

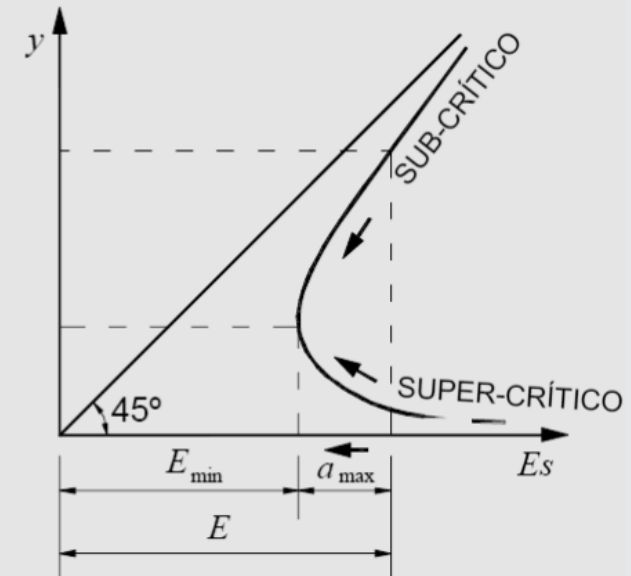
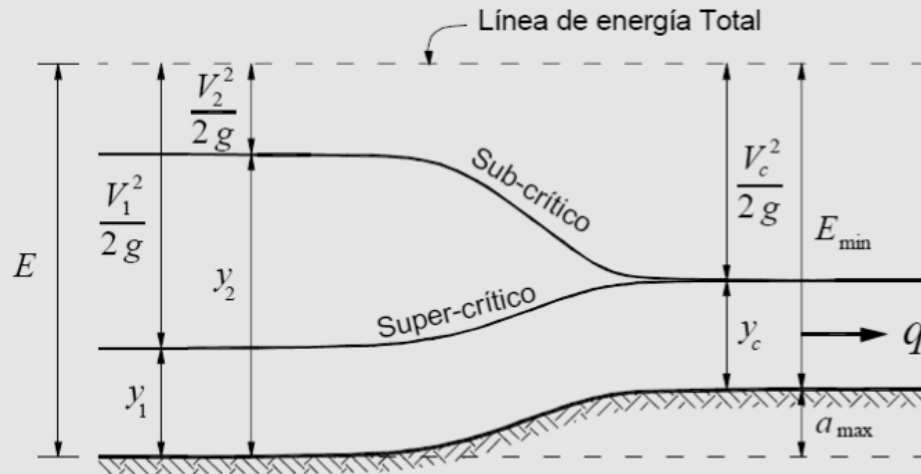


TEMA 6 : Transiciones en Canales

Subtemas: Transiciones en cambios de sección,
Transición subcrítica, Transición supercrítica

Transiciones en canales

Energía específica y transiciones en canales:



El valor máximo que puede tomar la sobre elevación del fondo, es decir a_{max} , sin alterar las condiciones de flujo aguas arriba, corresponde a las condiciones de flujo crítico, es decir, las condiciones de energía específica mínima.

Si a es máximo, la energía específica está dada por:

$$E_s = E_{min} + a_{max}$$

Donde,

$$E_{min} = y_c + \frac{\alpha v_c^2}{2g}$$

Transiciones en canales

Flujo en una Transición

Una transición es un tramo relativamente corto de canal que se usa para hacer un cambio en la sección o de nivel del canal, en este tramo la profundidad y la velocidad del flujo cambian, lo que origina que el flujo en esto sea no uniforme o variado.

Una transición en un canal son de orden técnico, de espacio, acople de dos obras diferentes etc. El dimensionamiento de una transición se basa fundamentalmente en la ley de conservación de energía, se desea que las transformaciones de energía sean mínimas y que el flujo en la transición sea “gradualmente” Variado.

En una transición se puede acelerar o desacelerar el flujo, es decir, existe una variación espacial de la velocidad.

Transiciones en canales

Tipos de Transiciones

La clasificación de las transiciones en canales pueden basarse en el tipo de flujo y la forma de la transición así:

*Transición para Flujo Subcrítico: en este caso el régimen de flujo antes y después de la transición es Subcrítico y pueden ser de:

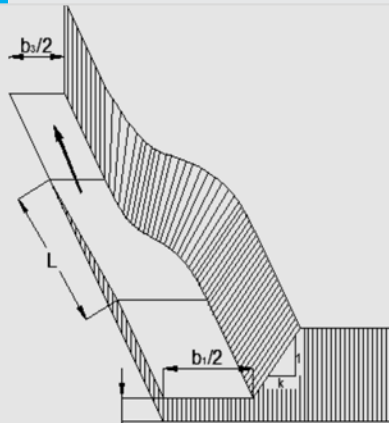
- Contracción
- Expansión

*Transición para Flujo Supercrítico: en este caso el régimen de flujo antes y después de la transición es Supercrítico y pueden ser de:

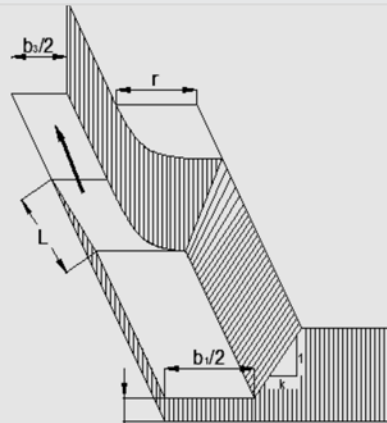
- Contracción
- Expansión
- Contracción, puede ser: Brusca, Gradual, Cilíndrica, Elíptica.
- Expansión, puede ser: alabeada, cilíndrica, en cuña, recta.

