



MANUAL DE USUARIO
DHYCOB

PATRICIO IVÁN MELGAR GUACHISACA

DESCRIPCIÓN:

ESTA APLICACIÓN PERMITE EL DISEÑO DE
ELEMENTOS EN SISTEMAS HIDRÁULICOS A
SUPERFICIE LIBRE.

DOCENTE:

PhD. HOLGER BENAVIDES MUÑOZ

26/11/2014

ÍNDICE GENERAL

1. GENERALIDADES.	4
1.1. INTRODUCCIÓN.	4
1.2. MENÚ PRINCIPAL.	4
1.3. INGRESO DE DATOS.	9
2. PROBLEMAS PROPUESTOS.	9
2.1. CONDUCCIONES SUPERFICIE LIBRE.	10
2.2. ELEMENTOS HIDRÁULICOS.	27
2.2.1. SIFÓN. MÉTODO DE MATERÓN.	27
2.2.2. ANCLAJES (MÉTODO KROCHIN).	35
2.2.3. RÁPIDA	46
2.2.4. ALCANTARILLAS	52
2.3. CAPTACIONES.	57
2.3.1. REJILLA LATERAL.	57
2.3.2. LECHO FILTRANTE.	64

ÍNDICE GRÁFICOS

Figura 1.1: Menú principal.....	4
Figura 1.2: Opciones conducciones superficie libre.	5
Figura 1.3: Opciones elementos hidráulicos.	6
Figura 1.4: Opciones almacenamiento.....	6
Figura 1.5: Opciones obras captaciones.....	7
Figura 1.6: Opciones diseño tipo.....	7
Figura 1.7: Opciones estabilización de cauces	8
Figura 1.8: Opciones drenajes.	8
Figura 1.9: Tipos de advertencia de un error.	9

"MANUAL DE USUARIO DHYCOB"

GENERALIDADES

1.1. Introducción.

Con el fin de solventar necesidades como la conducción y captación de agua, se ha visto conveniente el desarrollo de aplicaciones para el diseño de obras que tienen este fin. Para lo cual, se ha desarrollado una aplicación web para el diseño de obras hidráulicas, denominada "DHYCOB", alojada en la plataforma del Laboratorio Virtual de Fluidos, Hidráulica y Eficiencia Energética (FHEEL-V) (<http://www.fheel-v.utpl.edu.ec/>), y que permite el análisis y diseño de: elementos hidráulicos en sistemas de abastecimiento (para consumo humano, riego y abrevaderos), captaciones, canales abiertos, volúmenes en almacenamientos, estabilidad de cauces y sistemas de drenaje.

1.2. Menú principal.

Al iniciar el programa aparecen 10 enlaces con las siguientes opciones:

Figura 1.1: Menú principal.

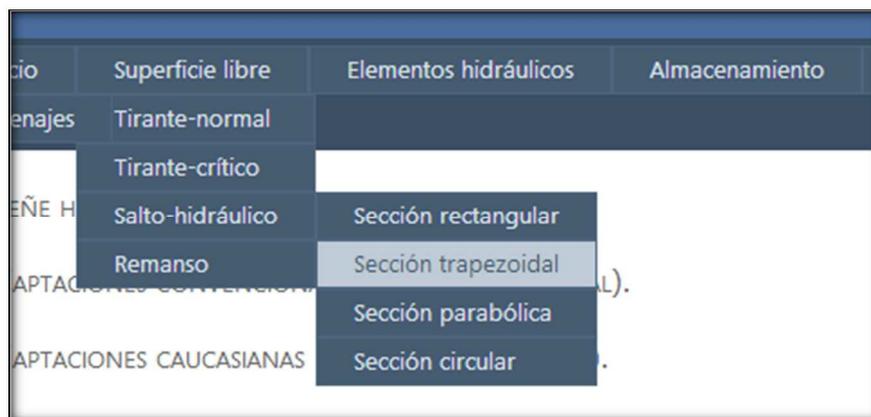


Fuente: El Autor.

1. Manual.
2. Video tutorial.
3. Mapa del sitio.
4. Superficie libre.
5. Elementos hidráulicos.
6. Almacenamiento.
7. Captaciones.
8. Diseño tipo.
9. Estabilización de cauces.
10. Drenajes.

- El primer enlace, denominado “Manual”, permite descargar el manual de usuario.
- El segundo enlace, denominado “Video tutorial”, permite visualizar el video tutorial de la aplicación.
- El tercer enlace, denominado “Mapa del sitio”, permite regresar hacia la página de inicio de la aplicación.
- El cuarto enlace, denominado “Superficie libre”, permite encontrar los parámetros hidráulicos en canales abiertos como:
 - ✓ Tirantes normal y crítico.
 - ✓ Curvas de remanso (Perfiles hidráulicos).
 - ✓ Salto hidráulico.

Figura 1.2: Opciones conducciones superficie libre.



Fuente: El Autor.

- El quinto enlace, denominado “Elementos hidráulicos”, permite diseñar los siguientes tipos de elementos hidráulicos:
 - ✓ Sifón - anclajes.
 - ✓ Túneles.
 - ✓ Rápidas.
 - ✓ Alcantarillas.
 - ✓ Cunetas.

Figura 1.3: Opciones elementos hidráulicos.

Elementos hidráulicos	Almacenamiento	Captaciones	Diseño
Sifón	Diseño hidráulico(Krochin)		
Túneles	Diseño hidráulico(Materón)		
Rápida	Anclajes (Método simplificado)		
Alcantarilla	Anclajes (Krochin)		
Cunetas	Presupuesto		

Fuente: El Autor.

- El sexto enlace, denominado “Almacenamiento”, permite el análisis de volúmenes de tres tipos de almacenamientos de agua:
 - ✓ Depósitos.
 - ✓ Embalses.
 - ✓ Bocatoma.

Figura 1.4: Opciones almacenamiento.

Almacenamiento	Captaciones	Diseño tipo
Depósitos	Tanque sobre el suelo	
Embalses	Curva integral	
Bocatoma		

Fuente: El Autor.

- El séptimo enlace, denominado “Captaciones”, permite el diseño hidráulico de dos tipos de obras de toma como son:
 - ✓ captaciones convencionales (con rejilla lateral).
 - ✓ captaciones caucasianas (con rejilla de fondo).
 - ✓ Captación por lecho filtrante.
 - ✓ captación para aguas lluvias.

El diseño empieza con el dimensionamiento de los elementos de la captación elegida, hasta llegar al análisis de la estabilidad del azud, desripador,

desarenador, control de crecientes, desarenador, vertedero y la sección del canal aguas abajo.

Además incluye el diseño de los siguientes elementos en una captación: rejilla lateral, perfil del azud y la lámina vertiente.

Figura 1.5: Opciones obras captaciones.

Captaciones	Diseño tipo	Estabilización cauces
Elementos de una captación		Rejilla
Captación convencional		Desripador
Rejilla de fondo		Desarenador (L. discontinuo)
Diseño del azud		Transición recta
Captación para agua lluvias		Transición curva
Lecho filtrante		Lamina vertiente
Galería filtrante		

Fuente: El Autor.

- El octavo enlace, denominado "Diseño tipo", permite revisar un documento del MSP, con archivos en formato CAD, sobre planos tipo.

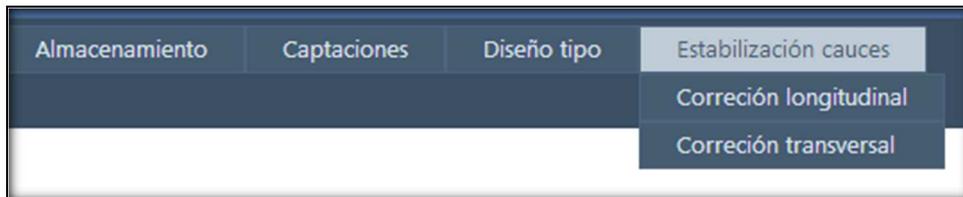
Figura 1.6: Opciones diseño tipo.

Inicio	Superficie libre	Elementos hidráulicos	Almacenamiento	Captaciones	D
Drenajes					
Diseños tipo de infraestructura hidráulica					
INDICE GENERAL					Número de láminas
<i>CAPTACIÓN.....C</i>					1 - 23
<i>CONDUCCIÓN.....Co</i>					24 - 47
<i>TRATAMIENTO.....T</i>					48 - 101
<i>RESERVA.....R</i>					102 - 125
<i>RED.....Re</i>					126 - 151
<i>SANIAMIENTO.....Sa</i>					152 - 161

Fuente: El Autor.

- El noveno enlace, denominado “Estabilización cauces”, permite encontrar los parámetros estables de cauces aluviales, mediante:
 - ✓ Corrección longitudinal.
 - ✓ Corrección transversal.

Figura 1.7: Opciones estabilización de cauces



Fuente: El Autor.

- El décimo enlace, denominado “Drenajes”, permite calcular el espaciamiento de drenes terciarios, mediante las metodologías propuestas por:
 - ✓ Donnan (zanjas abiertas y tuberías enterradas).
 - ✓ Hooghoudt (zanjas abiertas y tuberías enterradas).
 - ✓ Dagan (zanjas abiertas en suelo homogéneo y heterogéneo; tuberías enterradas en suelo homogéneo y heterogéneo).
 - ✓ Glover-Dumm (zanjas abiertas y tuberías enterradas).
 - ✓ Jenab (zanjas abiertas y tuberías enterradas).

Figura 1.8: Opciones drenajes.



Fuente: El Autor.

1.3. Ingreso de datos.

Cuando se ingresa a una ventana de cálculo, el usuario tendrá disponible el primer campo de ingreso de datos. Para introducir datos, usted debe:

1. Ingresar el dato requerido y presionar la tecla TAB, para pasar al siguiente campo. Si hubiera algún error, se mostrara una advertencia, volvemos a colocar el cursor (con un clic), en el campo requerido. Observamos que la aplicación muestra una advertencia donde se encuentra el dato erróneo ya sea mediante un mensaje si se han ingresado datos inconvenientes, o pintando el texto de rojo si se encuentra el dato vacío, según sea el caso.

2. Repetir el paso anterior, hasta completar todos los datos requeridos.

Figura 1.9: Tipos de advertencia de un error.

Caudal (m ³ /s):	caudal	Ingrese valores adecuados
Ancho de solera (m):	-56	Ingrese valores adecuados

Caudal (m ³ /s):	2.3
Ancho de solera (m):	1.5
Pendiente talud (Z):	1.5
Rugosidad (n):	
Pendiente (m/m):	0.0005

Fuente: El Autor.

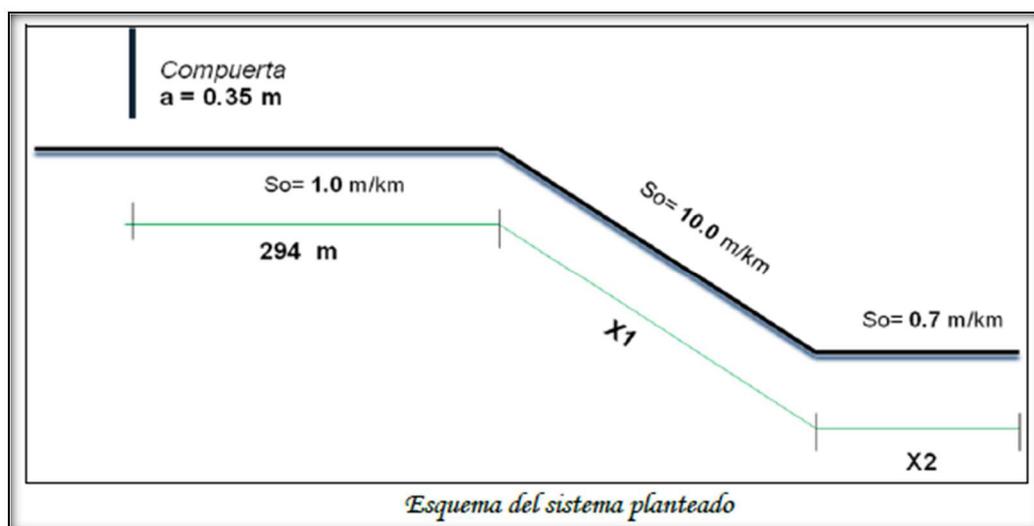
PROBLEMAS PROPUESTOS**2.1. Conducciones superficie libre.**

Cálculo de conducciones a superficie libre.

DATOS GENERALES:

Un canal rectangular de ancho de solera $b = 2 \text{ m}$, conduce un $Q = 2.5 \text{ m}^3/\text{s}$, en los primeros tramos hasta X2 la rugosidad es $n = 0.015$. En el canal existe una compuerta con una abertura $a = 0.35 \text{ m}$. 294 m aguas abajo de la compuerta el canal cambia su gradiente de 1.0 m/km a 10.0 m/km y luego a 0.7 m/km . Además, se conoce que el tirante en la vena contraída de la compuerta es $y = 0.61 \times a$, situado a: $d = 1.5 \times a$, aguas abajo de la compuerta. Luego del tramo X2, el canal cambia a revestimiento de tierra con un $n = 0.025$. Se pide:

- Realizar un estudio completo de los perfiles del flujo en todo el sistema.
- Calcular la longitud: del tramo X1 y X2, de cada curva y dibujarlas mediante el **método directo por tramos** (6 tramos cada perfil).



DESARROLLO:**DATOS:**

$$b=2\text{m}$$

$$Q=2.5\text{m}^3/\text{s}$$

$$n = 0.015$$

$$a = 0.35 \text{ m}$$

$$y = 0.61 \times a \quad \left. \vphantom{y = 0.61 \times a} \right\} \text{ X1}$$

$$d = 15 \times a$$

$$n_2 = 0.025 \rightarrow \text{X2}$$

TRAMO CORRESPONDIENTE A LA COMPUERTA

1. Cálculo del tirante normal (Y_n).

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2}$$

$$2.5 = \left(\frac{1}{0.015} \right) \times (2y) \times \left(\frac{2y}{2 + 2y} \right)^{2/3} \times (0.001^{1/2})$$

$$Y_n = 0.9557008 \text{ m}$$

$$Y_n = 0.956 \text{ m}$$

2. Cálculo del tirante crítico (Y_c).

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{A_c^3}{T}$$

$$\frac{(2.5)^2}{9.81} = \frac{(2 Y_c)^3}{2}$$

$$Y_c = 0.5420637 \text{ m}$$

$$Y_c = 0.542 \text{ m}$$

3. Cálculo de la pendiente crítica.

$$S_c = \left(\frac{Q \times n}{A \times R^{2/3}} \right) = \left(\frac{2.5 \times 0.015}{(2 \times 0.542) \times \left(\frac{(2 \times 0.542)}{(2 + 2 \times 0.542)} \right)} \right) = 0.004823 \text{ m/m}$$

Uso de DHYCOB

Calculamos el tirante normal:

Calculo del tirante normal para secciones trapezoidal, rectangular y triangular

Aproximación decimal de resultados:

Datos:

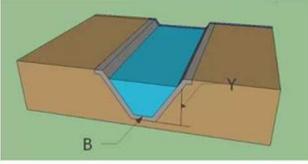
Caudal (m³/s):

Ancho de solera (m):

Pendiente talud (Z):

Rugosidad (n):

Pendiente (m/m):



Resultados:

Tirante normal (m): Perímetro (m):

Área hidráulica (m²): Radio hidráulico (m):

Espejo de agua (m): Velocidad (m/s):

Número de Froude (F): Energía (m·kg/kg):

Tipo de flujo:

Cálculo del tirante crítico:

Calculo del tirante crítico para secciones trapezoidal, rectangular y triangular

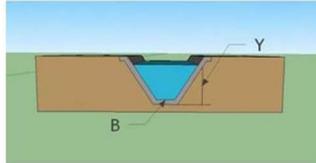
Aproximación decimal de resultados:

Datos:

Caudal (m³/s):

Ancho de solera (m):

Pendiente talud (Z):



Resultados:

Tirante crítico (m): Perímetro (m):

Área hidráulica (m²): Radio hidráulico (m):

Espejo de agua (m): Velocidad (m/s):

Número de Froude (F): Energía (m·kg/kg):

4. Cálculo del tipo de perfil.

$$\left. \begin{array}{l} S_o = 0.001 \text{ m/m} \\ S_c = 0.004823 \text{ m/m} \end{array} \right\} S_c \geq S_o \rightarrow \text{Pendiente suave}$$

$$\left. \begin{array}{l} Y_n = 0.956 \text{ m} \\ Y_c = 0.542 \text{ m} \end{array} \right\} Y_n \geq Y_c \rightarrow \text{Perfil M2.}$$

Tirante aguas abajo del vertedero después de la compuerta.

$$Y = 0.6 \times a = 0.6 \times 0.35 = 0.21 \text{ m}$$

Distancia del tirante aguas abajo del vertedero después de la compuerta.

$$d = 1.5 \times a = 1.5 \times 0.35 = 0.53 \text{ m}$$

5. Cálculo del perfil.

PERFIL M2

$$Y_f = 0.956 \text{ m}$$

$$Y_o = 0.542 \text{ m}$$

Y	A	R	V	F	F2	ΔE	SE	SE2	ΔX	X
0.542	1.084	0.3515	2.3063	1.0002			0.0048			0
0.611	1.222	0.3793	2.0458	0.8356	0.9179	0.01086	0.0034	0.0041	-3.4740	3.4740
0.680	1.360	0.4048	1.8382	0.7117	0.7737	0.02770	0.0025	0.0030	-13.955	17.429
0.749	1.498	0.4282	1.6689	0.6157	0.6637	0.03861	0.0019	0.0022	-31.124	48.554
0.818	1.636	0.4499	1.5281	0.5394	0.5776	0.04598	0.0015	0.0017	-62.764	111.320
0.887	1.774	0.4701	1.4092	0.4777	0.5086	0.05115	0.0012	0.0014	-137.050	248.370
0.956	1.912	0.4888	1.3075	0.4270	0.4523	0.05488	0.0010	0.0011	-494.95	743.320

Uso de DHYCOB

Cálculo de la curva de remanso mediante el método directo por tramos

Aproximación decimal de resultados:

Datos:

Caudal (m³/s):

Ancho de solera (m):

Talud:

Pendiente fondo del canal (m/m):

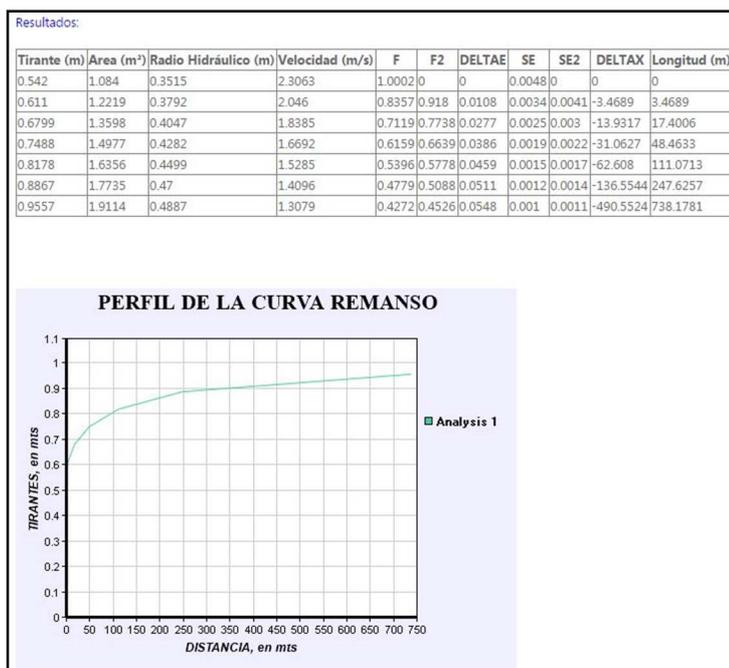
Coefficiente de rugosidad:

Distancia inicial (m):

Tirante inicial Y₁ (m):

Tirante final Y₂ (m):

Número de tramos:



Como la curva de remanso se extiende desde el tirante crítico hasta el tirante normal, tenemos una longitud de 738.20 m.

Por lo tanto interpolamos el valor de nuestro tirante normal que se encuentre luego de la compuerta, tenemos:

247.6.....0.8867
738.20.....0.9557
 490.60.....0.0690

Como el tirante normal se encuentra entre la compuerta y el cambio de dirección, tenemos:

$$294 - d = 295 - 0.525 = 293.475 \text{ m}$$

Luego:

$$293.475 - 247.6 = 45.875 \text{ m}$$

Regla de tres:

490.6.....0.069
 45.875.....= 0.00645
 0.8867 + 0.00645 = 0.89315 m

Por lo tanto tenemos que $Y_n = 0.89315 \text{ m}$

Calculamos el salto hidráulico:

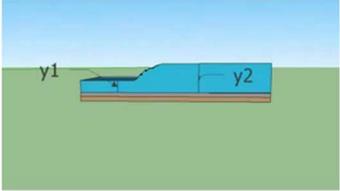
Cálculo del salto hidráulico para sección rectangular

Datos:

Caudal (m³/s):

Base (m):

Tirante conocido (m):



Resultados:

Tirante conjugado (y)(m): Número de Froude conjugado:
tirante supercrítico

Altura del salto (m): Longitud del salto (m):

Pérdida de energía (m): Pendiente del Canal:

Tenemos que el tirante conjugado es $Y_{\text{conjugado}} = 0.2993 = 0.30 \text{ m}$

La longitud del salto hidráulico = 2.97 m

Luego calculamos la curva de remanso M3 desde el tirante 0.2135 m hasta el tirante 0.30 m:

PERFIL M3

$$Y_f = 0.2135 \text{ m}$$

$$Y_o = 0.3010 \text{ m}$$

Uso de DHYCOB

Cálculo de la curva de remanso mediante el método directo por tramos

Datos:

Caudal (m3/s):

Ancho de solera (m):

Talud:

Pendiente fondo del canal (m/m):

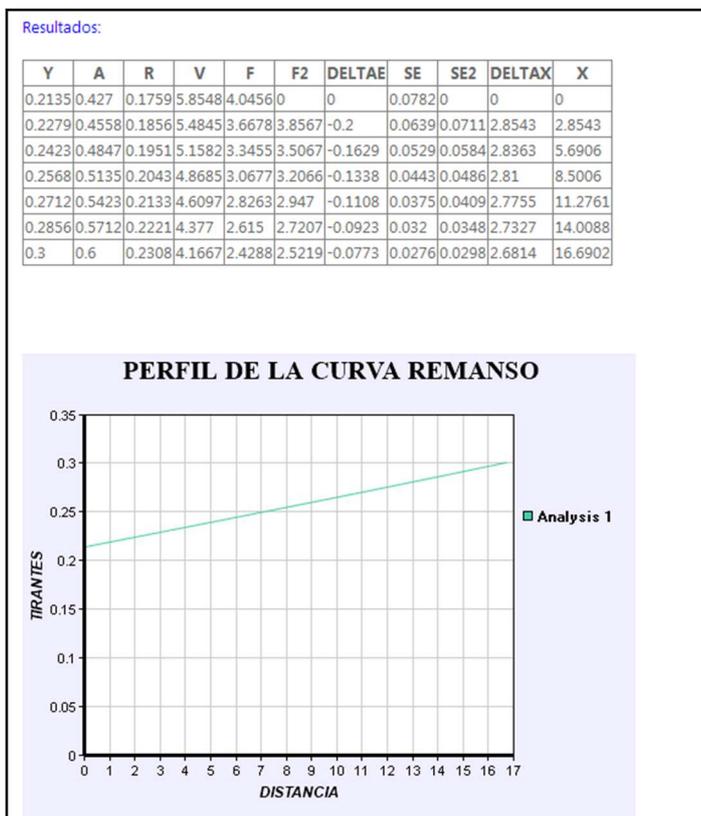
Coefficiente de rugosidad:

Distancia inicial:

Tirante inicial Y1 (m):

Tirante final Y2 (m):

Número de tramos:



Cálculo de la curva M2 con el nuevo tirante normal de $Y_n = 0.89315$ m, hasta el tirante crítico 0.542 m.

Cálculo de la curva de remanso mediante el método directo por tramos

Datos:

Caudal (m³/s):

Ancho de solera (m):

Talud:

Pendiente fondo del canal (m/m):

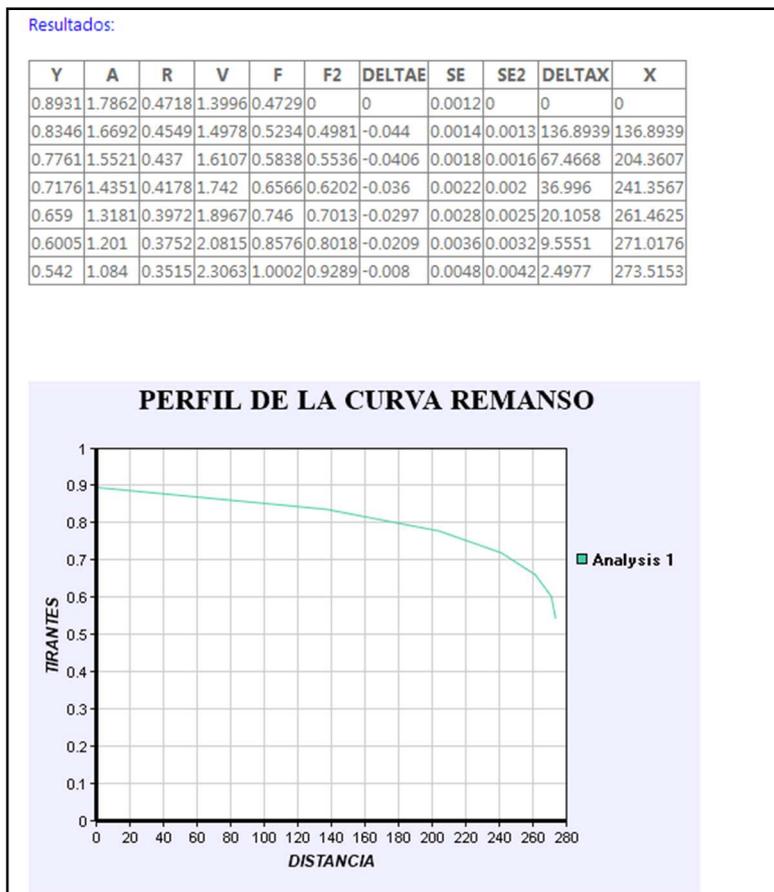
Coefficiente de rugosidad:

Distancia inicial:

Tirante inicial Y1 (m):

Tirante final Y2 (m):

Número de tramos:



Por lo tanto tenemos una longitud de 273.50 m, que es donde se ubica el tirante normal.

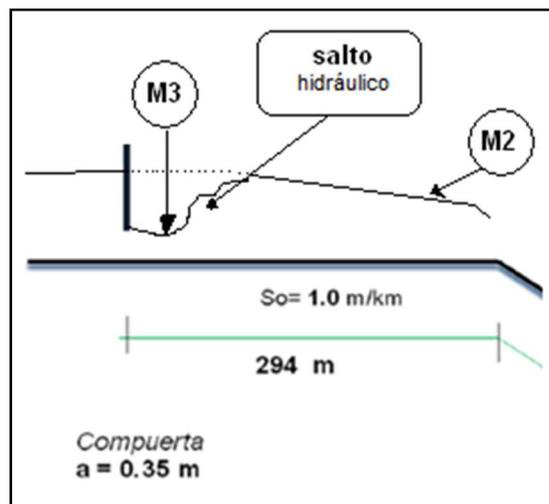
6. Descripción de resultados.

Se muestra en los resultados una curva M2 que va desde aguas arriba de la compuerta como se mostrara en la siguiente figura.

Después de la compuerta existe un perfil M3, después de este un salto hidráulico con tirantes $Y_2 = 0.89$ m, $Y_1 = 0.30$ m y una longitud de salto de $L_r = 2.97$ m.

Se muestra una curva M3 con una longitud de 16.7 m + 0.53 m = 17.23 m.

Perfiles de flujo en el tramo de la compuerta.



TRAMO X1 o tramo 2

1. Cálculo del tirante normal (Y_n).

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2}$$

$$2.5 = \left(\frac{1}{0.015} \right) \times (2y) \times \left(\frac{2y}{2 + 2y} \right)^{2/3} \times (0.01^{1/2})$$

$$Y_n = 0.421616077 \text{ m}$$

$$Y_n = 0.422 \text{ m}$$

2. Cálculo del tirante crítico (Y_C).

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{A_C^3}{T}$$

$$\frac{(2.5)^2}{9.81} = \frac{(2 Y_C)^3}{2}$$

$$Y_C = 0.5420637 \text{ m}$$

$$Y_C = 0.542 \text{ m}$$

3. Cálculo de la pendiente crítica.

$$S_c = \left(\frac{Q \times n}{A \times R^{2/3}} \right) = \left(\frac{2.5 \times 0.015}{(2 \times 0.542) \times \left(\frac{(2 \times 0.542)}{(2 + 2 \times 0.542)} \right)} \right) = 0.004823 \text{ m/m}$$

Uso de DHYCOB

Calculamos el tirante normal:

Cálculo del tirante normal para secciones trapezoidal, rectangular y triangular

Aproximación decimal de resultados:

Datos:

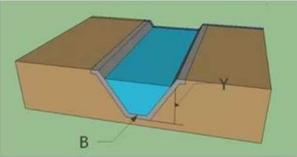
Caudal (m³/s):

Ancho de solera (m):

Pendiente talud (Z):

Rugosidad (n):

Pendiente (m/m):



Resultados:

Tirante normal (m): Perímetro (m):

Área hidráulica (m²): Radio hidráulico (m):

Espejo de agua (m): Velocidad (m/s):

Número de Froude (F): Energía (m·kg/kg):

Tipo de flujo:

4. Cálculo del tipo de perfil.

$$\left. \begin{array}{l} S_o = 0.01 \text{ m/m} \\ S_c = 0.004823 \text{ m/m} \end{array} \right\} S_c \leq S_o \rightarrow \text{Pendiente fuerte o empinada.}$$

$$\left. \begin{array}{l} Y_n = 0.422 \text{ m} \\ Y_c = 0.542 \text{ m} \end{array} \right\} Y_n \leq Y_c \rightarrow \text{Perfil S2.}$$

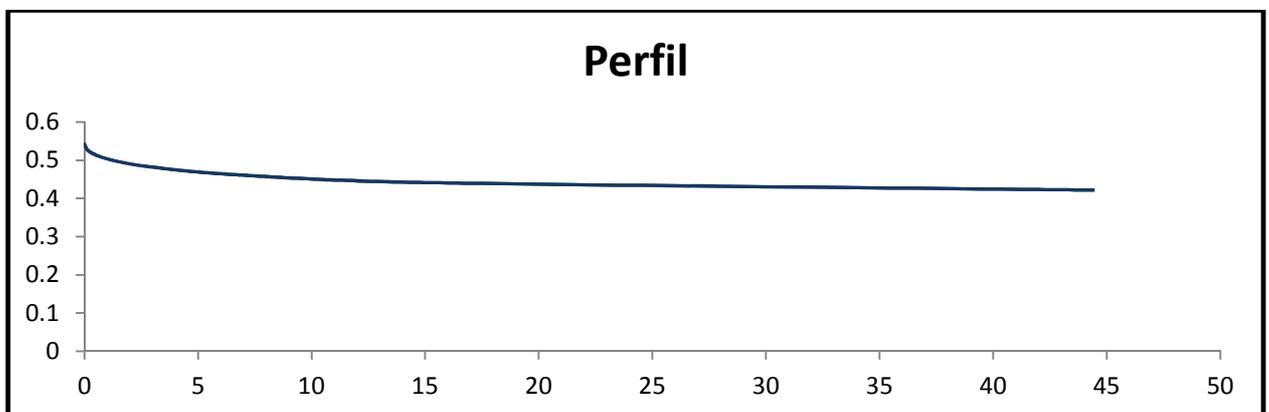
5. Cálculo del perfil.

PERFIL S2

$$Y_o = 0.542 \text{ m}$$

$$Y_f = 0.422 \text{ m}$$

Y	A	R	V	F	F2	ΔE	SE	SE2	ΔX	X
0.542	1.084	0.3515	2.3063	1.0002			0.0048			0
0.522	1.044	0.3430	2.3946	1.0582	1.0292	0.00118	0.0054	0.0051	0.2417	0.2417
0.502	1.004	0.3342	2.4900	1.1221	1.0901	0.00377	0.0060	0.0057	0.8752	1.1169
0.482	0.964	0.3252	2.5934	1.1926	1.1573	0.00679	0.0068	0.0064	1.8807	2.9976
0.462	0.924	0.3160	2.7056	1.2709	1.2318	0.01034	0.0077	0.0072	3.7065	6.7042
0.442	0.884	0.3065	2.8281	1.3581	1.3145	0.01456	0.0087	0.0082	7.9986	14.703
0.422	0.844	0.2968	2.9621	1.4558	1.4070	0.01959	0.0100	0.0093	29.6910	44.394



Uso de DHYCOB

Cálculo de la curva de remanso mediante el método directo por tramos

Datos:

Caudal (m3/s):

Ancho de solera (m):

Talud:

Pendiente fondo del canal (m/m):

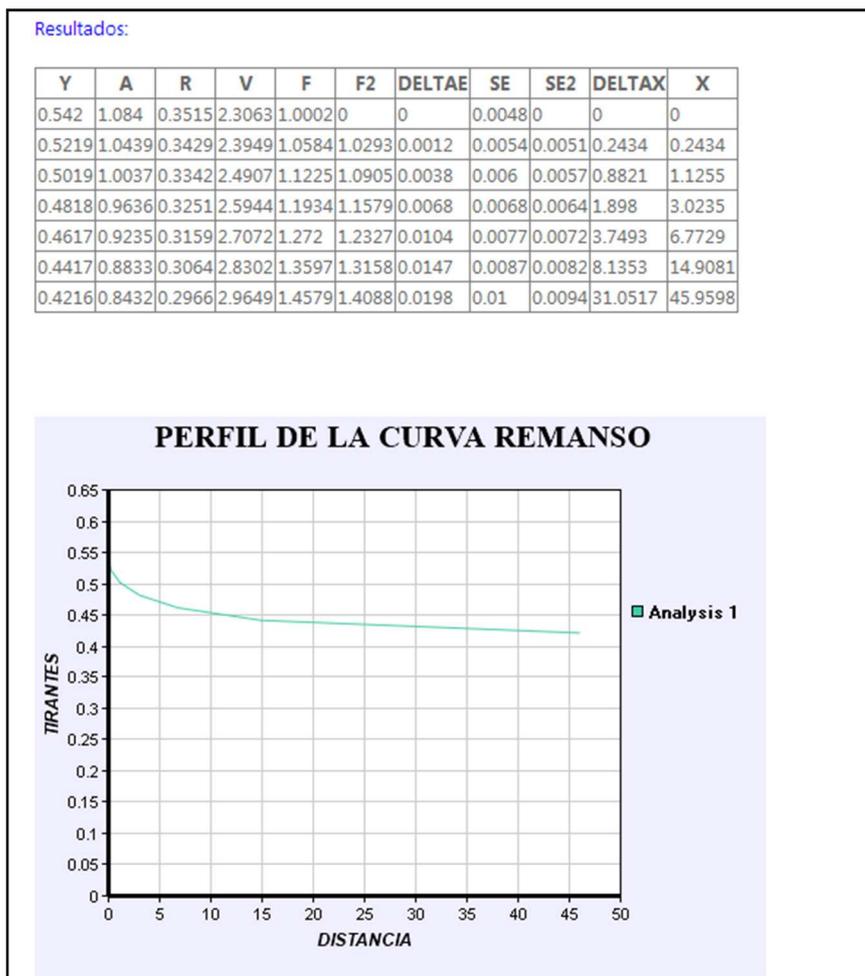
Coefficiente de rugosidad:

Distancia inicial:

Tirante inicial Y1 (m):

Tirante final Y2 (m):

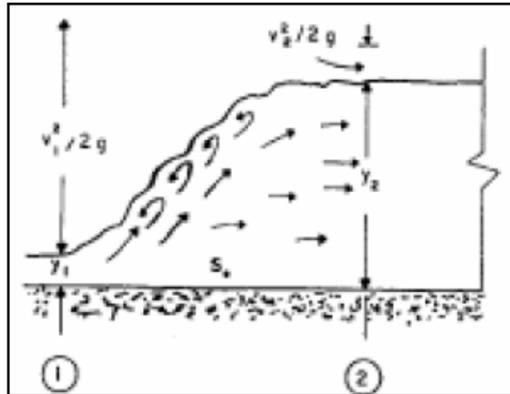
Número de tramos:



La longitud de la curva es de 46 m.

Después de esta curva habrá un salto hidráulico.

6. Cálculo del salto hidráulico aguas abajo tramo X1.



Datos	
$Q \text{ (m}^3\text{/s)}$	2.5
$Y1 \text{ (m)}$	0.422
$b \text{ (m)}$	2

Uso de DHYCOB

Calculamos el tirante normal aguas abajo del tramo X2:

Cálculo del tirante normal para secciones trapezoidal, rectangular y triangular

Aproximación decimal de resultados:

Datos:

Caudal (m³/s):

Ancho de solera (m):

Pendiente talud (Z):

Rugosidad (n):

Pendiente (m/m):

Resultados:

Tirante normal (m): Perimetro (m):

Área hidráulica (m²): Radio hidráulico (m):

Espejo de agua (m): Velocidad (m/s):

Número de Froude (F): Energía (m·kg/kg):

Tipo de flujo:

Se calcula el tirante $Y_n = 1.626$ m, donde la velocidad es de $V = 0.77$ m/s y la energía es de $E = 1.66$ m kg/kg, cuando las energías E_n es mayor que E_2 se produce un salto **AHOGADO**

Tenemos:

Tirante normal aguas debajo de X2 es de $Y_n = 1.6259$ m; y aguas arriba luego del salto de: $Y_n = 0.6836$ m.

Calculamos las energías aguas arriba y aguas abajo del salto tenemos.

$$E_n = 1.6259 + \left(\frac{0.7688^2}{2 \times 9.81} \right) = 1.656 \text{ m} \frac{kg}{kg}$$

$$E_2 = 0.4216 + \left(\frac{2.9648^2}{2 \times 9.81} \right) = 0.8696 \text{ m} \frac{kg}{kg}$$

Diferencias de energías:

$E_n > E_2$1.656 > 0.8696,.....por lo tanto se produce un salto ahogado.

Calculamos el salto hidráulico:

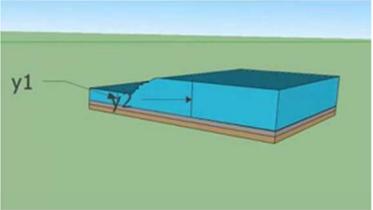
Cálculo del salto hidráulico para sección rectangular

Datos:

Caudal (m3/s):

Base (m):

Tirante conocido (m):



Resultados:

Tirante conjugado (y)(m): Número de Froude conjugado:

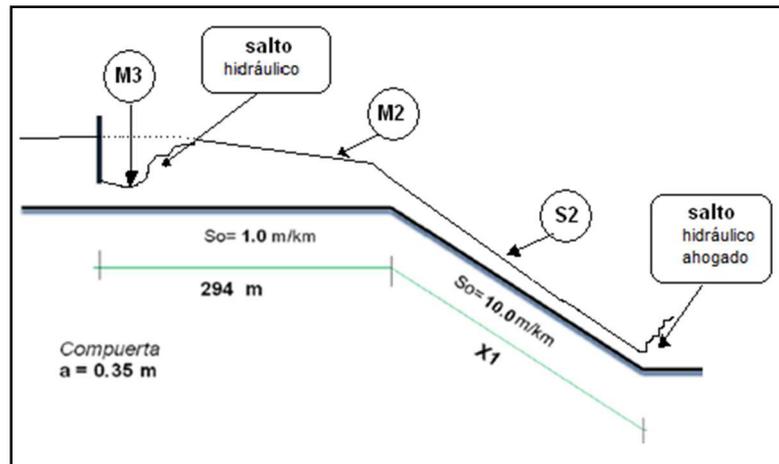
tirante subcrítico

Altura del salto (m): Longitud del salto (m):

Pérdida de energía (m): Pendiente del Canal:

La longitud del salto hidráulico será de 1.3 m.

Perfiles de flujo en el tramo de la compuerta y tramo X1.



TRAMO X2 o tramo 3

1. Cálculo del tirante normal (Y_n) con $n= 0.025$ de tierra.

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2}$$

$$2.5 = \left(\frac{1}{0.015} \right) \times (2y) \times \left(\frac{2y}{2 + 2y} \right)^{2/3} \times (0.0007^{1/2})$$

$$Y_n = 1.62589035 \text{ m}$$

$$Y_n = 1.63 \text{ m}$$

2. Cálculo del tirante crítico (Y_c).

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{A_c^3}{T}$$

$$\frac{(2.5)^2}{9.81} = \frac{(2 Y_c)^3}{2}$$

$$Y_c = 0.5420637 \text{ m}$$

$$Y_c = 0.542 \text{ m}$$

3. Cálculo de la pendiente crítica.

$$S_c = \left(\frac{Q \times n}{A \times R^{2/3}} \right) = \left(\frac{2.5 \times 0.015}{(2 \times 0.542) \times \left(\frac{(2 \times 0.542)}{(2 + 2 \times 0.542)} \right)} \right) = 0.004823 \text{ m/m}$$

Uso de DHYCOB

Cálculo del tirante normal para secciones trapezoidal, rectangular y triangular

Aproximación decimal de resultados:

Datos:

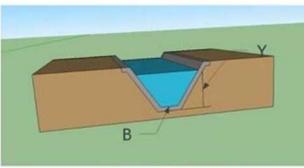
Caudal (m³/s):

Ancho de solera (m):

Pendiente talud (Z):

Rugosidad (n):

Pendiente (m/m):



Resultados:

Tirante normal (m): Perímetro (m):

Área hidráulica (m²): Radio hidráulico (m):

Espejo de agua (m): Velocidad (m/s):

Número de Froude (F): Energía (m·kg/kg):

Tipo de flujo:

4. Cálculo del tipo de perfil.

PERFIL TRAMO X2

$$\left. \begin{array}{l} S_o = 0.0007 \text{ m/m} \\ S_c = 0.004823 \text{ m/m} \end{array} \right\} S_c \leq S_o \rightarrow \text{Pendiente suave}$$

$$\left. \begin{array}{l} Y_n = 1.63 \text{ m} \\ Y_c = 0.542 \text{ m} \end{array} \right\} Y_n \leq Y_c \rightarrow \text{Perfil S1.}$$

1. Calculamos la curva entre el tirante 0.6836 m y el tirante 1.6259 m.

Cálculo de la curva de remanso mediante el método directo por tramos

Datos:

Caudal (m³/s):

Ancho de solera (m):

Talud:

Pendiente fondo del canal (m/m):

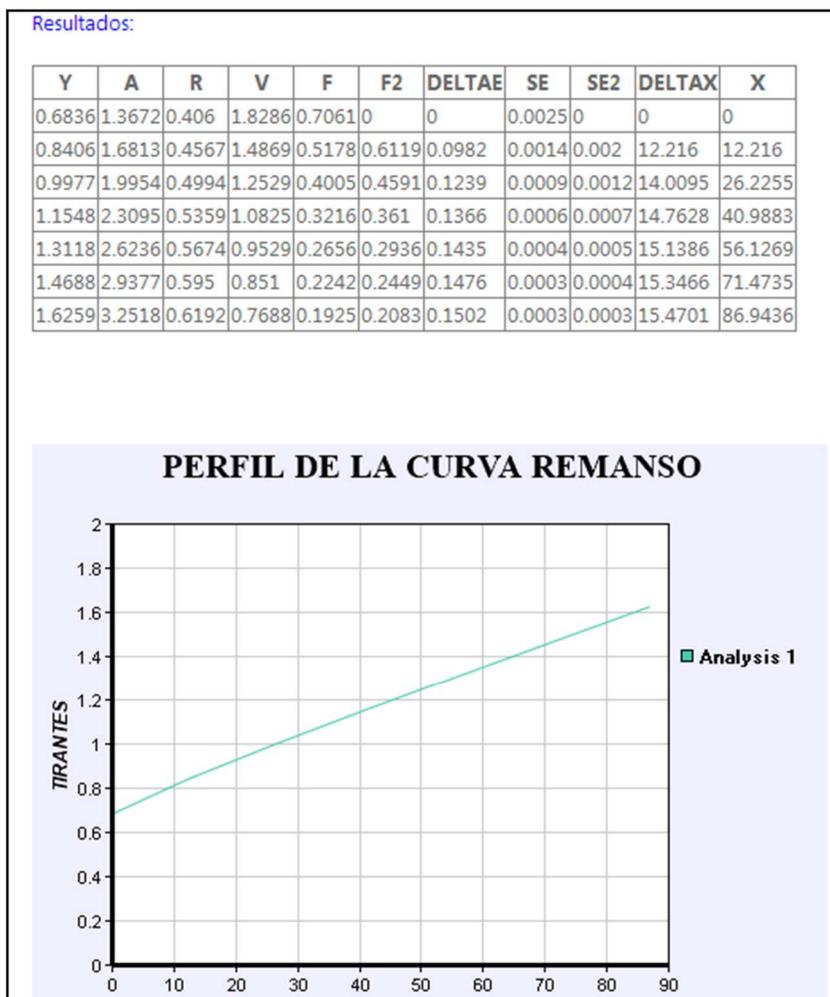
Coefficiente de rugosidad:

Distancia inicial:

Tirante inicial Y1 (m):

Tirante final Y2 (m):

Número de tramos:



2. Descripción de resultados.

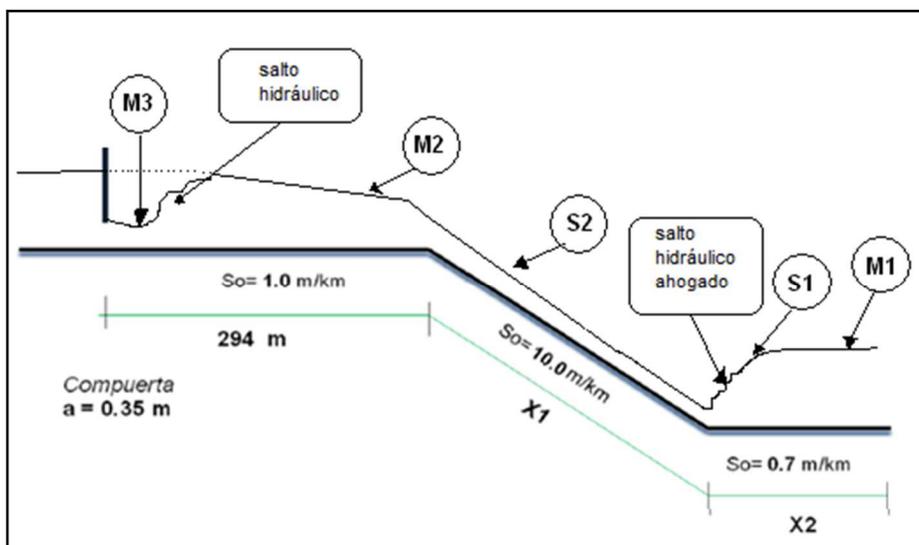
Se muestra en los resultados una curva **S1** que va en el tramo X2.

La longitud de esta curva es de 86.94 m, se incrementa debido a que no hay otro cambio de pendiente.

Se considera que después de este perfil **S1** existe un perfil **M1** por su pendiente suave y a motivo de que no existirá cambio de pendiente...

Se recomienda colocar revestimiento a cierta distancia del tramo X2 para evitar la erosión del suelo.

Las curvas quedan definidas a continuación:



2.2. Elementos hidráulicos.

2.2.1. Sifón. Método de Materón.

Parámetros de entrada:

Caudal de diseño: caudal que llega a la estructura de entrada, (m^3/s).

Base del canal: ancho de solera del sección de entrada, (m).

Talud: talud de las paredes de la sección de entrada.

Pendiente: pendiente del canal, (m/m).

Rugosidad: rugosidad de las paredes del canal.

DATOS PARA EL SIFÓN:

Número de tramos: número de tramos que conforman el sifón.

Cota canal: cota de la estructura de entrada, (msnm).

Diámetro nominal: diámetro nominal de la tubería del sifón, (mm).

Diámetro interno: diámetro interno de la tubería del sifón, (mm).

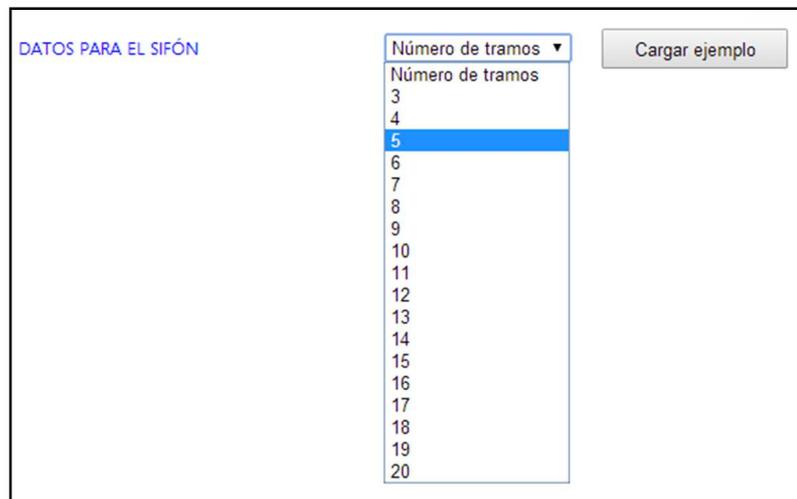
Junta (1-numtramos): abscisas y cotas del perfil del sifón.

Proceso de cálculo:

La etapa de cálculos se realiza después de estos pasos:

- Ingresar correctamente todos los datos del canal de entrada.
- Escoger el número de tramos que conforman el sifón de la lista desplegable, dar clic, lo cual mostrara los textos para ingresar las abscisas y cotas del sifón.

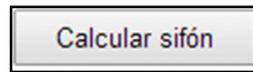
Lista para tramos y botón "Cargar ejemplo"



The screenshot displays a web-based form titled "DATOS PARA EL SIFÓN". On the right side, there is a dropdown menu labeled "Número de tramos" with a downward arrow. The menu is open, showing a list of numbers from 3 to 20. The number 5 is highlighted in blue. To the right of the dropdown is a button labeled "Cargar ejemplo".

- A continuación aparecerá los textos para ingresar los datos del sifón y el perfil del sifón, una vez ingresado estos datos damos clic en el botón "Calcular sifón"

Botón "Calcular sifón"



Si algún dato no ha sido ingresado el programa lo alertara pintando el texto vacío de rojo, como se ve en la **Figura 1.9**.

Ejemplo de cálculo:

Para cargar el ejemplo de cálculo damos clic en el botón "Cargar ejemplo", el cual añadirá al módulo un ejemplo de los datos necesarios.

1) Automáticamente se llenara los datos como se observa en el siguiente gráfico:

Ejemplo de datos sifón.

Tramos	Abscisa	Cota
Junta 1	1149.85	2893.553
Junta 2	1170.12	2890.722
Junta 3	1205.64	2867.895
Junta 4	1276.47	2808.967
Junta 5	1327.63	2856.499
Junta 6	1397.18	2871.293
Junta 7	1458.66	2889.971

En la pantalla observamos los siguientes datos:

Caudal de diseño: 0.14 m³/s

Base del canal: 0.3 m

Talud: 0.34

Pendiente: 0.0035

Rugosidad: 0.014

DATOS PARA EL SIFON:

Números de tramos: 6

Cota canal: 2893.55 msnm

Diámetro nominal: 355 mm

Diámetro interno: 321.2 mm

Junta (1): abscisa: 1149.85 m cota: 2893.553 msnm

Junta (2): abscisa: 1170.12 m cota: 2890.722 msnm

Junta (3): abscisa: 1205.64 m cota: 2867.895 msnm

Junta (4): abscisa: 1276.47 m cota: 2808.967 msnm

Junta (5): abscisa: 1327.63 m cota: 2856.499 msnm

Junta (6): abscisa: 1397.18 m cota: 2871.293 msnm

Junta (7): abscisa: 1458.66 m cota: 2889.971 msnm

Una vez ingresados todos los datos damos clic en el botón “Calcular sifón” y aparecen los textos ocultos que muestran los resultados:

2) La resolución de este ejercicio se muestra a continuación:

- Encontramos el tirante del canal y la velocidad en el canal.

$$\text{Tirante} = 0.31 \text{ m} = d$$

$$\text{Velocidad} = 1.12 \text{ m/s} = Vc$$

- Diseño de la transición de entrada al sifón: área de la tubería, velocidad media del agua en la tubería, ahogamiento.

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{\pi \times 0.3212^2}{4} = 0.08 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.14 \text{ m}^3/\text{s}}{0.08} = 1.75 \text{ m/s}$$

$$a = 1.5 \left(\frac{Vt^2 - Vc^2}{2 \times g} \right) = 1.5 \left(\frac{1.75^2 - 1.12^2}{2 \times 9.81} \right) = 0.14 \text{ m} \quad OK$$

MATERON: 0.45 ≥ a > 0.08 Ahogamiento mínimo estipulado

- Longitud de la transición, pérdidas de la transición.

$$L = 3 \times D = 3 \times 0.3212 = 0.96 \text{ m debe ser mínimo } 1.50 \text{ m}$$

$$h_e = 0.40 \left(\frac{Vt^2 - Vc^2}{2 \times g} \right) = 0.40 \left(\frac{1.75^2 - 1.12^2}{2 \times 9.81} \right) = 0.04m$$

- Ancho de la transición al inicio y ancho al final de la transición:

$$\left(\frac{D}{d} \right) = \frac{0.3212}{0.31} = 1.04 m, \text{ de acuerdo a la tabla 6.1 de Materón pág 6.6 se toma } 1.1D$$

$$D = \text{diámetro de la tubería} \quad d = \text{tirante}$$

$$1.1 \times 0.3212 = 0.35m$$

- Ancho al final de la transición.

$$B = 0.303 \times D = 0.303 \times 0.3212 = 0.10m \text{ Resulta un valor muy pequeño}$$

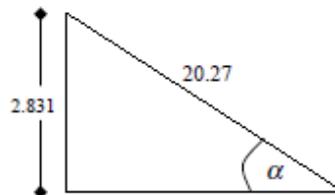
- Borde libre, altura de entrada y elevación del muro a la entrada del sifón.

$$\text{Borde Libre} = 0.3d = 0.3 \times 0.31 = 0.09 m$$

Altura de entrada

$$Y = d + B = 0.31 + 0.10 m$$

Elevación del muro a la entrada del sifón



$$\text{Sen } \alpha = \frac{2.831}{20.27}; \alpha = \text{arcsen} \frac{2.831}{20.27} = 8.03^\circ$$

$$Ht = \frac{D \text{int}}{\cos \alpha} = \frac{0.3212}{\cos 8.03^\circ} = 0.32m$$

- Elevación de A, elevación de B, y condición P.

Elevación de A. Se toma igual a la elevación del canal a la entrada de la transición.

$$\text{Elevación de A} = 2893.553 \text{ msnm.}$$

$$\text{Elevación de B} = \text{Elevación de A} + d - a - Ht$$

$$\text{Elevación de B} = 893.553 + 0.31 - 0.14 - 0.32 = 2893.4 m$$

$$P = \text{Elevación de A} - \text{elevación de B}$$

$$P = 2893.553 - 2893.4 = 0.15 m$$

Condición:

$$P \leq \frac{3}{4} \times D = \frac{3}{4} \times 0.3212$$

$$0.15 \leq 0.24 \text{ OK}$$

- Pérdidas acumuladas en el perfil del sifón.

Tramo	L	D	ϵ	Kd	Hcd	Hcd (acumulado)	Hfr	Hfr acumulado
1	20.27	2.831	8.03	0.07	0,01	0,01	0.16	0,16
2	35.52	22.827	40.00	0.17	0.03	0.04	0.27	0.43
3	70.83	58.928	56.31	0.20	0.03	0.07	0.55	0.98
4	51.16	47.532	68.29	0.22	0.03	0.10	0.40	1.38
5	69.55	14.794	12.28	0.09	0.01	0.11	0.54	1.92
6	61.48	17.648	16.68	0.11	0.02	0.13	0.48	2.40

- Altura de entrada a la alcantarilla.

$$He = yc + hvc + h_{1-2} - h_{vn}$$

$$He = yc + \frac{Vc^2}{2 \times g} + h_{1-2} - \frac{V1^2}{2 \times g}$$

$$He = 1.85 + 0.926 + 0.056 - 1.071 = 1.763 \text{ m}$$

- Control de altura de entrada, $ht = d$ = altura eficiente.

$$\text{Si } He \geq ht \text{ entonces } ht = 1.2He$$

Si $1.763 \geq 2.31$ no cumple entonces He es igual al calculado

Como $ht > He$ entonces la alcantarilla tiene entrada libre.

$$\text{Si } y_n \geq ht \text{ entonces } ht = 1.2y_n$$

Si $1.72 \geq 2.31$ no cumple entonces y_n es igual al calculado

Condición de flujo.

$$\text{Si } Sa > Sc \text{ entonces flujo supercrítico}$$

$$\text{Si } 0.0121 > 0.0104 \text{ entonces flujo supercrítico}$$

- Altura a la salida de la alcantarilla y condición de salida.

$$Hs = He + h_{vn} - hvc - h_{1-3}$$

- Pérdida de carga a la salida de la alcantarilla.

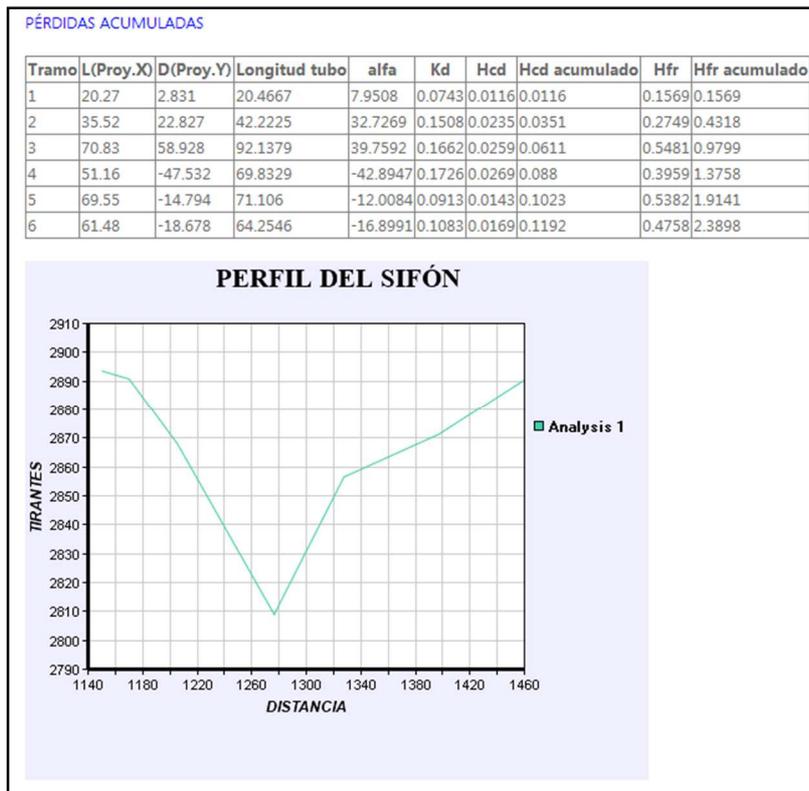
$$h_{1-3} = S \times L = 0.012 \times 4.5 = 0.054$$

$$H_s = 1.763 + 1.07 - 0.926 - 0.054 = 1.84 \text{ m}$$

La condición de salida libre es $y_c > H_s$, como $1.85 > 1.84$, por lo tanto la salida es libre.

- 3) Comparamos los resultados de la aplicación con el ejemplo de cálculo:

Tirante (m) =	0.3135
Borde libre (m) =	0.0941
Altura canal (m) =	0.4076
Ancho superficial (m) =	0.5132
Velocidad (m/s) =	1.1
Cota de agua en el canal (msnm) =	2893.8635
Área de la tubería (m ²) =	0.08
Velocidad media (m/s) =	1.75
ahogamiento correcto	0.14
Pérdidas de la transición (m) =	0.036
Altura de entrada transición (m) =	0.4076
Longitud de la transición (m) =	1.5
Ancho inicio transición (m) =	0.35
Ancho final transición (m) =	0.1
Elevación del muro a la entrada del sifón (m) =	0.324
Elevación de A (msnm) =	2893.55
Elevación del muro en B (msnm) =	2893.3992
Dif. de alturas entre el inicio de la trans. (P)(m) =	0.1508
	Si Cumple $P \leq (3/4)D$
Altura total (At)(m) =	0.5584



Pérdidas en la rejilla (m) =

Pérdida de carga por entrada al conducto (m) =

Pérdida de carga por salida (m) =

Pérdida de carga por obstrucción (m) =

Pérdida de carga total (m) =

CÁLCULO DE LA VÁVULA DE LIMPIEZA

Pérdidas hasta la válvula de limpieza (Htv) m =

Presión en el nudo (H) m =

Velocidad en la válvula (m/s) =

Dv =

CUMPLE DV >= (D/6)

CÁLCULO DEL HIDRANTE

Caudal del emisor (m3/s) =

DISEÑO DE LA TRANSICIÓN DE SALIDA

Nivel agua en el canal (msnm) =

Nivel en la solera al final de la trans. (D)(msnm) =

ahogamiento final =

Dif. de alturas entre el inicio de la trans. y el inicio de la tubería (P2)(m) =

Nivel salida de la tubería (C)(msnm) =

Diamétero final de sifón (Htf)(m) =

Longitud de transición de salida (m) =	0.9636
Pérdidas de la transición (m) =	0.063
Ancho inicial de la transición (m) =	0.0973
Ancho final de la transición (m) =	0.3533

2.2.2. Anclajes (método Krochin).

Cálculo de anclajes – método Krochin.

DATOS GENERALES:

Caudal de diseño=	3	m ³ /s
Diámetro del ducto=	1	m
Espesor usado=	0.02	m
Rugosidad=	0.013	
Recubrimiento=	0.3	m
Longitud del anclaje=	5	m
Carga de agua en la junta superior=	5	m
Peso de la tubería=	0.51	T/m
Carga de agua en el anclaje=	50	m
Longitud horizontal L1=	120	m
Longitud horizontal L2=	10	m
Ángulo de la tubería aguas arriba con la horizontal=	20	Grados
Ángulo de la tubería aguas abajo con la horizontal=	35	Grados
Rozamiento (anclaje vs tubo)=	0.4	
Coeficiente de fricción con el suelo f=	0.3	
Resistencia portante del suelo=	30	T/m ²
Peso específico del hormigón simple=	2.2	T/m ³

Fuerzas actuantes por el lado aguas arriba del anclaje:

Área de la tubería

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi \times 1^2}{4}$$

$$A = 0.785 \text{ m}^2$$

Velocidad del agua

$$Vt = \frac{Q}{A}$$

$$Vt = \frac{3}{0.785}$$

$$Vt = 3.82 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

La componente del peso propio de la tubería, normal al eje de la misma ($F1$):

$$F1 = (GT + GW) \times L/2 \times \cos A$$

GT= peso de la tubería

GW= peso del agua.

a = ángulo de la tubería con la horizontal

Como longitud del tramo se toma la mitad de la distancia del apoyo inmediato superior hasta el centro del anclaje.

$$F1 = (0.51 + 0.785) \times \frac{10}{2} \times \cos 20$$

$$F1 = 6.09 \text{ T}$$

La componente del peso propio de la tubería paralela al eje de la misma y que tiende a producir su deslizamiento hacia el anclaje ($F2$):

$$F2 = GT \times L_1 \times \sin A$$

Como longitud se toma el tramo comprendido desde la junta de dilatación hasta el anclaje.

$$F2 = 0.51 \times 120 \times \sin 20$$

$$F2 = 20.93 T$$

Rozamiento en los apoyos que actúa hacia el anclaje: si aumenta la temperatura se produce un esfuerzo de compresión (+) en la tubería, si disminuye la temperatura se produce esfuerzos de tracción (-) en la tubería ($F3$):

$$F3 = \pm(GT + GW) \times \cos A$$

Los valores del coeficiente de rozamiento f se dan en la tabla siguiente:

Acero sobre hormigón con capa intermedia de cartón asfaltado.	0.40
Acero sobre hormigón o mampostería de piedra	0.45-0.50
Acero sobre acero.	0.30-0.50
Acero sobre acero con lubricante de grafito	0.20
Acero sobre acero con lubricante sólido	0.12-0.10
Apoyos con cojinetes de rodillos o soportes basculantes	0.05-0.10

$$F3 = 0.4 \times 120 \times (0.51 + 0.785) \times \cos 20$$

$$F3 = 49.22 T$$

Una fuerza paralela al eje debido al rozamiento, positiva cuando aumenta la temperatura ($F4$):

$$F4 = 0.75 \times \pi \times D_1$$

Prácticamente se puede tomar $D_1 = D + 2 t$

Donde (**D**) el diámetro interior de la tubería y (**t**) el grueso de la pared de la misma.

$$F4 = 0.745 \times \pi \times [1 + (2 \times 0.02)]$$

$$F4 = 2.43 T$$

Una fuerza axial en la junta de dilatación dirigida hacia el anclaje y debida a la pequeña diferencia de sección (**F5**):

$$F5 = 0.25 \times \pi \times (D_1^2 - D^2) \times H_1$$

H_1 = carga de agua en el anclaje.

$$F5 = 0.25 \times \pi \times (1.04^2 - 1^2) \times 5$$

$$F5 = 0.32 T$$

La presión del agua en dirección del eje, dirigida hacia el anclaje (**F6**):

$$F6 = 0.25 \times \pi \times D^2 \times H \times 1.25$$

H = carga de agua en la junta de dilatación superior.

El factor 1.25 se pone para incluir una posible sobrepresión por golpe de ariete.

$$F6 = 0.25 \times \pi \times (1^2) \times 50 \times 1.25$$

$$F6 = 49.08 T$$

La fuerza de arrastre del agua en dirección del movimiento de la misma (**F7**):

$$F7 = 0.25 \times \pi \times D^2 \times h$$

h = pérdida de carga por rozamiento hidráulico que se produce en el tramo considerado.

$$h = \frac{(10.34 \times 0.013^2 \times 3^2) \times 120}{1^{5.33}}$$

$$h = 1.89 m$$

$$F7 = 0.25 \times \pi \times 1^2 \times 1.89$$

$$F7 = 1.48 T$$

Del lado hacia aguas abajo del anclaje se tiene fuerzas análogas que son:

Fuerza 8:

$$F8 = (0.51 + 0.785) \times \frac{10}{2} \times \cos 35$$

$$F8 = 5.31 T$$

Fuerza 9:

$$F9 = 0.51 \times 10 \times \sin 35$$

$$F9 = 2.93 T$$

Fuerza 10:

$$F10 = 0.4 \times 10 \times (0.51 + 0.785) \times \cos 35$$

$$F10 = 4.24 T$$

Fuerza 11:

$$F11 = 0.745 \times \pi \times [1 + (2 \times 0.02)]$$

$$F11 = 2.43 T$$

Fuerza 12:

$$F12 = 0.25 \times \pi \times (1.04^2 - 1^2) \times 50$$

$$F12 = 3.20 T$$

Fuerza 13:

$$F13 = 0.25 \times \pi \times (1^2) \times 50 \times 1.25$$

$$F13 = 49.08 T$$

Fuerza 14:

$$h = \frac{(10.34 \times 0.013^2 \times 3^2) \times 10}{1^{5.33}}$$

$$h = 0.16 m$$

$$F7 = 0.25 \times \pi \times 1^2 \times 0.16$$

$$F7 = 0.123 T$$

Fuerza 15:

$$F15 = \frac{3 \times \frac{3}{0.785}}{9.81}$$

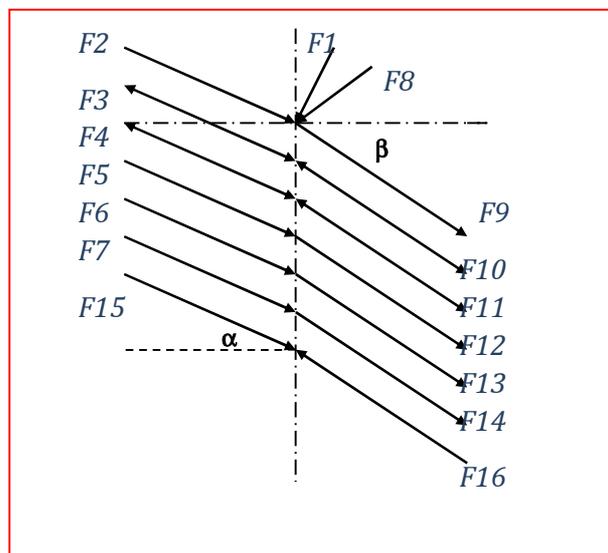
$$F15 = 1.17 T$$

Fuerza 16:

$$F16 = F15$$

$$F16 = 1.17 T$$

La dirección y sentido de las fuerzas se muestra en la siguiente figura:



Empuje horizontal (positiva de izquierda a derecha).

Con aumento de temperatura las fuerzas de fricción son dirigidas hacia el anclaje.

$$FH = -F1 \times \text{Sen}(\text{Beta}1) + \text{Cos}(\text{Beta}1) \times (F2 + F3 + F4 + F5 + F6 + F7 + F15) - F8 \times \text{Sen}(\text{Beta}2) + \text{Cos}(\text{Beta}2) \times (F9 + F10 + F11 - F12 - F13 + F14 - F16)$$

$$FH = -6.08 \times \text{Sen}(20) + \text{Cos}(20) \times (20.93 + 49.22 + 2.43 + 0.32 + 49.08 + 1.48 + 1.17) - 5.31 \times \text{Sen}(35) + \text{Cos}(35) \times (2.92 + 4.24 + 2.43 - 3.20 - 49.08 + 0.12 - 1.17)$$

$$FH = 76.176 T$$

Con disminución de temperatura las fuerzas de fricción se alejan del anclaje.

$$FH = -F1 \times \text{Sen}(\text{Beta}1) + \text{Cos}(\text{Beta}1) \times (F2 - F3 - F4 + F5 + F6 + F7 + F15) - F8 \times \text{Sen}(\text{Beta}2) + \text{Cos}(\text{Beta}2) \times (F9 - F10 - F11 - F12 - F13 + F14 - F16)$$

$$FH = -6.08 \times \text{Sen}(20) + \text{Cos}(20) \times (20.93 - 49.22 - 2.43 + 0.32 + 49.08 + 1.48 + 1.17) - 5.31 \times \text{Sen}(35) + \text{Cos}(35) \times (2.92 - 4.24 - 2.43 - 3.20 - 49.08 + 0.12 - 1.17)$$

$$FH = -31.83 \text{ T}$$

Empuje vertical (positiva hacia arriba).

Con aumento de temperatura.

$$FV = -F1 \times \text{Cos}(\text{Beta}1) - \text{Sen}(\text{Beta}1) \times (F2 + F3 + F4 + F5 + F6 + F7 + F15) - F8 \times \text{Cos}(\text{Beta}2) - \text{Sen}(\text{Beta}2) \times (F9 + F10 + F11 - F12 - F13 + F14 - F16)$$

$$FV = -6.08 \times \text{Cos}(20) - \text{Sen}(20) \times (20.93 + 49.21 + 2.43 + 0.32 + 49.08 + 1.48 + 1.17) - 5.30 \times \text{Cos}(35) - \text{Sen}(35) \times (2.92 + 4.24 + 2.43 - 3.20 - 49.08 + 0.12 - 1.17)$$

$$FV = -27.61 \text{ T}$$

Con disminución de temperatura las fuerzas de fricción se alejan del anclaje.

$$FV = -F1 \times \text{Cos}(\text{Beta}1) - \text{Sen}(\text{Beta}1) \times (F2 - F3 - F4 + F5 + F6 + F7 + F15) - F8 \times \text{Cos}(\text{Beta}2) - \text{Sen}(\text{Beta}2) \times (F9 - F10 - F11 - F12 - F13 + F14 - F16)$$

$$FV = -6.08 \times \text{Cos}(20) - \text{Sen}(20) \times (20.93 - 49.21 - 2.43 + 0.32 + 49.08 + 1.48 + 1.17) - 5.30 \times \text{Cos}(35) - \text{Sen}(35) \times (2.92 - 4.24 - 2.43 - 3.20 - 49.08 + 0.12 - 1.17)$$

$$FV = 15.38 T$$

Peso del anclaje:

$$G = \left(\frac{F_H}{f}\right) - F_V$$

$$G = \left(\frac{76.18}{0.3}\right) - 27.61$$

$$G = 226.31 T$$

Volumen de concreto:

$$V = \left(\frac{G}{\rho_{\text{concreto}}}\right) \times 1.2$$

$$V = \left(\frac{226.31}{2.2}\right) \times 1.2$$

$$V = 123.44 m^3$$

Altura del bloque:

Asumimos que a dirección en el sentido del flujo es $L = 5 m$

$$Y = (L/2) \times \left\{ \left[\left(\tan(\beta_1) \right) + \left(\tan(\beta_2) \right) \right] + \left\{ (D/2) \times \left[\left(\frac{1}{\cos(\beta_1)} \right) \times \left(\frac{1}{\cos(\beta_2)} \right) \right] \right\} \right\} + (2 \times \text{recubrimiento})$$

$$Y = (5/2) \times \left\{ \left[\left(\tan(20^\circ) \right) + \left(\tan(35^\circ) \right) \right] + \left\{ (1/2) \times \left[\left(\frac{1}{\cos(20^\circ)} \right) \times \left(\frac{1}{\cos(35^\circ)} \right) \right] \right\} \right\} + (2 \times 0.02)$$

$$Y = 4.8 m$$

Volumen ocupado por el tubo:

$$V_{\text{tub}} = \frac{\pi}{4} \times D_1^2 \times \left[\frac{L/2}{\cos(\beta_1)} \right] + \left[\frac{L/2}{\cos(\beta_2)} \right]$$

$$V_{tub} = \frac{\pi}{4} \times 1.04^2 \times \left[\frac{5/2}{(\cos(20))} \right] + \left[\frac{5/2}{(\cos(35))} \right]$$

$$V_{tub} = 5.3 \text{ m}^3$$

Volumen total del bloque:

$$V_{Total} = V_{tub} + V$$

$$V_{Total} = 123.44 + 5.31$$

$$V_{Total} = 128.75 \text{ m}^3$$

Ancho del bloque:

$$b = \frac{(V_{Total})}{L \times Y}$$

$$b = \frac{(128.75)}{5 \times 4.8}$$

$$b = 5.27 \text{ m}$$

Peso del bloque:

$$W_b = \rho \times H \times S \times (L \times Y \times b - V_{tub})$$

$$W_b = 2.2 \times (5 \times 4.8 \times 5.27 - 5.3)$$

$$W_b = 271.57 \text{ T}$$

Suma de las fuerzas verticales:

$$SFV = W_b + FV$$

$$SFV = 271.57 + 27.61$$

$$SFV = 299.18 \text{ T}$$

La resistencia del suelo:

$$CPS = \left(\frac{SFV}{L \times b} \right)$$

$$CPS = \left(\frac{299.18}{5 \times 5.27} \right)$$

$$CPS = 11.34 \frac{T}{m^2} < 30 \frac{T}{m^2}$$

Suma de momentos respecto al punto A:

$$Sum. Momentos = \left(SFV \times \frac{L}{2} \right) - \left\{ SFH \times \left\{ \left[\left(\frac{L}{2} \right) \times Tan(Beta2) \right] + \left[\frac{\left(\left(\frac{D}{2} \right) + esp.usado \right)}{Cos(Beta2)} \right] \right\} \right\}$$

$$Sum. Momentos = \left(299.18 \times \frac{5}{2} \right) - \left\{ 76.17 \times \left\{ \left[\left(\frac{5}{2} \right) \times Tan(35) \right] + \left[\frac{\left(\left(\frac{1}{2} \right) + 0.02 \right)}{Cos(35)} \right] \right\} \right\}$$

$$Sum. Momentos = 543.39 T \times m$$

La resultante para por:

$$e = \left(\frac{Sum. Momentos}{SFV} \right)$$

$$e = \left(\frac{543.39}{299.18} \right)$$

$e = 1.81 m$, a la izquierda del punto A, o sea dentro del tercio medio de la base.

Uso de DHYCOB

Cargamos el ejemplo

DATOS DISEÑO DE ANCLAJES (Método krochin)

Caudal de diseño (m³/s) =

Diámetro del ducto (m) =

Espesor usado (m) =

Rugosidad (n) =

Recubrimiento (m) =

Longitud del anclaje (m) =

Carga de agua en la junta superior (m) =

Peso de la tubería (T/m) =

Carga de agua en el anclaje (m) =

Longitud horizontal L1 (m) =

Longitud horizontal L2 (m) =

Ángulo de la tubería aguas arriba con la horizontal (grados) =

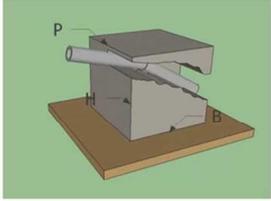
Ángulo de la tubería aguas abajo con la horizontal (grados) =

Rozamiento (anclaje vs tubo) =

Coefficiente de fricción con el suelo (f) =

Resistencia portante del suelo (T/m²) =

Peso específico del hormigón simple (T/m³) =



Calcular Ejemplo Limpiar

Obtenemos los resultados

RESULTADOS FUERZAS CALCULADAS

F1 =

F2 =

F3 =

F4 =

F5 =

F6 =

F7 =

F8 =

F9 =

F10 =

F11 =

F12 =

F13 =

F14 =

F15 =

F16 =

RESULTADOS DE LAS COMPONENTES DE LAS FUERZAS FINALES

Fuerza horizontal, para aumento de temperatura (Tn) =

Fuerza horizontal, para disminución de temperatura (Tn) =

Fuerza vertical, para aumento de temperatura (Tn) =

Fuerza vertical, para disminución de temperatura (Tn) =

DIMENSIONES DEL ANCLAJE	
Peso del anclaje (Tn) =	226.3085
Volumen de concreto (m3) =	123.441
Altura del anclaje (m) =	4.8843
Volumen del tubo dentro del anclaje (m3) =	5.3119
Volumen total del bloque con el tubo (m3) =	128.753
Ancho del bloque (m) =	5.2721
Peso del bloque (Tn) =	271.5702
Suma de las fuerzas verticales (Tn) =	299.1815
COMPROBACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO	
Al suelo se transmiten (T/m2) =	11.3497
	Cumple < Resistencia portante del suelo
Suma de los momentos respecto al punto A (T*m) =	543.397
La resultante pasa por (m) =	1.8163
	El diseño está correcto

2.2.3. Rápida

Parámetros de entrada:

- Caudal de diseño: caudal que llega al canal, (m³/s).
- Abscisa inicial: abscisa inicial de la rápida, (m).
- Cota inicial: cota inicial de la rápida, (msnm).
- Abscisa final: abscisa final de la rápida, (m).
- Cota final: cota final de la rápida, (msnm).
- Talud: talud de la paredes del canal.
- Rugosidad: rugosidad de las paredes del canal.
- Pendiente: pendiente del canal, (m/m).

Proceso de cálculo:

La etapa de cálculos se realiza luego de haber ingresado correctamente todos los datos y presionar el botón "Calcular rápida".

Botón "Calcular rápida"



Si algún dato no ha sido ingresado el programa lo alertara pintando el texto vacío de rojo como se ve en el **Figura 1.9**.

Ejemplo de cálculo:

Para cargar el ejemplo de cálculo damos clic en el botón “Ejemplo de cálculo”, el cual añadirá al módulo un ejemplo de los datos necesarios.

1) Automáticamente se llenara los datos como se observa en el siguiente gráfico:

Ejemplo de datos rápida.

Caudal (m ³ /s) =	0.3
Abscisa inicial (m) =	1200
Cota inicial (msnm) =	2150.25
Abscisa final (m) =	1350
Cota final (msnm) =	2126.3
Talud =	0.5
Rugosidad =	0.012
Pendiente (m/m) =	0.002

En la pantalla de ingreso de datos observamos los siguientes datos:

Caudal de diseño: 0.3 m³/s
Abscisa inicial: 1200 m
Cota inicial: 2150.25 msnm
Abscisa final: 1350 m
Cota final: 2126.3 msnm
Talud: 0.5
Rugosidad: 0.012
Pendiente: 0.002

Una vez ingresados todos los datos damos clic en el botón “Calcular rápida” y aparecen los textos ocultos que muestran los resultados:

2) La resolución del ejercicio se muestra a continuación:

- Encontramos el tirante del canal, ancho del canal, área y perímetro.

$$d^{\frac{8}{3}} = \frac{n \times Q \times 2^{\frac{2}{3}}}{f^{\frac{1}{2}} \times (2 \times \sqrt{1 + 0.5^2} - m)} = \frac{0.012 \times 0.3 \times 2^{\frac{2}{3}}}{0.002^{\frac{1}{2}} \times (2 \times \sqrt{1 + 0.5^2} - 0.5)} = 0.38 \text{ m}$$

$$\tan\theta\left(\frac{1}{m}\right); \tan\theta\left(\frac{1}{0.5}\right); \theta = 63.44^\circ$$

$$b = 2d \times \tan\left(\frac{\theta}{2}\right) = 2 \times 0.38 \times \tan\left(\frac{63.44^\circ}{2}\right) = 0.46 \text{ m}$$

$$A = b \times d + m \times d^2 = 0.46 \times 0.38 + 0.5 \times 0.38^2 = 0.254 \text{ m}^2$$

$$P = b + 2d\sqrt{1 + m^2} = 0.46 + 2 \times 0.38\sqrt{1 + 0.5^2} = 1.31 \text{ m}$$

- Radio hidráulico, velocidad, espejo de agua y altura del canal.

$$R = \frac{A}{P}; R = \frac{0.25}{1.31} = 0.19$$

$$V = \frac{Q}{A}; V = \frac{0.3}{0.245} = 1.22 \text{ m/s}$$

$$T = b + 2md; T = 0.46 + 2 \times 0.5 \times 0.38 = 0.84 \text{ m}$$

$$h = 1.3d; h = 1.3 \times 0.38 = 0.49 \text{ m}$$

- Diseño de la rápida: cálculo del ancho de la rápida y el tirante en la sección de control.

Según Dadenkov, el ancho inicial b de la rápida se determina con:

$$b_{rap} = 0.765 \times Q^{\frac{1}{2}}$$

$$b_{rap} = 0.765 \times 0.30^{\frac{1}{2}} = 0.47 \text{ m}$$

Tirante en la sección de control:

$$E_{aguas arriba} = y + hv; E_{min} = yc + hvc + he$$

$$E_{aguas arriba} = E_{min}$$

$$y + hv = yc + hvc + he$$

- Primer tanteo de base de la rápida:

$$y = 0.38 \text{ m}$$

$$hv = \frac{V^2}{2 \times g} = \frac{1.22^2}{2 \times 9.81} = 0.08 \text{ m}$$

$$E_{aguas\ arriba} = 0.38 + 0.08 = 0.46\ m$$

Mediante aproximaciones sucesivas y cambiando valores a b_{rap} , desde el $b_{rap}=0.47$ calculado por Dadenkov, hasta que se cumpla la igualdad $E_{aguas\ arriba} = E_{min}$.

$$yc = \left(\frac{Q^2}{b_{rap}^2 \times g} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$yc = \left(\frac{0.30^2}{0.47^2 \times 9.81} \right)^{\frac{1}{3}} = 0.35\ m$$

$$Vc = \sqrt{g \times yc}$$

$$Vc = \sqrt{9.81 \times 0.35} = 1.84\ m/s$$

$$hv = \frac{Vc^2}{2 \times g}$$

$$hv = \frac{1.84^2}{2 \times 9.81} = 0.17\ m$$

$$he = 0.5 \left(\frac{Vc^2 - V^2}{2 \times g} \right)$$

$$he = 0.5 \left(\frac{1.84^2 - 1.22^2}{2 \times 9.81} \right) = 0.05\ m$$

$$E_{min} = 0.35 + 0.05 = 0.57\ m$$

$$E_{aguas\ arriba} \neq E_{min}; \quad 0.46 \neq 0.57$$

- Segundo tanteo de base de la rápida:

$$yc = \left(\frac{Q^2}{b_{rap}^2 \times g} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$yc = \left(\frac{0.30^2}{0.63^2 \times 9.81} \right)^{\frac{1}{3}} = 0.29$$

$$Vc = \sqrt{g \times dc}$$

$$Vc = \sqrt{9.81 \times 0.29} = 1.68\ m/s$$

$$hv = \frac{Vc^2}{2 \times g}$$

$$hv = \frac{1.68^2}{2 \times 9.81} = 0.14\ m$$

$$he = 0.5 \left(\frac{Vc^2 - V^2}{2 \times g} \right)$$

$$h_e = 0.5 \left(\frac{1.68^2 - 1.22^2}{2 \times 9.81} \right) = 0.03 \text{ m}$$

$$E_{min} = 0.29 + 0.14 + 0.03 = 0.46 \text{ m}$$

$$E_{aguas\ arriba} = E_{min}; \quad 0.46 = 0.46$$

Por lo tanto el ancho de la rápida (b) en la sección de control es 0.63 m.

- Velocidad en la rápida, tanteo 1:

Área

$$Av = \left(\frac{Q}{Vrap} \right); \quad Ar = \frac{0.30}{1.5} = 0.20 \text{ m}^2 \text{ partimos de una velocidad impuesta}$$

$$V = 1.5 \text{ m/s}$$

Tirante

$$yr = \left(\frac{Ar}{brap} \right); \quad yr = \left(\frac{0.20}{0.63} \right) = 0.32 \text{ m}$$

Altura de agua sobre la rugosidad

$$hr = \left(\frac{8}{9} \right) \times yr; \quad hr = \left(\frac{8}{9} \right) \times 0.32 = 0.28 \text{ m}$$

Perímetro mojado

$$Pr = brap + 2 \times yr; \quad Pr = 0.63 + 2 \times 0.32 = 1.27 \text{ m}$$

Radio hidráulico

$$Rr = \left(\frac{Ar}{Pr} \right); \quad Rr = \frac{0.20}{1.27} = 0.16 \frac{\text{m}^2}{\text{m}}$$

Altura de rugosidad

$$S = yr - hr; \quad S = 0.32 - 0.28 = 0.04 \text{ m}$$

$$Sep1 = 8 \times S; \quad Sep1 = 8 \times 0.04 = 0.32 \text{ m}$$

Coefficiente de Chezy

$$C = \left(\frac{1000}{85.8 - 3.9 \times \left(\frac{hr}{S} \right) - 0.8 \times \left(\frac{brap}{hr} \right)} \right); \quad C = \left(\frac{1000}{85.8 - 3.9 \times \left(\frac{0.28}{0.04} \right) - 0.8 \times \left(\frac{0.62}{0.28} \right)} \right) = 17.63$$

$$Vr = C \times \sqrt{Rr \times i}; \quad Vr = 17.63 \times \sqrt{0.16 \times 0.16} = 2.82 \text{ m/s}$$

$$Vt \geq Vr$$

$$1.5 \geq 2.82 \text{ Cambiar la velocidad}$$

- Velocidad en la rápida, tanteo 2:

Área

$$Av = \left(\frac{Q}{Vrap} \right); \quad Ar = \frac{0.30}{3.0} = 0.10 \text{ m}^2$$

Tirante

$$yr = \left(\frac{Ar}{brap} \right); \quad yr = \left(\frac{0.10}{0.62} \right) = 0.16 \text{ m}$$

Altura de agua sobre la rugosidad

$$hr = \left(\frac{8}{9} \right) \times yr; \quad hr = \left(\frac{8}{9} \right) \times 0.19 = 0.14 \text{ m}$$

Perímetro mojado

$$Pr = brap + 2 \times yr; \quad Pr = 0.63 + 2 \times 0.16 = 0.94 \text{ m}$$

Radio hidráulico

$$Rr = \left(\frac{Ar}{Pr} \right); \quad Rr = \frac{0.10}{0.94} = 0.11 \frac{\text{m}^2}{\text{m}}$$

Altura de rugosidad

$$S = yr - hr; \quad S = 0.16 - 0.14 = 0.02 \text{ m}$$

Coefficiente de Chezy

$$C = \left(\frac{1000}{85.8 - 3.9 \times \left(\frac{hr}{s} \right) - 0.8 \times \left(\frac{brap}{hr} \right)} \right); \quad C = \left(\frac{1000}{85.8 - 3.9 \times \left(\frac{0.14}{0.02} \right) - 0.8 \times \left(\frac{0.63}{0.14} \right)} \right) = 18.20$$

$$Sep1 = 8 \times S; \quad Sep1 = 8 \times 0.02 = 0.16 \text{ m}$$

$$Vr = C \times \sqrt{Rr \times i}; \quad Vr = 18.20 \times \sqrt{0.11 \times 0.16} = 2.41 \text{ m/s}$$

$$Vt \geq Vr$$

$$3 \geq 2.41 \text{ OK}$$

- Diseño del dissipador de energía al final de la rápida.

$$F1 = \frac{Vrap}{\sqrt{g \times yr}} = \frac{2.41}{\sqrt{9.81 \times 0.16}} = 1.92$$

$$F1 = 1.92 \quad \text{Existe salto hidráulico}$$

- Diseño del colchón de agua.

Altura conjugada

$$d2 = \frac{d1}{2} (\sqrt{1 + 8 \times F1} - 1); \quad d2 = \frac{0.16}{2} (\sqrt{1 + 8 \times 1.92} - 1) = 0.24 \text{ m}$$

Si $d_n < d_2$ se necesita profundizar el colchón de agua

$0.38 \neq 0.24$ no se necesita profundizar el colchón de agua

$$- Lr = 2.5(1.9d_2 - d_1) = 2.5(1.9 \times 0.24 - 0.16) = 0.74 \approx 1 \text{ m}$$

3) Comparamos los resultados que nos da el programa con el ejemplo de cálculo.

Tirante en el canal (m) =	0.3759
Ancho del canal (m) =	0.4647
Área (m ²) =	0.2453
Perímetro (m) =	1.3052
Radio hidráulico (m) =	0.188
Velocidad (m/s) =	1.2229
Espejo de agua (m) =	0.8406
Altura del canal (m) =	0.4887

CÁLCULO DEL ANCHO DE LA RÁPIDA Y EL TIRANTE DE LA SECCIÓN DE CONTROL

Ancho de la rápida (según Dadenkov) (m) =	0.63
Tirante en la sección de control (m) =	0.28

Energía aguas arriba	Energía mínima
y = 0.3759	yc = 0.28
hv = 0.08	Vc = 1.66
E aguas arriba = 0.4559	hv = 0.1404
	he = 0.03
	E min = 0.45

VELOCIDAD EN LA RÁPIDA:

Área en rápida (m ²) =	0.1132
Tirante en rápida (m) =	0.1797
Altura de agua sobre la rugosidad (m) =	0.1597
Perímetro mojado en rápida (m) =	0.9894
Radio hidráulico en rápida (m) =	0.1144
Altura de rugosidad =	0.02
Coefficiente de chezzy =	19.4384
Velocidad en la rápida (m/s) =	2.6386

DISEÑO DEL DISIPADOR DE ENERGÍA AL FINAL DE LA RÁPIDA

Número de Froude =	1.9874
--------------------	--------

Existe salto hidráulico

DISEÑO DEL COLCHÓN DE AGUA

Altura conjugada (m) =	0.2795
------------------------	--------

no se necesita profundizar el colchón de agua

Lr colchón de agua (m) =	0.8784
--------------------------	--------

2.2.4. Alcantarillas

Parámetros de entrada:

Longitud de la alcantarilla: longitud total, (m).

Base de la sección rectangular: base de la sección, (m).

Área drenada: área drenada en Ha, (m²).

Intensidad de lluvia: intensidad de la precipitación, (mm/h).

Coeficiente de rugosidad: rugosidad de las paredes de la alcantarilla.

Coeficiente tipo de terreno: coeficiente que depende de la clase de terreno.

Coeficiente C.

Tipo de terreno	C
Montañosos	1.00
Con mucho lomerío	0.80
Lomerío	0.60
Muy ondulado	0.50
Poco ondulado	0.40
Casi planos	0.30
Planos	0.20

Procesos de cálculo:

La etapa de cálculos se realiza luego de haber ingresado correctamente todos los datos y presionar el botón "Calcular alcantarilla".

Botón "Calcular alcantarilla"



Si algún dato no ha sido ingresado el programa lo alertara pintando el texto vacío de rojo como se ve en el **Figura 1.9**.

Ejemplo de cálculo:

Para cargar el ejemplo de cálculo damos clic en el botón "Ejemplo de cálculo", el cual añadirá al módulo un ejemplo de los datos necesarios.

1) Automáticamente se llenara los datos como se observa en el siguiente gráfico:

Ejemplo de datos alcantarilla.

Diseño hidráulico de alcantarillas

Aproximación decimal de resultados:

DATOS:

Longitud de la alcantarilla (m)=

Base de la sección rectangular (m)=

Área drenada (m²)=

Intensidad de lluvia (mm/h)=

Coeficiente de rugosidad (n)=

Coeficiente del tipo de terreno=

En la pantalla de ingreso de datos observamos los siguientes datos:

Longitud de la alcantarilla: 4.5 m
 Base de la sección rectangular: 1.2 m
 Área drenada: 83.22 m²
 Intensidad de lluvia: 68.33 mm/h
 Coeficiente de rugosidad: 0.014
 Coeficiente tipo de terreno: Lomerío (0.6)

Una vez ingresados todos los datos damos clic en el botón “Calcular alcantarilla” y aparecen los textos ocultos que muestran los resultados:

2) La resolución de este ejercicio se muestra a continuación:

- Calculamos el caudal con la fórmula del método racional y la sección de la alcantarilla se calcula con la fórmula de Talbot.

$$A = \frac{0.183 \times C \times A^{\frac{3}{4}}}{100} \times I = \frac{0.183 \times 0.6 \times 83.22^{\frac{3}{4}}}{100} \times 68.33 = 2.07 \text{ m}^2$$

$$Qa = \frac{CIA}{360} = \frac{0.6 \times 68.33 \times 83.22}{360} = 9.48 \text{ m}^3/\text{s}$$

- A partir de la sección A, y con el dato de Ba, se calcula y_n .

$$y_n = \frac{A}{B_a} = \frac{2.07}{1.2} = 1.72 \text{ m}$$

$$P = B + 2y_n$$

$$P = 1.2 \times 2 \times 1.72 = 4.64 \text{ m}$$

- Radio hidráulico, velocidad normal y pendiente normal de la alcantarilla.

$$R = \frac{A}{P} = \frac{2.07}{4.65} = 0.45 \frac{\text{m}^2}{\text{m}}$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{9.48}{2.07} = 4.58 \text{ m/s}$$

Sa = pendiente normal de la alcantarilla

$$S_a = \left(\frac{Q \times n}{A \times R^{\frac{2}{3}}} \right)^2 = \left(\frac{9.58 \times 0.014}{2.07 \times 0.45^{\frac{2}{3}}} \right)^2 = 0.0121$$

- Calculamos los parámetros críticos, caudal unitario, tirante crítico y velocidad crítica.

$$q = \frac{Q_a}{B_a} = \frac{9.58}{1.2} = 7.90 \frac{\text{m}^3/\text{s}}{\text{s}}$$

$$y_c = \left(\frac{q^2}{g} \right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{7.90^2}{9.81} \right)^{\frac{1}{3}} = 1.85 \text{ m}$$

$$V_c = \sqrt{y_c \times g} = \sqrt{1.85 \times 9.81} = 4.21 \text{ m/s}$$

- Área crítica, perímetro crítico, radio crítico y pendiente crítica.

$$A_c = B \times y_c = 1.2 \times 1.85 = 2.22 \text{ m}^2$$

$$P_c = B + 2 \times y_c = 1.2 + 2 \times 1.85 = 4.90 \text{ m}$$

$$R = \frac{A_c}{P_c} = \frac{2.22}{4.90} = 0.45 \frac{\text{m}^2}{\text{m}}$$

$$S_c = \left(\frac{Q \times n}{A_c \times R_c^{\frac{2}{3}}} \right)^2 = \left(\frac{9.48 \times 0.014}{2.22 \times 0.45^{\frac{2}{3}}} \right)^2 = 0.0104$$

- Altura eficiente, altura de velocidad crítica y altura de velocidad normal.

$$d = \frac{yc}{0.8} = \frac{1.85}{0.8} = 2.31 \text{ m}$$

$$hvc = \frac{Vc^2}{2 \times g} = \frac{4.26^2}{2 \times 9.81} = 0.925 \text{ m}$$

$$hvn = \frac{V1^2}{2 \times g} = \frac{4.58^2}{2 \times 9.81} = 1.07 \text{ m}$$

- Altura de entrada a la alcantarilla.

$$He = yc + hvc + h_{1-2} - hvn$$

$$He = yc + \frac{Vc^2}{2 \times g} + h_{1-2} - \frac{V1^2}{2 \times g}$$

$$He = 1.85 + 0.926 + 0.056 - 1.071 = 1.763 \text{ m}$$

- Control de altura de entrada, $ht = d =$ altura eficiente.

Si $He \geq ht$, entonces $ht = 1.2He$

Si $1.763 \geq 2.31$, no cumple entonces He es igual al calculado

Como $ht > He$, entonces la alcantarilla tiene entrada libre.

Si $yn \geq ht$, entonces $ht = 1.2yn$

Si $1.72 \geq 2.31$, no cumple entonces yn es igual al calculado

- Condición de flujo.

Si $Sa > Sc$, entonces flujo supercrítico

Si $0.0121 > 0.0104$, entonces flujo supercrítico

- Altura a la salida de la alcantarilla y condición de salida.

$$Hs = He + hvn - hvc - h_{1-3}$$

- Pérdida de carga a la salida de la alcantarilla.

$$h_{1-3} = S \times L = 0.012 \times 4.5 = 0.054$$

$$Hs = 1.763 + 1.07 - 0.926 - 0.054 = 1.84 \text{ m}$$

- La condición de salida.

$yc > Hs$, entonces la salida es libre

$1.85 > 1.84$, por lo tanto la salida es libre

3) Comparamos los resultados que nos da el programa.

RESULTADOS:	
Caudal en (m ³ /s) =	9.4774
Ancho de la alcantarilla en (m) =	1.2
Área de la alcantarilla (m ²) =	2.0672
Tirante normal (m) =	1.7227
Perímetro mojado (m) =	4.6453
Radio hidráulico =	0.445
Velocidad normal (m/s) =	4.5846
Pendiente normal de la alcantarilla (m/m) =	0.0121
CÁLCULOS DE LOS PARAMETROS CRÍTICOS:	
Caudal unitario (m ³ /s/m) =	7.8978
Tirante crítico (m) =	1.8526
Velocidad crítica (m/s) =	4.2631
Área crítica (m ²) =	2.2231
Perímetro crítico (m) =	4.9052
Radio crítico =	0.4532
Pendiente crítica (m/m) =	0.0102
Altura eficiente (m) =	2.3157

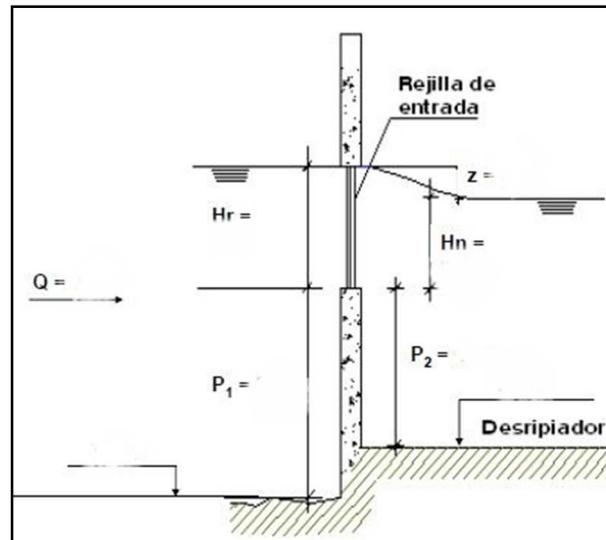
CÁLCULO DE LA ALTURA A LA ENTRADA	
Altura de velocidad crítica (m) =	0.9263
Altura de velocidad normal (m) =	1.0713
Altura de entrada a la alcantarilla (m) =	1.7633
Altura de la alcantarilla en (m) =	2.3157
	Flujo supercrítico
Altura a la salida de la alcantarilla (m) =	1.8537
	la salida no es libre

2.3. Captaciones.

2.3.1. Rejilla lateral.

Parámetros de entrada:

Parámetros de entrada rejilla.



Caudal: caudal de diseño, (m^3/s).

Hr: carga de agua sobre cresta, (m).

s: separación en barras en función del tamaño de las partículas de material sólido que trae el río, (m).

t: espesor de las barras, este valor está en función de la fuerza de empuje del agua y los materiales que trae la corriente, (m).

P1: altura desde el fondo del río hasta el umbral de la reja.

P2: altura aguas debajo de la rejilla, desde el fondo del desripador hasta el umbral de la rejilla, (m).

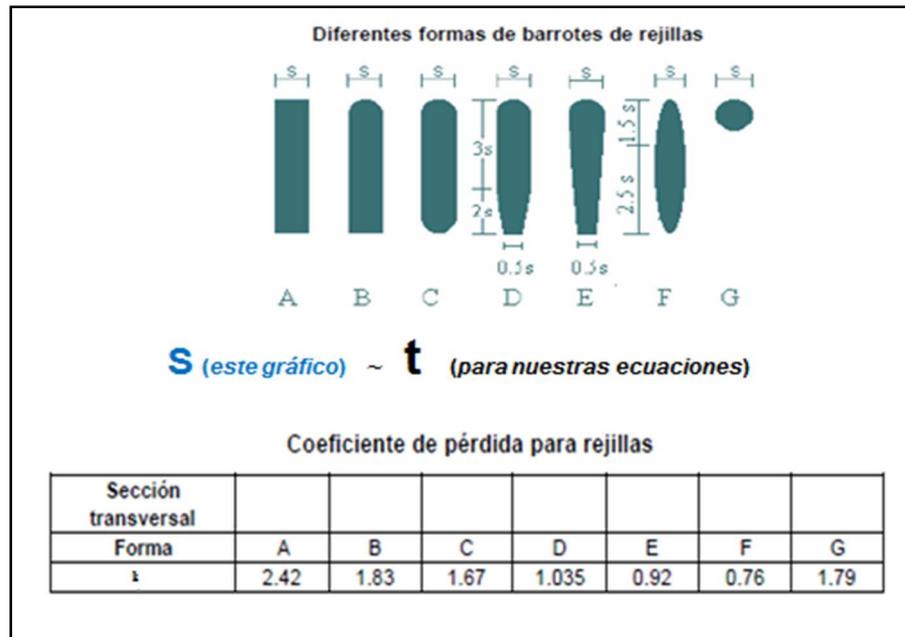
z: pérdida o desnivel entre las superficies de agua (asumido= 0.1 m).

Mo: coeficiente de sumersión por Konovalov, Bazin o promedio.

S: coeficiente de corrección por sumersión Bazin, Villemonte o promedio

Forma de barrotes: la forma de los barrotes y el coeficiente de pérdida de rejillas están clasificados de acuerdo al siguiente gráfico:

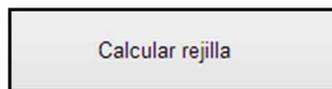
Diferente formas de barrotes de rejillas.



Proceso de cálculo:

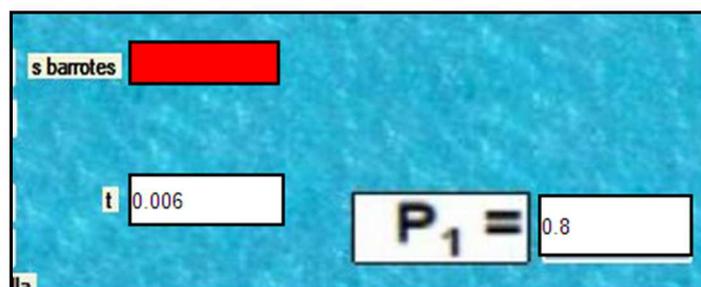
La etapa de cálculos se realiza luego de haber ingresado correctamente todos los datos y presionar el botón “Calcular rejilla”.

Botón “Calcular rejilla”



Si algún dato no ha sido ingresado el programa lo alertara pintando el texto vacío de rojo como se ve en el siguiente gráfico.

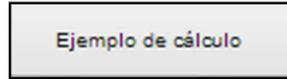
Alerta de dato faltante.



Ejemplo de cálculo:

Para cargar el ejemplo de cálculo damos clic en el botón “Ejemplo de cálculo” el cual añadirá al módulo un ejemplo de los datos necesarios como se observa en el siguiente gráfico.

Botón “Ejemplo de cálculo”



Este botón se encuentra incluido en todos los módulos que conforman la aplicación, donde se necesiten ingresar datos.

1. Automáticamente se llenara los datos como se observa en el siguiente gráfico.

Ejemplo de datos rejilla.

DISEÑO DE REJILLA DE ENTRADA

1. Verificar que la rejilla trabaje sumergida
 Condición 1 $(P_1 + H_n) > P_2$

2. Coeficiente de corrección por sumergencia (S)
 Bazin
 Villemonte
 Promedio

3. Cálculo de coeficiente de sumergencia (M_o)
 Bazin
 Konovalov
 Promedio

4. Cálculo de b
 b

5. N barrotes y N espacios
 Barrotes s barrotes
 Espacios

6. Ancho total de rejilla
 L_r t

8. Chequeo de caudal
 Q

9. Diseño conservador + 10% obturación
 b

10. N barrotes y N espacios
 Barrotes
 Espacios

11. Ancho total A_t (B')
 B'

12. Chequeo de caudal
 Q

13. Pérdidas de carga en rejilla
 Hf

Poner ángulo rejilla
 77.5

Promedio
 Promedio
 A

Rejilla de entrada

$Z = 0.1$

$H_r = 0.5$

$H_n =$

$P_2 = 0.6$

$P_1 = 0.8$

Q = 0.8

Calcular rejilla

Ejemplo de cálculo

Limpiar

En la pantalla de ingreso de datos observamos los siguientes datos:

Caudal:	0.8 m ³ /s
Hr:	0.5 m
s:	0.05 m
t:	0.006 m
P1:	0.8 m
P2:	0.6 m
z:	0.1 m
Mo:	promedio de Konovalov y Bazin
S:	promedio de Bazin y Villemonte

Una vez ingresados todos los datos damos clic en el botón “Calcular rejilla” y aparecen los textos ocultos que muestran los resultados:

2. La resolución de este ejercicio se muestra a continuación.

- Revisamos las condiciones para poder considerar como sumergido el vertedero.

Primera condición

$$(P1 + H_n) > P2 \quad (0.80 + 0.40) > 0.60 \quad \text{Si cumple}$$

Segunda condición

$$\frac{z}{P2} < 0.7 \quad \frac{0.10}{0.60} < 0.70 \quad \text{Si cumple}$$

- Calculamos los coeficientes por sumersión y corrección por sumersión.

$$S = 1.05 \times \left(1 + 0.2 \times \frac{0.40}{0.60}\right) \times \left(\frac{H_n}{P_2}\right)^{1/3}$$

$$S = 1.05 \times \left(1 + 0.2 \times \frac{0.40}{0.60}\right) \times \left(\frac{0.2}{0.5}\right)^{1/3} = 0.70$$

$$S(\text{Villemonte}) = 0.53; \quad S(\text{prom}) = 0.54$$

$$M_o = \left(0.407 + 0.045 \left(\frac{Hr}{Hr + P1}\right)\right) \left(1 + 0.285 \left(\frac{Hr}{Hr + P1}\right)^2\right) \sqrt{2 \times g}$$

$$M_o = \left(0.407 + 0.045 \left(\frac{0.50}{0.50 + 0.80}\right)\right) \left(1 + 0.285 \left(\frac{0.50}{0.50 + 0.80}\right)^2\right) \sqrt{2 \times 9.81} = 1.96$$

$$Mo (Bazin) = 1.98; \quad Mo(prom) = 1.97$$

- Se calcula el valor de b, número de barrotes, número de espacios y ancho total de la reja.

$$b = \left(\frac{Q}{K \times S \times Mo \times Hr^{\frac{3}{2}}} \right)$$

$$b = \left(\frac{0.80}{0.85 \times 0.545 \times 1.975 \times 0.50^{\frac{3}{2}}} \right) = 2.479 \text{ m}$$

Número de espacios:

$$n = \frac{b}{s} = \frac{2.479}{0.05} = 49.6 \approx 50$$

Número de barrotes, $n - 1 = 50 - 1 = 49$ barrotes

El ancho total de la reja será:

$$Lr = B = 2.48 + (0.006 \times 49) = 2.77 \text{ m}$$

- Diseño conservador, considerando el ancho (b) más el 10% de obturación, ancho total de la reja y chequeo del caudal.

$$b = 2.48 \times 10\% \text{ de obturación} = 2.728 \text{ m}$$

Número de espacios:

$$n = \frac{b}{s} = \frac{2.728}{0.05} = 54.56 = 55$$

Número de barrotes, $n - 1 = 55 - 1 = 54$ barrotes

El ancho total de la reja será:

$$B = 2.73 + 0.006 \times 54 = 3.054 \text{ m}$$

Chequeo:

$$Q = K \times S \times Mo \times b \times Hr^{\frac{3}{2}}$$

$$Q = 0.85 \times 0.545 \times 1.97 \times 2.73 \times 0.50^{\frac{3}{2}}$$

$$Q = 0.88 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Pérdida de carga en la rejilla.

$$hfr = k \times \left(\frac{t}{s}\right)^{\frac{4}{3}} \times \left(\frac{V^2}{2 \times g}\right) \times \text{sen}(\alpha)$$

$$hfr = 2.42 \times \left(\frac{0.006}{0.05}\right)^{\frac{4}{3}} \times \left(\frac{0.645^2}{2 \times 9.81}\right) \times \text{sen}(77.5)$$

$$hfr = 0.003 \text{ m c a}$$

- 3. Comparamos los resultados que nos da el programa con el ejemplo de cálculo.

DISEÑO DE REJILLA DE ENTRADA

1. Verificar que la rejilla trabaje sumergida
 Condicion1 (P1+Hn)>P2 **SI CUMPLE**
 Condicion2 (Z/P2)<0.7 **SI CUMPLE**

2. Coeficiente de corrección por sumergencia (S)
 Bazin 0.696
 Villemonte 0.53
 Promedio 0.545

3. Cálculo de coeficiente de sumergencia (Mo)
 Bazin 1.989
 Konvalov 1.959
 Promedio 1.989

4. Cálculo de b
 b 2.4795

5. N barras y N espacios
 Barras 49 s barras 0.05
 Espacios 50

6. Ancho total de rejilla
 Lr 2.7735 t 0.006

8. Chequeo de caudal
 Q 0.8

9. Diseño conservador + 10% obturación
 b 2.73

10. N barras y N espacios
 Barras 54
 Espacios 55

11. