*R(I)*S(I))
00092 C
00093 C      CALCULO DE LOS C* EXPERIMENTALES
00094 C
00095      C1(I)=V(I)/V1(I)
00096 C

```

```

00097 C    CALCULO DE LAS ECUACIONES LOGARITMICAS
00098 C
00099 C    ECUACION DE KARMAN-PRANDTL-CONTORNO RUGOSO
00100 C
00101      CT1(I)= -5.7417*ALOG10(D50(I)/4/R(I))+2.57387
00102      REL1(I)= CT1(I)/C1(I)
00103 C
00104 C    ECUACION DE GRAF
00105 C
00106      CT2(I)= 5.75*ALOG10(R(I)/D50(I))+3.25
00107      REL2(I)=CT2(I)/C1(I)
00108 C
00109 C    ECUACION DE THOMPSON Y CAMPBELL
00110 C
00111      FP=((1-0.1*(4.5*D50(I)/Y(I)))*2*ALOG10(12*Y(I)/4.5/D50(I)))**(-2)
00112      CT3(I)=SQRT(8/FP)
00113      REL3(I)=CT3(I)/C1(I)
00114 C
00115 C    ECUACION DE BATHURST
00116 C
00117      CT4(I)= 5.62*ALOG10(Y(I)/D84(I))+4
00118      REL4(I)= CT4(I)/C1(I)
00119 C
00120 C    ECUACION DE GRIFFITHS
00121 C
00122      CT5(I)=2.1496+5.6*ALOG10(R(I)/D50(I))
00123      REL5(I)=CT5(I)/C1(I)
00124 C
00125      REL(I)=D84(I)/Y(I)
00126      WRITE (12,125) I,Y(I),V(I),S(I),R(I),V1(I),C1(I),REL1(I),
00127      1REL2(I),REL3(I),REL4(I),REL5(I),REL(I)
00128 125  FORMAT(7X,I2,2X,F6.4,2X,F5.3,2X,F6.5,2X,F5.3,2X,F7.5,3X,F5.3,3X,
00129      1F6.3,5X,F5.4,4X,F6.3,3X,F6.3,5X,F5.3,2X,F6.4)
00130      ENDDO
00131 C
00132 C    CALCULO DE LOS ERRORES MEDIO PARA LAS DISTINTAS ECUACIONES DE CALCULO
00133 C
00134      DO I=1,N
00135      SUM1=SUM1+ABS(REL1(I)-1)
00136      SUM2=SUM2+ABS(REL2(I)-1)
00137      SUM3=SUM3+ABS(REL3(I)-1)
00138      SUM4=SUM4+ABS(REL4(I)-1)
00139      SUM5=SUM5+ABS(REL5(I)-1)
00140      ENDDO
00141      SUM1=SUM1/N*100
00142      SUM2=SUM2/N*100
00143      SUM3=SUM3/N*100
00144      SUM4=SUM4/N*100

```

```

00145      SUM5=SUM5/N*100
00146      WRITE (13,765)
00147 765   FORMAT (5X,'DETERMINACION DE LOS ERRORES MEDIO PARA LAS DISTIN',
00148         1'TAS ECUACIONES DE CALCULO',/)
00149      WRITE (13,766)SUM1,SUM2,SUM3,SUM4,SUM5
00150 766   FORMAT(5X,'ECUACION DE KARMAN-PRANDTL      ERROR MEDIO(Z):',F7.4,
00151         1//,5X,'ECUACION DE GRAF      ERROR MEDIO(Z):',F7.4,
00152         1//,5X,'ECUACION DE THOMPSON Y CAMPBELL ERROR MEDIO(Z):',F7.4,
00153         1//,5X,'ECUACION DE BATHURST      ERROR MEDIO(Z):',F7.4,
00154         1//,5X,'ECUACION DE GRIFFITHS      ERROR MEDIO(Z):',F7.4,/)
00155      NSYM=1
00156      INDEX=1
00157      IMP=13
00158      WRITE (1,*)'DE VALORES DE IDX e IDY'
00159      READ (1,*)IDX,IDY
00160      WRITE (1,*)'DE VALORES DE XMAX,XMIN,YMAX,YMIN'
00161      READ (1,*)XMAX,XMIN,YMAX,YMIN
00162      CALL PLOT (N,REL,REL1,4HD/Y ,4HC1/C,NSYM,INDEX,IDX,IDY,
00163         1XMAX,XMIN,YMAX,YMIN,IMP)
00164      NSYM=2
00165      INDEX=3
00166      CALL PLOT(N,REL,REL2,4HD/Y ,4HC1/C,NSYM,INDEX,IDX,IDY,
00167         1XMAX,XMIN,YMAX,YMIN,IMP)
00168      NSYM=3
00169      INDEX=3
00170      CALL PLOT(N,REL,REL3,4HD/Y ,4HC1/C,NSYM,INDEX,IDX,IDY,
00171         1XMAX,XMIN,YMAX,YMIN,IMP)
00172      NSYM=4
00173      INDEX=3
00174      CALL PLOT(N,REL,REL4,4HD/Y ,4HC1/C,NSYM,INDEX,IDX,IDY,
00175         1XMAX,XMIN,YMAX,YMIN,IMP)
00176      NSYM=6
00177      INDEX=4
00178      CALL PLOT(N,REL,REL5,4HD/Y ,4HC1/C,NSYM,INDEX,IDX,IDY,
00179         1XMAX,XMIN,YMAX,YMIN,IMP)
00180 101   END
00181

```



```

00001 C
00002 C      SUBROUTINA QUE LLEVA A CABO LA GRAFICACION DE LAS VARIABLES
00003 C      CALCULADAS POR LOS PROGRAMAS PRINCIPALES UTILIZADOS EN ESTE TESIS
00004 C
00005 C      SUBROUTINE PLOT (N,X,Y,XLABEL,YLABEL,NSYM,INDEX,IDX,IDY,
00006 C      * XMAX,XMIN,YMAX,YMIN,IMP)
00007 *
00008 *      Grafico de una malla de 51 x 101 puntos.
00009 *
00010 *      N      = Numeros de puntos      NSYM = Indice del simbolo de ploteo
00011 *      NSYM(1) = 0      NSYM(2) = +      NSYM(3) = *
00012 *      NSYM(4) = -      NSYM(5) = .      NSYM(6) = X
00013 *      X      = Vector del eje X      Y      = Vector del eje Y
00014 *      XLABEL = rotulo del eje X      (cuatro letras)
00015 *      YLABEL = " " " " Y      " " "
00016 *      INDEX = Indice para indicar si se va a plotear 1 o mas graficas en
00017 *      una misma pagina.
00018 *      INDEX = 1, Se limpia la matriz de la grafica, se plotea , pero no se
00019 *      imprime
00020 *      INDEX = 2, Se limpia la matriz, se plotea y se imprime la grafica
00021 *      INDEX = 3, No se limpia la matriz, se plotea, pero no se imprime la
00022 *      grafica
00023 *      INDEX = 4, No se limpia la matriz, se plotea y luego se imprime
00024 *      la grafica
00025 *      IDX = 1, La subrutina calcula la escala en el eje X
00026 *      IDX = 2, La escala en el eje X es dada.
00027 *      IDY = 1, La subrutina calcula la escala en el eje Y
00028 *      IDY = 2, la escala en el eje Y es dada.
00029 *      YMAX = maximo valor de Y, IDY=2 . YMIN= minimo valor de Y, IDY=2
00030 *      XMAX = maximo valor de X      XMIN = minimo valor de X
00031 *
00032 C      DIMENSION X(N),Y(N)
00033 C      DIMENSION XSCALE(6), ISYM(6)
00034 C      DIMENSION MAP(51,101)
00035 C      DATA ISYM/2H0 ,2H+ ,2H* ,2H- ,2H. ,2Hx / ,IBLANK/2H /
00036 C      IF (IDX .EQ. 1) then
00037 C          XMAX = -99E+30
00038 C          XMIN = +99E+30
00039 C          DO I = 1,N
00040 C              IF (X(I) .GT. XMAX) XMAX =X(I)
00041 C              IF (X(I) .LT. XMIN) XMIN =X(I)
00042 C          END DO
00043 C      END IF
00044 *
00045 C      IF (IDY .EQ. 1) then
00046 C          YMAX = -99E+30
00047 C          YMIN = +99E+30
00048 C          DO I = 1,N

```

```

00049         IF (Y(I) .GT. YMAX) YMAX =Y(I)
00050         IF (Y(I) .LT. YMIN) YMIN =Y(I)
00051     END DO
00052 END IF
00053 40 GO TO (50,50,70,70),INDEX
00054 50 DO 60 I=1,51
00055     DO 60 J=1,101
00056     60 MAP(I,J) = IBLANK
00057 70 DELTAX = (XMAX-XMIN)/100.
00058     DELTAY = (YMAX-YMIN)/50.
00059     DO 80 I=1,N
00060     NX=(X(I)-XMIN)/DELTAX + 1. + 0.5
00061     IF(NX.LT.1.OR.NX.GT.101) GO TO 80
00062     NY = (Y(I) - YMIN)/DELTAY + 1. + 0.5
00063     IF(NY.LT.1.OR.NY.GT.51) GO TO 80
00064     MAP(NY,NX) = ISYM(NSYM)
00065 80 CONTINUE
00066     GO TO (200,90,200,90),INDEX
00067 90 WRITE(IMP,100)
00068 100 FORMAT(18X,1H+,10(10H-----+))
00069     DO 160 I=1,51
00070     J=52-I
00071     IF(MOD(I,5).NE.1) GO TO 140
00072     IF(I.GT.4) GO TO 120
00073     AI = I - 1
00074     SCALE = YMAX - AI*DELTAY
00075     WRITE(IMP,110) YLABEL,SCALE,(MAP(J,K),K=1,101)
00076 110 FORMAT(1X,A4,F11.2,1X,1H+,101A1,1H+)
00077     GO TO 160
00078 120 AI = I-1
00079     SCALE = YMAX - AI*DELTAY
00080     WRITE(IMP,130)SCALE,(MAP(J,K),K=1,101)
00081 130 FORMAT(5X,F11.2,1X,1H+,101A1,1H+)
00082     GO TO 160
00083 140 WRITE(IMP,150) (MAP(J,K),K=1,101)
00084 150 FORMAT(17X,1H1,101A1,1H1)
00085 160 CONTINUE
00086     WRITE(IMP,170)
00087 170 FORMAT(1H ,17X,1H+,10(10H-----+))
00088     DO 180 I=1,6
00089     AI = 20.0*(I-1)
00090 180 XSCALE(I) = XMIN + AI*DELTAX
00091     WRITE(IMP,190) XSCALE,XLABEL
00092 190 FORMAT(11X,F11.2,5(9X,F11.2)/,71X,A4)
00093 200 RETURN
00094 END

```

APENDICE "B"

DATOS EMPLEADOS EN EL ESTUDIO

- Datos de Taylor (1961)
- Datos de Aguirre (1988, inédito)
- Datos de Bathurst et al. (1984)
- Datos de Ashida y Bayazit (1973)
- Datos de Brownlie (1981)
- Datos de Thompson y Campbell (1979)
- Datos de Thorne y Zevenbergen (1985)
- Datos de Bathurst (1977, 1985)
- Datos de Griffiths (1981)
- Datos de Judd y Peterson (1969)

Tabla B.1 DATOS DE LABORATORIO - EXPERIENCIAS DE TAYLOR (1961)

PROFUNDIDAD (m.)	PENDIENTE	VEL. MEDIA (m./seg.)	RADIO HID. (m.)	DIAM. MEDIO (m.)
LECHO ENTERAMENTE RUGOSO - UNA CAPA DE PIEDRAS				
.13625	.00613	.79553	.06736	.02540
.13594	.00399	.64313	.06736	.02540
.13899	.00096	.30389	.06797	.02540
.09388	.01459	.89611	.05547	.02540
.09540	.00624	.59741	.05578	.02540
.09754	.00159	.29840	.05639	.02540
.04481	.00636	.33284	.03353	.02540
.04755	.01815	.62179	.03505	.02540
.04755	.03221	.84430	.03505	.02540
.06370	.03265	1.07290	.04298	.02540
.07955	.03242	1.16434	.04968	.02540
LECHO ENTERAMENTE RUGOSO - VARIAS CAPAS DE PIEDRAS				
.03871	.01930	.60960	.03018	.02540
.05486	.01380	.63398	.03871	.02540
.06767	.01240	.69190	.04481	.02540
.07772	.01110	.74676	.04907	.02540
.08961	.01040	.77724	.05364	.02540
.10180	.00929	.79553	.05761	.02540
.11491	.00834	.80467	.06157	.02540
LECHO DIVIDIDO - UNA CAPA DE PIEDRAS				
.13533	.00464	.29108	.06706	.02540
.13411	.00235	.61365	.06675	.02540
.13472	.00670	1.01498	.06550	.02540
.10089	.00828	.96317	.05761	.02540
.10058	.00374	.63398	.05730	.02540
.06736	.00933	.82296	.04481	.02540
.06584	.00265	.42062	.04389	.02540
.06645	.00097	.24536	.04420	.02540
LECHO DIVIDIDO - VARIAS CAPAS DE PIEDRAS				
.09632	.00415	.64618	.05669	.02540
.09053	.01000	.92659	.05425	.02540
.04694	.02520	1.00584	.03475	.02540

Tabla B.2 DATOS DE LABORATORIO - EXPERIENCIAS DE AGUIRRE (1988, INEDITO)

LABORATORIO DE HIDRAULICA DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

PROFUNDIDAD (m.)	CAUDAL (m. ³ /s.)	PENDIENTE	D50 (m.)	D84 (m.)
.0979	.0283	.0150	.0550	.0750
.1303	.0622	.0150	.0550	.0750
.1454	.0801	.0150	.0550	.0750
.1749	.1251	.0150	.0550	.0750
.1940	.1627	.0150	.0550	.0750
.1081	.0403	.0200	.0550	.0750
.1130	.0496	.0200	.0550	.0750
.1430	.0853	.0200	.0550	.0750
.1639	.1227	.0200	.0550	.0750
.1803	.1562	.0200	.0550	.0750
.1001	.0368	.0250	.0550	.0750
.1263	.0666	.0250	.0550	.0750
.1425	.1022	.0250	.0550	.0750
.1581	.1308	.0250	.0550	.0750
.1700	.1600	.0250	.0550	.0750
.0885	.0283	.0300	.0550	.0750
.1053	.0467	.0300	.0550	.0750
.1288	.0819	.0300	.0550	.0750
.1469	.1154	.0300	.0550	.0750
.1603	.1636	.0300	.0550	.0750
.1533	.1636	.0350	.0550	.0750
.1367	.1227	.0350	.0550	.0750
.1280	.0727	.0350	.0550	.0750
.0982	.0403	.0350	.0550	.0750
.0828	.0230	.0350	.0550	.0750
.0805	.0230	.0400	.0550	.0750
.1016	.0437	.0400	.0550	.0750
.1209	.1007	.0400	.0550	.0750
.1407	.1297	.0400	.0550	.0750
.1529	.1671	.0400	.0550	.0750
.0812	.0283	.0450	.0550	.0750
.1090	.0496	.0450	.0550	.0750
.1308	.1036	.0450	.0550	.0750
.1426	.1466	.0450	.0550	.0750
.1525	.1654	.0450	.0550	.0750
.0944	.0368	.0500	.0550	.0750
.1129	.0550	.0500	.0550	.0750
.1222	.0993	.0500	.0550	.0750
.1298	.1192	.0500	.0550	.0750
.1386	.1394	.0500	.0550	.0750

Tabla B.3 DATOS DE LABORATORIO - ESTUDIO "EPFL" - SERIE I

BATHURST et al (1984)

PENDIENTE	VEL. MEDIA (m./s.)	PROF. (m.)	R.H.(*) (m.)	D50 (m.)	D84 (m.)	AREA (m.2)
FONDO PLANO SIN TRANSPORTE						
.0100	.3120	.0540	.0530	.0222	.0288	.0321
.0100	.7090	.1170	.1120	.0222	.0288	.0705
.0100	.7120	.1170	.1120	.0222	.0288	.0702
.0100	1.0240	.1630	.1500	.0222	.0288	.0977
.0100	.9610	.1730	.1610	.0222	.0288	.1041
.0100	1.0200	.1630	.1510	.0222	.0288	.0980
.0300	.4180	.0400	.0390	.0222	.0288	.0239
.0300	.6450	.0520	.0510	.0222	.0288	.0310
.0300	.6060	.0550	.0540	.0222	.0288	.0330
.0300	.6800	.0490	.0480	.0222	.0288	.0294
.0300	.7940	.0630	.0620	.0222	.0288	.0378
.0300	.8330	.0600	.0590	.0222	.0288	.0360
.0300	.9480	.0700	.0680	.0222	.0288	.0422
.0300	.9660	.0690	.0670	.0222	.0288	.0414
.0300	1.0680	.0780	.0750	.0222	.0288	.0468
.0500	.5850	.0280	.0280	.0222	.0288	.0171
.0500	.7180	.0350	.0340	.0222	.0288	.0209
.0500	.6990	.0480	.0470	.0222	.0288	.0286
.0500	.8620	.0580	.0570	.0222	.0288	.0348
.0500	1.0270	.0490	.0480	.0222	.0288	.0292
.0500	.9800	.0510	.0500	.0222	.0288	.0306
.0700	.5340	.0220	.0220	.0222	.0288	.0131
.0700	.6330	.0260	.0260	.0222	.0288	.0158
.0700	.6310	.0340	.0340	.0222	.0288	.0206
.0700	.7110	.0350	.0350	.0222	.0288	.0211
.0700	.7580	.0330	.0330	.0222	.0288	.0198
.0900	.5750	.0290	.0290	.0222	.0288	.0174
.0900	.7940	.0210	.0210	.0222	.0288	.0126
.0900	.6670	.0300	.0300	.0222	.0288	.0180
FONDO PLANO CON TRANSPORTE						
.0100	1.1550	.2160	.1960	.0222	.0288	.1299
.0100	1.3720	.2430	.2140	.0222	.0288	.1458
.0100	1.6400	.2540	.2130	.0222	.0288	.1524
.0300	1.0320	.0790	.0770	.0222	.0288	.0475
.0300	1.1390	.0880	.0850	.0222	.0288	.0527
.0700	.7490	.0440	.0440	.0222	.0288	.0267
.0900	.7180	.0350	.0350	.0222	.0288	.0209
.0900	1.2600	.0790	.0780	.0222	.0288	.0476
FONDO CON ANTIDUNAS						
.0300	1.1860	.0910	.0880	.0222	.0288	.0548
.0300	1.1300	.1050	.1010	.0222	.0288	.0628
.0300	1.3900	.0970	.0920	.0222	.0288	.0583
.0300	1.4000	.1100	.1040	.0222	.0288	.0657
.0300	1.2500	.1330	.1280	.0222	.0288	.0800
.0500	.9970	.0580	.0570	.0222	.0288	.0351
.0500	.9340	.0710	.0700	.0222	.0288	.0428
.0500	.9740	.0770	.0760	.0222	.0288	.0462
.0500	1.2460	.0670	.0650	.0222	.0288	.0401
.0500	1.3800	.0720	.0700	.0222	.0288	.0435
.0500	1.7300	.0770	.0740	.0222	.0288	.0462
.0500	2.0000	.0830	.0790	.0222	.0288	.0500
.0700	1.2500	.0670	.0650	.0222	.0288	.0400
.0700	1.6500	.0610	.0590	.0222	.0288	.0364
.0700	1.4900	.0670	.0650	.0222	.0288	.0403
.0700	1.4200	.0820	.0800	.0222	.0288	.0493
.0900	1.1050	.0750	.0740	.0222	.0288	.0452

* RADIO HIDRAULICO CORREGIDO POR EFECTO DE PARED

Tabla B.4 DATOS DE LABORATORIO - ESTUDIO "EPFL" - SERIE II
BATHURST et al (1984)

PENDIENTE	VEL. MEDIA (m./s.)	PROF. (m.)	R.H. (*) (m.)	D50 (m.)	D84 (m.)	AREA (m.2)
FONDO PLANO SIN TRANSPORTE						
.0100	.3140	.0530	.0520	.0443	.0540	.0318
.0100	.6630	.1260	.1210	.0443	.0540	.0754
.0100	.6880	.1210	.1160	.0443	.0540	.0727
.0100	.9290	.1790	.1670	.0443	.0540	.1077
.0100	.9510	.1750	.1630	.0443	.0540	.1052
.0100	1.1360	.2200	.1990	.0443	.0540	.1320
.0100	1.2740	.2620	.2330	.0443	.0540	.1570
.0300	.7230	.0690	.0680	.0443	.0540	.0415
.0300	.6680	.0750	.0740	.0443	.0540	.0449
.0300	.9710	.0860	.0830	.0443	.0540	.0515
.0300	.9880	.0840	.0820	.0443	.0540	.0506
.0300	1.1610	.1000	.0970	.0443	.0540	.0603
.0300	1.3100	.1140	.1090	.0443	.0540	.0687
.0300	1.3530	.1350	.1290	.0443	.0540	.0813
.0500	.7020	.0470	.0470	.0443	.0540	.0285
.0500	.8220	.0610	.0600	.0443	.0540	.0365
.0500	.9730	.0860	.0840	.0443	.0540	.0514
.0700	.5190	.0480	.0480	.0443	.0540	.0289
.0700	.6280	.0400	.0400	.0443	.0540	.0239
.0700	.7810	.0430	.0420	.0443	.0540	.0256
.0700	.8770	.0570	.0560	.0443	.0540	.0342
.0900	.9580	.0430	.0430	.0443	.0540	.0261
.0900	1.0380	.0480	.0480	.0443	.0540	.0289
FONDO PLANO CON TRANSPORTE						
.0300	1.4070	.1300	.1240	.0443	.0540	.0782
.0300	1.4860	.1460	.1380	.0443	.0540	.0875
.0500	1.0120	.0820	.0810	.0443	.0540	.0494
.0500	1.1690	.1000	.0970	.0443	.0540	.0599
.0500	1.2280	.0950	.0920	.0443	.0540	.0570
.0700	1.0590	.0790	.0770	.0443	.0540	.0472
FONDO CON ANTIDUNAS						
.0300	1.5340	.1630	.1540	.0443	.0540	.0978
.0300	1.6390	.1730	.1620	.0443	.0540	.1037
.0300	1.8420	.1720	.1590	.0443	.0540	.1031
.0500	1.3650	.1100	.1060	.0443	.0540	.0659
.0500	1.4890	.1230	.1180	.0443	.0540	.0739
.0500	1.4150	.1530	.1480	.0443	.0540	.0919
.0500	1.6460	.1520	.1450	.0443	.0540	.0911
.0700	1.0660	.1090	.1080	.0443	.0540	.0657
.0700	1.2350	.1210	.1190	.0443	.0540	.0729
.0700	1.3030	.1410	.1380	.0443	.0540	.0844
.0900	1.0380	.1120	.1110	.0443	.0540	.0674
.0900	1.2110	.1240	.1220	.0443	.0540	.0743
.0900	1.3670	.1340	.1310	.0443	.0540	.0805

* RADIO HIDRAULICO CORREGIDO POR EFECTO DE PARED

Tabla B.5 DATOS DE LABORATORIO - ESTUDIO "EPFL" - SERIE III

BATHURST et al (1984)

PENDIENTE	VEL. MEDIA (m./s.)	PROF. (m.)	R.H.(*) (m.)	D50 (m.)	D84 (m.)	AREA (m.2)
FONDO PLANO SIN TRANSPORTE						
.0050	.5060	.0660	.0630	.0115	.0143	.0395
.0050	.6670	.0870	.0810	.0115	.0143	.0525
.0050	.7560	.1180	.1000	.0115	.0143	.0661
.0050	.9270	.1440	.1260	.0115	.0143	.0863
.0100	.6130	.0540	.0520	.0115	.0143	.0326
.0100	.7320	.0680	.0650	.0115	.0143	.0410
.0100	.8180	.0810	.0770	.0115	.0143	.0489
.0100	.9040	.0920	.0860	.0115	.0143	.0553
FONDO PLANO CON TRANSPORTE						
.0050	1.0050	.1660	.1430	.0115	.0143	.0995
.0050	1.0920	.1830	.1550	.0115	.0143	.1099
.0050	1.1730	.1990	.1640	.0115	.0143	.1194
.0050	1.3010	.2180	.1740	.0115	.0143	.1307
.0075	1.0470	.1270	.1140	.0115	.0143	.0764
.0075	1.1340	.1470	.1300	.0115	.0143	.0882
.0075	1.1500	.1740	.1530	.0115	.0143	.1043
.0075	1.2800	.1820	.1570	.0115	.0143	.1094
.0100	.9920	.1020	.0950	.0115	.0143	.0615
.0100	1.0340	.1130	.1040	.0115	.0143	.0677
.0100	1.1580	.1290	.1170	.0115	.0143	.0777

* RADIO HIDRAULICO CORREGIDO POR EFECTO DE PARED

Tabla B.6 DATOS DE LABORATORIO -- EXPERIENCIAS DE BOGARDI Y YEN, RECOPIADAS POR BROWNLIE (1981)

PENDIENTE	CAUDAL (m. ³ /s.)	PROFUNDIDAD (m.)	D50 (m.)	ANCHO (m.)
0.0232	0.042304	0.0521	0.010339	0.823
0.0243	0.041483	0.0591	0.010339	0.823
0.0248	0.043607	0.0604	0.010339	0.823
0.0242	0.037943	0.0536	0.010339	0.823
0.0196	0.054423	0.0780	0.010339	0.823
0.0205	0.062352	0.0887	0.010339	0.823
0.0208	0.057057	0.0826	0.010339	0.823
0.0176	0.058897	0.0863	0.010339	0.823
0.0177	0.058048	0.0829	0.010339	0.823
0.0175	0.061587	0.0920	0.010339	0.823
0.0175	0.061304	0.0887	0.010339	0.823
0.0177	0.063853	0.0924	0.010339	0.823
0.0176	0.064221	0.0896	0.010339	0.823
0.0190	0.049525	0.0704	0.010339	0.823
0.0194	0.053358	0.0756	0.010339	0.823
0.0218	0.046665	0.0628	0.010339	0.823
0.0200	0.022511	0.0704	0.010339	0.300
0.0155	0.019821	0.0838	0.010339	0.300
0.0119	0.029024	0.096	0.010339	0.300
0.0132	0.040209	0.1292	0.010339	0.300

Tabla B.7 DATOS DE LABORATORIO -- EXPERIENCIAS DE NEILL, RECOPIADAS POR BROWNLIE (1981)

PENDIENTE	CAUDAL (m. ³ /s.)	PROFUNDIDAD (m.)	D50 (m.)	ANCHO (m.)
0.02700	0.029735	0.0366	0.019995	0.890
0.0197	0.047039	0.0518	0.019995	0.890
0.0146	0.052863	0.0610	0.019995	0.890
0.0116	0.080245	0.0884	0.019995	0.890
0.0107	0.108493	0.1128	0.019995	0.890
0.017	0.018170	0.0305	0.008473	0.890
0.00151	0.058007	0.1450	0.020201	0.914
0.00147	0.076009	0.17	0.020201	0.914
0.0018	0.058007	0.144	0.020201	0.914
0.0032	0.089011	0.144	0.020201	0.914

Tabla B.8 DATOS DE LABORATORIO -- EXPERIENCIAS DE PAINTAL, RECOPIADAS POR BROWNLIE (1981)

PENDIENTE	CAUDAL (m. ³ /s.)	PROFUNDIDAD (m.)	D50 (m.)	ANCHO (m.)
0.00846	0.07079	0.096	0.0222	0.914
0.00880	0.08495	0.1052	0.0222	0.914
0.00874	0.099106	0.1143	0.0222	0.914
0.00882	0.110432	0.1250	0.0222	0.914
0.00891	0.130254	0.1320	0.0222	0.914
0.00875	0.141580	0.1466	0.02220	0.914
0.00887	0.155733	0.1494	0.0222	0.914
0.009101	0.169896	0.1585	0.0222	0.914
0.0103	0.133085	0.1433	0.0222	0.914
0.010000	0.215202	0.189	0.0222	0.914
0.00941	0.155738	0.1707	0.0222	0.914
0.00900	0.130254	0.1554	0.0222	0.914
0.00825	0.232191	0.2134	0.0222	0.914
0.00833	0.189717	0.1859	0.0222	0.914
0.00790	0.107601	0.1387	0.0222	0.914

Tabla B.9 DATOS DE LABORATORIO - EXPERIENCIAS DE ASHIDA Y BAYAZIT (1973)

PENDIENTE	CAUDAL (m. ³ /s.)	PROFUNDIDAD (m.)	Dn (m.)	ANCHO (m.)
0.02	0.0223	0.0915	0.0225	0.20
0.05	0.0074	0.0355	0.0225	0.20
0.075	0.0049	0.0250	0.0225	0.20
0.15	0.00305	0.0153	0.0225	0.20
0.20	0.0017	0.0130	0.0225	0.20
0.01	0.0135	0.0975	0.0120	0.20
0.025	0.0050	0.0365	0.0120	0.20
0.10	0.00085	0.0120	0.0120	0.20
0.125	0.00070	0.0115	0.0120	0.20
0.01	0.0065	0.0545	0.0064	0.20
0.025	0.0024	0.0240	0.0064	0.20
0.05	0.00085	0.0130	0.0064	0.20

Tabla B.10. DATOS DE CAMPO -- FUENTE: THOMPSON Y CAMPBELL (1979)

PENDIENTE	CAUDAL (m. ³ /s.)	PROFUNDIDAD (m.)	Dm (m.)	ANCHO (m.)
RIOS DE ESTADOS UNIDOS				
0.0294	2.7	.46	0.22	4.7
0.0136	39.1	1.06	0.23	15.2
0.0065	356.8	2.59	0.25	46.2
0.0219	3.9	0.39	0.21	7.6
0.0124	55.2	1.27	0.25	21.6
0.0211	71.6	1.23	0.21	25.5
0.0384	42.5	1.05	0.22	15.0
0.0083	3.5	0.35	0.16	10.9
0.0414	25.1	1.28	0.47	6.5
0.0101	17.6	0.68	0.17	14.3
0.0211	9.5	0.66	0.34	11.6
0.0176	36.8	1.27	0.19	12.2
0.0171	6.7	0.53	0.17	9.5
0.0138	4.0	0.38	0.11	6.5
0.022	4.0	0.40	0.12	5.3
0.0037	410.6	2.62	0.14	55.4
0.0053	130.8	1.62	0.09	34.7
CANAL DE RIEGO -- NUEVA ZELANDIA				
0.0081	3.4	0.4	0.07	5.2
0.0096	3.4	0.44	0.07	6.4
0.0094	2.8	0.25	0.04	9.1
0.0039	2.8	0.45	0.03	4.9
CANAL DE DESCARGA CENTRAL HIDROELECTRICA TEKAPO B -- NUEVA ZELANDIA				
0.052	60.0	.79	0.40	41.0
0.052	82.0	.88	0.40	41.0
0.052	111.0	1.00	0.40	41.0
0.052	125.0	1.04	0.40	41.0
0.052	140.0	1.09	0.40	41.0

Tabla B.11. DATOS DE CAMPO -- FUENTE: KATHURST (1985)

RIOS DE MONTAÑA DE GRAN BRETAÑA

PENDIENTE	CAUDAL (m. ³ /s.)	PROFUNDIDAD (m.)	D50 (m.)	D84 (m.)	ANCHO (m.)
0.0156	2.38	0.191	0.146	0.240	21.8
0.0115	12.30	0.502	0.146	0.240	28.3
0.0145	0.315	0.142	0.123	0.327	13.0
0.0145	1.67	0.178	0.123	0.327	13.3
0.00966	0.137	0.102	0.064	0.143	5.07
0.0117	0.750	0.218	0.064	0.143	5.43
0.0111	0.490	0.109	0.060	0.113	10.8
0.0095	2.29	0.26	0.060	0.113	12.2
0.00835	3.03	0.210	0.122	0.192	22.9
0.0059	40.40	0.831	0.122	0.192	24.7
0.00458	103.00	1.150	0.122	0.192	45.6
0.00495	0.615	0.138	0.086	0.193	14.3
0.00833	11.3	0.465	0.086	0.193	15.0
0.0104	76.9	0.960	0.086	0.193	22.3
0.00592	1.10	0.152	0.090	0.183	21.4
0.00562	24.70	0.721	0.090	0.183	24.1
0.00452	59.3	1.07	0.090	0.183	25.2
0.00398	81.2	1.30	0.090	0.183	26.7
0.00896	3.54	0.2360	0.138	0.211	21.9
0.00813	11.0	0.381	0.138	0.211	22.5
0.00984	1.55	0.261	0.118	0.307	10.7
0.0105	2.37	0.353	0.118	0.307	10.9
0.0128	6.74	0.456	0.343	0.740	27.4
0.0128	10.30	0.572	0.343	0.740	27.4
0.0156	23.301	0.884	0.343	0.740	27.5
0.00925	4.32	0.363	0.120	0.244	14.9
0.00901	6.77	0.440	0.120	0.244	15.1
0.0373	2.00	0.277	0.263	0.464	14.0
0.0360	2.69	0.301	0.263	0.464	14.8
0.0314	15.9	0.628	0.263	0.464	17.7
0.0364	24.8	0.843	0.263	0.464	18.7
0.0130	2.07	0.299	0.125	0.387	15.3
0.0106	3.30	0.404	0.125	0.387	15.4
0.0119	12.2	0.657	0.125	0.387	16.3
0.0113	25.5	0.829	0.125	0.387	16.4
0.0154	31.6	0.891	0.125	0.387	16.6
0.0106	102.0	1.31	0.125	0.387	20.9
0.0150	13.2	0.449	0.273	0.440	29.0
0.0120	28.3	0.593	0.273	0.440	30.1
0.0136	4.35	0.417	0.251	0.500	18.6
0.0122	5.61	0.427	0.251	0.500	19.0
0.00532	9.86	0.304	0.073	0.140	41.9
0.0048	20.1	0.452	0.073	0.140	42.6
0.00429	195.00	1.600	0.073	0.140	49.8

Tabla B.12. DATOS DE CAMPO -- FUENTE: BATHURST (1977)

PENDIENTE	CAUDAL (m.3/s.)	PROFUNDIDAD (m.)	D50 (m.)	D84 (m.)	AREA (m.2)
RIO SEVERN - GRAN BRETAÑA					
0.00001	0.76	0.293	0.01925	0.0454	5.30
0.000018	2.02	0.415	0.01925	0.0454	8.05
0.00094	0.80	0.166	0.05700	0.1030	2.86
0.001195	2.12	0.258	0.05700	0.1030	5.16
0.00016	2.62	0.601	0.01950	0.039	13.94
0.000215	4.74	0.735	0.01950	0.039	17.20
0.00029	10.60	0.927	0.01950	0.039	22.00
0.00038	21.68	1.125	0.01950	0.039	27.70
0.00038	2.62	0.298	0.02450	0.045	9.70
0.00044	3.82	0.388	0.02450	0.045	12.31
0.000622	11.48	0.584	0.02450	0.045	18.87
0.000735	25.84	0.826	0.02450	0.045	27.40
0.00047	0.92	0.371	0.06300	0.093	3.32
0.000656	1.63	0.44	0.06300	0.093	4.14
0.00079	2.44	0.498	0.06300	0.093	4.32
0.0013	10.55	0.760	0.06300	0.093	7.90
0.0029	1.12	0.242	0.04000	0.060	2.30
0.0029	2.36	0.342	0.04000	0.060	4.20
0.0027	10.00	0.501	0.04000	0.060	8.51
0.000555	1.20	0.404	0.03150	0.050	5.65
0.0012	5.22	0.504	0.03150	0.050	9.27
0.001159	5.72	0.515	0.03150	0.050	9.70
0.00122	6.84	0.532	0.03150	0.050	10.80
0.001544	15.48	0.620	0.03150	0.050	16.56
0.001610	17.64	0.630	0.03150	0.050	17.77
0.000555	1.2	0.287	0.03200	0.057	4.16
0.00151	14.30	0.515	0.03200	0.057	13.74
0.000555	1.20	0.262	0.02750	0.047	4.40
0.00159	5.72	0.310	0.02750	0.047	7.72
0.00169	17.64	0.618	0.02750	0.047	18.36
RIO TEES - GRAN BRETAÑA					
0.0174	0.90	0.165	0.2275	0.4525	2.46
0.0171	3.90	0.305	0.2275	0.4525	5.62
0.0166	7.20	0.403	0.2275	0.4525	8.04
0.0114	1.37	0.210	0.2065	0.3800	5.59
0.0115	4.00	0.280	0.2065	0.380	8.98
0.0116	7.10	0.34	0.2065	0.380	11.32
0.008	1.10	0.202	0.1850	0.305	3.72
0.0081	4.00	0.331	0.1850	0.305	7.42
0.0081	7.10	0.401	0.1850	0.305	9.45

Tabla B.13. DATOS DE CAMPO -- FUENTE: THORNE Y ZEVENBERGEN (1985)

RIO BOULDER, COLORADO - ESTADOS UNIDOS

PENDIENTE	CAUDAL (m. ³ /s.)	PROFUNDIDAD (m.)	R.HID. (m.)	D50 (m.)	D84 (m.)	ANCHO (m.)
TRAMO AGUAS ARRIBA						
.0143	2.0500	.3550	.3490	.1620	.3930	10.3000
.0151	3.2800	.4120	.4040	.1620	.3930	10.6000
.0163	5.2700	.4880	.4700	.1620	.3930	10.9000
.0147	8.6400	.5890	.5690	.1620	.3930	11.4000
.0146	10.4500	.6360	.6150	.1620	.3930	11.6000
TRAMO AGUAS ABAJO						
.0183	2.0500	.2960	.2890	.1300	.3370	13.4000
.0193	3.3400	.3380	.3310	.1300	.3370	13.9000
.0189	4.2800	.3590	.3520	.1300	.3370	14.2000
.0190	5.2700	.3970	.3890	.1300	.3370	14.9000
.0185	6.9100	.4510	.4490	.1300	.3370	15.2000
.0194	8.6400	.4630	.4520	.1300	.3370	15.7000
.0198	10.4500	.5140	.5010	.1300	.3370	16.0000

Tabla B.14. DATOS DE CAMPO -- FUENTE: GRIFFITHS (1981)

RIOS CON LECHOS DE GRAVAS DE NUEVA ZELANDIA

PENDIENTE	CAUDAL (m. ³ /s.)	RADIO HIDRAULICO (m.)	D50 (m.)	PERIMETRO MOJADO (m.)
0.00865	4.590	0.38	0.051	11.3000
0.00125	0.340	0.23	0.051	5.6000
0.00496	6.990	0.48	0.102	12.1000
0.0110	7.900	0.44	0.152	16.2000
0.0036	6.090	0.40	0.102	19.5000
0.00035	1.780	0.39	0.076	21.6000
0.00042	0.054	0.12	0.015	2.9600
0.00140	80.100	1.86	0.102	36.9000
0.00016	15.900	1.23	0.102	33.0000
0.00017	9.940	1.18	0.102	29.6000
0.00103	64.300	1.76	0.102	36.1000
0.00035	24.200	1.37	0.102	31.7000
0.00060	34.400	1.41	0.102	32.9000
0.0109	8.040	0.59	0.152	14.2000
0.000095	18.300	1.56	0.025	26.9000
0.00089	145.000	1.70	0.102	66.4000
0.000334	256.000	1.89	0.025	125.0000
0.000336	190.000	1.68	0.025	122.0000
0.0019	10.900	0.26	0.019	55.8000
0.00017	5.520	0.45	0.051	45.0000
0.00073	5.550	0.39	0.025	25.8000
0.00063	10.400	0.80	0.025	18.8000
0.00081	2.890	0.34	0.051	38.4000
0.00108	34.400	0.59	0.051	59.7000
0.00140	315.000	2.33	0.051	65.6000
0.00119	88.300	1.00	0.051	61.7000
0.00109	392.000	2.72	0.051	67.5000
0.0010	213.000	1.98	0.051	62.2000
0.0012	179.000	1.60	0.051	61.0000
0.00111	80.400	1.06	0.051	59.4000
0.0011	0.433	0.17	0.015	11.3000
0.00082	50.100	1.15	0.025	39.9000
0.00167	2.290	0.20	0.051	35.7000
0.0025	1.930	0.26	0.051	12.8000
0.00022	0.760	0.15	0.013	20.1000
0.00140	113.000	1.29	0.025	57.6000
0.00285	129.000	1.05	0.051	79.9000
0.00185	693.000	2.70	0.051	77.4000
0.00071	20.400	0.79	0.051	29.3000
0.00215	85.500	1.12	0.051	59.4000
0.0016	5.970	0.45	0.025	19.8000
0.00052	1.640	0.48	0.025	7.3000
0.00037	63.100	1.63	0.038	53.0000
0.00027	27.000	1.31	0.038	48.2000
0.00548	3.970	0.59	0.152	8.7000
0.00466	1.860	0.41	0.152	9.1000
0.00400	0.950	0.33	0.152	8.4000
0.00380	0.700	0.27	0.152	7.7000
0.00458	10.100	0.52	0.127	63.1000
0.00135	4.220	0.37	0.152	29.4000
0.00200	217.000	2.17	0.152	31.5000

Tabla B.15. DATOS DE CAMPO -- FUENTE: JUDD Y PETERSON (1969)

PENDIENTE	CAUDAL	RADIO HIDRAULICO	D50	D84	AREA
	(m.3/s.)	(m.)	(m.)	(m.)	(m.2)

RIO LOGAN (SITIO 32), UTAH - ESTADOS UNIDOS

.0097	10.7038	1.3076	.1980	.2591	8.1940
.0083	14.4416	1.5271	.1980	.2591	9.4854
.0092	13.3655	1.4874	.1980	.2591	9.0023
.0089	16.5654	1.6642	.1980	.2591	9.9778
.0091	16.4238	1.6612	.1980	.2591	9.9035
.0089	14.0168	1.5118	.1980	.2591	9.3089
.0094	9.1463	1.1887	.1980	.2591	7.7202
.0095	8.0703	1.1156	.1980	.2591	7.2743
.0097	4.4174	.7986	.1980	.2591	5.5742
.0103	1.1327	.3841	.1980	.2591	2.9450
.0103	1.1610	.3932	.1980	.2591	2.9543
.0097	4.3608	.8626	.1980	.2591	5.0168
.0101	17.5848	1.8044	.1980	.2591	9.7548
.0102	4.7006	.8260	.1980	.2591	5.6857
.0102	2.4069	.5822	.1980	.2591	4.1342
.0102	1.3875	.4145	.1980	.2591	3.3445
.0102	1.3309	.4023	.1980	.2591	3.3074
.0102	1.2176	.3962	.1980	.2591	3.0751

AMERICAN FORK CREEK (SITIO 62), UTAH - ESTADOS UNIDOS

.0630	1.0194	.3200	.3810	.6401	1.7196
.0655	.7645	.2713	.3810	.6401	1.4363
.0655	.7362	.2640	.3810	.6401	1.3722
.0645	.7362	.2521	.3810	.6401	1.3415
.0639	.9345	.2777	.3810	.6401	1.4539
.0649	.7645	.2643	.3810	.6401	1.3601
.0657	.7362	.2368	.3810	.6401	1.1994
.0652	.6513	.2320	.3810	.6401	1.1622
.0653	.4247	.2006	.3810	.6401	.9448
.0650	4.3325	.4633	.3810	.6401	3.9307
.0650	1.4725	.2966	.3810	.6401	2.0652
.0650	1.1327	.2850	.3810	.6401	1.9714

Tabla B.16. DATOS DE CAMPO -- FUENTE: JUDD Y PETERSON (1969)

PENDIENTE	CAUDAL	RADIO HIDRAULICO	D50	D84	AREA
	(m3/s.)	(m.)	(m.)	(m.)	(m.2)
RIO ROJO (SITIO 81), NUEVO MEXICO - ESTADOS UNIDOS					
.01450	.50970	.14844	.134	.19812	1.01450
.01420	.39644	.13472	.134	.19812	.89651
.01310	.84951	.15575	.134	.19812	1.07489
.01330	1.04772	.15545	.134	.19812	1.07396
.01250	1.18931	.15545	.134	.19812	1.07675
.01310	.99109	.16276	.134	.19812	1.1315
.01270	1.16099	.16612	.134	.19812	1.19195
.01280	1.21762	.17587	.134	.19812	1.23933
.01230	1.52911	.17739	.134	.19812	1.25326
.01210	2.23703	.21336	.134	.19812	1.59329
.01430	3.68119	.28438	.134	.19812	2.18043

PENDIENTE	CAUDAL	RADIO HIDRAULICO	D50	AREA
	(m3/s.)	(m.)	(m.)	(m2)

RIO ROJO (SITIO 82), NUEVO MEXICO - ESTADOS UNIDOS				
.02450	.45307	.19172	.11582	.94018
.02380	.50970	.17404	.11582	.82033
.02370	.39644	.18593	.11582	.71257
.02570	.84951	.18593	.11582	.90766
.02700	1.04772	.19141	.11582	.95411
.02680	1.18931	.19629	.11582	.98106
.02620	1.04772	.20025	.11582	.99406
.02660	1.21762	.20147	.11582	1.00986
.02260	3.73782	.32004	.11582	2.00020
.02200	4.04931	.33223	.11582	2.12191
.02810	4.27584	.45110	.11582	3.49780
.02280	2.40693	.26518	.11582	1.49760
.02200	2.37862	.26975	.11582	1.54869
.02320	1.86891	.24628	.11582	1.34802
.02340	1.72733	.24963	.11582	1.32294
.02450	1.64238	.24658	.11582	1.35453
.02300	1.50079	.23744	.11582	1.29414
.02390	1.10436	.22220	.11582	1.19102
.02390	1.04772	.23256	.11582	1.20217
.02400	.87782	.21610	.11582	1.09347
.02450	.90614	.21031	.11582	1.05445
.02430	.90614	.21610	.11582	1.08604
.02260	.65129	.20269	.11582	.99871

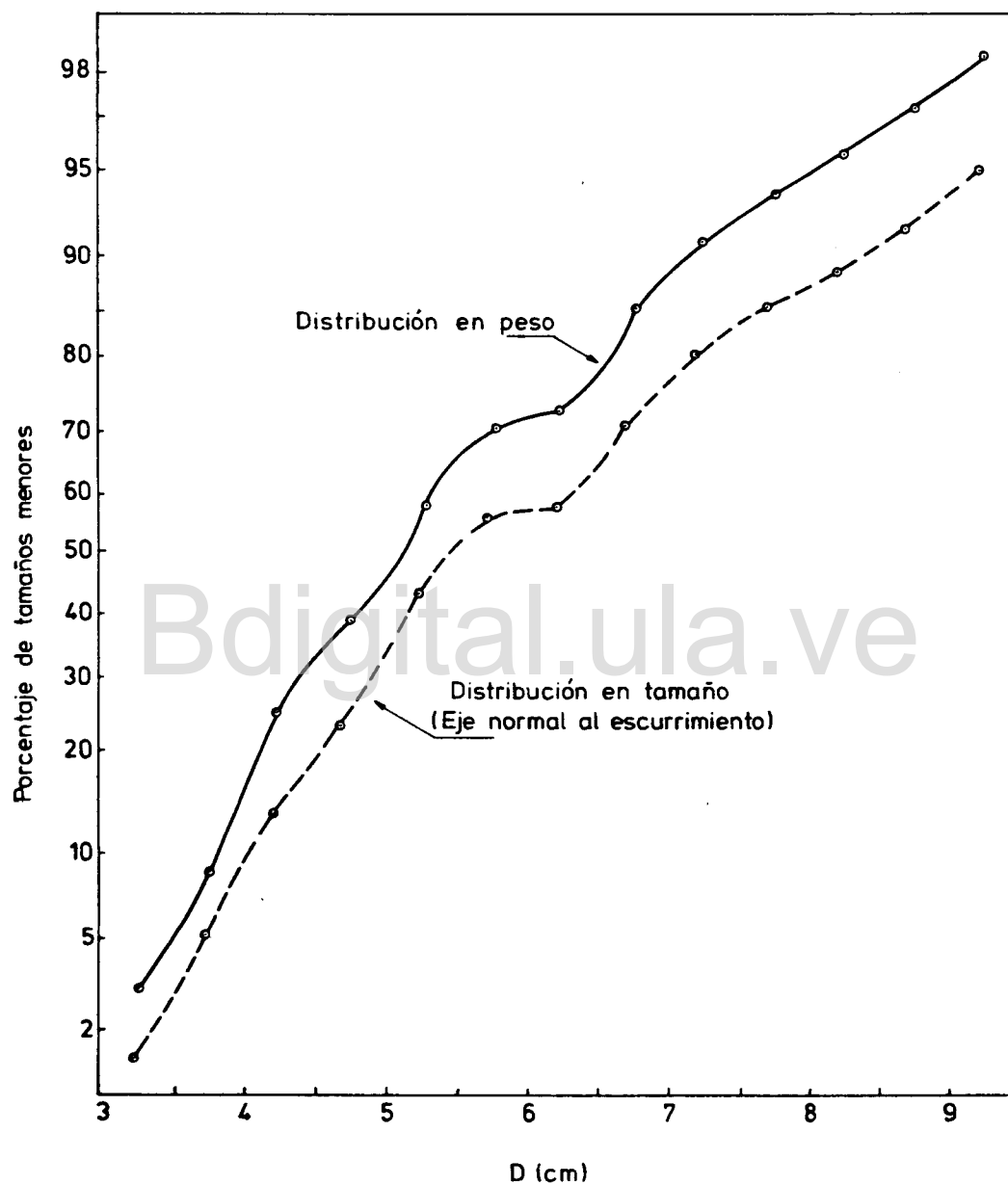


Figura B1. Curvas granulometricas. Experiencias de Aguirre. (1988, inédito).

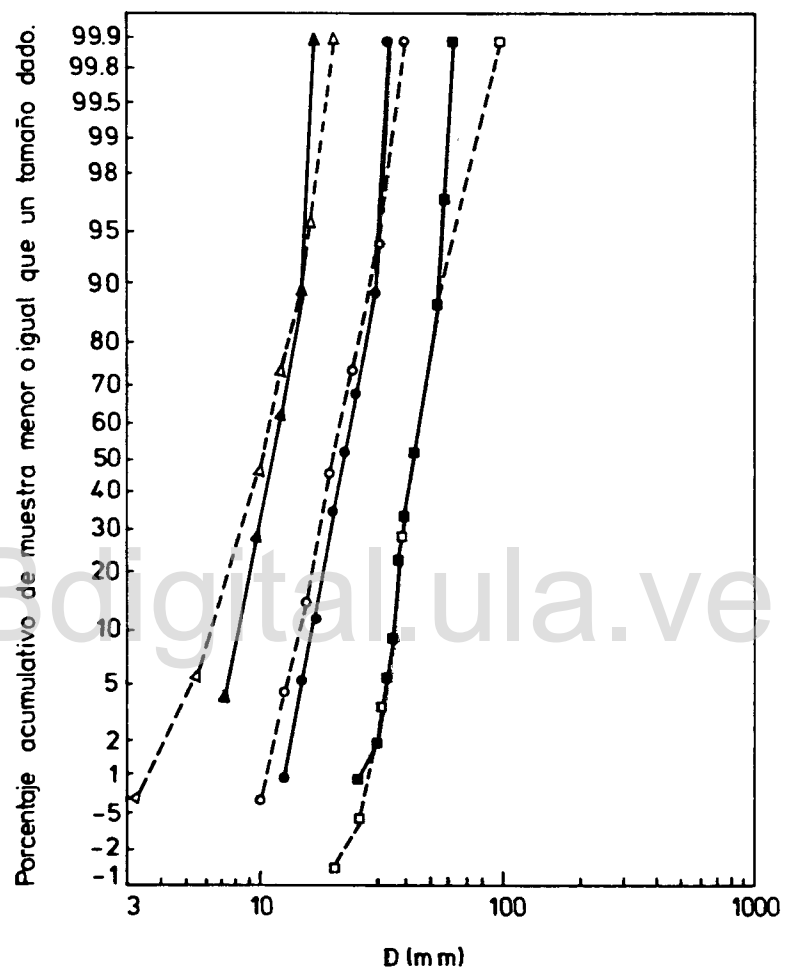


Figura B2. Curvas granulometricas. Experiencias de Bathurst et al.(1984).

APENDICE "C"

APLICACION DEL MODELO DE CALCULO DE FRICCION CON EFECTO DE ESTELA

- Perfiles de velocidad. Experiencias de Aguirre (1988, inédita).
- Salida de resultados.

Tabla C.1. CALCULO DE LA RELACION $C^* - C_{0*}$ Vs. D/Y

CON CORRECCION POR EFECTO DE PARED

DATOS DEL LABORATORIO DE HIDRAULICA DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

NO SE CONSIDERA CAUDAL ENTRE PIEDRAS

ALFA = 1.8200

DIAM. (m.) = .0550

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s	PEND.	R.H. m.	Vx m/s	C*	C ₀ *	C*-C ₀ *	D/Y
1	.0429	.661	.01500	.042	.079	8.393	3.880	4.513	1.283
2	.0753	.826	.01500	.073	.104	7.945	5.288	2.657	.730
3	.0904	.887	.01500	.088	.114	7.794	5.745	2.049	.608
4	.1199	1.043	.01500	.116	.130	7.996	6.451	1.545	.459
5	.1390	1.170	.01500	.133	.140	8.359	6.821	1.538	.396
6	.0531	.760	.02000	.052	.101	7.510	4.415	3.095	1.036
7	.0580	.856	.02000	.057	.106	8.105	4.636	3.470	.948
8	.0880	.970	.02000	.086	.130	7.472	5.678	1.794	.625
9	.1090	1.127	.02000	.106	.144	7.828	6.212	1.616	.505
10	.1253	1.247	.02000	.121	.154	8.100	6.561	1.539	.439

DSO = .055 m.

COEF DE CORRELACION: 0.97576

LA ECUACION DE REGRESION ES: $C^* - C_{0*} = 3.387 D/Y$

BETA = 1.37858 ALFA = 1.82 BETA*DIAM. = 0.07582 m.

Tabla C.2. CALCULO DE LA RELACION $C^* - C_0^*$ Vs. D/Y

CON CORRECCION POR EFECTO DE PARED

DATOS DEL LABORATORIO DE HIDRAULICA DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

AREA= $(Y(I) - D50)*T$ -- T: ANCHO DEL CANAL $Y(I)$ PROF. MEDIDA DESDE EL PISO DEL CANAL

SE CONSIDERA QUE LA ESTELA SE DESARROLLA DESDE LA CRESTA DE LOS GRANOS

ALFA = 1.3950

DIAM.INIC. (m.)= .0550

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s	PEND.	R.H. m.	V* m/s	C*	C ₀ *	C*-C ₀ *	D/Y
1	.0429	.661	.01500	.042	.079	8.393	4.545	3.848	1.283
2	.0753	.826	.01500	.073	.104	7.945	5.953	1.992	.730
3	.0904	.887	.01500	.088	.114	7.794	6.410	1.384	.608
4	.1199	1.043	.01500	.116	.130	7.996	7.116	.880	.459
5	.1390	1.170	.01500	.133	.140	8.359	7.486	.874	.396
6	.0531	.760	.02000	.052	.101	7.510	5.080	2.430	1.036
7	.0580	.856	.02000	.057	.106	8.105	5.301	2.805	.948
8	.0880	.970	.02000	.086	.130	7.472	6.343	1.129	.625
9	.1090	1.127	.02000	.106	.144	7.828	6.877	.952	.505
10	.1253	1.247	.02000	.121	.154	8.100	7.226	.874	.439
11	.0451	.815	.02500	.044	.104	7.813	4.672	3.141	1.220
12	.0713	.934	.02500	.070	.131	7.132	5.817	1.315	.771
13	.0875	1.168	.02500	.085	.144	8.081	6.329	1.753	.629
14	.1031	1.268	.02500	.100	.157	8.103	6.739	1.364	.533
15	.1150	1.392	.02500	.111	.165	8.438	7.011	1.427	.478
16	.0335	.845	.03000	.033	.099	8.576	3.926	4.648	1.642
17	.0503	.929	.03000	.049	.121	7.701	4.944	2.756	1.093
18	.0738	1.110	.03000	.072	.146	7.613	5.903	1.711	.745
19	.0919	1.256	.03000	.090	.162	7.740	6.451	1.289	.598
20	.1053	1.554	.03000	.102	.173	8.987	6.791	2.196	.522
21	.0983	1.664	.03500	.095	.180	9.221	6.619	2.601	.560
22	.0817	1.502	.03500	.079	.165	9.108	6.157	2.951	.673
23	.0730	.996	.03500	.072	.157	6.342	5.876	.466	.753
24	.0432	.934	.03500	.043	.121	7.726	4.564	3.162	1.273
25	.0278	.828	.03500	.027	.097	8.529	3.462	5.067	1.978
26	.0255	.903	.04000	.025	.099	9.083	3.246	5.837	2.157
27	.0466	.937	.04000	.046	.134	6.974	4.753	2.221	1.180
28	.0659	1.529	.04000	.064	.159	9.641	5.620	4.021	.835
29	.0857	1.513	.04000	.083	.181	8.365	6.277	2.088	.642
30	.0979	1.707	.04000	.095	.193	8.856	6.609	2.246	.562
31	.0262	1.081	.04500	.026	.107	10.126	3.314	6.812	2.099
32	.0540	.919	.04500	.053	.153	5.988	5.122	.866	1.019
33	.0758	1.366	.04500	.074	.181	7.550	5.970	1.580	.726
34	.0876	1.673	.04500	.085	.194	8.632	6.331	2.301	.628
35	.0975	1.696	.04500	.095	.204	8.297	6.599	1.698	.564
36	.0394	.933	.05000	.039	.138	6.749	4.334	2.415	1.396
37	.0579	.950	.05000	.057	.168	5.668	5.296	.371	.950
38	.0672	1.478	.05000	.066	.180	8.230	5.669	2.561	.818
39	.0748	1.593	.05000	.073	.189	8.419	5.936	2.483	.735
40	.0836	1.668	.05000	.081	.200	8.345	6.215	2.130	.658

DIAMETRO: .05500m. COEF DE CORRELACION: .82772 BETA: 1.06480 BETA*DIAM.: .05856m. ALFA: 1.39500

Tabla C.3. CALCULO DE LA RELACION " $C^* - C_0^*$ " Vs. " D/Y "

CON CORRECCION POR EFECTO DE PARED

DATOS DEL LABORATORIO DE HIDRAULICA DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

NO SE CONSIDERA CAUDAL ESCURRIENDO ENTRE PIEDRAS

ALFA = 1.4050

DIAM. (m.)= .0550

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s	PEND.	R.H. m.	V^* m/s	C^*	C_0^*	$C^*-C_0^*$	D/Y
1	.0451	.815	.02500	.044	.104	7.813	4.654	3.159	1.220
2	.0713	.934	.02500	.070	.131	7.132	5.799	1.333	.771
3	.0875	1.168	.02500	.085	.144	8.081	6.311	1.771	.629
4	.1031	1.268	.02500	.100	.157	8.103	6.721	1.382	.533
5	.1150	1.392	.02500	.111	.165	8.438	6.993	1.445	.478
6	.0335	.845	.03000	.033	.099	8.576	3.910	4.666	1.642
7	.0503	.929	.03000	.049	.121	7.701	4.927	2.774	1.093
8	.0738	1.110	.03000	.072	.146	7.613	5.865	1.729	.745
9	.0919	1.256	.03000	.090	.162	7.740	6.433	1.307	.598
10	.1053	1.554	.03000	.102	.173	8.987	6.774	2.214	.522

$D_{50} = 0.055 \text{ m.}$

COEF. DE CORRELACION: .92622

LA ECUACION DE REGRESION ES: $C^*-C_0^* = 2.64432 D/Y$

BETA = 1.07624 ALFA = 1.40500 BETA*DIAM. = .05919 m.

Tabla C.4. CALCULO DE LA RELACION " $C^* - C_0^*$ " Vs. " D/Y "

CON CORRECCION POR EFECTO DE PARED

DATOS DEL LABORATORIO DE HIDRAULICA DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

NO SE CONSIDERA CAUDAL ESCURRIENDO ENTRE PIEDRAS

ALFA = 1.0000

DIAM. (m.) = .0550

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s	PEND.	R.H. m.	V_x m/s	C^*	C_0^*	$C^*-C_0^*$	D/Y
1	.0983	1.664	.03500	.095	.180	9.221	7.452	1.769	.560
2	.0817	1.502	.03500	.079	.165	9.108	6.989	2.119	.673
3	.0730	.996	.03500	.072	.157	6.342	6.708	-.366	.753
4	.0432	.934	.03500	.043	.121	7.726	5.396	2.330	1.273
5	.0278	.828	.03500	.027	.097	8.529	4.294	4.235	1.978
6	.0255	.903	.04000	.025	.099	9.083	4.078	5.005	2.157
7	.0466	.937	.04000	.046	.134	6.974	5.586	1.388	1.180
8	.0659	1.529	.04000	.064	.159	9.641	6.452	3.189	.835
9	.0857	1.513	.04000	.083	.181	8.365	7.109	1.256	.642
10	.0979	1.707	.04000	.095	.193	8.856	7.442	1.414	.562

$D_{50} = 0.055 \text{ m.}$

COEF. DE CORRELACION: .78814

LA ECUACION DE REGRESION ES: $C^*-C_0^* = 2.10518 D/Y$

BETA = .85681 ALFA = 1.00000 BETA*DIAM. = .04712 m.

Tabla C.5. CALCULO DE LA RELACION $C^* - C_0^*$ Vs. D/Y

CON CORRECCION POR EFECTO DE PARED

DATOS DEL LABORATORIO DE HIDRAULICA DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

NO SE CONSIDERA CAUDAL ENTRE PIEDRAS

ALFA = 1.6050

DIAM. (m.) = .0550

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s	PEND.	R.H. m.	V* m/s	C*	C ₀ *	C*-C ₀ *	D/Y
1	.0262	1.081	.04500	.026	.107	10.126	2.963	7.163	2.099
2	.0540	.919	.04500	.053	.153	5.988	4.771	1.217	1.019
3	.0758	1.366	.04500	.074	.181	7.550	5.619	1.930	.726
4	.0876	1.673	.04500	.085	.194	8.632	5.981	2.652	.628
5	.0975	1.696	.04500	.095	.204	8.297	6.248	2.049	.564
6	.0394	.933	.05000	.039	.138	6.749	3.983	2.766	1.396
7	.0579	.950	.05000	.057	.168	5.668	4.946	.722	.950
8	.0672	1.478	.05000	.066	.180	8.230	5.318	2.912	.818
9	.0748	1.593	.05000	.073	.189	8.419	5.586	2.833	.735
10	.0836	1.668	.05000	.081	.200	8.345	5.864	2.481	.658

D50 = 0.055 m.

COEF. DE CORRELACION: .75186

LA ECUACION DE REGRESION ES: $C^* - C_0^* = 2.78781 D/Y + (-.00181)$

BETA = 1.13464 ALFA = 1.60500 BETA*DIAM. = .06241 m.

Tabla C.6

CALCULO DE LA RELACION " $C^* - C_0^*$ " Vs. " D/Y "

CON CORRECCION POR EFECTO DE PARED

DATOS DEL LABORATORIO DE HIDRAULICA DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

SE DESCUENTA EL CAUDAL ESCURRIENDO ENTRE PIEDRAS

ALFA = 1.7600

DIAM. (m.) = .0550

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s	PEND.	R.H. m.	V^* m/s	C^*	C_0^*	$C^*-C_0^*$	D/Y
1	.0429	.631	.01500	.042	.079	8.011	3.964	4.048	1.283
2	.0753	.809	.01500	.074	.104	7.780	5.372	2.408	.730
3	.0904	.872	.01500	.088	.114	7.668	5.829	1.839	.608
4	.1199	1.033	.01500	.116	.131	7.912	6.535	1.377	.459
5	.1390	1.161	.01500	.133	.140	8.292	6.905	1.387	.396
6	.0531	.732	.02000	.052	.101	7.228	4.499	2.729	1.036
7	.0580	.830	.02000	.057	.106	7.857	4.719	3.137	.948
8	.0880	.952	.02000	.086	.130	7.338	5.762	1.576	.625
9	.1090	1.113	.02000	.106	.144	7.730	6.296	1.435	.505
10	.1253	1.235	.02000	.121	.154	8.020	6.645	1.375	.439

$D_{50} = 0.055 \text{ m.}$

COEF. DE CORRELACION: .97040

LA ECUACION DE REGRESION ES: $C^*-C_0^* = 3.03507 D/Y$

BETA = 1.23527 ALFA = 1.76000 BETA*DIAM. = .06794 m.

Tabla C.7. CALCULO DE LA RELACION " $C^* - C_0^*$ " Vs. " D/Y "

CON CORRECCION POR EFECTO DE PARED

DATOS DEL LABORATORIO DE HIDRAULICA DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

SE DESCUENTA EL CAUDAL ESCURRIENDO ENTRE PIEDRAS

ALFA = 1.3350

DIAM. (m.)= .0550

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s	PEND.	R.H. m.	V^* m/s	C^*	C_0^*	$C^*-C_0^*$	D/Y
1	.0451	.777	.02500	.044	.104	7.445	4.782	2.664	1.220
2	.0713	.910	.02500	.070	.131	6.946	5.927	1.020	.771
3	.0875	1.148	.02500	.085	.145	7.943	6.438	1.505	.629
4	.1031	1.252	.02500	.100	.157	7.994	6.849	1.146	.533
5	.1150	1.377	.02500	.111	.165	8.345	7.121	1.225	.478
6	.0335	.786	.03000	.033	.099	7.964	4.038	3.926	1.642
7	.0503	.889	.03000	.050	.121	7.367	5.054	2.313	1.093
8	.0738	1.083	.03000	.072	.146	7.425	6.013	1.412	.745
9	.0919	1.234	.03000	.090	.162	7.603	6.561	1.042	.598
10	.1053	1.535	.03000	.102	.173	8.874	6.901	1.973	.522

D50 = 0.055 m.

COEF. DE CORRELACION: .90384

LA ECUACION DE REGRESION ES: $C^*-C_0^* = 2.21273 D/Y$

BETA = .90058 ALFA = 1.33500 BETA*DIAM. = .04953 m.

Tabla C.8 CALCULO DE LA RELACION " $C^* - C_0^*$ " Vs. " D/Y "

CON CORRECCION POR EFECTO DE PARED

DATOS DEL LABORATORIO DE HIDRAULICA DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

SE DESCUENTA EL CAUDAL ESCURRIENDO ENTRE PIEDRAS

ALFA = .9250

DIAM. (m.)= .0550

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s	PEND.	R.H. m.	V^* m/s	C^*	C_0^*	$C^*-C_0^*$	D/Y
1	.0983	1.641	.03500	.095	.181	9.086	7.647	1.440	.560
2	.0817	1.474	.03500	.079	.165	8.932	7.184	1.748	.673
3	.0730	.964	.03500	.072	.157	6.137	6.903	-.766	.753
4	.0432	.880	.03500	.043	.121	7.277	5.591	1.686	1.273
5	.0276	.745	.03500	.028	.097	7.663	4.489	3.174	1.978
6	.0255	.799	.04000	.025	.099	8.029	4.273	3.756	2.157
7	.0466	.880	.04000	.046	.134	6.547	5.781	.766	1.180
8	.0659	1.429	.04000	.064	.159	9.382	6.647	2.735	.835
9	.0857	1.482	.04000	.083	.181	8.190	7.304	.886	.642
10	.0979	1.680	.04000	.095	.193	8.712	7.636	1.075	.562

D50 = 0.055 m.

COEF. DE CORRELACION: .69196

LA ECUACION DE REGRESION ES: $C^*-C_0^* = 1.55461 D/Y$

BETA = .63273 ALFA = .92500 BETA*DIAM.= .03480 m.

Tabla C.9.

CALCULO DE LA RELACION $C^* - C_0^*$ Vs. D/Y

CON CORRECCION POR EFECTO DE PARED

DATOS DEL LABORATORIO DE HIDRAULICA DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

SE DESCUENTA EL CAUDAL ESCURRIENDO ENTRE PIEDRAS

ALFA = 1.4850

DIAM. (m.) = .0550

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s	PEND.	R.H. m.	V* m/s	C*	C ₀ *	C*-C ₀ *	D/Y
1	.0262	.968	.04500	.026	.107	9.061	3.158	5.904	2.099
2	.0540	.864	.04500	.053	.154	5.629	4.966	.664	1.019
3	.0758	1.327	.04500	.074	.181	7.331	5.813	1.518	.726
4	.0876	1.639	.04500	.085	.194	8.455	6.175	2.280	.628
5	.0975	1.666	.04500	.095	.204	8.146	6.443	1.703	.564
6	.0394	.842	.05000	.039	.138	6.083	4.178	1.906	1.396
7	.0579	.887	.05000	.057	.168	5.294	5.140	.154	.950
8	.0672	1.424	.05000	.066	.180	7.927	5.512	2.415	.818
9	.0748	1.545	.05000	.073	.189	8.160	5.780	2.380	.735
10	.0836	1.625	.05000	.082	.200	8.125	6.058	2.067	.658

D50 = 0.055 m.

COEF. DE CORRELACION: .66984

LA ECUACION DE REGRESION ES: $C^* - C_0^* = 2.18734 D/Y$

BETA = .89025 ALFA = 1.48500 BETA*DIAM. = .04896 m.

Tabla C.10.CALCULO DE LA RELACION " $C^* - C_{0^*}$ " Vs. " D/Y "

CON CORRECCION POR EFECTO DE PARED

DATOS DEL LABORATORIO DE HIDRAULICA DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

ALFA = 1.8500

DIAM. (m.)= .0550

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s	PEND.	R.H. m.	V^* m/s	C^*	C_{0^*}	$C^*-C_{0^*}$	D/Y
1	.0262	1.081	.04500	.026	.107	10.126	2.608	7.518	2.099
2	.0540	.919	.04500	.053	.153	5.988	4.416	1.572	1.019
3	.0758	1.366	.04500	.074	.181	7.550	5.264	2.286	.726
4	.0876	1.673	.04500	.085	.194	8.632	5.626	3.007	.628
5	.0975	1.696	.04500	.095	.204	8.297	5.893	2.404	.564

D50 = 0.055 m.

COEF. DE CORRELACION: .88984

LA ECUACION DE REGRESION ES: $C^*-C_{0^*} = 3.33748 D/Y$

BETA = 1.35836 ALFA = 1.85000 BETA*DIAM.= .07471 m.

CALCULO DE LA RELACION " $C^* - C_{0^*}$ " Vs. " D/Y "

CON CORRECCION POR EFECTO DE PARED

ALFA = .6080

DIAM. (m.)= .0550

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s	PEND.	R.H. m.	V^* m/s	C^*	C_{0^*}	$C^*-C_{0^*}$	D/Y
1	.0394	.933	.05000	.035	.138	6.749	6.410	.339	1.396
2	.0579	.950	.05000	.057	.168	5.668	7.372	-1.705	.950
3	.0672	1.478	.05000	.066	.180	8.230	7.745	.485	.818
4	.0748	1.593	.05000	.073	.189	8.419	8.013	.407	.735
5	.0836	1.668	.05000	.081	.200	8.345	8.291	.054	.658

D50 = 0.055 m.

COEF. DE CORRELACION: -.02955

LA ECUACION DE REGRESION ES: $C^*-C_{0^*} = -.09328 D/Y$

BETA = -.03796 ALFA = .60800 BETA*DIAM.= -.00209 m.

Tabla C.11. CALCULO DE LA RELACION "C* - Co*" Vs. "D/Y"

CON CORRECCION POR EFECTO DE PARED

DATOS DEL LABORATORIO DE HIDRAULICA DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

ALFA = 1.4300

DIAM. (m.)= .0550

ORDEN	PROF.	VELOC.	PEND.	R.H.	V*	C*	Co*	C*-Co*	D/Y
	m.	m/s		m.	m/s				
1	.0429	.661	.01500	.042	.079	8.393	4.483	3.910	1.283
2	.0753	.826	.01500	.073	.104	7.945	5.891	2.054	.730
3	.0904	.887	.01500	.088	.114	7.794	6.348	1.446	.608
4	.1199	1.043	.01500	.116	.130	7.996	7.054	.942	.459
5	.1390	1.170	.01500	.133	.140	8.359	7.424	.936	.396
6	.0531	.760	.02000	.052	.101	7.510	5.018	2.492	1.036
7	.0580	.856	.02000	.057	.106	8.105	5.239	2.867	.948
8	.0880	.970	.02000	.086	.130	7.472	6.281	1.191	.625
9	.1090	1.127	.02000	.106	.144	7.828	6.815	1.014	.505
10	.1253	1.247	.02000	.121	.154	8.100	7.164	.936	.439
11	.0451	.815	.02500	.044	.104	7.813	4.610	3.203	1.220
12	.0713	.934	.02500	.070	.131	7.132	5.755	1.377	.771
13	.0875	1.168	.02500	.085	.144	8.081	6.267	1.815	.629
14	.1031	1.268	.02500	.100	.157	8.103	6.677	1.426	.533
15	.1150	1.392	.02500	.111	.165	8.438	6.949	1.489	.478
16	.0335	.845	.03000	.033	.099	8.576	3.866	4.710	1.642
17	.0503	.929	.03000	.049	.121	7.701	4.882	2.818	1.093
18	.0738	1.110	.03000	.072	.146	7.613	5.841	1.773	.745
19	.0919	1.256	.03000	.090	.162	7.740	6.389	1.351	.598
20	.1053	1.554	.03000	.102	.173	8.987	6.730	2.258	.522
21	.0983	1.664	.03500	.095	.180	9.221	6.558	2.663	.560
22	.0817	1.502	.03500	.079	.165	9.108	6.095	3.013	.673
23	.0730	.996	.03500	.072	.157	6.342	5.814	.528	.753
24	.0432	.934	.03500	.043	.121	7.726	4.502	3.224	1.273
25	.0278	.828	.03500	.027	.097	8.529	3.400	5.129	1.978
26	.0255	.903	.04000	.025	.099	9.083	3.184	5.899	2.157
27	.0466	.937	.04000	.046	.134	6.974	4.691	2.283	1.180
28	.0659	1.529	.04000	.064	.159	9.641	5.558	4.083	.835
29	.0857	1.513	.04000	.083	.181	8.365	6.215	2.150	.642
30	.0979	1.707	.04000	.095	.193	8.856	6.547	2.308	.562
31	.0262	1.081	.04500	.026	.107	10.126	3.252	6.874	2.099
32	.0540	.919	.04500	.053	.153	5.988	5.060	.928	1.019
33	.0758	1.366	.04500	.074	.181	7.550	5.908	1.642	.726
34	.0876	1.673	.04500	.085	.194	8.632	6.269	2.363	.628
35	.0975	1.696	.04500	.095	.204	8.297	6.537	1.760	.564

D50 = 0.055 m.

COEF. DE CORRELACION: .87205

LA ECUACION DE REGRESION ES: $C^* - C_{0*} = 2.74614 D/Y + (-.00087)$

BETA = 1.11768 ALFA = 1.43000 BETA*DIAM. = .06147 m.

Tabla C.12

MODELO DE RUGOSIDAD COMPUESTA

VELOCIDAD MEDIA CONSTANTE

DATOS DEL LABORATORIO DE HIDRAULICA DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

DIAM.(m)= .0550

ALFA= 1.4300

BETA= 1.1177

LONG. FONDO LISO (m) = 0.0000

LONG. FONDO RUGOSO (m) =1.0000

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s.	PEND.	R.H. m.	DIAM/Y	Cliso	Crug.	Ctotal	Cexp.	Dif %	Ct/Ce
1	.0429	.661	.01500	.039	1.283	20.777	8.032	8.316	8.668	-4.058	.959
2	.0753	.826	.01500	.065	.730	22.513	7.899	8.395	8.418	-.264	.997
3	.0904	.887	.01500	.077	.608	23.075	8.013	8.614	8.354	3.113	1.031
4	.1199	1.043	.01500	.097	.459	24.066	8.296	9.108	8.747	4.127	1.041
5	.1390	1.170	.01500	.109	.396	24.652	8.486	9.439	9.253	2.011	1.020
6	.0531	.760	.02000	.048	1.036	21.556	7.879	8.229	7.831	5.075	1.051
7	.0580	.856	.02000	.052	.948	22.013	7.856	8.238	8.475	-2.797	.972
8	.0880	.970	.02000	.075	.625	23.214	7.992	8.578	8.083	7.186	1.072
9	.1090	1.127	.02000	.089	.505	24.024	8.187	8.923	8.506	4.904	1.049
10	.1253	1.247	.02000	.100	.439	24.562	8.350	9.205	8.895	3.485	1.035
11	.0451	.815	.02500	.041	1.220	21.351	7.983	8.283	8.093	2.339	1.023
12	.0713	.934	.02500	.062	.771	22.664	7.877	8.349	7.550	10.578	1.106
13	.0875	1.168	.02500	.074	.629	23.615	7.988	8.574	8.641	-.786	.992
14	.1031	1.268	.02500	.085	.533	24.165	8.130	8.827	8.762	.732	1.007
15	.1150	1.392	.02500	.093	.478	24.614	8.246	9.030	9.192	-1.773	.982
16	.0335	.845	.03000	.031	1.642	20.777	8.412	8.642	8.795	-1.750	.983
17	.0503	.929	.03000	.046	1.093	21.881	7.904	8.239	8.012	2.823	1.028
18	.0738	1.110	.03000	.064	.745	23.123	7.890	8.381	8.068	3.871	1.039
19	.0919	1.256	.03000	.078	.598	23.887	8.026	8.643	8.312	3.984	1.040
20	.1053	1.554	.03000	.087	.522	24.665	8.151	8.867	9.711	-8.692	.913
21	.0983	1.664	.03500	.082	.560	24.665	8.084	8.752	9.910	-11.69	.883
22	.0817	1.502	.03500	.070	.673	24.024	7.942	8.491	9.677	-12.26	.877
23	.0730	.996	.03500	.064	.753	22.859	7.886	8.370	6.734	24.281	1.243
24	.0432	.934	.03500	.040	1.273	21.556	8.024	8.314	7.994	3.999	1.040
25	.0278	.828	.03500	.026	1.978	20.322	8.878	9.073	8.710	4.172	1.042
26	.0255	.903	.04000	.024	2.157	20.322	9.156	9.338	9.254	.909	1.009
27	.0466	.937	.04000	.043	1.180	21.730	7.955	8.266	7.244	14.108	1.141
28	.0659	1.529	.04000	.058	.835	23.584	7.857	8.299	10.116	-17.96	.820
29	.0857	1.513	.04000	.073	.642	24.146	7.973	8.550	8.931	-4.265	.957
30	.0979	1.707	.04000	.082	.562	24.713	8.081	8.745	9.527	-8.242	.918
31	.0262	1.081	.04500	.025	2.099	20.777	9.064	9.252	10.312	-10.27	.897
32	.0540	.919	.04500	.049	1.019	22.013	7.873	8.231	6.267	31.335	1.313
33	.0758	1.366	.04500	.066	.726	23.645	7.902	8.489	8.017	4.889	1.049
34	.0876	1.673	.04500	.075	.628	24.419	7.989	8.581	9.225	-6.986	.930
35	.0975	1.696	.04500	.082	.564	24.689	8.077	8.739	8.939	-2.237	.978

ERROR MED. CUAD. (Z)= 9.3975 ERROR MED.(Z)= 6.6263 SUMATORIA (Ct/C-1)/N= .06626

Tabla C.13. MODELO DE RUGOSIDAD COMPUESTA

VELOCIDAD MEDIA CONSTANTE

DATOS DEL LABORATORIO DE HIDRAULICA DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

DIAM.(m)= .0550

ALFA= 1.0000

BETA= .8568

LONG. FONDO LISO (m) = 0.0000

LONG. FONDO RUGOSO (m) =1.0000

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s.	PEND.	R.H. m.	DIAM/Y	Cliso	Crug.	Ctotal	Cexp.	Dif %	Ct/Ce
1	.0429	.661	.01500	.039	1.283	20.777	8.089	8.374	8.668	-3.392	.966
2	.0753	.826	.01500	.065	.730	22.513	8.309	8.823	8.418	4.819	1.048
3	.0904	.887	.01500	.077	.608	23.075	8.502	9.127	8.354	9.257	1.093
4	.1199	1.043	.01500	.097	.459	24.066	8.880	9.730	8.747	11.243	1.112
5	.1390	1.170	.01500	.109	.396	24.652	9.111	10.110	9.253	9.261	1.093
6	.0531	.760	.02000	.046	1.036	21.556	8.094	8.450	7.831	7.898	1.079
7	.0580	.856	.02000	.052	.948	22.013	8.127	8.518	8.475	.504	1.005
8	.0880	.970	.02000	.075	.625	23.214	8.471	9.080	8.803	13.456	1.135
9	.1090	1.127	.02000	.089	.505	24.024	8.742	9.512	8.506	11.825	1.118
10	.1253	1.247	.02000	.106	.439	24.562	8.947	9.843	8.895	10.659	1.107
11	.0451	.815	.02500	.041	1.220	21.351	8.080	8.382	8.093	3.568	1.036
12	.0713	.934	.02500	.062	.771	22.664	8.262	8.749	7.550	15.876	1.159
13	.0875	1.168	.02500	.074	.629	23.615	8.464	9.073	8.641	4.998	1.050
14	.1031	1.268	.02500	.085	.533	24.165	8.667	9.395	8.762	7.217	1.072
15	.1150	1.392	.02500	.093	.478	24.614	8.818	9.639	9.192	4.853	1.049
16	.0335	.845	.03000	.031	1.642	20.777	8.238	8.465	8.795	-3.755	.962
17	.0503	.929	.03000	.046	1.093	21.881	8.082	8.422	8.012	5.106	1.051
18	.0738	1.110	.03000	.064	.745	23.123	8.291	8.799	8.068	9.055	1.091
19	.0919	1.256	.03000	.078	.598	23.887	8.521	9.165	8.312	10.257	1.103
20	.1053	1.554	.03000	.087	.522	24.665	8.695	9.444	9.711	-2.749	.973
21	.0983	1.664	.03500	.082	.560	24.665	8.605	9.302	9.910	-6.141	.939
22	.0817	1.502	.03500	.070	.673	24.024	8.389	8.960	9.677	-7.412	.926
23	.0730	.996	.03500	.064	.753	22.859	8.282	8.782	6.734	30.406	1.304
24	.0432	.934	.03500	.046	1.273	21.556	8.087	8.378	7.994	4.803	1.048
25	.0278	.828	.03500	.026	1.978	20.322	8.488	8.679	8.710	-.351	.996
26	.0255	.903	.04000	.024	2.157	20.322	8.652	8.829	9.254	-4.590	.954
27	.0466	.937	.04000	.043	1.180	21.730	8.077	8.392	7.244	15.840	1.158
28	.0659	1.529	.04000	.058	.835	23.584	8.201	8.656	10.116	-14.43	.856
29	.0857	1.513	.04000	.073	.642	24.146	8.441	9.041	8.931	1.235	1.012
30	.0979	1.707	.04000	.082	.562	24.713	8.599	9.294	9.527	-2.442	.976
31	.0262	1.081	.04500	.025	2.099	20.777	8.597	8.780	10.312	-14.85	.851
32	.0540	.919	.04500	.049	1.019	22.013	8.099	8.464	6.267	35.850	1.351
33	.0758	1.366	.04500	.066	.726	23.645	8.316	8.841	8.017	10.282	1.103
34	.0876	1.673	.04500	.075	.628	24.419	8.465	9.082	9.225	-1.551	.984
35	.0975	1.696	.04500	.082	.564	24.689	8.594	9.286	8.939	3.883	1.039

ERROR MED. CUAD. (%)= 11.3772 ERROR MED.(%)= 8.6577 SUMATORIA (Ct/C-1)/N= .08658

Tabla C.14.

MODELO DE RUGOSIDAD COMPUESTA

VELOCIDAD MEDIA CONSTANTE

DATOS DEL LABORATORIO DE HIDRAULICA DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

DIAM.(M)= .0550

ALFA= 1.8200

BETA= 1.3786

LONG. FONDO LISO (M) = 0.0000

LONG. FONDO RUGOSO (M) =1.0000

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S.	PEND.	R.H. M.	DIAM/Y	Cliso	Crug.	Ctotal	Cexp.	Dif %	Ct/Ce
1	.0429	.661	.01500	.039	1.283	20.777	8.262	8.551	8.668	-1.347	.987
2	.0753	.826	.01500	.065	.730	22.513	7.775	8.266	8.418	-1.805	.982
3	.0904	.887	.01500	.077	.608	23.075	7.810	8.401	8.354	.561	1.006
4	.1199	1.043	.01500	.097	.459	24.066	7.997	8.789	8.747	.479	1.005
5	.1390	1.170	.01500	.109	.396	24.652	8.147	9.073	9.253	-1.940	.981
6	.0531	.760	.02000	.048	1.036	21.556	7.951	8.302	7.831	6.014	1.060
7	.0580	.856	.02000	.052	.948	22.013	7.871	8.254	8.475	-2.610	.974
8	.0880	.970	.02000	.075	.625	23.214	7.800	8.376	8.083	4.664	1.047
9	.1090	1.127	.02000	.089	.505	24.024	7.918	8.637	8.506	1.539	1.015
10	.1253	1.247	.02000	.100	.439	24.562	8.039	8.871	8.895	-.268	.997
11	.0451	.815	.02500	.041	1.220	21.351	8.172	8.477	8.093	4.734	1.047
12	.0713	.934	.02500	.062	.771	22.664	7.779	8.246	7.550	9.225	1.092
13	.0875	1.168	.02500	.074	.629	23.615	7.799	8.374	8.641	-3.096	.969
14	.1031	1.268	.02500	.085	.533	24.165	7.880	8.561	8.762	-2.305	.977
15	.1150	1.392	.02500	.093	.478	24.614	7.961	8.724	9.192	-5.096	.949
16	.0335	.845	.03000	.031	1.642	20.777	8.872	9.109	8.795	3.560	1.036
17	.0503	.929	.03000	.046	1.093	21.881	8.013	8.350	8.012	4.215	1.042
18	.0738	1.110	.03000	.064	.745	23.123	7.775	8.261	8.068	2.385	1.024
19	.0919	1.256	.03000	.078	.598	23.887	7.817	8.423	8.312	1.330	1.013
20	.1053	1.554	.03000	.087	.522	24.665	7.894	8.593	9.711	-11.52	.885
21	.0983	1.664	.03500	.082	.560	24.665	7.851	8.503	9.910	-14.20	.858
22	.0817	1.502	.03500	.070	.673	24.024	7.781	8.322	9.677	-14.01	.860
23	.0730	.996	.03500	.064	.753	22.859	7.776	8.255	6.734	22.584	1.226
24	.0432	.934	.03500	.040	1.273	21.556	8.248	8.543	7.994	6.863	1.069
25	.0278	.828	.03500	.026	1.978	20.322	9.554	9.756	8.710	12.009	1.120
26	.0255	.903	.04000	.024	2.157	20.322	9.946	10.135	9.254	9.517	1.095
27	.0466	.937	.04000	.043	1.180	21.730	8.119	8.434	7.244	16.432	1.164
28	.0659	1.529	.04000	.058	.835	23.584	7.800	8.239	10.116	-18.55	.814
29	.0857	1.513	.04000	.073	.642	24.146	7.792	8.359	8.931	-6.401	.936
30	.0979	1.707	.04000	.082	.562	24.713	7.848	8.499	9.527	-10.79	.892
31	.0262	1.081	.04500	.025	2.099	20.777	9.817	10.013	10.312	-2.900	.971
32	.0540	.919	.04500	.049	1.019	22.013	7.934	8.293	6.267	32.329	1.323
33	.0758	1.366	.04500	.066	.726	23.645	7.775	8.276	8.017	3.226	1.032
34	.0876	1.673	.04500	.075	.628	24.419	7.799	8.380	9.225	-9.159	.908
35	.0975	1.696	.04500	.082	.564	24.689	7.846	8.494	8.939	-4.977	.950

ERROR MED. CUAD. (Z)= 10.0420

ERROR MED.(Z)= 7.2182

SUMATORIA (Ct/C-1)/N= .07218

Tabla C.15

MODELO DE RUGOSIDAD COMPUESTA

VELOCIDAD MEDIA CONSTANTE

DATOS DEL LABORATORIO DE HIDRAULICA DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

DIAM.(m)= .0550

ALFA= 1.8200

BETA= 1.3786

LONG. FONDO LISO (m) = 0.0000

LONG. FONDO RUGOSO (m) =1.0000

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s.	PEND.	R.H. m.	DIAM/Y	Cliso	Crug.	Ctotal	Cexp.	Dif %	Ct/Ce
1	.0429	.661	.01500	.039	1.283	20.777	8.262	8.551	8.668	-1.347	.987
2	.0753	.826	.01500	.065	.730	22.513	7.775	8.266	8.418	-1.805	.982
3	.0904	.887	.01500	.077	.608	23.075	7.810	8.401	8.354	.561	1.006
4	.1199	1.043	.01500	.097	.459	24.066	7.997	8.789	8.747	.479	1.005
5	.1390	1.170	.01500	.109	.396	24.652	8.147	9.073	9.253	-1.940	.981
6	.0531	.760	.02000	.048	1.036	21.556	7.951	8.302	7.831	6.014	1.060
7	.0580	.856	.02000	.052	.948	22.013	7.871	8.254	8.475	-2.610	.974
8	.0880	.970	.02000	.075	.625	23.214	7.800	8.376	8.003	4.664	1.047
9	.1090	1.127	.02000	.089	.505	24.024	7.918	8.637	8.506	1.539	1.015
10	.1253	1.247	.02000	.100	.439	24.562	8.039	8.871	8.895	-.268	.997

ERROR MED. CUAD. (Z)= 2.7669 ERROR MED.(Z)= 2.1228 SUMATORIA (Ct/C-1)/N= .02123

MODELO DE RUGOSIDAD COMPUESTA - VEL. MEDIA CONSTANTE

DIAM.(m)= .0550

ALFA= 1.4300

BETA= 1.1177

LONG. FONDO LISO (m) = 0.0000

LONG. FONDO RUGOSO (m) =1.0000

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s.	PEND.	R.H. m.	DIAM/Y	Cliso	Crug.	Ctotal	Cexp.	Dif %	Ct/Ce
1	.0429	.661	.01500	.039	1.283	20.777	8.032	8.316	8.668	-4.058	.959
2	.0753	.826	.01500	.065	.730	22.513	7.899	8.395	8.418	-.264	.997
3	.0904	.887	.01500	.077	.608	23.075	8.013	8.614	8.354	3.113	1.031
4	.1199	1.043	.01500	.097	.459	24.066	8.296	9.108	8.747	4.127	1.041
5	.1390	1.170	.01500	.109	.396	24.652	8.486	9.439	9.253	2.011	1.020
6	.0531	.760	.02000	.048	1.036	21.556	7.879	8.229	7.831	5.075	1.051
7	.0580	.856	.02000	.052	.948	22.013	7.856	8.238	8.475	-2.797	.972
8	.0880	.970	.02000	.075	.625	23.214	7.992	8.578	8.003	7.186	1.072
9	.1090	1.127	.02000	.089	.505	24.024	8.187	8.923	8.506	4.904	1.049
10	.1253	1.247	.02000	.100	.439	24.562	8.350	9.205	8.895	3.485	1.035

ERROR MED. CUAD. (Z)= 4.1075 ERROR MED.(Z)= 3.7020 SUMATORIA (Ct/C-1)/N= .03702

Tabla C.16.

MODELO DE RUGOSIDAD COMPUESTA

VELOCIDAD MEDIA CONSTANTE

DATOS DEL LABORATORIO DE HIDRAULICA DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

DIAM.(m)= .0550

ALFA= 1.0000

BETA= .8568

LONG. FONDO LISO (m) = 0.0000

LONG. FONDO RUGOSO (m) =1.0000

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s.	PEND.	R.H. m.	DIAM/Y	Cliso	Crug.	Ctotal	Cexp.	Dif Z	Ct/Ce
1	.0429	.661	.01500	.039	1.283	20.777	8.089	8.374	8.668	-3.392	.966
2	.0753	.826	.01500	.065	.730	22.513	8.309	8.823	8.418	4.819	1.048
3	.0904	.887	.01500	.077	.608	23.075	8.502	9.127	8.354	9.257	1.093
4	.1199	1.043	.01500	.097	.459	24.066	8.880	9.730	8.747	11.243	1.112
5	.1390	1.170	.01500	.109	.396	24.652	9.111	10.110	9.253	9.261	1.093
6	.0531	.760	.02000	.048	1.036	21.556	8.094	8.450	7.831	7.898	1.079
7	.0586	.856	.02000	.052	.948	22.013	8.127	8.518	8.475	.504	1.005
8	.0880	.970	.02000	.075	.625	23.214	8.471	9.080	8.063	13.456	1.135
9	.1090	1.127	.02000	.089	.505	24.024	8.742	9.512	8.506	11.825	1.118
10	.1253	1.247	.02000	.100	.439	24.562	8.947	9.843	8.895	10.659	1.107

ERROR MED. CUAD. (Z)= 9.1092 ERROR MED.(Z)= 8.2316 SUMATORIA (Ct/C-1)/N= .08232

MODELO DE RUGOSIDAD COMPUESTA - VEL. MEDIA CONSTANTE

DIAM.(m)= .0550

ALFA= 1.0000

BETA= .8568

LONG. FONDO LISO (m) = 0.0000

LONG. FONDO RUGOSO (m) =1.0000

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s.	PEND.	R.H. m.	DIAM/Y	Cliso	Crug.	Ctotal	Cexp.	Dif Z	Ct/Ce
1	.0983	1.664	.03500	.082	.560	24.665	8.605	9.302	9.910	-6.141	.939
2	.0817	1.502	.03500	.070	.673	24.024	8.389	8.960	9.677	-7.412	.926
3	.0730	.996	.03500	.064	.753	22.859	8.282	8.782	6.734	30.406	1.304
4	.0432	.934	.03500	.040	1.273	21.556	8.087	8.378	7.994	4.803	1.048
5	.0278	.828	.03500	.026	1.978	20.322	8.488	8.679	8.710	-.351	.996
6	.0255	.963	.04000	.024	2.157	20.322	8.652	8.829	9.254	-4.590	.954
7	.0466	.937	.04000	.043	1.180	21.730	8.077	8.392	7.244	15.840	1.158
8	.0659	1.529	.04000	.058	.835	23.584	8.201	8.656	10.116	-14.43	.856
9	.0857	1.513	.04000	.073	.642	24.146	8.441	9.041	8.931	1.235	1.012
10	.0979	1.707	.04000	.082	.562	24.713	8.599	9.294	9.527	-2.442	.976

ERROR MED. CUAD. (Z)= 12.3612 ERROR MED.(Z)= 8.7649 SUMATORIA (Ct/C-1)/N= .08765

Tabla C.17. MODELO DE RUGOSIDAD COMPUESTA
VELOCIDAD MEDIA CONSTANTE

DATOS DEL LABORATORIO DE HIDRAULICA DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

DIAM.(m)= .0550
ALFA= 1.4300
BETA= 1.1177
LONG. FONDO LISO (m) = 0.0000
LONG. FONDO RUGOSO (m) =1.0000

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s.	PEND.	R.H. m.	DIAM/Y	Cliso	Crug.	Ctotal	Cexp.	Dif %	Ct/Ce
1	.0983	1.664	.03500	.082	.560	24.665	8.084	8.752	9.910	-11.69	.883
2	.0817	1.502	.03500	.070	.673	24.024	7.942	8.491	9.677	-12.26	.877
3	.0730	.996	.03500	.064	.753	22.859	7.886	8.370	6.734	24.281	1.243
4	.0432	.934	.03500	.040	1.273	21.556	8.024	8.314	7.994	3.999	1.040
5	.0278	.828	.03500	.026	1.978	20.322	8.878	9.073	8.710	4.172	1.042
6	.0255	.903	.04000	.024	2.157	20.322	9.156	9.338	9.254	.909	1.009
7	.0466	.937	.04000	.043	1.180	21.730	7.955	8.266	7.244	14.108	1.141
8	.0659	1.529	.04000	.058	.835	23.584	7.857	8.299	10.116	-17.96	.820
9	.0857	1.513	.04000	.073	.642	24.146	7.973	8.550	8.931	-4.265	.957
10	.0979	1.707	.04000	.082	.562	24.713	8.081	8.745	9.527	-8.202	.918

ERROR MED. CUAD. (%)= 12.3208 ERROR MED. (%)= 10.1853 SUMATORIA (Ct/C-1)/N= .10185

MODELO DE RUGOSIDAD COMPUESTA - VEL. MEDIA CONSTANTE

DIAM.(m)= .0550
ALFA= 1.8200
BETA= 1.3786
LONG. FONDO LISO (m) = 0.0000
LONG. FONDO RUGOSO (m) =1.0000

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s.	PEND.	R.H. m.	DIAM/Y	Cliso	Crug.	Ctotal	Cexp.	Dif %	Ct/Ce
1	.0983	1.664	.03500	.082	.560	24.665	7.851	8.503	9.910	-14.20	.858
2	.0817	1.502	.03500	.070	.673	24.024	7.781	8.322	9.677	-14.01	.860
3	.0730	.996	.03500	.064	.753	22.859	7.776	8.255	6.734	22.584	1.226
4	.0432	.934	.03500	.040	1.273	21.556	8.248	8.543	7.994	6.863	1.069
5	.0278	.828	.03500	.026	1.978	20.322	9.554	9.756	8.710	12.009	1.120
6	.0255	.903	.04000	.024	2.157	20.322	9.946	10.135	9.254	9.517	1.095
7	.0466	.937	.04000	.043	1.180	21.730	8.119	8.434	7.244	16.432	1.164
8	.0659	1.529	.04000	.058	.835	23.584	7.800	8.239	10.116	-18.55	.814
9	.0857	1.513	.04000	.073	.642	24.146	7.792	8.359	8.931	-6.401	.936
10	.0979	1.707	.04000	.082	.562	24.713	7.848	8.499	9.527	-10.79	.892

ERROR MED. CUAD. (%)= 14.0049 ERROR MED. (%)= 13.1355 SUMATORIA (Ct/C-1)/N= .13136

Tabla C.18. CALCULO DE LA RELACION "C* - C₀*" -- "D/Y"

CON CORRECCION POR EFECTO DE PARED

DATOS DEL ESTUDIO "EPFL" SERIE I FONDO PLANO SIN TRANSPORTE

ALFA = 3.8230

DIAM. (m.) = .0222

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s	PEND.	F.H. m.	U _x m/s	C*	C ₀ *	C*-C ₀ *	D/Y
1	.0540	.312	.01000	.053	.072	4.328	4.870	-.542	.411
2	.1170	.705	.01000	.112	.105	6.765	6.803	-.037	.190
3	.1170	.712	.01000	.112	.105	6.794	6.803	-.009	.190
4	.1630	1.024	.01000	.150	.121	8.443	7.632	.811	.136
5	.1730	.961	.01000	.161	.126	7.648	7.780	-.132	.128
6	.1630	1.020	.01000	.151	.122	8.382	7.632	.751	.136
7	.0400	.418	.03000	.039	.107	3.902	4.119	-.217	.555
8	.0520	.645	.03000	.051	.122	5.266	4.775	.490	.427
9	.0550	.666	.03000	.054	.126	4.808	4.916	-.108	.404
10	.0490	.681	.03000	.048	.119	5.722	4.627	1.096	.453
11	.0630	.794	.03000	.062	.135	5.879	5.255	.624	.352
12	.0660	.833	.03000	.065	.132	6.323	5.133	1.190	.370
13	.0700	.948	.03000	.068	.141	6.702	5.518	1.184	.317
14	.0690	.966	.03000	.067	.140	6.880	5.482	1.398	.322
15	.0780	1.068	.03000	.075	.149	7.190	5.789	1.401	.285
16	.0280	.585	.05000	.028	.117	4.993	3.228	1.765	.793
17	.0350	.718	.05000	.034	.129	5.561	3.786	1.775	.634
18	.0480	.699	.05000	.047	.152	4.605	4.575	.029	.462
19	.0580	.862	.05000	.057	.167	5.156	5.048	.108	.383
20	.0490	1.027	.05000	.048	.153	6.694	4.627	2.068	.453
21	.0510	.980	.05000	.050	.157	6.259	4.727	1.532	.435
22	.0220	.534	.07000	.022	.123	4.345	2.625	1.721	1.009
23	.0260	.633	.07000	.026	.134	4.738	3.042	1.696	.854
24	.0340	.631	.07000	.034	.153	4.130	3.713	.417	.653
25	.0350	.711	.07000	.035	.155	4.587	3.786	.801	.634
26	.0330	.758	.07000	.033	.151	5.036	3.638	1.398	.673
27	.0290	.575	.09000	.029	.160	3.594	3.315	.279	.766
28	.0210	.794	.09000	.021	.136	5.832	2.508	3.324	1.057
29	.0380	.667	.09000	.038	.163	4.099	3.400	.699	.740

D50: 0.0222 m.

COEF. DE CORRELACION: .52598

LA ECUACION DE REGRESION ES: $C^* - C_0^* = 1.79446 D/Y + (-.00038)$

BETA = .73035 ALFA = 3.82300 BETA*DIAM. = .01621 m.

Tabla C.19.

MODELO DE RUGOSIDAD COMPUESTA

VELOCIDAD MEDIA CONSTANTE

DATOS DEL ESTUDIO "EPFL" - SERIE I FONDO PLANO SIN TRANSPORTE

DIAM.(m)= .0222

ALFA= 3.8230

BETA= .7304

LONG. FONDO LISO (m) = 0.0000

LONG. FONDO RUGOSO (m) = .6000

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s.	PEND.	R.H. m.	DIAM/Y	C _{liso}	C _{rug.}	C _{total}	C _{exp.}	Dif %	C _{t/Ce}
1	.0540	.312	.01000	.045	.411	19.639	5.627	6.068	4.679	29.677	1.297
2	.1170	.709	.01000	.085	.190	23.152	7.129	8.254	7.787	5.998	1.060
3	.1170	.712	.01000	.084	.190	23.161	7.129	8.254	7.837	5.328	1.053
4	.1630	1.024	.01000	.106	.136	24.710	7.848	9.493	10.067	-5.703	.943
5	.1730	.961	.01000	.110	.128	24.701	7.980	9.732	9.251	5.197	1.052
6	.1630	1.020	.01000	.106	.136	24.701	7.848	9.493	10.012	-5.189	.948
7	.0400	.418	.03000	.035	.555	19.623	5.148	5.455	4.111	32.709	1.327
8	.0520	.645	.03000	.044	.427	21.149	5.563	5.990	5.667	5.694	1.057
9	.0550	.606	.03000	.046	.404	21.135	5.659	6.115	5.182	18.004	1.180
10	.0490	.680	.03000	.042	.453	21.135	5.463	5.861	6.109	-4.056	.959
11	.0630	.794	.03000	.052	.352	22.031	5.900	6.442	6.415	.413	1.004
12	.0600	.833	.03000	.050	.370	22.029	5.812	6.323	6.868	-7.940	.921
13	.0700	.948	.03000	.057	.317	22.656	6.096	6.713	7.319	-8.275	.917
14	.0690	.966	.03000	.056	.322	22.666	6.069	6.676	7.519	-11.22	.888
15	.0780	1.068	.03000	.062	.285	23.161	6.303	7.008	7.914	-11.44	.886
16	.0280	.585	.05000	.026	.793	19.578	4.698	4.899	5.174	-5.315	.947
17	.0350	.718	.05000	.031	.634	20.515	4.962	5.226	5.806	-9.990	.900
18	.0480	.699	.05000	.041	.462	21.150	5.430	5.817	4.924	18.133	1.181
19	.0580	.862	.05000	.049	.383	22.030	5.752	6.242	5.584	11.788	1.118
20	.0490	1.027	.05000	.042	.453	22.044	5.463	5.863	7.171	-18.23	.818
21	.0510	.980	.05000	.044	.435	22.029	5.530	5.950	6.703	-11.24	.888
22	.0220	.534	.07000	.020	1.009	18.854	4.494	4.646	4.519	2.810	1.028
23	.0260	.633	.07000	.024	.854	19.588	4.626	4.810	4.908	-1.988	.980
24	.0340	.631	.07000	.031	.653	20.168	4.924	5.178	4.337	19.402	1.194
25	.0350	.711	.07000	.031	.634	20.493	4.962	5.226	4.836	8.063	1.081
26	.0330	.758	.07000	.030	.673	20.505	4.886	5.132	5.306	-3.277	.967
27	.0290	.575	.09000	.026	.766	19.617	4.735	4.945	3.764	31.386	1.314
28	.0210	.794	.09000	.020	1.057	19.617	4.466	4.611	6.033	-23.57	.764
29	.0300	.667	.09000	.027	.740	20.015	4.773	4.992	4.299	16.109	1.161

ERROR MED. CUAD. (%)= 14.6000

ERROR MED. (%)= 11.6602

SUMATORIA (C_t/C-1)/N= .11660

Tabla C.20.

CALCULO DE LA RELACION "C* - Co*" -- "D/Y"

CON CORRECCION POR EFECTO DE PARED

DATOS DEL ESTUDIO "EPFL" SERIE II FONDO PLANO SIN TRANSPORTE

ALFA = 2.2250

DIAM. (m.)= .0443

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s	PEND.	R.H. m.	V* m/s	C*	Co*	C*-Co*	D/Y
1	.0530	.314	.01000	.052	.071	4.397	4.415	-.018	.836
2	.1260	.663	.01000	.121	.109	6.086	6.580	-.494	.352
3	.1210	.688	.01000	.116	.107	6.451	6.479	-.029	.366
4	.1790	.929	.01000	.167	.128	7.259	7.458	-.199	.247
5	.1750	.951	.01000	.163	.126	7.522	7.402	.120	.253
6	.2200	1.136	.01000	.199	.140	8.132	7.974	.158	.201
7	.2620	1.274	.01000	.233	.151	8.428	8.411	.018	.169
8	.0690	.723	.03000	.068	.141	5.112	5.075	.037	.642
9	.0750	.668	.03000	.074	.148	4.527	5.283	-.756	.591
10	.0860	.971	.03000	.083	.156	6.214	5.626	.588	.515
11	.0840	.988	.03000	.082	.155	6.361	5.567	.794	.527
12	.1000	1.161	.03000	.097	.169	6.873	6.003	.870	.443
13	.1140	1.310	.03000	.109	.179	7.315	6.330	.985	.389
14	.1350	1.353	.03000	.129	.195	6.945	6.753	.192	.328
15	.0470	.702	.05000	.047	.152	4.624	4.115	.509	.943
16	.0610	.822	.05000	.060	.172	4.792	4.767	.026	.726
17	.0860	.973	.05000	.084	.203	4.794	5.626	-.831	.515
18	.0480	.519	.07000	.048	.182	2.859	4.168	-1.309	.923
19	.0400	.628	.07000	.040	.166	3.790	3.712	.078	1.108
20	.0430	.781	.07000	.042	.170	4.600	3.893	.707	1.030
21	.0570	.877	.07000	.056	.196	4.473	4.597	-.124	.777
22	.0430	.958	.09000	.043	.195	4.918	3.893	1.025	1.030
23	.0480	1.038	.09000	.048	.206	5.043	4.168	.875	.923

D50: 0.043 m.

COEF. DE CORRELACION: .11399

LA ECUACION DE REGRESION ES: $C^* - C_{*0} = .23498 D/Y + (-.00120)$

BETA = .09564 ALFA = 2.25500 BETA*DIAM. = .00424 m.

Tabla C.21

MODELO DE RUGOSIDAD COMPUESTA

VELOCIDAD MEDIA CONSTANTE

DATOS DEL ESTUDIO "EPFL" - SERIE II FONDO PLANO SIN TRANSPORTE

DIAM.(m)= .0443

ALFA= 2.2550

BETA= .0956

LONG. FONDO LISO (m) = 0.0000

LONG. FONDO RUGOSO (m) = .6000

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s.	PEND.	R.H. m.	DIAM/Y	Cliso	Crug.	Ctotal	Cexp.	Dif %	Ct/Ce
1	.0530	.314	.01000	.045	.836	19.613	4.639	5.008	4.725	5.990	1.060
2	.1260	.663	.01000	.088	.352	23.167	6.653	7.794	7.117	9.517	1.095
3	.1210	.688	.01000	.086	.366	23.160	6.557	7.645	7.477	2.248	1.022
4	.1790	.929	.01000	.112	.247	24.701	7.491	9.216	8.848	4.166	1.042
5	.1750	.951	.01000	.111	.253	24.703	7.437	9.120	9.126	-0.064	.999
6	.2200	1.136	.01000	.127	.201	25.613	7.987	10.160	10.182	-.224	.998
7	.2620	1.274	.01000	.140	.169	26.263	8.409	11.026	10.885	1.293	1.013
8	.0690	.723	.03000	.056	.642	22.025	5.242	5.776	5.621	2.753	1.028
9	.0750	.668	.03000	.060	.591	22.034	5.435	6.030	5.033	19.805	1.198
10	.0860	.971	.03000	.067	.515	23.166	5.753	6.469	6.931	-6.670	.933
11	.0840	.988	.03000	.066	.527	23.153	5.698	6.393	7.096	-9.917	.901
12	.1000	1.161	.03000	.075	.443	23.900	6.107	6.976	7.796	-10.53	.895
13	.1140	1.310	.03000	.083	.389	24.461	6.416	7.440	8.385	-11.26	.887
14	.1350	1.353	.03000	.093	.328	24.911	6.817	8.074	8.160	-1.056	.989
15	.0470	.702	.05000	.041	.943	21.113	4.369	4.683	4.947	-5.337	.947
16	.0610	.822	.05000	.051	.726	22.036	4.959	5.412	5.221	3.655	1.037
17	.0860	.973	.05000	.067	.515	23.171	5.753	6.469	5.385	20.124	1.201
18	.0480	.519	.07000	.042	.923	20.496	4.416	4.739	3.074	54.150	1.541
19	.0400	.628	.07000	.035	1.108	20.514	4.011	4.260	4.043	5.359	1.054
20	.0430	.781	.07000	.037	1.030	21.152	4.171	4.448	4.880	-8.854	.911
21	.0570	.877	.07000	.048	.777	22.029	4.804	5.217	4.836	7.870	1.079
22	.0430	.958	.09000	.038	1.030	21.602	4.171	4.448	5.228	-14.92	.851
23	.0480	1.038	.09000	.042	.923	22.022	4.416	4.741	5.422	-12.56	.874

ERROR MED. CUAD. (%)= 14.5369 ERROR MED.(Z)= 9.4922 SUMATORIA (Ct/C-1)/N= .09492

Tabla C.22.

MODELO DE RUGOSIDAD COMPUESTA

VELOCIDAD MEDIA CONSTANTE -- DATOS DEL ESTUDIO "EPFL"

DIAM.(m)= .0222 ALFA= 3.115 BETA= .4111

LONG. FONDO LISO (m) = 0.0000

LONG. FONDO RUGOSO (m.) = .6000

ORLEN	PROF.	VELOC.	PEND.	R.H.	DIAM/Y	Cliso	Crug.	Ctotal	Cexp.	Dif %	Ct/Ce
	m.	m/s.		m.							
1	.0546	.312	.01000	.045	.411	19.639	5.807	6.259	4.679	33.776	1.338
2	.1170	.709	.01000	.085	.190	23.152	7.484	8.649	7.787	11.064	1.111
3	.1170	.712	.01000	.084	.190	23.161	7.484	8.649	7.837	10.362	1.104
4	.1630	1.024	.01000	.106	.136	24.710	8.244	9.946	10.067	-1.206	.988
5	.1730	.961	.01000	.110	.128	24.701	8.383	10.193	9.251	10.180	1.102
6	.1630	1.020	.01000	.106	.136	24.701	8.244	9.945	10.012	-.668	.993
7	.0400	.418	.03000	.035	.555	19.623	5.215	5.526	4.111	34.437	1.344
8	.0520	.645	.03000	.044	.427	21.149	5.731	6.168	5.667	8.850	1.088
9	.0550	.666	.03000	.046	.404	21.135	5.845	6.314	5.182	21.840	1.218
10	.0490	.680	.03000	.042	.453	21.135	5.611	6.017	6.109	-1.492	.985
11	.0630	.794	.03000	.052	.352	22.031	6.127	6.685	6.415	4.211	1.042
12	.0600	.833	.03000	.050	.370	22.029	6.025	6.551	6.868	-4.617	.954
13	.0700	.948	.03000	.057	.317	22.656	6.350	6.988	7.319	-4.515	.955
14	.0690	.966	.03000	.056	.322	22.666	6.319	6.947	7.519	-7.615	.924
15	.0780	1.068	.03000	.062	.285	23.161	6.583	7.313	7.914	-7.590	.924
16	.0280	.585	.05000	.026	.793	19.578	4.579	4.776	5.174	-7.701	.923
17	.0350	.718	.05000	.031	.634	20.515	4.967	5.231	5.806	-9.892	.901
18	.0480	.899	.05000	.041	.462	21.150	5.570	5.966	4.924	21.132	1.212
19	.0580	.862	.05000	.049	.383	22.030	5.954	6.459	5.584	15.676	1.157
20	.0490	1.027	.05000	.042	.453	22.044	5.611	6.020	7.171	-16.84	.840
21	.0510	.980	.05000	.044	.435	22.029	5.691	6.122	6.703	-8.678	.913
22	.0220	.534	.07000	.020	1.009	18.854	4.205	4.349	4.519	-3.770	.962
23	.0260	.633	.07000	.024	.854	19.588	4.459	4.638	4.908	-5.507	.945
24	.0340	.631	.07000	.031	.653	20.168	4.915	5.169	4.337	19.180	1.192
25	.0350	.711	.07000	.031	.634	20.493	4.967	5.231	4.836	8.180	1.082
26	.0330	.758	.07000	.030	.673	20.505	4.862	5.106	5.306	-3.764	.962
27	.0290	.575	.09000	.026	.766	19.617	4.638	4.844	3.764	28.694	1.287
28	.0210	.794	.09000	.020	1.057	19.617	4.139	4.275	6.033	-29.14	.709
29	.0300	.667	.09000	.027	.740	20.015	4.695	4.911	4.299	14.234	1.142
30	.2160	1.155	.01000	.126	.103	25.609	8.902	11.198	10.396	-7.198	1.077
31	.2430	1.372	.01000	.134	.091	26.260	9.180	11.781	11.957	-1.472	.985
32	.2540	1.640	.01000	.138	.087	26.761	9.285	12.020	14.121	-14.88	.851
33	.0790	1.032	.03000	.063	.281	23.113	6.611	7.352	7.601	-3.274	.967
34	.0880	1.139	.03000	.068	.252	23.572	6.847	7.692	8.058	-4.542	.955
35	.0440	.749	.07000	.039	.505	21.110	5.399	5.753	4.589	25.377	1.254
36	.0350	.718	.09000	.031	.634	20.515	4.967	5.231	4.327	20.893	1.209
37	.0790	1.260	.09000	.063	.281	23.557	6.611	7.355	5.352	37.417	1.374
38	.0910	1.186	.03000	.070	.244	23.737	6.921	7.801	8.260	-5.554	.944
39	.1050	1.130	.03000	.078	.211	23.948	7.240	8.280	7.482	10.669	1.107
40	.0970	1.390	.03000	.073	.229	24.233	7.063	8.015	9.457	-15.25	.848
41	.1100	1.400	.03000	.080	.202	24.530	7.344	8.448	9.119	-7.354	.926
42	.1330	1.250	.03000	.092	.167	24.701	7.776	9.143	7.582	20.579	1.206
43	.0580	.997	.05000	.049	.383	22.352	5.954	6.460	6.431	.463	1.005
44	.0710	.934	.05000	.058	.313	22.655	6.381	7.030	5.554	26.579	1.266
45	.0770	.974	.05000	.061	.288	22.928	6.555	7.273	5.619	29.423	1.294
46	.0670	1.246	.05000	.055	.331	23.166	6.257	6.865	7.613	-9.828	.902
47	.0720	1.380	.05000	.058	.308	23.553	6.410	7.076	8.150	-13.18	.868
48	.0770	1.730	.05000	.061	.288	24.206	6.555	7.280	9.981	-27.06	.729
49	.0830	2.000	.05000	.065	.267	24.697	6.719	7.515	11.179	-32.78	.672
50	.0670	1.250	.07000	.054	.331	23.173	6.257	6.865	6.463	6.220	1.062
51	.0610	1.650	.07000	.050	.364	23.582	6.059	6.603	8.862	-25.56	.744
52	.0670	1.490	.07000	.055	.331	23.583	6.257	6.867	7.675	-10.53	.895
53	.0820	1.420	.07000	.065	.271	23.906	6.492	7.472	6.747	10.746	1.102
54	.0750	1.105	.09000	.060	.296	23.150	6.498	7.475	6.791	10.169	1.102

ERROR MED. CUAD. (Z)= 18.0946

ERROR MED. (Z)= 14.2879

SUMATORIA (Ct/C-1)/N= .14288

Tabla C.23.

MODELO DE RUGOSIDAD COMPUESTA

VELOCIDAD MEDIA CONSTANTE -- DATOS DEL ESTUDIO "EPFL"

DIAM.(m)= .0222 ALFA= 3.823 BETA= .7304

LONG. FONDO LISO (m) = 0.0000 LONG. FONDO RUGOSO (m.) = .6000

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/s.	PEND.	R.H. M.	DIAM/Y	Cliso	Crug.	Ctotal	Cexp.	Dif %	Ct/Ce
1	.0540	.312	.01000	.045	.411	19.639	5.627	6.068	4.679	29.676	1.297
2	.1170	.709	.01000	.085	.190	23.152	7.129	8.254	7.787	5.997	1.060
3	.1170	.712	.01000	.084	.190	23.161	7.129	8.254	7.837	5.327	1.053
4	.1630	1.024	.01000	.106	.136	24.710	7.848	9.493	10.067	-5.703	.943
5	.1730	.961	.01000	.110	.128	24.701	7.980	9.732	9.251	5.197	1.052
6	.1630	1.020	.01000	.106	.136	24.701	7.848	9.493	10.012	-5.190	.948
7	.0400	.418	.03000	.035	.555	19.623	5.148	5.455	4.111	32.707	1.327
8	.0520	.645	.03000	.044	.427	21.149	5.562	5.989	5.667	5.693	1.057
9	.0550	.606	.03000	.046	.404	21.135	5.658	6.115	5.182	18.003	1.180
10	.0490	.680	.03000	.042	.453	21.135	5.463	5.861	6.109	-4.057	.959
11	.0630	.794	.03000	.052	.352	22.031	5.900	6.442	6.415	.413	1.004
12	.0600	.833	.03000	.050	.370	22.029	5.812	6.323	6.868	-7.941	.921
13	.0780	.948	.03000	.057	.317	22.656	6.096	6.713	7.319	-8.275	.917
14	.0690	.966	.03000	.056	.322	22.666	6.069	6.676	7.519	-11.22	.888
15	.0780	1.068	.03000	.062	.285	23.161	6.303	7.008	7.914	-11.44	.886
16	.0280	.585	.05000	.026	.793	19.578	4.698	4.899	5.174	-5.317	.947
17	.0350	.718	.05000	.031	.634	20.515	4.962	5.226	5.806	-9.991	.900
18	.0480	.699	.05000	.041	.462	21.150	5.430	5.817	4.924	18.132	1.181
19	.0580	.862	.05000	.049	.383	22.030	5.752	6.242	5.584	11.787	1.118
20	.0490	1.027	.05000	.042	.453	22.044	5.463	5.863	7.171	-18.23	.818
21	.0510	.980	.05000	.044	.435	22.029	5.530	5.950	6.703	-11.24	.868
22	.0220	.534	.07000	.020	1.009	18.854	4.494	4.646	4.519	2.807	1.028
23	.0260	.633	.07000	.024	.854	19.588	4.625	4.810	4.908	-1.990	.930
24	.0340	.631	.07000	.031	.653	20.168	4.924	5.178	4.337	19.400	1.194
25	.0350	.711	.07000	.031	.634	20.493	4.962	5.225	4.836	8.061	1.081
26	.0330	.758	.07000	.030	.673	20.505	4.886	5.132	5.306	-3.279	.967
27	.0290	.575	.09000	.026	.766	19.617	4.735	4.945	3.764	31.383	1.314
28	.0210	.794	.09000	.020	1.057	19.617	4.466	4.611	6.033	-23.57	.764
29	.0300	.667	.09000	.027	.740	20.015	4.773	4.992	4.299	16.107	1.161
30	.0210	1.155	.01000	.126	.103	25.609	8.480	10.706	10.396	2.988	1.030
31	.2430	1.372	.01000	.134	.091	26.260	8.749	11.274	11.957	-5.713	.943
32	.2540	1.640	.01000	.138	.087	26.761	8.850	11.506	14.121	-18.52	.815
33	.0790	1.032	.03000	.063	.281	23.113	6.328	7.044	7.601	-7.329	.927
34	.0880	1.139	.03000	.068	.252	23.572	6.542	7.357	8.058	-8.701	.913
35	.0440	.749	.07000	.039	.505	21.110	5.291	5.640	4.589	22.907	1.229
36	.0350	.718	.09000	.031	.634	20.515	4.962	5.226	4.327	20.759	1.208
37	.0790	1.260	.09000	.063	.281	23.557	6.328	7.046	5.352	31.652	1.317
38	.0910	1.186	.03000	.070	.244	23.737	6.609	7.458	8.260	-9.709	.903
39	.1050	1.130	.03000	.078	.211	23.948	6.902	7.906	7.482	5.662	1.057
40	.0970	1.390	.03000	.073	.229	24.233	6.739	7.657	9.457	-19.04	.810
41	.1180	1.400	.03000	.080	.202	24.530	6.999	8.063	9.119	-11.58	.884
42	.1330	1.250	.03000	.092	.167	24.701	7.403	8.722	7.582	15.033	1.150
43	.0580	.997	.05000	.049	.383	22.352	5.752	6.243	6.431	-2.916	.971
44	.0710	.934	.05000	.058	.313	22.655	6.123	6.751	5.554	21.552	1.216
45	.0770	.974	.05000	.061	.288	22.928	6.278	6.971	5.619	24.060	1.241
46	.0670	1.246	.05000	.055	.331	23.166	6.014	6.602	7.613	-13.28	.867
47	.0720	1.380	.05000	.058	.308	23.553	6.149	6.792	8.150	-16.66	.833
48	.0770	1.730	.05000	.061	.288	24.206	6.278	6.978	9.981	-30.99	.699
49	.0830	2.000	.05000	.065	.267	24.627	6.425	7.193	11.179	-35.66	.643
50	.0670	1.250	.07000	.054	.331	23.173	6.014	6.602	6.463	2.153	1.022
51	.0610	1.650	.07000	.050	.364	23.582	5.842	6.368	8.869	-28.20	.718
52	.0670	1.490	.07000	.053	.331	23.563	6.014	6.604	7.675	-13.96	.860
53	.0820	1.420	.07000	.065	.271	23.906	6.401	7.154	6.747	6.028	1.060
54	.0750	1.105	.09000	.060	.296	23.150	6.227	6.980	4.791	44.021	1.440

ERROR MED. CUAD. (%)= 17.2953 ERROR MED. (%)= 14.0056 SUMATORIA (Ct/C-1)/N= .14006

Tabla C.24. MODELO DE RUGOSIDAD COMPUESTA

VELOCIDAD MEDIA CONSTANTE -- DATOS DEL ESTUDIO "EPFL"

DIAM. (M) = .0443
 ALFA= 3.2550
 BETA= .4781
 LONG. FONDO LISO (M) = 0.0000
 LONG. FONDO RUGOSO (M) = .6000

ORIGEN	PROF. P	VELOC. M/S.	PEND.	R.H. M.	DIAM/Y	Clase	Crug.	Ctotal	Cexp.	Dif %	Ct/Ce
1	.0510	.314	.01000	.045	.836	19.613	4.523	4.883	4.725	3.356	1.034
2	.1260	.663	.01000	.088	.352	23.167	6.082	7.144	7.117	.387	1.004
3	.1210	.688	.01000	.086	.366	23.160	5.999	7.012	7.477	-6.210	.938
4	.1790	.929	.01000	.112	.247	24.701	6.822	8.430	8.848	-4.716	.953
5	.1750	.951	.01000	.111	.253	24.703	6.773	8.342	9.126	-8.593	.914
6	.1220	1.136	.01000	.127	.201	25.613	7.275	9.306	10.182	-8.606	.914
7	.2620	1.274	.01000	.140	.169	26.263	7.666	10.122	10.885	-7.009	.930
8	.0690	.723	.03000	.056	.642	22.025	4.943	5.451	5.621	-3.030	.970
9	.0750	.668	.03000	.060	.591	22.034	5.088	5.651	5.033	12.264	1.123
10	.0860	.971	.03000	.067	.515	23.166	5.335	6.006	6.931	-13.34	.867
11	.0840	.988	.03000	.066	.527	23.153	5.292	5.944	7.096	-16.24	.836
12	.1000	1.161	.03000	.075	.443	23.900	5.621	6.432	7.796	-17.51	.825
13	.1140	1.310	.03000	.083	.389	24.461	5.879	6.832	8.385	-18.52	.815
14	.1350	1.353	.03000	.093	.328	24.911	6.224	7.391	8.160	-9.423	.906
15	.0470	.702	.05000	.041	.943	21.113	4.353	4.666	4.947	-5.684	.943
16	.0610	.822	.05000	.051	.726	22.036	4.739	5.175	5.221	-.887	.991
17	.0860	.973	.05000	.067	.515	23.171	5.335	6.006	5.385	11.537	1.115
18	.0480	.519	.07000	.042	.923	20.496	4.382	4.702	3.074	52.952	1.530
19	.0480	.628	.07000	.035	1.108	20.514	4.150	4.406	4.043	8.988	1.090
20	.0430	.781	.07000	.037	1.030	21.152	4.237	4.518	4.880	-7.414	.926
21	.0570	.777	.07000	.048	.777	22.029	4.633	5.032	4.836	4.052	1.041
22	.0430	.758	.09000	.038	1.030	21.602	4.237	4.518	5.228	-13.57	.864
23	.0480	1.038	.09000	.042	.923	22.022	4.382	4.704	5.422	-13.24	.868
24	.1300	1.407	.03000	.091	.341	24.914	6.146	7.263	8.602	-15.57	.844
25	.1460	1.406	.03000	.098	.303	25.296	6.387	7.670	8.747	-12.32	.827
26	.0820	1.002	.05000	.065	.540	23.153	5.248	5.881	5.684	3.466	1.035
27	.1000	1.109	.05000	.075	.443	23.915	5.621	6.432	6.101	5.421	1.054
28	.0950	1.223	.05000	.072	.466	23.910	5.522	6.284	6.529	-3.749	.963
29	.0790	1.059	.07000	.062	.561	23.171	5.180	5.785	5.122	12.933	1.129
30	.1630	1.530	.03000	.106	.272	25.614	6.620	8.079	8.702	-7.160	.928
31	.1730	1.630	.03000	.110	.256	25.896	6.748	8.312	9.127	-8.923	.911
32	.1720	1.842	.03000	.109	.258	26.145	6.736	8.293	10.276	-19.30	.807
33	.1100	1.365	.05000	.080	.403	24.473	5.808	6.721	6.876	-2.261	.977
34	.1230	1.489	.05000	.087	.360	24.917	6.032	7.079	7.195	-1.614	.984
35	.1530	1.415	.05000	.101	.290	25.292	6.486	7.839	6.345	23.557	1.236
36	.1520	1.646	.05000	.101	.291	25.616	6.472	7.819	7.405	5.588	1.056
37	.1090	1.066	.07000	.080	.406	23.901	5.790	6.689	4.540	47.349	1.473
38	.1210	1.235	.07000	.087	.366	24.463	5.999	7.022	5.866	38.617	1.386
39	.1410	1.303	.07000	.096	.314	24.924	6.314	7.542	5.084	48.358	1.484
40	.1120	1.038	.09000	.082	.396	23.903	5.844	6.773	3.863	75.324	1.753
41	.1240	1.211	.09000	.088	.357	24.473	6.049	7.102	4.355	63.087	1.631
42	.1340	1.367	.09000	.093	.331	24.918	6.208	7.366	4.778	54.156	1.542

ERROR MED. CUAD. (X) = 24.6226 ERROR MED. (X) = 16.5785 SUMATORIA (Ct/C-1)/N = .16579

Tabla C.25. MODELO DE RUGOSIDAD COMPUESTA

VELOCIDAD MEDIA CONSTANTE -- DATOS DEL ESTUDIO "EPFL"

DIAM.(m)= .0443
 ALFA= 2.2550
 BETA= .0956
 LONG. FONDO LISO (m) = 0.0000
 LONG. FONDO RUGOSO (m) = .6000

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s.	PEND.	R.H. m.	DIAM/Y	Cliso	Crug.	Ctotal	Cexp.	Dif %	Ct/Ce
1	.0530	.314	.01000	.045	.836	19.613	4.639	5.007	4.725	5.988	1.060
2	.1260	.663	.01000	.088	.352	23.167	6.653	7.794	7.117	9.516	1.095
3	.1210	.688	.01000	.086	.366	23.160	6.557	7.645	7.477	2.247	1.022
4	.1790	.929	.01000	.112	.247	24.701	7.491	9.216	8.848	4.166	1.042
5	.1750	.951	.01000	.111	.253	24.703	7.437	9.120	9.126	-.064	.999
6	.2200	1.136	.01000	.127	.201	25.613	7.987	10.159	10.182	-.225	.998
7	.2620	1.274	.01000	.140	.169	26.263	8.409	11.026	10.885	1.293	1.013
8	.0690	.723	.03000	.056	.642	22.025	5.242	5.776	5.621	2.752	1.028
9	.0750	.668	.03000	.060	.591	22.034	5.434	6.030	5.033	19.804	1.188
10	.0860	.971	.03000	.067	.515	23.166	5.753	6.469	6.931	-6.671	.933
11	.0840	.988	.03000	.066	.527	23.153	5.696	6.393	7.096	-9.916	.901
12	.1000	1.161	.03000	.075	.443	23.900	6.107	6.976	7.796	-10.53	.895
13	.1140	1.310	.03000	.083	.389	24.461	6.416	7.440	8.385	-11.26	.887
14	.1350	1.353	.03000	.093	.328	24.911	6.817	8.074	8.160	-1.056	.989
15	.0470	.702	.05000	.041	.943	21.113	4.369	4.683	4.947	-5.339	.947
16	.0610	.822	.05000	.051	.726	22.036	4.959	5.412	5.221	3.653	1.037
17	.0860	.973	.05000	.067	.515	23.171	5.753	6.469	5.385	20.123	1.201
18	.0480	.519	.07000	.042	.923	20.496	4.416	4.739	3.074	54.147	1.541
19	.0400	.628	.07000	.035	1.108	20.514	4.011	4.260	4.043	5.356	1.054
20	.0430	.781	.07000	.037	1.030	21.152	4.171	4.447	4.880	-8.857	.911
21	.0570	.877	.07000	.048	.777	22.029	4.804	5.217	4.836	7.868	1.079
22	.0430	.958	.09000	.038	1.030	21.602	4.171	4.448	5.228	-14.92	.851
23	.0480	1.038	.09000	.042	.923	22.022	4.416	4.741	5.422	-12.56	.874
24	.1300	1.407	.03000	.091	.341	24.914	6.727	7.930	8.602	-7.820	.922
25	.1460	1.486	.03000	.098	.303	25.296	7.004	8.384	8.747	-4.148	.959
26	.0820	1.012	.05000	.065	.540	23.153	5.642	6.315	5.684	11.116	1.111
27	.1000	1.169	.05000	.075	.443	23.915	6.107	6.976	6.101	14.340	1.143
28	.0950	1.228	.05000	.072	.466	23.910	5.986	6.802	6.529	4.179	1.042
29	.0790	1.059	.07000	.062	.561	23.171	5.555	6.197	5.122	20.987	1.210
30	.1630	1.534	.03000	.106	.272	25.614	7.267	8.836	8.702	1.541	1.015
31	.1730	1.639	.03000	.110	.256	25.896	7.409	9.092	9.127	-.385	.896
32	.1720	1.842	.03000	.109	.258	26.145	7.396	9.071	10.276	-11.73	.883
33	.1100	1.365	.05000	.080	.403	24.473	6.331	7.312	6.876	6.343	1.063
34	.1230	1.489	.05000	.087	.360	24.917	6.596	7.722	7.195	7.328	1.073
35	.1530	1.415	.05000	.101	.290	25.292	7.115	8.572	6.345	35.107	1.351
36	.1520	1.646	.05000	.101	.291	25.616	7.100	8.550	7.405	15.465	1.155
37	.1090	1.066	.07000	.080	.406	23.901	6.310	7.276	4.540	60.266	1.603
38	.1210	1.235	.07000	.087	.366	24.463	6.557	7.657	5.066	51.136	1.512
39	.1410	1.303	.07000	.096	.314	24.924	6.921	8.243	5.084	62.133	1.621
40	.1120	1.038	.09000	.082	.396	23.903	6.374	7.372	3.863	90.833	1.908
41	.1240	1.211	.09000	.088	.357	24.473	6.615	7.748	4.355	77.920	1.779
42	.1340	1.367	.09000	.093	.331	24.918	6.799	8.045	4.778	68.381	1.684

ERROR MED. CUAD. (X)= 29.4954 ERROR MED. (X)= 18.3214 SUMATORIA (Ct/C-1)/N= .18321

Tabla C.26.

MODELO DE RUGOSIDAD COMPUESTA

VELOCIDAD MEDIA CONSTANTE -- DATOS DEL ESTUDIO "EPFL"

DIAM.(m)= .0115

ALFA= 1.0950

BETA= -2.600

LONG. FONDO LISO (m) = 0.0000

LONG. FONDO RUGOSO (m) = .6000

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s.	PEND.	R.H. m.	DIAM/Y	C _{liso}	C _{rug.}	C _{total}	C _{exp.}	Dif %	C _t /C _e
1	.0660	.506	.00500	.054	.174	21.140	8.957	9.704	9.837	-1.356	.986
2	.0870	.667	.00500	.068	.132	22.359	9.904	10.942	11.566	-5.390	.946
3	.1100	.756	.00500	.081	.105	23.157	10.657	12.002	12.025	-.194	.998
4	.1440	.927	.00500	.097	.080	24.211	11.477	13.265	13.429	-1.219	.988
5	.0540	.613	.01000	.046	.213	21.120	8.217	8.806	9.122	-3.464	.965
6	.0680	.732	.01000	.056	.169	22.020	9.063	9.851	9.904	-.537	.995
7	.0810	.818	.01000	.064	.142	22.653	9.666	10.635	10.311	3.140	1.031
8	.0920	.904	.01000	.071	.125	23.157	10.088	11.210	10.869	3.131	1.031
9	.1660	1.005	.00500	.107	.069	24.709	11.894	13.956	13.890	.471	1.005
10	.1830	1.092	.00500	.114	.063	25.112	12.174	14.447	14.621	-1.190	.988
11	.1990	1.173	.00500	.120	.058	25.460	12.413	14.879	15.315	-2.849	.972
12	.2180	1.301	.00500	.126	.053	25.897	12.669	15.365	16.541	-7.114	.929
13	.1270	1.047	.00750	.089	.091	24.202	11.100	12.690	12.907	-1.687	.983
14	.1470	1.134	.00750	.099	.078	24.707	11.538	13.387	13.312	.558	1.006
15	.1740	1.150	.00750	.110	.066	25.115	12.030	14.206	12.784	11.119	1.111
16	.1820	1.280	.00750	.113	.063	25.456	12.159	14.445	14.010	3.099	1.031
17	.1020	.992	.01000	.076	.113	23.593	10.419	11.680	11.454	1.980	1.020
18	.1130	1.034	.01000	.082	.102	23.914	10.741	12.150	11.533	5.344	1.053
19	.1290	1.158	.01000	.091	.089	24.462	11.147	12.772	12.288	3.940	1.039

ERROR MED. CUAD. (X)= 4.0335 ERROR MED.(X)= 3.0410 SUMATORIA (C_t/C-1)/N= .03041

Tabla C.27. MODELO DE RUGOSIDAD COMPUESTA

VELOCIDAD MEDIA CONSTANTE -- DATOS DEL ESTUDIO "EPFL"

DIAM.(m)= .0115

ALFA= 1.0950

BETA= 0.0000

LONG. FONDO LISO (m) = 0.0000

LONG. FONDO RUGOSO (m) = .6000

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s.	PEND.	R.H. m.	DIAM/Y	Cliso	Crug.	Ctotal	Cexp.	Dif %	Ct/Ce
1	.0660	.506	.00500	.054	.174	21.140	10.070	10.855	9.837	10.351	1.104
2	.0870	.667	.00500	.068	.132	22.359	10.749	11.819	11.566	2.188	1.022
3	.1100	.756	.00500	.081	.105	23.157	11.325	12.695	12.025	5.570	1.056
4	.1440	.927	.00500	.097	.080	24.211	11.987	13.794	13.429	2.719	1.027
5	.0540	.613	.01000	.046	.213	21.120	9.577	10.216	9.122	11.989	1.120
6	.0680	.732	.01000	.056	.169	22.020	10.144	10.974	9.904	10.803	1.108
7	.0810	.818	.01000	.064	.142	22.653	10.573	11.580	10.311	12.302	1.123
8	.0920	.904	.01000	.071	.125	23.157	10.886	12.043	10.869	10.794	1.108
9	.1660	1.005	.00500	.107	.069	24.709	12.336	14.413	13.890	3.763	1.038
10	.1830	1.092	.00500	.114	.063	25.112	12.576	14.861	14.621	1.642	1.016
11	.1990	1.173	.00500	.120	.058	25.460	12.782	15.259	15.315	-3.68	.996
12	.2180	1.301	.00500	.126	.053	25.897	13.006	15.711	16.541	-5.021	.950
13	.1270	1.047	.00750	.089	.091	24.202	11.678	13.293	12.907	2.987	1.030
14	.1470	1.134	.00750	.099	.078	24.707	12.038	13.907	13.312	4.468	1.045
15	.1740	1.150	.00750	.110	.066	25.115	12.452	14.643	12.784	14.540	1.145
16	.1820	1.280	.00750	.113	.063	25.456	12.562	14.863	14.010	6.087	1.061
17	.1020	.992	.01000	.076	.113	23.593	11.140	12.433	11.454	8.548	1.085
18	.1130	1.034	.01000	.082	.102	23.914	11.391	12.829	11.533	11.231	1.112
19	.1290	1.158	.01000	.091	.089	24.462	11.717	13.367	12.288	8.783	1.088

ERROR MED. CUAD. (%)= 8.1903 ERROR MED.(%)= 7.0608 SUMATORIA (Ct/C-1)/N= .07061

Tabla C.28. CALCULO DE LA RELACION "C* - Co*" -- "D/Y"

CON CORRECCION POR EFECTO DE PARED

DATOS DE ASHIDA Y BAYAZIT

PROFUNDIDAD MEDIDA DESDE EL FONDO TEORICO

ALFA = 2.6150

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S	PEND.	R.P. M.	V* M/S	C*	DIAM. M.	Co*	C*-Co*	D/Y
1	.0915	1.219	.02600	.076	.122	10.000	.0225	7.104	2.896	.246
2	.0355	1.042	.05000	.073	.128	8.164	.0225	4.737	3.427	.634
3	.0250	.980	.07500	.024	.133	7.382	.0225	3.860	3.522	.900
4	.0153	.997	.15000	.015	.148	6.725	.0225	2.633	4.092	1.471
5	.0130	.654	.20000	.013	.159	4.116	.0225	2.225	1.890	1.731
6	.0975	.692	.01000	.085	.091	7.597	.0120	8.834	-1.237	.123
7	.0365	.685	.02500	.034	.092	7.470	.0120	6.378	1.092	.329
8	.0120	.354	.10000	.012	.108	3.277	.0120	3.597	-.320	1.000
9	.0115	.304	.12500	.011	.118	2.570	.0120	3.496	-.921	1.043
10	.0545	.596	.01000	.049	.069	8.623	.0064	8.952	-.328	.117
11	.0240	.500	.02500	.023	.075	6.646	.0064	6.901	-.256	.267
12	.0130	.327	.05000	.013	.079	4.119	.0064	5.368	-1.250	.492

COEF. DE CORRELACION: .40036

LA ECUACION DE REGRESION ES: $C^* - C_{*0} = 1.51207 D/Y + (-.00191)$

ALFA = 2.61500 BETA = .61541

Tabla C.29. MODELO DE RUGOSIDAD COMPUESTA

VELOCIDAD MEDIA CONSTANTE

DATOS DE ASHIDA Y BAYAZIT

PROFUNDIDAD MEDIDA DESDE EL FONDO TEORICO

ALFA= 2.6150

BETA= .6154

LONG. FONDO LISO (M) = 0.0000

LONG. FONDO RUGOSO (M) = .2000

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S.	PEND.	R.H. M.	DIAM M.	DIAM/1	C _{liso}	C _{rug.}	C _{total}	C _{exp.}	Dif %	C _t /C _e
1	.0915	1.219	.02000	.048	.0225	.245	23.810	7.457	9.885	12.588	-21.47	.785
2	.0355	1.042	.05000	.026	.0225	.634	21.365	5.717	6.572	9.196	-28.53	.715
3	.0250	.980	.07500	.020	.0225	.900	20.459	5.258	5.831	8.080	-27.84	.722
4	.0153	.997	.15000	.013	.0225	1.451	19.422	4.914	5.251	7.134	-26.39	.736
5	.0130	.654	.20000	.012	.0225	1.731	18.152	4.907	5.192	4.353	19.279	1.193
6	.0975	.692	.01000	.049	.0120	.123	22.694	8.972	11.745	9.950	18.041	1.180
7	.0365	.685	.02500	.027	.0120	.329	20.503	6.868	7.865	8.459	-7.024	.930
8	.0120	.354	.10000	.011	.0120	1.000	16.660	5.150	5.419	3.455	56.853	1.569
9	.0115	.304	.12500	.010	.0120	1.043	16.245	5.111	5.367	2.707	98.278	1.933
10	.0545	.596	.01000	.035	.0064	.117	21.080	9.078	10.754	10.139	6.085	1.061
11	.0240	.500	.02500	.019	.0064	.267	18.900	7.289	7.976	7.258	9.879	1.099
12	.0130	.327	.05000	.012	.0064	.492	16.660	6.124	6.453	4.353	48.254	1.483

ERROR MED. CUAD. (X)= 39.6308 ERROR MED. (X)= 30.6596 SUMATORIA (C_t/C-1)/N= .30660

Tabla C.30. MODELO DE RUGOSIDAD COMPUESTA

VELOCIDAD MEDIA CONSTANTE

DATOS DE ASHIDA Y BAYAZIT

PROFUNDIDAD MEDIDA DESDE EL FONDO TEORICO

ALFA= 3.5500

BETA= .6001

LONG. FONDO LISO (m) = 0.0000

LONG. FONDO RUGOSO (m) = .2000

ORDE	PROF. m.	VELOC. m/s.	PEND.	R.H. m.	DIAM m.	DIAM/Y	C _{liso}	C _{rug.}	C _{total}	C _{exp.}	Dif %	C _t /C _e
1	.0915	1.219	.02000	.048	.0225	.246	23.810	6.696	8.948	12.588	-28.91	.711
2	.0355	1.042	.05000	.026	.0225	.634	21.365	4.942	5.699	9.196	-38.83	.620
3	.0250	.980	.07500	.020	.0225	.900	20.459	4.473	4.971	8.080	-38.48	.615
4	.0153	.997	.15000	.013	.0225	1.471	19.422	4.107	4.396	7.134	-38.39	.616
5	.0130	.654	.20000	.012	.0225	1.731	18.152	4.091	4.334	4.353	-.425	.996
6	.0975	.652	.01000	.049	.0120	.123	22.694	8.216	10.872	9.950	9.270	1.093
7	.0365	.685	.02500	.027	.0120	.325	20.503	6.105	7.020	8.459	-17.02	.830
8	.0120	.354	.10000	.011	.0120	1.000	16.660	4.361	4.597	3.455	33.040	1.330
9	.0115	.304	.12500	.010	.0120	1.043	16.245	4.321	4.544	2.707	67.881	1.679
10	.0545	.596	.01000	.035	.0064	.117	21.080	8.323	9.932	10.139	-2.042	.980
11	.0240	.500	.02500	.019	.0064	.267	18.980	6.528	7.167	7.258	-1.258	.987
12	.0130	.327	.05000	.012	.0064	.492	16.660	5.354	5.654	4.353	29.884	1.299

ERROR MED. CUAD. (%)= 31.8985 ERROR MED. (%)= 25.3852 SUMATORIA (C_t/C-1)/N= .25385

Tabla C.31. CALCULO DE LA RELACION " $C_x - C_{x0}$ " -- " D/Y "

CON CORRECCION POR EFECTO DE PARED

DATOS DE ASHIDA Y BAYAZIT

PROFUNDIDAD MEDIDA DESDE EL TOPE DE LOS GRANOS

ALFA = 2.3050

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s	PEND.	R.H. m.	U_x m/s	C_x	DIAM. m.	C_{x0}	$C_x - C_{x0}$	D/Y
1	.0881	1.265	.02000	.072	.119	10.645	.0225	7.325	3.319	.255
2	.0321	1.152	.05000	.030	.121	9.535	.0225	4.803	4.733	.700
3	.0216	1.133	.07500	.021	.123	9.224	.0225	3.813	5.411	1.040
4	.0119	1.279	.15000	.012	.130	9.827	.0225	2.325	7.502	1.887
5	.0096	.883	.20000	.009	.136	6.475	.0225	1.789	4.689	2.338
6	.0957	.705	.01000	.083	.090	7.825	.0120	9.103	-1.274	.125
7	.0347	.720	.02500	.032	.089	8.075	.0120	6.567	1.512	.346
8	.0102	.417	.10000	.010	.100	4.186	.0120	3.506	.680	1.176
9	.0097	.361	.12500	.010	.109	3.319	.0120	3.380	-.061	1.237
10	.0535	.607	.01000	.048	.068	8.871	.0064	9.223	-.352	.120
11	.0230	.521	.02500	.022	.074	7.074	.0064	7.115	-.041	.278
12	.0120	.353	.05000	.012	.076	4.624	.0064	5.492	-.868	.532

COEF. DE CORRELACION: .62394

LA ECUACION DE REGRESION ES: $C_x - C_{x0} = 2.52234 D/Y + (-.00495)$

ALFA = 2.30500 BETA =1.02659

Tabla C.32. MODELO DE RUGOSIDAD COMPUESTA

VELOCIDAD MEDIA CONSTANTE

DATOS DE ASHIDA Y BAYAZIT

PROFUNDIDAD MEDIDA DESDE EL TOPE DE LOS GRANOS

ALFA= 2.3051

BETA= 1.0266

LONG. FONDO LISO (m) = 0.0000

LONG. FONDO RUGOSO (m) = .2000

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s.	PEND.	R.H. m.	DIAM m.	DIAM/Y	C _{liso}	C _{rug.}	C _{total}	C _{exp.}	Dif %	C _t /C _e
1	.0281	1.265	.02000	.047	.0225	.255	23.810	7.947	10.401	13.200	-21.21	.788
2	.0321	1.152	.05000	.024	.0225	.700	21.365	6.590	7.462	10.548	-29.26	.707
3	.0216	1.133	.07500	.018	.0225	1.040	20.459	6.475	7.065	9.907	-28.69	.713
4	.0119	1.279	.15000	.011	.0225	1.887	19.422	7.147	7.501	10.215	-26.57	.734
5	.0096	.883	.20000	.009	.0225	2.338	18.152	7.758	8.053	6.730	19.657	1.197
6	.0957	.705	.01000	.049	.0120	.125	22.694	9.366	12.150	10.185	19.286	1.193
7	.0347	.720	.02500	.026	.0120	.346	20.503	7.429	8.433	9.066	-6.983	.930
8	.0102	.417	.10000	.009	.0120	1.176	16.660	6.516	6.788	4.373	55.218	1.552
9	.0097	.361	.12500	.009	.0120	1.237	16.245	6.546	6.803	3.466	96.281	1.963
10	.0535	.607	.01000	.035	.0064	.120	21.080	9.469	11.146	10.380	7.377	1.074
11	.0230	.521	.02500	.019	.0064	.278	18.900	7.796	8.483	7.687	10.357	1.104
12	.0120	.353	.05000	.011	.0064	.532	16.660	6.842	7.169	4.863	47.432	1.474

ERROP MED. CUAD. (X)= 39.1273 ERROR MED.(X)= 30.6920 SUMATORIA (C_t/C-1)/N= .30692

Tabla C.33. MODELO DE RUGOSIDAD COMPUESTA

VELOCIDAD MEDIA CONSTANTE

DATOS DE ASHIDA Y KAWAZIT

PROFUNDIDAD MEDIDA DESDE EL TOPE DE LOS GRANOS

ALFA= 3.1000

BETA= .9000

LONG. FONDO LISO (m) = 0.0000

LONG. FONDO RUGOSO (m) = .2000

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s.	PEND.	R.H. m.	DIAM m.	DIAM/Y	Cliso	Crug.	Ctotal	Cexp.	Dif %	Ct/Ce
1	.0881	1.265	.02000	.047	.0225	.255	23.810	7.139	9.426	13.200	-28.59	.714
2	.0321	1.152	.05000	.024	.0225	.700	21.365	5.644	6.416	10.548	-39.18	.606
3	.0216	1.133	.07500	.018	.0225	1.040	20.459	5.423	5.936	9.907	-40.08	.599
4	.0119	1.279	.15000	.011	.0225	1.867	19.422	5.833	6.138	10.215	-39.92	.601
5	.0096	.883	.20000	.009	.0225	2.338	18.152	6.303	6.561	6.730	-2.500	.975
6	.0957	.705	.01000	.049	.0120	.125	22.694	8.599	11.279	10.185	10.742	1.107
7	.0347	.720	.02500	.026	.0120	.346	20.503	6.594	7.519	9.066	-17.06	.829
8	.0102	.417	.10000	.009	.0120	1.176	16.660	5.422	5.662	4.373	29.457	1.295
9	.0097	.361	.12500	.009	.0120	1.237	16.245	5.433	5.660	3.466	63.305	1.633
10	.0535	.607	.01000	.035	.0064	.120	21.080	8.703	10.324	10.380	-.546	.995
11	.0230	.521	.02500	.019	.0064	.278	18.900	6.982	7.625	7.687	-.801	.992
12	.0120	.353	.05000	.011	.0064	.532	16.660	5.948	6.248	4.863	28.493	1.285

ERROR MED. CUAD. (%)= 31.1621 ERROR MED. (%)= 25.0560 SUMATORIA (Ct/C-1)/N= .25056

Tabla C.34. CALCULO DE LA RELACION "C* - C₀*" -- "D/Y"

CON CORRECCION POR EFECTO DE PARED

DATOS DE NEILL

ALFA = 2.1550

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S	PEND.	R.H. M.	V* M/S	C*	DIAM. M.	C ₀ *	C*-C ₀ *	D/Y
1	.0366	.913	.02700	.036	.097	9.365	.0200	5.592	3.773	.546
2	.0518	1.020	.01970	.050	.099	10.356	.0200	6.460	3.896	.386
3	.0610	.974	.01460	.059	.092	10.612	.0200	6.869	3.743	.328
4	.0884	1.020	.01160	.084	.098	10.417	.0200	7.796	2.621	.226
5	.1128	1.081	.01070	.107	.106	10.216	.0200	8.406	1.810	.177
6	.0305	.669	.01700	.030	.071	9.473	.0085	7.283	2.191	.278
7	.1450	.438	.00151	.135	.045	9.794	.0202	9.008	.786	.139
8	.1700	.489	.00147	.156	.047	10.328	.0202	9.406	.922	.119
9	.1440	.441	.00180	.135	.049	9.021	.0202	8.991	.030	.140
10	.1440	.676	.00320	.134	.065	10.443	.0202	8.991	1.452	.140

COEF. DE CORRELACION: .86546

LA ECUACION DE REGRESION ES: $C^* - C_0^* = 8.56659 D/Y + (-.00218)$

ALFA = 2.15500 BETA = 3.48660

Tabla C.35. MODELO DE RUGOSIDAD COMPUESTA

VELOCIDAD MEDIA CONSTANTE

DATOS DE NEILL

ALFA= 2.1550

BETA= 3.4866

LONG. FONDO LISO (M) = 0.0000

EXPERIMENTOS 1 a 6: LONG. FONDO RUGOSO (M) = .8900

EXPERIMENTOS 7 a 10: LONG. FONDO RUGOSO (M) = .9140

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S.	PEND.	R.H. M.	DIAM M.	DIAM/Y	C _{liso}	C _{rug.}	C _{total}	C _{exp.}	Dif %	C _t /C _e
1	.0366	.913	.02700	.034	.0200	.546	21.141	10.279	10.591	9.647	9.788	1.096
2	.0518	1.020	.01970	.046	.0200	.366	22.153	9.759	10.197	10.777	-5.381	.946
3	.0610	.974	.01460	.054	.0200	.328	22.411	9.662	10.174	11.110	-8.425	.916
4	.0884	1.020	.01160	.074	.0200	.226	23.337	9.703	10.446	11.135	-6.195	.938
5	.1128	1.081	.01070	.090	.0200	.177	24.008	9.883	10.835	11.121	-2.577	.974
6	.0365	.669	.01700	.029	.0085	.278	20.059	9.640	9.887	9.703	1.895	1.019
7	.1450	.438	.00151	.110	.0202	.139	22.558	10.150	11.292	10.841	4.161	1.042
8	.1700	.489	.00147	.124	.0202	.119	23.157	10.365	11.712	11.574	1.190	1.012
9	.1440	.441	.00180	.109	.0202	.140	22.558	10.141	11.276	10.025	12.482	1.125
10	.1440	.676	.00320	.109	.0202	.140	23.508	10.141	11.303	11.537	-2.030	.980

ERROP MED. CUAD. (Z)= 6.5039 ERROR MED.(Z)= 5.4125 SUMATORIA (C_t/C-1)/N= .05412

Tabla C.36. CALCULO DE LA RELACION " $C^* - C_{0^*}$ " -- " D/Y "

CON CORRECCION POR EFECTO DE PARED

DATOS DE BOGARDI Y YEN

ALFA = 14.700

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S	PEND.	R.H. M.	Vx M/S	Cx	DIAM. M.	C ₀ *	C*-C ₀ *	D/Y
1	.0521	.987	.02320	.051	.107	9.187	.0103	3.323	5.863	.198
2	.0551	.853	.02430	.058	.117	7.263	.0103	3.639	3.624	.175
3	.0604	.877	.02480	.059	.120	7.317	.0103	3.693	3.624	.171
4	.0536	.860	.02420	.052	.112	7.708	.0103	3.394	4.314	.193
5	.0780	.848	.01900	.076	.119	7.123	.0103	4.332	2.791	.133
6	.0887	.854	.02050	.087	.132	6.475	.0103	4.654	1.821	.117
7	.0826	.839	.02080	.081	.128	6.542	.0103	4.476	2.067	.125
8	.0863	.829	.01760	.084	.120	6.885	.0103	4.585	2.300	.120
9	.0829	.851	.01770	.081	.118	7.191	.0103	4.485	2.706	.125
10	.0920	.813	.01750	.090	.124	6.558	.0103	4.745	1.813	.112
11	.0887	.840	.01750	.086	.122	6.900	.0103	4.654	2.246	.117
12	.0924	.840	.01770	.090	.125	6.720	.0103	4.756	1.964	.112
13	.0896	.871	.01760	.087	.123	7.104	.0103	4.679	2.425	.115
14	.0704	.855	.01900	.069	.113	7.561	.0103	4.076	3.485	.147
15	.0756	.890	.01940	.074	.118	7.520	.0103	4.254	3.266	.137
16	.0628	.903	.02180	.061	.114	7.891	.0103	3.790	4.101	.165
17	.0704	1.066	.02000	.064	.112	9.530	.0103	4.076	5.454	.147
18	.0838	.788	.01550	.078	.109	7.259	.0103	4.512	2.748	.123
19	.0960	1.008	.01190	.083	.099	10.227	.0103	4.851	5.376	.108
20	.1292	1.037	.01320	.113	.121	8.589	.0103	5.594	2.995	.080

COEF. DE CORRELACION: .59457

LA ECUACION DE REGRESION ES: $C^* - C_{0^*} = 23.9343 D/Y + (-.00449)$

ALFA = 14.7000 BETA = 9.74128

Tabla C.37.

MODELO DE RUGOSIDAD COMPUESTA

VELOCIDAD MEDIA CONSTANTE

DATOS DE BOGARDI Y YEN

ALFA= 14.700

BETA= 9.7414

LONG. FONDO LISO (M) = 0.0000

LONG. FONDO RUGOSO (M) = .8230

ORDEN	PROF. P.	VELOC. M/S.	PEND.	R.H. M.	DIAM M.	DIAM/Y	C _{liso}	C _{rug.}	C _{total}	C _{exp.}	Dif %	C _t /C _e
1	.0521	.987	.02320	.046	.0103	.198	22.091	8.119	8.545	9.619	-11.16	.888
2	.0591	.853	.02430	.052	.0103	.175	22.042	7.866	8.336	7.685	8.472	1.085
3	.0604	.877	.02480	.053	.0103	.171	22.158	7.830	8.309	7.751	7.198	1.072
4	.0534	.860	.02420	.047	.0103	.193	21.851	8.056	8.490	8.108	4.711	1.047
5	.0780	.848	.01900	.066	.0103	.133	22.649	7.534	8.132	7.670	6.021	1.060
6	.0827	.854	.02050	.073	.0103	.117	22.950	7.467	8.140	7.052	15.426	1.154
7	.0826	.839	.02080	.069	.0103	.125	22.754	7.498	8.128	7.085	14.709	1.147
8	.0863	.829	.01760	.071	.0103	.120	22.824	7.477	8.133	7.473	8.825	1.088
9	.0829	.851	.01770	.069	.0103	.125	22.792	7.496	8.128	7.774	4.550	1.046
10	.0920	.813	.01750	.075	.0103	.112	22.923	7.456	8.152	7.160	13.848	1.138
11	.0827	.840	.01750	.073	.0103	.117	22.913	7.467	8.140	7.504	8.465	1.085
12	.0924	.840	.01770	.075	.0103	.112	23.003	7.455	8.154	7.337	11.143	1.111
13	.0896	.871	.01760	.074	.0103	.115	23.016	7.464	8.143	7.728	5.373	1.054
14	.0704	.855	.01900	.060	.0103	.147	22.440	7.624	8.170	8.076	1.162	1.012
15	.0756	.890	.01940	.064	.0103	.137	22.686	7.558	8.140	8.072	.846	1.008
16	.0622	.903	.02180	.054	.0103	.165	22.308	7.769	8.265	8.366	-1.210	.988
17	.0704	1.066	.02000	.048	.0103	.147	22.929	7.624	9.011	10.995	-18.05	.820
18	.0838	.788	.01550	.054	.0103	.123	22.647	7.490	9.078	8.721	4.088	1.041
19	.0960	1.008	.01190	.059	.0103	.108	23.494	7.449	9.246	12.193	-24.17	.758
20	.1292	1.037	.01320	.069	.0103	.080	24.220	7.516	9.854	10.944	-9.960	.900

ERROR MED. CUAD. (Z)= 10.7357 ERROR MED. (X)= 8.9691 SUMATORIA (C_t/C-1)/N= .08969

Tabla C.38. CALCULO DE LA RELACION $C^* - C_0^*$ -- "D/Y"

CON CORRECCION POR EFECTO DE PARED

DATOS DE PAINTAL

ALFA = 5.3100

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S	PEND.	R.H. M.	Vx M/S	C*	DIAM. M.	C ₀ *	C*-C ₀ *	D/Y
1	.0960	.807	.00846	.092	.087	9.234	.0222	5.487	3.748	.231
2	.1052	.883	.00880	.100	.093	9.494	.0222	5.715	3.779	.211
3	.1143	.949	.00874	.108	.096	9.842	.0222	5.923	3.919	.194
4	.1256	.967	.00882	.118	.101	9.551	.0222	6.147	3.405	.178
5	.1320	1.080	.00891	.124	.104	10.379	.0222	6.283	4.096	.168
6	.1466	1.057	.00875	.138	.109	9.721	.0222	6.545	3.176	.151
7	.1494	1.140	.00887	.139	.110	10.360	.0222	6.592	3.768	.149
8	.1585	1.173	.00910	.148	.115	10.219	.0222	6.740	3.478	.140
9	.1433	1.016	.01030	.136	.117	8.665	.0222	6.488	2.177	.155
10	.1890	1.245	.01000	.176	.131	9.488	.0222	7.180	2.307	.117
11	.1707	.998	.00941	.162	.122	8.171	.0222	6.926	1.245	.130
12	.1554	.917	.00900	.148	.114	8.025	.0222	6.691	1.334	.143
13	.2134	1.190	.00825	.197	.126	9.428	.0222	7.484	1.944	.104
14	.1859	1.117	.00833	.173	.119	9.390	.0222	7.139	2.251	.119
15	.1387	.849	.00790	.132	.101	8.390	.0222	6.407	1.983	.160

COEF. DE CORRELACION: .65140

LA ECUACION DE REGRESION ES: $C^* - C_0^* = 18.1485 D/Y + (-.00393)$

ALFA = 5.31000 BETA = 7.38646

Tabla C.39. MODELO DE RUGOSIDAD COMPUESTA

VELOCIDAD MEDIA CONSTANTE

DATOS DE PAINTAL

ALFA= 5.3100

BETA= 7.3865

LONG. FONDO LISO (m) = 0.0000

LONG. FONDO RUGOSO (m) = .9140

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s.	PEND.	R.H. m.	DIAM m.	DIAM/Y	C _{liso}	C _{rug.}	C _{total}	C _{exp.}	Dif %	C _t /C _e
1	.0960	.807	.00846	.079	.0222	.231	22.999	9.692	10.468	9.944	5.269	1.053
2	.1052	.883	.00880	.086	.0222	.211	23.404	9.550	10.395	10.284	1.077	1.011
3	.1143	.949	.00874	.091	.0222	.194	23.747	9.449	10.362	10.716	-3.308	.967
4	.1254	.967	.00862	.098	.0222	.178	23.988	9.367	10.357	10.490	-1.270	.987
5	.1320	1.080	.00891	.102	.0222	.168	24.357	9.330	10.375	11.413	-9.094	.909
6	.1468	1.057	.00875	.111	.0222	.151	24.543	9.284	10.433	10.827	-3.640	.964
7	.1494	1.140	.00867	.113	.0222	.149	24.756	9.279	10.451	11.524	-9.310	.907
8	.1585	1.173	.00910	.118	.0222	.140	24.950	9.269	10.509	11.443	-8.165	.918
9	.1433	1.016	.01030	.109	.0222	.155	24.405	9.291	10.415	9.680	7.595	1.076
10	.1890	1.246	.01000	.134	.0222	.117	25.480	9.292	10.755	10.879	-1.141	.989
11	.1707	.992	.00941	.124	.0222	.130	24.756	9.270	10.590	9.321	13.618	1.136
12	.1554	.917	.00900	.116	.0222	.143	24.357	9.272	10.478	9.065	15.590	1.156
13	.2134	1.190	.00825	.145	.0222	.104	25.650	9.346	10.985	10.973	.104	1.001
14	.1859	1.117	.00833	.132	.0222	.119	25.197	9.287	10.722	10.747	-.226	.998
15	.1327	.849	.00790	.106	.0222	.160	23.931	9.304	10.387	9.348	11.113	1.111

ERROR MED. CUAD. (Z)= 7.7538 ERROR MED. (Z)= 6.0347 SUMATORIA (C_t/C-1)/N= .06035

Tabla C.40. MODELO DE RUGOSIDAD COMPUESTA

VELOCIDAD MEDIA CONSTANTE

DATOS DE PAINTAL

ALFA= 5.3100

BETA= 0.0060

LONG. FONDO LISO (m) = 0.0000

LONG. FONDO RUGOSO (m) = .9140

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s.	PEND.	R.H. m.	DIAM m.	DIAM/Y	C _{liso}	C _{rug.}	C _{total}	C _{exp.}	Dif %	C _t /C _e
1	.0960	.807	.00846	.079	.0222	.231	22.999	5.495	6.009	9.944	-39.57	.604
2	.1052	.863	.00880	.086	.0222	.211	23.404	5.720	6.301	10.284	-38.73	.613
3	.1143	.949	.00874	.091	.0222	.194	23.747	5.924	6.573	10.716	-38.67	.613
4	.1256	.967	.00882	.098	.0222	.178	23.988	6.144	6.872	10.490	-34.49	.655
5	.1320	1.080	.00891	.102	.0222	.168	24.357	6.278	7.060	11.413	-38.14	.619
6	.1466	1.057	.00875	.111	.0222	.151	24.543	6.536	7.427	10.827	-31.48	.686
7	.1494	1.140	.00887	.113	.0222	.149	24.756	6.582	7.496	11.524	-34.95	.650
8	.1505	1.173	.00910	.118	.0222	.140	24.950	6.727	7.711	11.443	-32.62	.674
9	.1433	1.016	.01030	.109	.0222	.155	24.405	6.480	7.346	9.680	-24.11	.759
10	.1890	1.246	.01000	.134	.0222	.117	25.480	7.160	8.377	10.879	-23.00	.770
11	.1767	.998	.00941	.124	.0222	.130	24.756	6.910	7.983	9.321	-14.36	.856
12	.1554	.917	.00900	.116	.0222	.143	24.357	6.679	7.635	9.065	-15.78	.842
13	.2134	1.190	.00825	.145	.0222	.104	25.650	7.458	8.860	10.973	-19.26	.807
14	.1859	1.117	.00833	.132	.0222	.119	25.197	7.119	8.310	10.747	-22.67	.773
15	.1387	.849	.00790	.106	.0222	.160	23.931	6.400	7.228	9.348	-22.68	.773

ERROR MED. CUAL. (%)= 29.9347 ERROR MED.(%)= 28.6948 SUMATORIA (C_t/C-1)/N= .28695

Tabla C.41 CALCULO DE LA RELACION "C* - Co*" -- "D/Y"

DATOS DEL CANAL DE DESCARGA DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA TEKAPU B

FUENTE: THOMPSON Y CAMPBELL

ALFA = 3.5050

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S	PEND.	R.H. M.	AREA M.CUAD.	V* M/S	C*	DIAM. M.	Co*	C*-Co*	D/Y
1	.7900	1.852	.05200	.790	32.390	.635	2.919	.4000	4.566	-1.647	.506
2	.8800	2.273	.05200	.880	36.080	.670	3.393	.4000	4.836	-1.443	.455
3	1.0000	2.707	.05200	1.000	41.000	.714	3.791	.4000	5.155	-1.364	.400
4	1.0400	2.932	.05200	1.040	42.640	.728	4.025	.4000	5.253	-1.228	.385
5	1.0900	3.133	.05200	1.090	44.690	.746	4.202	.4000	5.371	-1.169	.367

COEF. DE CORRELACION: -.97774

LA ECUACION DE REGRESION ES: $C^* - C^*_0 = -3.2330 D/Y + (-.00433)$

ALFA = 3.50500 BETA = -1.3158

MODELO DE CALCULO DE FRICCION CON EFECTO DE ESTELA

ALFA= 3.5051

BETA= -1.316

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S.	PEND.	R.H. M.	DIAM M.	DIAM/Y	AREA M.CUAD.	Ctotal	Cexp.	Dif %	Ct/Ce
1	.7900	1.852	.05200	.790	.4000	.506	32.390	2.954	2.919	1.204	1.012
2	.8800	2.273	.05200	.880	.4000	.455	36.080	3.386	3.393	-.192	.998
3	1.0000	2.707	.05200	1.000	.4000	.400	41.000	3.877	3.791	2.253	1.023
4	1.0400	2.932	.05200	1.040	.4000	.385	42.640	4.023	4.025	-.068	.999
5	1.0900	3.133	.05200	1.090	.4000	.367	44.690	4.195	4.202	-.161	.998

ERROR MEI. CUAD. (Z)= 1.1483 ERROR MED.(Z)= .7755 SUMATORIA (Ct/C-1)/N= .00775

ALFA= 3.5051

BETA= 0.0000

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S.	PEND.	R.H. M.	DIAM M.	DIAM/Y	AREA M.CUAD.	Ctotal	Cexp.	Dif %	Ct/Ce
1	.7900	1.852	.05200	.790	.4000	.506	32.390	4.591	2.919	57.292	1.573
2	.8800	2.273	.05200	.880	.4000	.455	36.080	4.856	3.393	43.122	1.431
3	1.0000	2.707	.05200	1.000	.4000	.400	41.000	5.170	3.791	36.363	1.364
4	1.0400	2.932	.05200	1.040	.4000	.385	42.640	5.266	4.025	30.821	1.308
5	1.0900	3.133	.05200	1.090	.4000	.367	44.690	5.382	4.202	28.074	1.281

ERROR MED. CUAD. (Z)= 40.5024 ERROR MED.(Z)= 39.1345 SUMATORIA (Ct/C-1)/N= .39134

Tabla C.42. CALCULO DE LA RELACION "Cx - Cox" -- "D/Y"

DATOS DE RIOS DE ESTADOS UNIDOS

FUENTE THOMPSON Y CAMPBELL

ALFA = 9.0550

ORDEN	PROF. P.	VELOC. M/S.	PEND.	R.H. M.	AREA M.CUAD.	Vx M/S.	Cx	DIAM. M.	Cox	Cx-Cox	D/Y
1	.4600	1.249	.02940	.460	2.162	.364	3.429	.2200	2.336	1.094	.478
2	1.0600	2.427	.01360	1.060	16.112	.376	6.454	.2300	4.312	2.143	.217
3	2.5900	2.982	.00650	2.590	119.658	.406	7.339	.2500	6.337	1.002	.097
4	.3900	1.316	.02190	.390	2.964	.289	4.546	.2100	2.039	2.507	.538
5	1.2700	2.612	.01240	1.270	27.432	.393	5.120	.2500	4.555	.565	.197
6	1.2300	2.283	.02110	1.230	31.365	.504	4.525	.2100	4.911	-.386	.171
7	1.0500	2.698	.03840	1.050	15.750	.629	4.291	.2200	4.399	-.108	.210

COEF. DE CORRELACION: .55790

LA ECUACION DE REGRESION ES: $Cx - Cox = 3.58890 D/Y + (-.00400)$

ALFA = 9.05500 BETA = 1.46068

MODELO DE CALCULO DE FRICCION CON EFECTO DE ESTELA

ALFA= 9.0550
BETA= 1.4607

ORDEN	PROF. P.	VELOC. M/S.	PEND.	R.H. M.	DIAM M.	DIAM/Y	AREA M.CUAD.	Ctotal	Cexp.	Dif %	Ct/Ce
1	.4600	1.249	.02940	.460	.2200	.478	2.162	4.115	3.429	20.003	1.200
2	1.0600	2.427	.01360	1.060	.2300	.217	16.112	5.119	6.454	-20.68	.793
3	2.5900	2.982	.00650	2.590	.2500	.097	119.66	6.677	7.339	-9.013	.910
4	.3900	1.316	.02190	.390	.2100	.538	2.964	4.040	4.546	-11.14	.889
5	1.2700	2.612	.01240	1.270	.2500	.197	27.432	5.286	5.120	3.239	1.032
6	1.2300	2.283	.02110	1.230	.2100	.171	31.365	5.542	4.525	22.484	1.225
7	1.0500	2.698	.03840	1.050	.2200	.210	15.750	5.179	4.291	20.675	1.207

ERROR MED. CUAD. (Z)= 16.8045 ERROR MED. (Z)= 15.3197 SUMATORIA (Ct/C-1)/N= .15320

ALFA= 9.0550
BETA= 0.0000

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S.	PEND.	R.H. M.	DIAM M.	DIAM/Y	AREA M.CUAD.	Ctotal	Cexp.	Dif %	Ct/Ce
1	.4600	1.249	.02940	.460	.2200	.478	2.162	2.399	3.429	-30.05	.699
2	1.0600	2.427	.01360	1.060	.2300	.217	16.112	4.341	6.454	-32.75	.673
3	2.5900	2.982	.00650	2.590	.2500	.097	119.66	6.331	7.339	-13.73	.863
4	.3900	1.316	.02190	.390	.2100	.538	2.964	2.107	4.546	-53.65	.464
5	1.2700	2.612	.01240	1.270	.2500	.197	27.432	4.580	5.120	-10.56	.894
6	1.2300	2.283	.02110	1.230	.2100	.171	31.365	4.930	4.525	8.943	1.089
7	1.0500	2.698	.03840	1.050	.2200	.210	15.750	4.427	4.291	3.152	1.032

ERROR MED. CUAD. (Z)= 27.3689 ERROR MED. (Z)= 21.8329 SUMATORIA (Ct/C-1)/N= .21833

Tabla C.43. CALCULO DE LA RELACION "C* - Co*" -- "D/Y"

DATOS DE RIOS Y CANALES

FUENTE: THOMPSON Y CAMPBELL

ALFA = 5.1900

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S	PEND.	R.H. M.	AREA M.CUAD.	V* M/S	C*	DIAM. M.	Co*	C*-Co*	D/Y
1	.4600	1.249	.02940	.460	2.162	.364	3.429	.2200	3.727	-.298	.478
2	1.0600	2.427	.01360	1.060	16.112	.376	6.454	.2300	5.703	.751	.217
3	2.5900	2.962	.00650	2.590	119.658	.406	7.339	.2500	7.726	-.389	.097
4	.3900	1.316	.02190	.390	2.964	.289	4.546	.2100	3.431	1.116	.538
5	1.2700	2.012	.01240	1.270	27.432	.393	5.120	.2500	5.946	-.826	.197
6	1.2300	2.263	.02110	1.230	31.365	.504	4.525	.2100	6.302	-1.777	.171
7	1.0500	2.692	.03840	1.050	15.750	.629	4.291	.2200	5.790	-1.499	.210
8	.3500	.917	.00830	.350	3.815	.169	5.436	.1600	3.840	1.595	.457
9	1.2800	3.017	.04140	1.280	6.320	.721	4.185	.4700	4.388	-.203	.367
10	.6800	1.810	.01010	.680	9.724	.260	6.974	.1700	5.349	1.625	.250
11	.6600	1.241	.02110	.660	7.656	.370	3.358	.3400	3.541	-.184	.515
12	1.2700	2.375	.01760	1.270	15.494	.468	5.073	.1900	6.633	-1.560	.150
13	.5300	1.331	.01710	.530	5.035	.298	4.464	.1700	4.726	-.262	.321
14	.3800	1.619	.01380	.380	2.470	.227	7.141	.1100	4.982	2.159	.289
15	.4000	1.687	.02200	.400	2.120	.294	6.423	.1200	4.893	1.530	.300
16	2.6200	2.829	.00370	2.620	145.148	.308	9.175	.1400	9.206	-.032	.053
17	1.6200	2.327	.00530	1.620	56.214	.290	8.019	.0900	9.109	-1.090	.056
18	.4000	1.635	.00810	.400	2.080	.178	9.170	.0700	6.241	2.930	.175
19	.4400	1.267	.00960	.440	2.816	.204	5.932	.0700	6.479	-.547	.159
20	.2500	1.231	.00940	.250	2.275	.152	8.107	.0400	6.465	1.643	.160
21	.4500	1.270	.00390	.450	2.205	.131	9.679	.0300	8.653	1.026	.067
22	.7900	1.852	.05200	.790	32.390	.635	2.919	.4000	3.585	-.666	.506
23	.8800	2.273	.05200	.880	36.080	.670	3.393	.4000	3.854	-.462	.455
24	1.0000	2.787	.05200	1.000	41.000	.714	3.791	.4000	4.174	-.383	.400
25	1.0400	2.932	.05200	1.040	42.640	.728	4.025	.4000	4.272	-.246	.385
26	1.0900	3.133	.05200	1.090	44.690	.746	4.202	.4000	4.389	-.187	.367

COEF. DE CORRELACION: .06558

LA ECUACION DE REGRESION ES: $C^* - C_{*0} = .52271 D/Y + (-.00279)$

ALFA = 5.19000 BETA = .21274

Tabla C.44.

MODELO DE CALCULO DE FRICCION CON EFECTO DE ESTELA

DATOS DE RIOS Y CANALES

FUENTE: THOMPSON Y CAMPBELL

ALFA= 5.1900

ETA= .2127

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S.	PEND.	R.H. M.	DIAM M.	DIAM/Y	AREA M.cuad.	Ctotal	Cexp.	Dif %	Ct/Ce
1	.4600	1.249	.02940	.460	.2200	.478	2.162	4.016	3.429	17.117	1.171
2	1.0600	2.427	.01360	1.060	.2300	.217	16.112	5.822	6.454	-9.803	.902
3	2.5900	2.982	.00650	2.590	.2500	.097	119.66	7.749	7.339	5.588	1.056
4	.3900	1.316	.02190	.390	.2100	.538	2.964	3.756	4.546	-17.38	.826
5	1.2700	2.012	.01240	1.270	.2500	.197	27.432	6.050	5.120	18.158	1.182
6	1.2300	2.283	.02110	1.230	.2100	.171	31.365	6.386	4.525	41.136	1.411
7	1.0500	2.698	.03840	1.050	.2200	.210	15.750	5.904	4.291	37.571	1.376
8	.3500	.917	.00830	.350	.1600	.457	3.815	4.116	5.436	-24.27	.757
9	1.2600	3.017	.04140	1.260	.4700	.367	8.320	4.607	4.185	10.098	1.101
10	.6800	1.816	.01010	.680	.1700	.250	9.724	5.491	6.974	-21.27	.787
11	.6600	1.241	.02110	.660	.3400	.515	7.656	3.853	3.358	14.747	1.147
12	1.2700	2.375	.01760	1.270	.1900	.150	15.494	6.700	5.073	32.068	1.321
13	.5300	1.331	.01710	.530	.1700	.321	5.035	4.915	4.464	10.124	1.101
14	.3800	1.619	.01380	.380	.1100	.289	2.470	5.151	7.141	-27.87	.721
15	.4000	1.887	.02200	.400	.1200	.300	2.120	5.069	6.423	-21.08	.789
16	2.6200	2.839	.00370	2.620	.1400	.053	145.15	9.179	9.175	.048	1.000
17	1.6200	2.327	.00530	1.620	.0900	.056	56.214	9.085	8.019	13.292	1.133
18	.4000	1.635	.00810	.400	.0700	.175	2.080	6.328	9.170	-31.00	.690
19	.4400	1.207	.00960	.440	.0700	.159	2.816	6.554	5.932	10.476	1.105
20	.2500	1.231	.00940	.250	.0400	.160	2.275	6.540	8.107	-19.33	.807
21	.4500	1.276	.00390	.450	.0300	.067	2.205	8.642	9.679	-10.71	.893
22	.7900	1.852	.05200	.790	.4000	.506	32.390	3.891	2.919	33.312	1.333
23	.8800	2.273	.05200	.880	.4000	.455	36.080	4.129	3.393	21.696	1.217
24	1.0000	2.787	.05200	1.000	.4000	.400	41.000	4.414	3.791	16.437	1.164
25	1.0400	2.932	.05200	1.040	.4000	.385	42.640	4.503	4.025	11.855	1.119
26	1.0900	3.133	.05200	1.090	.4000	.367	44.690	4.609	4.202	9.685	1.097

ERROR MED. CUAD. (Z)= 21.2033 ERROR MED.(Z)= 18.6968 SUMATORIA (Ct/C-1)/N= .18697

Tabla C.45.

MODELO DE CALCULO DE FRICCION CON EFECTO DE ESTELA

DATOS DE RIOS Y CANALES

FUENTE: THOMPSON Y CAMPBELL

ALFA= 6.1500

BETA= .1500

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S.	PEND.	R.H. M.	DIAM M.	DIAM/Y	AREA m.cuad.	Ctotal	Cexp.	Dif %	Ct/Ce
1	.4600	1.249	.02940	.460	.2200	.478	2.162	3.526	3.429	2.808	1.028
2	1.0600	2.427	.01360	1.060	.2300	.217	16.112	5.371	6.454	-16.78	.832
3	2.5900	2.982	.00650	2.590	.2500	.097	119.66	7.317	7.339	-.296	.997
4	.3900	1.316	.02190	.390	.2100	.538	2.964	3.256	4.546	-28.37	.716
5	1.2700	2.012	.01240	1.270	.2500	.197	27.432	5.603	5.120	9.422	1.094
6	1.2300	2.283	.02110	1.230	.2100	.171	31.365	5.943	4.525	31.340	1.313
7	1.0500	2.698	.03840	1.050	.2200	.210	15.750	5.454	4.291	27.101	1.271
8	.3500	.917	.00830	.350	.1600	.457	3.815	3.629	5.436	-33.24	.668
9	1.2800	3.017	.04140	1.280	.4700	.367	8.320	4.134	4.185	-1.218	.988
10	.6800	1.810	.01010	.680	.1700	.250	9.724	5.035	6.974	-27.80	.722
11	.6600	1.241	.02110	.660	.3400	.515	7.656	3.357	3.358	-.036	1.000
12	1.2700	2.375	.01760	1.270	.1900	.150	15.494	6.260	5.073	23.394	1.234
13	.5300	1.331	.01710	.530	.1700	.321	5.035	4.449	4.464	-.326	.997
14	.3800	1.619	.01380	.380	.1100	.289	2.470	4.690	7.141	-34.33	.657
15	.4000	1.887	.02200	.400	.1200	.300	2.120	4.606	6.423	-28.29	.717
16	2.6200	2.829	.00370	2.620	.1400	.053	145.15	8.754	9.175	-4.587	.954
17	1.6200	2.327	.00530	1.620	.0900	.056	56.214	8.659	8.019	7.985	1.080
18	.4000	1.635	.00810	.400	.0700	.175	2.080	5.884	9.170	-35.84	.642
19	.4400	1.207	.00960	.440	.0700	.159	2.816	6.112	5.932	3.033	1.030
20	.2500	1.231	.00940	.250	.0400	.160	2.275	6.099	8.107	-24.78	.752
21	.4500	1.270	.00390	.450	.0300	.067	2.205	8.215	9.679	-15.13	.849
22	.7900	1.852	.05200	.790	.4000	.506	32.390	3.396	2.919	16.351	1.164
23	.8800	2.273	.05200	.880	.4000	.455	36.080	3.642	3.393	7.341	1.073
24	1.0000	2.707	.05200	1.000	.4000	.400	41.000	3.936	3.791	3.812	1.038
25	1.0400	2.932	.05200	1.040	.4000	.385	42.640	4.026	4.025	.024	1.000
26	1.0900	3.133	.05200	1.090	.4000	.367	44.690	4.135	4.202	-1.585	.984

ERROR MED. CUAD. (Z)= 19.4790 ERROR MED. (Z)= 14.8162 SUMATORIA (Ct/C-1)/N= .14816

Tabla C.46. MODELO DE CALCULO DE FRICCION CON EFECTO DE ESTELA

DATOS DE RIOS Y CANALES

FUENTE: THOMPSON Y CAMPBELL

ALFA= 6.1500

BETA= 0.0000

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S.	PEND.	R.H. M.	DIAM M.	DIAM/Y	AREA M.CUAD.	Ctotal	Cexp.	Dif %	Ct/Ce
1	.4600	1.249	.02940	.460	.2200	.478	2.162	3.349	3.429	-2.332	.977
2	1.0600	2.427	.01360	1.060	.2300	.217	16.112	5.291	6.454	-18.02	.820
3	2.5900	2.562	.00650	2.590	.2500	.097	119.66	7.281	7.339	-.781	.992
4	.3900	1.316	.02190	.390	.2100	.538	2.964	3.058	4.546	-32.74	.673
5	1.2700	2.012	.01240	1.270	.2500	.197	27.432	5.530	5.120	8.005	1.080
6	1.2300	2.253	.02110	1.230	.2100	.171	31.365	5.880	4.525	29.949	1.299
7	1.0500	2.698	.03840	1.050	.2200	.210	15.750	5.377	4.291	25.302	1.253
8	.3500	.517	.00830	.350	.1600	.457	3.815	3.460	5.436	-36.34	.637
9	1.2800	3.017	.04140	1.280	.4700	.367	8.320	3.999	4.185	-4.452	.955
10	.6800	1.510	.01010	.680	.1700	.250	9.724	4.943	6.974	-29.12	.709
11	.6600	1.541	.02110	.660	.3400	.515	7.656	3.167	3.358	-5.690	.943
12	1.2700	2.375	.01760	1.270	.1900	.150	15.494	6.205	5.073	22.307	1.223
13	.5300	1.331	.01710	.530	.1700	.321	5.035	4.331	4.464	-2.974	.970
14	.3800	1.619	.01380	.380	.1100	.289	2.470	4.583	7.141	-35.82	.642
15	.4000	1.837	.02200	.400	.1200	.300	2.120	4.495	6.423	-30.01	.700
16	2.6200	2.839	.00370	2.620	.1400	.053	145.15	8.734	9.175	-4.802	.952
17	1.6200	2.327	.00530	1.620	.0900	.056	56.214	8.639	8.019	7.730	1.077
18	.4000	1.635	.00810	.400	.0700	.175	2.080	5.819	9.170	-36.54	.635
19	.4400	1.217	.00960	.440	.0700	.159	2.816	6.054	5.932	2.045	1.020
20	.2500	1.231	.00940	.250	.0400	.160	2.275	6.040	8.107	-25.50	.745
21	.4500	1.270	.00390	.450	.0300	.067	2.205	8.191	9.679	-15.38	.846
22	.7900	1.852	.05200	.790	.4000	.506	32.390	3.209	2.919	9.957	1.100
23	.8800	2.273	.05200	.880	.4000	.455	36.080	3.474	3.393	2.403	1.024
24	1.0000	2.717	.05200	1.000	.4000	.400	41.000	3.788	3.791	-.076	.999
25	1.0400	2.932	.05200	1.040	.4000	.385	42.640	3.885	4.025	-3.497	.965
26	1.0900	3.133	.05200	1.090	.4000	.367	44.690	4.000	4.202	-4.803	.952

ERROR MED. CUAD. (Z)= 19.9662 ERROR MED. (Z)= 15.2536 SUMATORIA (Ct/C-1)/N= .15254

Tabla C.47. CALCULO DE LA RELACION "C* - Co*" -- "D/Y"

DATOS DEL PICO BOULDER CREEK -- FUENTE: THORNE Y ZEVENBERGEN

DIAMETRO: D50 -- ALFA = 4.385

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S	PEND.	R.H. M.	AREA M.CUAD.	V* M/S	C*	DIAM. M.	Co*	C*-Co*	D/Y
1	.355	.561	.01430	.349	3.656	.221	2.534	.1620	4.266	-1.732	.456
2	.412	.751	.01510	.404	4.367	.245	3.071	.1620	4.638	-1.567	.393
3	.463	.991	.01630	.470	5.319	.274	3.615	.1620	5.061	-1.447	.332
4	.581	1.287	.01470	.569	6.715	.286	4.493	.1620	5.532	-1.039	.275
5	.631	1.416	.01460	.615	7.378	.297	4.773	.1620	5.724	-.950	.255

LA ECUACION DE REGRESION ES: $C^* - C^*_0 = -3.9265 D/Y + (-.00308)$

ALFA = 4.38500 BETA = -1.5981 COEF. DE CORRELACION: -.96806

DIAMETRO: D64 -- ALFA = 1.81

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S	PEND.	R.H. M.	AREA M.CUAD.	V* M/S	C*	DIAM. M.	Co*	C*-Co*	D/Y
1	.355	.561	.01430	.349	3.656	.221	2.534	.3930	4.262	-1.728	1.107
2	.412	.751	.01510	.404	4.367	.245	3.071	.3930	4.635	-1.564	.954
3	.463	.991	.01630	.470	5.319	.274	3.615	.3930	5.058	-1.443	.805
4	.581	1.287	.01470	.569	6.715	.286	4.493	.3930	5.528	-1.035	.667
5	.631	1.416	.01460	.615	7.378	.297	4.773	.3930	5.720	-.947	.618

LA ECUACION DE REGRESION ES: $C^* - C^*_0 = -1.6186 D/Y + (.00030)$

ALFA = 1.81100 BETA = -.65875 COEF. DE CORRELACION: -.96806

MODELO DE CALCULO DE FRICCION CON EFECTO DE ESTELA

DIAMETRO: D50

ALFA= 4.385 -- BETA= -1.598

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S	PEND.	R.H. M.	DIAM. M.	DIAM/Y	AREA M.CUAD.	Ctotal	Cexp.	Dif %	Ct/Ce
1	.355	.561	.01430	.349	.1620	.456	3.656	2.504	2.534	-1.200	.988
2	.412	.751	.01510	.404	.1620	.393	4.367	3.118	3.071	1.528	1.015
3	.463	.991	.01630	.470	.1620	.332	5.319	3.774	3.615	4.409	1.044
4	.581	1.287	.01470	.569	.1620	.275	6.715	4.460	4.493	-.737	.993
5	.631	1.416	.01460	.615	.1620	.255	7.378	4.728	4.773	-.948	.991

ERROR MED. CUAD. (Z)= 2.2208 ERROR MED.(Z)= 1.7646 SUMATORIA (Ct/C-1)/N= .01765

DIAMETRO: D64

ALFA= 1.811 -- BETA= -.6588

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S	PEND.	R.H. M.	DIAM. M.	DIAM/Y	AREA M.CUAD.	Ctotal	Cexp.	Dif %	Ct/Ce
1	.355	.561	.01430	.349	.3930	1.107	3.656	2.501	2.534	-1.330	.987
2	.412	.751	.01510	.404	.3930	.954	4.367	3.114	3.071	1.421	1.014
3	.463	.991	.01630	.470	.3930	.805	5.319	3.771	3.615	4.318	1.043
4	.581	1.287	.01470	.569	.3930	.667	6.715	4.456	4.493	-.811	.992
5	.631	1.416	.01460	.615	.3930	.618	7.378	4.725	4.773	-1.017	.990

ERROR MED. CUAD. (Z)= 2.1966 ERROR MED.(Z)= 1.7794 SUMATORIA (Ct/C-1)/N= .01779

Tabla C.48.

CALCULO DE LA RELACION " $C^* - C_o^*$ " -- " D/Y "

DATOS DEL RIO BOULDER CREEK

FUENTE: THORNE Y ZEVENBERGEN

ALFA = 7.0000

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S	PEND.	R.H. M.	AREA M.CUAD.	V^* M/S	C^*	DIAM. M.	C_o^*	$C^* - C_o^*$	D/Y
1	.2960	.517	.01830	.289	3.966	.228	2.269	.1300	3.192	-.923	.439
2	.3380	.711	.01930	.331	4.698	.250	2.840	.1300	3.524	-.684	.385
3	.3590	.840	.01890	.352	5.098	.255	3.287	.1300	3.675	-.388	.362
4	.3970	.891	.01900	.389	5.915	.269	3.309	.1300	3.926	-.617	.327
5	.4510	1.008	.01850	.489	6.855	.298	3.384	.1300	4.245	-.861	.288
6	.4630	1.189	.01940	.452	7.269	.293	4.053	.1300	4.311	-.257	.281
7	.5140	1.271	.01980	.501	8.224	.312	4.074	.1300	4.572	-.498	.253

COEF. DE CORRELACION: -.48832

LA ECUACION DE REGRESION ES: $C^* - C_o^* = -1.7989 D/Y + (-.00381)$

ALFA = 7.00000 BETA = -.73213

MODELO DE CALCULO DE FRICCION CON EFECTO DE ESTELA

ALFA= 7.0000

BETA= -.7321

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S.	PEND.	R.H. M.	DIAM M.	DIAM/Y	AREA M.CUAD.	C_{total}	$C_{exp.}$	Dif Z	C_t/C_e
1	.2960	.517	.01830	.289	.1300	.439	3.966	2.451	2.269	7.979	1.080
2	.3380	.711	.01930	.331	.1300	.385	4.698	2.875	2.840	1.213	1.012
3	.3590	.840	.01890	.352	.1300	.362	5.098	3.063	3.287	-6.805	.932
4	.3970	.891	.01900	.389	.1300	.327	5.915	3.373	3.309	1.924	1.019
5	.4510	1.008	.01850	.489	.1300	.288	6.855	3.757	3.384	11.008	1.110
6	.4630	1.189	.01940	.452	.1300	.281	7.269	3.835	4.053	-5.392	.946
7	.5140	1.271	.01980	.501	.1300	.253	8.224	4.142	4.074	1.658	1.017

ERROR MED. CUAD. (Z)= 6.1892 ERROR MED.(Z)= 5.1398 SUMATORIA $(C_t/C-1)/N= .05140$

Tabla C.49. CALCULO DE LA RELACION "Cx - Co*" -- "D/Y"

DATOS DEL RIO BOULDER CREEK

FUENTE: THORNE Y ZEVENBERGEN

ALFA = 5.7650

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s	PEND.	R.H. m.	AREA m.cuad.	Vx m/s	Cx	DIAM. m.	Co*	C*-Co*	D/Y
1	.2960	.517	.01830	.289	3.966	.228	2.269	.1300	3.678	-1.408	.439
2	.3380	.711	.01930	.331	4.698	.250	2.840	.1300	4.009	-1.169	.385
3	.3590	.840	.01890	.352	5.098	.255	3.287	.1300	4.160	-.873	.362
4	.3970	.891	.01900	.389	5.915	.269	3.309	.1300	4.411	-1.102	.327
5	.4510	1.008	.01850	.489	6.855	.298	3.384	.1300	4.730	-1.346	.288
6	.4630	1.189	.01940	.452	7.269	.293	4.053	.1300	4.796	-.743	.281
7	.5140	1.271	.01980	.501	8.224	.312	4.074	.1300	5.057	-.983	.253
8	.3550	.561	.01430	.349	3.656	.221	2.534	.1620	3.582	-1.048	.456
9	.4120	.751	.01510	.404	4.367	.245	3.071	.1620	3.954	-.883	.393
10	.4880	.991	.01630	.470	5.319	.274	3.615	.1620	4.377	-.763	.332
11	.5890	1.287	.01470	.569	6.715	.286	4.493	.1620	4.848	-.355	.275
12	.6360	1.416	.01460	.615	7.378	.297	4.773	.1620	5.039	-.266	.255

COEF. DE CORRELACION: -.54025

LA ECUACION DE REGRESION ES: $Cx - Cx_0 = -2.6907 D/Y + (-.00423)$

ALFA = 5.76500 BETA = -1.0951

MODELO DE CALCULO DE FRICCION CON EFECTO DE ESTELA

ALFA= 5.7651

BETA= -1.095

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s	PEND.	R.H. m.	DIAM m.	DIAM/Y	AREA m.cuad.	Ctotal	Cexp.	Dif %	Ct/Ce
1	.2960	.517	.01830	.289	.1300	.439	3.966	2.536	2.269	11.735	1.117
2	.3380	.711	.01930	.331	.1300	.385	4.698	3.009	2.840	5.927	1.059
3	.3590	.840	.01890	.352	.1300	.362	5.098	3.217	3.287	-2.121	.979
4	.3970	.891	.01900	.389	.1300	.327	5.915	3.558	3.309	7.511	1.075
5	.4510	1.008	.01850	.489	.1300	.288	6.855	3.977	3.384	17.504	1.175
6	.4630	1.189	.01940	.452	.1300	.281	7.269	4.061	4.053	.196	1.002
7	.5140	1.271	.01980	.501	.1300	.253	8.224	4.393	4.074	7.828	1.078
8	.3550	.561	.01430	.349	.1620	.456	3.656	2.396	2.534	-5.473	.945
9	.4120	.751	.01510	.404	.1620	.393	4.367	2.931	3.071	-4.539	.955
10	.4880	.991	.01630	.470	.1620	.332	5.319	3.512	3.615	-2.839	.972
11	.5890	1.287	.01470	.569	.1620	.275	6.715	4.127	4.493	-8.135	.919
12	.6360	1.416	.01460	.615	.1620	.255	7.378	4.371	4.773	-8.437	.916

ERROR MED. CUAD. (Z)= 8.1519 ERROR MED.(Z)= 6.8538 SUMATORIA (Ct/C-1)/N= .06854

Tabla C.50 CALCULO DE LA RELACION "C* - Co*" -- "D/Y"

DATOS DEL RIO BOULDER CREEK

FUENTE: THORNE Y ZEVENBERGEN

ALFA = 2.1850 -- DIAMETRO: D84

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S	PEND.	R.H. M.	AREA M.CUAD.	Vx M/S	C*	DIAM. M.	Co*	C*-Co*	D/Y
1	.2960	.517	.01830	.289	3.966	.228	2.269	.3370	3.722	-1.452	1.139
2	.3380	.711	.01930	.331	4.698	.250	2.840	.3370	4.053	-1.213	.997
3	.3590	.840	.01890	.352	5.098	.255	3.287	.3370	4.204	-.917	.939
4	.3970	.891	.01900	.389	5.915	.269	3.309	.3370	4.456	-1.146	.849
5	.4510	1.008	.01850	.489	6.855	.298	3.384	.3370	4.774	-1.390	.747
6	.4630	1.189	.01940	.452	7.269	.293	4.053	.3370	4.840	-.787	.728
7	.5140	1.271	.01980	.501	8.224	.312	4.074	.3370	5.101	-1.027	.656
8	.3550	.561	.01430	.349	3.656	.221	2.534	.3920	3.798	-1.264	1.104
9	.4120	.751	.01510	.404	4.367	.245	3.071	.3920	4.170	-1.100	.951
10	.4880	.991	.01630	.470	5.319	.274	3.615	.3920	4.594	-.979	.803
11	.5890	1.287	.01470	.569	6.715	.280	4.493	.3920	5.064	-.571	.666
12	.6360	1.416	.01460	.615	7.378	.297	4.773	.3920	5.256	-.482	.616

COEF. DE CORRELACION: -.70715

LA ECUACION DE REGRESION ES: $C^* - C_{*0} = -1.2094 D/Y + (.00004)$

ALFA = 2.18500 BETA = -.49223

MODELO DE CALCULO DE FRICCION CON EFECTO DE ESTELA

ALFA= 2.1850

BETA= -.4922

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S	PEND.	R.H. M.	DIAM M.	DIAM/Y	AREA M.CUAD.	Ctotal	Cexp.	Dif %	Ct/Ce
1	.2960	.517	.01830	.289	.3370	1.139	3.966	2.364	2.269	5.043	1.050
2	.3380	.711	.01930	.331	.3370	.997	4.698	2.881	2.840	1.434	1.014
3	.3590	.840	.01890	.352	.3370	.939	5.098	3.100	3.287	-5.699	.943
4	.3970	.891	.01900	.389	.3370	.849	5.915	3.456	3.309	4.422	1.044
5	.4510	1.008	.01850	.489	.3370	.747	6.855	3.892	3.384	14.999	1.150
6	.4630	1.189	.01940	.452	.3370	.728	7.269	3.980	4.053	-1.813	.982
7	.5140	1.271	.01980	.501	.3370	.656	8.224	4.324	4.074	6.132	1.061
8	.3550	.561	.01430	.349	.3920	1.104	3.656	2.501	2.534	-1.331	.987
9	.4120	.751	.01510	.404	.3920	.951	4.367	3.051	3.071	-.636	.994
10	.4880	.991	.01630	.470	.3920	.803	5.319	3.646	3.615	.876	1.009
11	.5890	1.287	.01470	.569	.3920	.666	6.715	4.275	4.493	-4.847	.952
12	.6360	1.416	.01460	.615	.3920	.616	7.378	4.523	4.773	-5.242	.948

ERROR MED. CUAD. (%)= 5.7684 ERROR MED. (%)= 4.3729 SUMATORIA (Ct/C-1)/N= .04373

Tabla C.51. CALCULO DE LA RELACION "C* - Co*" -- "D/Y"

DATOS DE RIOS DE INGLATERRA -- FUENTE: BATHURST

ALFA: 1.84

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S	PEND.	R.H. M.	AREA M.CUAD.	Vx M/S	C*	DIAM. M.	Co*	C*-Co*	D/Y
1	.1910	.572	.01560	.191	4.164	.171	3.344	.2400	3.905	-.561	1.257
2	.5020	.866	.01150	.502	14.207	.238	3.639	.2400	6.320	-2.682	.478
3	.1420	.171	.01450	.142	1.846	.142	1.201	.3270	2.390	-1.189	2.303
4	.1780	.705	.01450	.178	2.367	.159	4.434	.3270	2.955	1.479	1.837
5	.1020	.265	.00986	.102	.517	.099	2.668	.1430	3.631	-.963	1.402
6	.2180	.634	.01170	.218	1.184	.158	4.006	.1430	5.530	-1.524	.656
7	.1090	.416	.01110	.109	1.177	.109	3.821	.1130	4.385	-.564	1.037
8	.2600	.722	.00950	.260	3.172	.156	4.639	.1130	6.559	-1.920	.435
9	.2100	.630	.00835	.210	4.809	.131	4.805	.1920	4.700	.105	.914
10	.8310	1.968	.00590	.831	20.526	.219	8.976	.1920	8.138	.838	.231
11	1.1500	1.964	.00450	1.150	52.440	.227	8.642	.1920	8.951	-.306	.167
12	.1380	.312	.00495	.138	1.973	.082	3.866	.1930	3.637	.171	1.399
13	.4650	1.620	.00633	.465	6.975	.195	8.312	.1930	6.674	1.638	.415
14	.9600	3.592	.01040	.960	21.408	.313	11.480	.1930	8.486	2.994	.201
15	.1520	.338	.00592	.152	3.253	.094	3.600	.1830	4.012	-.412	1.204
16	.7210	1.421	.00562	.721	17.376	.199	7.131	.1830	7.903	-.772	.254
17	1.0700	2.199	.00452	1.070	26.964	.218	10.098	.1830	8.890	1.208	.171
18	1.3000	2.339	.00398	1.300	34.710	.225	10.386	.1830	9.377	1.008	.141
19	.2360	.685	.00898	.236	5.168	.144	4.751	.2110	4.756	-.004	.894
20	.3810	1.283	.00813	.381	8.573	.174	7.362	.2110	5.953	1.409	.554
21	.2610	.555	.00984	.261	2.793	.159	3.497	.3070	4.070	-.572	1.176
22	.3530	.616	.01050	.353	3.848	.191	3.231	.3070	4.825	-1.594	.870
23	.4560	.539	.01280	.456	12.494	.239	2.255	.7400	3.265	-1.010	1.623
24	.5720	.657	.01280	.572	15.673	.268	2.453	.7400	3.832	-1.379	1.294
25	.8840	.958	.01560	.884	24.310	.368	2.606	.7400	4.920	-2.314	.837
26	.3630	.799	.00925	.363	5.409	.181	4.402	.2440	5.469	-1.067	.672
27	.4400	1.019	.00901	.440	6.644	.197	5.168	.2440	5.950	-.782	.555
28	.2770	.516	.03730	.277	3.878	.318	1.620	.4640	3.186	-1.566	1.675
29	.3010	.604	.03600	.301	4.455	.326	1.852	.4640	3.394	-1.541	1.542
30	.6280	1.430	.03140	.628	11.116	.440	3.253	.4640	5.232	-1.979	.739
31	.8430	1.573	.03640	.843	15.764	.549	2.868	.4640	5.968	-3.100	.550
32	.2990	.452	.01300	.299	4.575	.195	2.318	.3870	3.831	-1.513	1.294
33	.4040	.530	.01060	.404	6.222	.205	2.588	.3870	4.583	-1.995	.958
34	.6570	1.139	.01190	.657	10.709	.277	4.114	.3870	5.799	-1.684	.589
35	.8290	1.876	.01130	.829	13.596	.303	6.188	.3870	6.380	-.192	.467
36	.8910	2.136	.01540	.891	14.791	.367	5.824	.3870	6.560	-.736	.434
37	1.3100	3.725	.01060	1.310	27.379	.369	10.096	.3870	7.524	2.572	.295
38	.4490	1.014	.01500	.449	13.021	.257	3.945	.4400	4.526	-.582	.980
39	.5930	1.585	.01200	.593	17.849	.264	6.002	.4400	5.222	-.780	.742
40	.4170	.561	.01360	.417	7.756	.236	2.378	.5000	4.022	-1.644	1.199
41	.4270	.691	.01220	.427	8.113	.226	3.059	.5000	4.081	-1.022	1.171
42	.3040	.774	.00532	.304	12.738	.126	6.147	.1400	6.414	-.267	.461
43	.4520	1.044	.00480	.452	19.255	.146	7.156	.1400	7.406	-.249	.310
44	1.6000	2.447	.00429	1.600	79.680	.259	9.433	.1400	10.566	-1.133	.087

COEF. DE CORRELACION: -.26480

LA ECUACION DE REGRESION ES: $C^* - C_o^* = -.67524 D/Y + (.00010)$

ALFA = 1.84000 BETA = -.27482

Tabla C.52. MODELO DE CALCULO DE FRICCION CON EFECTO DE ESTELA

DATOS DE RIOS DE INGLATERRA -- FUENTE: BATHURST

ALFA= 1.8460
BETA= -.2748
DIAMETRO: D84

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S.	PEND.	R.H. M.	DIAM M.	DIAM/Y	AREA M.CUAD.	Ctotal	Cexp.	Dif %	Ct/Ce
1	.1910	.572	.01560	.191	.2400	1.257	4.164	3.092	3.344	-7.524	.925
2	.5020	.866	.01150	.502	.2400	.478	14.207	5.992	3.639	64.676	1.647
3	.1420	.171	.01450	.142	.3270	2.303	1.846	.897	1.201	-25.27	.747
4	.1780	.705	.01450	.178	.3270	1.837	2.367	1.767	4.434	-60.15	.399
5	.1020	.265	.00986	.102	.1430	1.402	.517	2.725	2.668	2.154	1.022
6	.2180	.634	.01170	.218	.1430	.656	1.184	5.095	4.006	27.177	1.272
7	.1090	.416	.01110	.109	.1130	1.037	1.177	3.713	3.821	-2.828	.972
8	.2600	.722	.00950	.260	.1130	.435	3.172	6.256	4.639	34.861	1.349
9	.2100	.630	.00835	.210	.1920	.914	4.809	4.105	4.805	-14.57	.854
10	.8310	1.968	.00590	.831	.1920	.231	20.526	7.946	8.976	-11.48	.885
11	1.1500	1.964	.00458	1.150	.1920	.167	52.440	8.787	8.642	1.675	1.017
12	.1380	.312	.00495	.138	.1930	1.399	1.973	2.733	3.808	-28.22	.718
13	.4650	1.620	.00833	.465	.1930	.415	6.975	6.382	8.312	-23.22	.768
14	.9600	3.592	.01040	.960	.1930	.201	21.408	8.308	11.480	-27.63	.724
15	.1520	.338	.00592	.152	.1830	1.204	3.253	3.233	3.600	-10.20	.898
16	.7210	1.421	.00562	.721	.1830	.254	17.376	7.699	7.131	7.971	1.080
17	1.0700	2.199	.00452	1.070	.1830	.171	26.964	8.725	10.098	-13.60	.864
18	1.3000	2.339	.00398	1.300	.1830	.141	34.710	9.224	10.386	-11.18	.888
19	.2360	.685	.00898	.236	.2110	.894	5.168	4.173	4.751	-12.16	.878
20	.3810	1.283	.00813	.381	.2110	.554	8.573	5.580	7.362	-24.21	.758
21	.2610	.555	.00984	.261	.3070	1.176	2.793	3.309	3.497	-5.391	.946
22	.3530	.616	.01050	.353	.3070	.870	3.848	4.258	3.231	31.784	1.318
23	.4560	.539	.01280	.456	.7400	1.623	12.494	2.216	2.255	-1.698	.983
24	.5720	.657	.01280	.572	.7400	1.294	15.673	2.996	2.453	22.138	1.221
25	.8840	.958	.01560	.884	.7400	.837	24.310	4.373	2.606	67.796	1.678
26	.3630	.799	.00925	.363	.2440	.672	5.409	5.024	4.402	14.140	1.141
27	.4400	1.019	.00901	.440	.2440	.555	6.644	5.576	5.168	7.898	1.079
28	.2770	.516	.03730	.277	.4640	1.675	3.878	2.103	1.620	29.814	1.298
29	.3810	.604	.03600	.381	.4640	1.542	4.455	2.398	1.852	29.433	1.294
30	.6280	1.430	.03140	.628	.4640	.739	11.116	4.747	3.253	45.921	1.459
31	.8430	1.573	.03640	.843	.4640	.550	15.764	5.597	2.868	95.169	1.952
32	.2990	.452	.01300	.299	.3870	1.294	4.575	2.994	2.318	29.184	1.292
33	.4040	.530	.01060	.404	.3870	.958	6.222	3.961	2.588	53.022	1.530
34	.6570	1.139	.01190	.657	.3870	.589	10.709	5.404	4.114	31.360	1.314
35	.8290	1.876	.01130	.829	.3870	.467	13.596	6.058	6.188	-2.099	.979
36	.8910	2.136	.01540	.891	.3870	.434	14.791	6.257	5.824	7.438	1.074
37	1.3100	3.725	.01060	1.310	.3870	.295	27.379	7.298	10.096	-27.71	.723
38	.4490	1.014	.01500	.449	.4400	.980	13.021	3.890	3.945	-1.387	.986
39	.5930	1.585	.01200	.593	.4400	.742	17.849	4.734	6.002	-21.12	.789
40	.4170	.561	.01360	.417	.5000	1.199	7.756	3.246	2.378	36.499	1.365
41	.4270	.691	.01220	.427	.5000	1.171	8.113	3.323	3.059	8.630	1.086
42	.3040	.774	.00532	.304	.1400	.461	12.738	6.096	6.147	-.824	.992
43	.4520	1.044	.00480	.452	.1400	.310	19.255	7.172	7.156	.222	1.002
44	1.6000	2.447	.00429	1.600	.1400	.087	79.680	10.428	9.433	10.554	1.106

ERROR MED. CUAD. (%)= 30.4783 ERROR MED. (%)= 22.5453 SUMATORIA (Ct/C-1)/N= .22545

Tabla C.53. MODELO DE CALCULO DE FRICCION CON EFECTO DE ESTELA

DATOS DE RIOS DE INGLATERRA -- FUENTE: BATHURST

ALFA= 2.7500

BETA= -.0500

DIAMETRO: DB4

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S.	PEND.	R.H. M.	DIAM M.	DIAM/Y	AREA M.Cuad.	Ctotal	Cexp.	Dif %	Ct/Ce
1	.1910	.572	.01560	.191	.2400	1.257	4.164	2.799	3.344	-16.29	.837
2	.5020	.866	.01150	.502	.2400	.478	14.207	5.269	3.639	44.800	1.448
3	.1420	.171	.01450	.142	.3270	2.303	1.846	1.182	1.201	-1.559	.984
4	.1780	.705	.01450	.178	.3270	1.837	2.367	1.795	4.434	-59.53	.405
5	.1020	.265	.00986	.102	.1430	1.402	.517	2.512	2.668	-5.827	.942
6	.2180	.634	.01170	.218	.1430	.656	1.184	4.470	4.006	11.577	1.116
7	.1090	.416	.01110	.109	.1130	1.037	1.177	3.299	3.821	-13.66	.863
8	.2600	.722	.00950	.260	.1130	.435	3.172	5.509	4.639	18.752	1.188
9	.2100	.630	.00835	.210	.1920	.914	4.809	3.622	4.805	-24.61	.754
10	.8310	1.968	.00590	.831	.1920	.231	20.526	7.086	8.976	-21.06	.789
11	1.1500	1.964	.00458	1.150	.1920	.167	52.440	7.892	8.642	-8.682	.913
12	.1380	.312	.00495	.138	.1930	1.399	1.973	2.519	3.808	-33.86	.661
13	.4650	1.620	.00633	.465	.1930	.415	6.975	5.624	8.312	-32.34	.677
14	.9600	3.592	.01040	.960	.1930	.201	21.408	7.431	11.480	-35.27	.647
15	.1520	.338	.00592	.152	.1830	1.204	3.253	2.911	3.600	-19.15	.809
16	.7210	1.421	.00562	.721	.1830	.254	17.376	6.852	7.131	-3.909	.961
17	1.0700	2.199	.00452	1.070	.1830	.171	26.964	7.832	10.098	-22.44	.776
18	1.3000	2.339	.00398	1.300	.1830	.141	34.710	8.314	10.386	-19.94	.801
19	.2360	.685	.00898	.236	.2110	.894	5.168	3.680	4.751	-22.55	.775
20	.3810	1.283	.00813	.381	.2110	.554	8.573	4.898	7.362	-33.47	.665
21	.2610	.555	.00984	.261	.3070	1.176	2.793	2.971	3.497	-15.04	.850
22	.3530	.616	.01050	.353	.3070	.870	3.848	3.751	3.231	16.093	1.161
23	.4560	.539	.01280	.456	.7400	1.623	12.494	2.126	2.255	-5.729	.943
24	.5720	.657	.01280	.572	.7400	1.294	15.673	2.723	2.453	11.019	1.110
25	.8840	.958	.01560	.884	.7400	.837	24.310	3.849	2.606	47.657	1.477
26	.3630	.799	.00925	.363	.2440	.672	5.409	4.408	4.402	.145	1.001
27	.4400	1.019	.00981	.440	.2440	.555	6.644	4.895	5.168	-5.279	.947
28	.2770	.516	.03730	.277	.4640	1.675	3.878	2.041	1.620	25.986	1.260
29	.3010	.604	.03600	.301	.4640	1.542	4.455	2.262	1.852	22.102	1.221
30	.6280	1.430	.03140	.628	.4640	.739	11.116	4.167	3.253	28.115	1.281
31	.8430	1.573	.03640	.843	.4640	.550	15.764	4.914	2.868	71.344	1.713
32	.2990	.452	.01300	.299	.3870	1.294	4.575	2.722	2.318	17.433	1.174
33	.4040	.530	.01060	.404	.3870	.958	6.222	3.502	2.588	35.320	1.353
34	.6570	1.139	.01190	.657	.3870	.589	10.709	4.743	4.114	15.271	1.153
35	.8290	1.876	.01136	.829	.3870	.467	13.596	5.329	6.188	-13.89	.861
36	.8910	2.136	.01540	.891	.3870	.434	14.791	5.510	5.824	-5.395	.946
37	1.3100	3.725	.01860	1.310	.3870	.295	27.379	6.474	10.096	-35.87	.641
38	.4490	1.014	.01500	.449	.4400	.980	13.021	3.444	3.945	-12.69	.873
39	.5930	1.585	.01200	.593	.4400	.742	17.849	4.157	6.002	-30.75	.693
40	.4170	.561	.01360	.417	.5000	1.199	7.756	2.921	2.378	22.834	1.228
41	.4270	.691	.01220	.427	.5000	1.171	8.113	2.983	3.059	-2.499	.975
42	.3040	.774	.00532	.304	.1400	.461	12.738	5.363	6.147	-12.75	.873
43	.4520	1.044	.00480	.452	.1400	.310	19.255	6.356	7.156	-11.18	.888
44	1.6000	2.447	.00429	1.600	.1400	.087	79.680	9.489	9.433	.600	1.006

ERROR MED. CUAD. (X)= 25.7591 ERROR MED.(X)= 20.7790 SUMATORIA (Ct/C-1)/N= .20779

Tabla C.54.

MODELO DE CALCULO DE FRICCION CON EFECTO DE ESTELA

DATOS DE RIOS DE INGLATERRA -- FUENTE: BATHURST

ALFA= 2.7500

BETA= 0.0000

DIAMETRO: D84

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s.	PEND.	R.H. m.	DIAM m.	DIAM/Y	AREA m.cuad.	Ctotal	Cexp.	Dif %	Ct/Ce
1	.1910	.572	.01560	.191	.2400	1.257	4.164	2.953	3.344	-11.68	.863
2	.5020	.866	.01150	.502	.2400	.478	14.207	5.328	3.639	46.414	1.464
3	.1420	.171	.01450	.142	.3270	2.303	1.846	1.465	1.201	21.999	1.220
4	.1780	.705	.01450	.178	.3270	1.837	2.367	2.020	4.434	-54.44	.456
5	.1020	.265	.00986	.102	.1430	1.402	.517	2.684	2.668	.629	1.006
6	.2180	.634	.01170	.218	.1430	.656	1.184	4.550	4.006	13.589	1.136
7	.1090	.416	.01110	.109	.1130	1.037	1.177	3.426	3.821	-10.35	.897
8	.2600	.722	.00950	.260	.1130	.435	3.172	5.562	4.639	19.983	1.199
9	.2100	.630	.00835	.210	.1920	.914	4.809	3.735	4.805	-22.27	.777
10	.6310	1.968	.00590	.631	.1920	.231	20.526	7.114	8.976	-20.74	.793
11	1.1500	1.964	.00458	1.150	.1920	.167	52.440	7.913	8.642	-8.444	.916
12	.1380	.312	.00495	.138	.1930	1.399	1.973	2.690	3.868	-29.34	.707
13	.4650	1.620	.00833	.465	.1930	.415	6.975	5.675	8.312	-31.73	.683
14	.9600	3.592	.01040	.960	.1930	.201	21.408	7.456	11.480	-35.65	.649
15	.1520	.338	.00592	.152	.1830	1.204	3.253	3.058	3.600	-15.04	.850
16	.7210	1.421	.00562	.721	.1830	.254	17.376	6.883	7.131	-3.471	.965
17	1.0700	2.199	.00452	1.070	.1830	.171	26.964	7.853	10.098	-22.23	.778
18	1.3000	2.339	.00398	1.300	.1830	.141	34.710	8.332	10.386	-19.78	.802
19	.2360	.685	.00898	.236	.2110	.894	5.168	3.790	4.751	-20.24	.798
20	.3810	1.283	.00813	.381	.2110	.554	8.573	4.966	7.362	-32.54	.675
21	.2610	.555	.00984	.261	.3070	1.176	2.793	3.116	3.497	-10.91	.891
22	.3530	.616	.01050	.353	.3070	.870	3.848	3.858	3.231	19.400	1.194
23	.4560	.539	.01280	.456	.7400	1.623	12.494	2.325	2.255	3.113	1.031
24	.5720	.657	.01280	.572	.7400	1.294	15.673	2.882	2.453	17.499	1.175
25	.8840	.958	.01560	.884	.7400	.837	24.310	3.951	2.606	51.603	1.516
26	.3630	.799	.00925	.363	.2440	.672	5.409	4.491	4.402	2.021	1.020
27	.4400	1.019	.00901	.440	.2440	.555	6.644	4.963	5.168	-3.961	.960
28	.2770	.516	.03730	.277	.4640	1.675	3.878	2.247	1.620	38.688	1.387
29	.3010	.604	.03600	.301	.4640	1.542	4.455	2.451	1.852	32.326	1.323
30	.6280	1.430	.03140	.628	.4640	.739	11.116	4.258	3.253	30.916	1.309
31	.8430	1.573	.03640	.843	.4640	.550	15.764	4.982	2.868	73.702	1.737
32	.2990	.452	.01300	.299	.3870	1.294	4.575	2.881	2.318	24.294	1.243
33	.4040	.530	.01060	.404	.3870	.958	6.222	3.620	2.588	39.867	1.399
34	.6570	1.139	.01190	.657	.3870	.589	10.709	4.815	4.114	17.030	1.170
35	.8290	1.876	.01130	.829	.3870	.467	13.596	5.386	6.188	-12.96	.870
36	.8910	2.136	.01540	.891	.3870	.434	14.791	5.563	5.824	-4.478	.955
37	1.3100	3.725	.01060	1.310	.3870	.295	27.379	6.510	10.096	-35.51	.645
38	.4490	1.014	.01500	.449	.4400	.980	13.021	3.564	3.945	-9.642	.904
39	.5930	1.585	.01200	.593	.4400	.742	17.849	4.248	6.002	-29.23	.708
40	.4170	.561	.01360	.417	.5000	1.199	7.756	3.068	2.378	29.028	1.290
41	.4270	.691	.01220	.427	.5000	1.171	8.113	3.127	3.059	2.203	1.022
42	.3040	.774	.00532	.304	.1400	.461	12.738	5.420	6.147	-11.83	.882
43	.4520	1.044	.00480	.452	.1400	.310	19.255	6.394	7.156	-10.65	.893
44	1.6000	2.447	.00429	1.600	.1400	.087	79.680	9.500	9.433	.714	1.007

ERROR MED. CUAD. (%)= 26.7574 ERROR MED. (%)= 21.6235 SUMATORIA (Ct/C-1)/N= .21624

Tabla C.55.

CALCULO DE LA RELACION "Cx - Ccx" -- "D/Y"

DATOS DE RIOS DE NUEVA ZELANDIA -- FUENTE: GRIFFITHS

DIAM.: D50

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S	PEND.	R.H. M.	AREA M.CUAD.	Vx M/S	Cx	DIAM. M.	Cox	C*-Cox	D/Y
1	.3800	1.069	.00865	.380	4.294	.180	5.954	.0510	7.543	-1.589	.134
2	.2300	.264	.00125	.230	1.288	.053	4.971	.0510	6.287	-1.316	.222
3	.4800	1.204	.00490	.480	5.808	.152	7.924	.1020	6.394	1.531	.212
4	.4400	1.108	.01100	.440	7.128	.218	5.087	.1520	5.179	-.092	.345
5	.4000	.781	.00360	.400	7.800	.119	6.570	.1020	5.938	.632	.255
6	.3900	.211	.00035	.390	8.424	.037	5.775	.0760	6.610	-.835	.195
7	.1200	.152	.00042	.120	.355	.022	6.838	.0150	7.720	-.882	.125
8	1.8600	1.167	.00140	1.860	68.634	.160	7.303	.1020	9.780	-2.477	.055
9	1.2300	.392	.00016	1.230	40.590	.044	8.917	.1020	8.746	.170	.083
10	1.1800	.285	.00017	1.180	34.928	.044	6.416	.1020	8.643	-2.226	.086
11	1.7600	1.012	.00102	1.760	63.536	.133	7.627	.1020	9.642	-2.015	.058
12	1.3700	.557	.00039	1.370	43.429	.072	7.698	.1020	9.016	-1.318	.074
13	1.4100	.742	.00060	1.410	46.389	.091	8.141	.1020	9.088	-.946	.072
14	.5900	.960	.01090	.590	8.378	.251	3.821	.1520	5.912	-2.091	.258
15	1.5600	.436	.00009	1.560	41.964	.038	11.439	.0250	12.856	-1.417	.016
16	1.7000	1.285	.00088	1.700	112.880	.121	10.665	.1020	9.555	1.050	.060
17	1.8900	1.084	.00033	1.890	236.250	.079	13.772	.0250	13.335	.437	.013
18	1.6800	.927	.00034	1.680	204.960	.074	12.459	.0250	13.041	-.582	.015
19	.2600	.751	.00190	.260	14.508	.070	10.794	.0190	9.062	1.732	.073
20	.4500	.273	.00017	.450	20.250	.027	9.952	.0510	7.965	1.987	.113
21	.3900	.552	.00073	.390	10.062	.053	10.439	.0250	9.390	1.049	.064
22	.8000	.691	.00063	.800	15.040	.070	9.836	.0250	11.186	-1.350	.031
23	.3400	.221	.00081	.340	13.056	.052	4.259	.0510	7.265	-3.005	.150
24	.5900	.977	.00108	.590	35.223	.079	12.355	.0510	8.643	3.712	.086
25	2.3300	2.061	.00140	2.330	152.848	.179	11.523	.0510	12.076	-.554	.022
26	1.0000	1.431	.00119	1.000	61.700	.108	13.248	.0510	9.962	3.286	.051
27	2.7200	2.135	.00109	2.720	183.600	.171	12.521	.0510	12.463	.058	.019
28	1.9800	1.730	.00100	1.980	123.156	.139	12.412	.0510	11.669	.742	.026
29	1.6000	1.834	.00120	1.600	97.600	.137	13.366	.0510	11.137	2.229	.032
30	1.0600	1.277	.00111	1.060	62.964	.107	11.887	.0510	10.107	1.780	.048
31	.1700	.225	.00110	.170	1.921	.043	5.264	.0150	8.591	-3.328	.088
32	1.1500	1.092	.00082	1.150	45.885	.096	11.354	.0250	12.093	-.739	.022
33	.2000	.321	.00167	.200	7.140	.057	5.604	.0510	5.938	-.334	.255
34	.2600	.580	.00250	.260	3.328	.080	7.264	.0510	6.594	.670	.196
35	.1500	.252	.00022	.150	3.015	.018	14.012	.0130	8.636	5.376	.087
36	1.2900	1.521	.00140	1.290	74.304	.133	11.427	.0250	12.381	-.953	.019
37	1.0500	1.538	.00285	1.050	83.895	.171	8.976	.0510	10.084	-1.108	.049
38	2.7000	3.316	.00185	2.700	208.980	.221	14.983	.0510	12.445	2.538	.019
39	.7900	.881	.00071	.790	23.147	.074	11.883	.0510	9.372	2.511	.065
40	1.1200	1.285	.00215	1.120	66.528	.154	8.363	.0510	10.245	-1.882	.046
41	.4500	.670	.00160	.450	8.910	.084	7.974	.0250	9.748	-1.774	.056
42	.4800	.468	.00092	.480	3.504	.066	7.112	.0250	9.909	-2.797	.052
43	1.6300	.730	.00037	1.630	86.390	.077	9.498	.0380	11.919	-2.421	.023
44	1.3100	.428	.00027	1.310	63.142	.059	7.261	.0380	11.372	-4.112	.029
45	.5900	.773	.00548	.590	5.133	.178	4.344	.1520	5.912	-1.569	.258
46	.4100	.499	.00468	.410	3.731	.137	3.634	.1520	5.002	-1.368	.371
47	.3300	.343	.00400	.330	2.772	.114	3.012	.1520	4.460	-1.448	.461
48	.2700	.337	.00380	.270	2.079	.100	3.357	.1520	3.958	-.601	.563
49	.5200	.308	.00046	.520	32.812	.048	6.369	.1270	6.046	.323	.244
50	.3700	.388	.00135	.370	10.878	.070	5.543	.1520	4.746	.797	.411
51	2.1700	3.175	.00200	2.170	68.355	.206	15.388	.1520	9.168	6.220	.070

COEF. DE CORRELACION: -.07710

LA ECUACION DE REGRESION ES: $C^*-C^*_0 = -1.2786 D/Y + (-.00281)$

ALFA = 4.02000 BETA = -.52037

Tabla C.56. MODELO DE CALCULO DE FRICCION CON EFECTO DE ESTELA

DATOS DE RIOS DE NUEVA ZELANDIA -- FUENTE: GRIFFITHS

ALFA= 4.0200

DIAMETRO: D50

BETA= -.5204

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S.	PEND.	R.H. M.	DIAM M.	DIAM/Y	AREA M.cuad.	Ctotal	Cexp.	Dif %	Ct/Ce
1	.3800	1.069	.00865	.380	.0510	.134	4.294	7.345	5.954	23.360	1.234
2	.2300	.264	.00125	.230	.0510	.222	1.288	5.999	4.971	20.668	1.207
3	.4800	1.204	.00490	.480	.1020	.212	5.808	6.115	7.924	-22.83	.772
4	.4400	1.108	.01100	.440	.1520	.345	7.128	4.751	5.087	-6.599	.934
5	.4000	.781	.00360	.400	.1020	.255	7.800	5.613	6.570	-14.57	.854
6	.3900	.211	.00035	.390	.0760	.195	8.424	6.351	5.775	9.963	1.100
7	.1200	.152	.00042	.120	.0150	.125	.355	7.531	6.838	10.130	1.101
8	1.8600	1.167	.00140	1.860	.1020	.055	68.634	9.645	7.303	32.066	1.321
9	1.2300	.392	.00016	1.230	.1020	.083	40.590	8.593	8.917	-3.630	.964
10	1.1800	.285	.00017	1.180	.1020	.086	34.928	8.487	6.416	32.265	1.323
11	1.7600	1.012	.00102	1.760	.1020	.058	63.536	9.505	7.627	24.621	1.246
12	1.3700	.557	.00039	1.370	.1020	.074	43.429	8.869	7.698	15.207	1.152
13	1.4100	.742	.00060	1.410	.1020	.072	46.389	8.942	8.141	9.836	1.098
14	.5900	.960	.01090	.590	.1520	.258	8.378	5.585	3.821	46.140	1.461
15	1.5600	.436	.00009	1.560	.0250	.016	41.964	12.717	11.439	11.175	1.112
16	1.7000	1.285	.00088	1.700	.1020	.060	112.88	9.417	10.605	-11.20	.888
17	1.8900	1.084	.00033	1.890	.0250	.013	236.25	13.192	13.772	-4.210	.958
18	1.6800	.927	.00034	1.680	.0250	.015	204.96	12.901	12.459	3.542	1.035
19	.2600	.751	.00190	.260	.0190	.073	14.508	8.916	10.794	-17.40	.826
20	.4500	.273	.00017	.450	.0510	.113	20.250	7.787	9.952	-21.76	.782
21	.3900	.552	.00073	.390	.0250	.064	10.062	9.250	10.439	-11.39	.886
22	.8000	.691	.00063	.800	.0250	.031	15.040	11.057	9.836	12.416	1.124
23	.3400	.221	.00081	.340	.0510	.150	13.056	7.051	4.259	65.542	1.655
24	.5900	.977	.00108	.590	.0510	.086	35.223	8.487	12.355	-31.31	.687
25	2.3300	2.061	.00140	2.330	.0510	.022	152.85	11.944	11.523	3.656	1.037
26	1.0000	1.431	.00119	1.000	.0510	.051	61.700	9.828	13.248	-25.81	.742
27	2.7200	2.135	.00109	2.720	.0510	.019	183.60	12.328	12.521	-1.545	.985
28	1.9800	1.730	.00100	1.980	.0510	.026	123.16	11.539	12.412	-7.032	.930
29	1.6000	1.834	.00120	1.600	.0510	.032	97.600	11.008	13.366	-17.64	.824
30	1.0600	1.277	.00111	1.060	.0510	.048	62.964	9.975	11.887	-16.09	.839
31	.1700	.225	.00110	.170	.0150	.088	1.921	8.434	5.264	60.230	1.602
32	1.1500	1.092	.00082	1.150	.0250	.022	45.885	11.961	11.354	5.344	1.053
33	.2000	.321	.00167	.200	.0510	.255	7.140	5.613	5.604	.160	1.002
34	.2600	.580	.00250	.260	.0510	.196	3.328	6.333	7.264	-12.81	.872
35	.1500	.252	.00022	.150	.0130	.087	3.015	8.480	14.012	-39.48	.605
36	1.2900	1.521	.00140	1.290	.0250	.019	74.304	12.246	11.427	7.164	1.072
37	1.0500	1.538	.00285	1.050	.0510	.049	83.895	9.951	8.976	10.867	1.109
38	2.7000	3.316	.00185	2.700	.0510	.019	208.98	12.310	14.983	-17.84	.822
39	.7900	.881	.00071	.790	.0510	.065	23.147	9.232	11.883	-22.31	.777
40	1.1200	1.285	.00215	1.120	.0510	.046	66.528	10.114	8.363	20.931	1.209
41	.4500	.670	.00160	.450	.0250	.056	8.910	9.612	7.974	20.546	1.205
42	.4800	.468	.00092	.480	.0250	.052	3.504	9.775	7.112	37.443	1.374
43	1.6300	.730	.00037	1.630	.0380	.023	86.390	11.787	9.498	24.107	1.241
44	1.3100	.428	.00027	1.310	.0380	.029	63.142	11.243	7.261	54.848	1.548
45	.5900	.773	.00548	.590	.1520	.258	5.133	5.585	4.344	28.571	1.286
46	.4100	.499	.00468	.410	.1520	.371	3.731	4.546	3.634	25.079	1.251
47	.3300	.343	.00400	.330	.1520	.461	2.772	3.897	3.012	29.388	1.294
48	.2700	.337	.00380	.270	.1520	.563	2.079	3.273	3.357	-2.478	.975
49	.5200	.308	.00046	.520	.1270	.244	32.812	5.733	6.369	-9.993	.900
50	.3700	.388	.00135	.370	.1520	.411	10.878	4.242	5.543	-23.47	.765
51	2.1700	3.175	.00200	2.170	.1520	.070	68.355	9.024	15.388	-41.36	.586

ERROR MED. CUAD. (%)= 25.0129 ERROR MED. (Z)= 20.1574 SUMATORIA (Ct/C-1)/N= .20157

Tabla C.57.

MODELO DE CALCULO DE FRICCION CON EFECTO DE ESTELA

DATOS DE RIOS DE NUEVA ZELANDIA -- FUENTE: GRIFFITHS

ALFA= 5.8500

DIAMETRO: D50

BETA= .2000

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S.	PEND.	R.F. M.	DIAM M.	DIAM/Y	AREA M.CUAD.	Ctotal	Cexp.	Dif %	Ct/Ce
1	.3800	1.069	.00865	.380	.0510	.134	4.294	6.660	5.954	11.868	1.119
2	.2300	.264	.00125	.230	.0510	.222	1.288	5.470	4.971	10.022	1.100
3	.4800	1.204	.00490	.480	.1020	.212	5.868	5.570	7.924	-29.72	.703
4	.4400	1.186	.01100	.440	.1520	.345	7.128	4.441	5.087	-12.70	.873
5	.4000	.781	.00360	.400	.1020	.255	7.800	5.143	6.570	-21.73	.783
6	.3900	.211	.00035	.390	.0760	.195	8.424	5.774	5.775	-.026	1.000
7	.1200	.152	.00042	.120	.0150	.125	.355	6.830	6.838	-.114	.999
8	1.8600	1.167	.00140	1.860	.1020	.055	68.634	8.820	7.303	20.774	1.208
9	1.2300	.392	.00016	1.230	.1020	.083	40.590	7.818	8.917	-12.32	.877
10	1.1800	.285	.00017	1.180	.1020	.086	34.928	7.718	6.416	20.284	1.203
11	1.7600	1.012	.00102	1.760	.1020	.058	63.536	8.686	7.627	13.881	1.139
12	1.3700	.557	.00039	1.370	.1020	.074	43.429	8.079	7.698	4.945	1.049
13	1.4100	.742	.00060	1.410	.1020	.072	46.389	8.148	8.141	.086	1.001
14	.5900	.960	.01090	.590	.1520	.258	8.378	5.119	3.821	33.951	1.340
15	1.5600	.436	.00009	1.560	.0250	.016	41.964	11.824	11.439	3.364	1.034
16	1.7000	1.265	.00088	1.700	.1020	.060	112.88	8.602	10.605	-18.89	.811
17	1.8900	1.084	.00033	1.890	.0250	.013	236.25	12.294	13.772	-10.73	.893
18	1.6800	.927	.00034	1.680	.0250	.015	204.96	12.005	12.459	-3.644	.964
19	.2600	.751	.00190	.260	.0190	.073	14.508	8.124	10.794	-24.74	.753
20	.4500	.273	.00017	.450	.0510	.113	20.250	7.065	9.952	-29.01	.710
21	.3900	.552	.00073	.390	.0250	.064	10.662	8.441	10.439	-19.14	.809
22	.8000	.691	.00063	.800	.0250	.031	15.040	10.191	9.836	3.606	1.036
23	.3400	.221	.00081	.340	.0510	.150	13.056	6.395	4.259	50.135	1.501
24	.5900	.977	.00108	.590	.0510	.086	35.223	7.718	12.355	-37.53	.625
25	2.3300	2.061	.00140	2.330	.0510	.022	152.85	11.061	11.523	-4.008	.960
26	1.9000	1.431	.00119	1.900	.0510	.051	61.700	8.997	13.248	-32.09	.679
27	2.7200	2.135	.00109	2.720	.0510	.019	183.60	11.439	12.521	-8.641	.914
28	1.9800	1.730	.00100	1.980	.0510	.026	123.16	10.663	12.412	-14.09	.859
29	1.6000	1.834	.00120	1.600	.0510	.032	97.600	10.142	13.366	-24.12	.759
30	1.0600	1.277	.00111	1.060	.0510	.048	62.964	9.139	11.887	-23.12	.769
31	.1700	.225	.00110	.170	.0150	.088	1.921	7.668	5.264	45.685	1.457
32	1.1500	1.092	.00082	1.150	.0250	.022	45.885	11.078	11.354	-2.436	.976
33	.2000	.321	.00167	.200	.0510	.255	7.140	5.143	5.604	-8.234	.918
34	.2600	.580	.00250	.260	.0510	.196	3.328	5.758	7.264	-20.72	.793
35	.1500	.252	.00022	.150	.0130	.087	3.015	7.711	14.012	-44.97	.550
36	1.2900	1.521	.00140	1.290	.0250	.019	74.304	11.359	11.427	-.602	.994
37	1.0500	1.538	.00285	1.050	.0510	.049	83.895	9.115	8.976	1.555	1.016
38	2.7000	3.316	.00185	2.700	.0510	.019	208.98	11.421	14.983	-23.77	.762
39	.7900	.881	.00071	.790	.0510	.065	23.147	8.424	11.883	-29.11	.709
40	1.1200	1.285	.00215	1.120	.0510	.046	66.528	9.273	8.363	10.873	1.109
41	.4500	.670	.00160	.450	.0250	.056	8.910	8.789	7.974	10.220	1.102
42	.4800	.468	.00092	.480	.0250	.052	3.504	8.946	7.112	25.779	1.258
43	1.6300	.730	.00037	1.630	.0380	.023	86.390	10.907	9.498	14.836	1.148
44	1.3100	.428	.00027	1.310	.0380	.029	63.142	10.372	7.261	42.860	1.429
45	.5900	.773	.00548	.590	.1520	.258	5.133	5.119	4.344	17.848	1.178
46	.4100	.499	.00468	.410	.1520	.371	3.731	4.280	3.634	17.771	1.178
47	.3300	.343	.00400	.330	.1520	.461	2.772	3.791	3.012	25.851	1.259
48	.2700	.337	.00380	.270	.1520	.563	2.079	3.348	3.357	-.254	.997
49	.5200	.308	.00046	.520	.1270	.244	32.812	5.243	6.369	-17.68	.823
50	.3700	.388	.00135	.370	.1520	.411	10.878	4.048	5.543	-26.98	.730
51	2.1700	3.175	.00200	2.170	.1520	.070	68.355	8.226	15.388	-46.54	.535

ERROR MED. CUAD. (%)= 22.7043 ERROR MED. (Z)= 18.3106 SUMATORIA (Ct/C-1)/N= .18311

Tabla C.58.

MODELO DE CALCULO DE FRICCION CON EFECTO DE ESTELA

DATOS DE RIOS DE NUEVA ZELANDIA -- FUENTE: GRIFFITHS

ALFA= 5.8500

DIAMETRO: D50

BETA= 0.0000

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S.	PEND.	R.H. M.	DIAM M.	DIAM/Y	AREA M.CUAD.	Ctotal	Cexp.	Dif %	Ct/Ce
1	.3800	1.069	.00865	.380	.0510	.134	4.294	6.594	5.954	10.760	1.108
2	.2300	.264	.00125	.230	.0510	.222	1.288	5.361	4.971	7.830	1.078
3	.4800	1.204	.00490	.480	.1020	.212	5.808	5.465	7.924	-31.03	.690
4	.4400	1.108	.01100	.440	.1520	.345	7.128	4.271	5.087	-16.14	.840
5	.4000	.781	.00360	.400	.1020	.255	7.860	5.017	6.570	-23.64	.764
6	.3900	.211	.00035	.390	.0760	.195	8.424	5.678	5.775	-1.684	.983
7	.1200	.152	.00042	.120	.0150	.125	.355	6.769	6.838	-1.012	.990
8	1.8600	1.167	.00140	1.860	.1020	.055	68.634	8.793	7.303	20.405	1.204
9	1.2300	.392	.00016	1.230	.1020	.083	40.590	7.777	8.917	-12.78	.872
10	1.1800	.285	.00017	1.180	.1020	.086	34.928	7.675	6.416	19.622	1.196
11	1.7600	1.012	.00102	1.760	.1020	.058	63.536	8.658	7.627	13.507	1.135
12	1.3700	.557	.00039	1.370	.1020	.074	43.429	8.042	7.698	4.469	1.045
13	1.4100	.742	.00060	1.410	.1020	.072	46.389	8.113	8.141	- .350	.996
14	.5900	.960	.01090	.590	.1520	.258	8.378	4.992	3.821	30.838	1.306
15	1.5600	.436	.00009	1.560	.0250	.016	41.964	11.816	11.439	3.296	1.033
16	1.7000	1.285	.00088	1.700	.1020	.066	112.88	8.572	10.605	-19.17	.808
17	1.8900	1.084	.00033	1.890	.0250	.013	236.25	12.287	13.772	-10.78	.892
18	1.6800	.927	.00034	1.680	.0250	.015	204.96	11.998	12.459	-3.783	.963
19	.2600	.751	.00190	.260	.0190	.073	14.508	8.088	10.794	-25.07	.749
20	.4500	.273	.00017	.450	.0510	.113	20.250	7.010	9.952	-29.57	.704
21	.3900	.552	.00073	.390	.0250	.064	10.062	8.410	10.439	-19.44	.806
22	.8000	.691	.00063	.800	.0250	.031	15.040	10.175	9.836	3.450	1.035
23	.3400	.221	.00081	.340	.0510	.150	13.056	6.321	4.259	48.404	1.484
24	.5900	.977	.00108	.590	.0510	.086	35.223	7.675	12.355	-37.88	.621
25	2.3300	2.061	.00140	2.330	.0510	.022	152.85	11.050	11.523	-4.101	.959
26	1.0000	1.431	.00119	1.000	.0510	.051	61.700	8.972	13.248	-32.28	.677
27	2.7200	2.135	.00109	2.720	.0510	.019	183.60	11.430	12.521	-8.715	.913
28	1.9800	1.730	.00100	1.980	.0510	.026	123.16	10.650	12.412	-14.19	.858
29	1.6000	1.834	.00120	1.600	.0510	.032	97.600	10.127	13.366	-24.24	.758
30	1.0600	1.277	.00111	1.060	.0510	.048	62.964	9.115	11.887	-23.32	.767
31	.1700	.225	.00110	.170	.0150	.088	1.921	7.625	5.264	44.861	1.449
32	1.1500	1.092	.00082	1.150	.0250	.022	45.885	11.067	11.354	-2.530	.975
33	.2000	.321	.00167	.200	.0510	.255	7.140	5.017	5.604	-10.47	.895
34	.2600	.580	.00250	.260	.0510	.196	3.328	5.662	7.264	-22.15	.779
35	.1500	.252	.00022	.150	.0130	.087	3.015	7.669	14.012	-45.27	.547
36	1.2900	1.521	.00140	1.290	.0250	.019	74.304	11.349	11.427	- .685	.993
37	1.0500	1.538	.00285	1.050	.0510	.049	83.895	9.092	8.976	1.289	1.013
38	2.7000	3.316	.00185	2.700	.0510	.019	208.98	11.412	14.983	-23.83	.762
39	.7900	.881	.00071	.790	.0510	.065	23.147	8.393	11.883	-29.37	.706
40	1.1200	1.285	.00215	1.120	.0510	.046	66.528	9.250	8.363	10.885	1.106
41	.4500	.670	.00160	.450	.0250	.056	8.910	8.761	7.974	9.877	1.099
42	.4800	.468	.00092	.480	.0250	.052	3.504	8.920	7.112	25.419	1.254
43	1.6300	.730	.00037	1.630	.0380	.023	86.390	10.895	9.498	14.715	1.147
44	1.3100	.428	.00027	1.310	.0380	.029	63.142	10.358	7.261	42.664	1.427
45	.5900	.773	.00548	.590	.1520	.258	5.133	4.992	4.344	14.933	1.149
46	.4100	.499	.00468	.410	.1520	.371	3.731	4.098	3.634	12.758	1.128
47	.3300	.343	.00400	.330	.1520	.461	2.772	3.565	3.012	18.337	1.183
48	.2700	.337	.00380	.270	.1520	.563	2.079	3.072	3.357	-8.496	.915
49	.5200	.308	.00046	.520	.1270	.244	32.812	5.123	6.369	-19.56	.804
50	.3700	.388	.00135	.370	.1520	.411	10.878	3.846	5.543	-30.62	.694
51	2.1700	3.175	.00200	2.170	.1520	.070	68.355	8.192	15.388	-46.76	.532

ERROR MED. CUAD. (%)= 22.5800 ERROR MED. (%)= 18.3622 SUMATORIA (Ct/C-1)/N= .18362

Tabla C.59. CALCULO DE LA RELACION "C* - Co*" -- "D/Y"

DATOS DEL RIO LOGAN, UTAH EE.UU.

FUENTE: JUDD Y PETERSON (1969)

ALFA = 5.9000 -- DIAMETRO: D84

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S	PEND.	R.H. M.	AREA M.CUAD.	V* M/S	C*	DIAM. M.	Co*	C*-Co*	D/Y
1	.5456	1.306	.00970	1.308	8.194	.353	3.704	.2591	3.424	.280	.475
2	.6370	1.523	.00830	1.527	9.485	.353	4.318	.2591	3.812	.507	.407
3	.6035	1.485	.00920	1.487	9.002	.366	4.053	.2591	3.676	.376	.429
4	.6706	1.660	.00890	1.664	9.978	.381	4.356	.2591	3.940	.416	.386
5	.6675	1.658	.00910	1.661	9.903	.385	4.307	.2591	3.928	.379	.388
6	.6248	1.506	.00890	1.512	9.309	.363	4.145	.2591	3.763	.382	.415
7	.5151	1.185	.00940	1.189	7.720	.331	3.579	.2591	3.281	.298	.503
8	.4785	1.109	.00950	1.116	7.274	.322	3.441	.2591	3.096	.345	.541
9	.3627	.792	.00970	.799	5.574	.276	2.875	.2591	2.404	.472	.714
10	.1920	.385	.01030	.384	2.945	.197	1.953	.2591	.814	1.139	1.349
11	.1920	.393	.01030	.393	2.954	.199	1.972	.2591	.814	1.158	1.349
12	.3566	.869	.00970	.863	5.017	.286	3.035	.2591	2.361	.673	.727
13	.6828	1.803	.01010	1.804	9.755	.423	4.264	.2591	3.985	.279	.379
14	.3962	.827	.01020	.826	5.686	.287	2.876	.2591	2.625	.252	.654
15	.2926	.582	.01020	.582	4.134	.241	2.413	.2591	1.867	.546	.885
16	.2225	.415	.01020	.414	3.345	.204	2.037	.2591	1.182	.855	1.164
17	.2195	.402	.01020	.402	3.307	.201	2.006	.2591	1.147	.859	1.181
18	.2012	.396	.01020	.396	3.075	.199	1.989	.2591	.930	1.059	1.288

COEF. DE CORRELACION: .93055

LA ECUACION DE REGRESION ES: $C^* - C^*_0 = .78180 D/Y + (-.00405)$

ALFA = 5.90000 BETA = .31819

Tabla C.60.

MODELO DE CALCULO DE FRICCION CON EFECTO DE ESTELA

DATOS DEL RIO LOGAN, UTAH - EE.UU. -- FUENTE: JUDD Y PETERSON (1969)

ALFA= 5.9000 -- DIAMETRO: DB4
BETA= .3182

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S.	PEND.	R.H. M.	DIAM M.	DIAM/Y	AREA M.cuad.	Ctotal	Cexp.	Dif %	Ct/Ce
1	.5456	1.306	.00970	1.308	.2591	.475	8.194	3.840	3.704	3.670	1.037
2	.6370	1.523	.00830	1.527	.2591	.407	9.485	4.167	4.318	-3.501	.965
3	.6035	1.485	.00920	1.487	.2591	.429	9.002	4.052	4.053	-.020	1.000
4	.6706	1.660	.00890	1.664	.2591	.386	9.978	4.277	4.356	-1.810	.982
5	.6675	1.658	.00910	1.661	.2591	.388	9.903	4.268	4.307	-.920	.991
6	.6248	1.506	.00890	1.512	.2591	.415	9.309	4.126	4.145	-.464	.995
7	.5151	1.185	.00940	1.189	.2591	.503	7.720	3.721	3.579	3.957	1.040
8	.4785	1.109	.00950	1.116	.2591	.541	7.274	3.570	3.441	3.730	1.037
9	.3627	.792	.00970	.799	.2591	.714	5.574	3.024	2.875	5.172	1.052
10	.1920	.385	.01030	.384	.2591	1.349	2.945	1.958	1.953	.259	1.003
11	.1920	.393	.01030	.393	.2591	1.349	2.954	1.958	1.972	-.721	.993
12	.3566	.869	.00970	.863	.2591	.727	5.017	2.992	3.035	-1.446	.986
13	.6828	1.803	.01010	1.804	.2591	.379	9.755	4.316	4.264	1.222	1.012
14	.3962	.827	.01020	.826	.2591	.654	5.686	3.194	2.876	11.046	1.110
15	.2926	.582	.01020	.582	.2591	.885	4.134	2.630	2.413	9.016	1.090
16	.2225	.415	.01020	.414	.2591	1.164	3.345	2.175	2.037	6.763	1.068
17	.2195	.402	.01020	.402	.2591	1.181	3.307	2.154	2.006	7.377	1.074
18	.2012	.396	.01020	.396	.2591	1.288	3.075	2.024	1.989	1.765	1.018

ERROR MED. CUAD. (%)= 4.6964 ERROR MED. (%)= 3.4899 SUMATORIA (Ct/C-1)/N= .03490

ALFA= 5.9000
BETA= 0.0000

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S.	PEND.	R.H. M.	DIAM M.	DIAM/Y	AREA M.cuad.	Ctotal	Cexp.	Dif %	Ct/Ce
1	.5456	1.306	.00970	1.308	.2591	.475	8.194	3.469	3.704	-6.354	.936
2	.6370	1.523	.00830	1.527	.2591	.407	9.485	3.849	4.318	-10.86	.891
3	.6035	1.485	.00920	1.487	.2591	.429	9.002	3.716	4.053	-8.301	.917
4	.6706	1.660	.00890	1.664	.2591	.386	9.978	3.975	4.356	-8.744	.913
5	.6675	1.658	.00910	1.661	.2591	.388	9.903	3.964	4.307	-7.965	.920
6	.6248	1.506	.00890	1.512	.2591	.415	9.309	3.802	4.145	-8.285	.917
7	.5151	1.185	.00940	1.189	.2591	.503	7.720	3.327	3.579	-7.031	.930
8	.4785	1.109	.00950	1.116	.2591	.541	7.274	3.146	3.441	-8.571	.914
9	.3627	.792	.00970	.799	.2591	.714	5.574	2.465	2.875	-14.25	.857
10	.1920	.385	.01030	.384	.2591	1.349	2.945	.903	1.953	-53.76	.462
11	.1920	.393	.01030	.393	.2591	1.349	2.954	.903	1.972	-54.22	.458
12	.3566	.869	.00970	.863	.2591	.727	5.017	2.424	3.035	-20.12	.799
13	.6828	1.803	.01010	1.804	.2591	.379	9.755	4.020	4.264	-5.735	.943
14	.3962	.827	.01020	.826	.2591	.654	5.686	2.683	2.876	-6.728	.933
15	.2926	.582	.01020	.582	.2591	.885	4.134	1.938	2.413	-19.68	.803
16	.2225	.415	.01020	.414	.2591	1.164	3.345	1.265	2.037	-37.92	.621
17	.2195	.402	.01020	.402	.2591	1.181	3.307	1.231	2.006	-38.64	.614
18	.2012	.396	.01020	.396	.2591	1.288	3.075	1.017	1.989	-48.86	.511

ERROR MED. CUAD. (%)= 26.6461 ERROR MED. (%)= 20.3351 SUMATORIA (Ct/C-1)/N= .20335

Tabla C.61. CALCULO DE LA RELACION "C* - Co*" -- "D/Y"

DATOS DEL RIO AMERICAN FORK CREEK, UTAH - EE.UU.

FUENTE: JUDD Y PETERSON (1969) -- DIAMETRO: D84

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S	PEND.	R.H. M.	AREA M.CUAD.	V* M/S	C*	DIAM. M.	Co*	C*-Co*	D/Y
1	.3505	.593	.06300	.320	1.720	.445	1.333	.6401	-.766	2.099	1.826
2	.3139	.532	.06550	.271	1.436	.417	1.275	.6401	-1.041	2.317	2.039
3	.2896	.537	.06550	.264	1.372	.412	1.303	.6401	-1.243	2.546	2.211
4	.2865	.549	.06450	.252	1.342	.399	1.374	.6401	-1.270	2.644	2.234
5	.3200	.643	.06390	.278	1.454	.417	1.541	.6401	-.993	2.534	2.000
6	.2926	.562	.06490	.264	1.360	.410	1.371	.6401	-1.217	2.588	2.188
7	.2560	.614	.06570	.237	1.199	.391	1.571	.6401	-1.551	3.123	2.500
8	.2591	.560	.06520	.232	1.162	.385	1.455	.6401	-1.521	2.977	2.471
9	.1920	.450	.06530	.201	.945	.358	1.254	.6401	-2.270	3.525	3.333
10	.7711	1.102	.06500	.463	3.931	.543	2.028	.6401	1.295	.823	.830
11	.4907	.713	.06500	.297	2.065	.435	1.640	.6401	.075	1.564	1.304
12	.4755	.575	.06500	.285	1.971	.426	1.348	.6401	-.003	1.351	1.346

COEF. DE CORRELACION: .97709

LA ECUACION DE REGRESION ES: $C^* - C_{*0} = 1.15874 D/Y + (-.00377)$

ALFA = 8.20000 BETA = .47161

MODELO DE CALCULO DE FRICCION CON EFECTO DE ESTELA

ALFA= 8.2000

BETA= .4716

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S.	PEND.	R.H. M.	DIAM M.	DIAM/Y	AREA M.CUAD.	Ctotal	Cexp.	Dif %	Ct/Ce
1	.3505	.593	.06300	.320	.6401	1.826	1.720	1.467	1.333	10.005	1.100
2	.3139	.532	.06550	.271	.6401	2.039	1.436	1.442	1.275	13.100	1.131
3	.2896	.537	.06550	.264	.6401	2.211	1.372	1.443	1.303	10.707	1.107
4	.2865	.549	.06450	.252	.6401	2.234	1.342	1.444	1.374	5.048	1.050
5	.3200	.643	.06390	.278	.6401	2.000	1.454	1.445	1.541	-6.248	.938
6	.2926	.562	.06490	.264	.6401	2.188	1.360	1.442	1.371	5.175	1.052
7	.2560	.614	.06570	.237	.6401	2.500	1.199	1.476	1.571	-6.098	.939
8	.2591	.560	.06520	.232	.6401	2.471	1.162	1.471	1.455	1.064	1.011
9	.1920	.450	.06530	.201	.6401	3.333	.945	1.734	1.254	38.262	1.383
10	.7711	1.102	.06500	.463	.6401	.830	3.931	2.250	2.028	10.916	1.109
11	.4907	.713	.06500	.297	.6401	1.304	2.065	1.689	1.640	2.979	1.030
12	.4755	.575	.06500	.285	.6401	1.346	1.971	1.660	1.348	23.115	1.231

ERROR MED. CUAD. (Z)= 14.8387 ERROR MED. (Z)= 11.0597 SUMATORIA (Ct/C-1)/N= .11060

Tabla C.62. MODELO DE CALCULO DE FRICCION CON EFECTO DE ESTELA

DATOS DEL RIO AMERICAN FORK CREEK, UTAH EE.UU.

FUENTE: JUDD Y PETERSON (1969)

ALFA= 9.1000

BETA= .5000

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S.	PEND.	R.H. M.	DIAM M.	DIAM/Y	AREA M.CUAD.	Ctotal	Cexp.	Dif %	Ct/Ce
1	.3505	.593	.06300	.320	.6401	1.826	1.720	1.338	1.333	.370	1.004
2	.3139	.532	.06550	.271	.6401	2.039	1.436	1.329	1.275	4.191	1.042
3	.2896	.537	.06550	.264	.6401	2.211	1.372	1.341	1.303	2.908	1.029
4	.2865	.549	.06450	.252	.6401	2.234	1.342	1.344	1.374	-2.226	.978
5	.3200	.643	.06390	.278	.6401	2.000	1.454	1.328	1.541	-13.80	.862
6	.2926	.562	.06490	.264	.6401	2.188	1.360	1.338	1.371	-2.357	.976
7	.2560	.614	.06570	.237	.6401	2.500	1.199	1.394	1.571	-11.28	.887
8	.2591	.560	.06520	.232	.6401	2.471	1.162	1.387	1.455	-4.673	.953
9	.1920	.450	.06530	.201	.6401	3.333	.945	1.711	1.254	36.406	1.364
10	.7711	1.102	.06500	.463	.6401	.830	3.931	2.052	2.028	1.156	1.012
11	.4907	.713	.06500	.297	.6401	1.304	2.065	1.524	1.640	-7.074	.929
12	.4755	.575	.06500	.285	.6401	1.346	1.971	1.498	1.348	11.102	1.111

ERROR MED. CUAD. (%)= 12.5037 ERROR MED. (%)= 8.1283 SUMATORIA (Ct/C-1)/N= .08128

Tabla C.63 CALCULO DE LA RELACION "C* - C₀*" -- "D/Y"

DATOS DEL RIO ROJO (SITIO 81), NUEVO MEXICO EE.UU.

FUENTE: JUDD Y PETERSON (1969)

ALFA = .2100 -- DIAMETRO: D84

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S	PEND.	R.H. M.	AREA M.cuad.	V _x M/S	C*	DIAM. M.	C ₀ *	C*-C ₀ *	D/Y
1	.1484	.502	.01450	.148	1.014	.145	3.458	.1981	9.180	-5.722	1.335
2	.1347	.442	.01420	.135	.897	.137	3.229	.1981	8.937	-5.709	1.471
3	.1558	.790	.01310	.156	1.075	.141	5.587	.1981	9.300	-3.713	1.272
4	.1554	.976	.01330	.155	1.074	.142	6.851	.1981	9.295	-2.444	1.274
5	.1554	1.105	.01250	.155	1.077	.136	8.001	.1981	9.295	-1.294	1.274
6	.1623	.876	.01310	.163	1.132	.145	6.057	.1981	9.410	-3.353	1.217
7	.1661	.974	.01270	.166	1.192	.144	6.772	.1981	9.461	-2.690	1.193
8	.1759	.982	.01280	.176	1.239	.149	6.612	.1981	9.604	-2.991	1.127
9	.1774	1.220	.01230	.177	1.253	.146	8.341	.1981	9.625	-1.284	1.117
10	.2134	1.404	.01210	.213	1.593	.159	8.824	.1981	10.087	-1.263	.929
11	.2844	1.688	.01430	.284	2.180	.200	8.454	.1981	10.805	-2.351	.697
12	.3124	1.633	.01380	.312	2.445	.206	7.941	.1981	11.040	-3.099	.634

COEF. DE CORRELACION: -.44437

LA ECUACION DE REGRESION ES: $C^* - C_0^* = -2.6494 D/Y + (-.00351)$

ALFA = .21000 BETA = -1.0783

MODELO DE CALCULO DE FRICCION CON EFECTO DE ESTELA

ALFA= .2100

BETA= -1.078

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S.	PEND.	R.H. M.	DIAM M.	DIAM/Y	AREA M.cuad.	C _{total}	C _{exp.}	Dif %	C _t /C _e
1	.1484	.502	.01450	.148	.1981	1.335	1.014	5.589	3.458	61.622	1.616
2	.1347	.442	.01420	.135	.1981	1.471	.897	4.991	3.229	54.582	1.546
3	.1558	.790	.01310	.156	.1981	1.272	1.075	5.873	5.587	5.119	1.051
4	.1554	.976	.01330	.155	.1981	1.274	1.074	5.862	6.851	-14.44	.856
5	.1554	1.105	.01250	.155	.1981	1.274	1.077	5.862	8.001	-26.74	.733
6	.1623	.876	.01310	.163	.1981	1.217	1.132	6.127	6.057	1.146	1.011
7	.1661	.974	.01270	.166	.1981	1.193	1.192	6.242	6.772	-7.823	.922
8	.1759	.982	.01280	.176	.1981	1.127	1.239	6.557	6.612	-.835	.992
9	.1774	1.220	.01230	.177	.1981	1.117	1.253	6.604	8.341	-20.83	.722
10	.2134	1.404	.01210	.213	.1981	.929	1.593	7.556	8.824	-14.37	.856
11	.2844	1.688	.01430	.284	.1981	.697	2.180	8.877	8.454	5.000	1.050
12	.3124	1.633	.01380	.312	.1981	.634	2.445	9.274	7.941	16.779	1.168

ERROR MED. CUAD. (Z)= 26.9815 ERROR MED. (Z)= 19.1064 SUMATORIA (C_t/C-1)/N= .19106

Tabla C.64

CALCULO DE LA RELACION " $C^* - C_0^*$ " -- " D/Y "

DATOS DEL RIO ROJO (SITIO 82), NUEVO MEXICO EE.UU.

FUENTE: JUDD Y PETERSON (1969)

ALFA = 2.3350 -- DIAMETRO: D50

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S	PEND.	R.H. M.	AREA M. CUAD.	V* M/S	C^*	DIAM. M.	C_0^*	$C^*-C_0^*$	D/Y
1	.1917	.482	.02450	.192	.940	.215	2.245	.1158	5.140	-2.895	.604
2	.1740	.621	.02380	.174	.820	.202	3.083	.1158	4.898	-1.815	.665
3	.1859	.556	.02370	.186	.713	.208	2.676	.1158	5.063	-2.387	.623
4	.1859	.936	.02570	.186	.908	.216	4.324	.1158	5.063	-.740	.623
5	.1914	1.098	.02700	.191	.954	.225	4.878	.1158	5.136	-.256	.605
6	.1963	1.212	.02680	.196	.981	.227	5.337	.1158	5.199	.138	.590
7	.2002	1.054	.02620	.200	.994	.227	4.647	.1158	5.249	-.602	.576
8	.2015	1.206	.02660	.201	1.010	.229	5.259	.1158	5.264	-.004	.575
9	.3200	1.869	.02260	.320	2.000	.266	7.017	.1158	6.421	.596	.362
10	.3322	1.908	.02200	.332	2.122	.268	7.128	.1158	6.514	.613	.349
11	.4511	1.222	.02810	.451	3.498	.353	3.467	.1158	7.279	-3.812	.257
12	.2652	1.687	.02280	.265	1.498	.243	6.600	.1158	5.951	.649	.437
13	.2697	1.536	.02200	.270	1.549	.241	6.367	.1158	5.994	.373	.429
14	.2463	1.386	.02320	.246	1.348	.237	5.857	.1158	5.766	.091	.470
15	.2496	1.306	.02340	.250	1.323	.239	5.455	.1158	5.800	-.345	.464
16	.2466	1.213	.02450	.247	1.355	.243	4.982	.1158	5.769	-.788	.470
17	.2374	1.160	.02300	.237	1.294	.231	5.011	.1158	5.675	-.664	.488
18	.2222	.927	.02390	.222	1.191	.228	4.063	.1158	5.589	-1.446	.521
19	.2326	.872	.02390	.233	1.202	.233	3.733	.1158	5.623	-1.890	.498
20	.2161	.803	.02400	.216	1.093	.226	3.560	.1158	5.439	-1.880	.536
21	.2103	.859	.02450	.210	1.054	.225	3.823	.1158	5.371	-1.548	.551
22	.2161	.834	.02430	.216	1.086	.227	3.677	.1158	5.439	-1.763	.536
23	.2027	.652	.02260	.203	.999	.212	3.077	.1158	5.279	-2.202	.571

COEF. DE CORRELACION: -.15623

LA ECUACION DE REGRESION ES: $C^*-C_0^* = -1.9088 D/Y + (-.00208)$

ALFA = 2.33500 BETA = -.77689

Tabla C.65. MODELO DE CALCULO DE FRICCION CON EFECTO DE ESTELA

DATOS DEL RIO ROJO (SITIO B2), NUEVO MEXICO EE.UU.

FUENTE: JUDI Y PETERSON (1969)

ALFA= 2.3350

BETA= -.7769 -- DIAMETRO: D50

ORDEN	PRCF. P.	VELOC. M/S.	PEND.	R.H. M.	DIAM M.	DIAM/Y	AREA M.CUAD.	Ctotal	Cexp.	Dif %	Ct/Ce
1	.1917	.482	.02450	.192	.1158	.604	.940	4.002	2.245	78.220	1.782
2	.1740	.621	.02380	.174	.1158	.665	.820	3.647	3.083	18.291	1.183
3	.1859	.556	.02370	.186	.1158	.623	.713	3.890	2.676	45.361	1.454
4	.1859	.936	.02570	.186	.1158	.623	.908	3.890	4.324	-10.02	.900
5	.1914	1.098	.02700	.191	.1158	.605	.954	3.996	4.878	-18.08	.819
6	.1963	1.212	.02680	.196	.1158	.590	.981	4.086	5.337	-23.44	.766
7	.2002	1.054	.02620	.200	.1158	.578	.994	4.158	4.647	-10.52	.895
8	.2015	1.206	.02660	.201	.1158	.575	1.010	4.179	5.259	-20.54	.795
9	.3200	1.869	.02260	.320	.1158	.362	2.000	5.723	7.017	-18.44	.816
10	.3322	1.908	.02200	.332	.1158	.349	2.122	5.840	7.128	-18.07	.819
11	.4511	1.222	.02810	.451	.1158	.257	3.498	6.767	3.467	95.173	1.952
12	.2652	1.607	.02280	.265	.1158	.437	1.498	5.118	6.600	-22.46	.775
13	.2697	1.536	.02200	.270	.1158	.429	1.549	5.174	6.367	-18.73	.813
14	.2463	1.386	.02320	.246	.1158	.470	1.348	4.872	5.657	-16.81	.832
15	.2496	1.306	.02340	.250	.1158	.464	1.323	4.918	5.455	-9.856	.901
16	.2466	1.213	.02450	.247	.1158	.470	1.355	4.876	4.982	-2.109	.979
17	.2374	1.160	.02300	.237	.1158	.488	1.294	4.749	5.011	-5.229	.948
18	.2222	.927	.02390	.222	.1158	.521	1.191	4.522	4.063	11.301	1.113
19	.2326	.872	.02390	.233	.1158	.498	1.202	4.679	3.733	25.332	1.253
20	.2161	.803	.02400	.216	.1158	.536	1.093	4.426	3.564	24.333	1.243
21	.2103	.859	.02450	.210	.1158	.551	1.054	4.331	3.823	13.288	1.133
22	.2161	.834	.02430	.216	.1158	.536	1.086	4.426	3.677	20.374	1.204
23	.2027	.652	.02260	.203	.1158	.571	.999	4.201	3.077	36.527	1.365

ERROR MED. CUAD. (X)= 32.5029 ERROR MED. (X)= 24.4565 SUMATORIA (Ct/C-1)/N= .24456

Tabla C.66. CALCULO DE LA RELACION "C* - C₀*" -- "D/Y"

DATOS DEL RIO SEVERN, INGLATERRA -- FUENTE: BATHURST (1977)

ALFA = 2.2550 -- DIAMETRO: D84

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S	PEND.	R.H. M.	AREA M.cuad.	V _x M/S	C _x	DIAM. M.	C ₀ *	C _x -C ₀ *	D/Y
1	.2930	.143	.00001	.293	5.300	.005	26.751	.0454	8.629	18.122	.155
2	.4150	.251	.00002	.415	8.050	.009	29.318	.0454	9.499	19.819	.109
3	.1660	.280	.00094	.166	2.860	.039	7.151	.1030	5.160	1.990	.620
4	.2580	.411	.00120	.258	5.160	.055	7.472	.1030	6.263	1.209	.399
5	.6010	.183	.00016	.601	13.940	.031	6.120	.0390	10.805	-4.684	.065
6	.7350	.276	.00022	.735	17.200	.039	7.000	.0390	11.308	-4.307	.053
7	.9270	.482	.00029	.927	22.000	.051	9.384	.0390	11.888	-2.504	.042
8	1.1250	.783	.00038	1.125	27.700	.065	12.086	.0390	12.372	-.284	.035
9	.2980	.270	.00038	.298	9.700	.033	8.105	.0450	8.693	-.588	.151
10	.3880	.310	.00044	.388	12.310	.041	7.584	.0450	9.353	-1.769	.116
11	.5840	.608	.00062	.584	18.870	.060	10.193	.0450	10.375	-.182	.077
12	.8260	.943	.00074	.826	27.400	.077	12.222	.0450	11.242	.980	.054
13	.3710	.277	.00047	.371	3.320	.041	6.701	.0930	7.426	-.725	.251
14	.4400	.394	.00066	.440	4.140	.053	7.400	.0930	7.853	-.452	.211
15	.4980	.565	.00079	.498	4.320	.062	9.093	.0930	8.162	.931	.187
16	.7660	1.335	.00130	.760	7.900	.098	13.567	.0930	9.219	4.348	.122
17	.2420	.487	.00290	.242	2.300	.083	5.870	.0600	7.454	-1.584	.248
18	.3420	.562	.00290	.342	4.200	.099	5.698	.0600	8.318	-2.621	.175
19	.5010	1.175	.00270	.501	8.510	.115	10.203	.0600	9.273	.930	.120
20	.4040	.212	.00056	.404	5.650	.047	4.529	.0500	9.191	-4.661	.124
21	.5040	.563	.00120	.504	9.270	.077	7.312	.0500	9.744	-2.432	.099
22	.5150	.590	.00116	.515	9.700	.077	7.708	.0500	9.797	-2.090	.097
23	.5320	.633	.00122	.532	10.800	.080	7.938	.0500	9.879	-1.940	.094
24	.6200	.935	.00154	.620	16.560	.097	9.648	.0500	10.261	-.614	.081
25	.6300	.993	.00161	.630	17.770	.100	9.953	.0500	10.301	-.348	.079
26	.2870	.288	.00056	.287	4.160	.040	7.299	.0570	8.008	-.710	.199
27	.5150	1.041	.00151	.515	13.740	.087	11.918	.0570	9.470	2.448	.111
28	.2620	.273	.00056	.262	4.400	.038	7.222	.0470	8.263	-1.040	.179
29	.3100	.741	.00159	.310	7.720	.070	10.657	.0470	8.683	1.974	.152
30	.6180	.961	.00169	.618	18.360	.101	9.494	.0470	10.408	-.914	.076

COEF. DE CORRELACION: .08915

LA ECUACION DE REGRESION ES: $C_x - C_{x0} = 4.10660 D/Y + (-.00344)$

ALFA = 2.25500 BETA = 1.67139

Tabla C.67. MODELO DE CALCULO DE FRICCION CON EFECTO DE ESTELA

DATOS DEL RIO SEVERN, INGLATERRA -- FUENTE: BATHURST (1977)

ALFA= 2.2550

BETA= 1.6714 -- DIAMETRO: DB4

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S.	PEND.	R.H. M.	DIAM M.	DIAM/Y	AREA M.cuad.	Ctotal	Cexp.	Dif %	Ct/Ce
1	.2930	.143	.00001	.293	.0454	.155	5.300	9.220	26.751	-65.53	.345
2	.4150	.251	.00002	.415	.0454	.109	8.050	9.888	29.318	-66.27	.337
3	.1660	.280	.00094	.166	.1030	.620	2.860	7.723	7.151	8.001	1.080
4	.2580	.411	.00120	.258	.1030	.399	5.160	7.898	7.472	5.698	1.057
5	.6010	.188	.00016	.601	.0390	.065	13.940	10.989	6.120	79.539	1.795
6	.7350	.276	.00022	.735	.0390	.053	17.200	11.435	7.000	63.339	1.633
7	.9270	.482	.00029	.927	.0390	.042	22.000	11.960	9.384	27.448	1.274
8	1.1250	.783	.00038	1.125	.0390	.035	27.700	12.405	12.088	2.622	1.026
9	.2980	.270	.00038	.298	.0450	.151	9.700	9.267	8.105	14.333	1.143
10	.3880	.310	.00044	.388	.0450	.116	12.310	9.772	7.564	28.844	1.288
11	.5840	.608	.00062	.584	.0450	.077	18.870	10.616	10.193	4.152	1.042
12	.8260	.943	.00074	.826	.0450	.054	27.400	11.376	12.222	-6.927	.931
13	.3710	.277	.00047	.371	.0930	.251	3.320	8.431	6.701	25.813	1.258
14	.4400	.394	.00066	.440	.0930	.211	4.140	8.689	7.400	17.410	1.174
15	.4980	.565	.00079	.498	.0930	.187	4.320	8.892	9.093	-2.215	.978
16	.7600	1.335	.00130	.760	.0930	.122	7.900	9.666	13.567	-28.75	.712
17	.2420	.487	.00290	.242	.0600	.248	2.300	8.447	5.870	43.902	1.439
18	.3420	.562	.00290	.342	.0600	.175	4.200	8.999	5.698	57.942	1.579
19	.5010	1.175	.00270	.501	.0600	.120	8.510	9.708	10.203	-4.845	.952
20	.4040	.212	.00056	.404	.0500	.124	5.650	9.644	4.529	112.92	2.129
21	.5040	.563	.00120	.504	.0500	.099	9.270	10.087	7.312	37.949	1.379
22	.5150	.590	.00116	.515	.0500	.097	9.700	10.131	7.708	31.440	1.314
23	.5320	.633	.00122	.532	.0500	.094	10.800	10.198	7.938	28.462	1.285
24	.6200	.935	.00154	.620	.0500	.081	16.560	10.519	9.648	9.032	1.090
25	.6300	.993	.00161	.630	.0500	.079	17.770	10.553	9.953	6.028	1.060
26	.2870	.288	.00056	.287	.0570	.199	4.160	8.789	7.299	20.424	1.204
27	.5150	1.041	.00151	.515	.0570	.111	13.740	9.865	11.918	-17.23	.828
28	.2620	.273	.00056	.262	.0470	.179	4.400	8.960	7.222	24.067	1.241
29	.3100	.741	.00159	.310	.0470	.152	7.720	9.260	10.657	-13.11	.869
30	.6180	.961	.00169	.618	.0470	.076	18.360	10.644	9.494	12.123	1.121

ERROR MED. CUAD. (%)= 39.0785 ERROR MED. (%)= 28.8793 SUMATORIA (Ct/C-1)/N= .28879

Tabla C.68.

MODELO DE CALCULO DE FRICCION CON EFECTO DE ESTELA

DATOS DEL RIO SEVERN, INGLATERRA -- FUENTE: BATHURST (1977)

ALFA= 5.6000

BETA= 2.8000 -- DIAMETRO: D84

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S.	FEND.	F.H. M.	DIAM M.	DIAM/Y	AREA M.CUAD.	Ctotal	Cexp.	Dif %	Ct/Ce
1	.2930	.143	.00001	.293	.0454	.155	5.300	7.415	26.751	-72.28	.277
2	.4150	.251	.00002	.415	.0454	.109	8.050	7.957	29.318	-72.86	.271
3	.1660	.280	.00094	.166	.1030	.620	2.860	7.208	7.151	.808	1.008
4	.2580	.411	.00120	.258	.1030	.399	5.160	6.770	7.472	-9.397	.906
5	.6010	.188	.00016	.601	.0390	.065	13.940	8.934	6.120	45.963	1.460
6	.7350	.276	.00022	.735	.0390	.053	17.260	9.347	7.000	33.516	1.335
7	.9270	.482	.00029	.927	.0390	.042	22.000	9.841	9.384	4.875	1.049
8	1.1250	.783	.00038	1.125	.0390	.035	27.700	10.266	12.088	-15.87	.849
9	.2960	.270	.00038	.296	.0450	.151	9.700	7.451	8.105	-8.075	.919
10	.3880	.310	.00044	.388	.0450	.116	12.310	7.858	7.584	3.615	1.036
11	.5840	.608	.00062	.584	.0450	.077	18.870	8.595	10.193	-15.68	.843
12	.8260	.943	.00074	.826	.0450	.054	27.400	9.292	12.222	-23.98	.760
13	.3710	.277	.00047	.371	.0930	.251	3.320	6.891	6.701	2.635	1.028
14	.4400	.394	.00066	.440	.0930	.211	4.140	7.040	7.400	-4.870	.951
15	.4980	.565	.00079	.498	.0930	.187	4.320	7.175	9.093	-21.10	.789
16	.7600	1.335	.00130	.760	.0930	.122	7.900	7.770	13.567	-42.73	.573
17	.2420	.487	.00290	.242	.0600	.248	2.300	6.899	5.870	17.540	1.175
18	.3420	.562	.00290	.342	.0600	.175	4.200	7.250	5.698	27.255	1.273
19	.5010	1.175	.00270	.501	.0600	.120	8.510	7.805	10.203	-23.50	.765
20	.4040	.212	.00056	.404	.0500	.124	5.650	7.752	4.529	71.156	1.712
21	.5040	.563	.00120	.504	.0500	.099	9.270	8.127	7.312	11.145	1.111
22	.5150	.590	.00116	.515	.0500	.097	9.700	8.165	7.708	5.937	1.059
23	.5320	.633	.00122	.532	.0500	.094	10.800	8.224	7.938	3.592	1.036
24	.6200	.935	.00154	.620	.0500	.081	16.560	8.508	9.648	-11.82	.862
25	.6300	.993	.00161	.630	.0500	.079	17.770	8.538	9.953	-14.21	.858
26	.2870	.288	.00056	.287	.0570	.199	4.160	7.105	7.299	-2.652	.973
27	.5150	1.041	.00151	.515	.0570	.111	13.740	7.937	11.918	-33.40	.666
28	.2620	.273	.00056	.262	.0470	.179	4.400	7.223	7.222	.009	1.000
29	.3100	.741	.00159	.310	.0470	.152	7.720	7.445	10.657	-30.14	.699
30	.6180	.961	.00169	.618	.0470	.076	18.360	8.620	9.494	-9.197	.908

ERROR MED. CUAD. (%)= 29.7804 ERROR MED. (%)= 21.3066 SUMATORIA (Ct/C-1)/N= .21307

Tabla C.69. CALCULO DE LA RELACION " $C_k - C_o$ " -- " D/Y "

DATOS DEL RIO TEES, INGLATEIRA -- FUENTE: BATHURST (1977)

ALFA = 3.6000 -- DIAMETRO: D84

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s	PEND.	R.H. m.	AREA m.cuad.	V_k m/s	C_k	DIAM. m.	C_o	$C_k - C_o$	D/Y
1	.1650	.366	.01740	.165	2.460	.168	2.180	.4525	.276	1.905	2.742
2	.3050	.694	.01710	.305	5.620	.226	3.068	.4525	1.811	1.257	1.484
3	.4030	.896	.01660	.403	8.040	.256	3.496	.4525	2.508	.988	1.123
4	.2100	.245	.01140	.210	5.590	.153	1.600	.3800	1.315	.285	1.810
5	.2800	.445	.01150	.280	8.980	.178	2.507	.3800	2.034	.472	1.357
6	.3400	.627	.01160	.340	11.320	.197	3.189	.3800	2.520	.670	1.118
7	.2020	.296	.00800	.202	3.720	.126	2.349	.3050	1.768	.581	1.510
8	.3310	.539	.00810	.331	7.420	.162	3.325	.3050	3.002	.322	.921
9	.4010	.751	.00810	.401	9.450	.178	4.210	.3050	3.482	.728	.761

COEF. DE CORRELACION: .63995

LA ECUACION DE REGRESION ES: $C_k - C_o = .56100 D/Y + (.00149)$

ALFA = 3.60000 BETA = .22833

MODELO DE CALCULO DE FRICCION CON EFECTO DE ESTELA

ALFA= 3.6000

BETA= .2283

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s.	PEND.	R.H. m.	DIAM m.	DIAM/Y	AREA m.cuad.	C_{total}	$C_{exp.}$	Dif %	C_t/C_e
1	.1650	.366	.01740	.165	.4525	2.742	2.460	1.912	2.180	-12.29	.877
2	.3050	.694	.01710	.305	.4525	1.484	5.620	2.716	3.068	-11.51	.885
3	.4030	.896	.01660	.403	.4525	1.123	8.040	3.198	3.496	-8.534	.915
4	.2100	.245	.01140	.210	.3800	1.810	5.590	2.411	1.610	50.710	1.507
5	.2800	.445	.01150	.280	.3800	1.357	8.980	2.864	2.507	14.243	1.142
6	.3400	.627	.01160	.340	.3800	1.118	11.320	3.206	3.189	.539	1.005
7	.2020	.296	.00800	.202	.3050	1.510	3.720	2.687	2.349	14.406	1.144
8	.3310	.539	.00810	.331	.3050	.921	7.420	3.571	3.325	7.410	1.074
9	.4010	.751	.00810	.401	.3050	.761	9.450	3.952	4.210	-6.128	.939

ERROR MED. CUAD. (X)= 19.5236 ERROR MED.(X)= 13.9719 SUMATORIA $(C_t/C-1)/N=$.13972

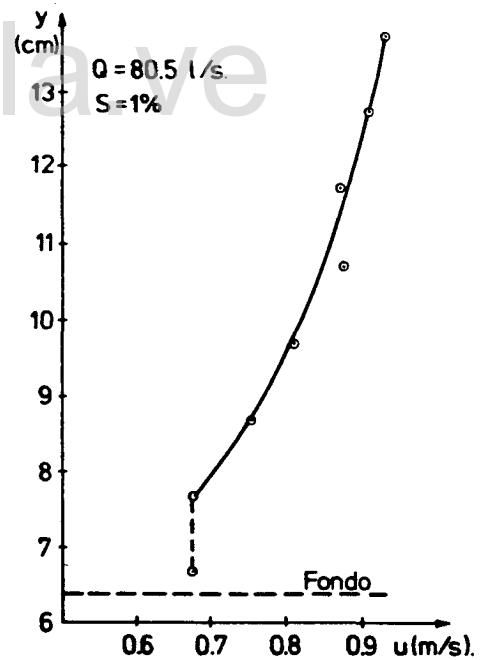
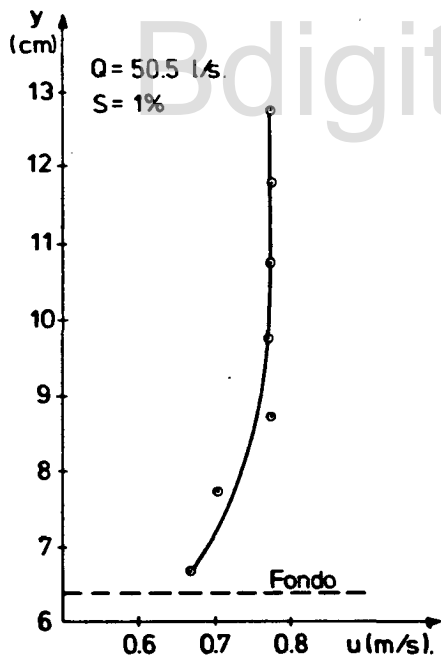
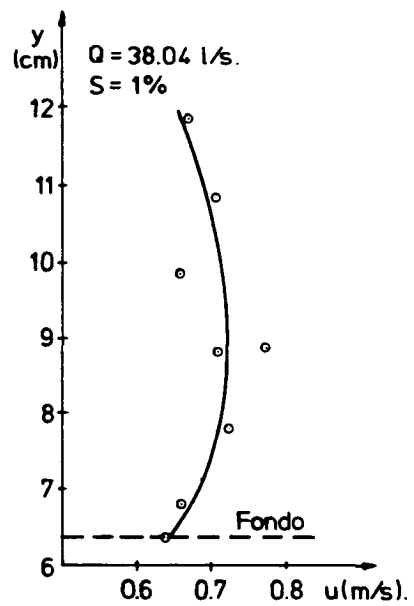
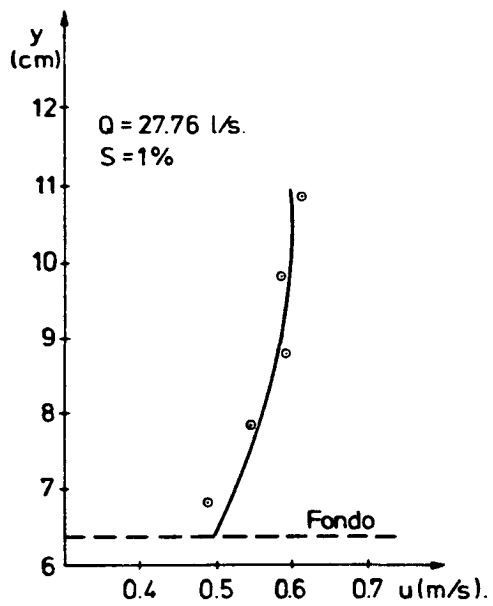


Figura C 1 Perfiles de velocidad - granulometría uniforme. Centro del canal. Experiencias de Aguirre. (1988, inédito)

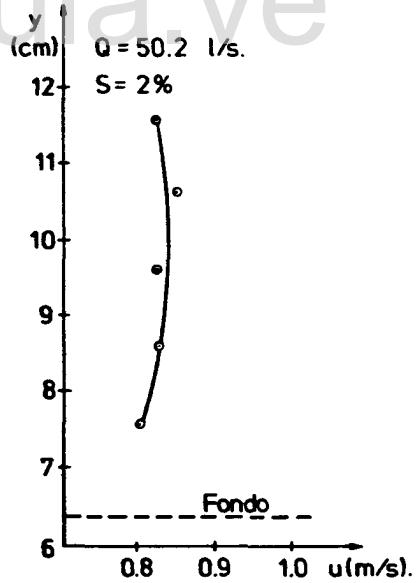
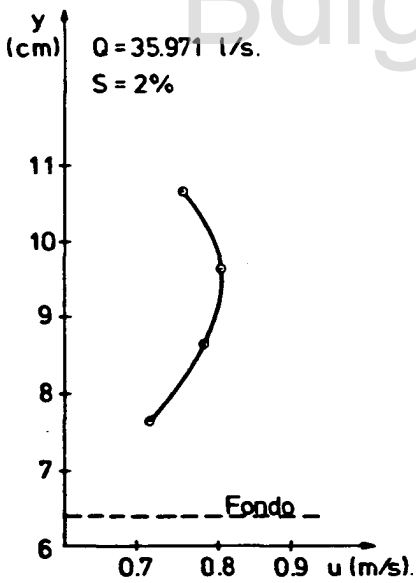
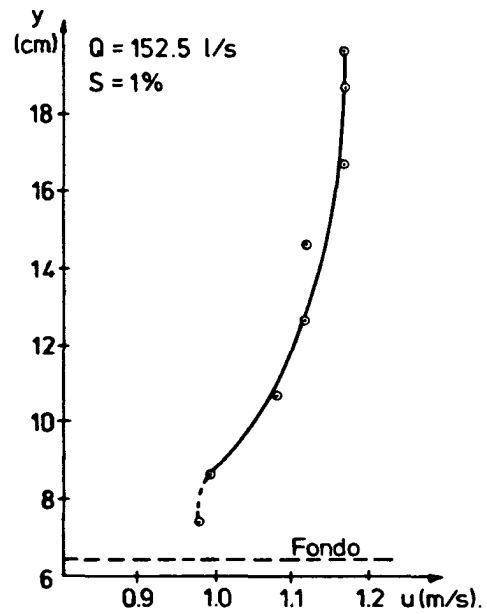
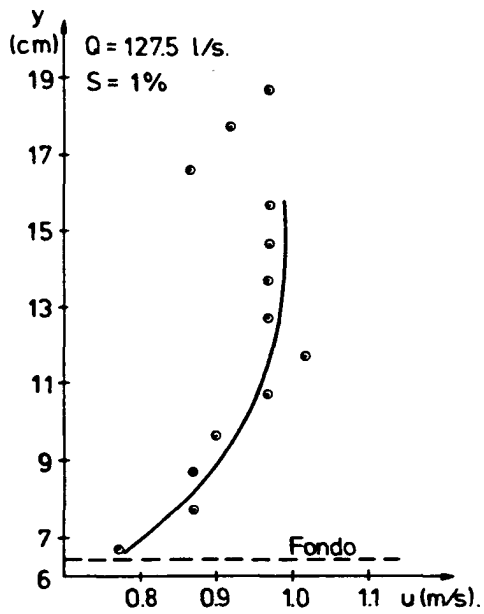


Figura C 2. Perfiles de velocidad - granulometría uniforme. Centro del canal. Experiencias de Aguirre. (1988, inédito).

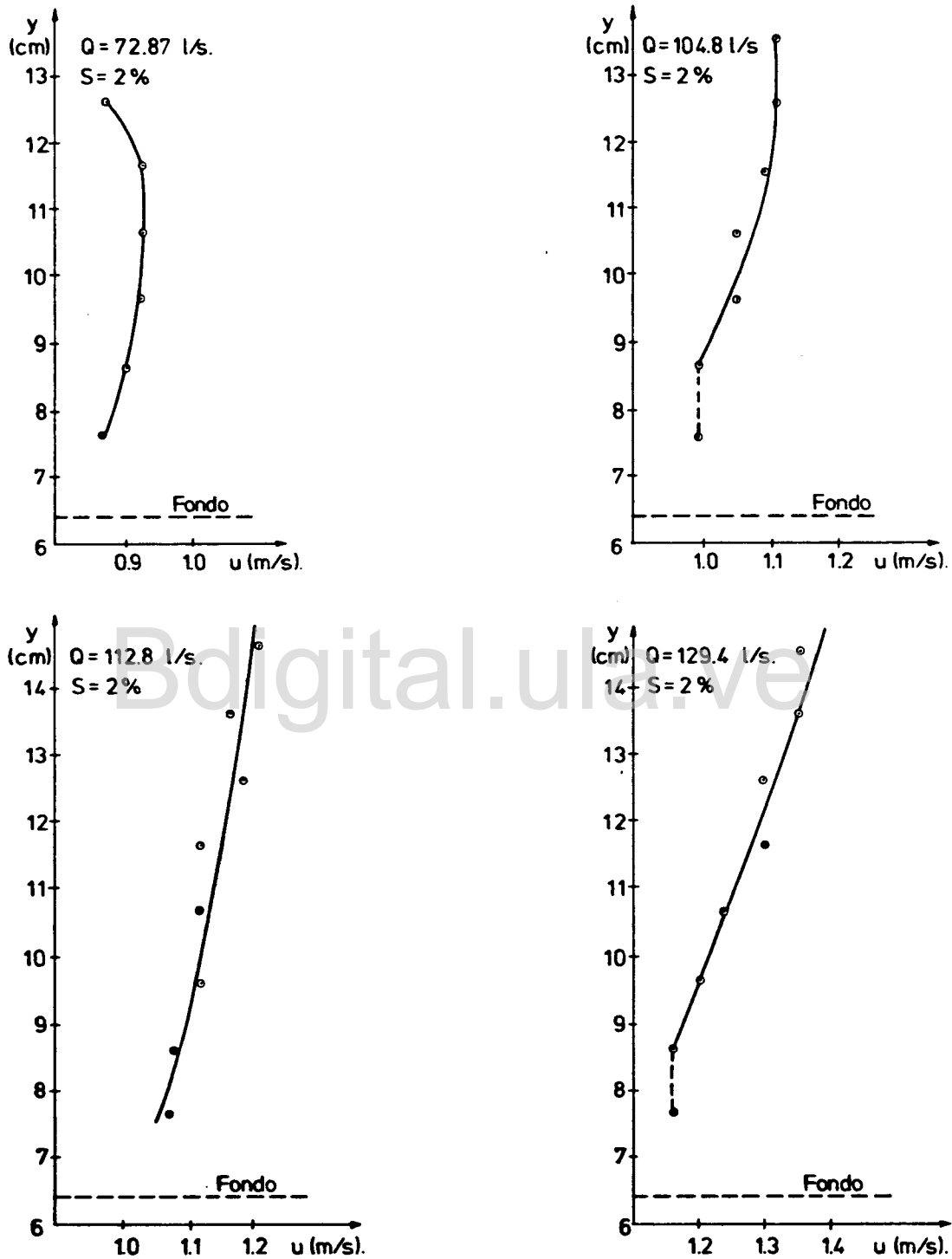


Figura C 3. Perfiles de velocidad - granulometría uniforme. Centro del canal. Experiencias de Aguirre. (1988, inédito).

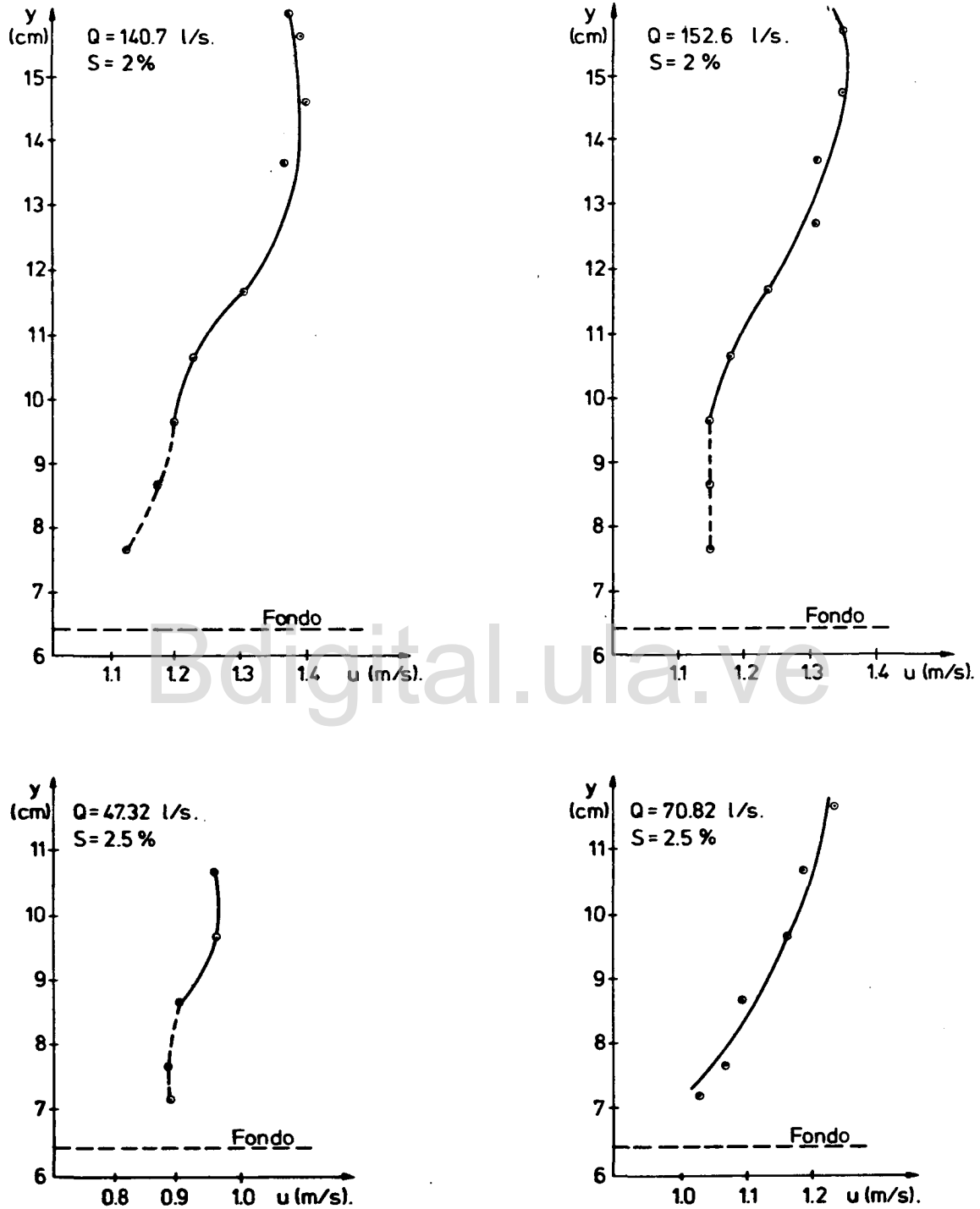


Figura C4. Perfiles de velocidad - granulometría uniforme. Centro del canal. Experiencias de Aguirre. (1988, inédito).

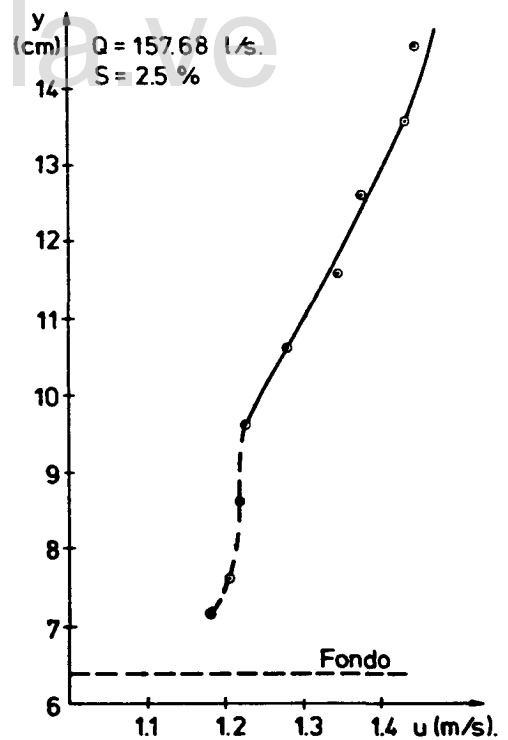
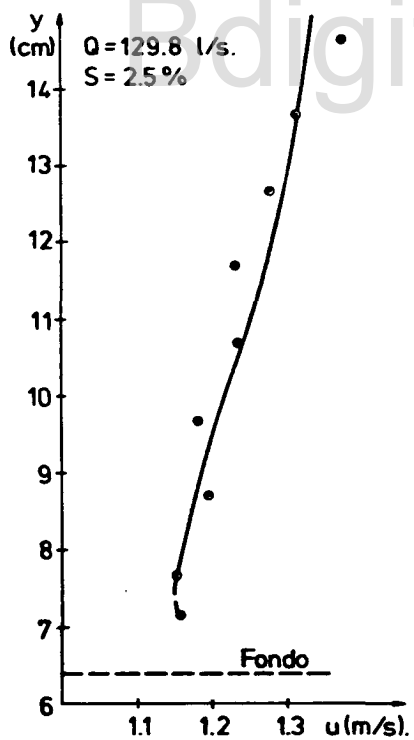
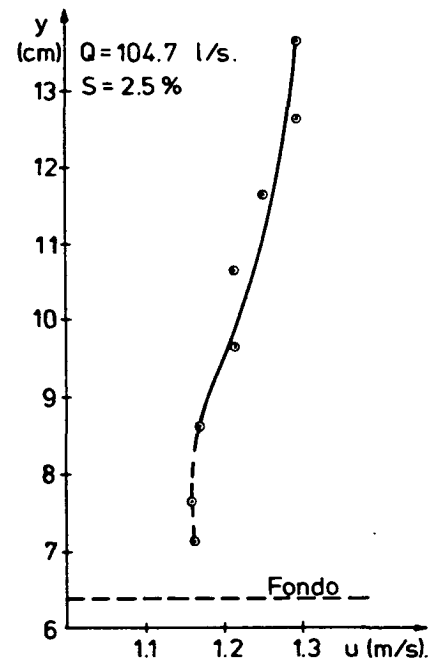
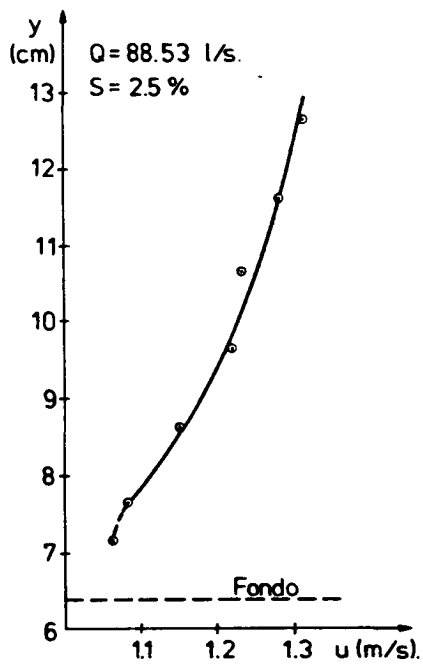


Figura C 5. Perfiles de velocidad - granulometría uniforme. Centro del canal. Experiencias de Aguirre. (1988, inédito).

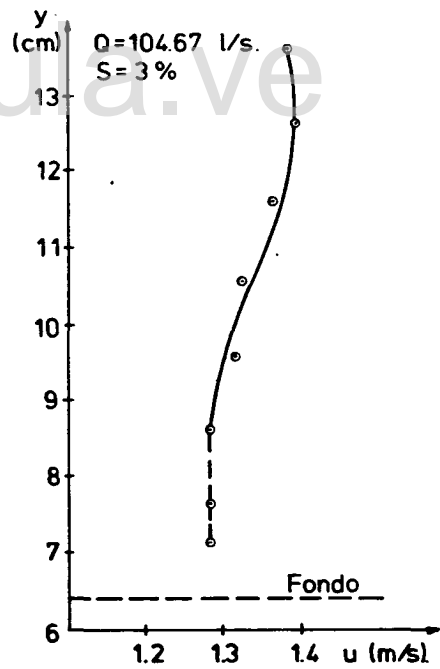
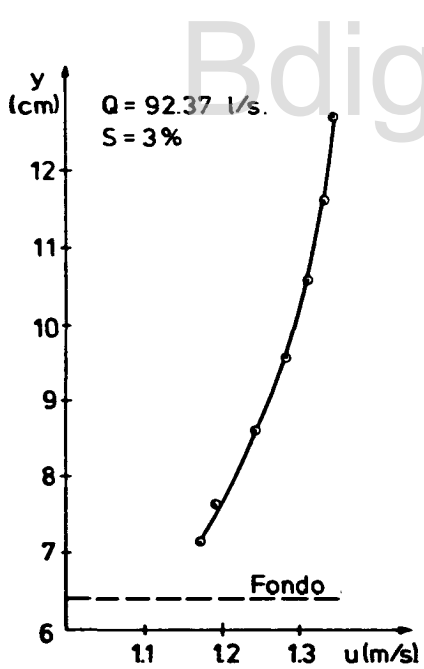
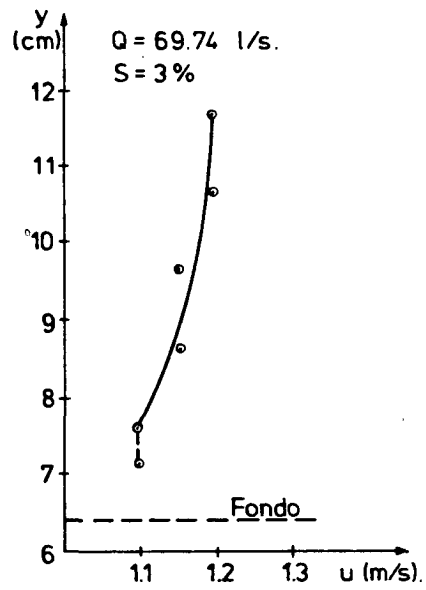
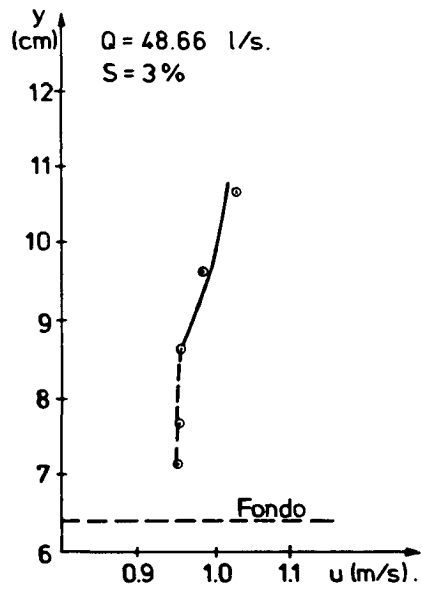


Figura C 6. Perfiles de velocidad - granulometría uniforme. Centro del canal. Experiencias de Aguirre. (1988, inédito).

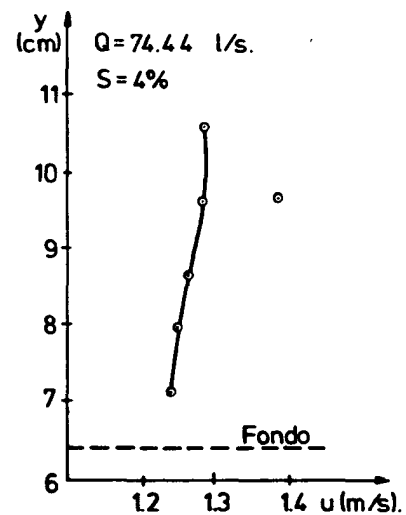
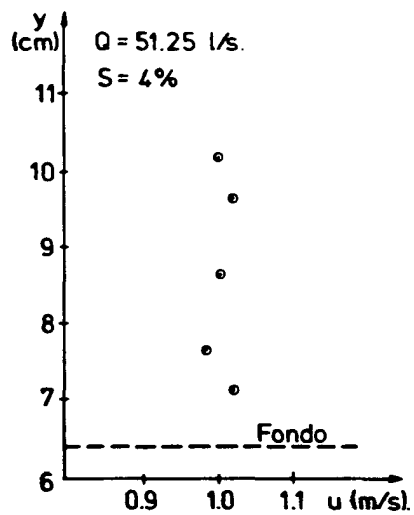
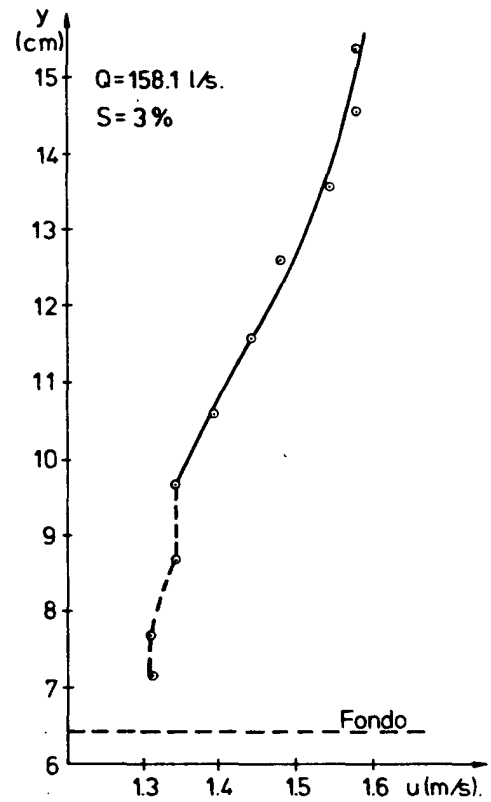
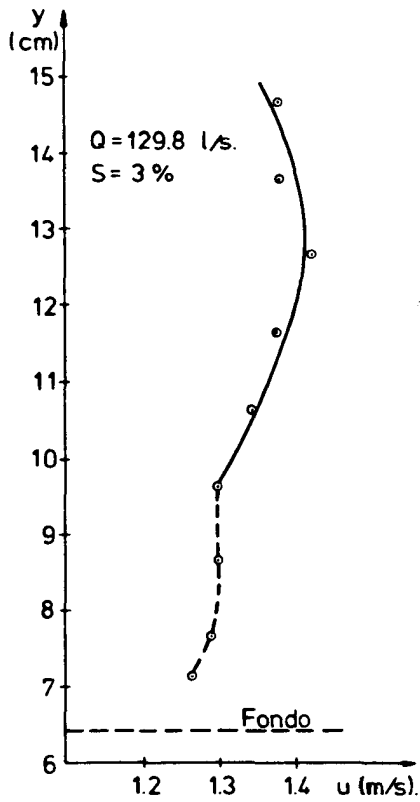


Figura C 7. Perfiles de velocidad - granulometría uniforme. Centro del canal. Experiencias de Aguirre. (1988, inédito).

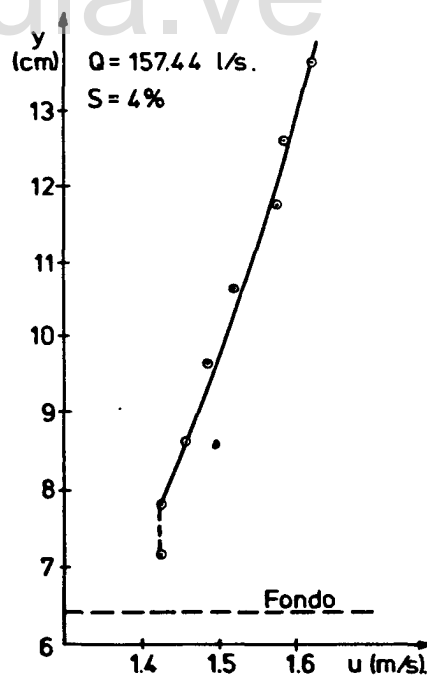
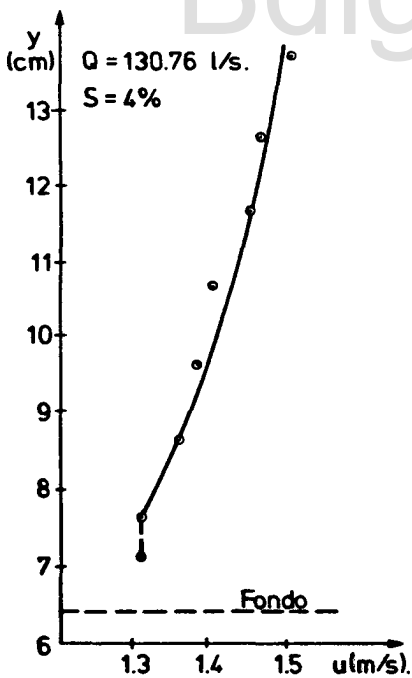
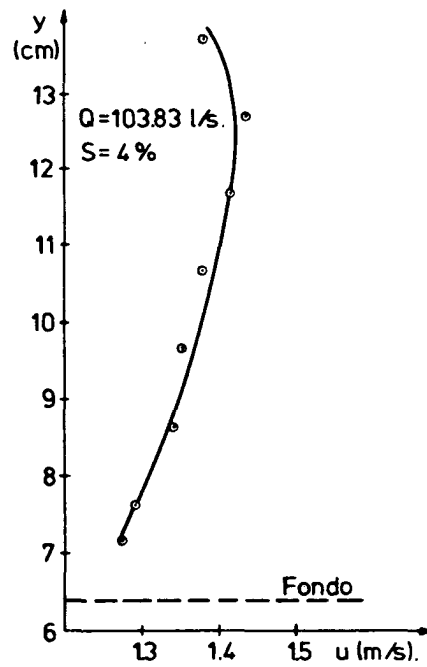
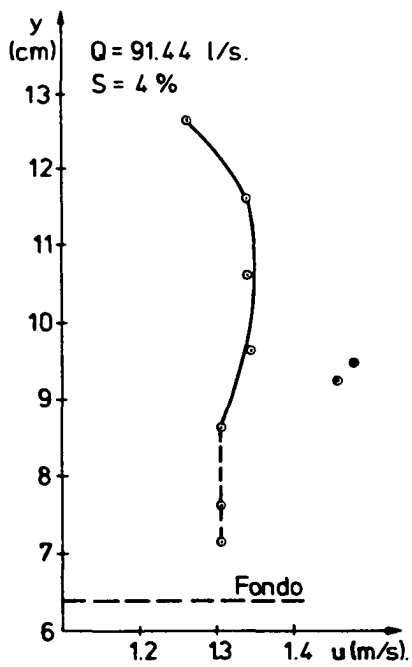


Figura C 8. Perfiles de velocidad - granulometría uniforme. Centro del canal. Experiencias de Aguirre. (1988, inédito)

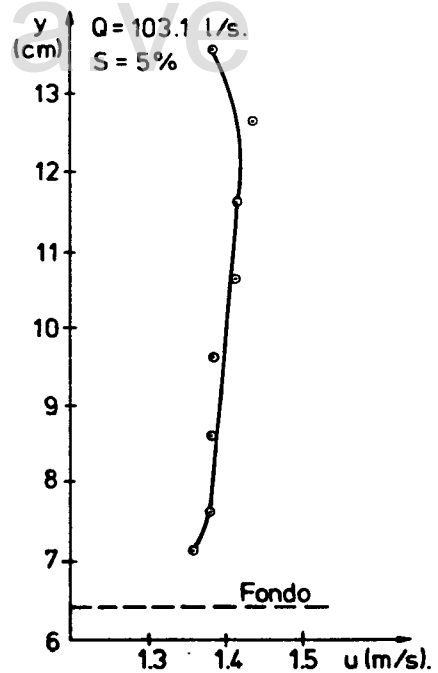
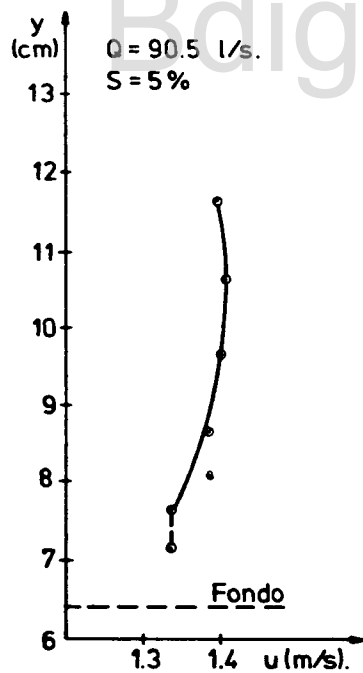
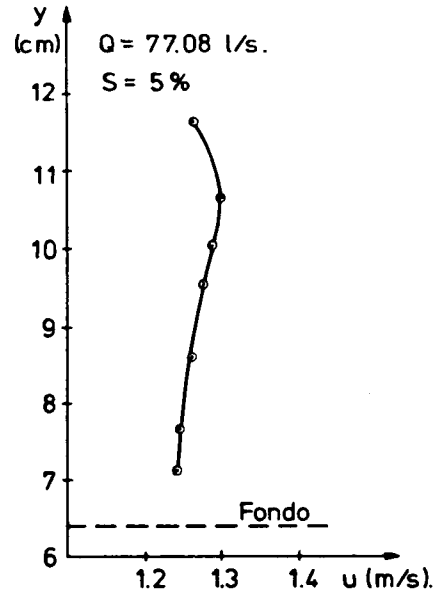
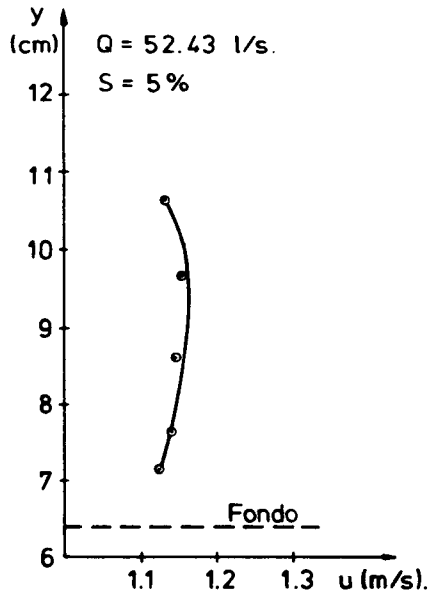


Figura C9. Perfiles de velocidad - granulometría uniforme. Centro del canal. Experiencias de Aguirre. (1988, inédito).

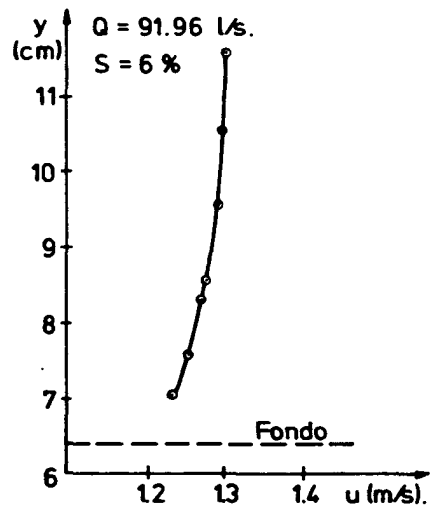
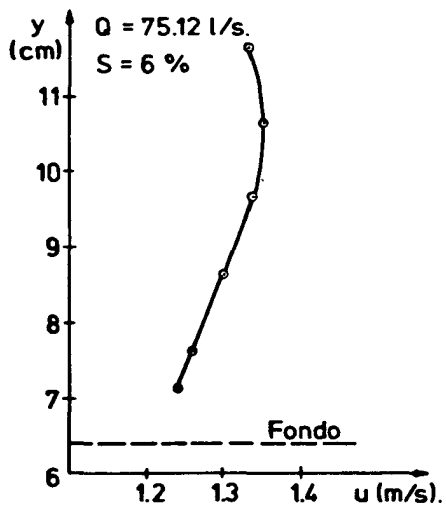
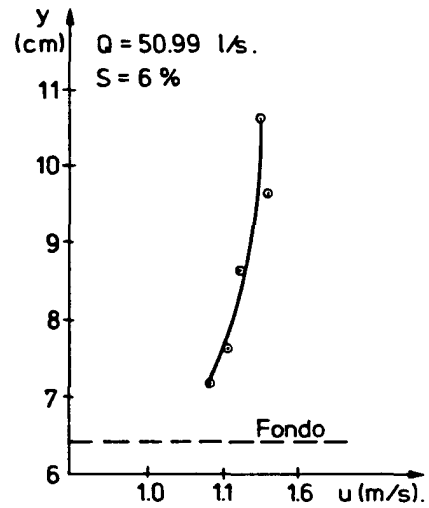
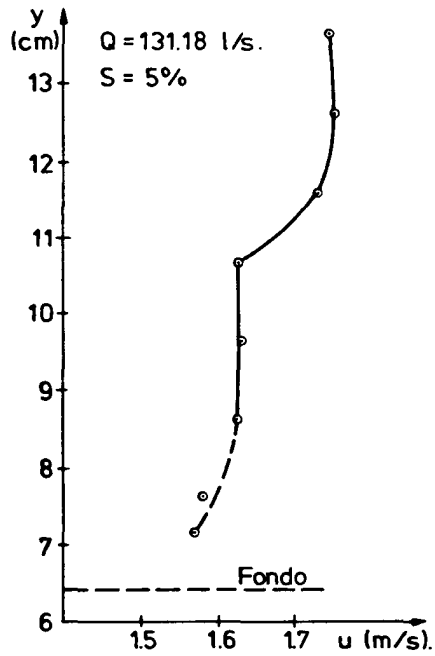


Figura C 10. Perfiles de velocidad - granulometría uniforme. Centro del canal. Experiencias de Aguirre. (1988, inédito).

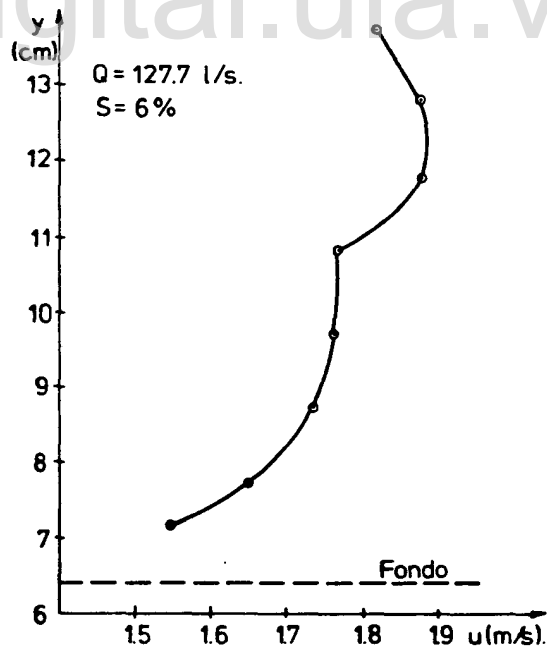
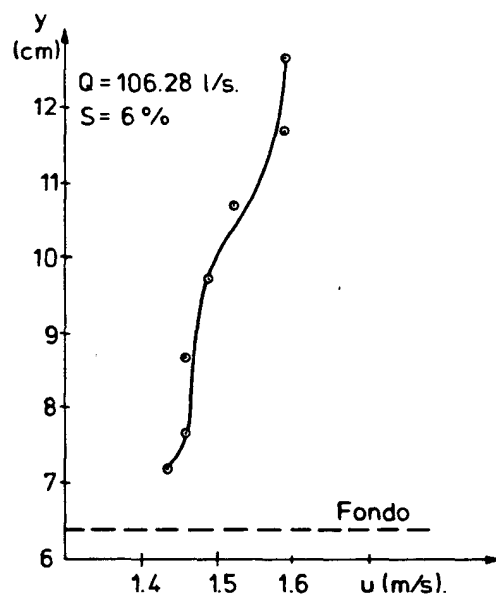


Figura C 11 Perfiles de velocidad - granulometría uniforme. Centro del canal. Experiencias de Aguirre. (1988, inédito)

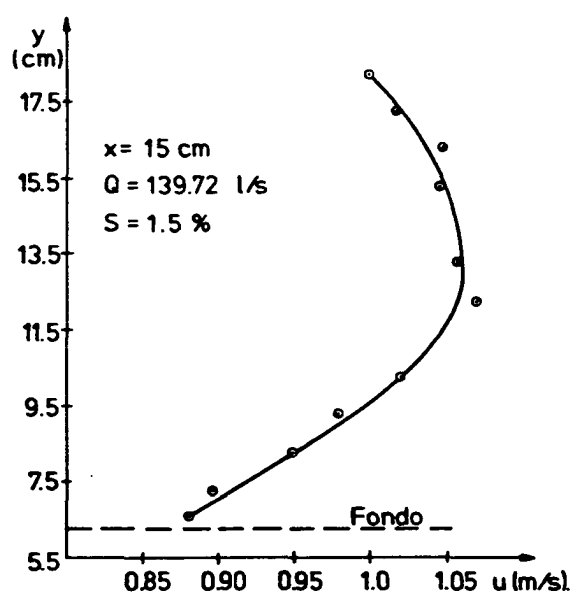
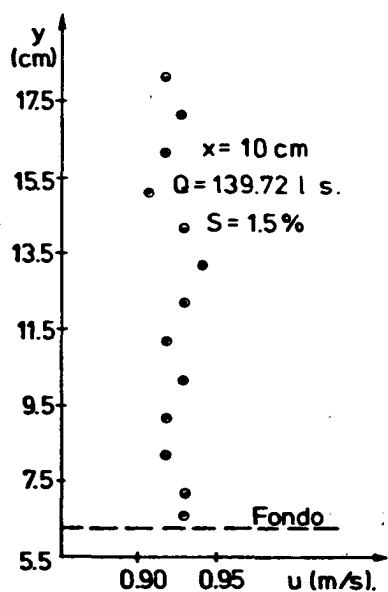
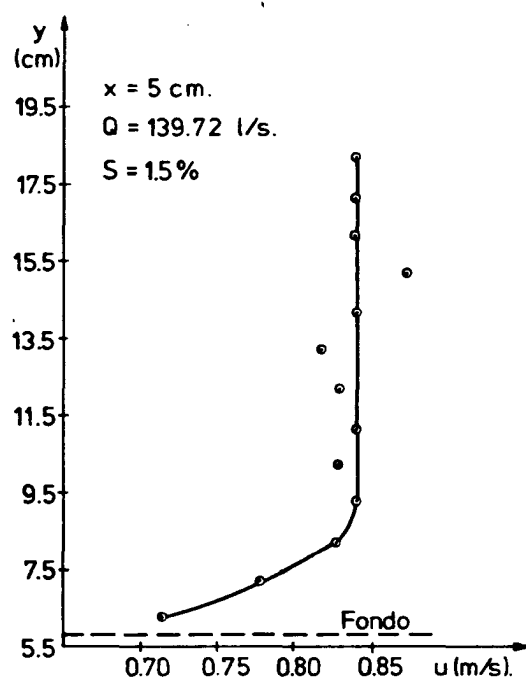
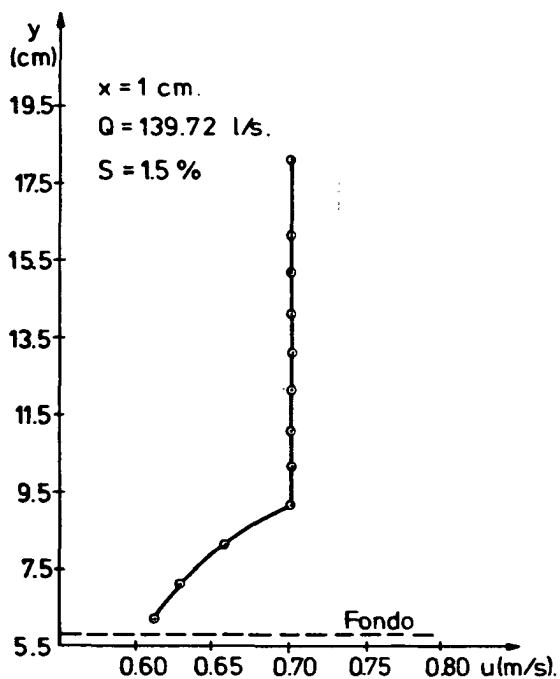


Figura C 12. Perfiles de velocidad - granulometría no uniforme.
 Experiencias de Aguirre. (1988, inédito).

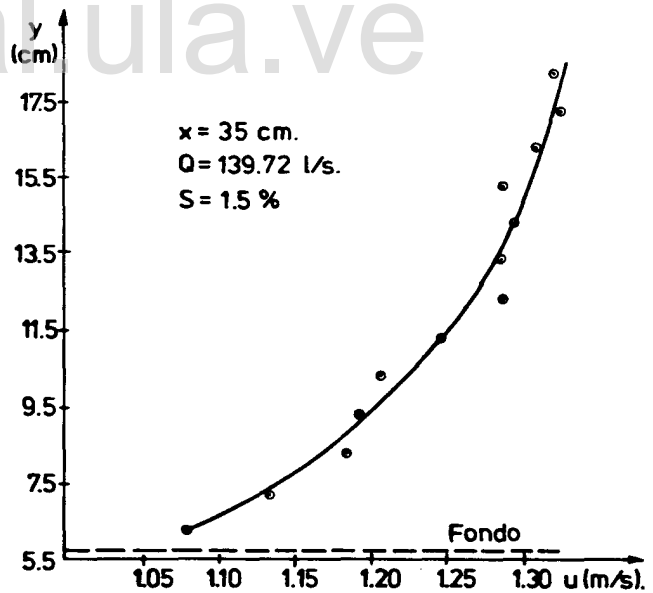
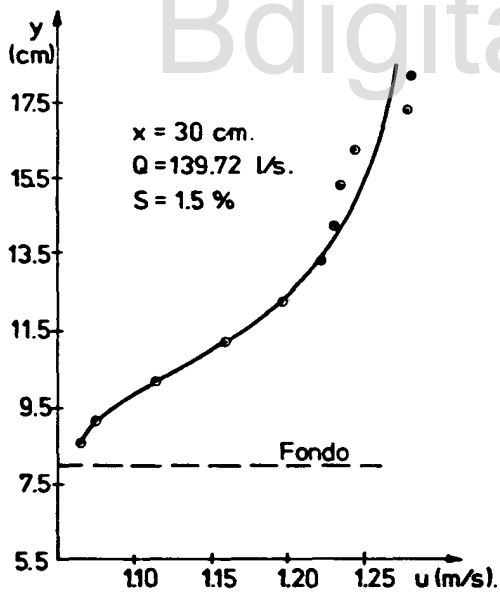
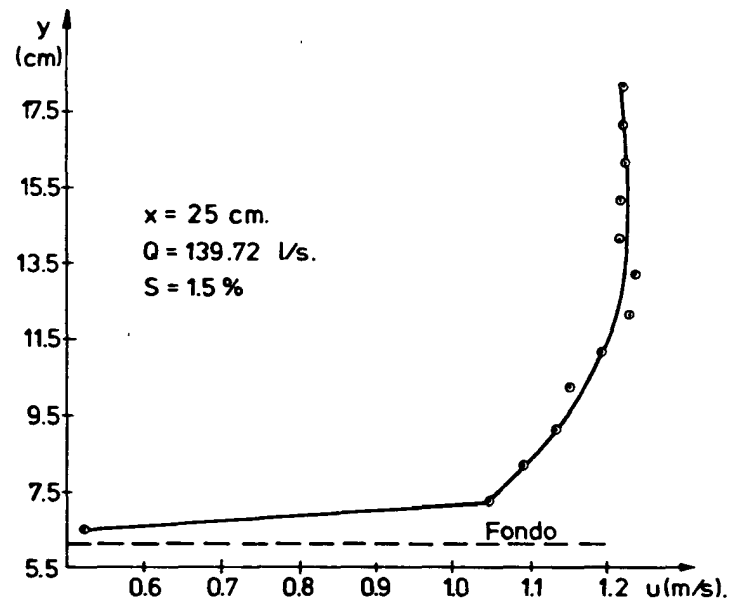
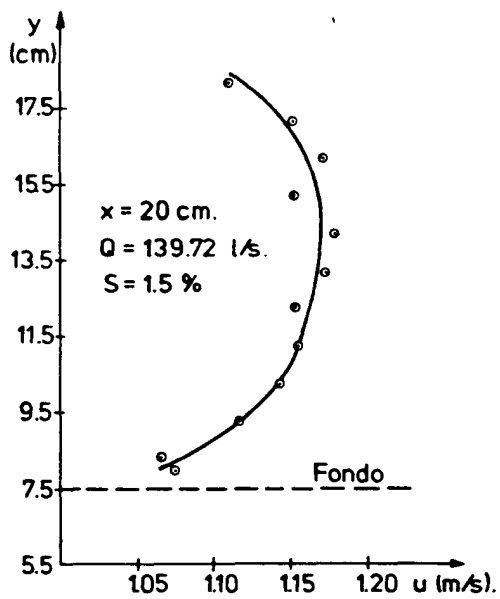


Figura C 13. Perfiles de velocidad - granulometría no uniforme
Experiencias de Aguirre. (1988, inédito).

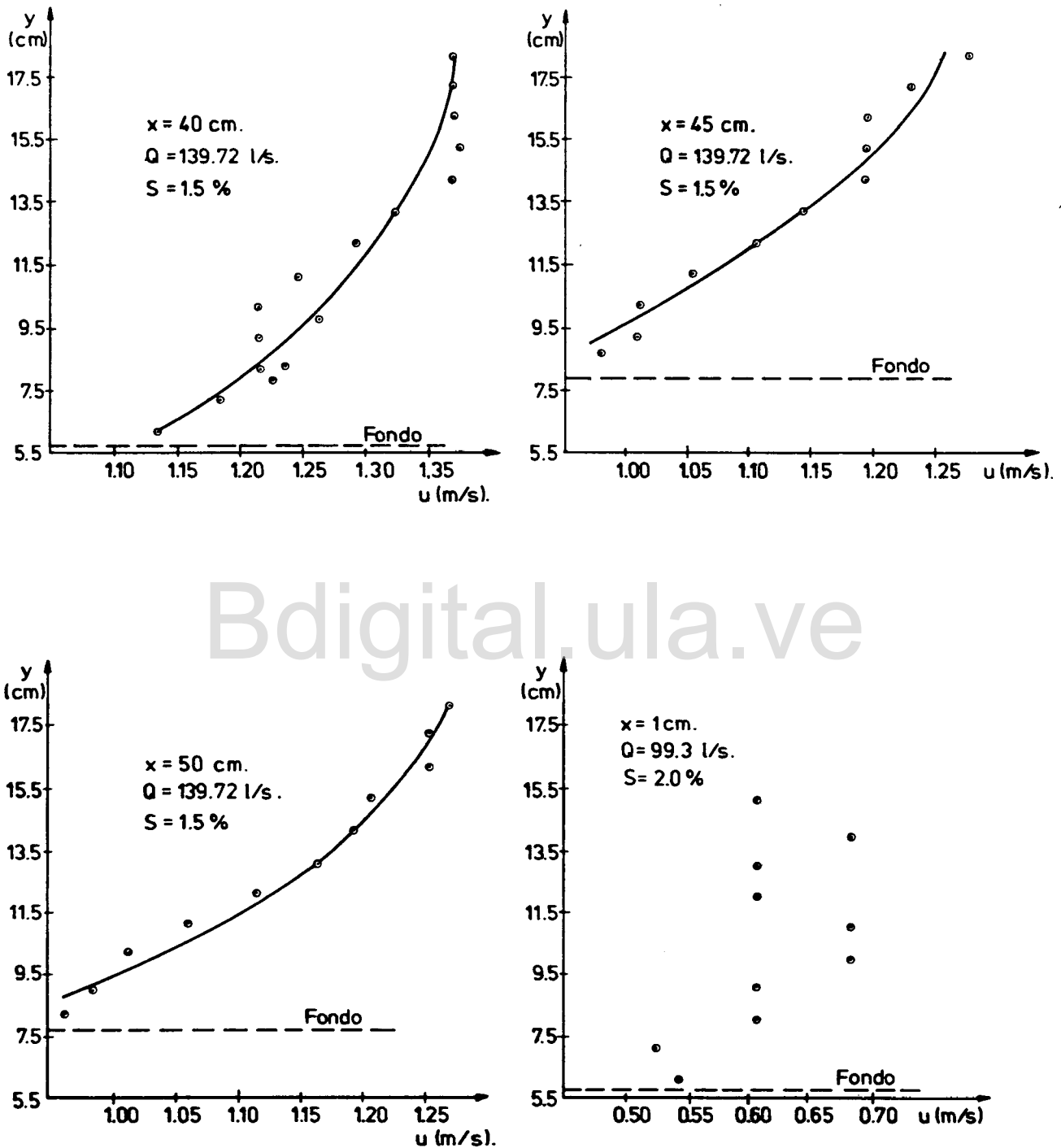
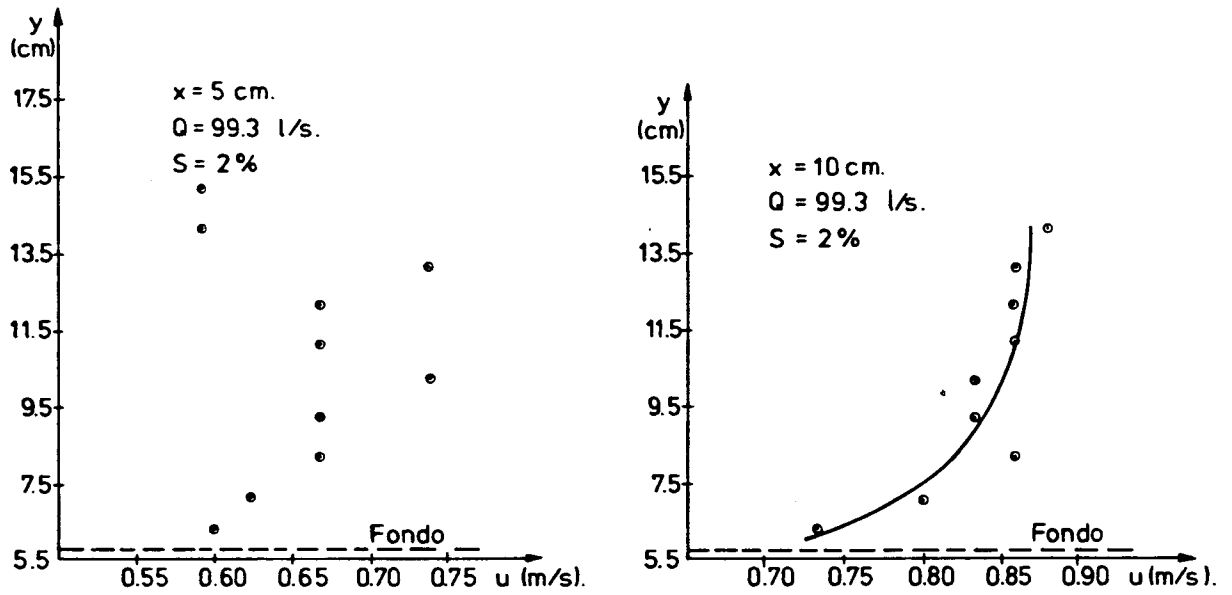


Figura C14. Perfiles de velocidad - granulometría no uniforme.
Experiencias de Aguirre. (1988, inédito).



Bdigital.ula.ve

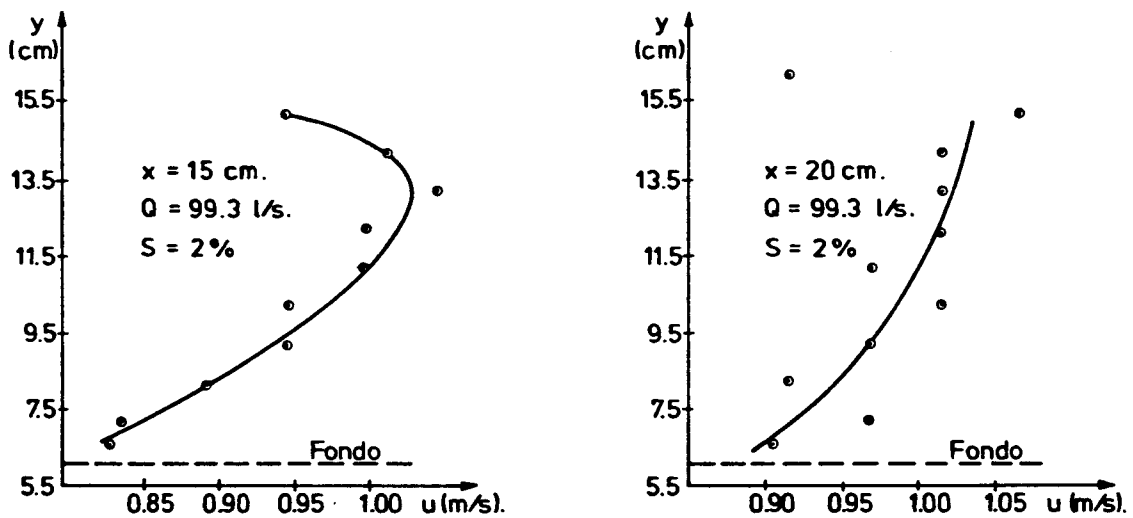


Figura C15. Perfiles de velocidad - granulometría no uniforme.
Experiencias de Aguirre. (1988, inédito).

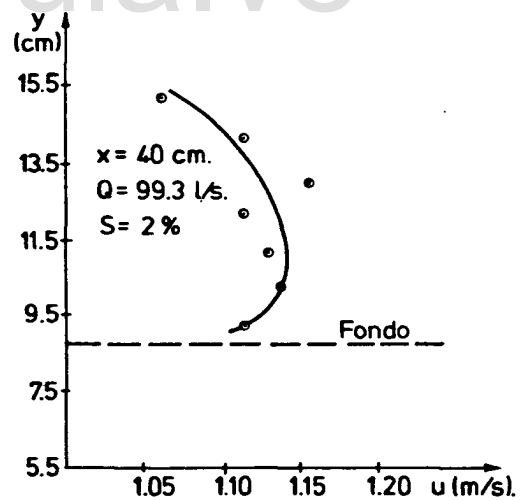
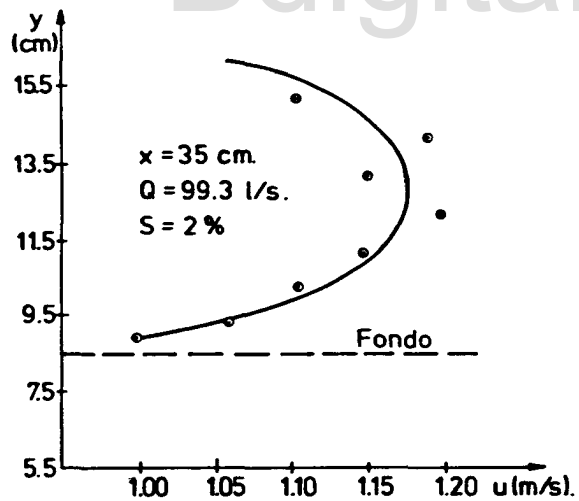
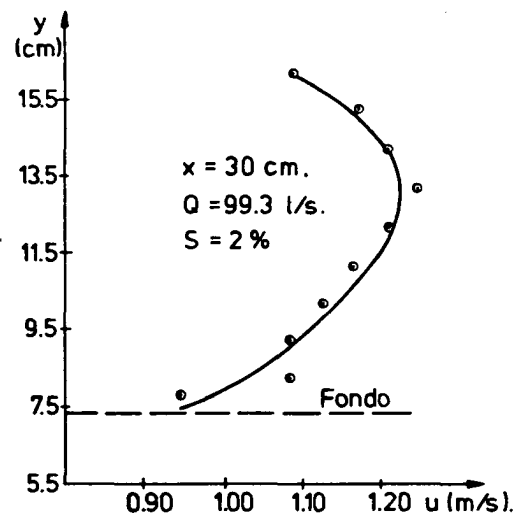
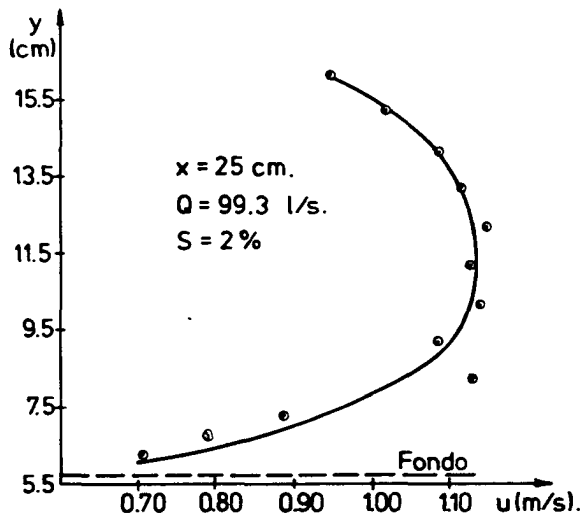


Figura C16. Perfiles de velocidad - granulometría no uniforme
Experiencias de Aguirre. (1988, inédito).

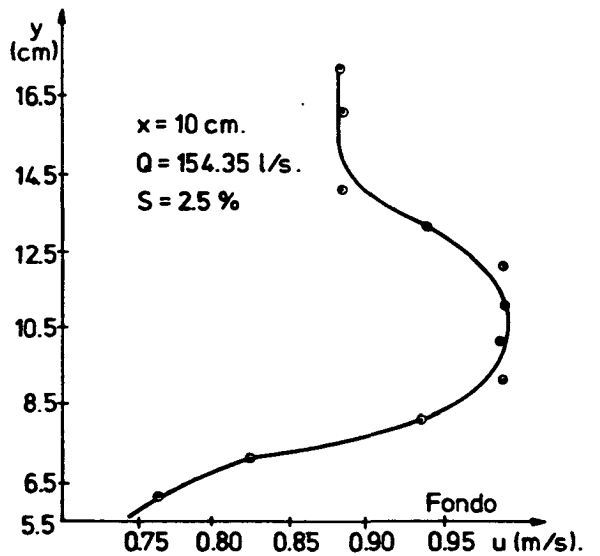
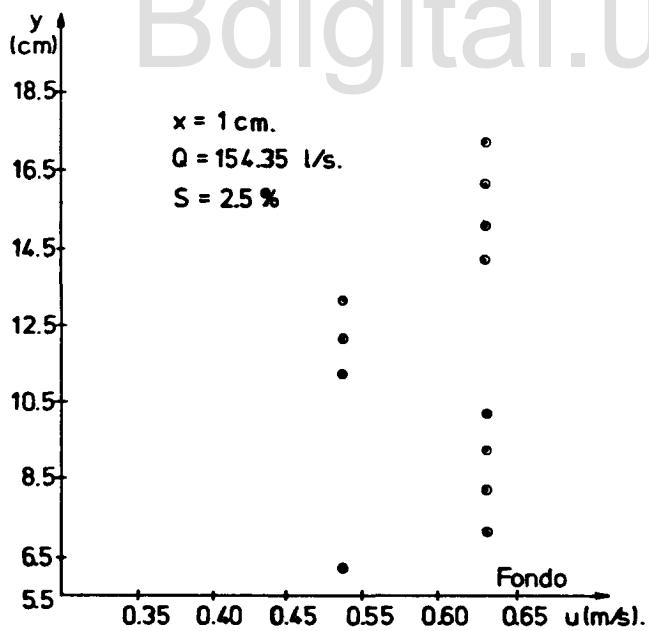
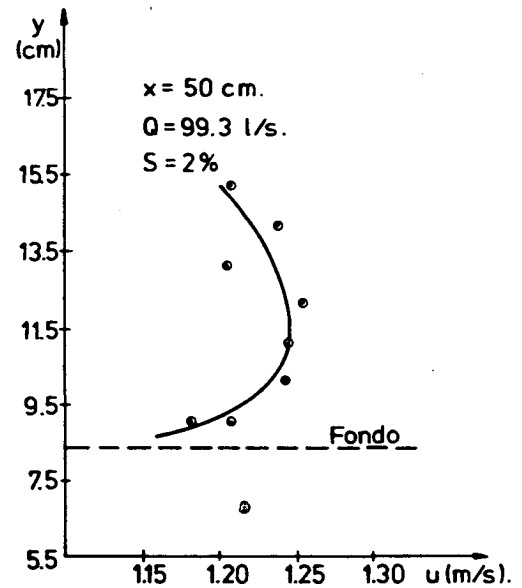
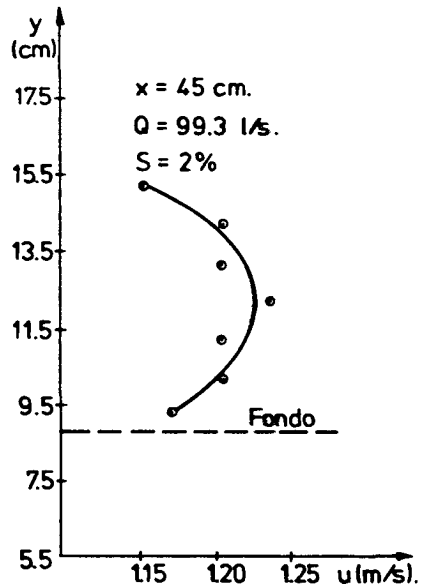


Figura C17. Perfiles de velocidad - granulometría no uniforme.
Experiencias de Aguirre. (1988, inédito).

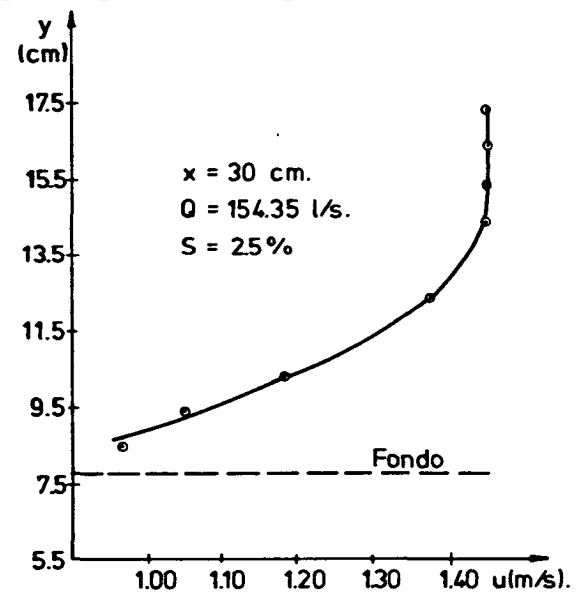
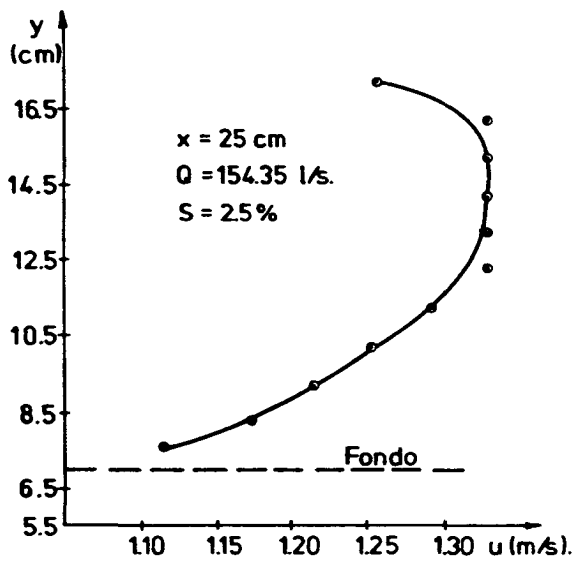
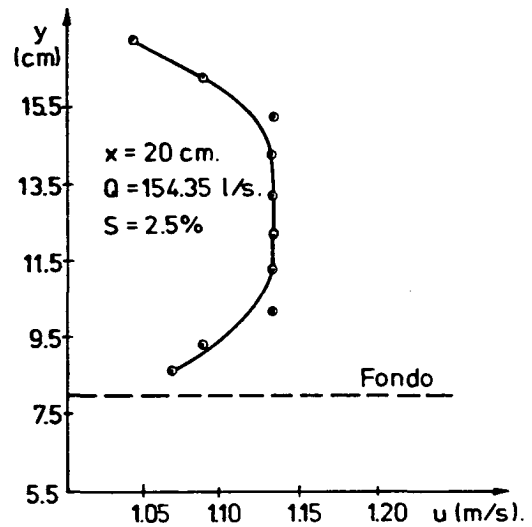
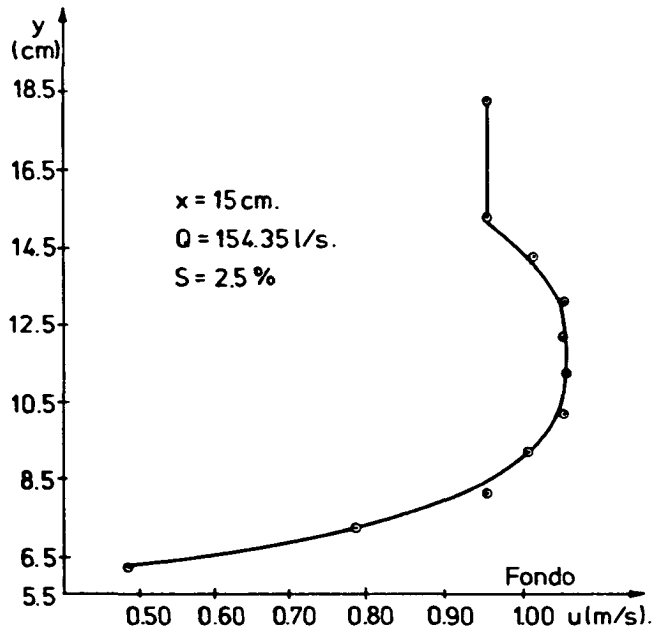


Figura C18. Perfiles de velocidad - granulometría no uniforme.
Experiencias de Aguirre. (1988, inédito).

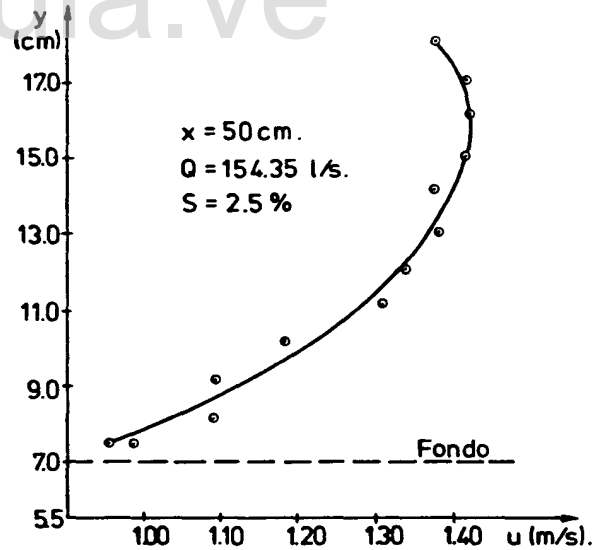
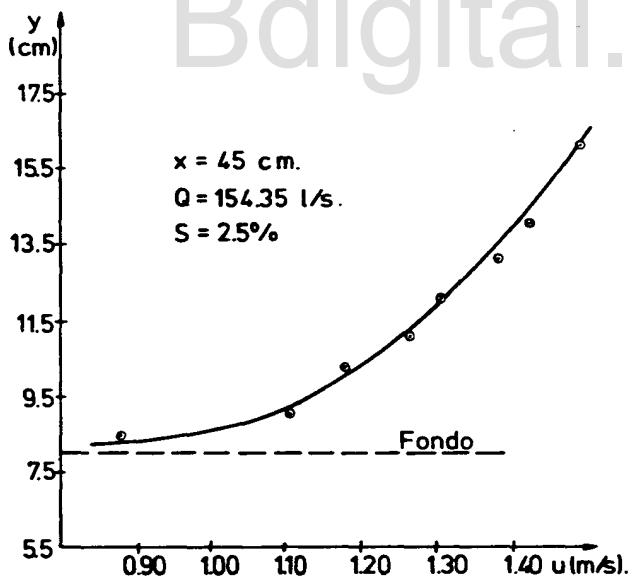
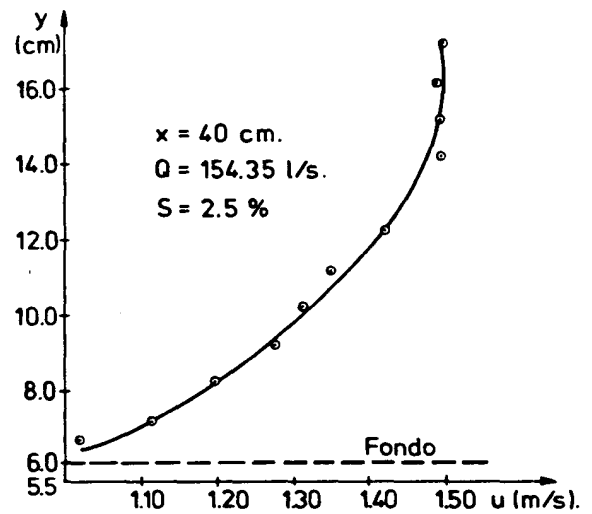
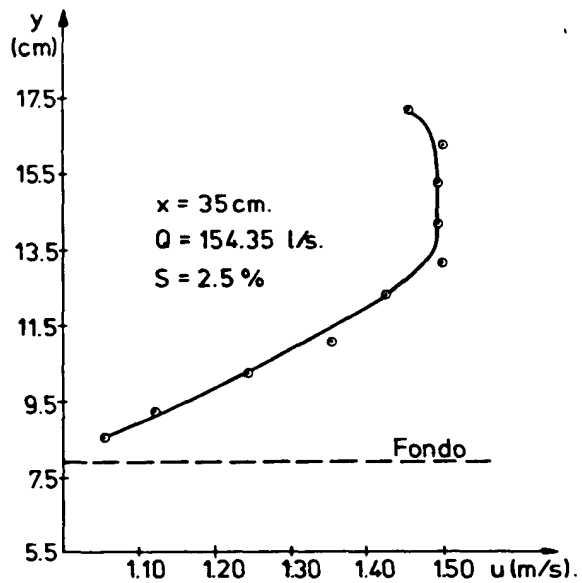
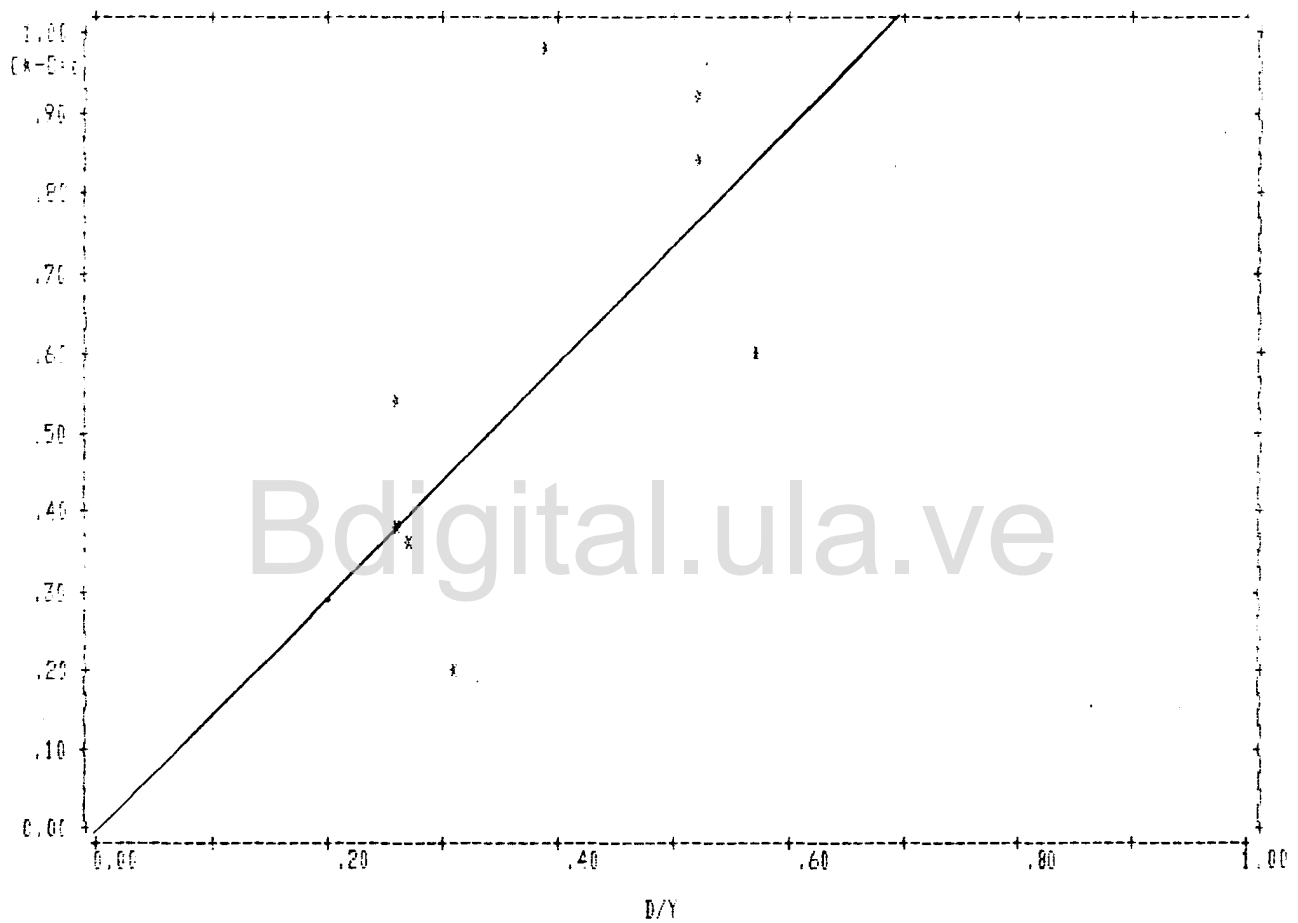


Figura C19. Perfiles de velocidad - granulometría no uniforme.
Experiencias de Aguirre. (1988, inédito).



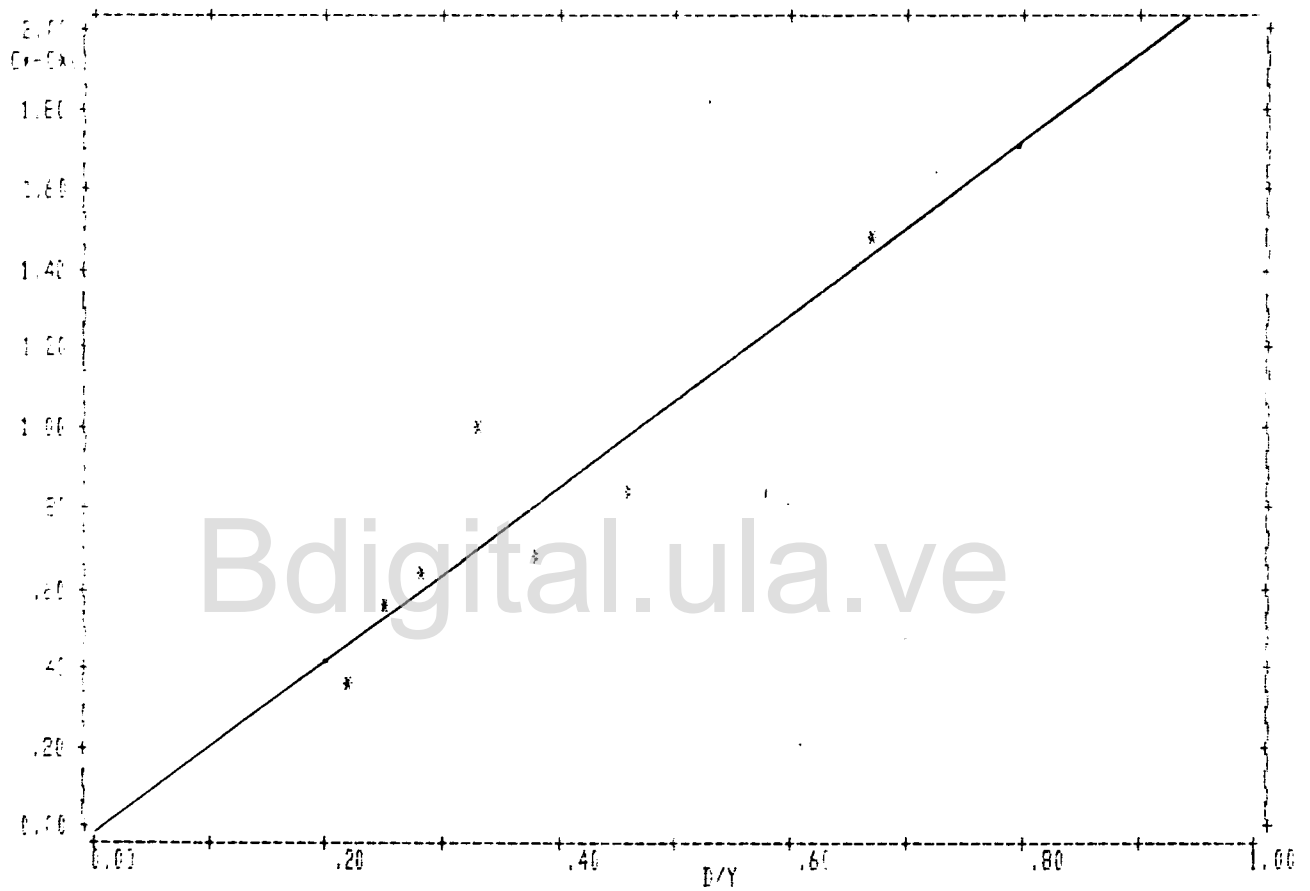
ALFA = 1.63 BETA = 0.6

COEFICIENTE DE CORRELACION = 0.66

LECHO ENTERAMENTE RUGOSO - UNA SOLA CAPA DE PIEDRAS

Figura C.20.

RELACION $C^*-C^*_0$ PARA LAS EXPERIENCIAS DE TAYLOR (1961)



ALFA = 1.60 BETA = 0.865

COEFICIENTE DE CORRELACION = 0.905

LECHO ENTERAMENTE RUGOSO - VARIAS CAPAS DE PIEDRAS

Figura C.21. RELACION $C^*-C^*_0$ PARA LAS EXPERIENCIAS DE TAYLOR (1961)

MODELO DE RUGOSIDAD COMPUESTA - VEL. MEDIA CONSTANTE

DATOS DE TAYLOR - LECHO ENTERAMENTE RUGOSO UNA SOLA CAPA DE PIEDRAS

DIAM.(m)= .0254 ALFA= 1.83 BETA=0.600

LONG. FONDO LISO (m) = 0.0000 LONG. FONDO RUGOSO (m.) = 0.2667

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s.	PEND.	R.H. m.	DIAM/Y	Cliso	Crug.	Ctotal	Cexp.	Dif %	Ct/C
1	.1362	.796	.00613	.0674	.186	22.183	8.917	11.746	12.501	-6.041	.940
2	.1359	.643	.00399	.0674	.187	21.713	8.912	11.700	12.527	-6.602	.934
3	.1390	.304	.00096	.0680	.183	20.085	8.961	11.654	12.013	-2.992	.970
4	.0939	.896	.01459	.0555	.271	22.017	8.126	10.133	10.058	.738	1.007
5	.0954	.597	.00624	.0558	.266	21.135	8.159	10.159	10.226	-.655	.993
6	.0975	.298	.00159	.0564	.260	19.637	8.205	10.167	10.063	1.026	1.010
7	.0448	.333	.00636	.0335	.567	18.742	6.745	7.632	7.279	4.862	1.049
8	.0475	.622	.01815	.0351	.534	20.203	6.843	7.812	7.872	-.760	.992
9	.0475	.844	.03221	.0351	.534	20.874	6.843	7.822	8.024	-2.516	.975
10	.0637	1.073	.03265	.0430	.399	21.851	7.362	8.716	9.146	-4.700	.933
11	.0796	1.164	.03242	.0497	.319	22.352	7.791	9.506	9.264	2.608	1.026

ERROR MEDIO CUADRATICO (%)= 3.6989

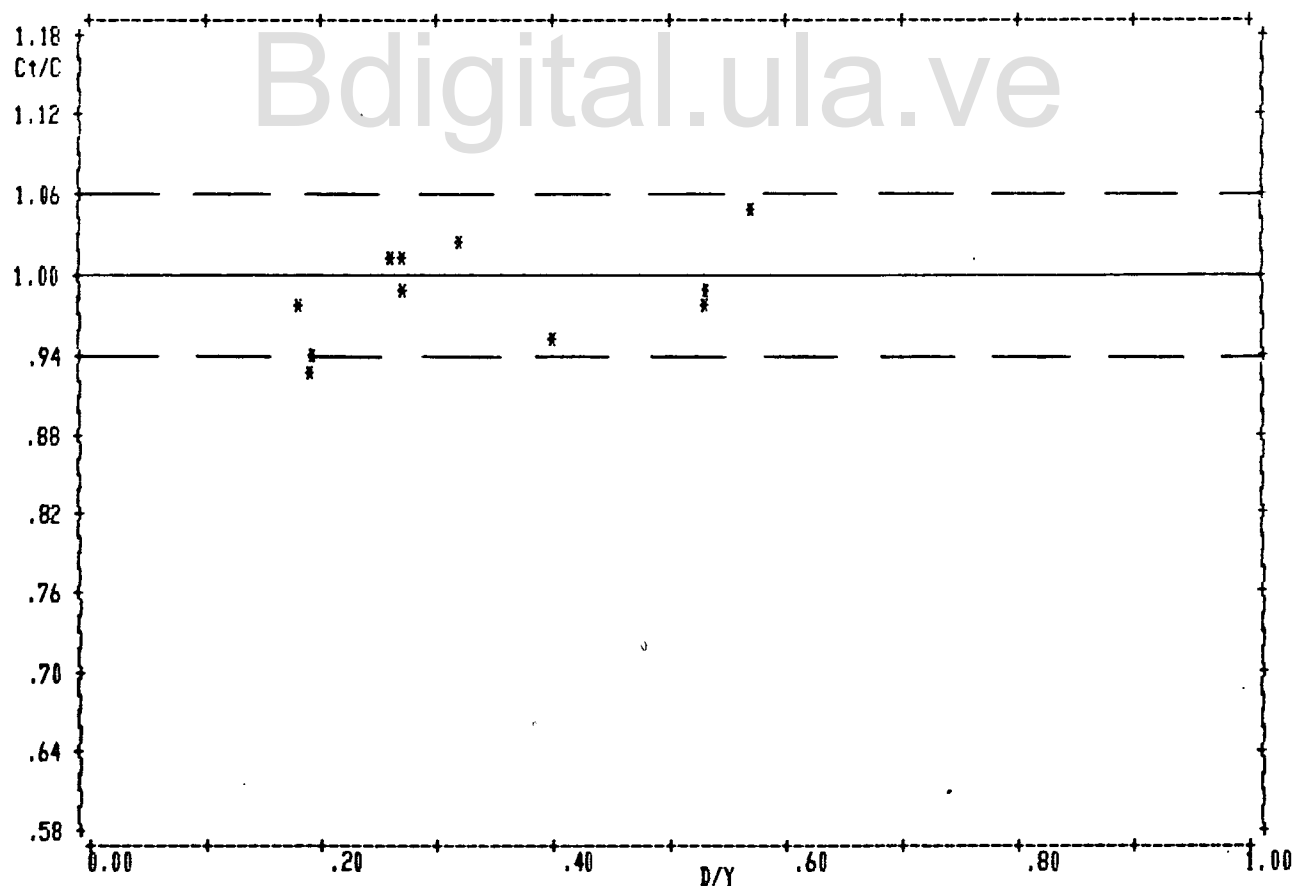
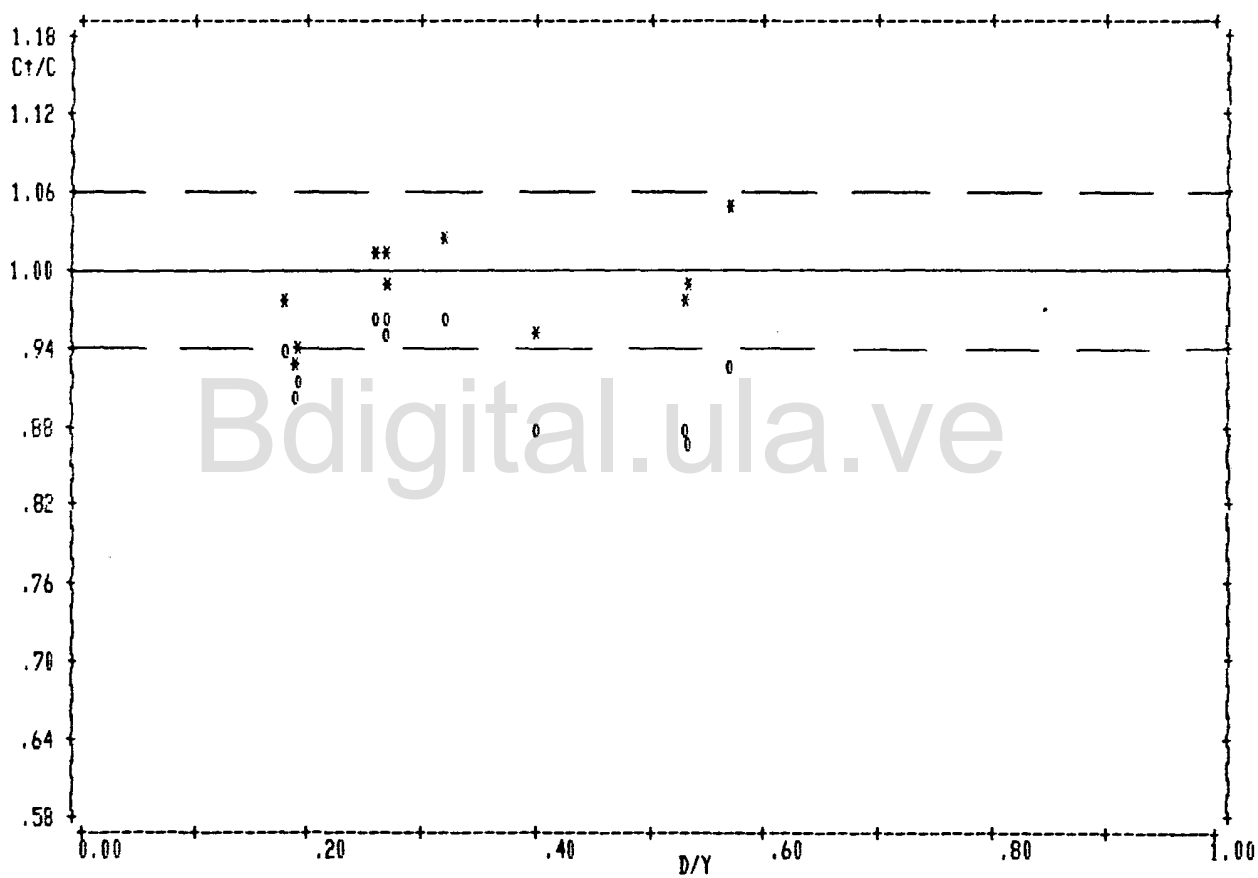


Figura C.22

CALCULO DE LA RESISTENCIA EN LECHO RUGOSO CON Y SIN EFECTO DE ESTELA

DATOS DE TAYLOR - FONDO ENTERAMENTE RUGOSO UNA SOLA CAPA DE PIEDRAS



* CONSIDERANDO EFECTO DE ESTELA - ALFA = 1.83 - BETA = 0.6

o SIN CONSIDERAR EFECTO DE ESTELA - ALFA = 1.83 - BETA = 0.0

Figura C.23

MODELO DE RUGOSIDAD COMPUESTA - VEL. MEDIA CONSTANTE

DATOS DE TAYLOR - LECHO ENTERAMENTE RUGOSO VARIAS CAPAS DE PIEDRAS

DIAM. (m) = .0254 ALFA = 1.6000 BETA = .865
 LONG. FONDO LISO (m) = 0.0000 LONG. FONDO RUGOSO (m) = 0.2667

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s.	PEND.	R.H. m.	DIAM/Y	Clise	Crug.	Ctotal	Cexp.	Dif %	Ct/C
1	.0387	.610	.01930	.0302	.656	19.831	7.275	8.107	8.066	.502	1.005
2	.0549	.634	.01380	.0387	.463	20.463	7.721	8.916	8.759	1.786	1.018
3	.0677	.692	.01240	.0448	.375	20.976	8.050	9.534	9.374	1.714	1.017
4	.0777	.747	.01110	.0491	.327	21.344	8.288	9.997	10.217	-2.158	.978
5	.0896	.777	.01040	.0536	.283	21.629	8.545	10.512	10.508	.038	1.000
6	.1018	.796	.00929	.0576	.250	21.837	8.787	11.008	10.981	.240	1.002
7	.1149	.805	.00834	.0616	.221	22.010	9.024	11.507	11.339	1.476	1.015

ERROR MEDIO CUADRATICO (%) = 1.3773

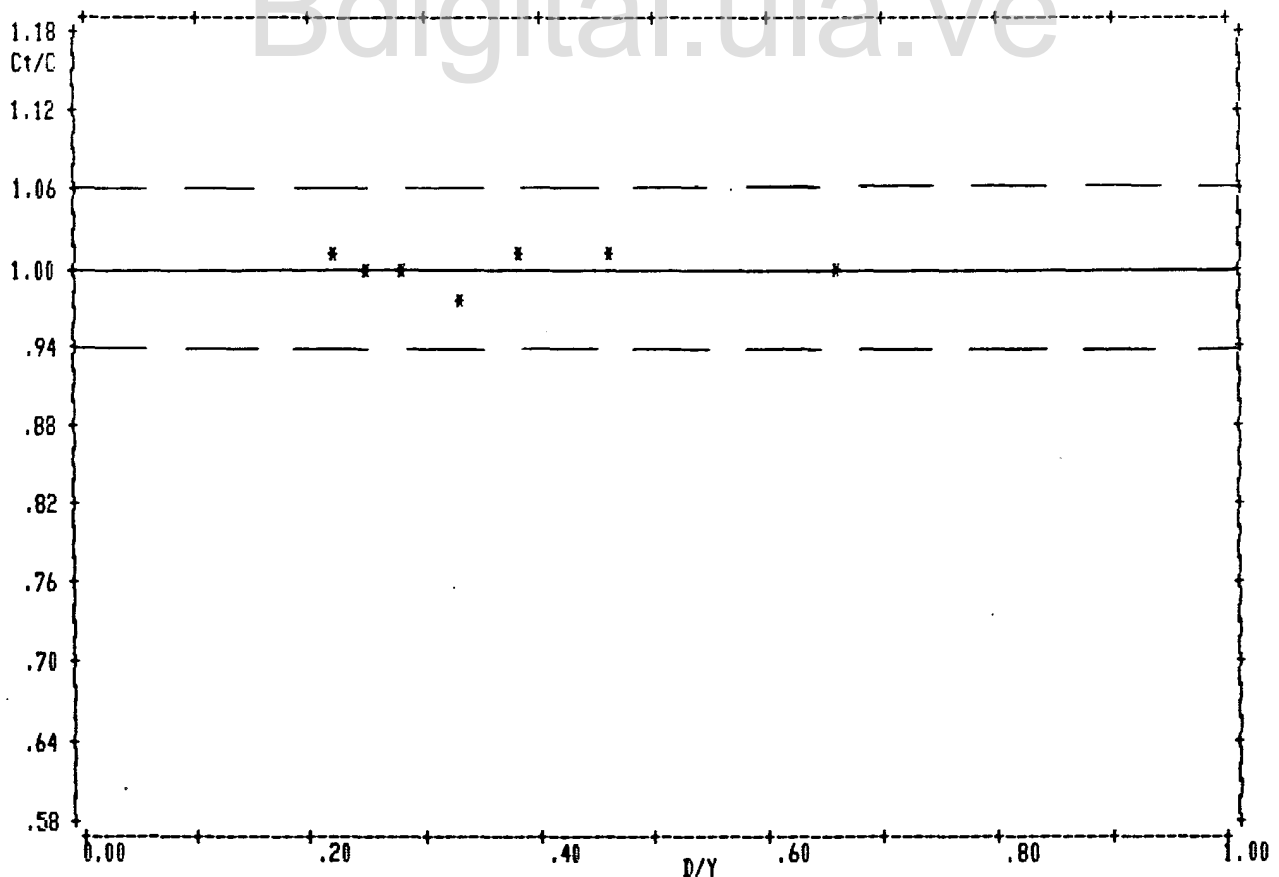
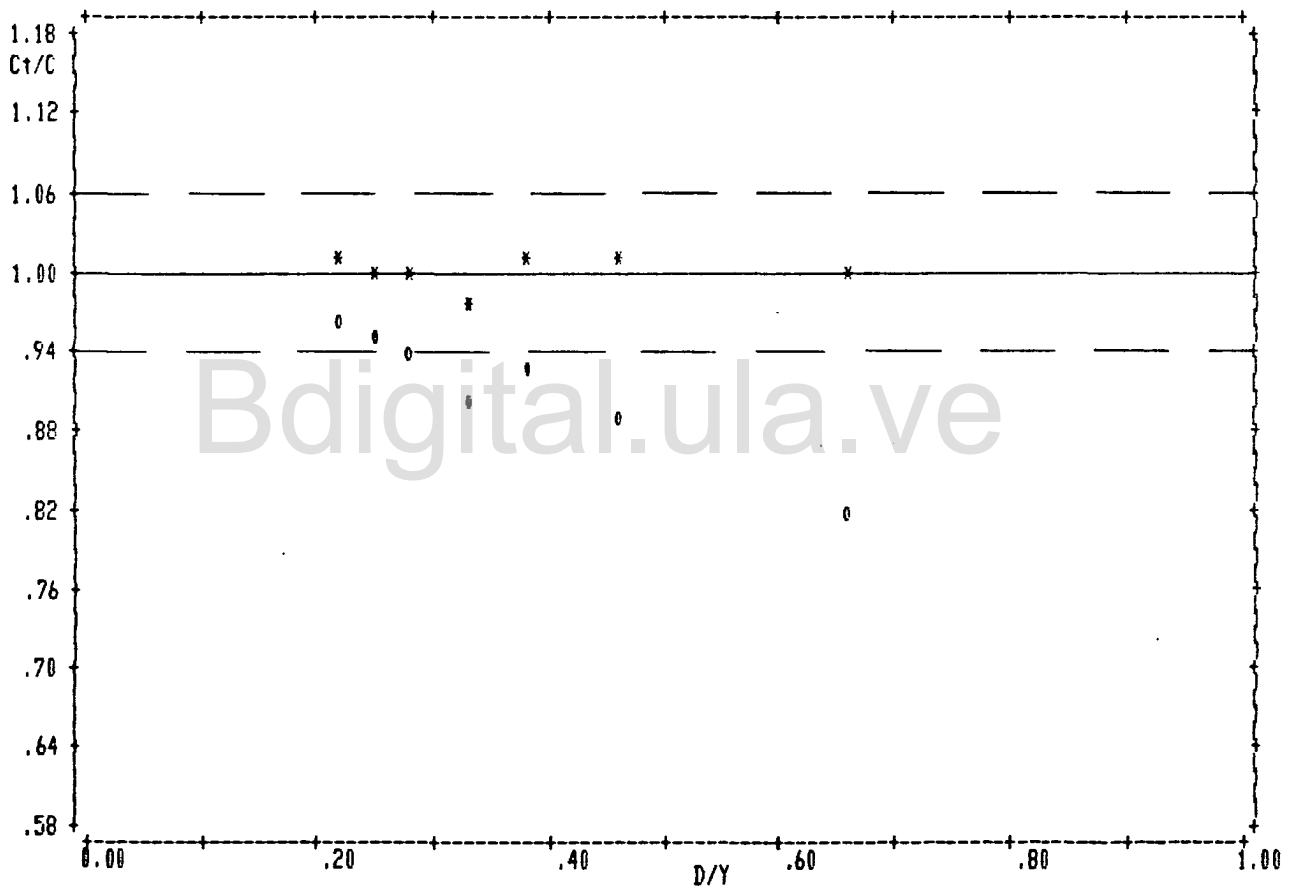


Figura C.24

CALCULO DE LA RESISTENCIA EN LECHO RUGOSO CON Y SIN EFECTO DE ESTELA

DATOS DE TAYLOR - FONDO ENTERAMENTE RUGOSO VARIAS CAPAS DE PIEDRAS



* CONSIDERANDO EFECTO DE ESTELA - ALFA = 1.60 - BETA = 0.865

o SIN CONSIDERAR EFECTO DE ESTELA - ALFA = 1.6 - BETA = 0.0

Figura C.25

MODELO DE RUGOSIDAD COMPUESTA - VEL. MEDIA CONSTANTE

DATOS DE TAYLOR - LECHO ENTERAMENTE RUGOSO UNA SOLA CAPA DE PIEDRAS

VALORES DE ALFA Y BETA CORRESPONDIENTES A VARIAS CAPAS DE PIEDRAS

DIAM.(m)= .0254 ALFA= 1.6 BETA= 0.865

LONG. FONDO LISO (m) = 0.0000 LONG. FONDO RUGOSO (m.) = 0.2667

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s.	PEND.	R.H. m.	DIAM/Y	Clise	Crug.	Ctotal	Cexp.	Dif %	Ct/C
1	.1362	.796	.00613	.0674	.186	22.183	9.368	12.251	12.501	-2.002	.980
2	.1359	.643	.00399	.0674	.187	21.713	9.364	12.200	12.527	-2.608	.974
3	.1390	.304	.00096	.0680	.183	20.685	9.410	12.131	12.013	.981	1.010
4	.0939	.896	.01459	.0555	.271	22.017	8.632	10.704	10.058	6.417	1.064
5	.0954	.597	.00624	.0558	.266	21.135	8.663	10.720	10.226	4.834	1.048
6	.0975	.298	.00159	.0564	.260	19.637	8.704	10.710	10.063	6.424	1.064
7	.0448	.333	.00636	.0335	.567	18.742	7.445	8.385	7.279	15.208	1.152
8	.0475	.622	.01815	.0351	.534	20.203	7.521	8.551	7.872	8.627	1.086
9	.0475	.844	.03221	.0351	.534	20.674	7.521	8.564	8.024	6.731	1.067
10	.0637	1.073	.03265	.0430	.399	21.851	7.952	9.374	9.146	2.495	1.025
11	.0796	1.164	.03242	.0497	.319	22.352	8.329	10.113	9.264	9.167	1.092

ERROR MEDIO CUADRATICO (%)= 7.1277

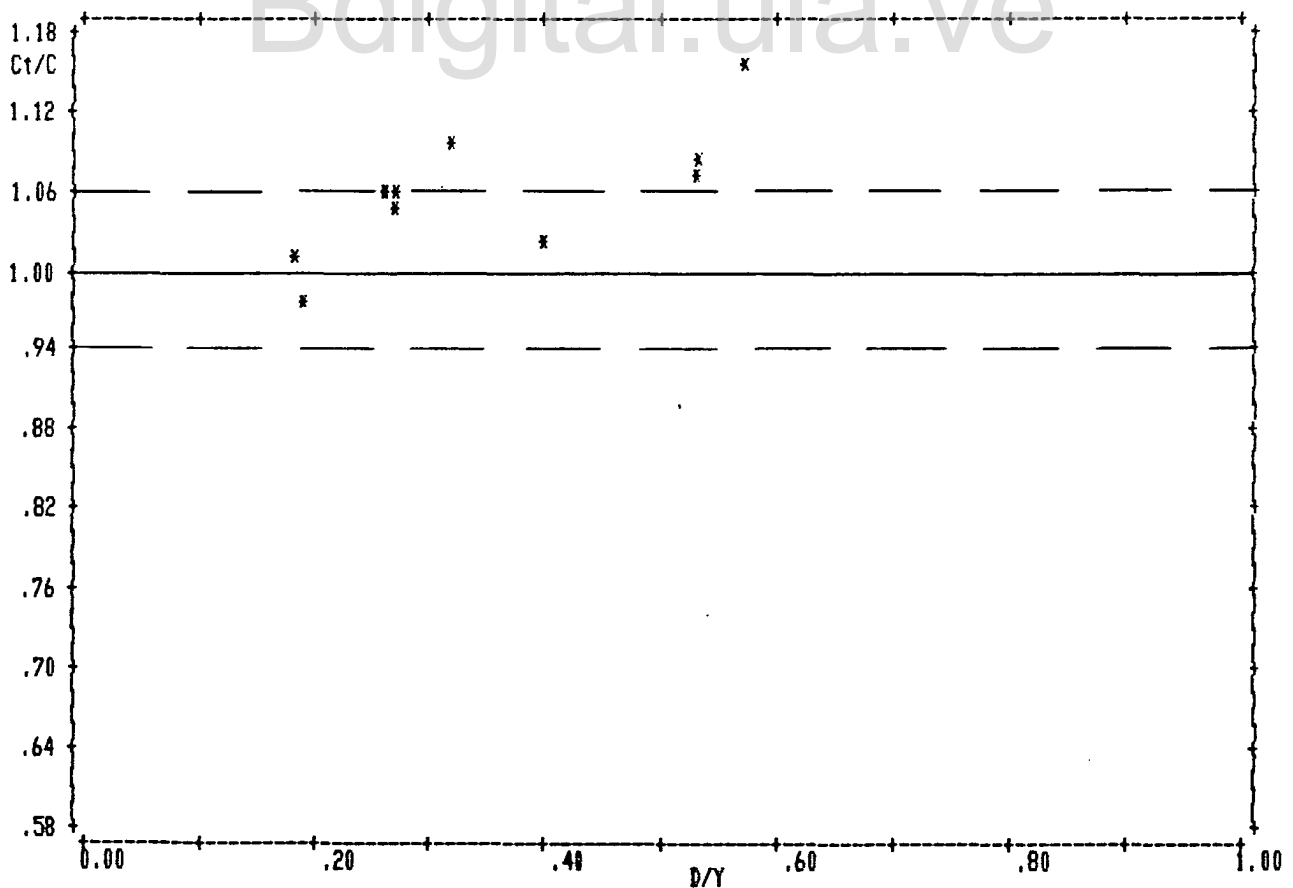


Figura C.26

MODELO DE RUGOSIDAD COMPUESTA - VEL. MEDIA CONSTANTE

DATOS DE TAYLOR - LECHO DIVIDIDO UNA SOLA CAPA DE PIEDRAS

DIAM.(m)= .0254 ALFA = 1.83 BETA = 0.6

LONG. FONDO LISO (m) = .1334 LONG. FONDO RUGOSO (m.) = 0.1334

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s.	PEND.	R.H. m.	DIAM/Y	C _{liso}	C _{rug.}	C _{total}	C _{exp.}	Dif %	Ct/C
1	.1353	.291	.00064	.0671	.188	19.961	8.902	14.117	14.189	-.510	.995
2	.1341	.613	.00235	.0668	.189	21.586	8.883	14.478	15.620	-7.311	.927
3	.1347	1.015	.00670	.0655	.189	22.662	8.893	14.731	15.468	-4.764	.952
4	.1009	.963	.00828	.0576	.252	22.260	8.275	13.363	14.083	-5.113	.949
5	.1006	.634	.00374	.0573	.253	21.325	8.269	13.196	13.829	-4.562	.954
6	.0674	.823	.00933	.0448	.377	21.358	7.467	11.608	12.853	-9.687	.903
7	.0658	.421	.00265	.0439	.386	19.839	7.424	11.349	12.454	-8.872	.911
8	.0664	.245	.00097	.0442	.382	18.680	7.441	11.225	11.967	-6.194	.938

ERROR MEDIO CUADRATICO (%)= 6.4643

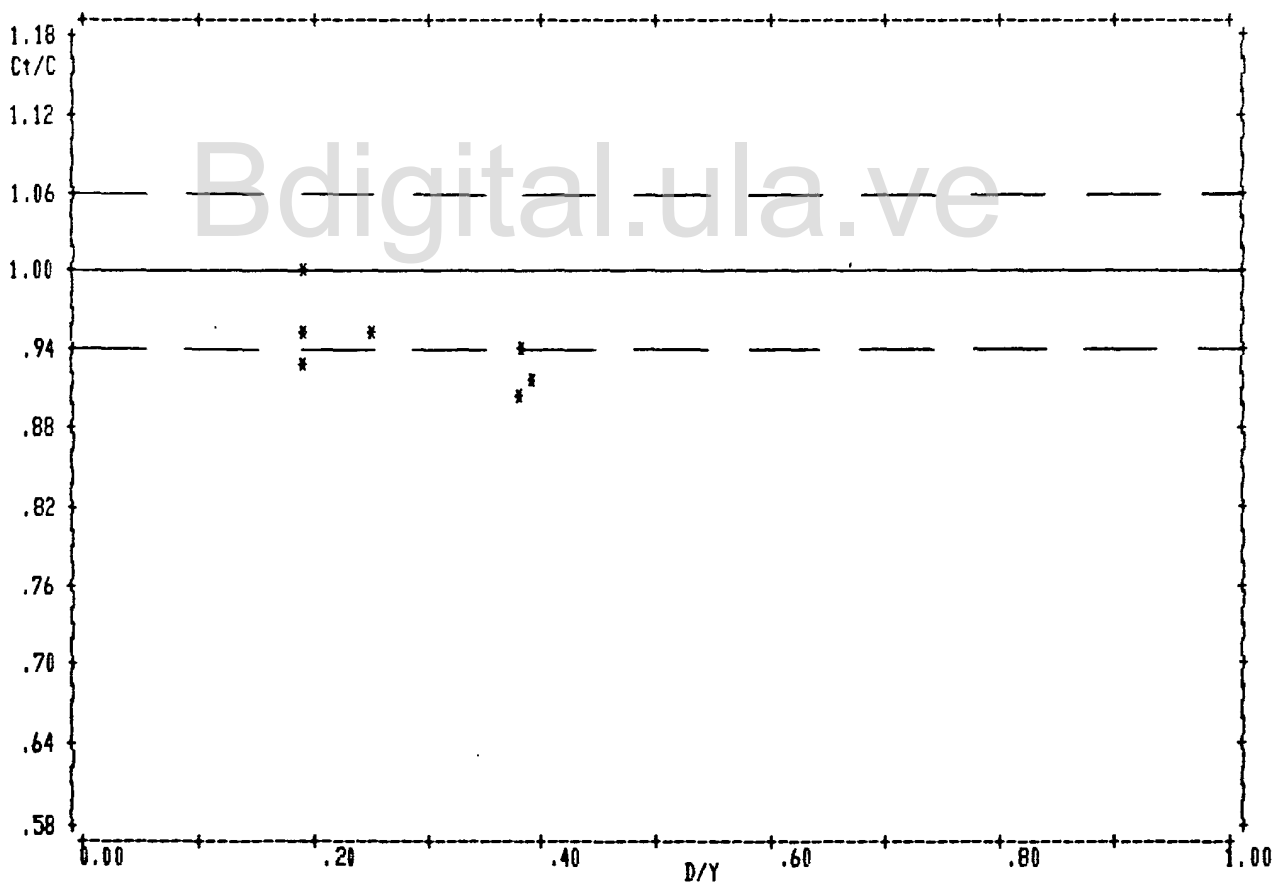


Figura C.27

MODELO DE RUGOSIDAD COMPUESTA - VEL. MEDIA CONSTANTE

DATOS DE TAYLOR - LECHO DIVIDIDO VARIAS CAPAS DE PIEDRAS

DIAM. (m) = .0254 ALFA = 1.60 BETA = 0.865

LONG. FONDO LISO (m) = .1334 LONG. FONDO RUGOSO (m.) = .1334

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s.	PEND.	R.H. m.	DIAM/Y	Cliso	Crug.	Ctotal	Cexp.	Dif %	Ct/C
1	.0963	.646	.00415	.0567	.264	21.343	8.681	13.595	13.452	1.059	1.011
2	.0905	.927	.01000	.0543	.281	22.042	8.564	13.477	12.703	6.090	1.061
3	.0469	1.006	.02520	.0347	.541	21.240	7.504	11.205	10.854	3.233	1.032

ERROR MEDIO CUADRATICO (%) = 4.0274

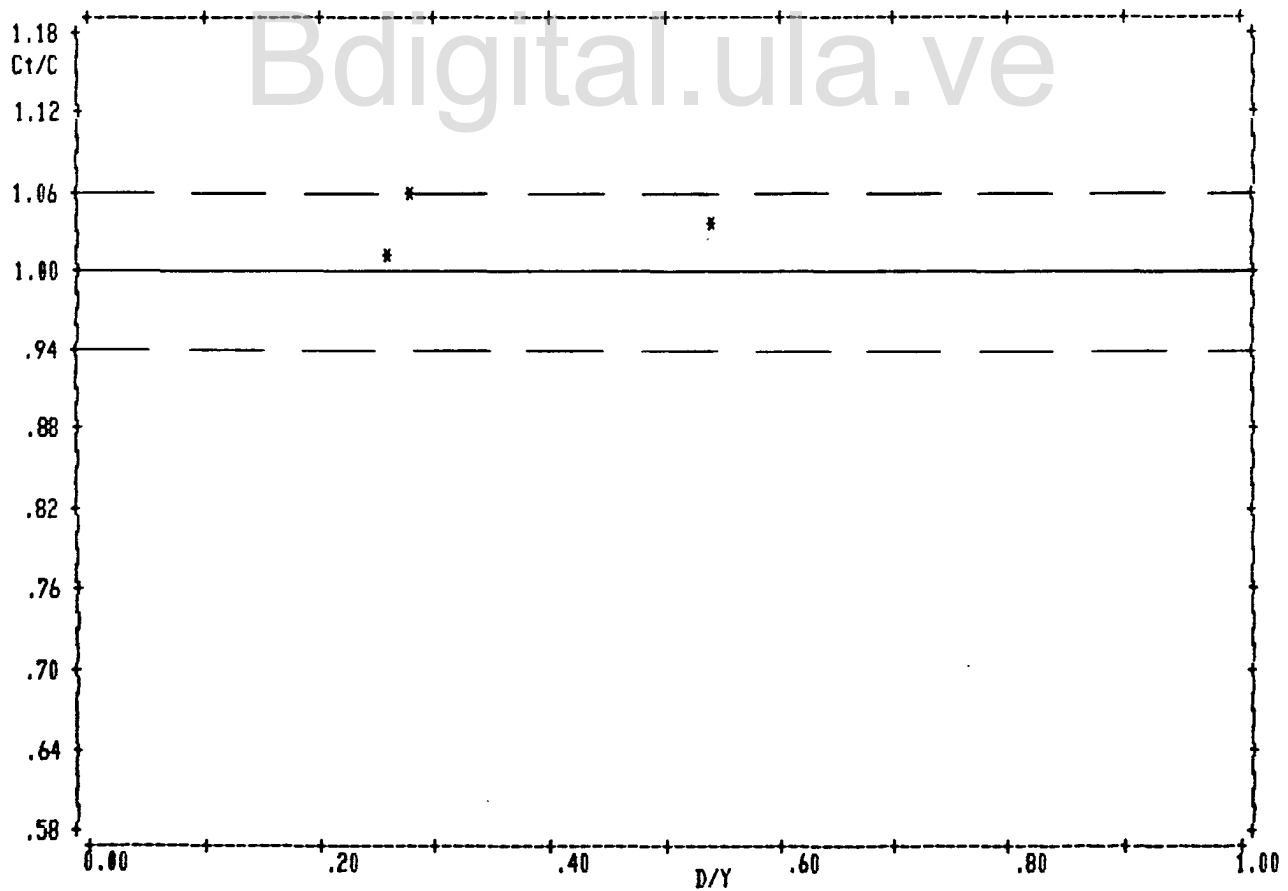


Figura C.28

MODELO DE RUGOSIDAD COMPUESTA

VELOCIDAD MEDIA VARIABLE PARA LAS DISTINTAS RUGOSIDADES

DATOS DE TAYLOR - LECHO DIVIDIDO VARIAS CAPAS DE PIEDRAS

DIAM. (m) = .0254 ALFA = 1.6 BETA = 0.865 LAMBDA = 3.5
 LONG. FONDO LISO (m) = .1334 LONG. FONDO RUGOSO (m) = .1334

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s.	PEND.	R.H. m.	DIAM/Y	C _{liso} '	C _{rug.}	C _{total}	C _{exp.}	Dif %	C _t /C
1	.0963	.646	.00415	.0567	.264	21.343	8.681	13.667	13.452	1.597	1.016
2	.0905	.927	.01000	.0543	.281	22.042	8.564	13.560	12.703	6.744	1.067
3	.0469	1.006	.02520	.0347	.541	21.240	7.504	11.356	10.854	4.623	1.046

ERROR MEDIO CUAD. (%) = 4.8095

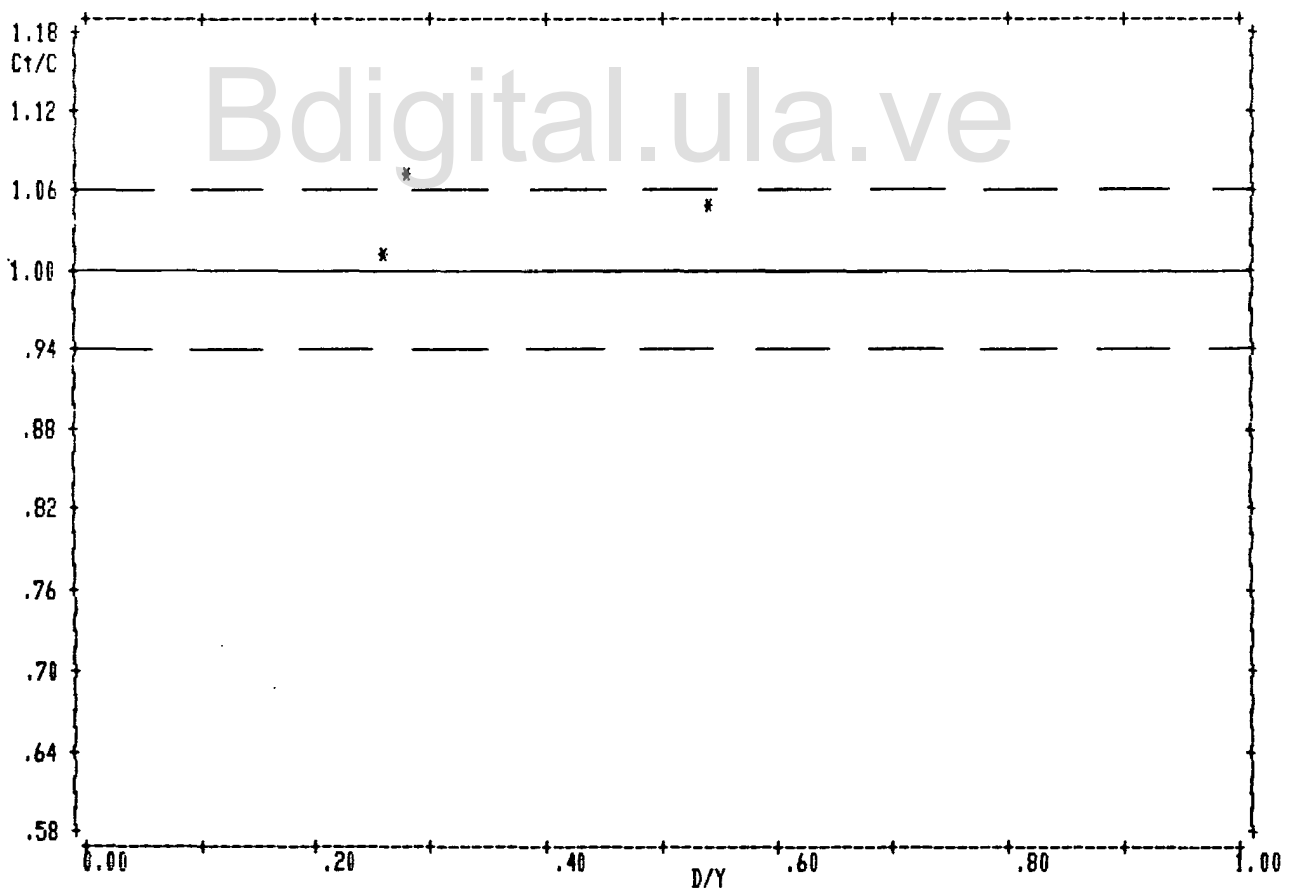


Figura C.29

MODELO DE RUGOSIDAD COMPUESTA

VELOCIDAD MEDIA VARIABLE PARA LAS DISTINTAS RUGOSIDADES

DATOS DE TAYLOR - LECHO DIVIDIDO UNA SOLA CAPA DE PIEDRAS

DIAM.(m)= .0254 ALFA = 1.83 BETA = 0.6 LAMBDA = 3.5

LONG. FONDO LISO (m) = .1334 LONG. FONDO RUGOSO (m.) = .1334

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s.	PEND.	R.H. m.	DIAM/Y	Cliso	Crug.	Ctotal	Cexp.	Dif %	Ct/C
1	.1353	.291	.00064	.0671	.188	19.961	8.902	14.153	14.189	-.252	.997
2	.1341	.613	.00235	.0668	.189	21.586	8.883	14.522	15.620	-7.029	.930
3	.1347	1.015	.00670	.0655	.189	22.662	8.893	14.789	15.468	-4.393	.956
4	.1009	.963	.00828	.0576	.252	22.260	8.275	13.441	14.083	-4.557	.954
5	.1006	.634	.00374	.0573	.253	21.325	8.269	13.273	13.829	-4.018	.960
6	.0674	.823	.00933	.0448	.377	21.358	7.467	11.731	12.853	-8.732	.913
7	.0658	.421	.00265	.0439	.386	19.839	7.424	11.461	12.454	-7.976	.920
8	.0664	.245	.00097	.0442	.382	18.680	7.441	11.326	11.967	-5.354	.946

. ERROR MEDIO CUAD.(%)= 5.8546

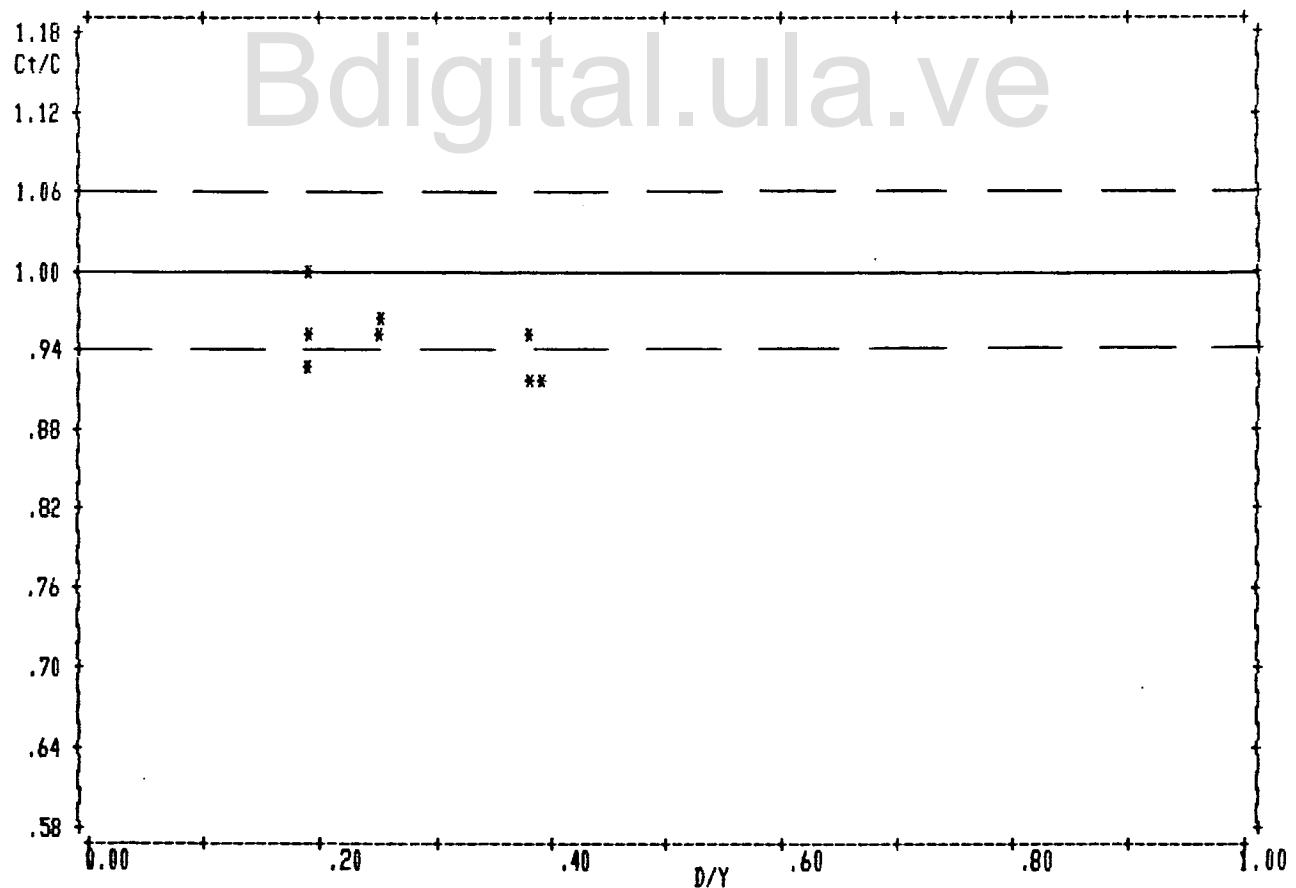


Figura C.30

GRAFICA DEL ERROR MEDIO CUADRATICO EN FUNCION DEL PARAMETRO LAMBDA

DATOS DE TAYLOR - LECHO DIVIDIDO VARIAS CAPAS DE PIEDRAS

DIAMETRO 0.0254 m. ALFA: 1.6 BETA: 0.865

NUMERO DE EXPERIMENTOS: 3

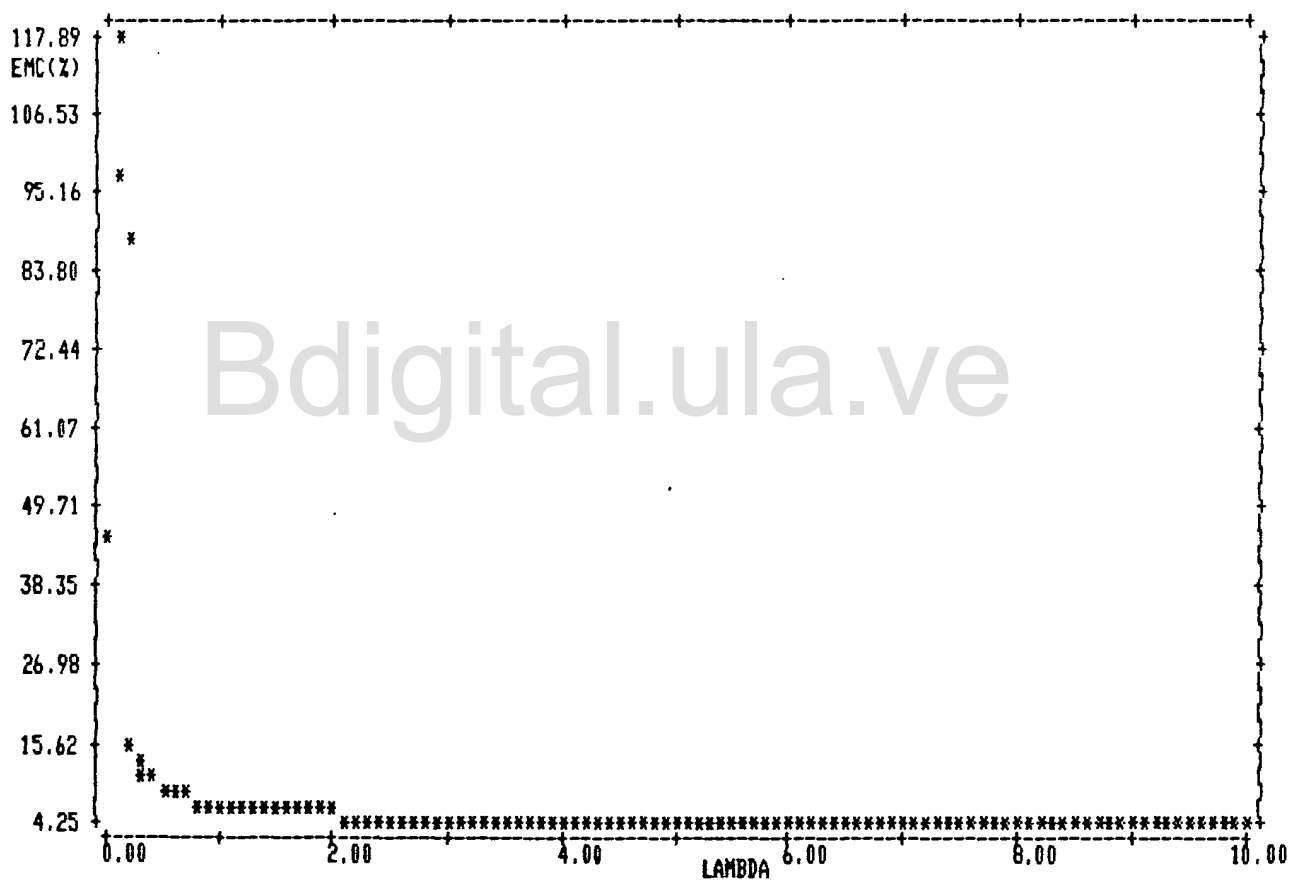


Figura C.31

GRAFICA DEL ERROR MEDIO CUADRATICO EN FUNCION DEL PARAMETRO LAMBDA

DATOS DE TAYLOR - LECHO DIVIDIDO UNA SOLA CAPA DE PIEDRAS

DIAMETRO 0.0254 m. ALFA = 1.83 BETA = 0.6

NUMERO DE EXPERIMENTOS: 8



Figura C.32

MODELO DE RUGOSIDAD COMPUESTA

VELOCIDAD MEDIA VARIABLE PARA LAS DISTINTAS RUGOSIDADES

DATOS DE TAYLOR - LECHO DIVIDIDO UNA SOLA CAPA DE PIEDRAS

DIAM.(m)= .0254 ALFA = 1.83 BETA = 0.6 LAMBDA = 0.30

LONG. FONDO LISO (m) = .1334 LONG. FONDO RUGOSO (m.) = .1334

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s.	PEND.	R.H. m.	DIAM/Y	Cliso	Crug.	Ctotal	Cexp.	Dif %	Ct/C
1	.1353	.291	.00064	.0671	.168	19.961	8.902	14.403	14.189	1.509	1.015
2	.1341	.613	.00235	.0668	.189	21.586	8.883	14.902	15.620	-4.601	.954
3	.1347	1.015	.00670	.0655	.189	22.662	8.893	15.233	15.468	-1.517	.985
4	.1009	.963	.00828	.0576	.252	22.260	8.275	14.132	14.083	.353	1.004
5	.1006	.634	.00374	.0573	.253	21.325	8.269	13.890	13.829	.442	1.004
6	.0674	.823	.00933	.0448	.377	21.358	7.467	12.745	12.853	-.843	.992
7	.0658	.421	.00265	.0439	.386	19.839	7.424	12.358	12.454	-.773	.992
8	.0664	.245	.00097	.0442	.382	18.680	7.441	12.098	11.967	1.094	1.011

ERROR MEDIO CUAD.(%)= 1.8899

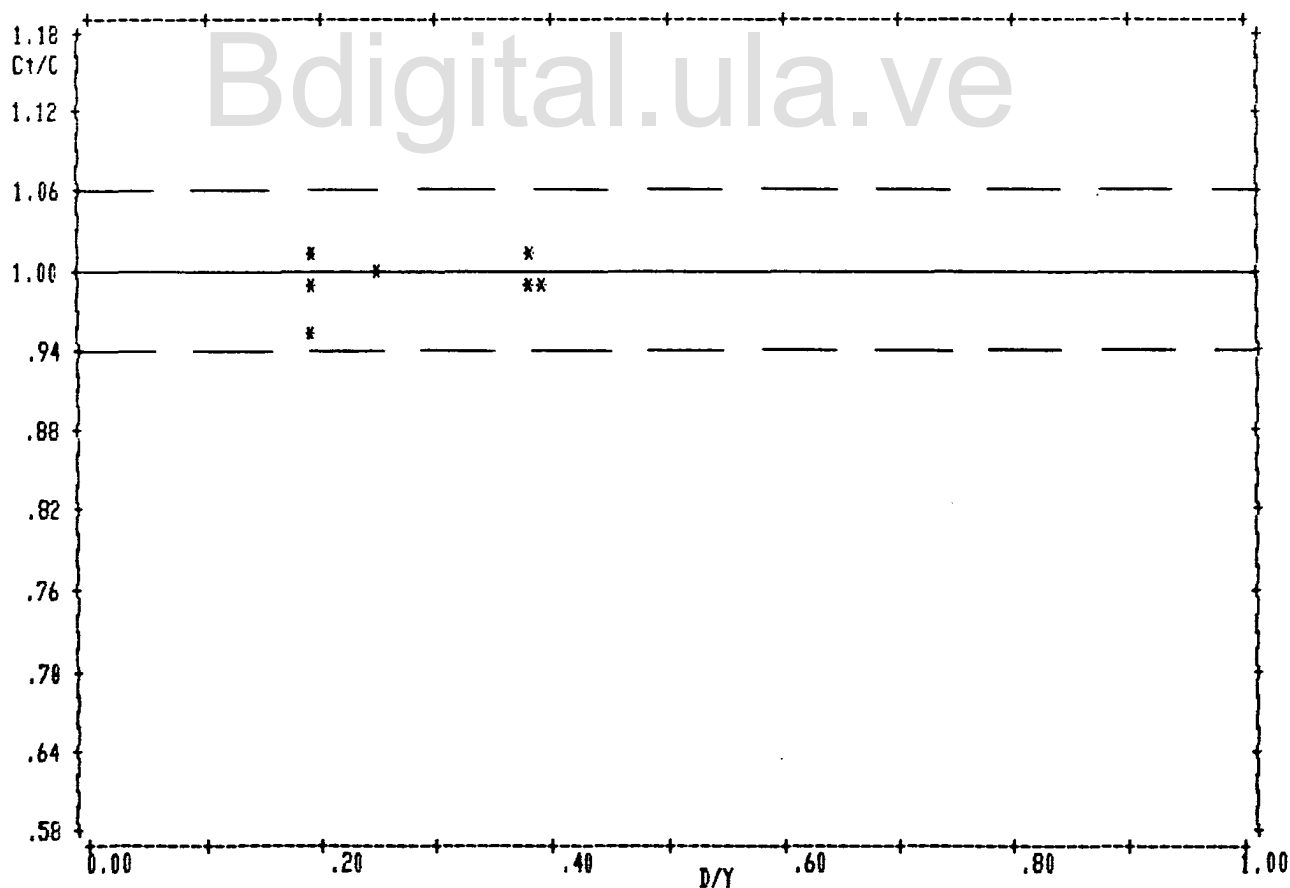
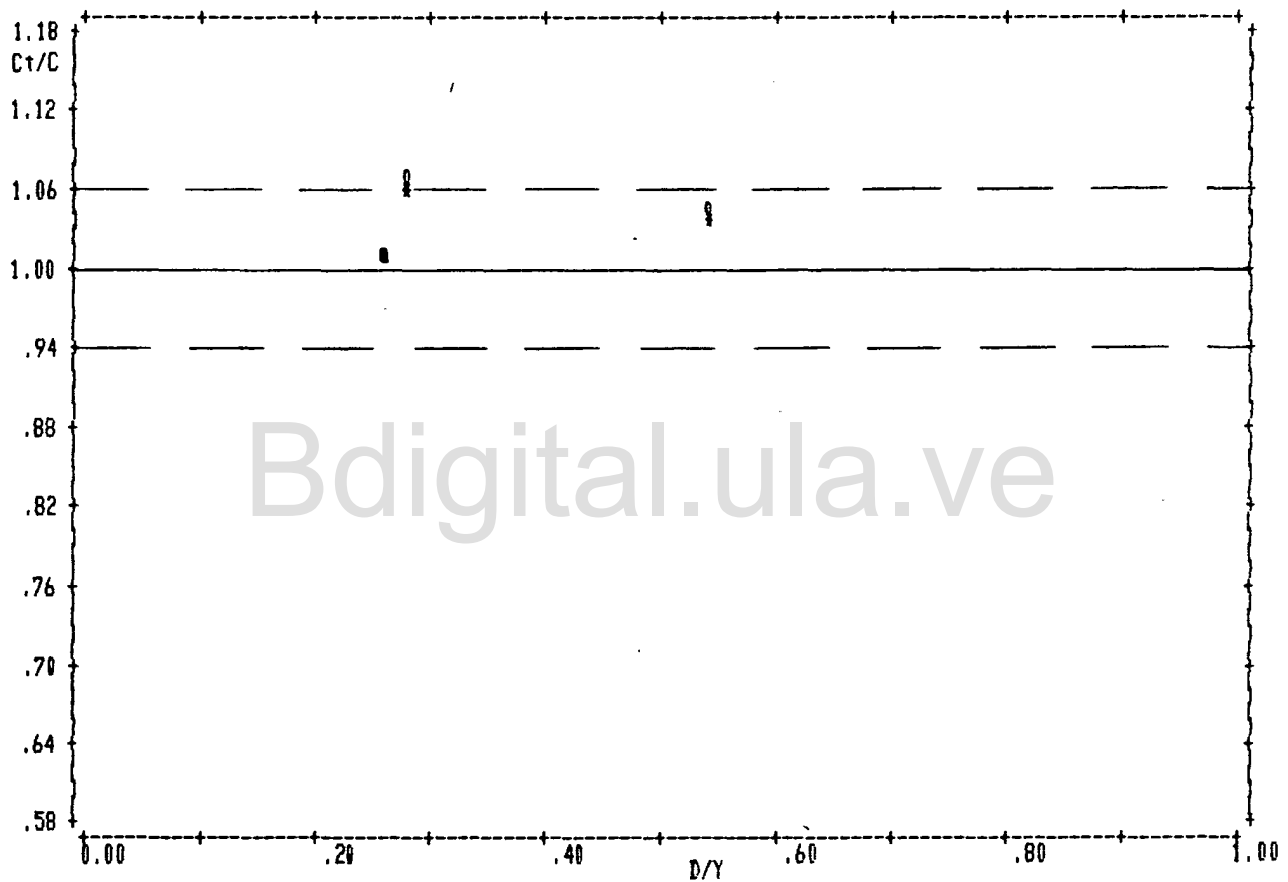


Figura C.33

CALCULO DE LA RESISTENCIA EN LECHOS CON RUGOSIDAD COMPUESTA

DATOS DE TAYLOR - LECHO DIVIDIDO VARIAS CAPAS DE PIEDRAS



* CONSIDERANDO VELOCIDAD MEDIA CONSTANTE PARA LAS DISTINTAS RUGOSIDADES

o CONSIDERANDO VELOCIDAD MEDIA VARIABLE PARA LAS DISTINTAS RUGOSIDADES

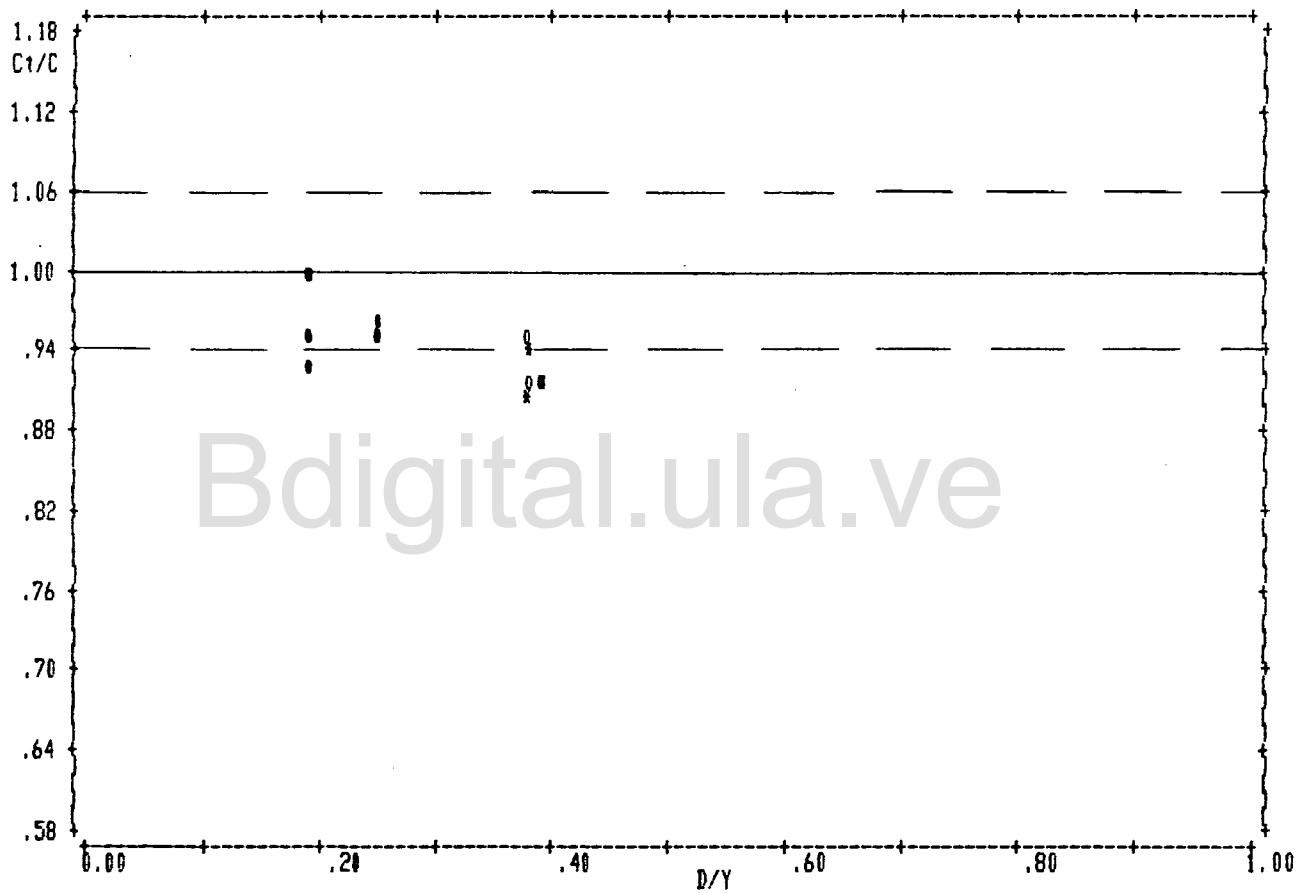
■ VALORES COINCIDENTES

ALFA = 1.6 BETA = 0.865 LAMBDA = 3.5

Figura C.34

CALCULO DE LA RESISTENCIA EN LECHO CON RUGOSIDAD COMPUESTA

DATOS DE TAYLOR - LECHO DIVIDIDO UNA SOLA CAPA DE PIEDRAS



* CONSIDERANDO VELOCIDAD MEDIA CONSTANTE PARA LAS DISTINTAS RUGOSIDADES

o CONSIDERANDO VELOCIDAD MEDIA VARIABLE PARA LAS DISTINTAS RUGOSIDADES

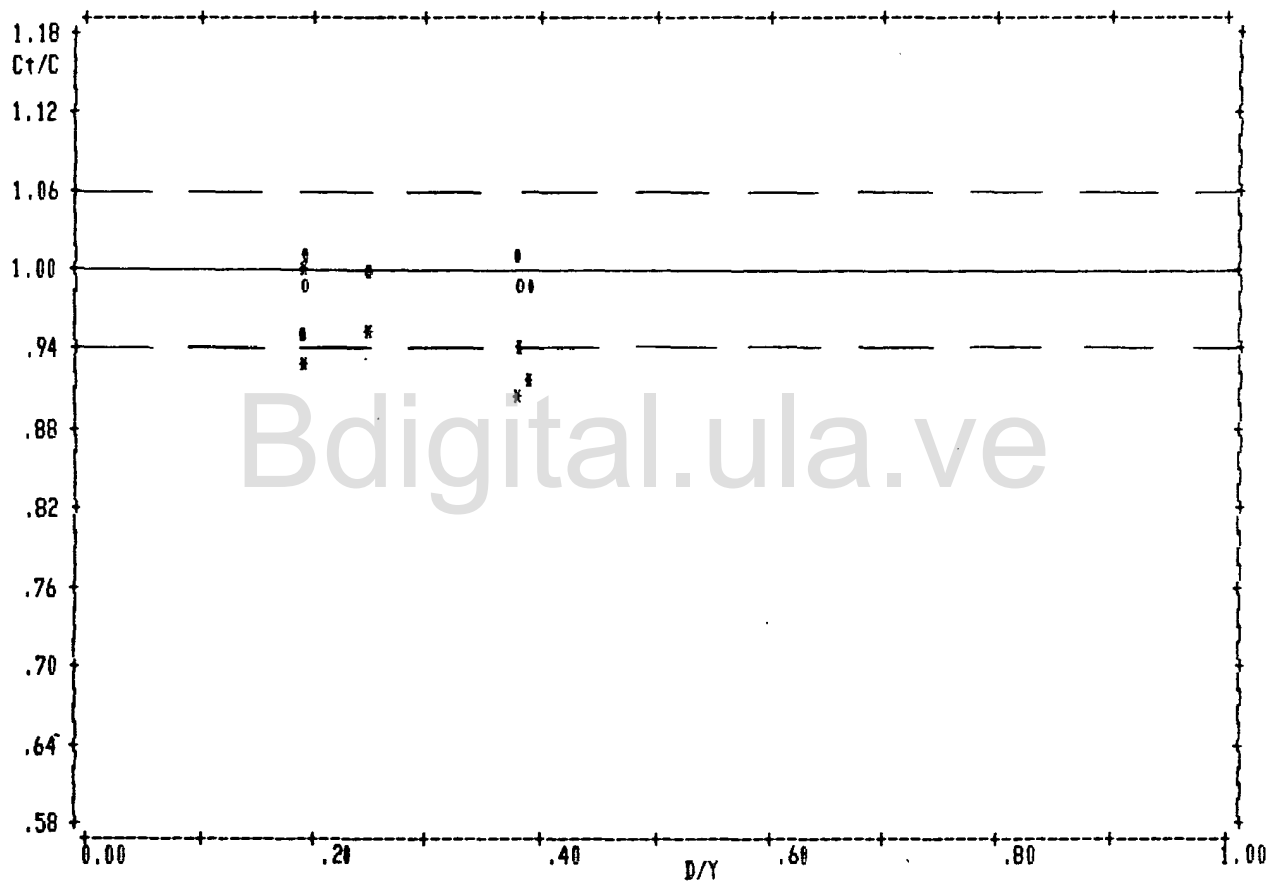
■ VALORES COINCIDENTES

ALFA = 1.83 BETA = 0.6 LAMBDA = 3.5

Figura C.35

CALCULO DE LA RESISTENCIA EN LECHO CON RUGOSIDAD COMPUESTA

DATOS DE TAYLOR - LECHO DIVIDIDO UNA SOLA CAPA DE PIEDRAS

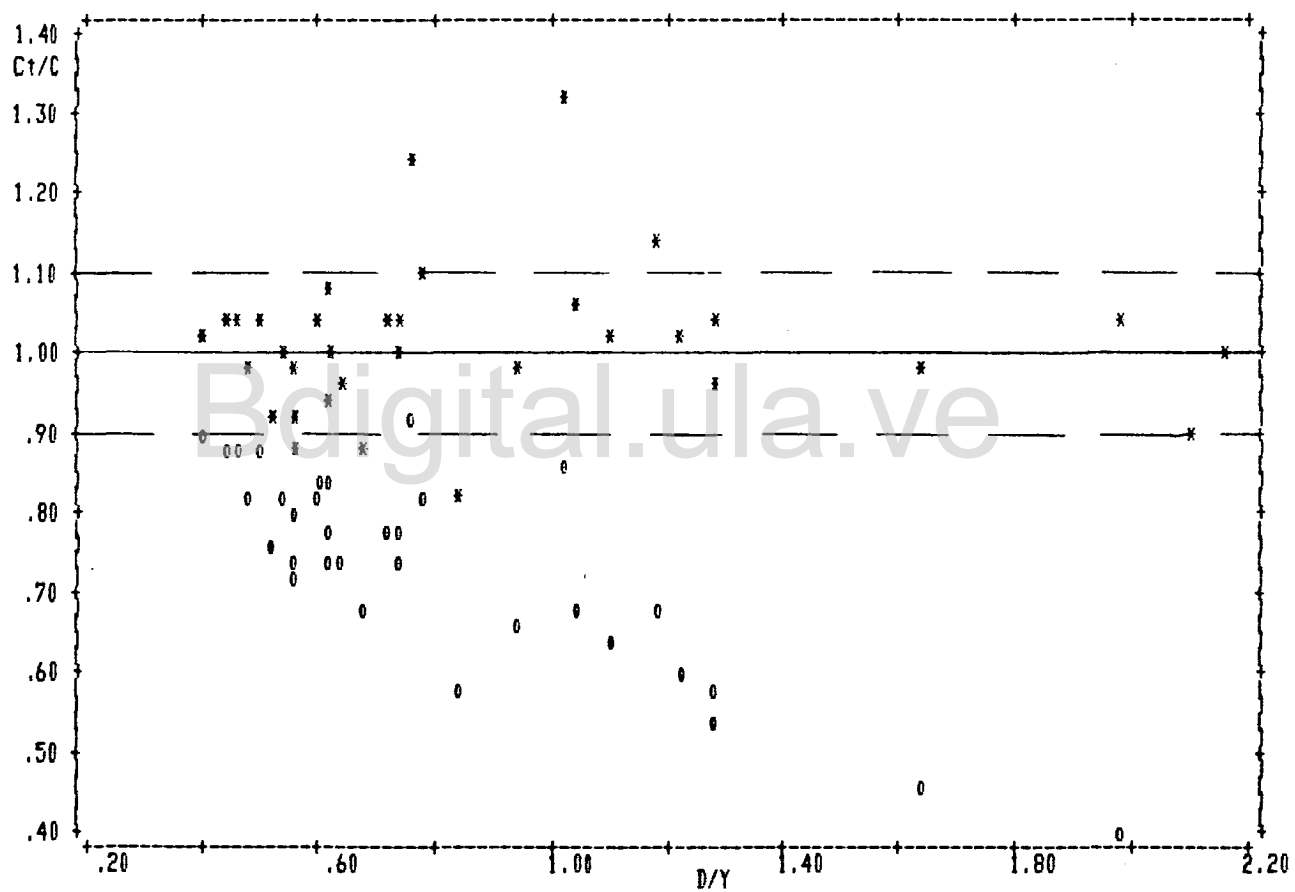


CALCULO DE RESISTENCIA EN LECHOS RUGOSOS

DATOS DEL LABORATORIO DE HIDRAULICA DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

FONDO ENTERAMENTE RUGOSO - GRANULOMETRIA VARIADA

DIAMETRO REPRESENTATIVO: 0.055 m.



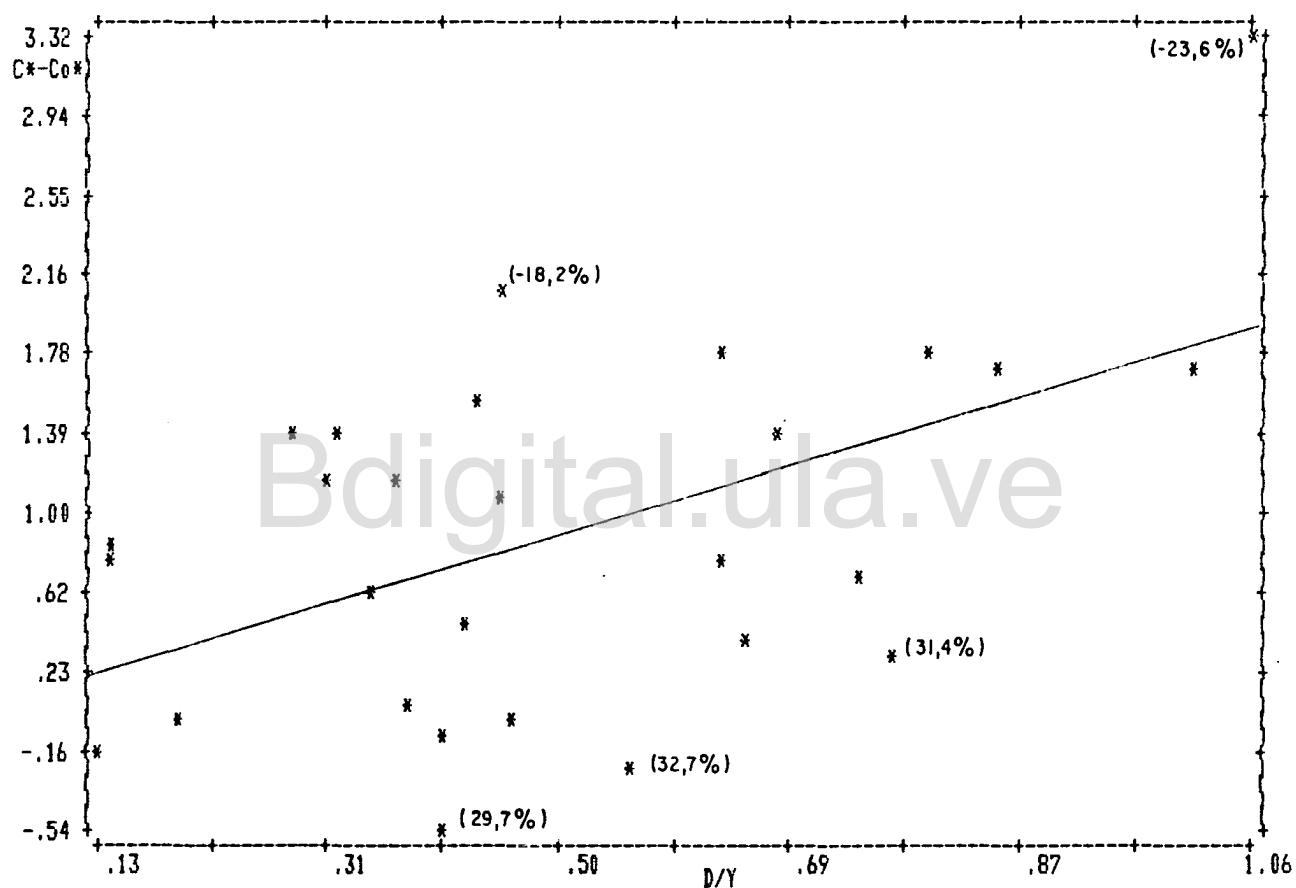
* VALOR CALCULADO CON EFECTO DE ESTELA ALFA = 1.43 BETA = 1.1177

o VALOR CALCULADO SIN EFECTO DE ESTELA ALFA = 1.43 BETA = 0.00

Figura C.37

DATOS DEL ESTUDIO "EPFL" SERIE I FONDO PLANO SIN TRANSPORTE

D50: 0.0222 m.



LA ECUACION DE REGRESION ES: $C^*-C_0^* = 1.79446 D/Y + (-.00038)$

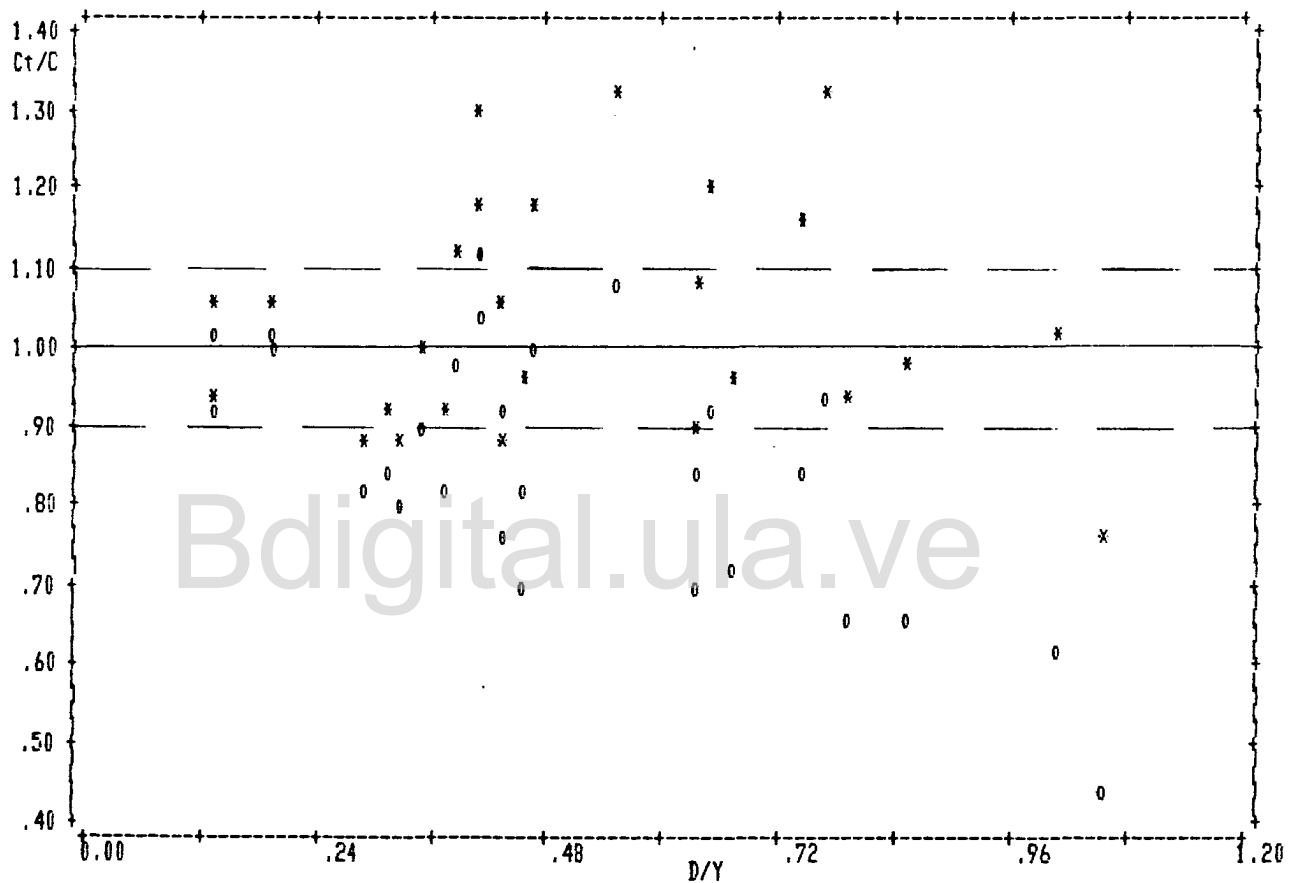
COEF. DE CORRELACION: .52598

ALFA = 3.823 BETA = 0.73035

Figura C.38

DATOS DEL ESTUDIO "EPFL" - SERIE I FONDO PLANO SIN TRANSPORTE

DIAMETRO REPRESENTATIVO: 0.022 m.

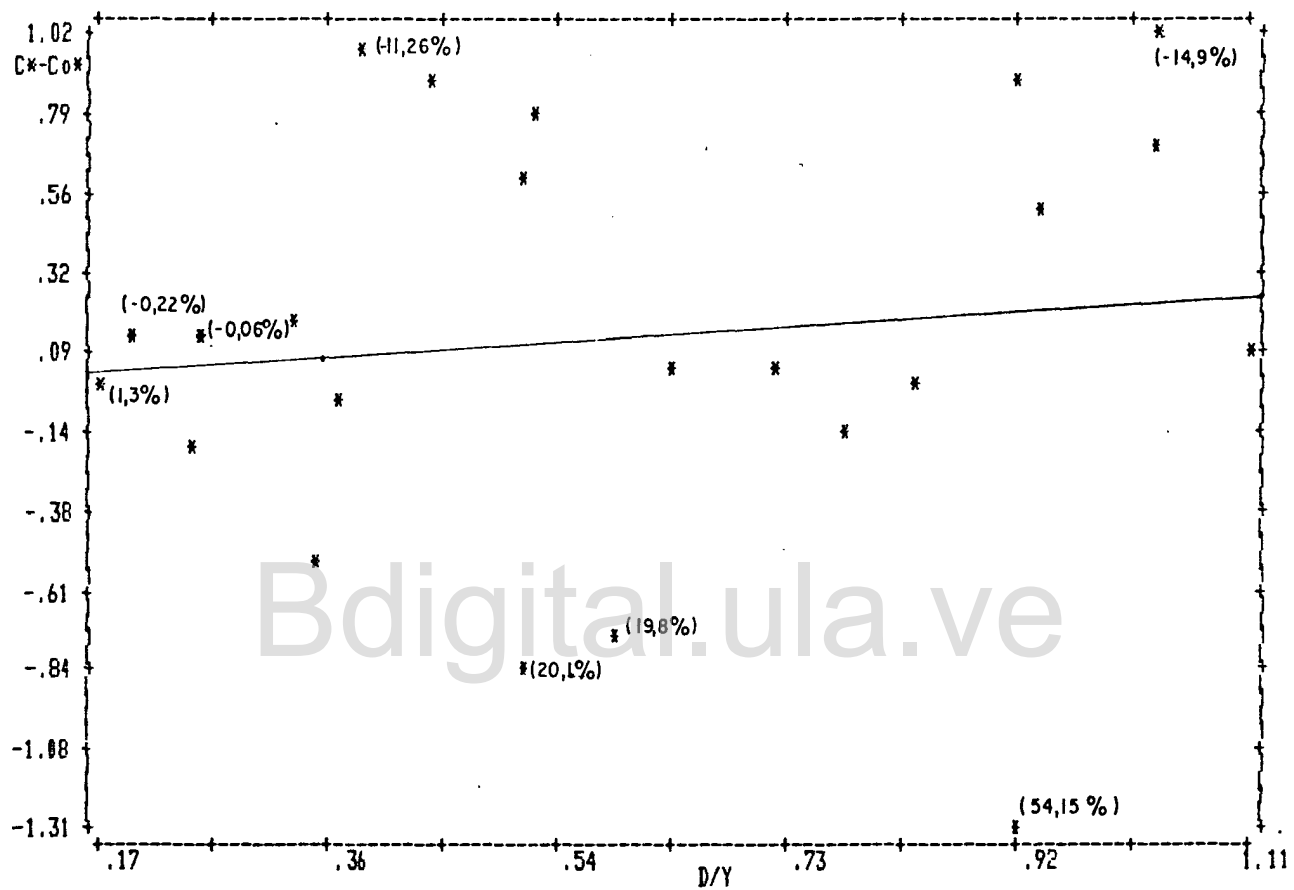


* CALCULADO CON EFECTO DE ESTELA ALFA: 3.823 BETA: 0.7304

o CALCULADO SIN EFECTO DE ESTELA ALFA: 3.823 BETA: 0.0000

Figura C.39

DATOS DEL ESTUDIO "EPFL" SERIE II FONDO PLANO SIN TRANSPORTE



LA ECUACION DE REGRESION ES: $C^*-C_0^* = .23498 D/Y + (-.00120)$

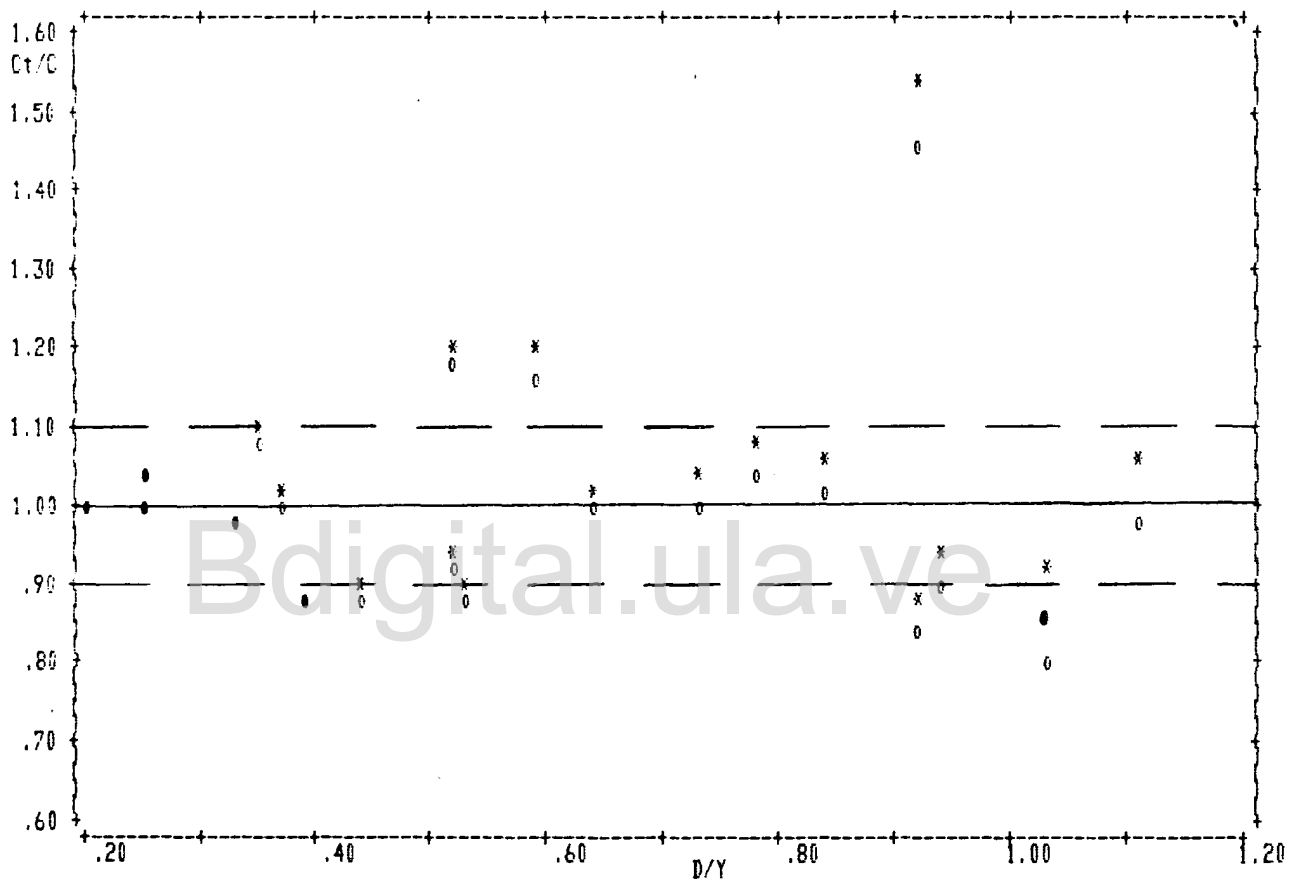
COEF. DE CORRELACION: .1139

ALFA 2.255 BETA = 0.09564

Figura C.40

DATOS DEL ESTUDIO "EPFL" - SERIE II FONDO PLANO SIN TRANSPORTE

DIAMETRO REPRESENTATIVO: 0.0443 m.



* CALCULADO CON EFECTO DE ESTELA ALFA: 2.255 BETA: 0.0956

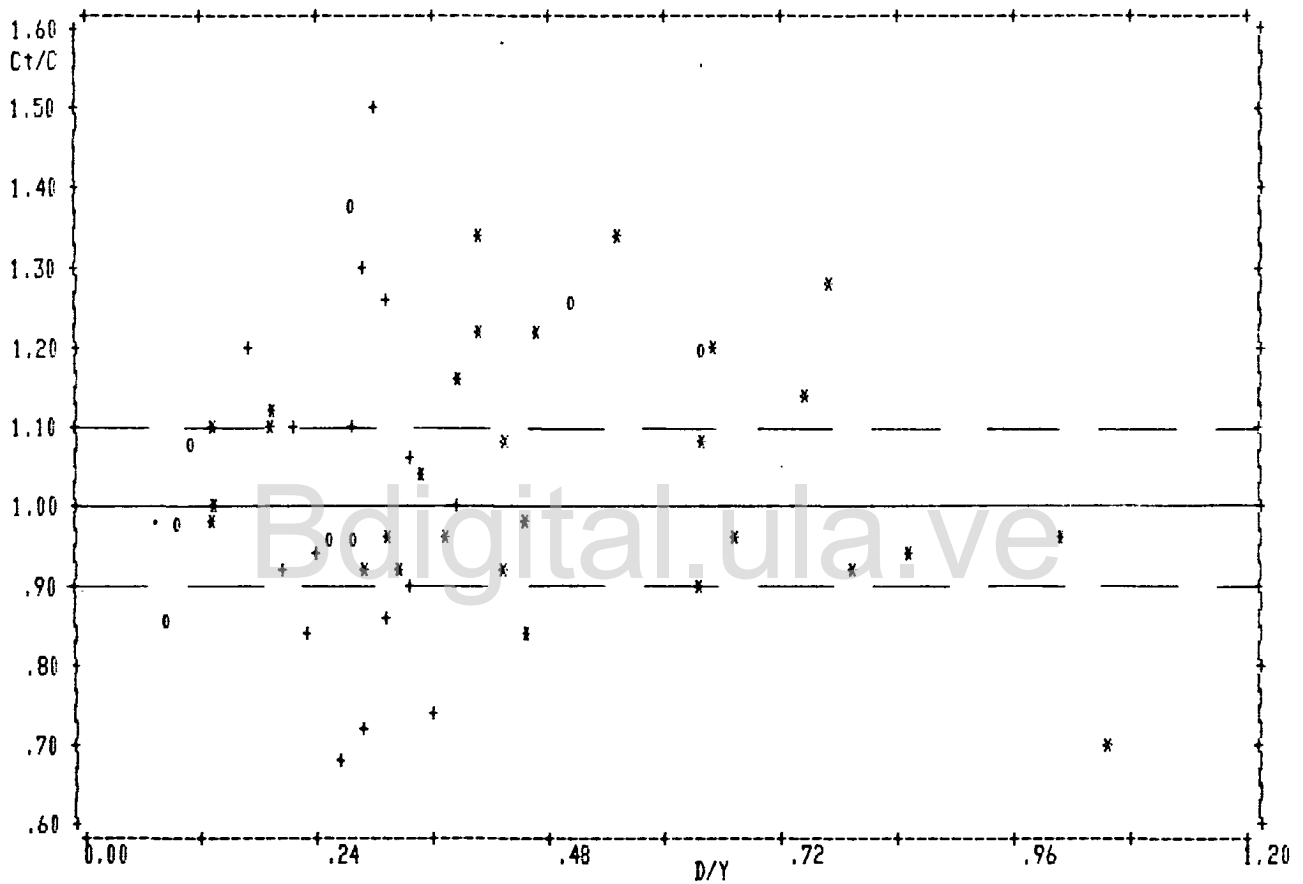
o CALCULADO SIN EFECTO DE ESTELA ALFA: 2.255 BETA: 0.0000

● VALORES COINCIDENTES

Figura C.41

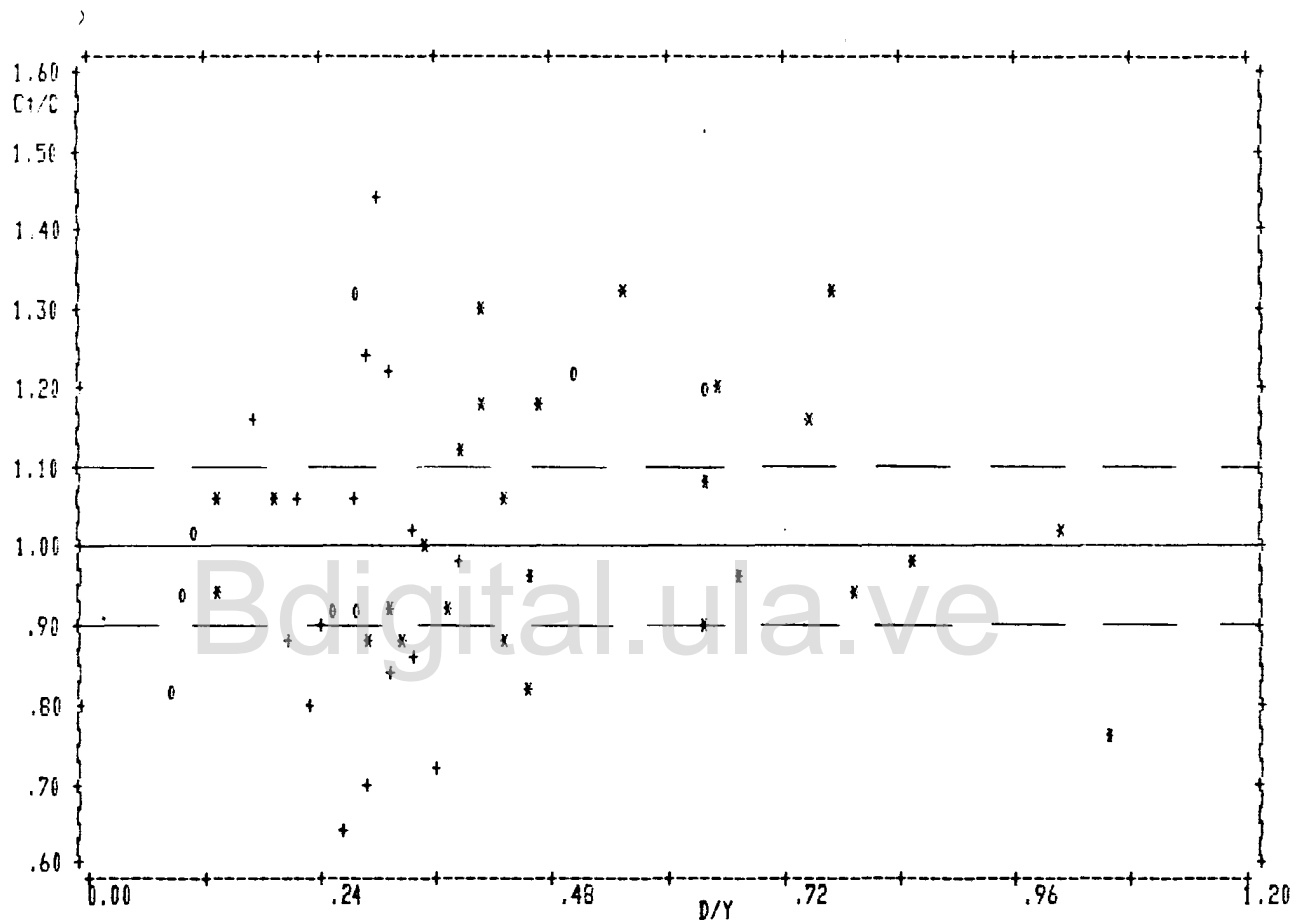
DATOS DEL ESTUDIO "EPFL" - SERIE I

DIAMETRO REPRESENTATIVO: 0.0222 m.



DATOS DEL ESTUDIO "EPFL" - SERIE I

DIAMETRO REPRESENTATIVO: 0.0222 m.



ALFA = 3.823 -- BETA = .7304

* DATOS CORRESPONDIENTES A FONDO PLANO SIN TRANSPORTE

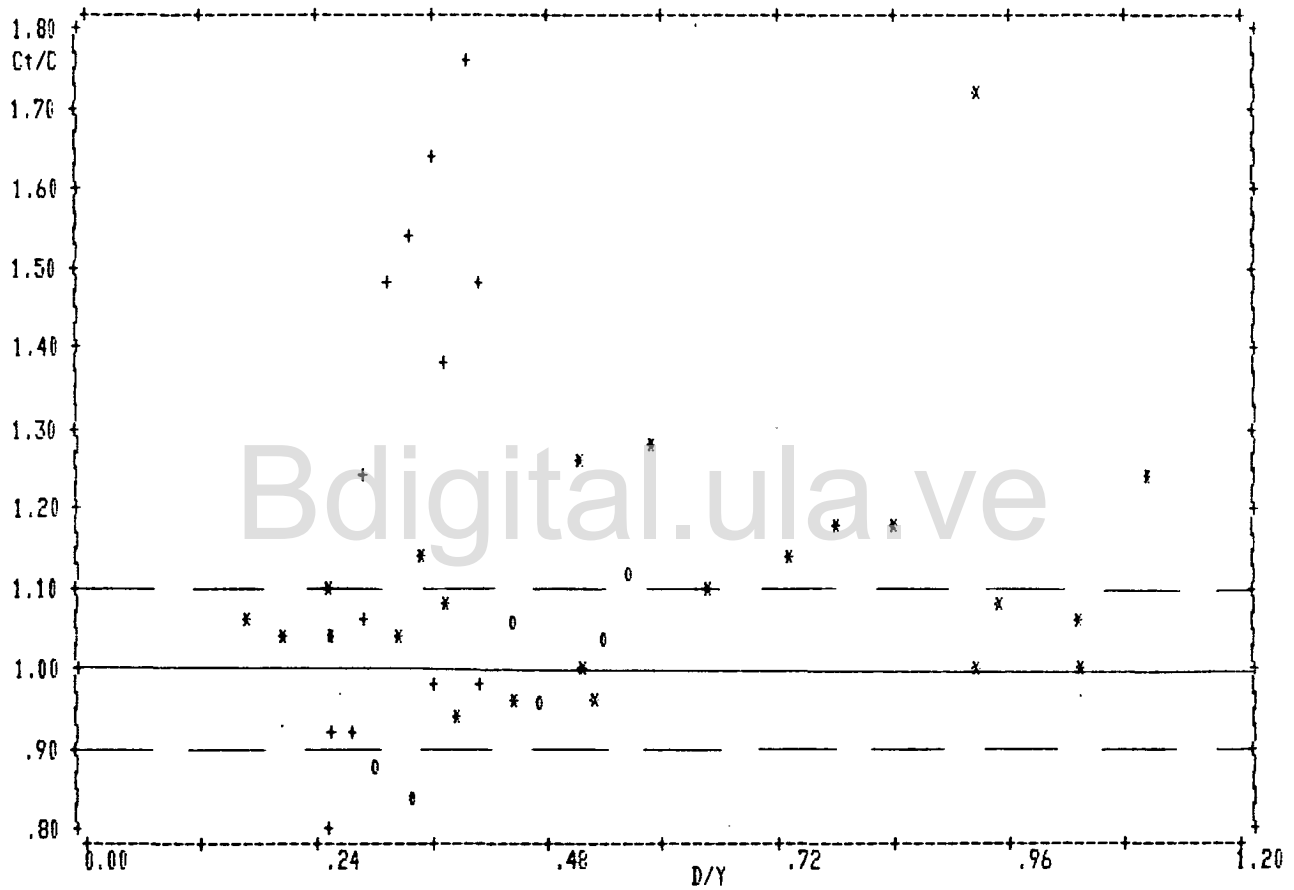
o DATOS CORRESPONDIENTES A FONDO PLANO CON TRANSPORTE

+ DATOS CORRESPONDIENTES A FONDO CON ANTIDUNAS

Figura C.43

DATOS DEL ESTUDIO "EPFL" - SERIE II

DIAMETRO REPRESENTATIVO: 0.0443 m.



ALFA = 3.255 -- BETA = .4781

* DATOS CORRESPONDIENTES A FONDO PLANO SIN TRANSPORTE

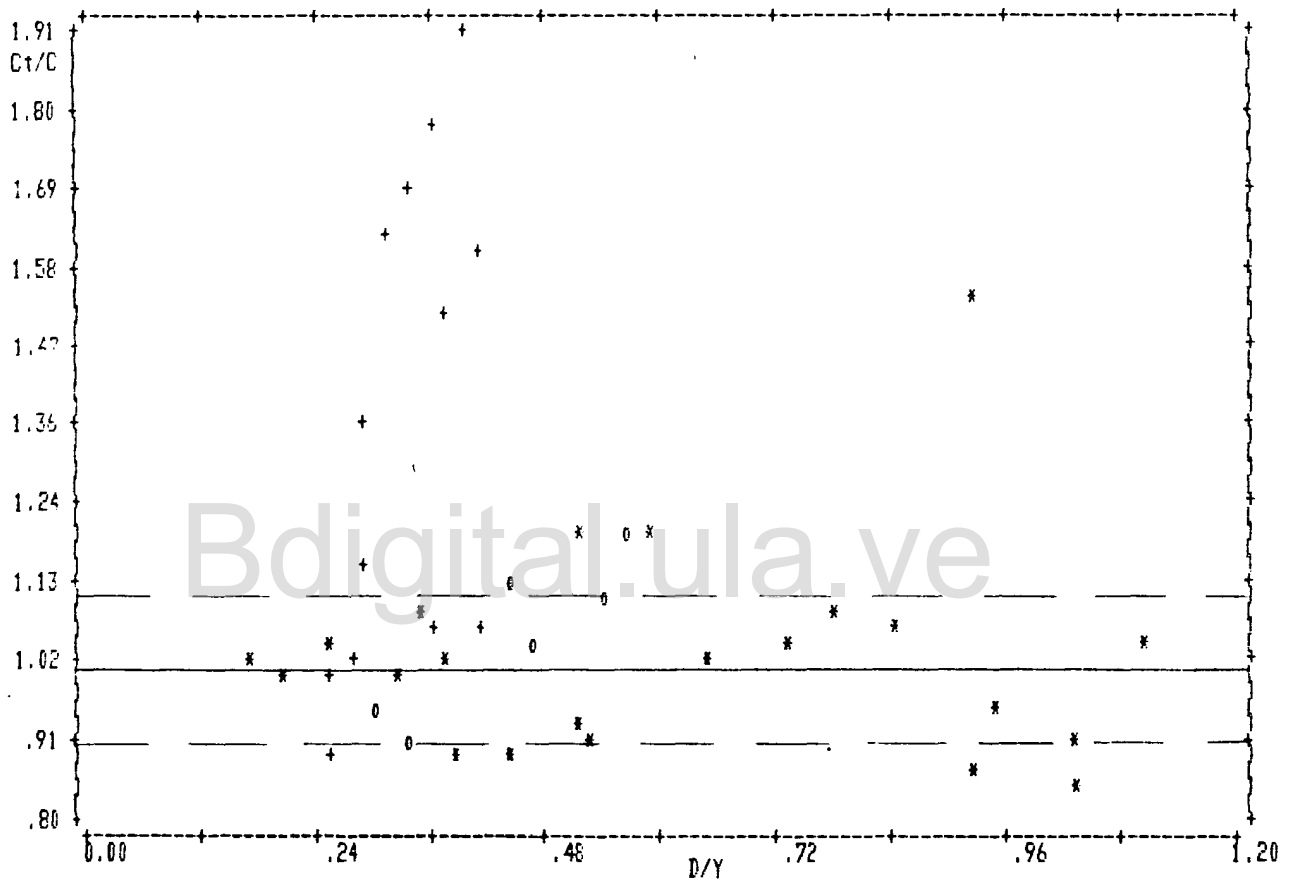
o DATOS CORRESPONDIENTES A FONDO PLANO CON TRANSPORTE

+ DATOS CORRESPONDIENTES A FONDO CON ANTIDUNAS

Figura C.44

DATOS DEL ESTUDIO "EPFL" - SERIE II

DIAMETRO REPRESENTATIVO: 0.0443 m.



ALFA = 2.255 -- BETA = .0956

* DATOS CORRESPONDIENTES A FONDO PLANO SIN TRANSPORTE

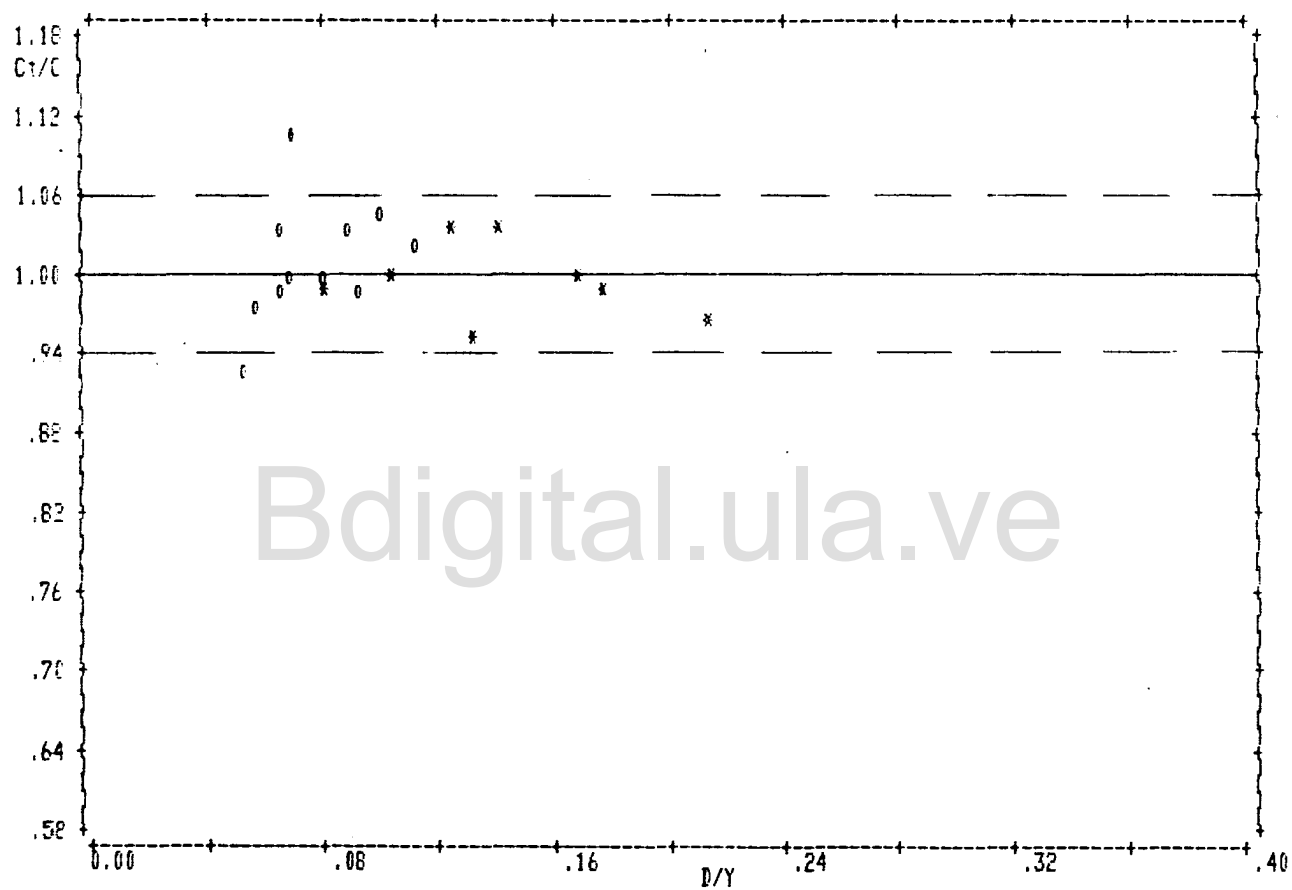
o DATOS CORRESPONDIENTES A FONDO PLANO CON TRANSPORTE

+ DATOS CORRESPONDIENTES A FONDO CON ANTIDUNAS

Figura C.45

DATOS DEL ESTUDIO "EPFL" -- SERIE III

DIAMETRO REPRESENTATIVO: 0.0115 m.



ALFA = 1.095 -- BETA = -2.60

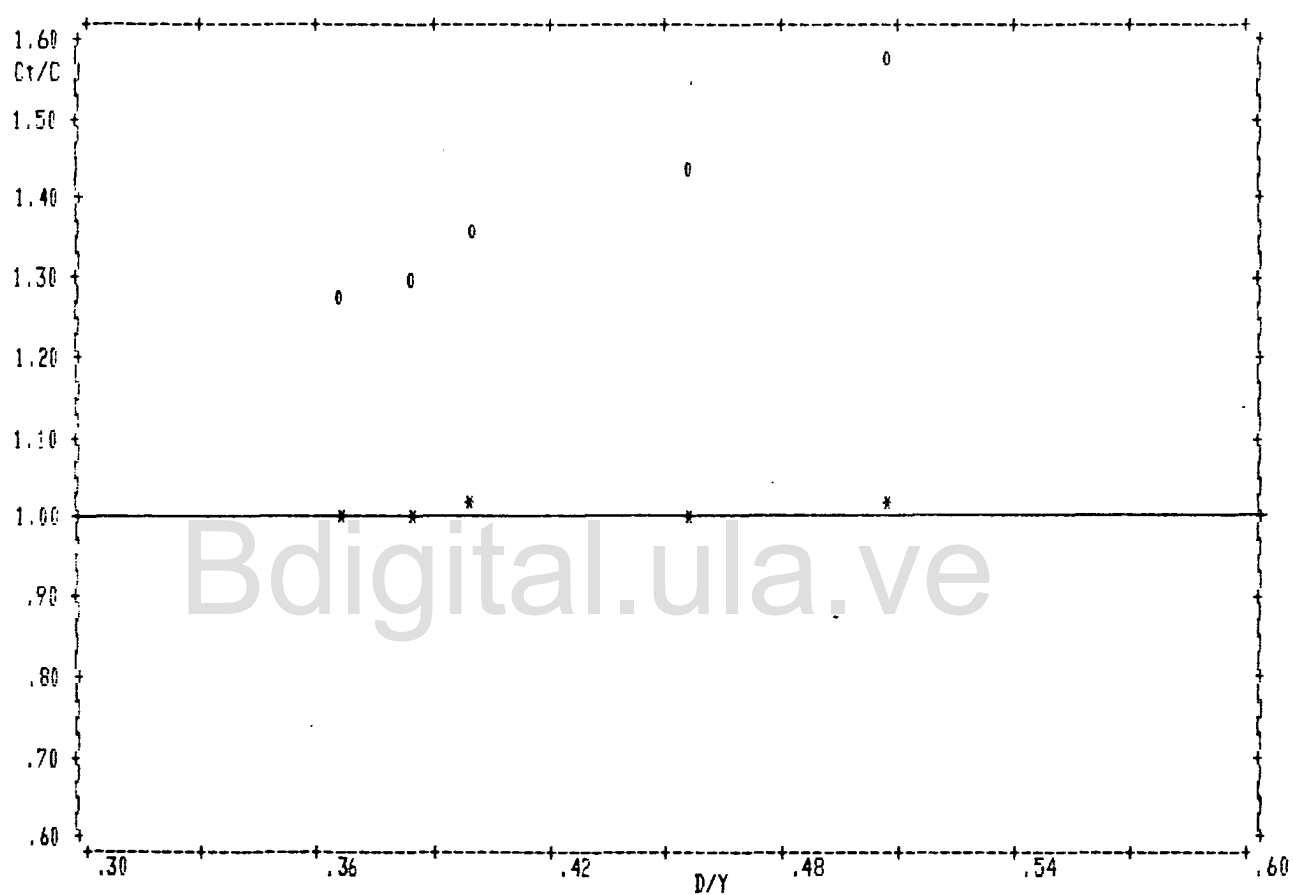
* DATOS CORRESPONDIENTES A FONDO PLANO SIN TRANSPORTE

o DATOS CORRESPONDIENTES A FONDO PLANO CON TRANSPORTE

Figura C.46

DATOS DEL CANAL DE DESCARGA DE LA CENTRAL HIDROELECTRICA TEKAPO B

FUENTE: THOMPSON Y CAMPBELL



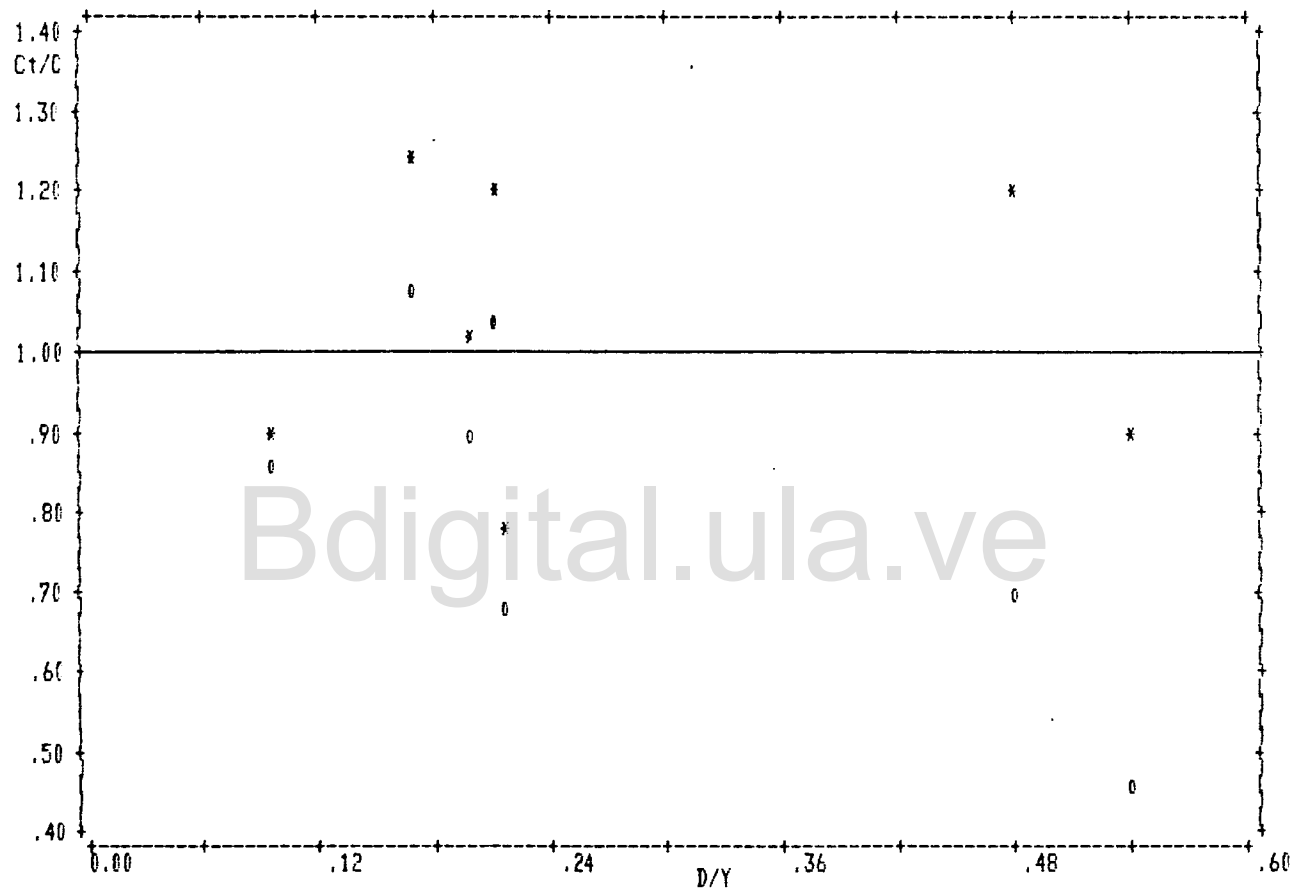
* VALOR CALCULADO CON EFECTO DE ESTELA ALFA: 3.505 BETA: -1.316

o VALOR CALCULADO SIN EFECTO DE ESTELA ALFA: 3.505 BETA: 0.000

Figura C. 47

DATOS DE RIOS DE ESTADOS UNIDOS

FUENTE: THOMPSON Y CAMPBELL

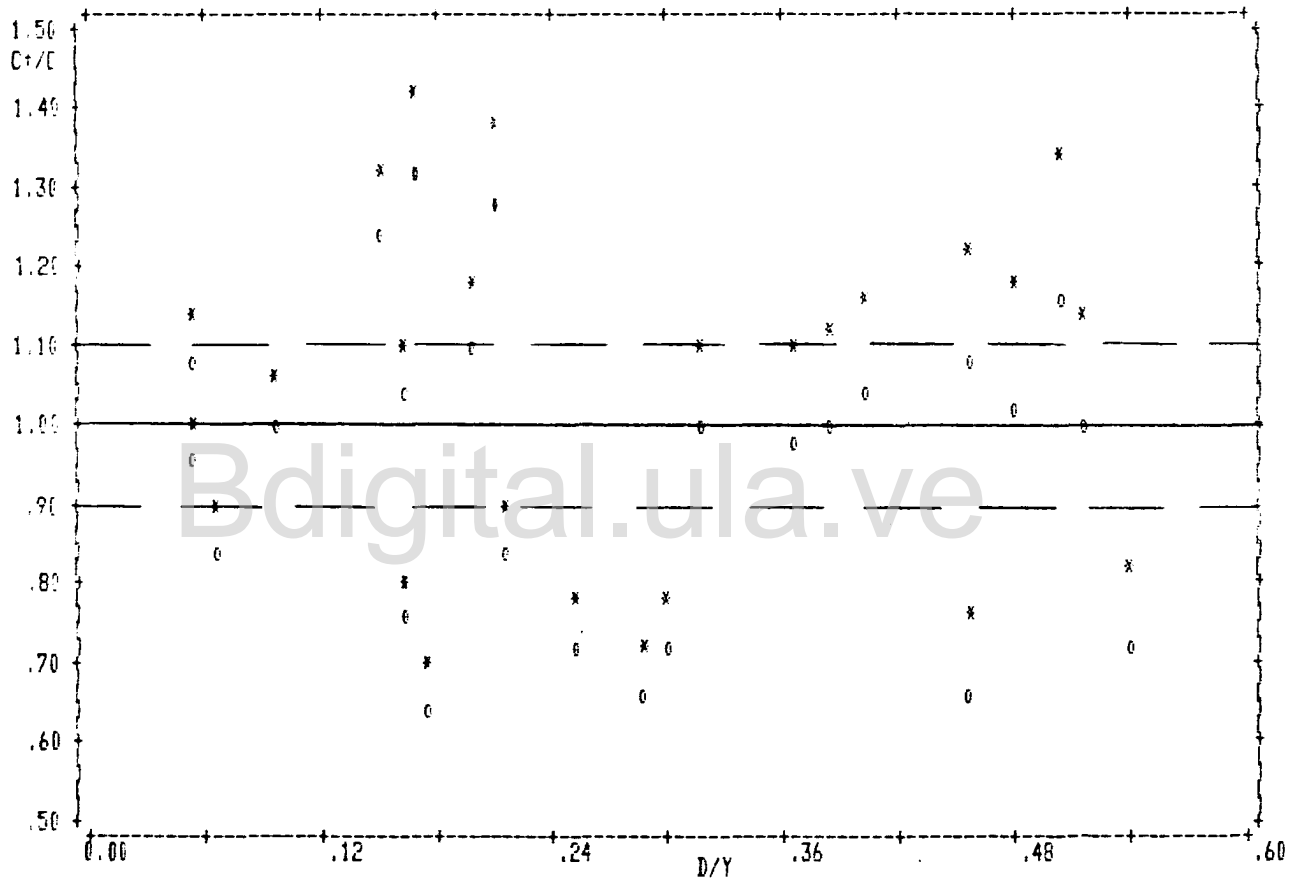


* VALOR CALCULADO CON EFECTO DE ESTELA ALFA: 9.055 BETA: 1.4607
 o VALOR CALCULADO SIN EFECTO DE ESTELA ALFA: 9.055 BETA: 0.0000

Figura C.46

DATOS DE RIOS Y CANALES

FUENTE: THOMPSON Y CAMPBELL



* VALORES CALCULADOS PARA: ALFA = 5.19 BETA = 0.2127

o VALORES CALCULADOS PARA: ALFA = 6.15 BETA = 0.15

Figura C. 49

DATOS DEL RIO BOULDER CREEK

FUENTE: THORNE Y ZEVENBERGEN

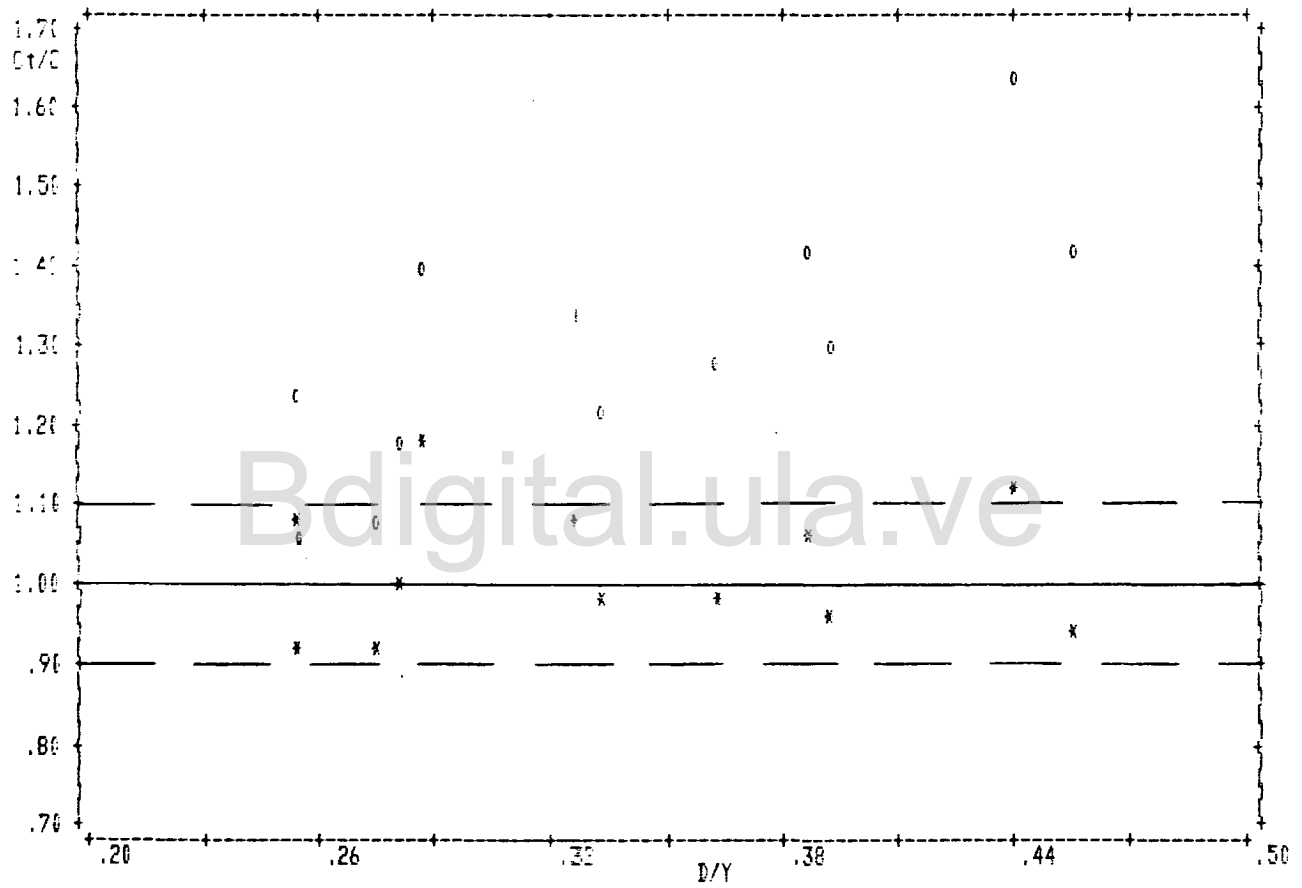
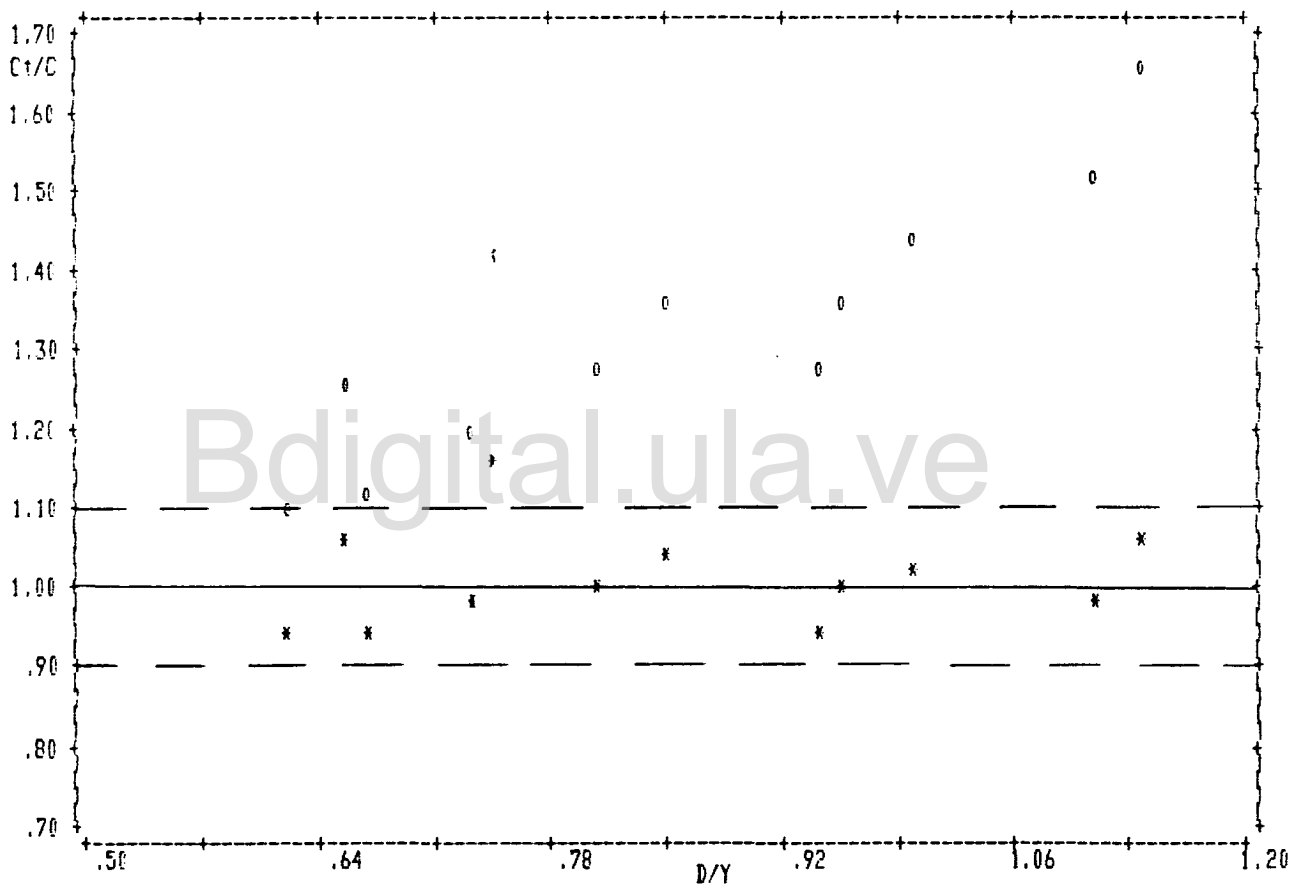
* VALORES CALCULADOS CON EFECTO DE ESTELA $\alpha_F = 5.765$ $\beta = -1.095$ o VALORES CALCULADOS SIN EFECTO DE ESTELA $\alpha_F = 5.765$ $\beta = 0.000$

Figura C.50

DATOS DEL RIO FOULDER CREEK

FUENTE: THORNE Y ZEVENBERGEN

DIAMETRO: D84



* VALORES CALCULADOS CON EFECTO DE ESTELA ALFA: 2.185 BETA: -.4922

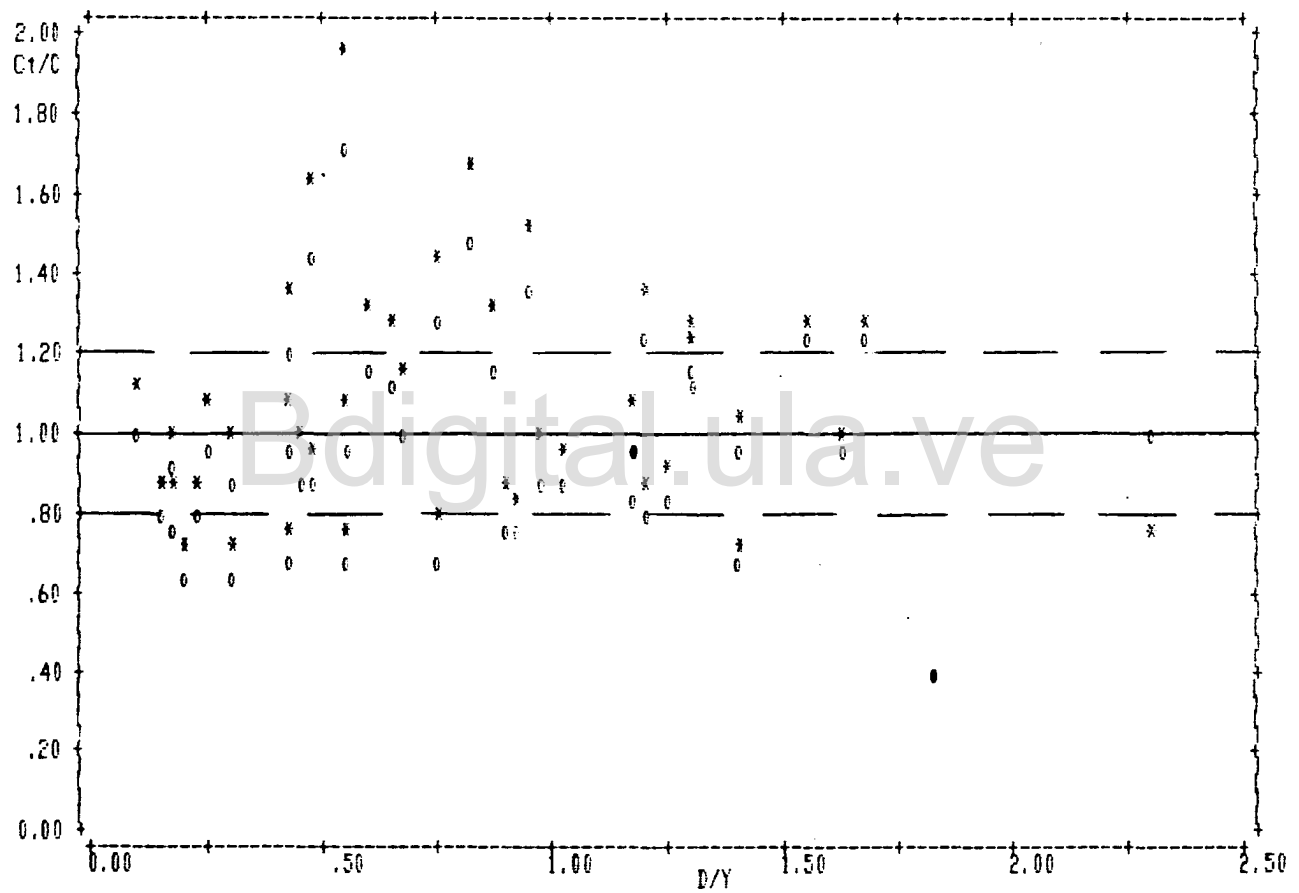
o VALORES CALCULADOS SIN EFECTO DE ESTELA ALFA: 2.185 BETA: .0000

Figura C.51

DATOS DE RIOS DE INGLATERRA:

FUENTE: BATHURST

DIAMETRO: D84



* VALORES CALCULADOS PARA: $\text{ALFA} = 1.84$ $\text{BETA} = -.2748$

o VALORES CALCULADOS PARA: $\text{ALFA} = 2.75$ $\text{BETA} = -.0500$

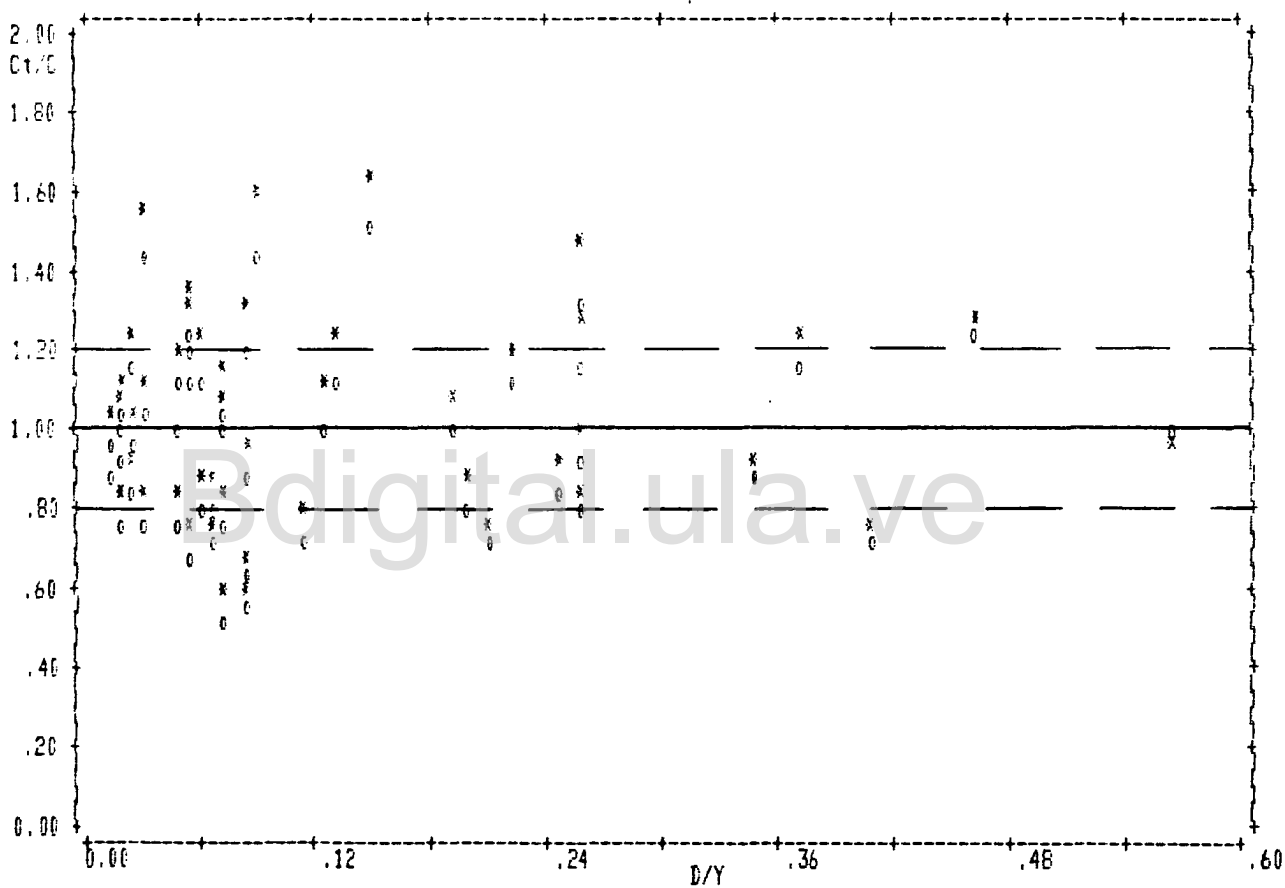
• VALORES COINCIDENTES

Figura C.52

DATOS DE RIOS DE NUEVA ZELANDIA

FUENTE: GRIFFITHS

DIAMETRO: D50



* VALORES CALCULADOS PARA: ALFA = 4.02 BETA = -.5204

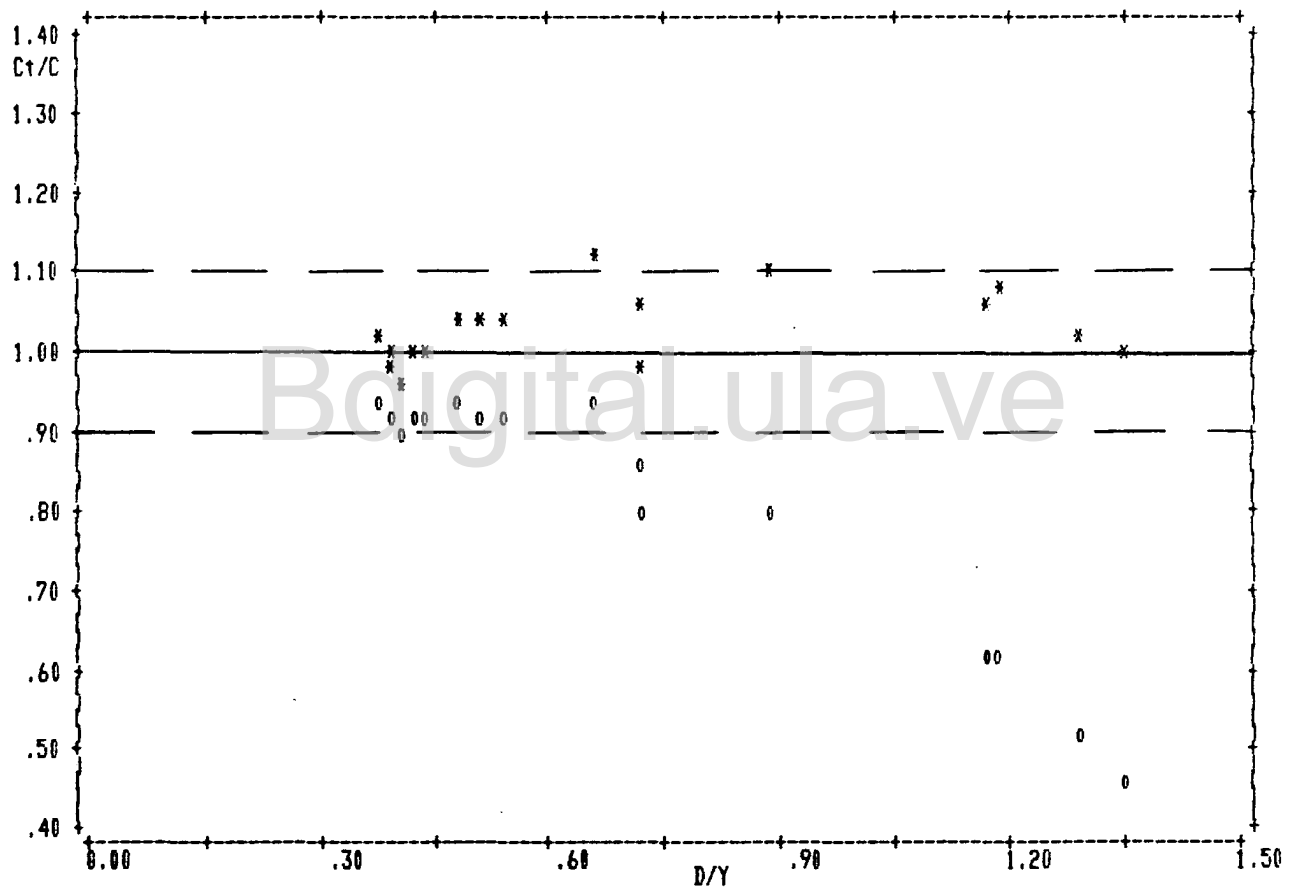
o VALORES CALCULADOS PARA: ALFA = 5.85 BETA = 0.2000

Figura C.53

DATOS DEL RIO LOGAN, UTAH - EE.UU.

FUENTE: JUDD Y PETERSON (1969)

DIAMETRO: D84



* VALORES CALCULADOS CON EFECTO DE ESTELA ALFA: 5.900 BETA: 0.3182

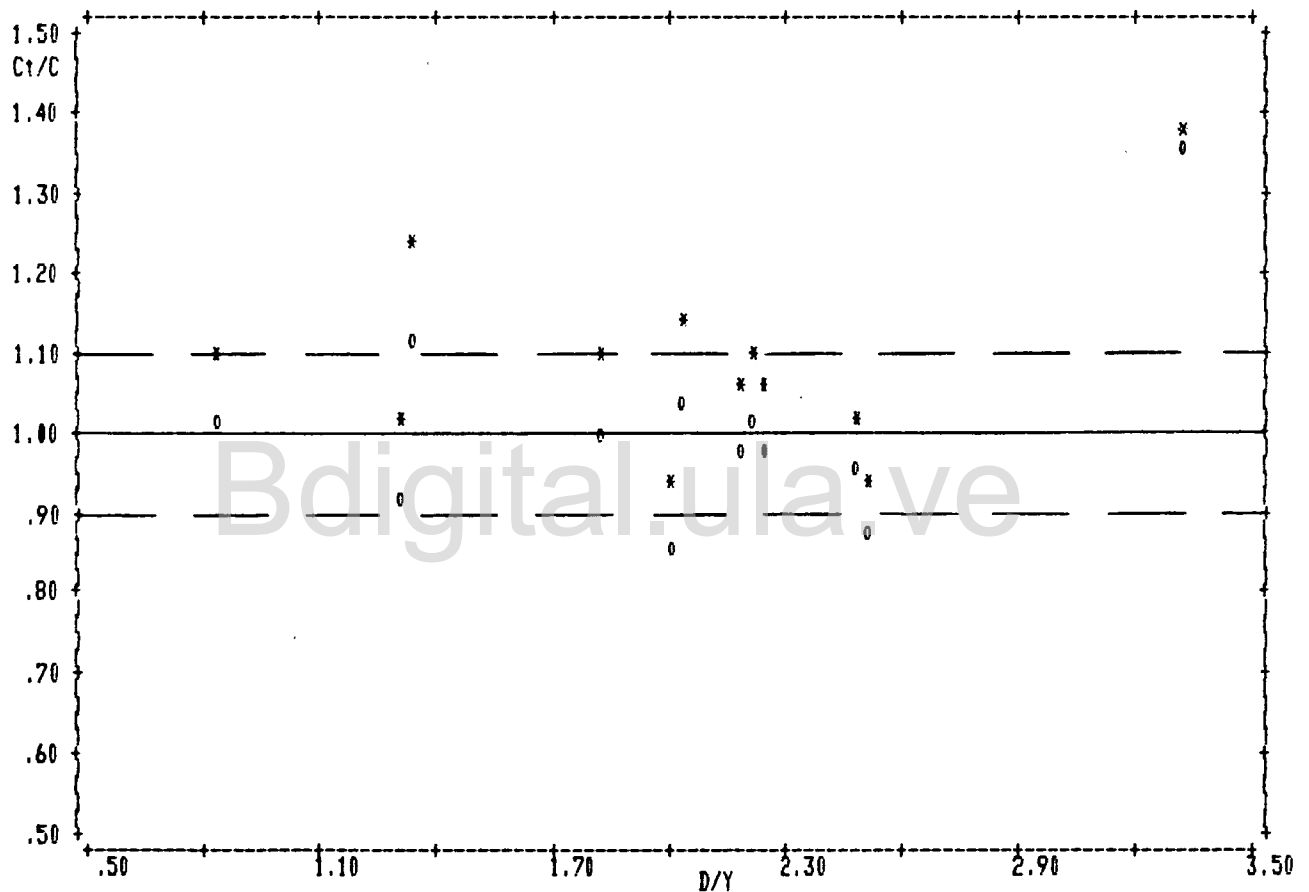
o VALORES CALCULADOS SIN EFECTO DE ESTELA ALFA: 5.900 BETA: 0.0000

Figura C.54

DATOS DEL RIO AMERICAN FORK CREEK, UTAH - EE.UU.

FUENTE: JUDD Y PETERSON (1969)

DIAMETRO: D84



* VALORES CALCULADOS PARA: ALFA = 8.2 BETA = 0.4716

o VALORES CALCULADOS PARA: ALFA = 9.1 BETA = 0.5000

Figura C.55

DATOS DEL RIO ROJO (SITIO 81), NUEVO MEXICO, EE.UU.

FUENTE: JUDD Y PETERSON (1969)

DIAMETRO: D84



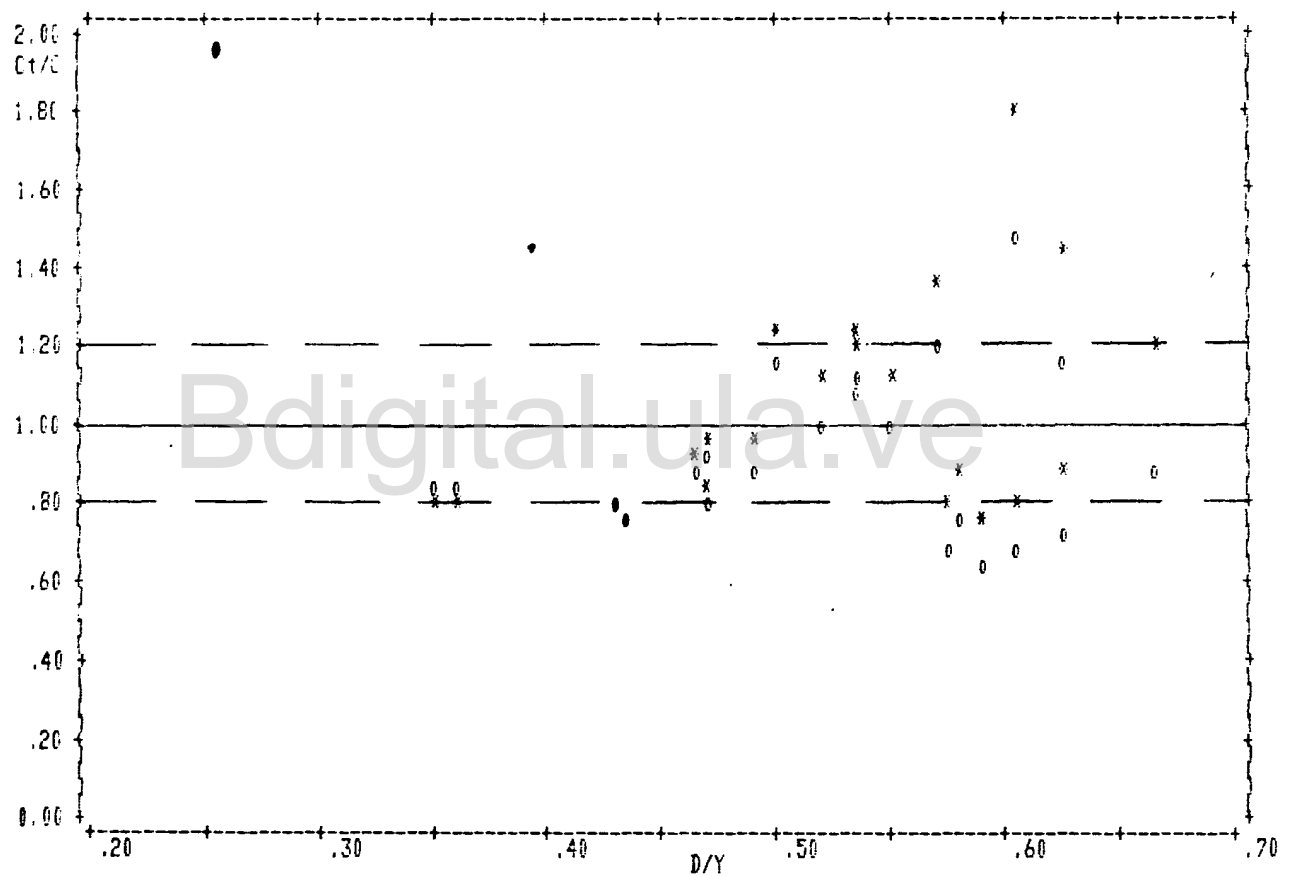
* VALORES CALCULADOS CON EFECTO DE ESTELA ALFA: 0.21 BETA: -1.0783

Figura C.56

DATOS DEL RIO ROJO (SITIO B2), NUEVO MEXICO EE.UU.

FUENTE: JUDD Y PETERSON (1969)

DIAMETRO: D50



* VALORES CALCULADOS PARA: ALFA = 2.335 BETA = -0.7769

o VALORES CALCULADOS PARA: ALFA = 1.300 BETA = -2.2000

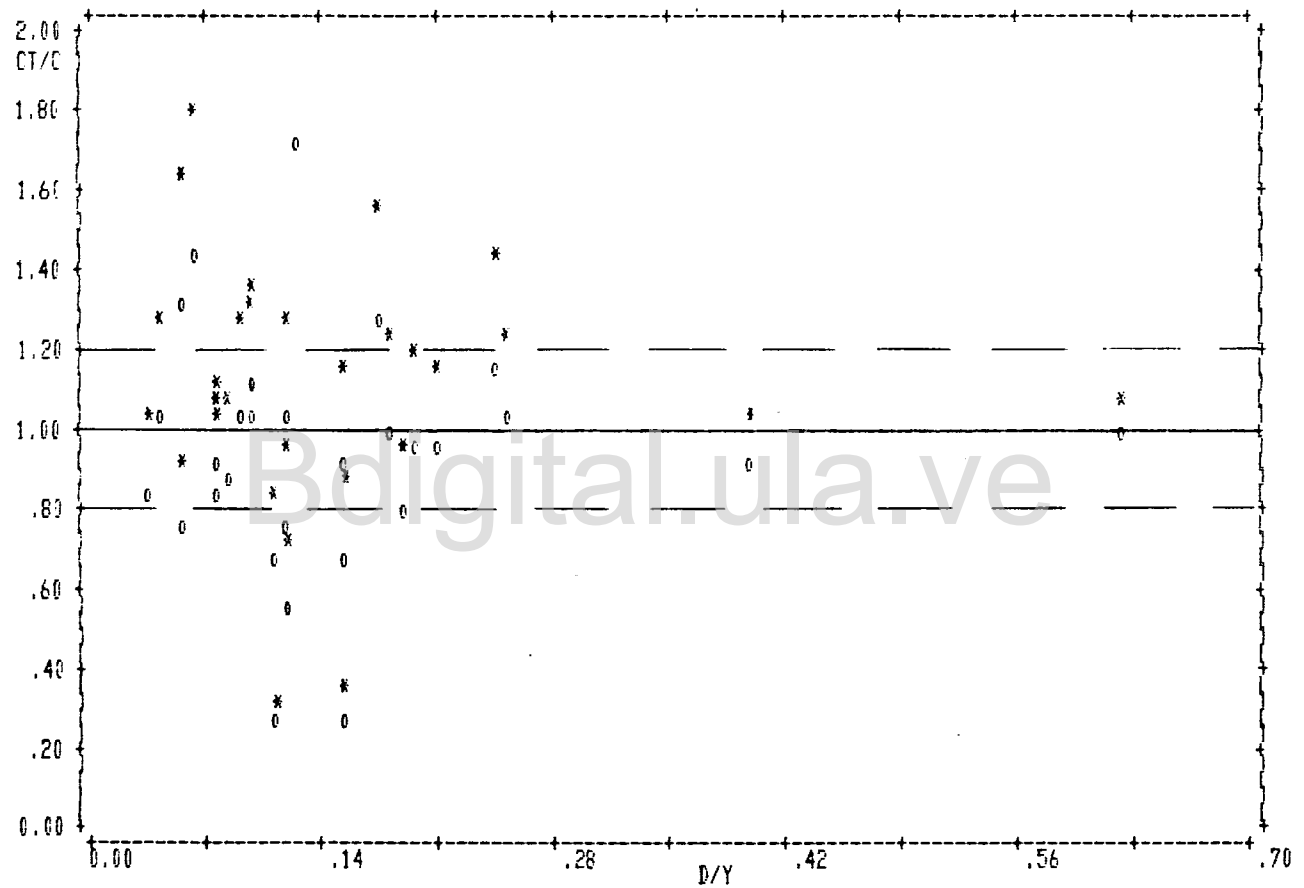
• VALORES COINCIDENTES

Figura C.57

DATOS DEL RIO SEVERN, INGLATERRA

FUENTE: BATHURST (1977)

DIAMETRO: DB4



* VALORES CALCULADOS PARA: ALFA = 2.255 BETA = 1.67139

o VALORES CALCULADOS PARA: ALFA = 5.600 BETA = 2.80000

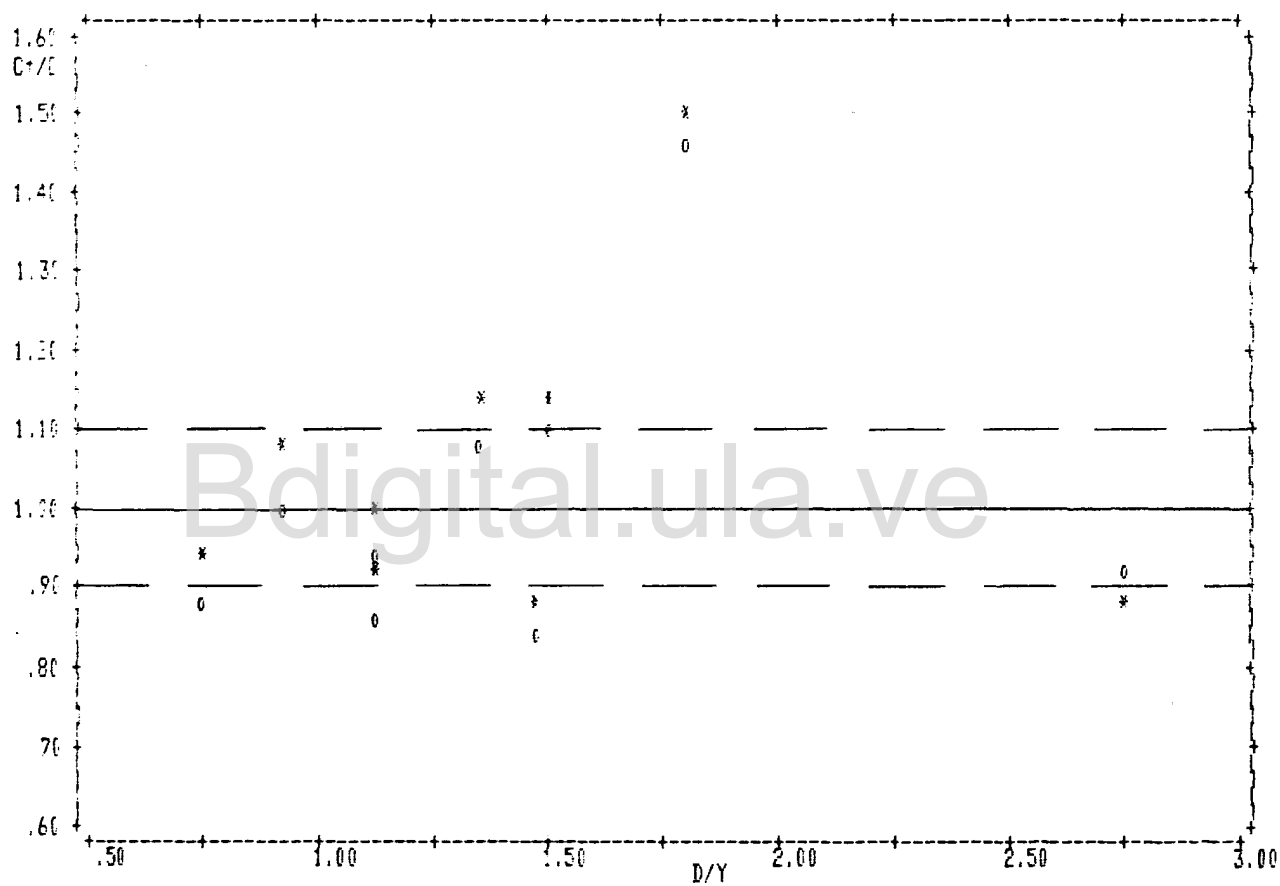
• VALORES COINCIDENTES

Figura C.58

DATOS DEL RIO TEES, INGLATERRA

FUENTE: BATHURST (1977)

DIAMETRO: D84



* VALORES CALCULADOS PARA: ALFA = 3.600 BETA = 0.2283

o VALORES CALCULADOS PARA: ALFA = 4.200 BETA = 0.3000

• VALORES COINCIDENTES

Figura C.59

APENDICE "D"

APLICACION DE ECUACIONES SEMILOGARITMICAS DE RESISTENCIA

– Salida de resultados

Tabla D.1. CALCULO DEL COEFICIENTE DE CHEZY ADIMENSIONAL

APLICACION DE DISTINTAS ECUACIONES DE TIPO LOGARITMICAS

EXPERIENCIAS DE TAYLOR (1961) - LECHO ENTERAMENTE RUGOSO

RADIO HIDRAULICO CORREGIDO POR EFECTO DE PARED

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s	PEND.	R.H. m.	V* m/s	C*	C*c1/C*	C*c2/C*	C*c3/C*	C*c5/C*	D/Y
1	.1362	.796	.00613	.111	.08179	9.726	.999	.7134	.616	.590	.1864
2	.1359	.643	.00399	.110	.06567	9.794	.989	.7061	.611	.584	.1868
3	.1390	.304	.00096	.111	.03228	9.413	1.031	.7358	.642	.609	.1827
4	.0939	.896	.01459	.085	.11000	8.146	1.108	.7677	.606	.623	.2706
5	.0954	.597	.00624	.085	.07191	8.307	1.087	.7526	.600	.611	.2662
6	.0975	.298	.00159	.085	.03641	8.196	1.103	.7646	.616	.621	.2604
7	.0448	.333	.00636	.043	.05157	6.455	1.134	.7038	.439	.528	.5668
8	.0476	.622	.01815	.045	.08961	6.939	1.076	.6751	.432	.511	.5342
9	.0476	.844	.03221	.045	.11944	7.069	1.056	.6630	.424	.502	.5342
10	.0637	1.073	.03265	.059	.13743	7.807	1.042	.6858	.491	.538	.3987
11	.0795	1.164	.03242	.073	.15224	7.648	1.132	.7692	.584	.616	.3193
12	.0387	.610	.01930	.037	.08381	7.274	.959	.5770	.334	.422	.6562
13	.0549	.634	.01380	.051	.08308	7.631	1.018	.6540	.446	.504	.4630
14	.0677	.692	.01240	.062	.08681	7.970	1.036	.6872	.502	.542	.3754
15	.0777	.747	.01110	.070	.08717	8.567	.998	.6740	.513	.538	.3268
16	.0896	.777	.01040	.080	.09005	8.631	1.028	.7067	.557	.571	.2835
17	.1018	.796	.00929	.088	.08976	8.863	1.031	.7182	.583	.585	.2495
18	.1149	.805	.00834	.098	.08958	8.983	1.046	.7374	.613	.605	.2210

Tabla D.2 CALCULO DEL COEFICIENTE DE CHEZY ADIMENSIONAL

APLICACION DE DISTINTAS ECUACIONES DE TIPO LOGARITMICAS

EXPERIENCIAS DE AGUIRRE (1988, INEDITO) -- RADIO HIDRAULICO CORREGIDO POR EFECTO DE PARED

DATOS DEL LABORATORIO DE HIDRAULICA DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S	PEND.	R.H. M.	V _x M/S	C*	C*c1/C*	C*c2/C*	C*c3/C*	C*c4/C*	C*c5/C*	D/Y
1	.0429	.660	.01500	.042	.07874	8.378	.641	.3086	.091	.315	.179	1.2821
2	.0753	.826	.01500	.073	.10395	7.946	.850	.4999	.269	.505	.359	.7304
3	.0904	.886	.01500	.088	.11374	7.790	.924	.5676	.338	.572	.422	.6084
4	.1199	1.043	.01500	.116	.13046	7.996	.986	.6388	.429	.643	.495	.4587
5	.1390	1.171	.01500	.133	.14001	8.360	.985	.6531	.461	.659	.515	.3957
6	.0531	.759	.02000	.052	.10118	7.501	.787	.4159	.165	.421	.270	1.0358
7	.0580	.855	.02000	.057	.10557	8.100	.755	.4113	.180	.416	.275	.9483
8	.0880	.969	.02000	.086	.12976	7.470	.956	.5839	.343	.588	.433	.6250
9	.1089	1.127	.02000	.106	.14389	7.830	.978	.6230	.403	.627	.477	.5051
10	.1253	1.247	.02000	.121	.15394	8.098	.987	.6440	.439	.649	.502	.4389
11	.0451	.816	.02500	.044	.10432	7.821	.703	.3471	.111	.353	.208	1.2195
12	.0713	.934	.02500	.070	.13094	7.134	.929	.5396	.279	.543	.383	.7714
13	.0875	1.168	.02500	.085	.14448	8.084	.881	.5371	.315	.541	.397	.6286
14	.1031	1.269	.02500	.100	.15655	8.104	.928	.5851	.371	.589	.445	.5335
15	.1150	1.391	.02500	.111	.16495	8.435	.923	.5931	.393	.598	.457	.4783
16	.0335	.845	.03000	.033	.09857	8.571	.555	.2306	.036	.237	.106	1.6418
17	.0503	.928	.03000	.049	.12065	7.695	.749	.3880	.145	.393	.246	1.0934
18	.0738	1.110	.03000	.072	.14577	7.613	.881	.5162	.273	.520	.369	.7453
19	.0919	1.256	.03000	.090	.16230	7.737	.937	.5773	.347	.581	.431	.5985
20	.1053	1.554	.03000	.102	.17286	8.988	.841	.5320	.341	.537	.405	.5223
21	.0983	1.664	.03500	.095	.18048	9.222	.801	.5001	.311	.505	.377	.5595
22	.0817	1.502	.03500	.079	.16496	9.104	.763	.4573	.259	.462	.334	.6732
23	.0730	.996	.03500	.072	.15702	6.342	1.056	.6176	.324	.620	.441	.7534
24	.0432	.933	.03500	.043	.12088	7.717	.699	.3383	.101	.344	.198	1.2731
25	.0278	.827	.03500	.027	.09709	8.521	.504	.1779	.009	.185	.054	1.9784
26	.0255	.902	.04000	.025	.09939	9.075	.450	.1432	.002	.151	.028	2.1569
27	.0466	.938	.04000	.046	.13431	6.982	.800	.4015	.134	.407	.246	1.1803
28	.0659	1.528	.04000	.064	.15858	9.636	.666	.3770	.185	.382	.262	.8346
29	.0857	1.513	.04000	.083	.18088	8.367	.845	.5127	.297	.517	.378	.6418
30	.0979	1.707	.04000	.095	.19279	8.853	.834	.5205	.323	.525	.392	.5618
31	.0262	1.880	.04500	.026	.10674	10.12	.410	.1345	.003	.142	.031	2.0992
32	.0540	.919	.04500	.053	.15348	5.985	.995	.5306	.214	.534	.347	1.8185
33	.0758	1.367	.04500	.074	.18098	7.552	.898	.5295	.285	.533	.381	.7256
34	.0876	1.674	.04500	.085	.19382	8.635	.825	.5027	.295	.507	.372	.6279
35	.0975	1.696	.04500	.095	.20441	8.299	.890	.5551	.343	.559	.418	.5641

Tabla D.3

CALCULO DEL COEFICIENTE DE CHEZY ADIMENSIONAL

APLICACION DE DISTINTAS ECUACIONES DE TIPO LOGARITMICAS

EXPERIENCIAS DE BATHURST, ET AL (1984) - ESTUDIO "EPFL"

SERIE I FONDO PLANO Y FONDO CON ANTIDUNAS - RADIO HIDRAULICO CORREGIDO POR EFECTO DE PARED

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S	PEND.	R.H. M.	V* M/S	C*	C*c1/C*	C*c2/C*	C*c3/C*	C*c4/C*	C*c5/C*	D/Y
1	.0540	.312	.01000	.053	.07209	4.328	1.895	1.253	.865	1.279	.986	.4111
2	.1170	.709	.01000	.112	.10480	6.765	1.488	1.078	.878	1.097	.908	.1897
3	.1170	.712	.01000	.112	.10480	6.794	1.482	1.073	.874	1.092	.896	.1897
4	.1630	1.024	.01000	.150	.12128	8.443	1.279	.9500	.812	.975	.805	.1362
5	.1730	.961	.01000	.161	.12565	7.648	1.435	1.072	.918	1.095	.911	.1283
6	.1630	1.020	.01000	.151	.12169	8.382	1.290	.9589	.818	.982	.813	.1362
7	.0400	.418	.03000	.039	.10712	3.902	1.905	1.193	.741	1.230	.902	.5550
8	.0520	.645	.03000	.051	.12249	5.266	1.539	1.012	.691	1.034	.792	.4269
9	.0550	.606	.03000	.054	.12604	4.808	1.715	1.138	.790	1.160	.897	.4036
10	.0490	.680	.03000	.048	.11883	5.722	1.390	.9045	.606	.926	.703	.4531
11	.0630	.794	.03000	.062	.13506	5.879	1.461	.9891	.712	1.005	.791	.3524
12	.0600	.833	.03000	.059	.13175	6.323	1.339	.9001	.640	.916	.716	.3700
13	.0700	.948	.03000	.068	.14144	6.702	1.316	.9020	.669	.920	.727	.3171
14	.0690	.966	.03000	.067	.14040	6.880	1.277	.8733	.646	.891	.703	.3217
15	.0780	1.068	.03000	.075	.14854	7.190	1.261	.8749	.667	.895	.711	.2846
16	.0280	.585	.05000	.028	.11717	4.993	1.324	.7671	.384	.787	.544	.7929
17	.0350	.718	.05000	.034	.12912	5.561	1.276	.7759	.453	.805	.573	.6343
18	.0480	.699	.05000	.047	.15181	4.605	1.716	1.113	.740	1.139	.863	.4625
19	.0580	.862	.05000	.057	.16716	5.156	1.626	1.087	.766	1.107	.862	.3828
20	.0490	1.027	.05000	.048	.15341	6.694	1.188	.7731	.518	.791	.601	.4531
21	.0510	.980	.05000	.050	.15658	6.259	1.287	.8432	.572	.862	.659	.4353
22	.0220	.534	.07000	.022	.12289	4.345	1.383	.7427	.300	.769	.491	1.0091
23	.0260	.633	.07000	.026	.13360	4.738	1.356	.7692	.364	.792	.535	.8538
24	.0340	.631	.07000	.034	.15277	4.130	1.717	1.045	.591	1.067	.771	.6529
25	.0350	.711	.07000	.035	.15500	4.587	1.562	.9564	.550	.976	.710	.6343
26	.0330	.758	.07000	.033	.15051	5.036	1.394	.8419	.468	.860	.618	.6727
27	.0290	.575	.09000	.029	.15999	3.594	1.863	1.090	.559	1.118	.779	.7655
28	.0210	.794	.09000	.021	.13614	5.832	1.010	.5335	.204	.554	.345	1.0571
29	.0300	.667	.09000	.030	.16272	4.899	1.654	.9763	.512	1.000	.703	.7400
30	.2160	1.155	.01000	.196	.13864	8.331	1.376	1.043	.916	1.070	.894	.1028
31	.2430	1.372	.01000	.214	.14487	9.471	1.233	.9406	.839	.972	.809	.0914
32	.2540	1.640	.01000	.213	.14453	11.35	1.028	.7840	.711	.821	.674	.0874
33	.0790	1.032	.03000	.077	.15051	6.857	1.332	.9270	.704	.943	.755	.2810
34	.0880	1.139	.03000	.085	.15814	7.203	1.302	.9167	.713	.934	.752	.2523
35	.0440	.749	.07000	.044	.17379	4.310	1.795	1.151	.734	1.168	.885	.5845
36	.0350	.718	.09000	.035	.17576	4.085	1.754	1.074	.617	1.096	.797	.6343
37	.0790	1.260	.09000	.078	.26238	4.802	1.908	1.330	1.006	1.346	1.084	.2810
38	.0910	1.186	.03000	.088	.16090	7.371	1.284	.9075	.710	.924	.746	.2440
39	.1050	1.130	.03000	.101	.17238	6.555	1.496	1.073	.860	1.092	.890	.2114
40	.0970	1.390	.03000	.092	.16452	8.449	1.133	.8049	.640	.824	.664	.2289
41	.1100	1.400	.03000	.104	.17492	8.004	1.235	.8879	.720	.908	.738	.2018
42	.1330	1.250	.03000	.128	.19406	6.441	1.614	1.184	.977	1.201	.995	.1669
43	.0580	.997	.05000	.057	.16718	5.964	1.406	.9398	.662	.957	.745	.3828
44	.0710	.934	.05000	.070	.18527	5.041	1.764	1.214	.898	1.230	.988	.3127
45	.0770	.974	.05000	.076	.19304	5.046	1.803	1.253	.943	1.269	1.019	.2883
46	.0670	1.246	.05000	.065	.17853	6.979	1.248	.8500	.625	.868	.682	.3313
47	.0720	1.380	.05000	.070	.18527	7.449	1.194	.8213	.613	.837	.664	.3083
48	.0770	1.730	.05000	.074	.19049	9.082	.995	.6889	.524	.705	.559	.2883
49	.0830	2.000	.05000	.079	.19682	10.16	.905	.6318	.489	.648	.515	.2675
50	.0670	1.250	.07000	.065	.21124	5.918	1.472	1.003	.737	1.024	.805	.3313
51	.0610	1.650	.07000	.059	.20125	8.199	1.033	.6941	.499	.711	.552	.3639
52	.0670	1.490	.07000	.065	.21124	7.054	1.235	.8411	.618	.859	.675	.3313
53	.0820	1.420	.07000	.080	.23434	6.059	1.523	1.065	.814	1.082	.869	.2707
54	.0750	1.105	.09000	.074	.25556	4.324	2.089	1.447	1.083	1.465	1.174	.2960

Tabla D.4

CALCULO DEL COEFICIENTE DE CHEZY ADIMENSIONAL

APLICACION DE DISTINTAS ECUACIONES DE TIPO LOGARITMICAS

EXPERIENCIAS DE BATHURST, ET AL (1984) - ESTUDIO "EPFL"

SERIE II FONDO PLANO Y FONDO CON ANTIDUNAS - RADIO HIDRAULICO CORREGIO POR EFECTO DE PARED

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S	PEND.	R.H. M.	V* M/S	C*	C*c1/C*	C*c2/C*	C*c3/C*	C*c4/C*	C*c5/C*	D/Y
1	.0530	.314	.01000	.052	.07141	4.397	1.462	.8301	.404	.899	.578	.8358
2	.1260	.663	.01000	.121	.10893	6.086	1.403	.9462	.688	.997	.755	.3516
3	.1210	.688	.01000	.116	.10666	6.451	1.307	.8765	.632	.925	.696	.3661
4	.1790	.929	.01000	.167	.12797	7.259	1.287	.9042	.715	.954	.741	.2475
5	.1750	.951	.01000	.163	.12643	7.522	1.234	.8646	.681	.913	.707	.2531
6	.2200	1.136	.01000	.199	.13970	8.132	1.202	.8610	.710	.913	.714	.2014
7	.2620	1.274	.01000	.233	.15116	8.428	1.207	.8775	.743	.932	.734	.1691
8	.0690	.723	.03000	.068	.14144	5.112	1.389	.8451	.487	.901	.624	.6420
9	.0750	.668	.03000	.074	.14755	4.527	1.615	1.001	.601	1.061	.750	.5907
10	.0860	.971	.03000	.083	.15626	6.214	1.222	.7753	.499	.827	.592	.5151
11	.0840	.988	.03000	.082	.15532	6.361	1.189	.7526	.477	.798	.573	.5274
12	.1000	1.161	.03000	.097	.16893	6.873	1.162	.7577	.514	.801	.590	.4430
13	.1140	1.310	.03000	.109	.17907	7.315	1.131	.7516	.534	.796	.593	.3886
14	.1350	1.353	.03000	.129	.19481	6.945	1.252	.8523	.632	.898	.684	.3281
15	.0470	.702	.05000	.047	.15181	4.624	1.336	.7348	.318	.792	.496	.9426
16	.0610	.822	.05000	.060	.17152	4.792	1.416	.8362	.449	.897	.602	.7262
17	.0860	.973	.05000	.084	.20295	4.794	1.591	1.011	.647	1.071	.773	.5151
18	.0480	.519	.07000	.048	.18152	2.859	2.179	1.207	.533	1.298	.820	.9229
19	.0400	.628	.07000	.040	.16571	3.790	1.524	.7903	.286	.862	.502	1.1075
20	.0430	.781	.07000	.042	.16980	4.600	1.282	.6776	.272	.749	.439	1.0302
21	.0570	.877	.07000	.056	.19607	4.473	1.479	.8574	.440	.924	.608	.7772
22	.0430	.958	.09000	.043	.19481	4.918	1.211	.6458	.255	.700	.422	1.0302
23	.0480	1.038	.09000	.048	.20583	5.043	1.236	.6842	.302	.736	.465	.9229
24	.1300	1.407	.03000	.124	.19100	7.367	1.167	.7901	.581	.834	.632	.3408
25	.1460	1.486	.03000	.138	.20149	7.375	1.202	.8254	.625	.872	.666	.3034
26	.0820	1.012	.05000	.081	.19929	5.078	1.484	.9368	.585	.988	.712	.5402
27	.1000	1.169	.05000	.097	.21809	5.360	1.490	.9714	.659	1.027	.757	.4430
28	.0950	1.228	.05000	.092	.21239	5.782	1.358	.8778	.585	.930	.679	.4663
29	.0790	1.059	.07000	.077	.22991	4.606	1.609	1.005	.622	1.070	.759	.5608
30	.1630	1.534	.03000	.154	.21285	7.207	1.268	.8827	.683	.929	.719	.2718
31	.1730	1.639	.03000	.162	.21831	7.508	1.234	.8642	.678	.911	.706	.2561
32	.1720	1.842	.03000	.159	.21628	8.517	1.082	.7563	.596	.802	.617	.2576
33	.1100	1.365	.05000	.106	.22798	5.987	1.371	.9067	.635	.958	.713	.4027
34	.1230	1.489	.05000	.118	.24054	6.190	1.369	.9202	.666	.971	.732	.3602
35	.1530	1.415	.05000	.148	.26939	5.253	1.721	1.192	.903	1.245	.968	.2895
36	.1520	1.646	.05000	.145	.26664	6.173	1.456	1.006	.765	1.057	.815	.2914
37	.1090	1.066	.07000	.108	.27228	3.915	2.108	1.399	.965	1.460	1.103	.4064
38	.1210	1.235	.07000	.119	.28581	4.321	1.966	1.323	.943	1.381	1.054	.3661
39	.1410	1.303	.07000	.138	.30779	4.233	2.094	1.438	1.066	1.498	1.161	.3142
40	.1120	1.038	.09000	.111	.31300	3.316	2.509	1.672	1.162	1.743	1.322	.3955
41	.1240	1.211	.09000	.122	.32814	3.690	2.319	1.566	1.123	1.634	1.250	.3573
42	.1340	1.367	.09000	.131	.34003	4.020	2.173	1.482	1.086	1.547	1.191	.3306

Tabla D.5 CALCULO DEL COEFICIENTE DE CHEZY ADIMENSIONAL

APLICACION DE DISTINTAS ECUACIONES DE TIPO LOGARITMICAS

EXPERIENCIAS DE BATURST, ET AL (1984) - ESTUDIO "EPFL"

SERIE III FONDO PLANO CON Y SIN TRANSPORTE - RADIO HIDRAULICO CORREGIDO POR EFECTO DE PARED

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S	PEND.	R.H. M.	V* M/S	C*	C*c1/C*	C*c2/C*	C*c3/C*	C*c4/C*	C*c5/C*	D/Y
1	.0660	.506	.00500	.063	.05558	9.104	1.128	.8235	.678	.849	.690	.1742
2	.0870	.667	.00500	.081	.06302	10.58	1.030	.7677	.656	.794	.652	.1322
3	.1100	.756	.00500	.100	.07002	10.80	1.058	.8013	.702	.832	.686	.1045
4	.1440	.927	.00500	.126	.07860	11.79	1.018	.7825	.705	.817	.676	.0799
5	.0540	.613	.01000	.052	.07141	8.584	1.141	.8176	.654	.844	.678	.2130
6	.0680	.732	.01000	.065	.07984	9.168	1.129	.8262	.683	.851	.694	.1691
7	.0810	.818	.01000	.077	.08690	9.413	1.144	.8497	.717	.875	.720	.1420
8	.0920	.904	.01000	.086	.09184	9.844	1.122	.8406	.721	.868	.715	.1250
9	.1660	1.005	.00500	.143	.08374	12.00	1.026	.7952	.724	.832	.690	.0693
10	.1830	1.092	.00500	.155	.08718	12.53	.999	.7780	.714	.816	.677	.0628
11	.1990	1.173	.00500	.164	.08967	13.08	.968	.7558	.701	.797	.658	.0578
12	.2180	1.301	.00500	.174	.09237	14.09	.909	.7124	.668	.756	.622	.0528
13	.1270	1.047	.00750	.114	.09157	11.43	1.028	.7852	.697	.816	.676	.0906
14	.1470	1.134	.00750	.130	.09778	11.60	1.041	.8025	.721	.835	.694	.0782
15	.1740	1.150	.00750	.153	.10608	10.84	1.152	.8960	.813	.932	.779	.0661
16	.1820	1.280	.00750	.157	.10746	11.91	1.053	.8208	.750	.857	.714	.0632
17	.1020	.992	.01000	.095	.09652	10.28	1.099	.8293	.718	.856	.709	.1127
18	.1130	1.034	.01000	.104	.10099	10.24	1.125	.8545	.748	.883	.733	.1018
19	.1290	1.158	.01000	.117	.10712	10.81	1.093	.8365	.741	.867	.721	.0891

Tabla D.6

CALCULO DEL COEFICIENTE DE CHEZY ADIMENSIONAL

APLICACION DE DISTINTAS ECUACIONES DE TIPO LOGARITMICAS

EXPERIENCIAS DE ASHIDA Y BAYAZIT (1973) - PROFUNDIDAD MEDIDA DESDE EL FONDO TEORICO

RADIO HIDRAULICO CORREGIDO POR EFECTO DE PARED

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S	PEND.	R.H. M.	V* M/S	C*	C*c1/C*	C*c2/C*	C*c3/C*	C*c5/C*	D/Y
1	.0915	1.219	.02000	.076	.12186	10.00	.906	.6280	.521	.510	.2459
2	.0355	1.042	.05000	.033	.12767	8.164	.858	.5175	.389	.380	.6338
3	.0250	.980	.07500	.024	.13276	7.382	.838	.4616	.215	.312	.9000
4	.0153	.997	.15000	.015	.14821	6.725	.745	.3311	.074	.171	1.4706
5	.0130	.654	.20000	.013	.15887	4.116	1.127	.4506	.057	.192	1.7308
6	.0975	.692	.01000	.085	.09113	7.597	1.435	1.070	.940	.908	.1231
7	.0365	.685	.02500	.034	.09169	7.470	1.158	.7861	.587	.630	.3288
8	.0120	.354	.10000	.012	.10808	3.277	1.835	.9862	.444	.651	1.8000
9	.0115	.304	.12500	.011	.11844	2.570	2.301	1.219	.476	.792	1.0435
10	.0545	.596	.01000	.049	.06915	8.623	1.287	.9650	.843	.822	.1174
11	.0240	.500	.02500	.023	.07524	6.646	1.389	.9712	.749	.793	.2667
12	.0130	.327	.05000	.013	.07938	4.119	1.886	1.212	.785	.934	.4923

Tabla D.7 CALCULO DEL COEFICIENTE DE CHEZY ADIMENSIONAL

APLICACION DE DISTINTAS ECUACIONES DE TIPO LOGARITMICAS

EXPERIENCIAS DE NEILL RECOMPILADAS POR BROWNLIE (1981)

RADIO HIDRAULICO CORREGIDO POR EFECTO DE PARED

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s	PEND.	R.H. m.	V* m/s	C*	C*c1/C*	C*c2/C*	C*c3/C*	C*c5/C*	D/Y
1	.0366	.913	.02700	.036	.09747	9.365	.800	.5030	.314	.381	.5463
2	.0518	1.020	.01970	.050	.09852	10.36	.804	.5360	.379	.424	.3860
3	.0610	.974	.01460	.059	.09176	10.61	.822	.5601	.414	.450	.3278
4	.0884	1.020	.01160	.084	.09791	10.42	.923	.6568	.523	.542	.2262
5	.1128	1.081	.01070	.107	.10578	10.22	.999	.7273	.600	.609	.1773
6	.0305	.669	.01700	.030	.07066	9.473	.969	.6759	.513	.551	.2778
7	.1450	.438	.00151	.135	.04469	9.794	1.099	.8159	.694	.691	.1393
8	.1700	.489	.00147	.156	.04737	10.33	1.077	.8084	.700	.689	.1188
9	.1440	.441	.00180	.135	.04885	9.021	1.194	.8865	.751	.751	.1403
10	.1440	.676	.00320	.134	.06476	10.44	1.029	.7630	.649	.646	.1403

Tabla D.8

CALCULO DEL COEFICIENTE DE CHEZY ADIMENSIONAL

APLICACION DE DISTINTAS ECUACIONES DE TIPO LOGARITMICAS

EXPERIENCIAS DE BOGARDI Y YEN, RECOPIADAS POR BROWNLEE (1981)

RADIO HIDRAULICO CORREGIDO POR EFECTO DE PARED

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S	PEND.	R.H. M.	V* M/S	C*	C*c1/C*	C*c2/C*	C*c3/C*	C*c5/C*	D/Y
1	.0521	.987	.02320	.051	.10740	9.187	1.088	.7860	.633	.655	.1984
2	.0591	.853	.02430	.058	.11743	7.263	1.422	1.040	.849	.873	.1749
3	.0604	.877	.02480	.059	.11990	7.317	1.418	1.039	.851	.873	.1712
4	.0536	.860	.02420	.052	.11158	7.768	1.308	.9478	.764	.791	.1929
5	.0780	.848	.01900	.076	.11902	7.123	1.545	1.156	.973	.983	.1326
6	.0887	.854	.02050	.087	.13192	6.475	1.750	1.322	1.125	1.130	.1166
7	.0826	.839	.02080	.081	.12829	6.542	1.705	1.281	1.084	1.092	.1252
8	.0863	.829	.01760	.084	.12044	6.885	1.635	1.232	1.047	1.052	.1198
9	.0829	.851	.01770	.081	.11832	7.191	1.551	1.165	.988	.994	.1247
10	.0920	.813	.01750	.090	.12404	6.558	1.741	1.318	1.126	1.129	.1124
11	.0887	.840	.01750	.086	.12172	6.940	1.641	1.239	1.056	1.060	.1166
12	.0924	.840	.01770	.090	.12495	6.720	1.700	1.286	1.101	1.103	.1119
13	.0896	.871	.01760	.087	.12259	7.144	1.597	1.207	1.030	1.032	.1154
14	.0704	.855	.01900	.069	.11305	7.561	1.422	1.055	.880	.893	.1469
15	.0756	.890	.01940	.074	.11831	7.530	1.453	1.084	.911	.920	.1368
16	.0628	.903	.02180	.061	.11442	7.891	1.326	.9748	.803	.821	.1646
17	.0704	1.066	.02000	.064	.11185	9.530	1.109	.8178	.698	.690	.1469
18	.0838	.788	.01550	.078	.10861	7.259	1.523	1.141	.982	.971	.1234
19	.0960	1.008	.01190	.083	.09854	10.23	1.098	.8270	.734	.706	.1077
20	.1292	1.037	.01320	.113	.12079	8.589	1.396	1.073	.967	.927	.0800

Tabla D.9 CALCULO DEL COEFICIENTE DE CHEZY ADIMENSIONAL

APLICACION DE DISTINTAS ECUACIONES DE TIPO LOGARITMICAS

EXPERIENCIAS DE PAINTAL RECOPIADAS POR BROWNIE (1961)

RADIO HIDRAULICO CORREGIDO POR EFECTO DE PARED

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S	PEND.	R.H. M.	V _x M/S	C _x	C _{x1/C_x}	C _{x2/C_x}	C _{x3/C_x}	C _{x5/C_x}	D/Y
1	.0960	.807	.00846	.092	.08737	9.234	1.037	.7364	.583	.607	.2312
2	.1052	.883	.00880	.100	.09306	9.494	1.031	.7391	.594	.613	.2110
3	.1143	.949	.00874	.108	.09639	9.642	1.014	.7325	.597	.610	.1942
4	.1250	.987	.00882	.118	.10120	9.551	1.068	.7779	.641	.651	.1776
5	.1326	1.080	.00891	.124	.10402	10.39	.994	.7267	.605	.610	.1682
6	.1466	1.057	.00875	.138	.10869	9.721	1.088	.8031	.676	.678	.1514
7	.1494	1.141	.00887	.139	.11008	10.31	1.024	.7564	.639	.639	.1486
8	.1585	1.173	.00910	.148	.11477	10.22	1.052	.7810	.664	.661	.1401
9	.1433	1.016	.01030	.136	.11726	8.615	1.218	.8977	.751	.757	.1549
10	.1890	1.241	.01000	.176	.13130	9.488	1.180	.8872	.766	.757	.1175
11	.1707	.998	.00941	.162	.12217	8.171	1.344	1.005	.855	.854	.1301
12	.1554	.917	.00900	.148	.11427	8.025	1.341	.9952	.838	.843	.1429
13	.2134	1.191	.00825	.197	.12627	9.428	1.217	.9230	.806	.791	.1040
14	.1859	1.117	.00833	.173	.11891	9.290	1.188	.8923	.769	.761	.1194
15	.1387	.845	.00790	.132	.10116	8.390	1.249	.9182	.764	.773	.1601

Tabla D.10 CALCULO DEL COEFICIENTE DE CHEZY ADIMENSIONAL

APLICACION DE DISTINTAS ECUACIONES DE TIPO LOGARITMICAS

DATOS DE CAMPO - FUENTE: THOMPSON Y CAMPBELL (1979)

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S	PEND.	R.H. M.	V* M/S	C*	C*c1/C*	C*c2/C*	C*c3/C*	C*c5/C*	D/Y
1	.4600	1.249	.02940	.460	.36418	3.429	2.295	1.485	.966	1.150	.4783
2	1.0600	2.427	.01360	1.060	.37600	6.454	1.525	1.095	.862	.909	.2170
3	2.5900	2.982	.00650	2.590	.40632	7.339	1.616	1.238	1.063	1.068	.0965
4	.3900	1.316	.02190	.390	.28941	4.546	1.666	1.055	.655	.804	.5385
5	1.2700	2.012	.01240	1.270	.39298	5.120	1.969	1.427	1.140	1.192	.1969
6	1.2300	2.283	.02110	1.230	.50449	4.525	2.307	1.694	1.378	1.425	.1707
7	1.0500	2.696	.03840	1.050	.62881	4.291	2.314	1.667	1.319	1.387	.2095
8	.3500	.917	.00830	.350	.16878	5.436	1.469	.9575	.633	.746	.4571
9	1.2800	3.017	.04140	1.280	.72088	4.185	2.038	1.374	.972	1.096	.3672
10	.6800	1.810	.01010	.680	.25952	6.974	1.360	.9624	.740	.792	.2500
11	.6600	1.241	.02110	.660	.36955	3.358	2.289	1.461	.924	1.121	.5152
12	1.2700	2.375	.01760	1.270	.46819	5.073	2.123	1.576	1.301	1.334	.1496
13	.5300	1.331	.01710	.530	.29812	4.464	1.986	1.364	.997	1.101	.3208
14	.3800	1.619	.01380	.380	.22677	7.141	1.277	.8886	.664	.723	.2895
15	.4000	1.887	.02200	.400	.29377	6.423	1.406	.9741	.723	.791	.3000
16	2.6200	2.829	.00370	2.620	.30833	9.175	1.453	1.152	1.022	1.011	.0534
17	1.6200	2.327	.00530	1.620	.29017	8.019	1.651	1.305	1.156	1.145	.0556
18	.4000	1.635	.00810	.400	.17825	9.170	1.132	.8290	.672	.697	.1750
19	.4400	1.207	.00960	.440	.20353	5.932	1.789	1.322	1.084	1.116	.1591
20	.2500	1.231	.00940	.250	.15181	8.107	1.307	.9653	.791	.815	.1600
21	.4500	1.270	.00390	.450	.13119	9.679	1.321	1.034	.908	.903	.0667
22	.7900	1.852	.05200	.790	.63471	2.919	2.648	1.696	1.080	1.304	.5063
23	.8800	2.273	.05200	.880	.66989	3.393	2.357	1.538	1.019	1.199	.4545
24	1.0000	2.707	.05200	1.000	.71411	3.791	2.193	1.461	1.008	1.155	.4000
25	1.0400	2.932	.05200	1.040	.72825	4.025	2.090	1.400	.977	1.111	.3846
26	1.0900	3.133	.05200	1.090	.74555	4.202	2.030	1.369	.968	1.092	.3670

Tabla D.11 CALCULO DEL COEFICIENTE DE CHEZY ADIMENSIONAL

APLICACION DE DISTINTAS ECUACIONES DE TIPO LOGARITMICAS

RIO: BOULDER CREEK - FUENTE: THORNE Y ZEVENBERGEN (1985)

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s	PEND.	R.H. m.	V* m/s	C*	C*c1/C*	C*c2/C*	C*c3/C*	C*c4/C*	C*c5/C*	D/Y
1	.3550	.561	.01430	.349	.22123	2.534	3.135	2.039	1.360	1.480	1.585	.4563
2	.4120	.751	.01510	.404	.24459	3.071	2.706	1.802	1.261	1.340	1.424	.3932
3	.4880	.991	.01630	.470	.27410	3.615	2.403	1.635	1.205	1.253	1.311	.3320
4	.5890	1.287	.01470	.569	.28640	4.493	2.040	1.422	1.088	1.110	1.159	.2750
5	.6360	1.416	.01460	.615	.29674	4.773	1.960	1.379	1.070	1.084	1.130	.2547
6	.2960	.517	.01830	.289	.22774	2.269	3.535	2.311	1.567	1.623	1.803	.4392
7	.3380	.711	.01930	.331	.25030	2.840	2.944	1.966	1.385	1.411	1.557	.3846
8	.3590	.840	.01890	.352	.25542	3.287	2.590	1.746	1.249	1.264	1.391	.3621
9	.3970	.891	.01900	.389	.26922	3.309	2.648	1.809	1.328	1.330	1.455	.3275
10	.4510	1.008	.01850	.489	.29785	3.384	2.758	1.938	1.406	1.392	1.587	.2882
11	.4630	1.189	.01940	.452	.29324	4.053	2.255	1.570	1.192	1.178	1.278	.2808
12	.5140	1.271	.01980	.501	.31190	4.074	2.306	1.625	1.259	1.235	1.333	.2529

Tabla D.12

CALCULO DEL COEFICIENTE DE CHEZY ADIMENSIONAL

APLICACION DE DISTINTAS ECUACIONES DE TIPO LOGARITMICAS

RIOS DE INGLATERRA - FUENTE: BATHURST (1985)

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S	PEND.	R.H. M.	V* M/S	C*	C*c1/C*	C*c2/C*	C*c3/C*	C*c4/C*	C*c5/C*	D/Y
1	.1910	.572	.01560	.191	.17094	3.344	2.004	1.173	.602	1.030	.838	1.2565
2	.5020	.866	.01150	.502	.23794	3.639	2.504	1.741	1.300	1.594	1.416	.4781
3	.1420	.171	.01450	.142	.14210	1.201	5.320	3.005	1.404	1.636	2.081	2.3028
4	.1780	.705	.01450	.178	.15909	4.434	1.568	.9411	.516	.567	.688	1.8371
5	.1020	.265	.00986	.102	.09931	2.668	2.696	1.655	.956	1.190	1.231	1.4020
6	.2180	.634	.01170	.218	.15815	4.006	2.268	1.575	1.174	1.255	1.281	.6560
7	.1090	.416	.01110	.109	.10893	3.821	1.968	1.241	.763	1.024	.942	1.0367
8	.2600	.722	.00950	.260	.15564	4.639	2.088	1.490	1.161	1.301	1.232	.4346
9	.2100	.630	.00835	.210	.13113	4.805	1.537	.9587	.575	.878	.722	.9143
10	.8310	1.968	.00590	.831	.21927	8.976	1.205	.8958	.741	.844	.759	.2310
11	1.1500	1.964	.00458	1.150	.22727	8.642	1.345	1.024	.873	.968	.880	.1670
12	.1380	.312	.00495	.138	.08185	3.808	1.894	1.164	.675	.835	.867	1.3986
13	.4650	1.620	.00833	.465	.19490	8.312	1.232	.8980	.723	.739	.752	.4151
14	.9600	3.592	.01040	.960	.31291	11.48	1.049	.8079	.697	.690	.698	.2010
15	.1520	.338	.00592	.152	.09394	3.600	2.038	1.266	.753	.985	.951	1.2039
16	.7210	1.421	.00562	.721	.19934	7.131	1.573	1.184	.996	1.030	1.011	.2538
17	1.0700	2.199	.00452	1.070	.21778	10.10	1.209	.9340	.809	.823	.809	.1710
18	1.3000	2.339	.00398	1.300	.22525	10.39	1.222	.9550	.837	.846	.832	1.1408
19	.2360	.685	.00898	.236	.14416	4.751	1.551	.9661	.578	.899	.727	.8941
20	.3810	1.283	.00813	.381	.17429	7.362	1.163	.7859	.558	.739	.627	.5538
21	.2610	.555	.00984	.261	.15870	3.497	2.290	1.496	.993	1.030	1.167	1.1762
22	.3530	.616	.01050	.353	.19065	3.231	2.712	1.853	1.342	1.344	1.491	.8697
23	.4560	.539	.01280	.456	.23925	2.255	2.990	1.757	.912	1.250	1.261	1.6228
24	.5720	.657	.01280	.572	.26796	2.453	2.979	1.846	1.091	1.375	1.384	1.2937
25	.8840	.958	.01560	.884	.36775	2.606	3.220	2.154	1.500	1.701	1.708	.8371
26	.3630	.799	.00925	.363	.18146	4.402	1.997	1.366	.992	1.129	1.101	.6722
27	.4400	1.019	.00901	.440	.19717	5.168	1.794	1.257	.951	1.052	1.027	.5545
28	.2770	.516	.03730	.277	.31831	1.620	3.802	2.086	.897	1.692	1.405	1.6751
29	.3010	.604	.03600	.301	.32598	1.852	3.437	1.936	.898	1.589	1.338	1.5415
30	.6280	1.430	.03140	.628	.43975	3.253	2.521	1.667	1.135	1.457	1.312	.7389
31	.8430	1.573	.03640	.843	.54856	2.868	3.116	2.148	1.580	1.903	1.737	.5504
32	.2990	.452	.01300	.299	.19524	2.318	3.540	2.342	1.595	1.454	1.843	1.2943
33	.4040	.530	.01060	.404	.20493	2.588	3.460	2.387	1.760	1.586	1.933	.9579
34	.6570	1.139	.01190	.657	.27690	4.114	2.472	1.797	1.442	1.286	1.503	.5890
35	.8290	1.876	.01130	.829	.30309	6.188	1.737	1.289	1.063	.947	1.091	.4668
36	.8910	2.136	.01540	.891	.36683	5.824	1.876	1.400	1.164	1.036	1.189	.4343
37	1.3100	3.725	.01060	1.310	.36902	10.10	1.178	.9031	.776	.691	.779	.2954
38	.4490	1.014	.01500	.449	.25700	3.945	1.843	1.139	.669	1.027	.852	.9800
39	.5930	1.585	.01200	.593	.26417	6.002	1.327	.8643	.570	.788	.672	.7420
40	.4170	.561	.01360	.417	.23583	2.378	3.068	1.900	1.121	1.496	1.423	1.1990
41	.4270	.691	.01220	.427	.22602	3.059	2.404	1.496	.893	1.182	1.125	1.1710
42	.3040	.774	.00532	.304	.12594	6.147	1.560	1.108	.858	.959	.914	.4605
43	.4520	1.044	.00480	.452	.14586	7.156	1.478	1.090	.893	.959	.920	.3097
44	1.6800	2.447	.00429	1.600	.25945	9.433	1.455	1.162	1.038	1.054	1.024	.0875

Tabla D.13 CALCULO DEL COEFICIENTE DE CHEZY ADIMENSIONAL

APLICACION DE DISTINTAS ECUACIONES DE TIPO LOGARITMICAS

RIOS DE NUEVA ZELANDIA -- FUENTE: GRIFFITHS (1981)

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S	PEND.	R.H. M.	V* M/S	C*	C*c1/C*	C*c2/C*	C*c3/C*	C*c5/C*	D/Y
1	.3800	1.069	.00865	.380	.17954	5.954	1.854	1.388	1.159	1.181	.1342
2	.2300	.264	.00125	.230	.05310	4.971	1.969	1.410	1.106	1.169	.2217
3	.4800	1.204	.00490	.480	.15187	7.924	1.248	.8982	.709	.747	.2125
4	.4400	1.108	.01100	.440	.21786	5.087	1.706	1.161	.834	.931	.3455
5	.4000	.781	.00360	.400	.11883	6.570	1.437	1.014	.777	.833	.2550
6	.3900	.211	.00035	.390	.03659	5.775	1.750	1.270	1.015	1.061	.1949
7	.1200	.152	.00042	.120	.02223	6.838	1.640	1.235	1.038	1.054	.1250
8	1.8600	1.167	.00140	1.860	.15980	7.303	1.817	1.438	1.274	1.261	.0548
9	1.2300	.392	.00016	1.230	.04393	8.917	1.373	1.062	.921	.920	.0829
10	1.1800	.285	.00017	1.180	.04435	6.416	1.891	1.459	1.262	1.263	.0864
11	1.7600	1.012	.00102	1.760	.13268	7.627	1.722	1.359	1.201	1.190	.0580
12	1.3700	.557	.00039	1.370	.07239	7.698	1.625	1.265	1.104	1.100	.0745
13	1.4100	.742	.00060	1.410	.09108	8.141	1.545	1.205	1.053	1.049	.0723
14	.5900	.960	.01090	.590	.25113	3.821	2.463	1.737	1.328	1.426	.2576
15	1.5600	.436	.00007	1.560	.03812	11.44	1.428	1.186	1.090	1.067	.0160
16	1.7000	1.285	.00088	1.700	.12112	10.61	1.230	.9689	.855	.848	.0600
17	1.8900	1.084	.00033	1.890	.07868	13.77	1.221	1.020	.941	.920	.0132
18	1.6800	.927	.00034	1.680	.07440	12.46	1.326	1.104	1.016	.994	.0149
19	.2600	.751	.00190	.260	.06960	10.79	1.163	.9063	.792	.789	.0731
20	.4500	.273	.00017	.450	.02739	9.952	1.152	.8729	.740	.748	.1133
21	.3900	.552	.00073	.390	.05284	10.44	1.234	.9685	.852	.846	.0641
22	.8000	.691	.00063	.800	.07030	9.836	1.492	1.210	1.095	1.076	.0313
23	.3400	.221	.00081	.340	.05197	4.259	2.527	1.875	1.548	1.588	.1500
24	.5900	.977	.00108	.590	.07905	12.35	.982	.7579	.655	.656	.0864
25	2.3300	2.061	.00140	2.330	.17886	11.52	1.350	1.110	1.014	.993	.0219
26	1.0000	1.431	.00119	1.000	.10803	13.25	1.015	.8063	.717	.709	.0510
27	2.7200	2.135	.00109	2.720	.17051	12.52	1.274	1.053	.964	.944	.0188
28	1.9800	1.730	.00100	1.980	.13935	12.41	1.221	.9980	.908	.890	.0258
29	1.6000	1.834	.00120	1.600	.13722	13.37	1.094	.8870	.802	.788	.0319
30	1.0600	1.277	.00111	1.060	.10742	11.89	1.144	.9108	.812	.802	.0481
31	.1700	.225	.00110	.170	.04282	5.264	2.296	1.769	1.528	1.530	.0882
32	1.1500	1.092	.00082	1.150	.09616	11.35	1.372	1.128	1.030	1.009	.0217
33	.2000	.321	.00167	.200	.05723	5.604	1.684	1.189	.911	.977	.2550
34	.2600	.580	.00250	.260	.07984	7.264	1.389	1.007	.805	.841	.1962
35	.1500	.252	.00022	.150	.01799	14.01	.866	.6678	.577	.578	.0867
36	1.2900	1.521	.00140	1.290	.13308	11.43	1.388	1.146	1.049	1.027	.0194
37	1.0500	1.538	.00285	1.050	.17131	8.976	1.512	1.204	1.072	1.059	.0486
38	2.7000	3.316	.00105	2.700	.22132	14.98	1.063	.8784	.805	.788	.0189
39	.7900	.881	.00071	.790	.07417	11.88	1.083	.8493	.747	.742	.0646
40	1.1200	1.285	.00215	1.120	.15367	8.363	1.642	1.311	1.171	1.155	.0455
41	.4500	.670	.00160	.450	.08403	7.974	1.660	1.313	1.163	1.151	.0556
42	.4800	.468	.00092	.480	.06581	7.112	1.884	1.494	1.328	1.313	.0521
43	1.6300	.730	.00037	1.630	.07691	9.498	1.622	1.330	1.213	1.189	.0233
44	1.3100	.428	.00027	1.310	.05889	7.261	2.046	1.665	1.510	1.482	.0290
45	.5900	.773	.00548	.590	.17806	4.344	2.167	1.528	1.169	1.254	.2576
46	.4100	.499	.00468	.410	.13718	3.634	2.340	1.576	1.111	1.256	.3707
47	.3300	.343	.00400	.330	.11378	3.012	2.644	1.722	1.135	1.340	.4606
48	.2700	.337	.00380	.270	.10031	3.357	2.223	1.396	.850	1.057	.5630
49	.5200	.308	.00046	.520	.04833	6.369	1.499	1.063	.821	.876	.2442
50	.3700	.388	.00135	.370	.06999	5.543	1.488	.9871	.676	.778	.4108
51	2.1700	3.175	.00200	2.170	.20630	15.39	.823	.6426	.563	.560	.0700

Tabla D.14 CALCULO DEL COEFICIENTE DE CHEZY ADIMENSIONAL

APLICACION DE DISTINTAS ECUACIONES DE TIPO LOGARITMICAS

RIO LOGAN, UTAH EE.UU. -- FUENTE: JUDD Y PETERSON (1969)

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s	PEND.	R.H. m.	V* m/s	C*	C*c1/C*	C*c2/C*	C*c3/C*	C*c4/C*	C*c5/C*	D/Y
1	.5456	1.306	.00970	1.308	.35268	3.704	2.899	2.150	1.107	1.571	1.820	.4749
2	.6370	1.523	.00830	1.527	.35256	4.318	2.576	1.934	1.052	1.435	1.648	.4067
3	.6035	1.485	.00920	1.487	.36633	4.053	2.729	2.044	1.083	1.496	1.740	.4293
4	.6706	1.660	.00890	1.664	.38112	4.356	2.603	1.966	1.076	1.451	1.682	.3864
5	.6675	1.658	.00910	1.661	.38503	4.307	2.632	1.988	1.085	1.465	1.700	.3882
6	.6248	1.506	.00890	1.512	.36325	4.145	2.678	2.009	1.082	1.483	1.711	.4147
7	.5151	1.185	.00940	1.189	.33102	3.579	2.934	2.159	1.100	1.586	1.819	.5030
8	.4785	1.109	.00950	1.116	.32239	3.441	3.005	2.199	1.083	1.597	1.846	.5414
9	.3627	.792	.00970	.799	.27562	2.875	3.307	2.342	1.022	1.677	1.927	.7143
10	.1920	.385	.01030	.384	.19697	1.953	3.935	2.512	.641	1.674	1.926	1.3493
11	.1920	.393	.01030	.393	.19929	1.972	3.926	2.517	.635	1.658	1.936	1.3493
12	.3566	.869	.00970	.863	.28645	3.035	3.197	2.282	.953	1.575	1.888	.7266
13	.6828	1.803	.01010	1.804	.42275	4.264	2.706	2.056	1.111	1.493	1.764	.3795
14	.3962	.827	.01020	.826	.28744	2.876	3.335	2.370	1.109	1.751	1.955	.6539
15	.2926	.582	.01020	.582	.24132	2.413	3.615	2.464	.971	1.781	1.978	.8855
16	.2225	.415	.01020	.414	.20362	2.037	3.864	2.501	.793	1.781	1.937	1.1645
17	.2195	.402	.01020	.402	.20060	2.006	3.888	2.503	.788	1.792	1.931	1.1806
18	.2012	.396	.01020	.396	.19908	1.989	3.902	2.505	.686	1.701	1.929	1.2880

Tabla D.15

CALCULO DEL COEFICIENTE DE CHEZY ADIMENSIONAL

APLICACION DE DISTINTAS ECUACIONES DE TIPO LOGARITMICAS

RIO: AMERICAN FORK CREEK, UTAH EE.UU. -- FUENTE: JUDD Y PETERSON (1969)

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s	PEND.	R.H. m.	V _x m/s	C*	C*c1/C*	C*c2/C*	C*c3/C*	C*c4/C*	C*c5/C*	D/Y
1	.3505	.593	.06300	.320	.44466	1.333	4.202	2.116	.849	1.898	1.299	1.8261
2	.3139	.532	.06550	.271	.41743	1.275	4.070	1.888	.692	1.773	1.042	2.0388
3	.2896	.537	.06550	.264	.41177	1.303	3.930	1.795	.547	1.584	.969	2.2105
4	.2865	.549	.06450	.252	.39930	1.374	3.643	1.618	.503	1.483	.837	2.2340
5	.3200	.643	.06390	.278	.41713	1.541	3.406	1.600	.600	1.498	.899	2.0000
6	.2926	.562	.06490	.264	.41011	1.371	3.739	1.709	.536	1.524	.923	2.1875
7	.2560	.614	.06570	.237	.39063	1.571	3.087	1.316	.304	1.122	.636	2.5000
8	.2591	.560	.06520	.232	.38511	1.455	3.298	1.386	.343	1.232	.652	2.4706
9	.1920	.450	.06530	.201	.35838	1.254	3.537	1.318	.064	.846	.474	3.3333
10	.7711	1.102	.06500	.463	.54344	2.028	3.217	1.846	1.591	2.196	1.297	.8300
11	.4907	.713	.06500	.297	.43479	1.640	3.300	1.604	1.207	2.044	.943	1.3043
12	.4755	.575	.06500	.285	.42622	1.348	3.941	1.877	1.406	2.429	1.075	1.3462

Tabla D.16

CALCULO DEL COEFICIENTE DE CHEZY ADIMENSIONAL

APLICACION DE DISTINTAS ECUACIONES DE TIPO LOGARITMICAS

RIO ROJO (SITIO 81), NUEVO MEXICO EE.UU. - FUENTE: JUDD Y PETERSON (1969)

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S	PEND.	R.H. M.	V* M/S	C*	C*c1/C*	C*c2/C*	C*c3/C*	C*c4/C*	C*c5/C*	D/Y
1	.1484	.502	.01450	.148	.14528	3.458	1.818	1.014	.457	.953	.694	1.3347
2	.1347	.442	.01420	.135	.13697	3.229	1.872	1.011	.415	.947	.671	1.4706
3	.1558	.790	.01310	.156	.14145	5.587	1.147	.6489	.305	.611	.450	1.2720
4	.1554	.976	.01330	.155	.14239	6.851	.934	.5285	.248	.497	.366	1.2745
5	.1554	1.105	.01250	.155	.13804	8.001	.800	.4525	.212	.426	.314	1.2745
6	.1628	.876	.01310	.163	.14460	6.057	1.076	.6167	.300	.581	.433	1.2173
7	.1661	.974	.01270	.166	.14384	6.772	.970	.5592	.276	.527	.395	1.1926
8	.1759	.982	.01280	.176	.14858	6.612	1.015	.5942	.306	.561	.425	1.1265
9	.1774	1.220	.01230	.177	.14628	8.341	.807	.4736	.245	.447	.340	1.1169
10	.2134	1.404	.01210	.213	.15911	8.824	.815	.4999	.289	.474	.372	.9286
11	.2844	1.688	.01430	.284	.19970	8.454	.935	.6067	.397	.577	.471	.6967
12	.3124	1.633	.01380	.312	.20562	7.942	1.025	.6754	.456	.644	.530	.6342

Tabla D.17

CALCULO DEL COEFICIENTE DE CHEZY ADIMENSIONAL

APLICACION DE DISTINTAS ECUACIONES DE TIPO LOGARITMICAS

RIO ROJO (SITIO 82), NUEVO MEXICO EE. UU. - FUENTE: JUDD Y PETERSON (1969)

ORDEN	PROF. M.	VELOC. M/S	PEND.	R.H. M.	V* M/S	C*	C*c1/C*	C*c2/C*	C*c3/C*	C*c5/C*	D/Y
1	.1917	.482	.02450	.192	.21462	2.245	3.246	2.008	1.183	1.503	.6041
2	.1740	.621	.02380	.174	.20155	3.083	2.286	1.384	.775	1.019	.6655
3	.1859	.556	.02370	.186	.20788	2.676	2.694	1.656	.961	1.233	.6229
4	.1859	.936	.02570	.186	.21647	4.324	1.668	1.025	.595	.763	.6229
5	.1914	1.098	.02700	.191	.22513	4.878	1.493	.9235	.544	.691	.6051
6	.1963	1.212	.02680	.196	.22713	5.337	1.376	.8558	.510	.643	.5900
7	.2002	1.054	.02620	.200	.22683	4.647	1.592	.9937	.598	.749	.5984
8	.2015	1.206	.02660	.201	.22925	5.259	1.409	.8808	.531	.665	.5749
9	.3200	1.869	.02260	.320	.26633	7.017	1.221	.8249	.585	.659	.3619
10	.3322	1.908	.02200	.332	.26773	7.128	1.215	.8251	.591	.661	.3486
11	.4511	1.222	.02810	.451	.35257	3.467	2.717	1.917	1.467	1.574	.2568
12	.2652	1.607	.02280	.265	.24350	6.600	1.227	.8058	.541	.631	.4368
13	.2697	1.536	.02200	.270	.24124	6.367	1.278	.8421	.569	.661	.4294
14	.2463	1.386	.02320	.246	.23671	5.857	1.351	.8766	.574	.680	.4703
15	.2496	1.306	.02340	.250	.23934	5.455	1.457	.9473	.623	.736	.4640
16	.2466	1.213	.02450	.247	.24340	4.982	1.589	1.031	.675	.800	.4697
17	.2374	1.160	.02300	.237	.23142	5.011	1.561	1.006	.650	.777	.4878
18	.2222	.927	.02390	.222	.22821	4.063	1.884	1.200	.755	.919	.5212
19	.2326	.872	.02390	.233	.23347	3.733	2.081	1.337	.857	1.030	.4980
20	.2161	.803	.02400	.216	.22552	3.560	2.131	1.351	.840	1.030	.5360
21	.2103	.859	.02450	.210	.22479	3.823	1.967	1.240	.762	.942	.5507
22	.2161	.834	.02430	.216	.22693	3.677	2.063	1.308	.814	.997	.5360
23	.2027	.652	.02260	.203	.21195	3.077	2.414	1.510	.914	1.141	.5714

Tabla D.18

CALCULO DEL COEFICIENTE DE CHEZY ADIMENSIONAL

APLICACION DE DISTINTAS ECUACIONES DE TIPO LOGARITMICAS

RIO SEVERN, INGLATERRA -- FUENTE: BATHURST

(1977)

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s	PEND.	R.H. m.	V* m/s	C*	C*c1/C*	C*c2/C*	C*c3/C*	C*c4/C*	C*c5/C*	D/Y
1	.2930	.143	.00001	.293	.00536	26.75	.479	.3756	.330	.320	.328	.1549
2	.4150	.251	.00002	.415	.00856	29.32	.467	.3724	.332	.321	.328	.1094
3	.1660	.280	.00094	.166	.03912	7.151	1.216	.8278	.595	.722	.664	.6205
4	.2580	.411	.00120	.258	.05499	7.472	1.311	.9396	.738	.835	.779	.3992
5	.6010	.188	.00016	.601	.03071	6.120	2.382	1.930	1.744	1.744	1.713	.0649
6	.7350	.276	.00022	.735	.03937	7.000	2.154	1.759	1.599	1.595	1.568	.0531
7	.9270	.482	.00029	.927	.05135	9.384	1.669	1.374	1.256	1.250	1.230	.0421
8	1.1250	.783	.00038	1.125	.06475	12.09	1.335	1.107	1.016	1.010	.994	.0347
9	.2980	.270	.00038	.298	.03332	8.105	1.513	1.171	1.016	1.063	1.015	.1510
10	.3880	.310	.00044	.388	.04092	7.584	1.703	1.338	1.178	1.221	1.169	.1160
11	.5840	.608	.00062	.584	.05968	10.19	1.367	1.096	.982	1.006	.968	.0771
12	.8260	.943	.00074	.826	.07716	12.22	1.211	.9847	.892	.908	.876	.0545
13	.3710	.277	.00047	.371	.04135	6.701	1.560	1.146	.932	1.101	.964	.2507
14	.4400	.394	.00066	.440	.05320	7.400	1.470	1.095	.908	1.053	.929	.2114
15	.4980	.565	.00079	.498	.06211	9.093	1.230	.9252	.777	.890	.789	.1867
16	.7600	1.335	.00130	.760	.09843	13.57	.902	.6979	.605	.673	.605	.1224
17	.2420	.487	.00290	.242	.08296	5.870	1.792	1.319	1.077	1.261	1.112	.2479
18	.3420	.562	.00290	.342	.09862	5.698	1.998	1.511	1.277	1.448	1.293	.1754
19	.5010	1.175	.00270	.501	.11518	10.20	1.209	.9372	.814	.900	.813	.1198
20	.4040	.212	.00056	.404	.04689	4.529	2.736	2.124	1.849	2.009	1.845	.1238
21	.5040	.563	.00120	.504	.07701	7.312	1.770	1.391	1.226	1.318	1.216	.0992
22	.5150	.590	.00116	.515	.07651	7.708	1.686	1.327	1.170	1.257	1.161	.0971
23	.5320	.633	.00122	.532	.07978	7.938	1.648	1.299	1.147	1.231	1.137	.0940
24	.6200	.935	.00154	.620	.09689	9.648	1.395	1.108	.985	1.052	.974	.0806
25	.6300	.993	.00161	.630	.09973	9.953	1.356	1.078	.959	1.023	.948	.0794
26	.2870	.288	.00056	.287	.03952	7.299	1.576	1.196	1.015	1.089	1.026	.1986
27	.5150	1.041	.00151	.515	.08733	11.92	1.087	.8549	.753	.786	.747	.1107
28	.2620	.273	.00056	.262	.03776	7.222	1.613	1.229	1.048	1.135	1.057	.1794
29	.3100	.741	.00159	.310	.06952	10.66	1.133	.8726	.753	.807	.755	.1516
30	.6180	.961	.00169	.618	.10120	9.494	1.453	1.161	1.038	1.084	1.024	.0761

Tabla D.19 CALCULO DEL COEFICIENTE DE CHEZY ADIMENSIONAL

APLICACION DE DISTINTAS ECUACIONES DE TIPO LOGARITMICAS

RIO TEES, INGLATERRA -- FUENTE: BATHURST (1977)

ORDEN	PROF. m.	VELOC. m/s	PEND.	R.H. m.	V* m/s	C*	C*c1/C*	C*c2/C*	C*c3/C*	C*c4/C*	C*c5/C*	D/Y
1	.1650	.366	.01740	.165	.16779	2.180	2.399	1.123	.282	.705	.628	2.7424
2	.3050	.694	.01710	.305	.22616	3.068	2.204	1.298	.678	.990	.933	1.4836
3	.4030	.896	.01660	.403	.25613	3.496	2.133	1.338	.814	1.063	1.013	1.1228
4	.2100	.245	.01140	.210	.15322	1.600	3.797	2.058	.854	1.596	1.369	1.8095
5	.2800	.445	.01150	.280	.17770	2.507	2.709	1.600	.842	1.298	1.153	1.3571
6	.3400	.627	.01160	.340	.19667	3.189	2.281	1.410	.828	1.169	1.054	1.1176
7	.2020	.296	.00800	.202	.12589	2.349	2.661	1.477	.657	1.275	1.006	1.5099
8	.3310	.539	.00810	.331	.16215	3.325	2.250	1.415	.864	1.263	1.072	.9215
9	.4010	.751	.00810	.401	.17847	4.210	1.891	1.231	.811	1.109	.958	.7606

DETERMINACION DE LOS ERRORES MEDIO PARA LAS DISTINTAS ECUACIONES DE CALCULO

EXPRESIONES BASADAS EN UNA DISTRIBUCION DE VELOCIDADES LOGARITMICA

EXPERIENCIAS DE TAYLOR (1961) - LECHO ENTERAMENTE RUGOSO

RADIO HIDRAULICO CORREGIDO POR EFECTO DE PARED

ECUACION DE PRANDTL-KARMAN ERROR MEDIO(%): 5.4660 (o)

ECUACION DE GRAF ERROR MEDIO(%): 29.4897 (+)

ECUACION DE THOMPSON Y CAMPBELL ERROR MEDIO(%): 46.6167 (*)

ECUACION DE GRIFFITHS ERROR MEDIO(%): 43.8910 (x)

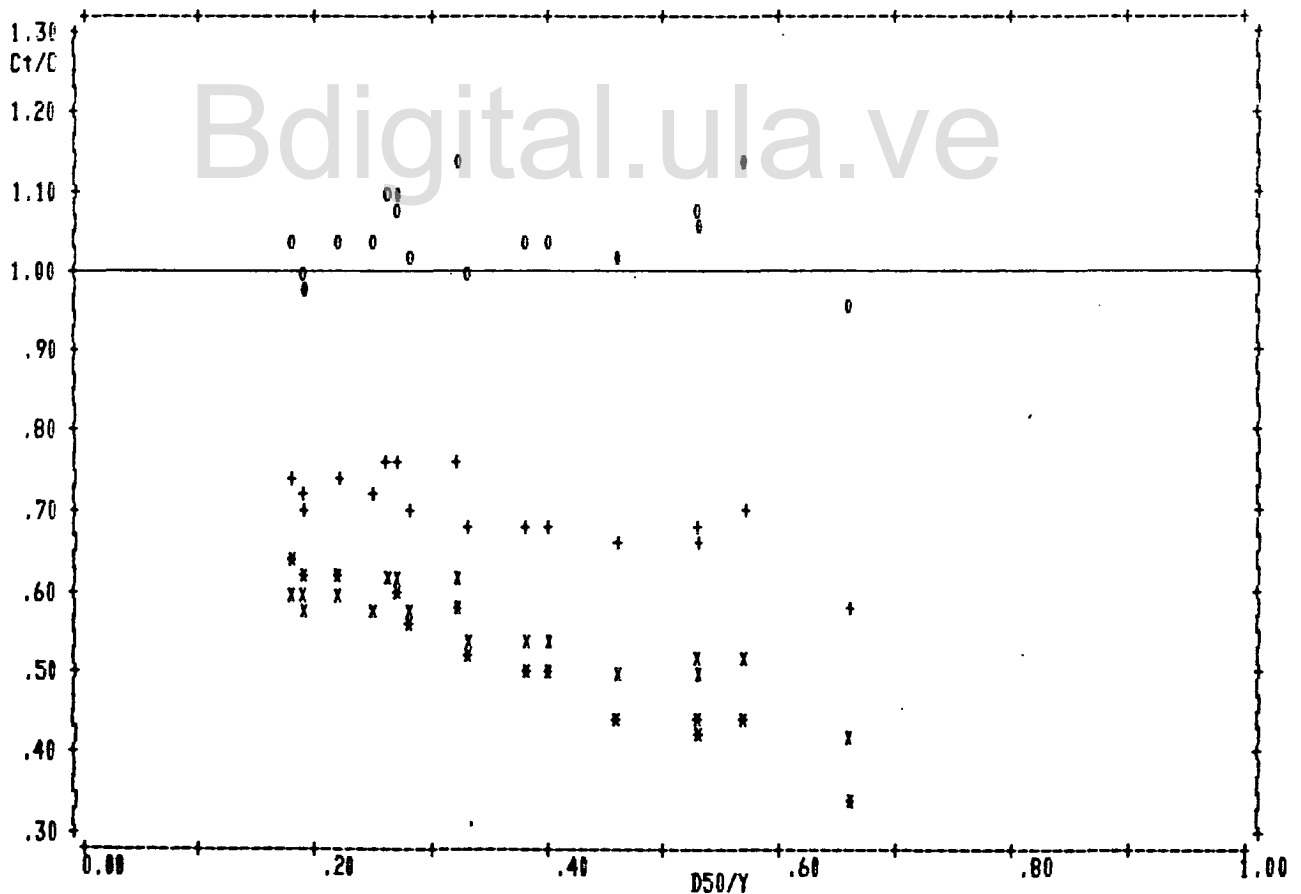


Figura D.1

DETERMINACION DE LOS ERRORES MEDIO PARA LAS DISTINTAS ECUACIONES DE CALCULO

EXPRESIONES BASADAS EN UNA DISTRIBUCION DE VELOCIDADES LOGARITMICA

EXPERIENCIAS DE AGUIRRE (1988, INEDITO) -- RADIO HIDRAULICO CORREGIDO POR EFECTO DE PARED

DATOS DEL LABOFATORIO DE HIDRAULICA DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

ECUACION DE PRANDTL-KARMAN ERROR MEDIO(%):18.5768 (o)

ECUACION DE GRAF ERROR MEDIO(%):52.8835 (+)

ECUACION DE THOMPSON Y CAMPBELL ERROR MEDIO(%):74.8147 (*)

ECUACION DE BATHUPST ERROR MEDIO(%):52.3952 (-)

ECUACION DE GRIFFITHS ERROR MEDIO(%):66.7627 (x)

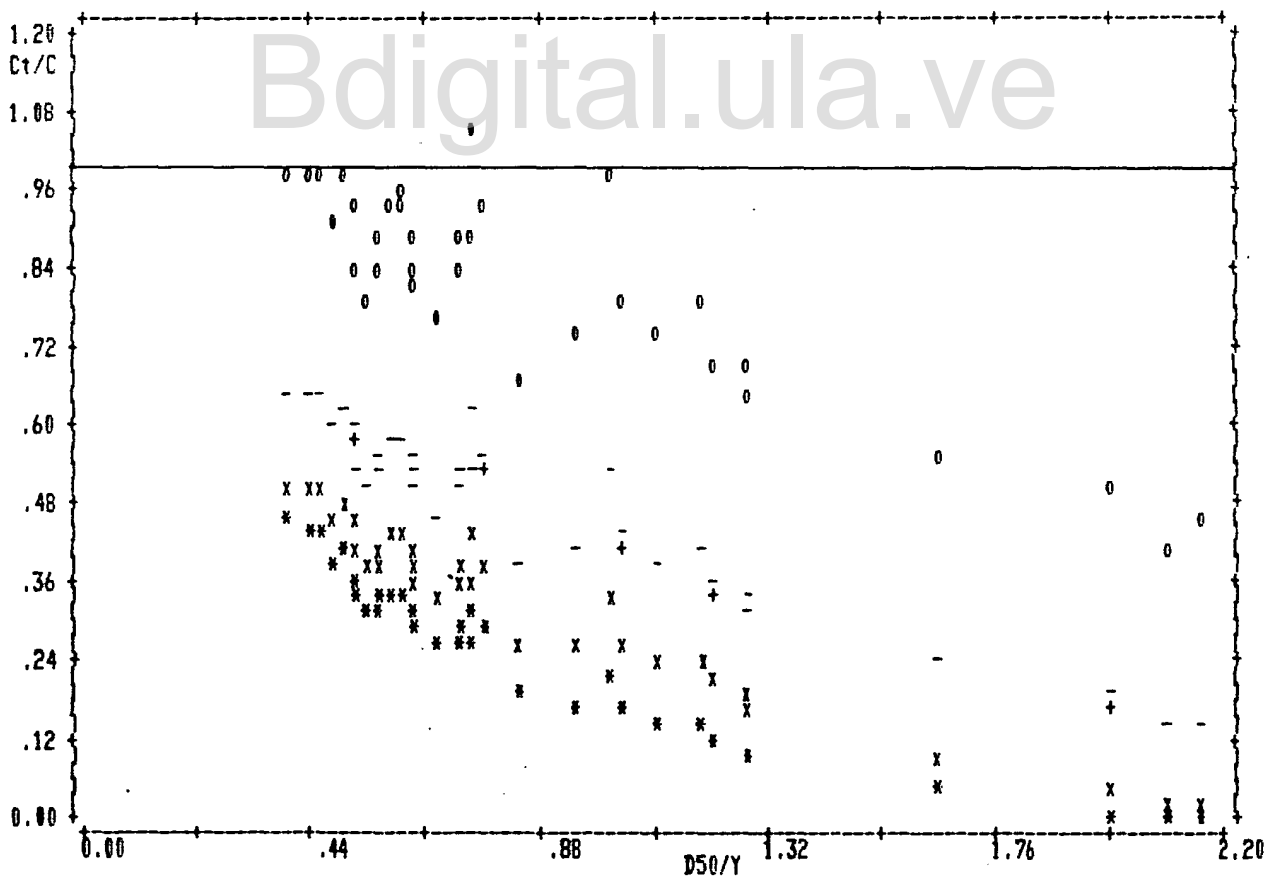


Figura D.2

DETERMINACION DE LOS ERRORES MEDIO PARA LAS DISTINTAS ECUACIONES DE CALCULO

EXPRESIONES BASADAS EN UNA DISTRIBUCION DE VELOCIDADES LOGARITMICA

EXPERIENCIAS DE BATHURST, ET AL (1984) - ESTUDIO "EPFL"

SERIE I FONDO PLANO SIN TRANSPORTE - RADIO HIDRAULICO CORREGIDO POR EFECTO DE PARED

ECUACION DE PRANDTL-KARMAN ERROR MEDIO(%):46.3056 (o)

ECUACION DE GRAF ERROR MEDIO(%):13.1760 (+)

ECUACION DE THOMPSON Y CAMPBELL ERROR MEDIO(%):36.8691 (*)

ECUACION DE BATHURST ERROR MEDIO(%):12.8400 (-)

ECUACION DE GRIFFITHS ERROR MEDIO(%):26.5364 (x)

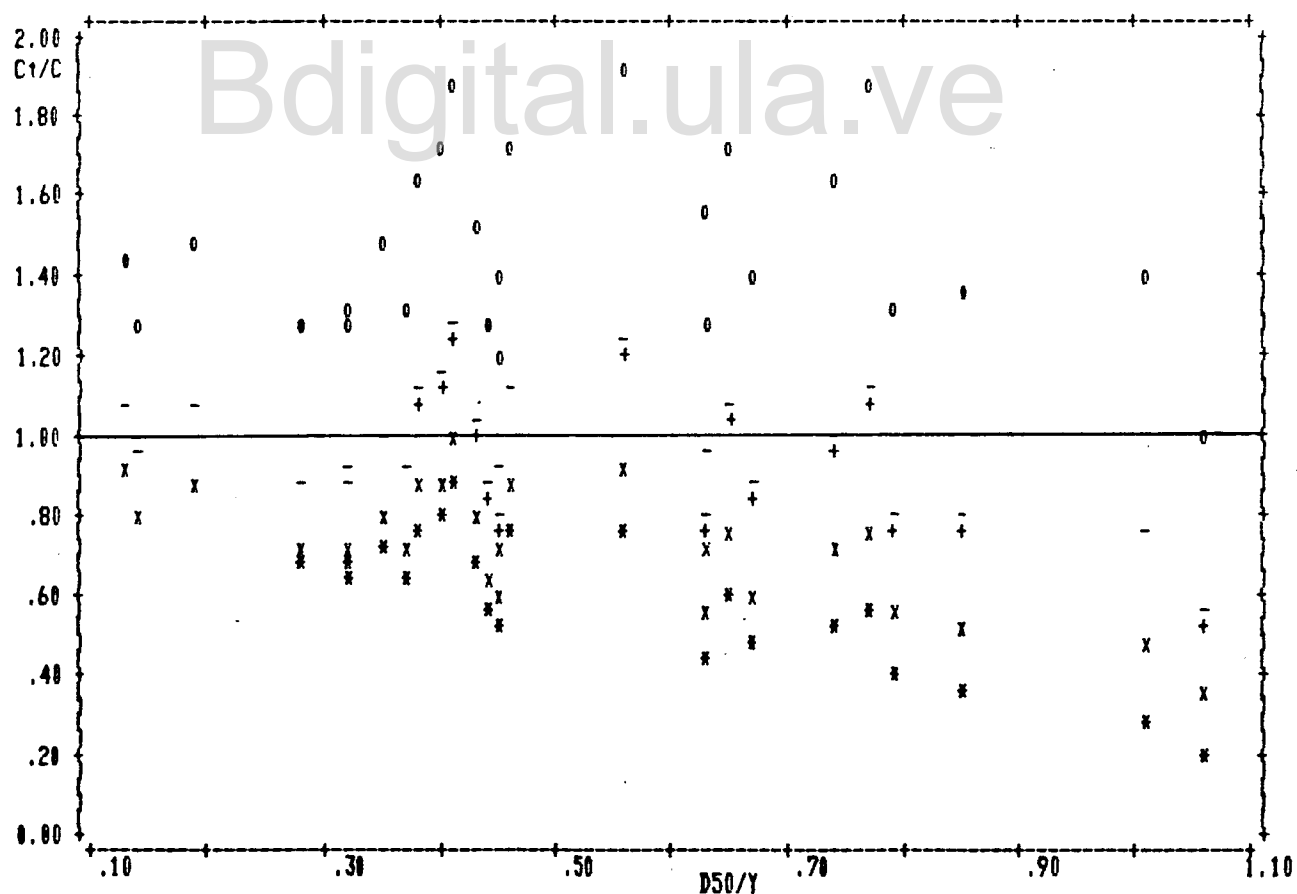


Figura D.3

DETERMINACION DE LOS ERRORES MEDIO PARA LAS DISTINTAS ECUACIONES DE CALCULO

EXPRESIONES BASADAS EN UNA DISTRIBUCION DE VELOCIDADES LOGARITMICA

EXPERIENCIAS DE BATHURST, ET AL (1984) - ESTUDIO "EPFL"

SERIE I FONDO PLANO CON Y SIN TRANSPORTE - RADIO HIDRAULICO CORREGIDO POR EFECTO DE PARED

ECUACION DE PRANDTL-KARMAN	ERROR MEDIO(%):46.3723	(o)
ECUACION DE GRAF	ERROR MEDIO(%):13.1090	(+)
ECUACION DE THOMPSON Y CAMPBELL	ERROR MEDIO(%):33.6857	(*)
ECUACION DE BATHURST	ERROR MEDIO(%):12.7960	(-)
ECUACION DE GRIFFITHS	ERROR MEDIO(%):24.9036	(x)

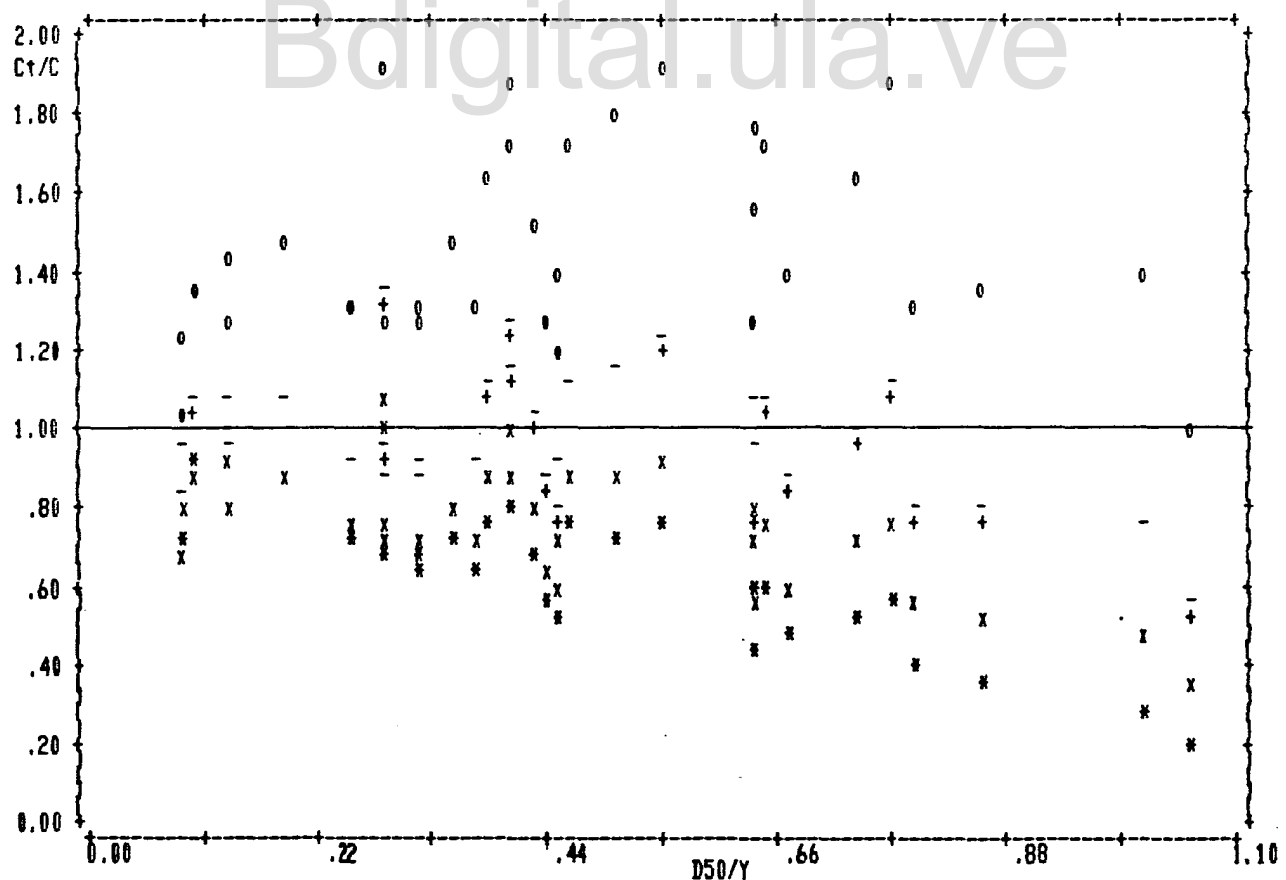


Figura D.4

DETERMINACION DE LOS ERRORES MEDIO PARA LAS DISTINTAS ECUACIONES DE CALCULO

EXPRESIONES BASADAS EN UNA DISTRIBUCION DE VELOCIDADES LOGARITMICAS

EXPERIENCIAS DE BATHURST, ET AL (1984) - ESTUDIO "EPFL"

SERIE I FONDO PLANO Y FONDO CON ANTIDUNAS - RADIO HIDRAULICO CORREGIDO POR EFECTO DE PARED

ECUACION DE PRANDTL-KARMAN ERROR MEDIO(Z):44.0510 (o)

ECUACION DE GRAF ERROR MEDIO(Z):14.8530 (+)

ECUACION DE THOMPSON Y CAMPBELL ERROR MEDIO(Z):31.8860 (*)

ECUACION DE BATHURST ERROR MEDIO(Z):14.5458 (-)

ECUACION DE GRIFFITHS ERROR MEDIO(Z):24.6818 (x)

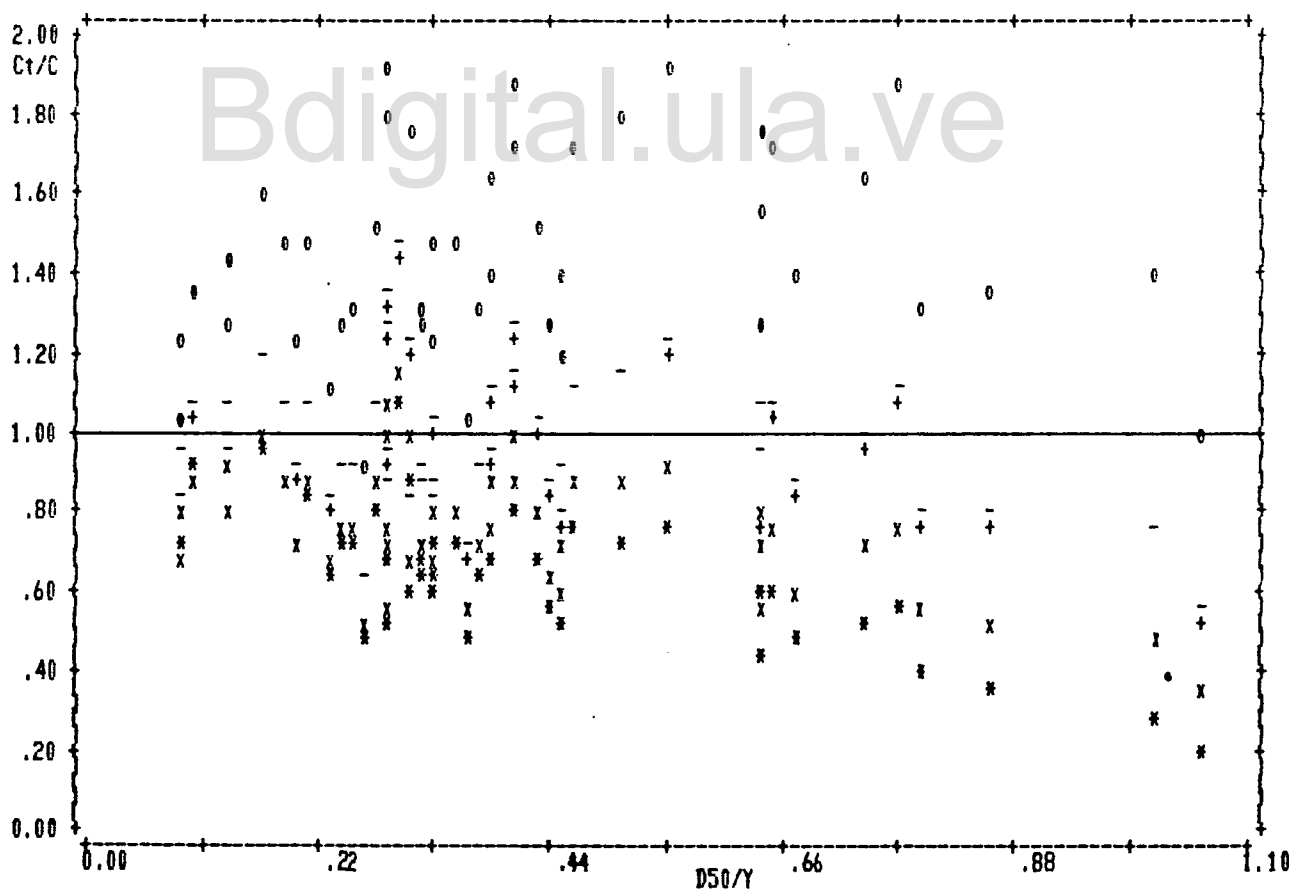


Figura D.5

DETERMINACION DE LOS ERRORES MEDIO PARA LAS DISTINTAS ECUACIONES DE CALCULO

EXPRESIONES BASADAS EN UNA DISTRIBUCION DE VELOCIDADES LOGARITMICA

EXPERIENCIAS DE BATHURST, ET AL (1984) - ESTUDIO "EPFL"

SERIE I FONDO CON ANTIDUNAS - RADIO HIDRAULICO CORREGIDO POR EFECTO DE PARED

ECUACION DE PRANDTL-KARMAN ERROR MEDIO(Z):38.9989 (o)

ECUACION DE GRAF ERROR MEDIO(Z):18.6488 (+)

ECUACION DE THOMPSON Y CAMPBELL ERROR MEDIO(Z):27.9689 (*)

ECUACION DE BATHURST ERROR MEDIO(Z):18.3542 (-)

ECUACION DE GRIFFITHS ERROR MEDIO(Z):24.1990 (x)

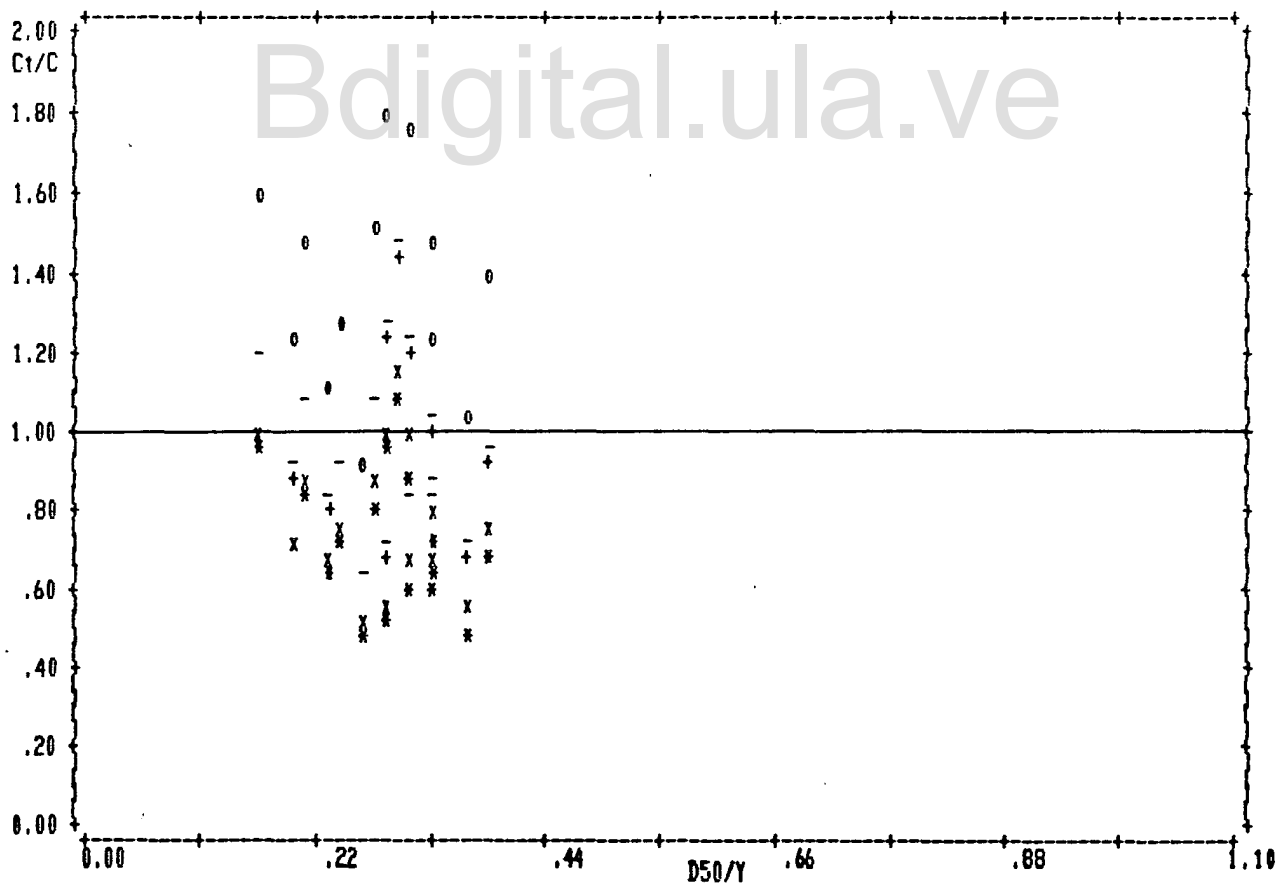


Figura D.6

DETERMINACION DE LOS ERRORES MEDIO PARA LAS DISTINTAS ECUACIONES DE CALCULO

EXPRESIONES BASADAS EN UNA DISTRIBUCION DE VELOCIDADES LOGARITMICA

EXPERIENCIAS DE BATHURST ET AL (1984) - ESTUDIO "EPFL"

SERIE II FONDO PLANO SIN TRANSPORTE - RADIO HIDRAULICO CORREGIDO POR EFECTO DE PARED

ECUACION DE PRANDTL-KARMAN ERROR MEDIO(X):36.1567 (o)

ECUACION DE GRAF ERROR MEDIO(X):17.8162 (+)

ECUACION DE THOMPSON Y CAMPBELL ERROR MEDIO(X):48.6110 (*)

ECUACION DE BATHURST ERROR MEDIO(X):13.9866 (-)

ECUACION DE GRIFFITHS ERROR MEDIO(X):37.1375 (x)

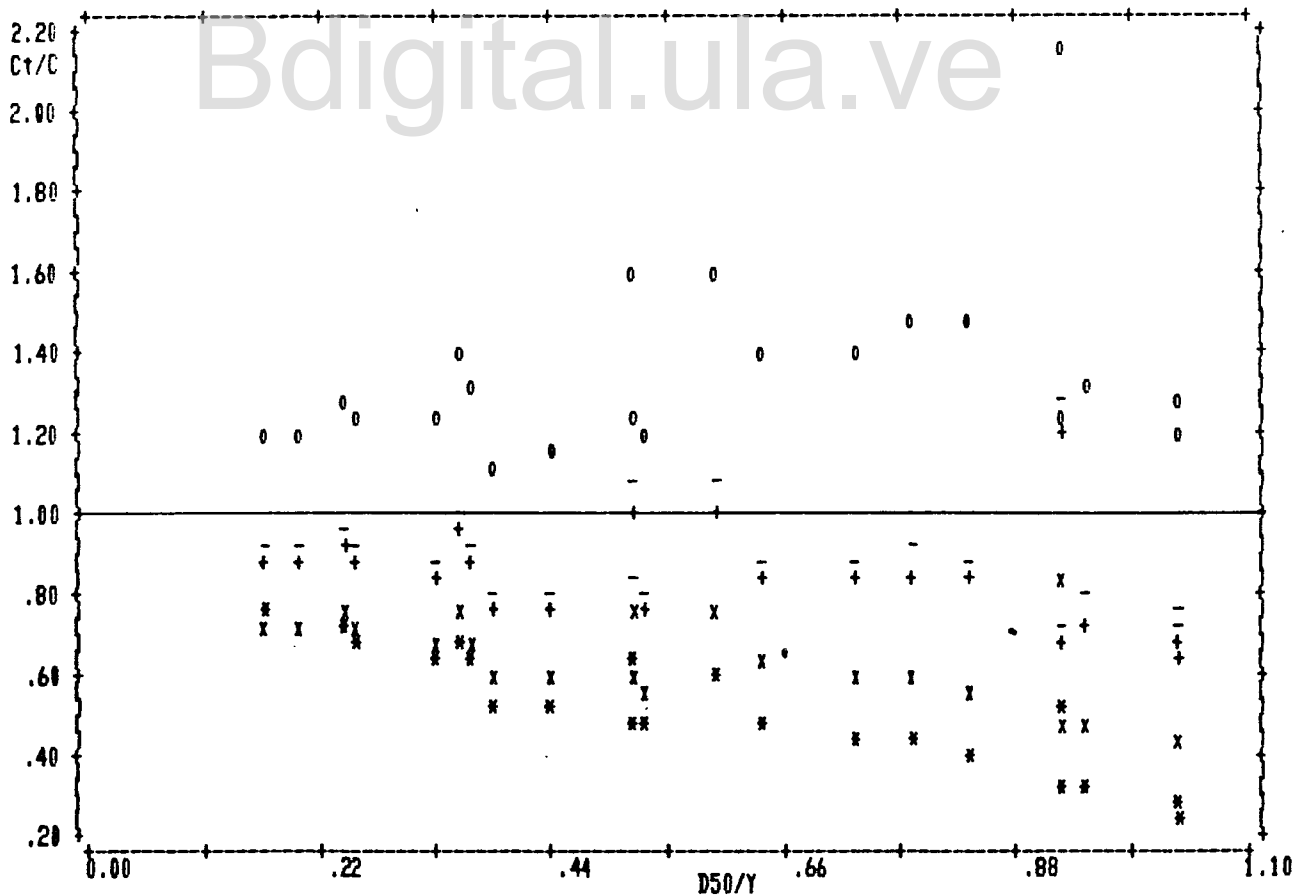


Figura D.7

DETERMINACION DE LOS ERRORES MEDIO PARA LAS DISTINTAS ECUACIONES DE CALCULO

EXPRESIONES BASADAS EN UNA DISTRIBUCION DE VELOCIDADES LOGARITMICAS

EXPERIENCIAS DE BATHURST, ET AL (1984) - ESTUDIO "EPFL"

SERIE II FONDO PLANO SIN Y CON TRANSPORTE - RADIO HIDRAULICO CORREGIDO POR EFECTO DE PARED

ECUACION DE PRANDTL-KARMAN ERROR MEDIO(%):36.6396 (o)

ECUACION DE GRAF ERROR MEDIO(%):16.2121 (+)

ECUACION DE THOMPSON Y CAMPBELL ERROR MEDIO(%):46.6340 (*)

ECUACION DE BATHURST ERROR MEDIO(%):12.7217 (-)

ECUACION DE GRIFFITHS ERROR MEDIO(%):35.6451 (x)

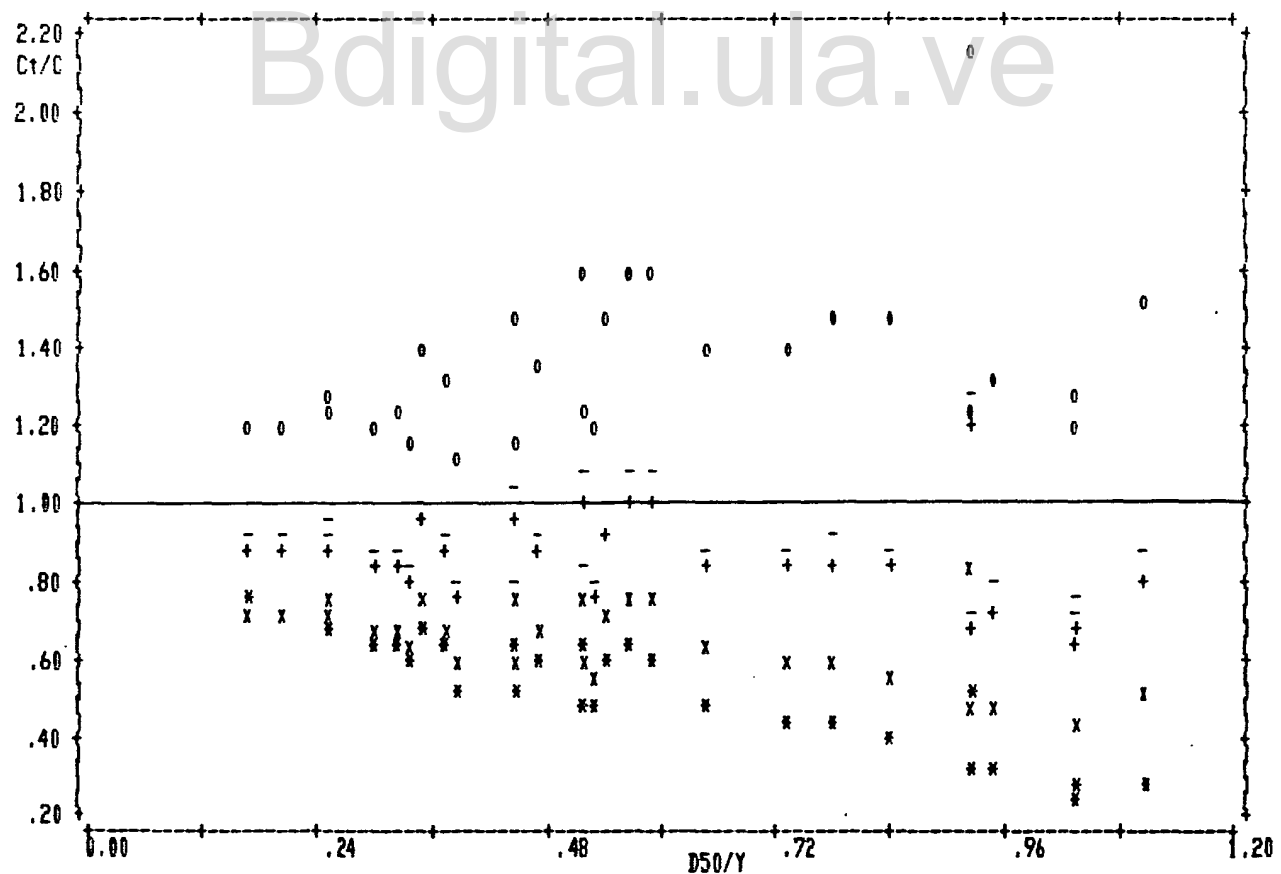


Figura 0.8

DETERMINACION DE LOS ERRORES MEDIO PARA LAS DISTINTAS ECUACIONES DE CALCULO

EXPRESIONES BASADAS EN UNA DISTRIBUCION DE VELOCIDADES LOGARITMICA

EXPERIENCIAS DE BATHURST, ET AL (1984) - ESTUDIO "EPFL"

SERIE II FONDO PLANO Y FONDO CON ANTIDUNAS - RADIO HIDRAULICO CORREGIDO POR EFECTO DE PARED

ECUACION DE PRANDTL-KARMAN ERROR MEDIO(%):48.3187 (o)

ECUACION DE GRAF ERROR MEDIO(%):20.1169 (+)

ECUACION DE THOMPSON Y CAMPBELL ERROR MEDIO(%):38.3948 (*)

ECUACION DE BATHURST ERROR MEDIO(%):18.2942 (-)

ECUACION DE GRIFFITHS ERROR MEDIO(%):31.2983 (x)

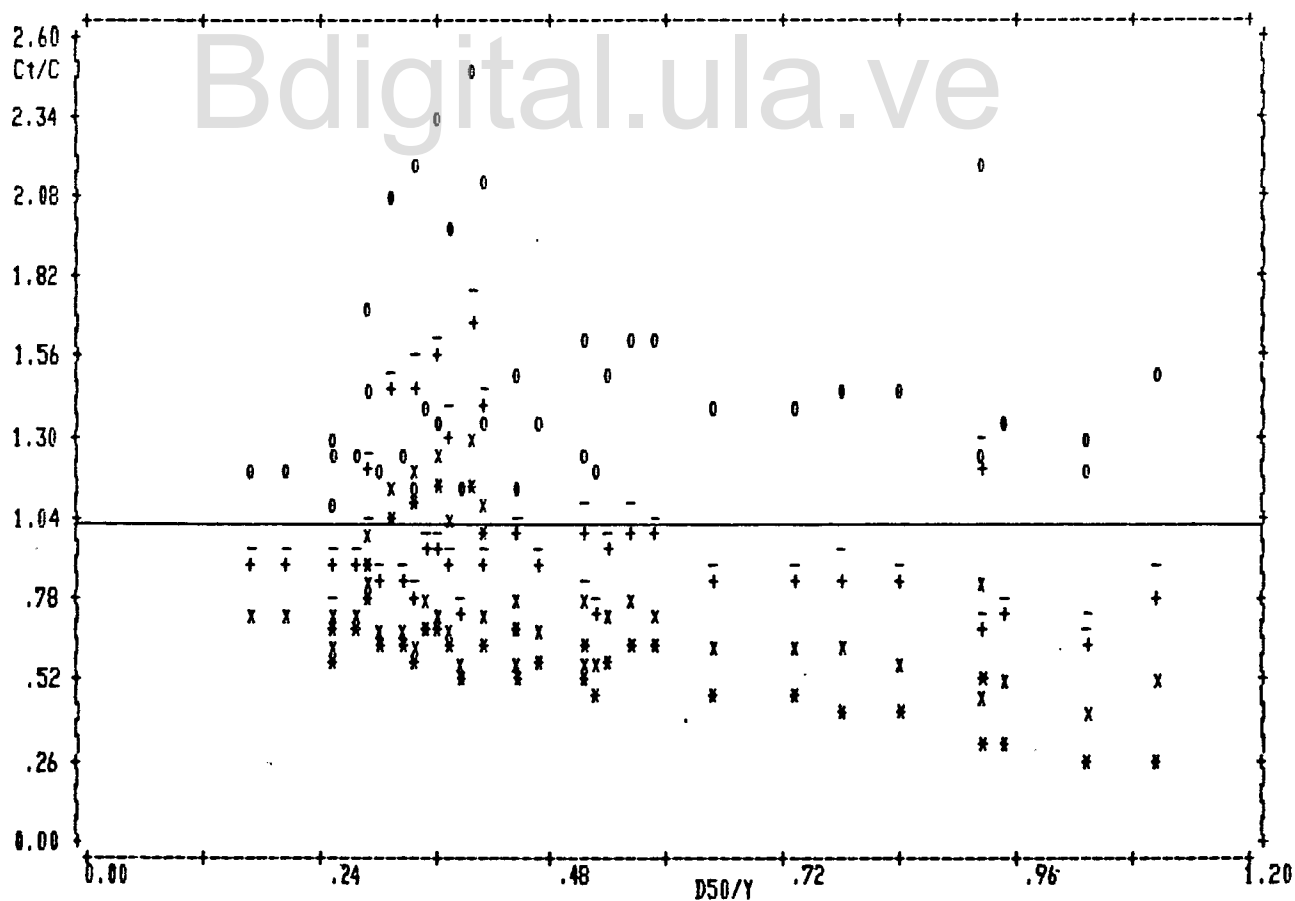


Figura D.9

DETERMINACION DE LOS ERRORES MEDIO PARA LAS DISTINTAS ECUACIONES DE CALCULO

EXPRESIONES BASADAS EN UNA DISTRIBUCION DE VELOCIDADES LOGARITMICA

EXPERIENCIAS DE BATHURST, ET AL (1984) - ESTUDIO "EPFL"

SERIE II FONDO CON ANTIDUNAS - RADIO HIDRAULICO CORREGIDO POR EFECTO DE PARED

ECUACION DE PRANDTL-KARMAN ERROR MEDIO(%):74.3722 (o)

ECUACION DE GRAF ERROR MEDIO(%):28.8278 (+)

ECUACION DE THOMPSON Y CAMPBELL ERROR MEDIO(%):20.0149 (*)

ECUACION DE BATHURST ERROR MEDIO(%):30.7250 (-)

ECUACION DE GRIFFITHS ERROR MEDIO(%):21.6014 (x)

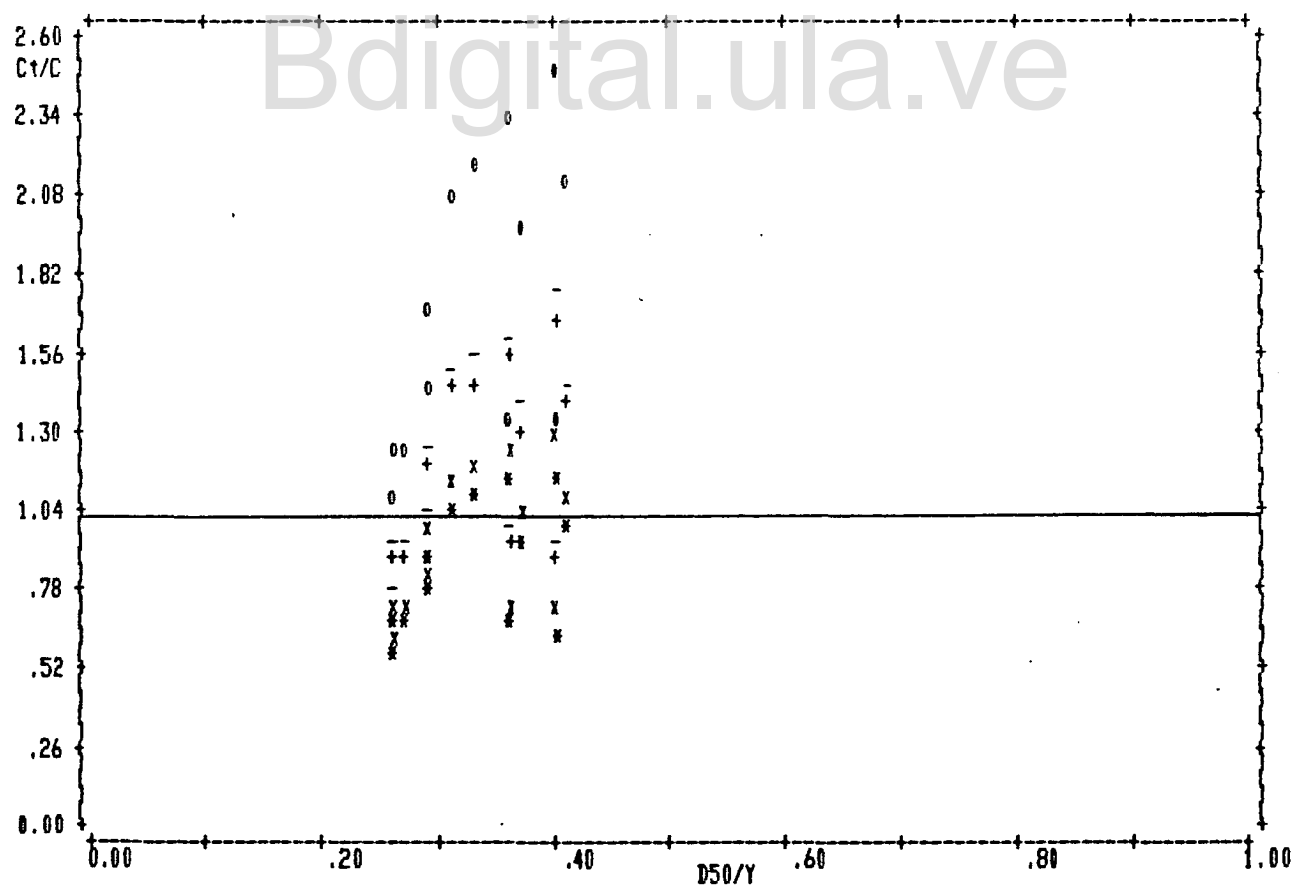


Figura D.10

DETERMINACION DE LOS ERRORES MEDIO PARA LAS DISTINTAS ECUACIONES DE CALCULO

EXPRESIONES BASADAS EN UNA DISTRIBUCION DE VELOCIDADES LOGARITMICA

EXPERIENCIAS DE BATHURST, ET AL (1984) - ESTUDIO "EPFL"

SERIE III FONDO PLANO SIN TRANSPORTE - RADIO HIDRAULICO CORREGIDO POR EFECTO DE PARED

ECUACION DE PRANDTL-KARMAN	ERROR MEDIO(X): 9.6251	(o)
ECUACION DE GRAF	ERROR MEDIO(X): 18.6381	(+)
ECUACION DE THOMPSON Y CAMPBELL	ERROR MEDIO(X): 31.0570	(*)
ECUACION DE BATHURST	ERROR MEDIO(X): 15.8723	(-)
ECUACION DE GRIFFITHS	ERROR MEDIO(X): 31.1088	(x)

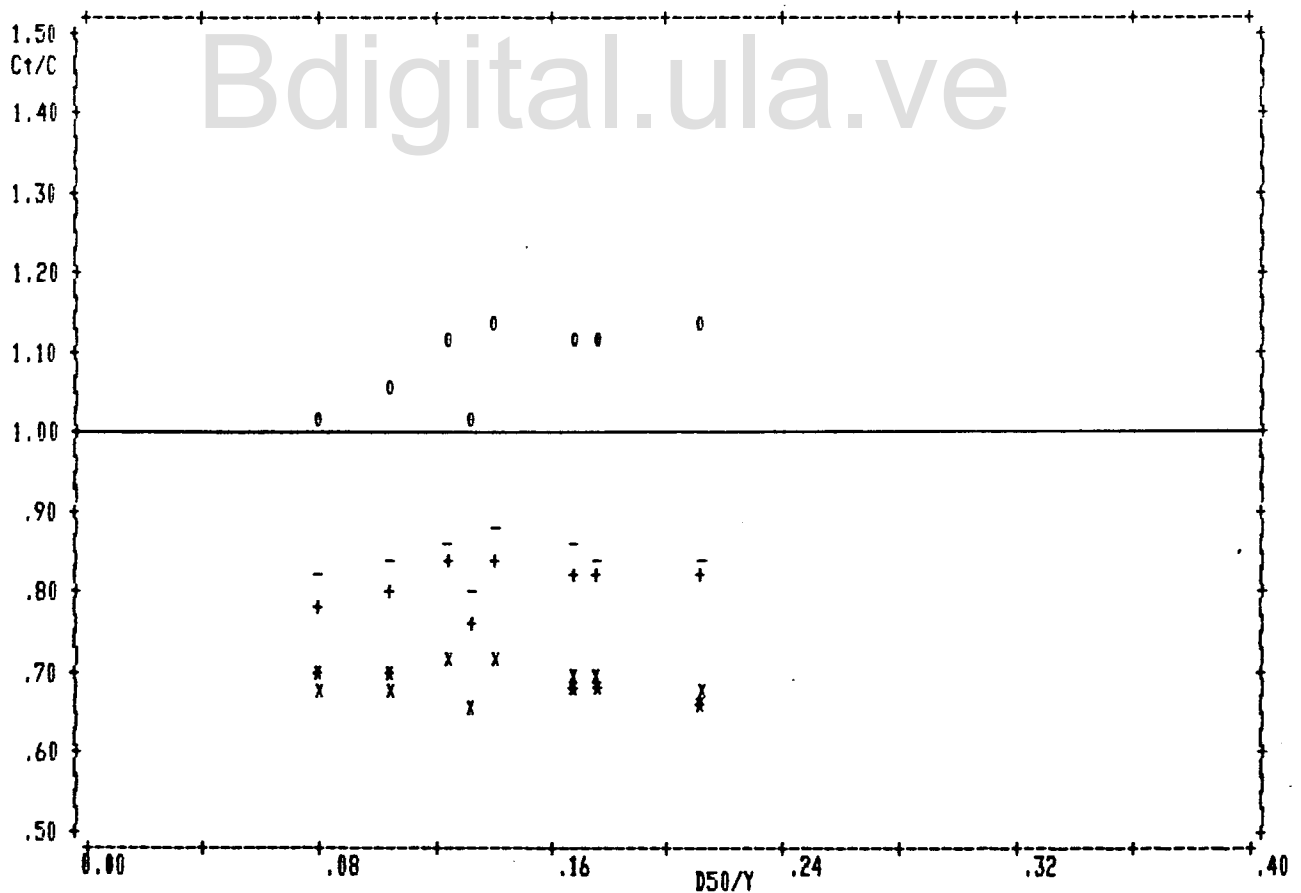


Figura D.11

DETERMINACION DE LOS ERRORES MEDIO PARA LAS DISTINTAS ECUACIONES DE CALCULO

EXPRESIONES BASADAS EN UNA DISTRIBUCION DE VELOCIDADES LOGARITMICA

EXPERIENCIAS DE BATHURST, ET AL (1984) - ESTUDIO "EPFL"

SERIE III FONDO PLANO CON Y SIN TRANSPORTE - RADIO HIDRAULICO CORREGIDO POR EFECTO DE PARED

ECUACION DE PRANDTL-KARMAN ERROR MEDIO(%): 7.9564 (o)

ECUACION DE GRAF ERROR MEDIO(%): 19.0784 (+)

ECUACION DE THOMPSON Y CAMPBELL ERROR MEDIO(%): 28.8901 (*)

ECUACION DE BATHURST ERROR MEDIO(%): 15.9102 (-)

ECUACION DE GRIFFITHS ERROR MEDIO(%): 30.6137 (x)

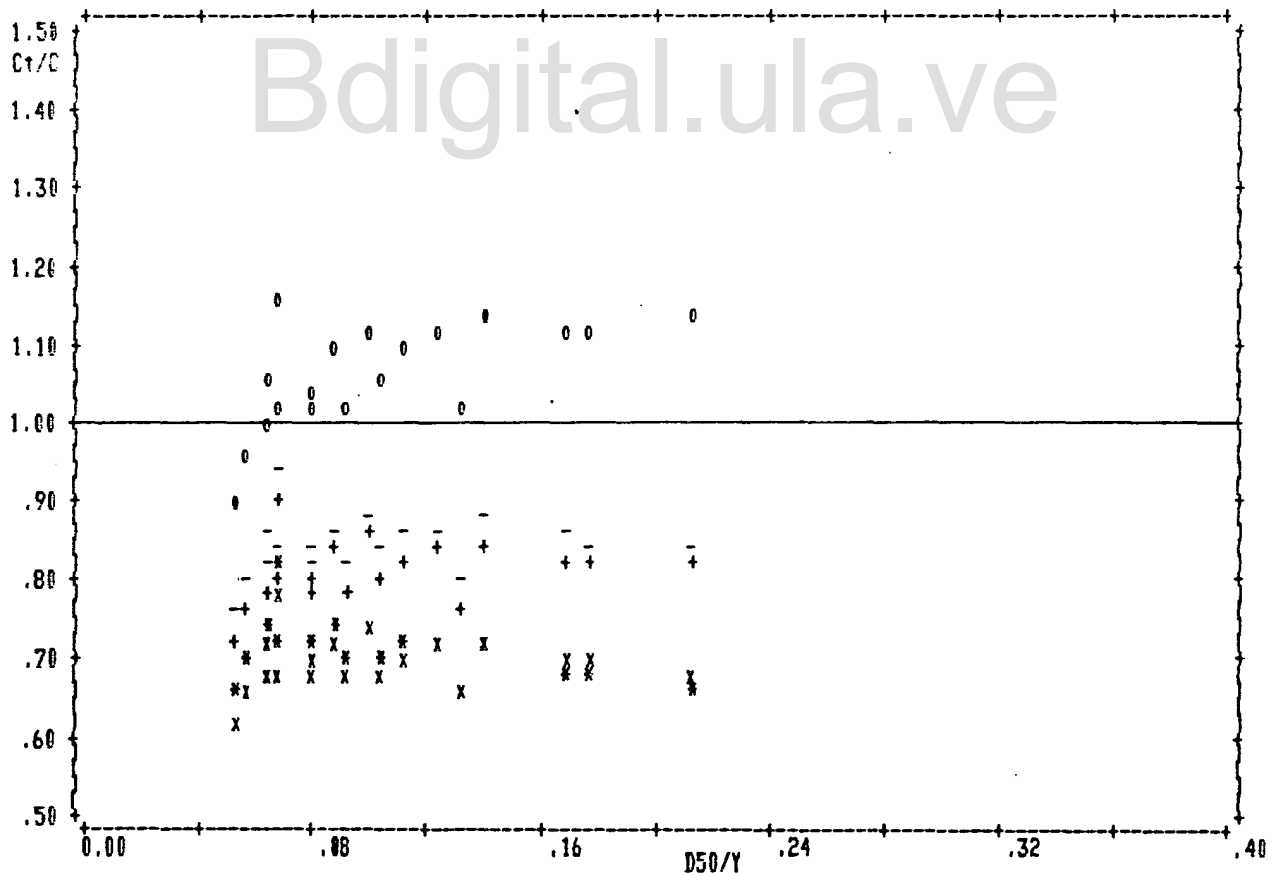


Figura D.12

DETERMINACION DE LOS ERRORES MEDIO PARA LAS DISTINTAS ECUACIONES DE CALCULO

EXPRESIONES BASADAS EN UNA DISTRIBUCION DE VELOCIDADES LOGARITMICA

EXPERIENCIAS DE ASHIDA Y BAYAZIT (1973) - PROFUNDIDAD MEDIDA DESDE EL FONDO TEORICO

RADIO HIDRAULICO CORREGIDO POR EFECTO DE PARED

ECUACION DE PRANDTL-KARMAN ERROR MEDIO(%):42.2545 (o)

ECUACION DE GRAF ERROR MEDIO(%):28.3604 (+)

ECUACION DE THOMPSON Y CAMPBELL ERROR MEDIO(%):50.3482 (*)

ECUACION DE GRIFFITHS ERROR MEDIO(%):40.8835 (x)

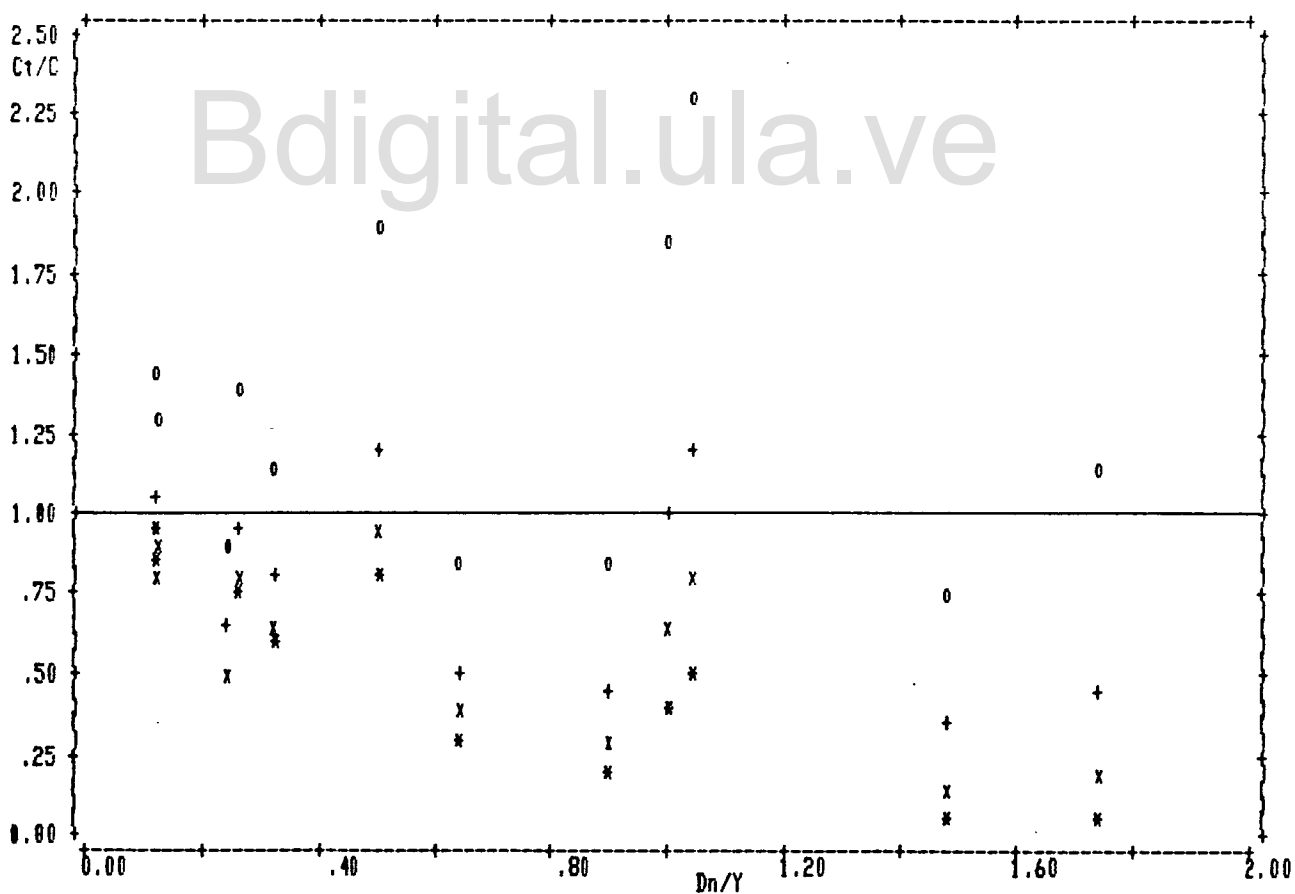


Figura D.13

DETERMINACION DE LOS ERRORES MEDIO PARA LAS DISTINTAS ECUACIONES DE CALCULO

EXPRESIONES BASADAS EN UNA DISTRIBUCION DE VELOCIDADES LOGARITMICA

EXPERIENCIAS DE NEILL RECOPIADAS POR BROWNLIE (1981)

RADIO HIDRAULICO CORREGIDO POR EFECTO DE PARED

ECUACION DE PRANDTL-KARMAN ERROR MEDIO(X):10.8192 (o)

ECUACION DE GRAF ERROR MEDIO(X):30.6702 (+)

ECUACION DE THOMPSON Y CAMPBELL ERROR MEDIO(X):44.6313 (*)

ECUACION DE GRIFFITHS ERROR MEDIO(X):42.6609 (x)

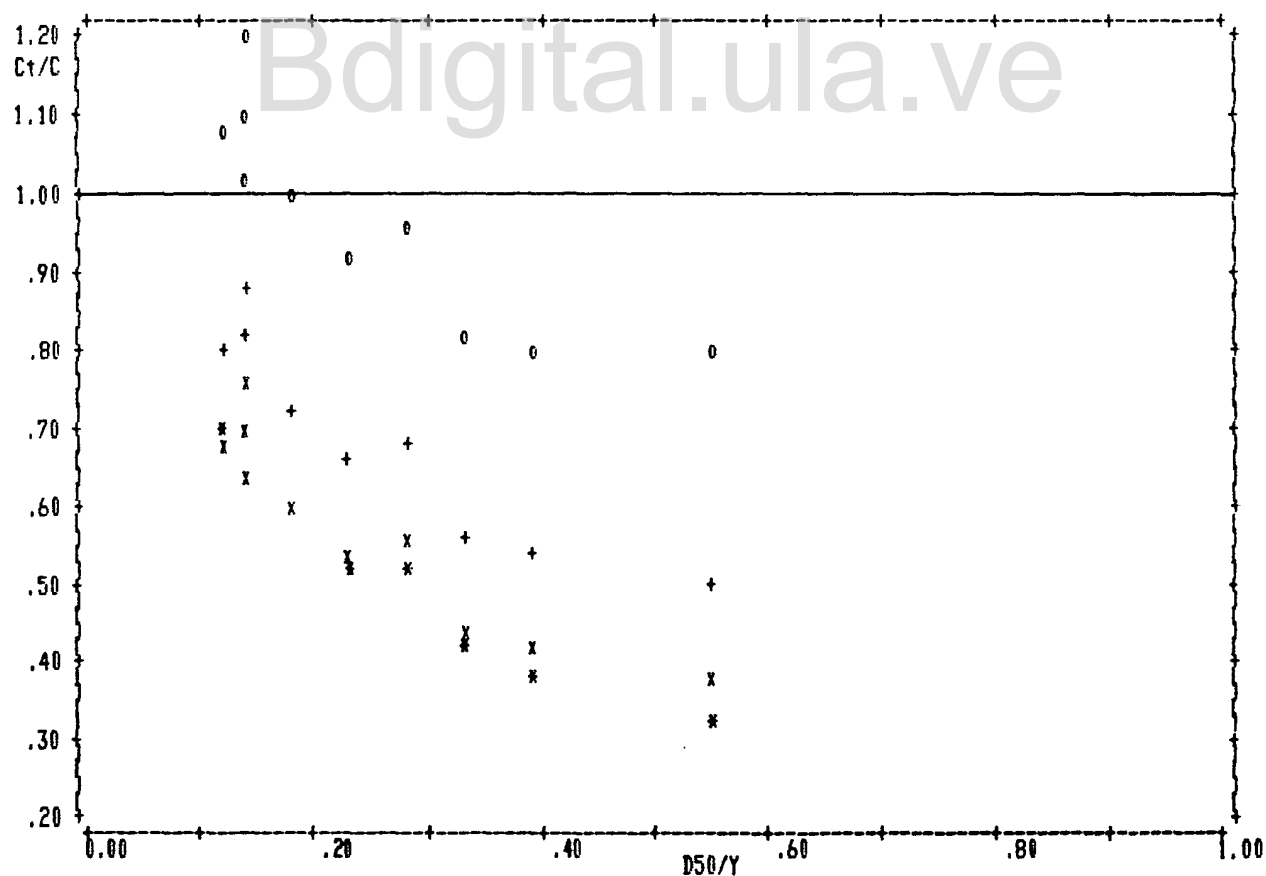


Figura D.14

DETERMINACION DE LOS ERRORES MEDIO PARA LAS DISTINTAS ECUACIONES DE CALCULO

EXPRESIONES BASADAS EN UNA DISTRIBUCION DE VELOCIDADES LOGARITMICA

EXPERIENCIAS DE BOGARDI Y YEN, RECOPIADAS POR BROWNLIE (1981)

RADIO HIDRAULICO CORREGIDO POR EFECTO DE PARED

ECUACION DE PRANDTL-KARMAN ERROR MEDIO(%):47.1362 (o)

ECUACION DE GRAF ERROR MEDIO(%):16.4258 (+)

ECUACION DE THOMPSON Y CAMPBELL ERROR MEDIO(%):12.6886 (*)

ECUACION DE GRIFFITHS ERROR MEDIO(%):12.5059 (x)

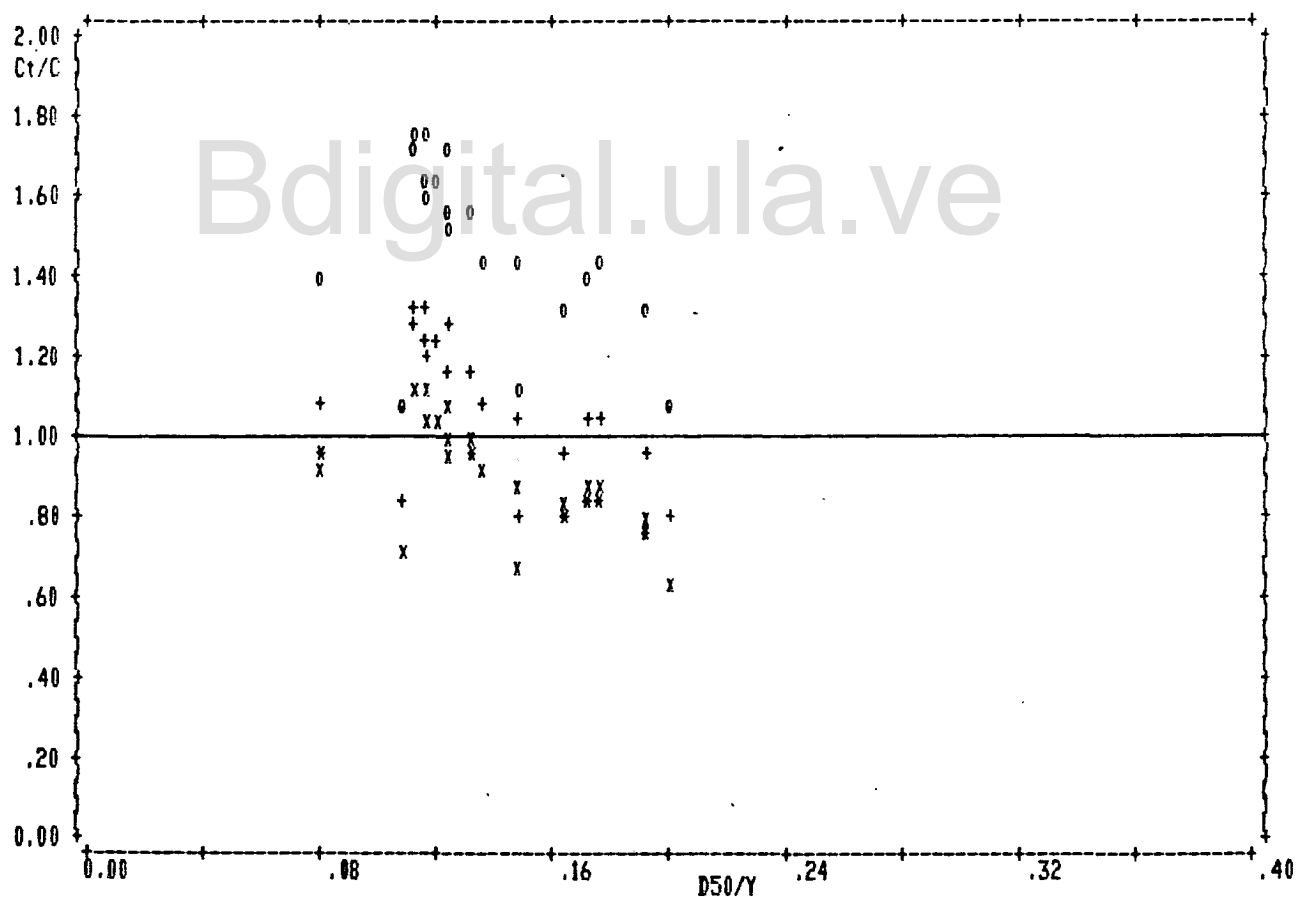


Figura D.15

DETERMINACION DE LOS ERRORES MEDIO PARA LAS DISTINTAS ECUACIONES DE CALCULO

EXPRESIONES BASADAS EN UNA DISTRIBUCION DE VELOCIDADES LOGARITMICA

EXPERIENCIAS DE PAINTAL, RECOPIADAS POR BROWNLIE (1981)

RADIO HIDRAULICO CORREGIDO POR EFECTO DE PARED

ECUACION DE PRANDTL-KARMAN ERROR MEDIO(Z):13.7230 (o)

ECUACION DE GRAF ERROR MEDIO(Z):16.2529 (+)

ECUACION DE THOMPSON Y CAMPBELL ERROR MEDIO(Z):29.6906 (*)

ECUACION DE GRIFFITHS ERROR MEDIO(Z):29.2980 (x)

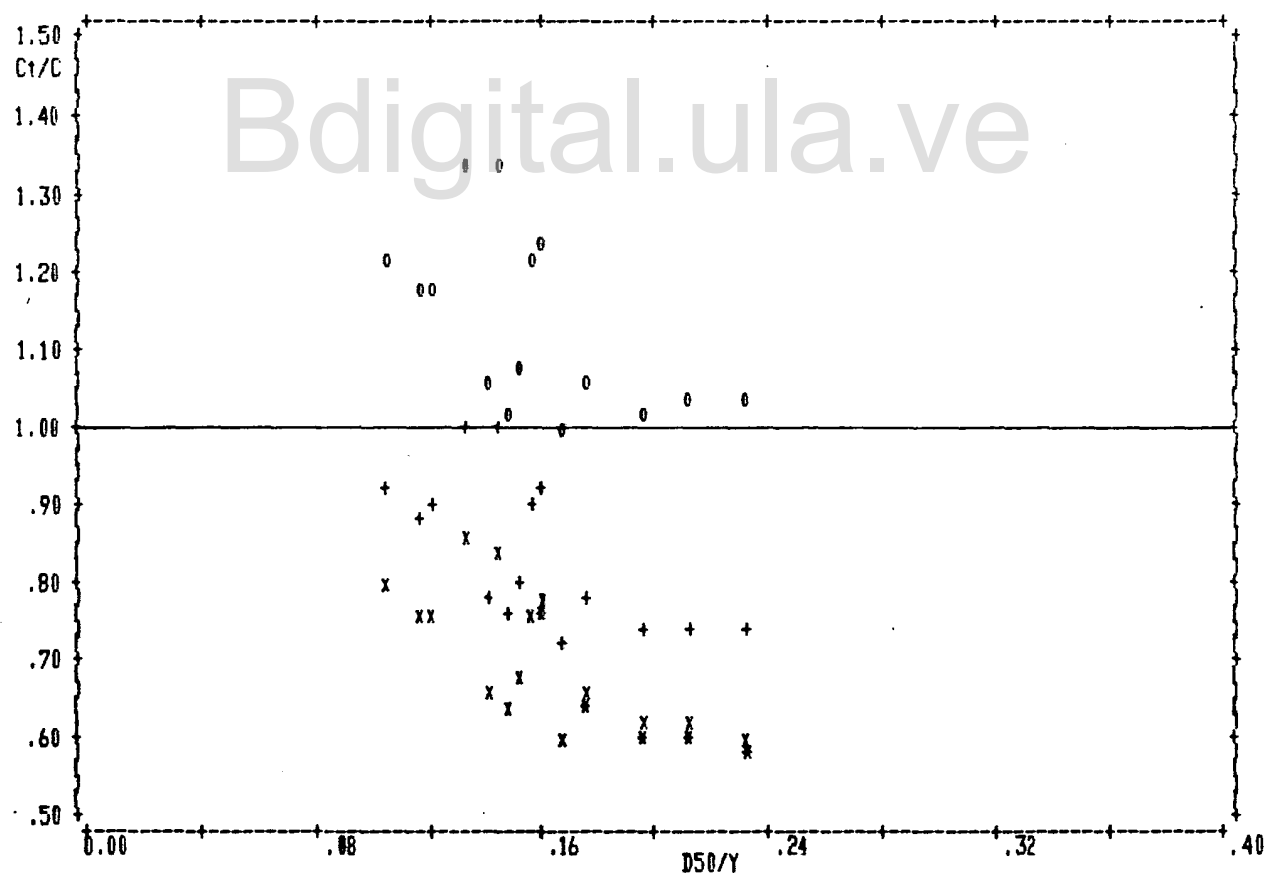


Figura D.16

DETERMINACION DE LOS ERRORES MEDIO PARA LAS DISTINTAS ECUACIONES DE CALCULO

EXPRESIONES BASADAS EN UNA DISTRIBUCION DE VELOCIDADES LOGARITMICA

DATOS DE CAMPO - FUENTE: THOMPSON Y CAMPBELL (1979)

ECUACION DE PRANDTL-KARMAN ERROR MEDIO(%):83.1224 (o)

ECUACION DE GRAF ERROR MEDIO(%):31.2957 (+)

ECUACION DE THOMPSON Y CAMPBELL ERROR MEDIO(%):15.8302 (*)

ECUACION DE GRIFFITHS ERROR MEDIO(%):18.5667 (x)

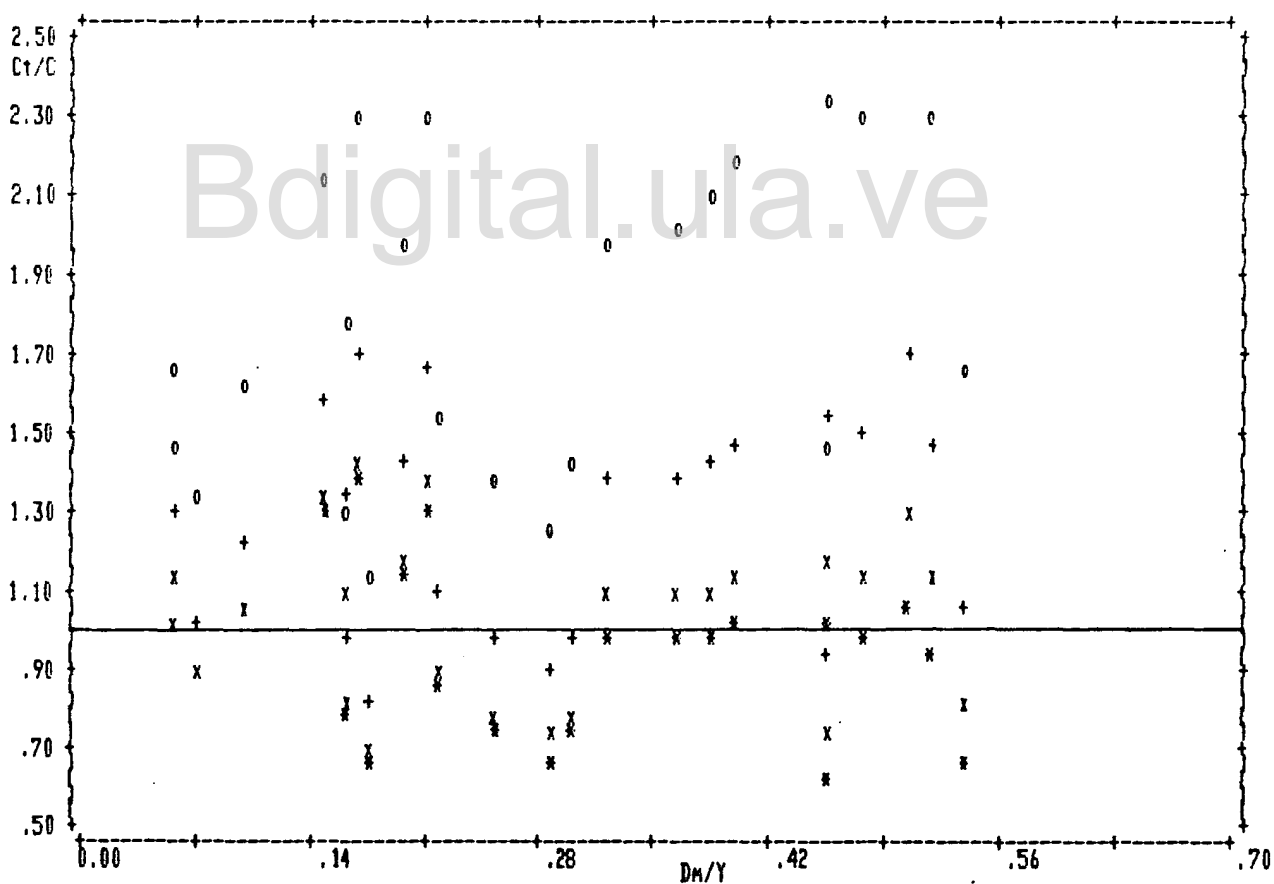


Figura D.17

DETERMINACION DE LOS ERRORES MEDIO PARA LAS DISTINTAS ECUACIONES DE CALCULO

EXPRESIONES BASADAS EN UNA DISTRIBUCION DE VELOCIDADES LOGARITMICA

RIO: BOULDER CREEK - FUENTE: THORNE Y ZEVENBERGEN (1985)

ECUACION DE PRANDTL-KARMAN ERROR MEDIO(%):160.670 (o)

ECUACION DE GRAF ERROR MEDIO(%):76.9966 (+)

ECUACION DE THOMPSON Y CAMPBELL ERROR MEDIO(%):28.0686 (*)

ECUACION DE BATHURST ERROR MEDIO(%):30.8336 (-)

ECUACION DE GRIFFITHS ERROR MEDIO(%):41.7772 (x)

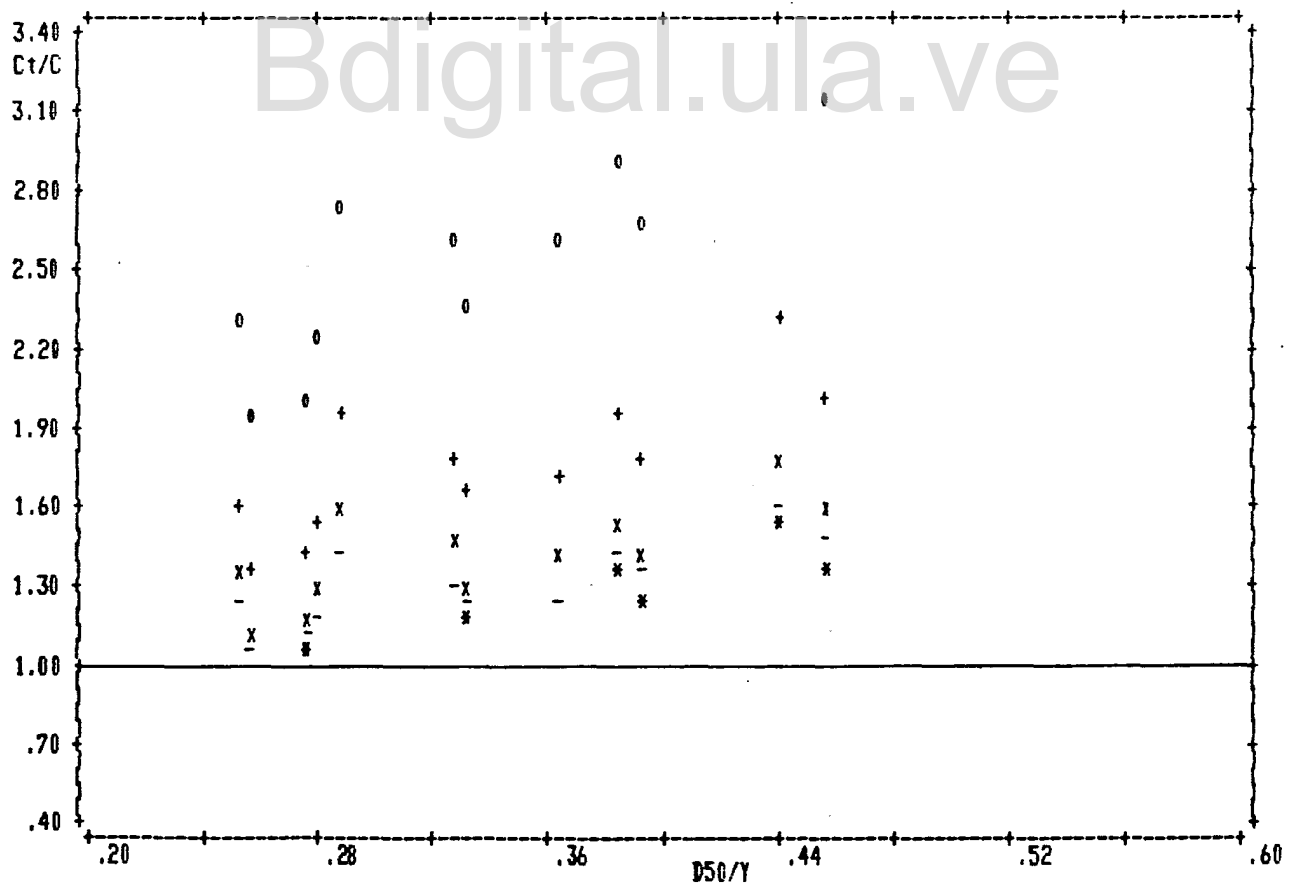


Figura D.18

DETERMINACION DE LOS ERRORES MEDIO PARA LAS DISTINTAS ECUACIONES DE CALCULO

EXPRESIONES BASADAS EN UNA DISTRIBUCION DE VELOCIDADES LOGARITMICA

RIOS DE INGLATERRA - FUENTE: BATHURST. (1985)

ECUACION DE PRANDTL-KARMAN	ERROR MEDIO(X):117.482	(o)
ECUACION DE GRAF	ERROR MEDIO(X):48.3733	(+)
ECUACION DE THOMPSON Y CAMPBELL	ERROR MEDIO(X):24.8079	(*)
ECUACION DE BATHURST	ERROR MEDIO(X):26.2381	(-)
ECUACION DE GRIFFITHS	ERROR MEDIO(X):29.7248	(x)

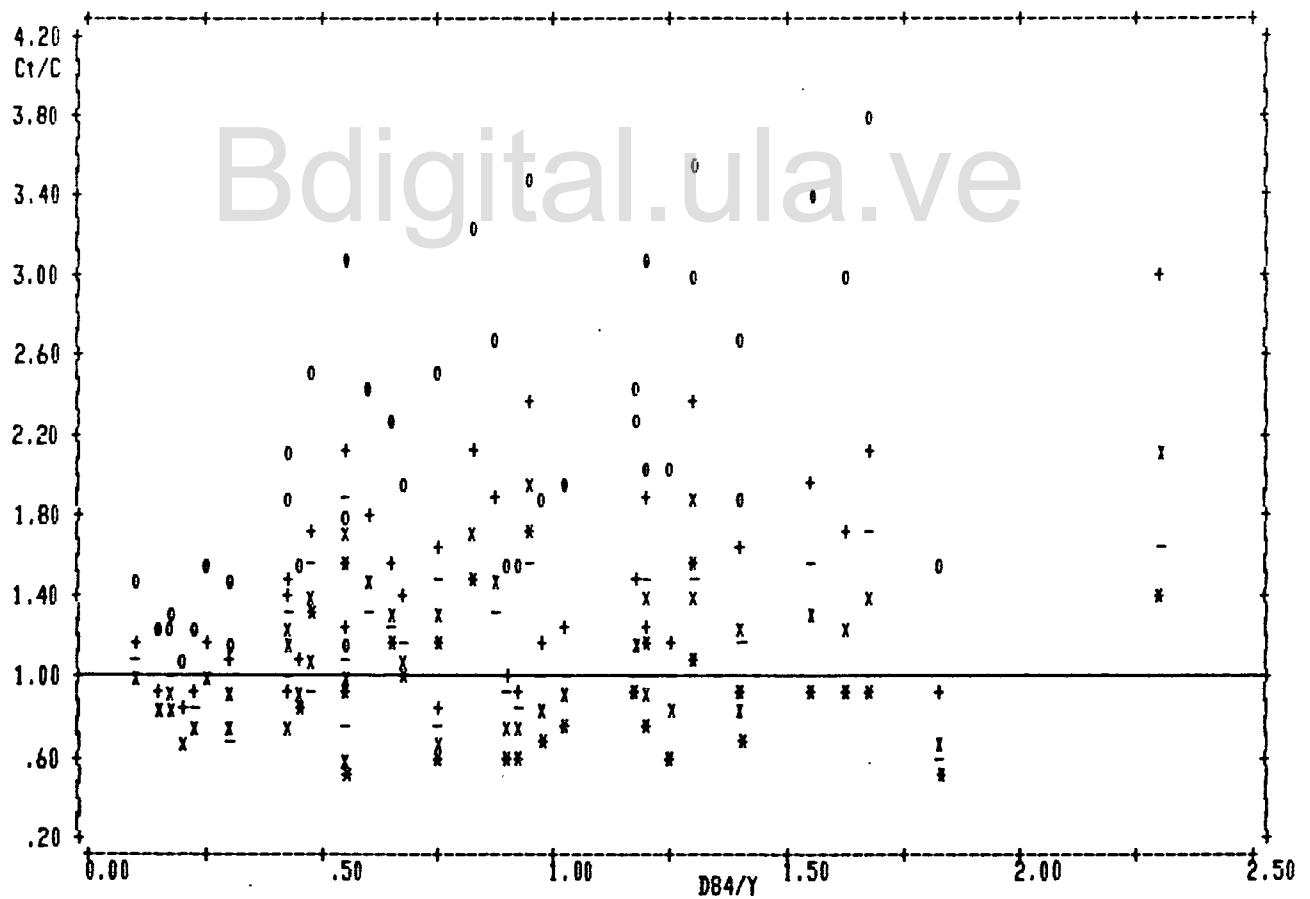


Figura D.19

DETERMINACION DE LOS ERRORES MEDIO PARA LAS DISTINTAS ECUACIONES DE CALCULO

EXPRESIONES BASADAS EN UNA DISTRIBUCION DE VELOCIDADES LOGARITMICA

RIOS DE NUEVA ZELANDIA -- FUENTE: GRIFFITHS (1981)

ECUACION DE PRANDTL-KARMAN ERROR MEDIO(Z):57.3421 (o)

ECUACION DE GRAF ERROR MEDIO(Z):26.2798 (+)

ECUACION DE THOMPSON Y CAMPBELL ERROR MEDIO(Z):19.1214 (*)

ECUACION DE GRIFFITHS ERROR MEDIO(Z):19.2369 (x)

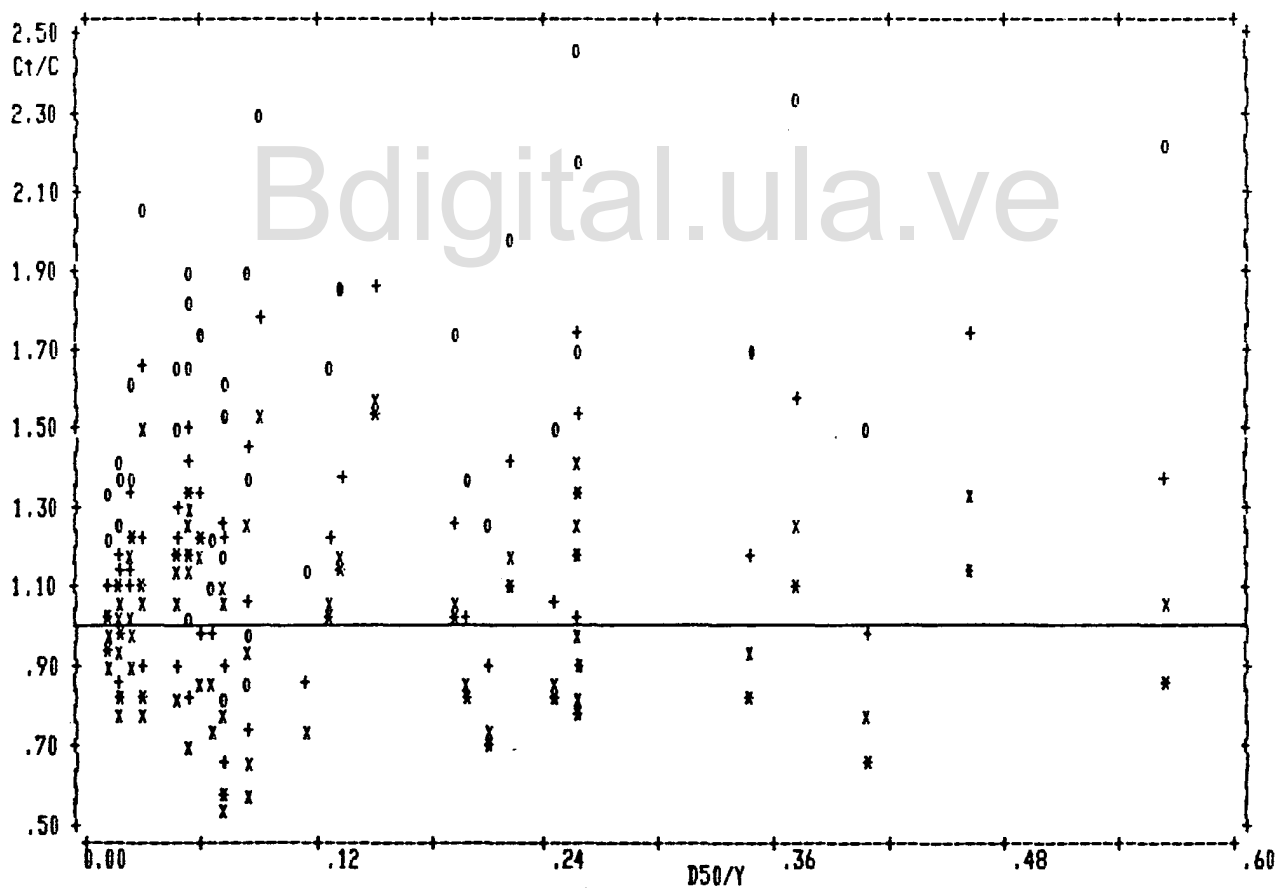


Figura D.20

DETERMINACION DE LOS ERRORES MEDIO PARA LAS DISTINTAS ECUACIONES DE CALCULO

EXPRESIONES BASADAS EN UNA DISTRIBUCION DE VELOCIDADES LOGARITMICA

RIO LOGAN, UTAH EE.UU. - FUENTE: JUDD Y PETERSON (1969)

ECUACION DE PRANDTL-KARMAN	ERROR MEDIO(Z):220.717	(o)
ECUACION DE GRAF	ERROR MEDIO(Z):124.997	(+)
ECUACION DE THOMPSON Y CAMPBELL	ERROR MEDIO(Z):13.5704	(*)
ECUACION DE BATHURST	ERROR MEDIO(Z):60.9241	(-)
ECUACION DE GRIFFITHS	ERROR MEDIO(Z):84.1077	(x)

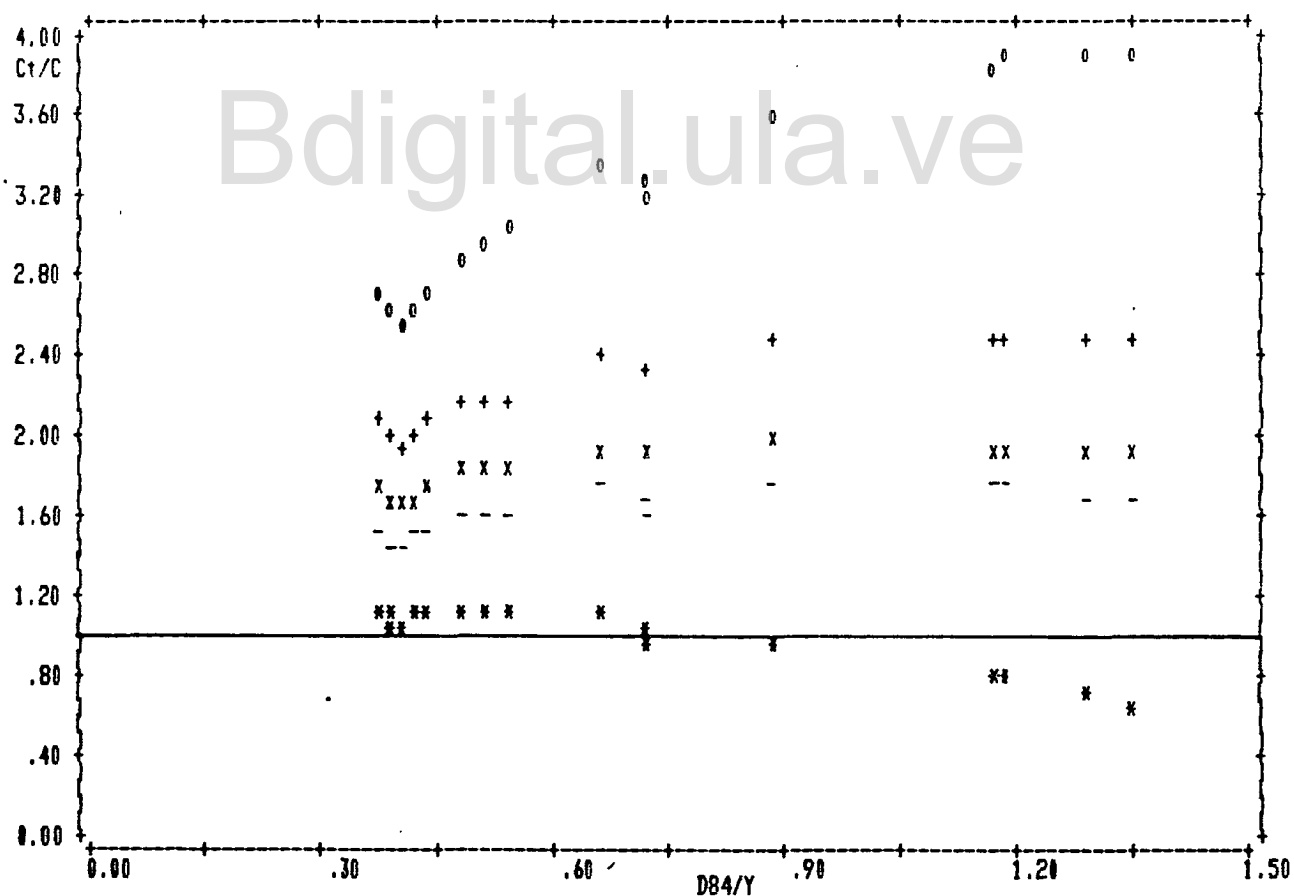


Figura D.21

DETERMINACION DE LOS ERRORES MEDIO PARA LAS DISTINTAS ECUACIONES DE CALCULO

EXPRESIONES BASADAS EN UNA DISTRIBUCION DE VELOCIDADES LOGARITMICA

RIO: AMERICAN FORK CREEK - FUENTE: JUDD Y PETERSON (1969)

ECUACION DE PRANDTL-KARMAN	ERROR MEDIO(%):261.406	(o)
ECUACION DE GRAF	ERROR MEDIO(%):67.2882	(+)
ECUACION DE THOMPSON Y CAMPBELL	ERROR MEDIO(%):48.0497	(*)
ECUACION DE BATHURST	ERROR MEDIO(%):66.1473	(-)
ECUACION DE GRIFFITHS	ERROR MEDIO(%):19.8312	(x)

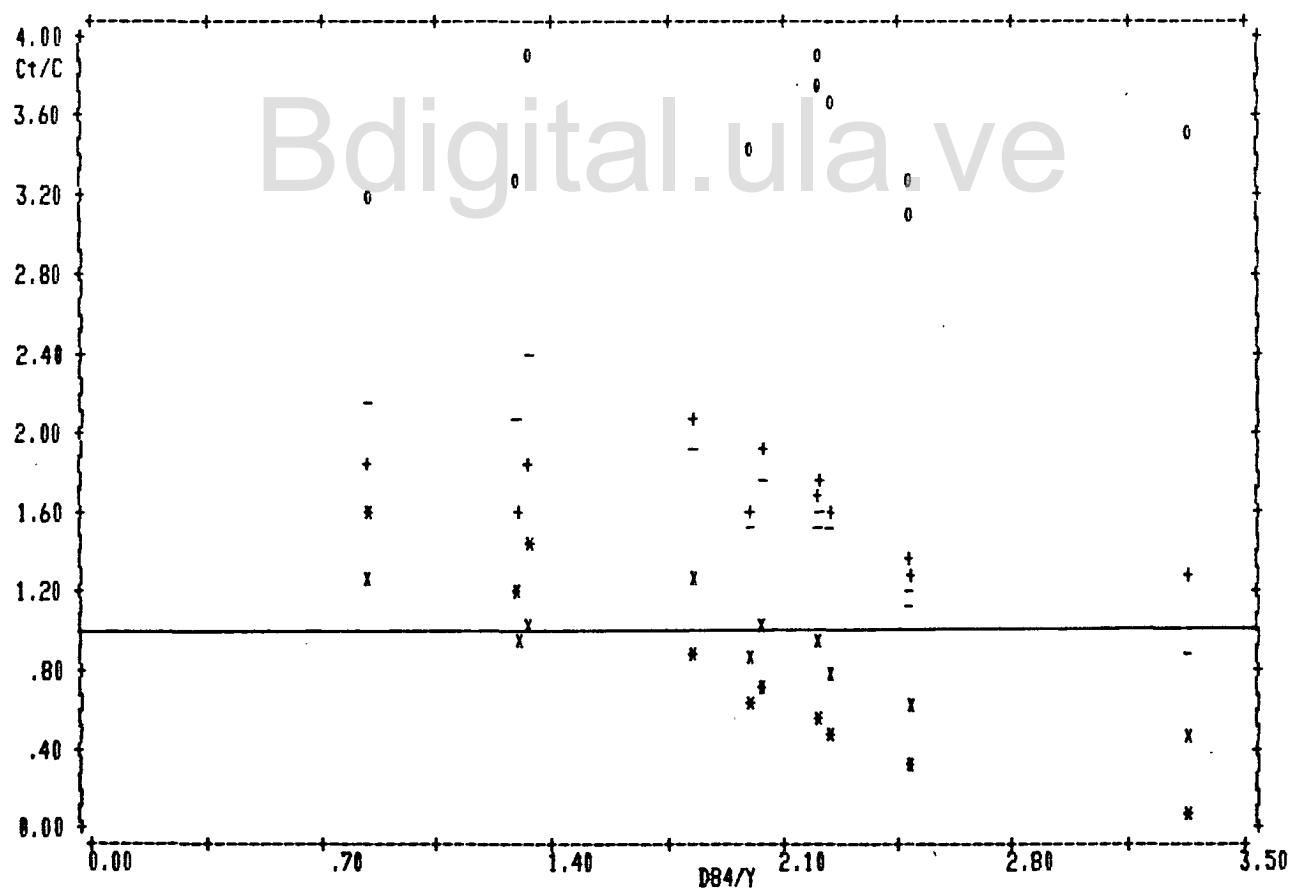


Figura D.22

DETERMINACION DE LOS ERRORES MEDIO PARA LAS DISTINTAS ECUACIONES DE CALCULO

EXPRESIONES BASADAS EN UNA DISTRIBUCION DE VELOCIDADES LOGARITMICA

RIO ROJO (SITIO 81), NUEVO MEXICO EE.UU. - FUENTE JUDD Y PETERSON (1969)

ECUACION DE PRANDTL-KARMAN	ERROR MEDIO(%):22.4218	(o)
ECUACION DE GRAF	ERROR MEDIO(%):36.4078	(+)
ECUACION DE THOMPSON Y CAMPBELL	ERROR MEDIO(%):67.4525	(*)
ECUACION DE BATHURST	ERROR MEDIO(%):39.6177	(-)
ECUACION DE GRIFFITHS	ERROR MEDIO(%):54.5131	(x)

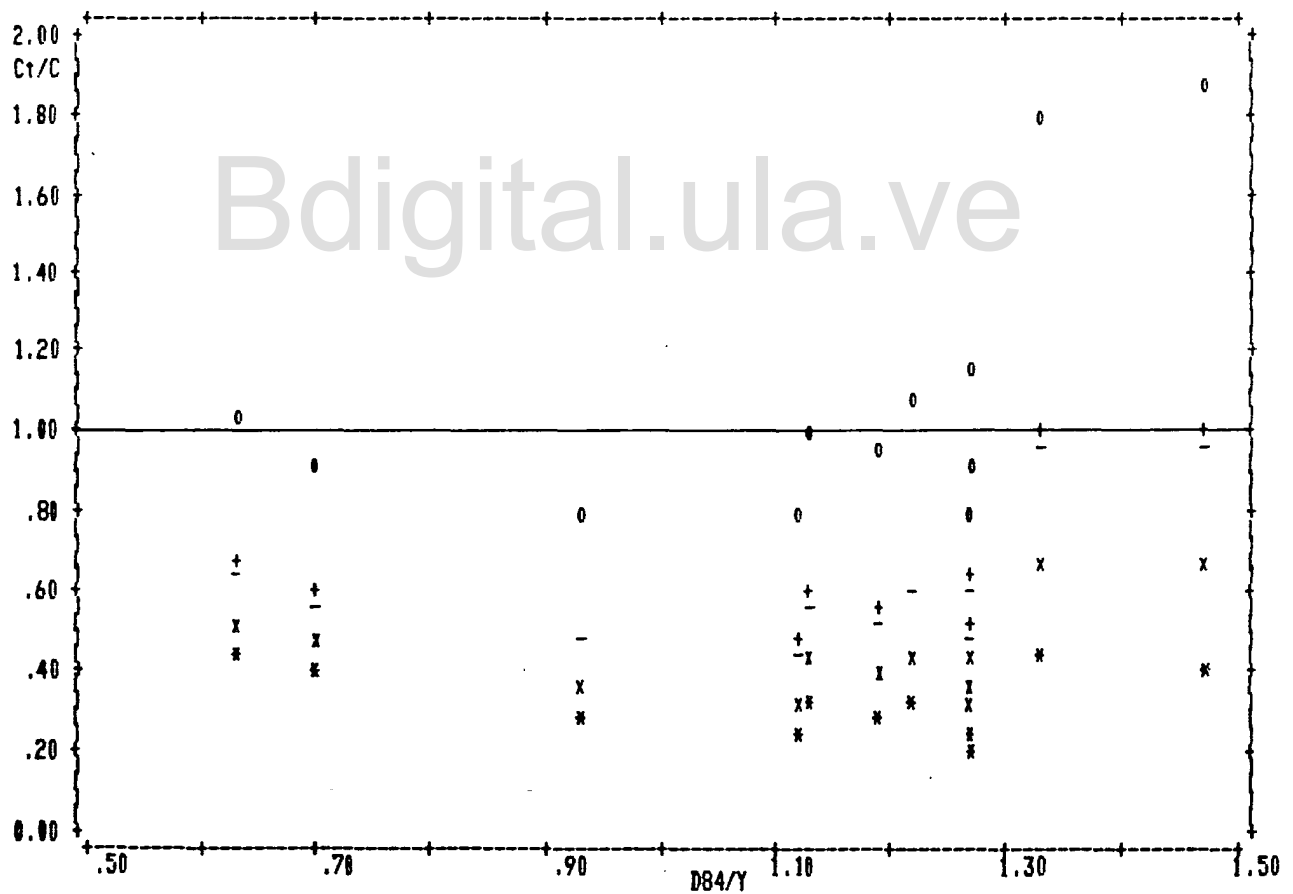


Figura D.23

DETERMINACION DE LOS ERRORES MEDIO PARA LAS DISTINTAS ECUACIONES DE CALCULO

EXPRESIONES BASADAS EN UNA DISTRIBUCION DE VELOCIDADES LOGARITMICA

RIO ROJO (SITIO 82), NUEVO MEXICO EE.UU. - FUENTE: JUDD Y PETERSON (1969)

ECUACION DE PRANDTL-KARMAN ERROR MEDIO(%):82.2537 (o)

ECUACION DE GRAF ERROR MEDIO(%):26.9457 (+)

ECUACION DE THOMPSON Y CAMPBELL ERROR MEDIO(%):32.1127 (*)

ECUACION DE GRIFFITHS ERROR MEDIO(%):24.1496 (x)

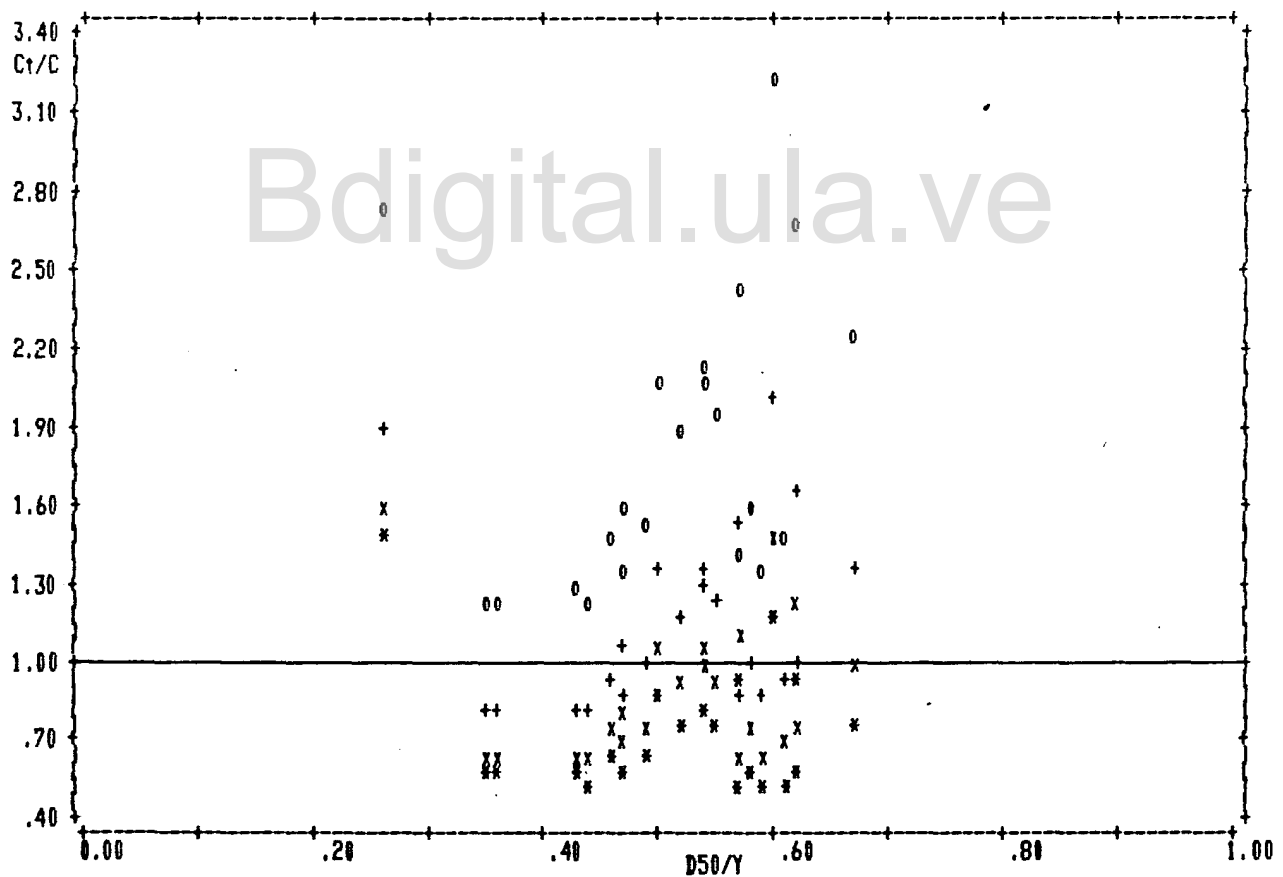


Figura D.24

DETERMINACION DE LOS ERRORES MEDIO PARA LAS DISTINTAS ECUACIONES DE CALCULO

EXPRESIONES BASADAS EN UNA DISTRIBUCION DE VELOCIDADES LOGARITMICA

RIO SEVERN, INGLATERRA -- FUENTE: BATHURST (1977)

ECUACION DE PRANDTL-KARMAN ERROR MEDIO(X):55.7551 (o)

ECUACION DE GRAF ERROR MEDIO(X):29.9026 (+)

ECUACION DE THOMPSON Y CAMPBELL ERROR MEDIO(X):24.3234 (*)

ECUACION DE BATHURST ERROR MEDIO(X):25.9552 (-)

ECUACION DE GRIFFITHS ERROR MEDIO(X):23.6792 (x)

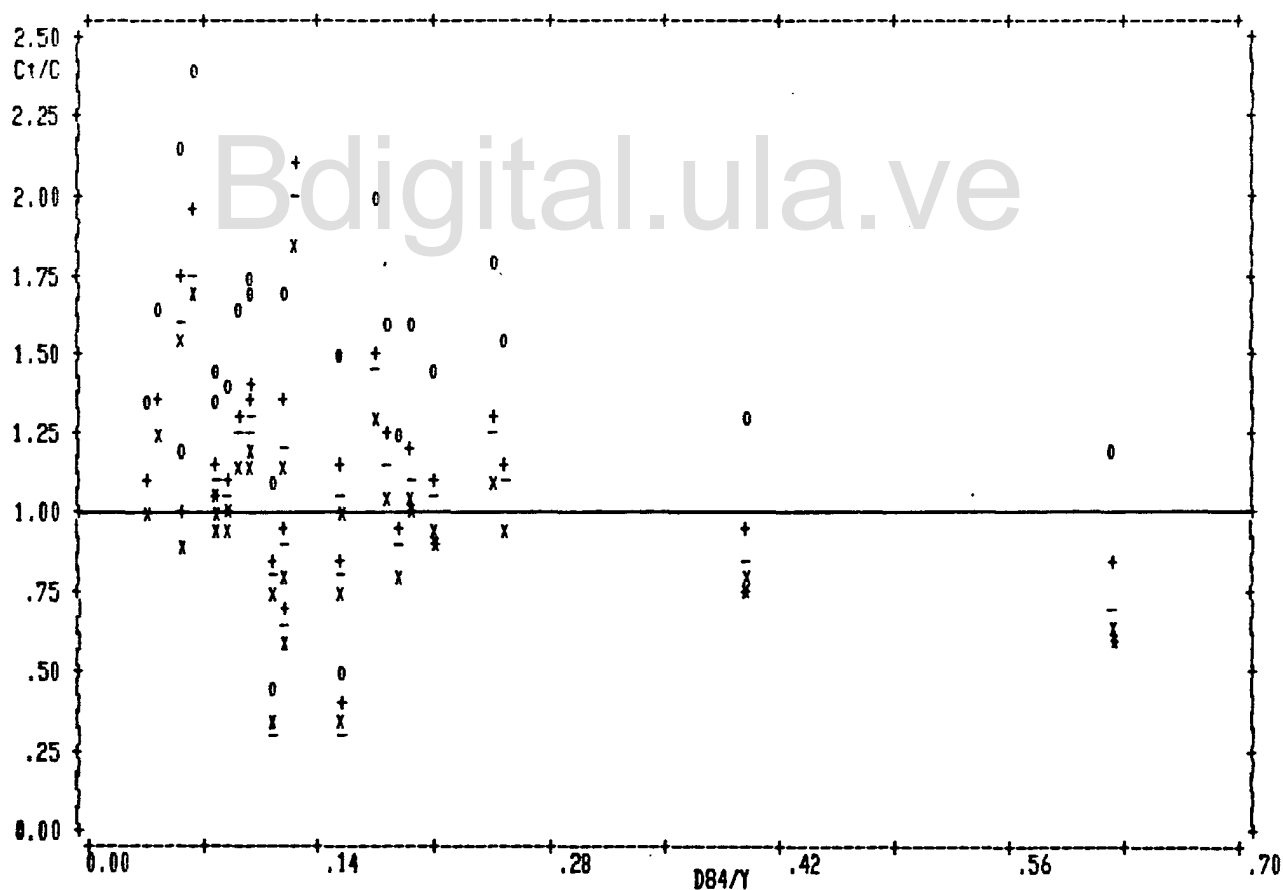


Figura D.25

DETERMINACION DE LOS ERRORES MEDIO PARA LAS DISTINTAS ECUACIONES DE CALCULO

EXPRESIONES BASADAS EN UNA DISTRIBUCION DE VELOCIDADES LOGARITMICA

RIO TEES, INGLATERRA -- FUENTE: BATHURST (1977)

ECUACION DE PRANDTL-KARMAN ERROR MEDIO(X):148.033 (o)

ECUACION DE GRAF ERROR MEDIO(X):43.8715 (+)

ECUACION DE THOMPSON Y CAMPBELL ERROR MEDIO(X):26.3292 (*)

ECUACION DE BATHURST ERROR MEDIO(X):23.0917 (-)

ECUACION DE GRIFFITHS ERROR MEDIO(X):12.7726 (x)

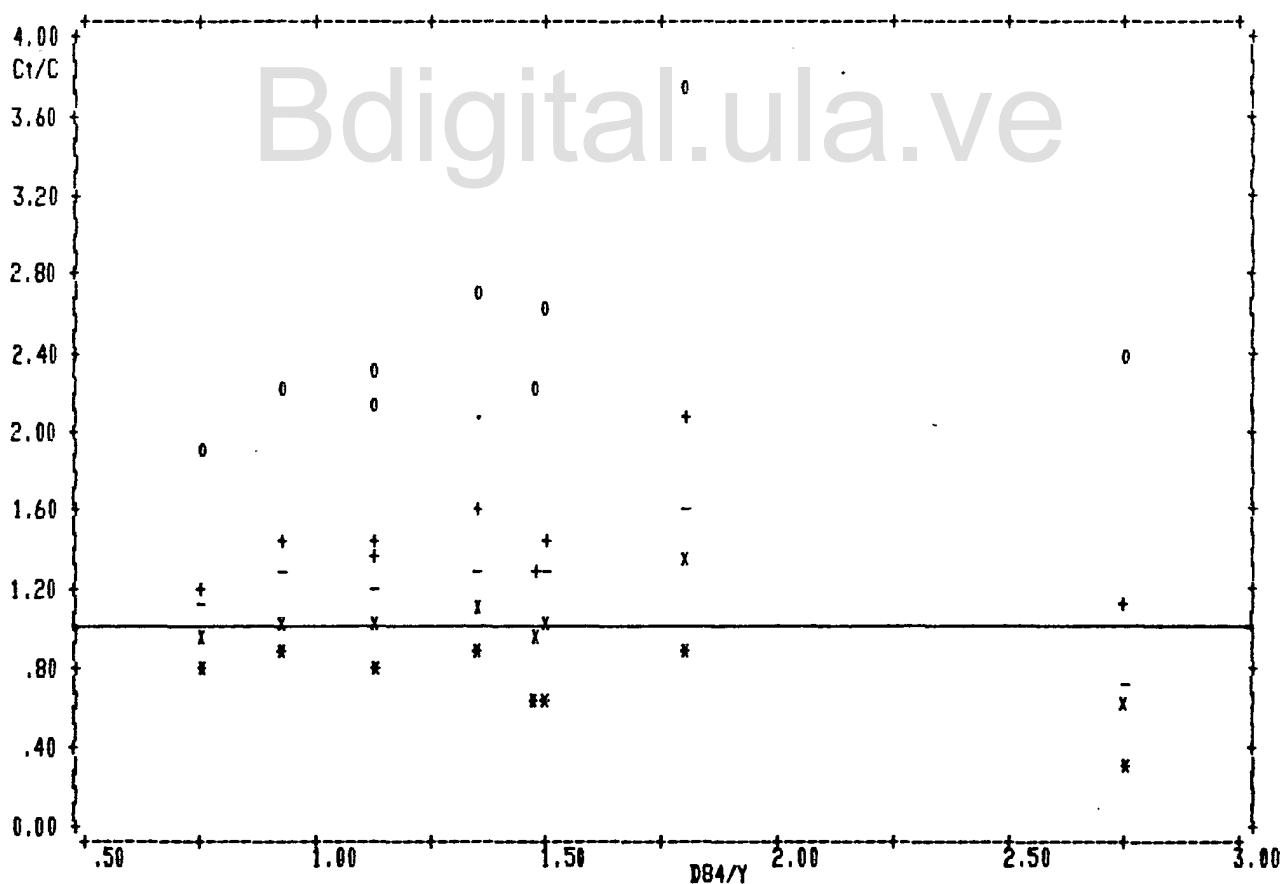


Figura D.26