Transiciones en canales

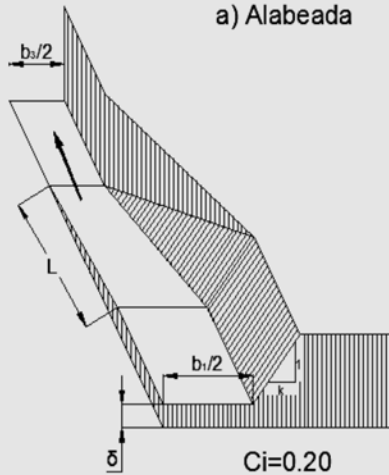
Contracción:



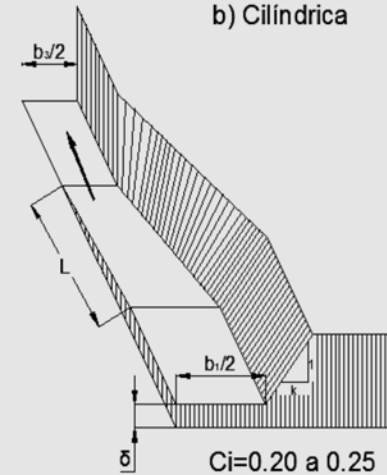
$C_i=0.10$ a 0.12
a) Alabeada



$C_i=0.15$
b) Cilíndrica

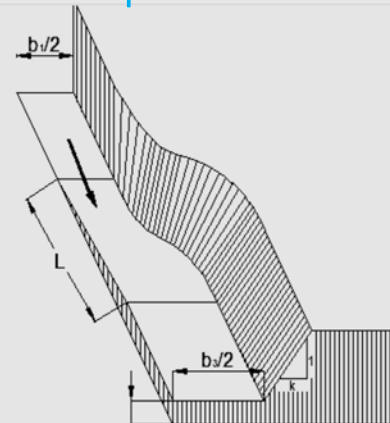


$C_i=0.20$
c) En cuña

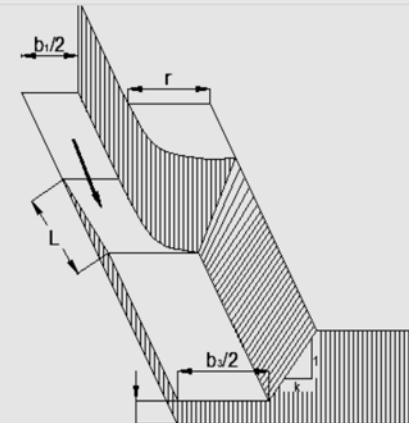


$C_i=0.20$ a 0.25
d) Recta

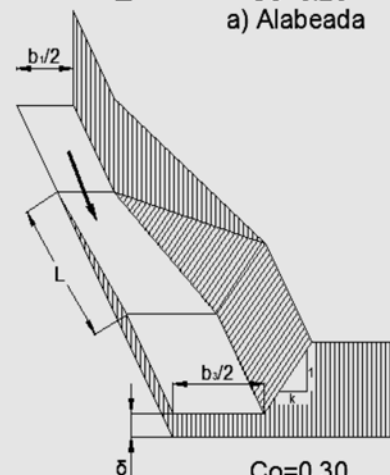
Expansión:



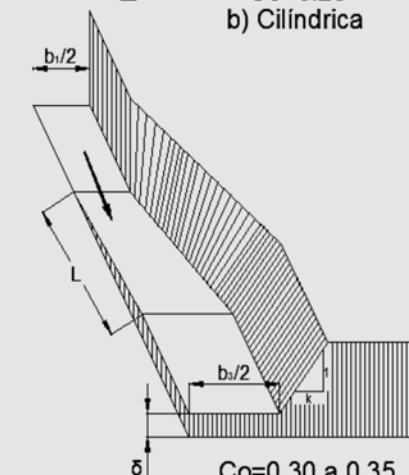
$C_o=0.20$
a) Alabeada



$C_o=0.25$
b) Cilíndrica



$C_o=0.30$
c) En cuña



$C_o=0.30$ a 0.35
d) Recta

Transiciones en canales

Pérdidas de energía

En el caso de una aceleración las partículas de agua situadas delante se alejan de las de atrás separándose continuamente en el tiempo.

En el caso de desaceleración, las partículas de atrás tratan de alcanzar a las de adelante chocándose incluso con fuerza y disipando su energía mediante macro turbulencia, formación de vórtices.

En ambos casos se producen pérdidas de energía adicionales a las pérdidas de carga debidas a la fricción y que se deben tener en cuenta. Estas pérdidas se evalúan de la siguiente forma:

$$\Delta h_k = K_e \left[\frac{v_1^2}{2g} - \frac{v_2^2}{2g} \right]$$

Transiciones en canales

Transición del tipo Contracción:

En el estudio de las transiciones es necesario distinguir si en ellas se produce o no un cambio en el tipo de flujo. En muchos casos el diseño y funcionamiento se ve afectado de manera importante por la presencia de fenómenos exclusivos de cada tipo de Flujo.

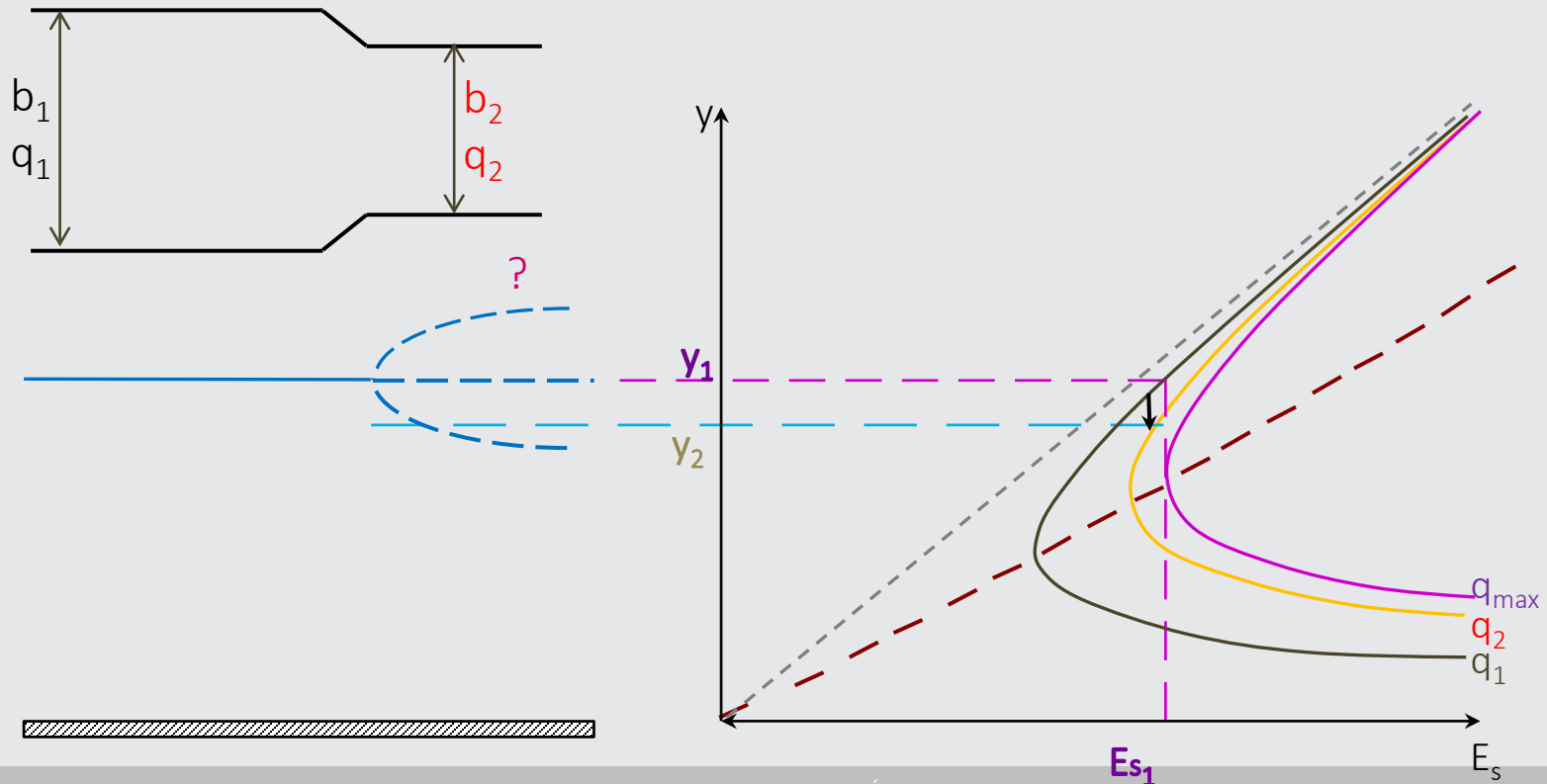
- subcrítico, cualquier perturbación en la velocidad o en la profundidad de flujo puede transmitirse hacia aguas arriba, es decir el control de flujo está aguas abajo.
- supercrítico, la transmisión de información se da únicamente hacia aguas abajo, es decir, el control del flujo está aguas arriba.

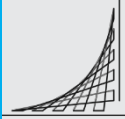
En una contracción se debe verificar que la condición de energía inicial sea suficiente para transportar el caudal de diseño.

Transiciones en canales

Transición del tipo Contracción en Régimen Subcrítico (usar $NF < 0.50$):

En la contracción existe una condición de energía específica por cada variación del ancho (canal rectangular). la contracción en un canal puede darse debido a la disminución del ancho del canal o a un asenso del fondo del canal.



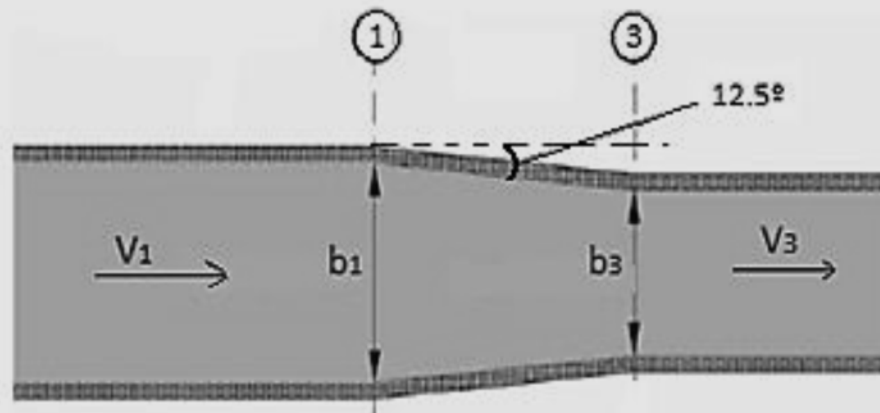


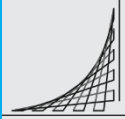
Transición del tipo Contracción en Régimen Subcrítico:

Pérdidas de energía:

Las pérdidas de energía de las contracciones o también llamados estrechamientos, son apreciablemente más pequeñas que en los ensanchamientos o expansiones. Se recomienda para las transiciones convergentes, con ángulos de convergencia menores de 12.50° , valores de pérdida de carga iguales a:

$$\Delta h_k = 0.10 \left[\frac{v_1^2}{2g} - \frac{v_3^2}{2g} \right]$$



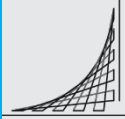


Transición del tipo Contracción en Régimen Subcrítico:

Pérdidas de energía:

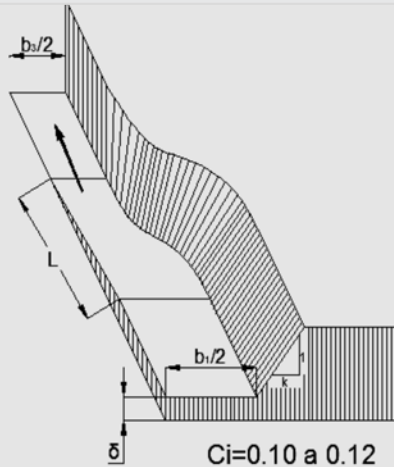
G. Formica Encontró que en contracciones rectangulares bruscas muestran para ellas pérdidas de energía mayores que para las expansiones bruscas. Ello se debe a que en las contracciones el flujo primero se contrae y después se expande, siguiendo un proceso de conversión primero de energía potencial a cinética y después de cinética a potencial. La pérdida de energía se puede calcular en términos del cambio en la carga de velocidad antes y después de la contracción, escrita así:

$$h_c = C_i \left[\frac{v_3^2 - v_1^2}{2g} \right] = C_i \left[1 - \left(\frac{A_3}{A_1} \right)^2 \right] \frac{v_3^2}{2g} = K \frac{v_3^2}{2g}$$

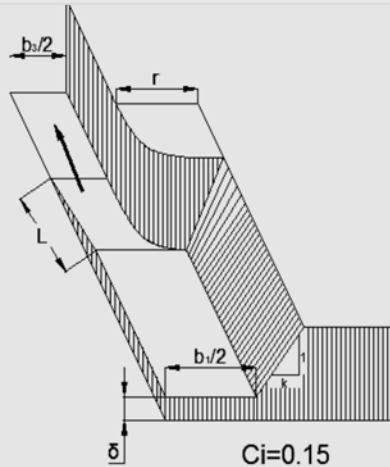


Transición del tipo Contracción en Régimen Subcrítico:

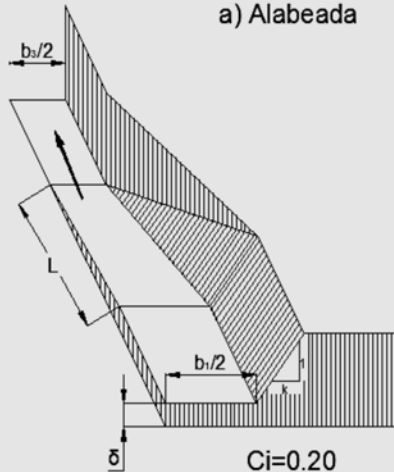
Contracción rectangular



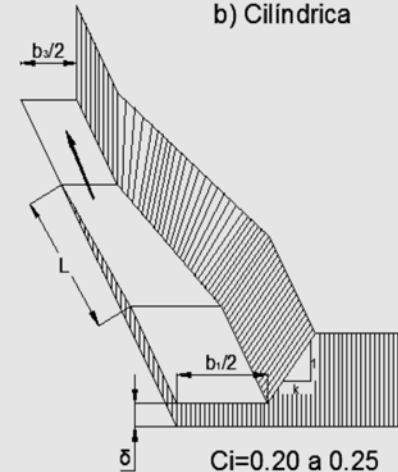
$C_i=0.10$ a 0.12
a) Alabeada



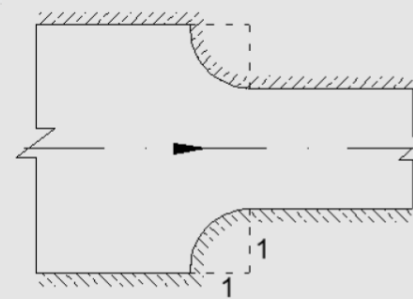
$C_i=0.15$
b) Cilíndrica



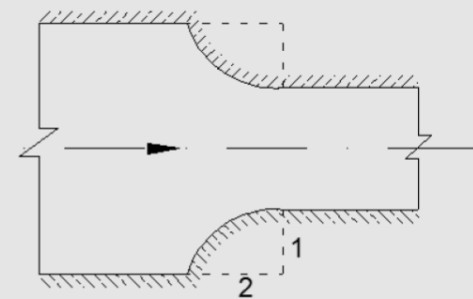
$C_i=0.20$
c) En cuña



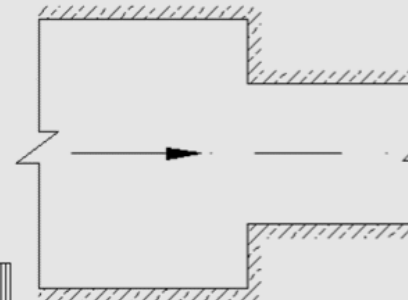
$C_i=0.20$ a 0.25
d) Recta



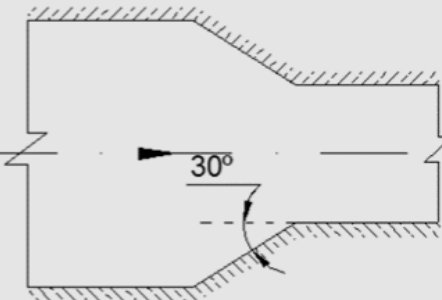
$K=0.06$
c) Cilíndrica



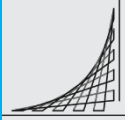
$K=0.06$
d) Elíptica



$K=0.10$
a) Brusca



$K=0.06$
b) Gradual

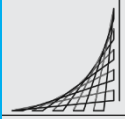


Transición del tipo Contracción en Régimen Subcrítico:

Longitud de la Transición:

La longitud de una transición es uno de los parámetros más importantes ya que de ella depende el buen funcionamiento de la estructura. La longitud tiene el fin de reducir las pérdidas de energía y así obtener la mayor eficiencia hidráulica posible, mientras más grande sea la longitud menos pérdidas de energía se presentarán.

La longitud de la transición depende del tipo de transición y su geometría, la más usada es la contracción recta, sin embargo, la alabeada produce menores pérdidas de energía.

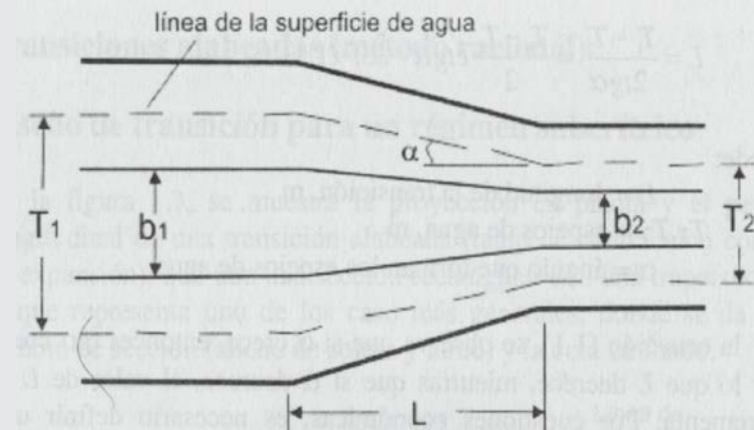
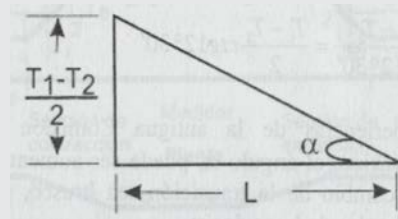


Transición del tipo Contracción en Régimen Subcrítico:

Longitud de la Transición Recta:

El dimensionamiento de una transición recta se basa en definir la longitud de la transición de tal modo que las pérdidas de energía en el paso entre dos tramos de geometrías distintas, sean las mínimas posibles.

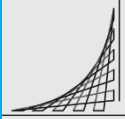
De la figura se puede establecer la siguiente relación:



Según las experiencias de Julian Hinds, y según el USBR, se encontró que para $\alpha = 12.5^\circ$, se consigue que las pérdidas sean mínimas, por lo tanto, se puede calcular la longitud de desarrollo

de la transición como:
$$L = \frac{T_1 - T_2}{2 \tan(12.5^\circ)}$$

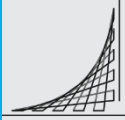
$$L = \frac{b_1 - b_2}{2 \tan(12.5^\circ)}$$



Transición del tipo Contracción en Régimen Subcrítico:

Longitud de la Transición Recta Ejemplo:

Un canal trapezoidal tiene una pendiente $S_o=0.0009$ m/m, un ancho inferior de 7.50 m, talud $z=2$, se sabe que está recubierto en concreto rugoso con aditamentos ($n=0.018$) y que transporta un caudal de 9 m³/s. En un tramo del canal se necesita reducir el ancho al de un canal rectangular de 3.80 m. dimensione la transición recta adecuada para minimizar las pérdidas de energía. Considere pérdidas de energía localizadas y por fricción y, además, proponga un escalón para realizar un adecuado empalme de la lámina de agua en la transición, finalmente, calcule el perfil de flujo suponiendo FGV.



Transición del tipo Contracción en Régimen Subcrítico:

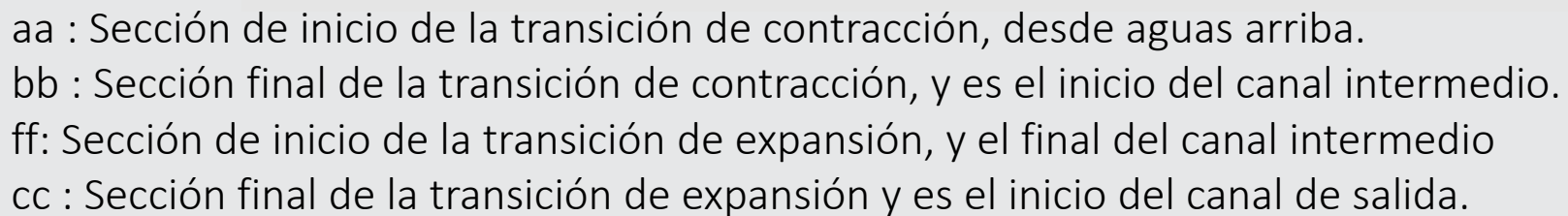
Transición alabeada:

El dimensionamiento de una transición labeada consiste en suavizar mediante circunferencias tangentes la transición recta. Este tipo de transiciones se recomiendan para flujo subcrítico y en general se usan principalmente para empalmar una sección trapezoidal con una rectangular.

En el diseño de la transición se trata de llegar a un diseño apropiado, es decir que el perfil que tiene la estructura, tanto en planta como en corte longitudinal obedezca al perfil hidrodinámico del flujo, de tal manera que cuando el flujo entre en la transición, la lámina de agua no se desprege de las paredes.

Nota: Se sigue el mismo procedimiento para el caso de una expansión.

Longitud de la Transición alabeada:



Transición del tipo Contracción o Expansión en Régimen Subcrítico:

Longitud de la Transición alabeada:

$$L = 4.7b + 1.65Z_c y_c$$

$$b = \frac{b_c - b_f}{2}$$

$$Z_i = Z_c \left(1 - \frac{\left(1 - \frac{x}{L}\right)^{\frac{1}{2}}}{2} \right)$$

$$b_i = b_f + (b_c - b_f) \frac{x}{L} \left[\left(1 - \frac{x}{L}\right)^{\left(0.80 - 0.26Z_c^{\frac{1}{2}}\right)} \right]$$

L=longitud de la transición

Zc= talud en el canal trapezoidal (canal de salida)

yc= tirante en el canal de salida

bc= ancho de solera en el canal de salida (canal trapezoidal)

bf= ancho de solera en el canal intermedio (canal rectangular)

bi= ancho de solera a una distancia x.

x= distancia a la que se está calculando bi,Zi tomando como inicio la sección rectangular.

Zi=Talud a la distancia x.

Transición del tipo Contracción o Expansión en Régimen Subcrítico:

Longitud de la Transición alabeada:

$$\Delta h_i = \frac{\Delta h}{L} x$$

$$\Delta h_{i,i+1} = \frac{\Delta h}{L} (x_{i+1} - x_i)$$

Δh_i = desnivel del fondo en cada sección.

Δh = desnivel total entre las dos secciones (rectangular y trapezoidal)

x = distancia a la que se encuentra la sección que se está calculando, tomando como inicio la sección rectangular.

L = longitud de transición.

$\Delta h_{i,i+1}$ = desnivel del fondo entre las secciones i y $i+1$.

Δh = desnivel total entre las dos secciones (rectangular y trapezoidal)

x_i, x_{i+1} = distancia a la que se encuentra la sección i y $i+1$, respectivamente.

Para resolver la energía y la profundidad de flujo se acude al balance de energía entre cada sección.

Transiciones en canales

Transición del tipo Expansión:

Básicamente el diseño geométrico de una transición con sección transversal creciente puede efectuarse utilizando los mismos criterios mencionados para el diseño de una contracción con régimen subcrítico, con el flujo invertido. El flujo desacelerado a través de la estructura no puede ser evaluado teóricamente tan bien como en el caso del flujo acelerado. Esto se debe obviamente al comportamiento diferente del agua cerca de las paredes de la transición. En la expansión, aún para el caso de una curvatura moderada, la zona cerca del contorno con líquido retardado, crece violentamente a lo largo de la pared, la distribución de velocidades se deforma y el flujo se separa consideradamente del contorno sólido.

Transición del tipo Expansión en Régimen Subcrítico:

Pérdidas de energía:

Para estos tipos de geometría, Mostkow y Chow proponen calcular la pérdida en términos del cambio en la carga de velocidad antes y después de la expansión, mediante la fórmula:

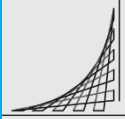
$$h_c = C_o \left[\frac{v_1^2 - v_3^2}{2g} \right] = C_o \left[\left(\frac{A_3}{A_1} \right)^2 - 1 \right] \frac{v_3^2}{2g} = K \frac{v_3^2}{2g}$$

Donde A1 y A3 son las áreas de las secciones aguas arriba y aguas debajo de la expansión respectivamente. Según Mostkow, el coeficiente Co se mantiene prácticamente constante entre 0.35 y 0.40. Según Chow, Co depende de la forma de la expansión, alcanzando el valor de 0.75 en la expansión brusca. La longitud de la expansión se calcula siguiendo el criterio de Hinds de utilizar un ángulo de divergencia $2\theta=25^\circ$ entre la proyección horizontal del nivel del agua en las secciones aguas arriba y aguas debajo de la transición.

Transición del tipo Expansión en Régimen Subcrítico:

Ejemplo:

Un canal rectangular de concreto ($n=0.015$) que tiene un ancho inicial de 8 m transporta $30 \text{ m}^3/\text{s}$ con una pendiente $S_o=0.001$. Debido a algunas consideraciones de velocidad admisible se requiere aumentar el ancho de este canal a 15 m. Dimensione la transición recta adecuada en este caso, compare los resultados con una transición del tipo alabeada.

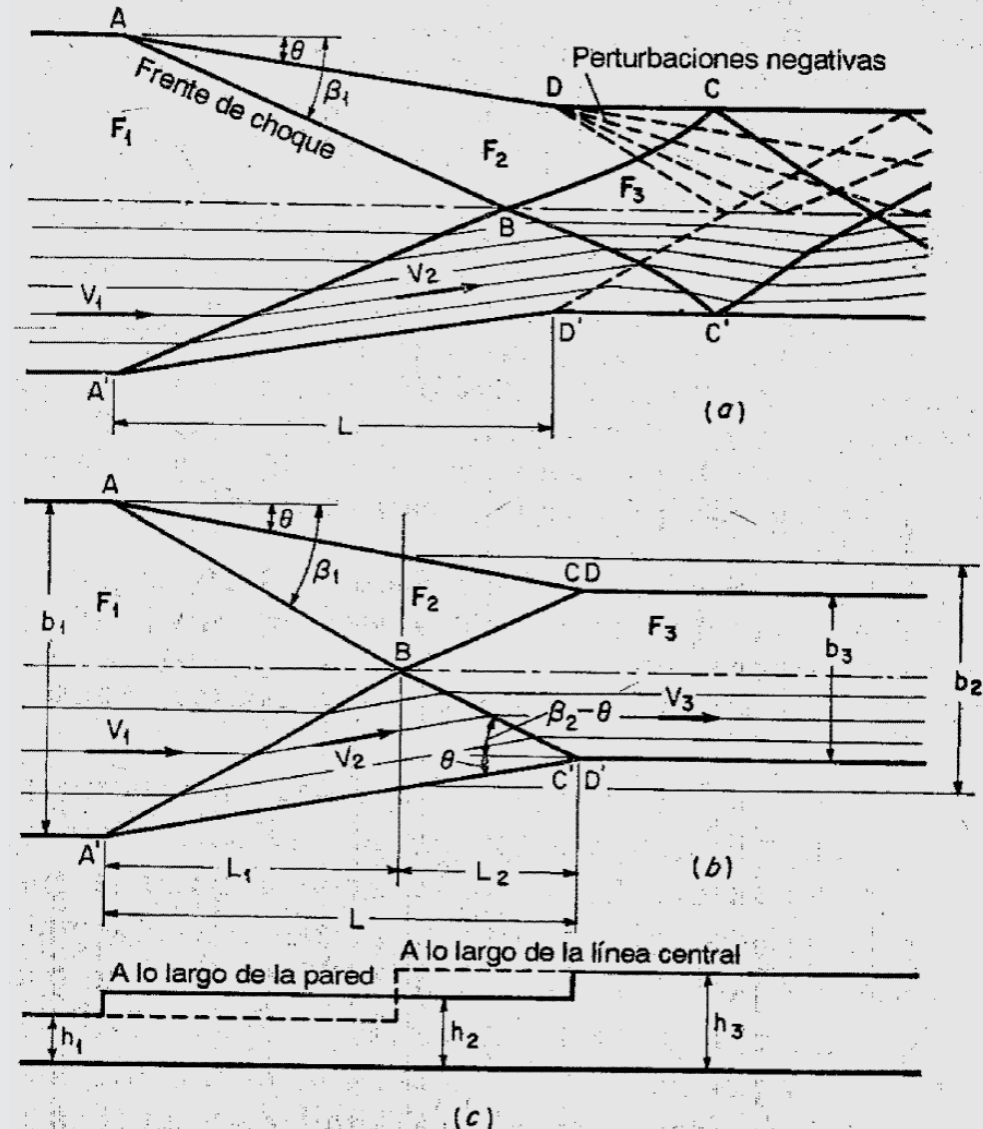


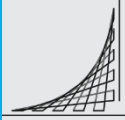
Transición del tipo Contracción en Régimen Supercrítico:

Generalidades:

Cuando un flujo supercrítico pasa a través de una contracción con muros convergentes simétricos, aparecen ondas cruzadas que son simétricas a la línea central del canal.

En contraste con el flujo subcrítico, no se recomienda utilizar una contracción curva en flujo supercrítico.



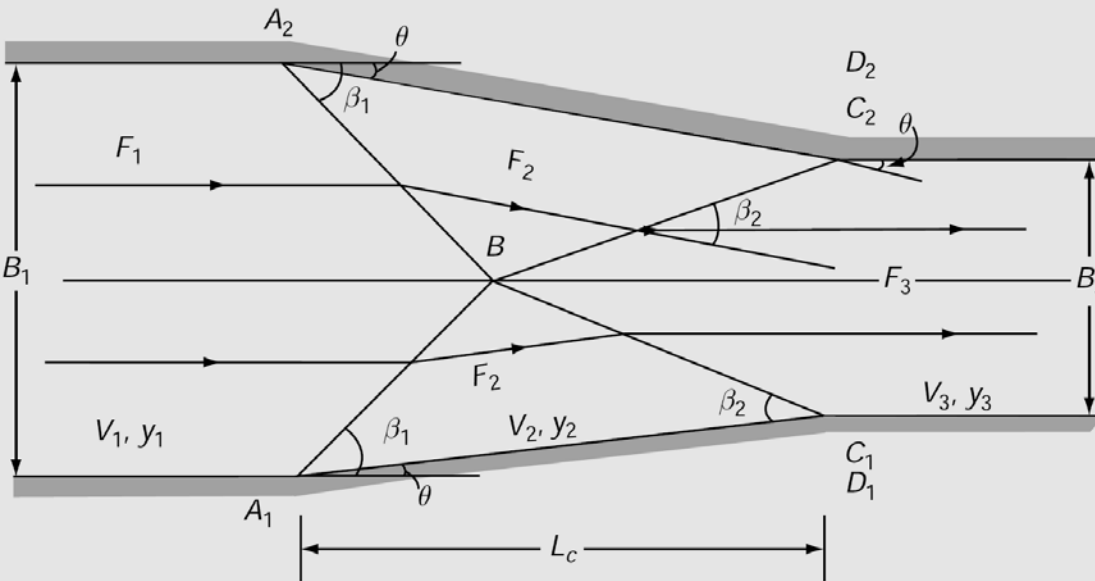


Transición del tipo Contracción en Régimen Supercrítico:

Longitud de la Transición:

La longitud de la contracción se puede obtener mediante la siguiente expresión: $L_c = \frac{b_1 - b_2}{2 \tan(\theta)}$

$$\beta_1 = (1.4679 - 0.2082F_1 + 0.0184F_1^2)\theta + 60.638F_1^{-1.044}$$



$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{\tan(\beta_1)}{\tan(\beta_1 - \theta)}$$

$$F_2^2 = \left(\frac{y_1}{y_2} \right) \left[F_1^2 - \frac{1}{2} \left(\frac{y_1}{y_2} \right) \left(\frac{y_2 - 1}{y_1} \right) \left(\frac{y_2 + 1}{y_1} \right)^2 \right]$$

$$\frac{y_3}{y_2} = \frac{\tan \beta_2}{\tan(\beta_2 - \theta)}$$

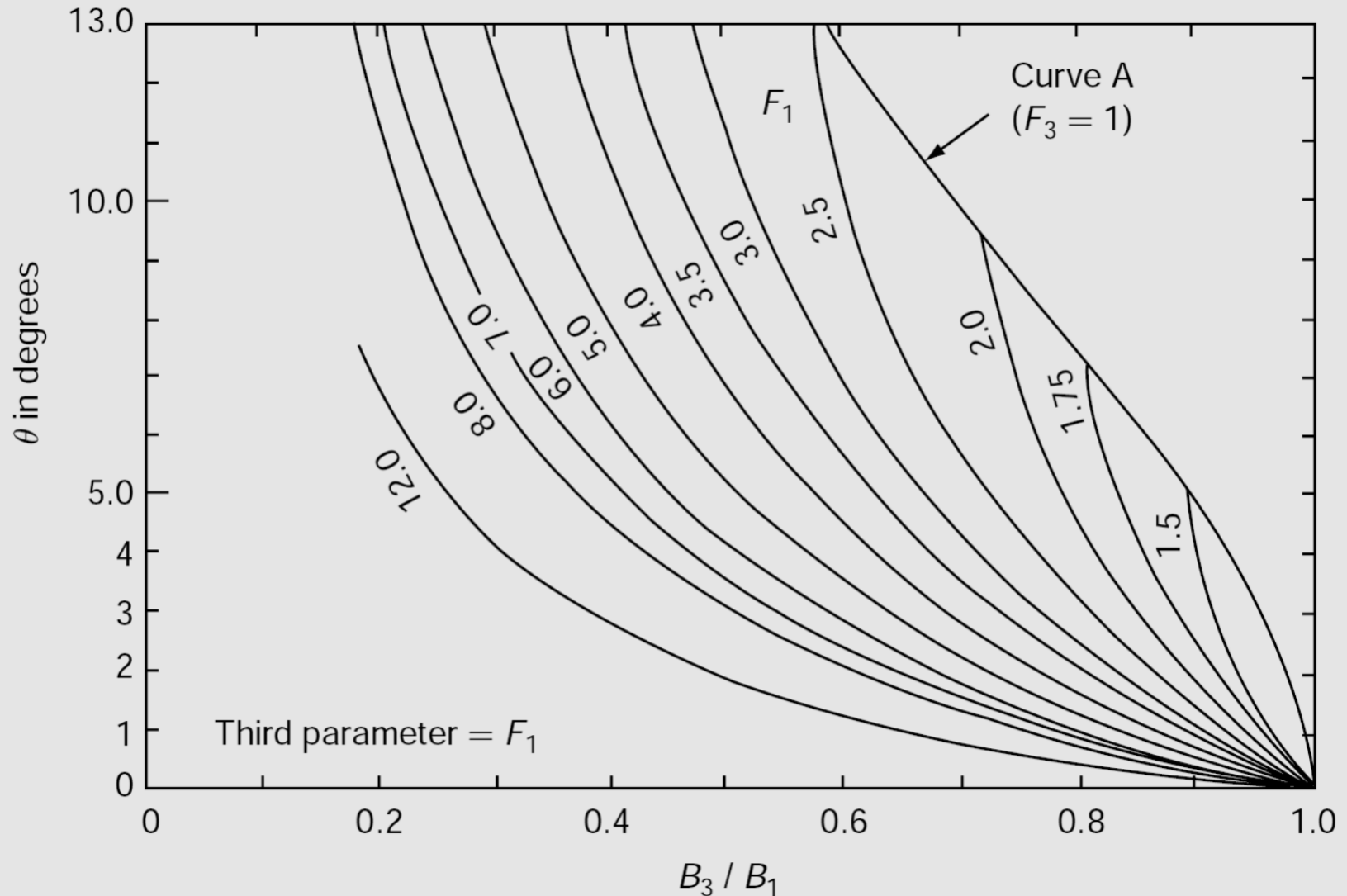
$$E_1 = y_1 \left(1 + \frac{F_1^2}{2} \right)$$

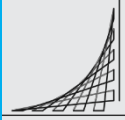
$$E_3 = y_3 \left(1 + \frac{F_3^2}{2} \right)$$



Transición del tipo Contracción en Régimen Supercrítico:

Generalidades:



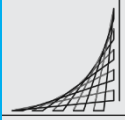


Transición del tipo Contracción en Régimen Supercrítico:

Ejemplo:

Un canal rectangular transporta un caudal con un número de Froude de 6, un ancho de 5.0 m y una profundidad de flujo de 0.75 m. debido a algunas consideraciones constructivas es necesario reducir su ancho a 2.5 m. Dimensione la transición y estime las pérdidas de energía.

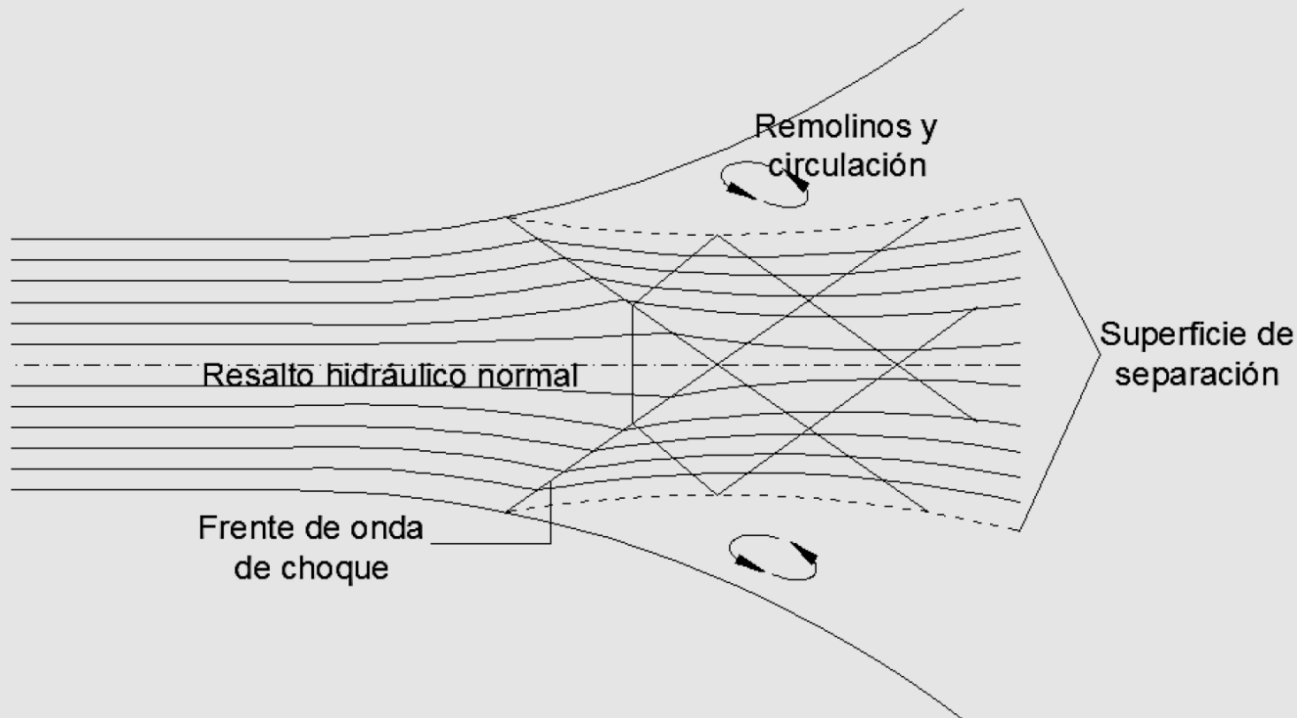
1. Calcular $y_1, F_1, \frac{B_3}{B_1}$
2. Determinar Theta de la figura.
3. Para theta y F, determinar Beta β_1 .
4. Determinar la relación $\frac{y_2}{y_1}$
5. Determinar y_2
6. Calcular F_2
7. Con theta y F_2 calcular β_2
8. Determinar la relación $\frac{y_2}{y_1}$
9. Determinar y_3
10. Calcular F_3
11. Determinar la longitud de la transición
12. A partir de $\frac{F_3}{F_1} = \frac{B_1/B_3}{(y_3/y_1)^{(3/2)}}$ calcular el número de Froude en 3 debe ser muy cercano al calculado en 10. sino cambiar theta. Se acepta hasta un 2 % de error.



Transición del tipo Expansión en Régimen Supercrítico:

Expansión en régimen supercrítico:

Estas expansiones por lo general ocurren en lugares donde el flujo emerge con altas velocidades desde un conducto cerrado, una compuerta deslizante, un vertedero o una rápida empinada. Si la expansión diverge demasiado rápido, la mayor parte del flujo no seguirá las fronteras sólidas.



Transición del tipo Expansión en Régimen Supercrítico:

Expansión en régimen supercrítico método empírico:

Basado en un estudio experimental Rouse propone el dimensionamiento de una transición curva expresada por:

$$\frac{B}{B_1} = f \left(\frac{x}{B_1 F_1}, \frac{B_2}{B_1} \right)$$

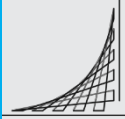
$$\frac{B}{B_1} = \frac{1}{4} \left(\frac{x}{B_1 F_1} \right)^{3/2} + 1.0$$

Donde:

B: es el ancho del canal para el valor de x.

B1 y B2, son el ancho del canal al inicio y al final de la transición respectivamente.

La curva consiste en una curva convexa de expansión seguida de una curva inversa.



Transición del tipo Expansión en Régimen Supercrítico:

$\frac{x}{B_1 F_1}$	$\frac{B_2}{B_1} = 1.5$	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
1.00	1.200					
1.38	1.300	1.400				
1.50	1.350	1.425				
1.75	1.400	1.550	1.550			
2.00	1.450	1.600	1.700			
2.25	1.475	1.650	1.750	1.750		
2.50	1.485	1.775	1.900	1.900	1.925	
2.70	1.500	1.820	2.000	2.100	2.100	2.100
3.00		1.900	2.100	2.200	2.250	2.250
3.50		1.950	2.250	2.400	2.450	2.500
4.00		2.000	2.350	2.550	2.675	2.775
4.50			2.425	2.685	2.825	2.950
5.00			2.500	2.800	3.000	3.150
5.50				2.850	3.150	3.300
6.00				2.925	3.240	3.450
6.50				2.950	3.320	3.550
7.00				3.000	3.400	3.700
7.50					3.425	3.775
8.00					3.475	3.850
8.50					3.485	3.875
9.00					3.500	3.900
9.50						3.930
10.00						3.950
10.50						4.000

Valores de B/B_1
para determina la
geometría de la
transición.

Transición del tipo Expansión en Régimen Supercrítico:

Ejemplo:

Un canal de 2.5 m de ancho transporta un caudal con un número de Froude de 2.5 se requiere aumentar su ancho a 5.0 m, dimensione la expansión utilizando el método de Rouse.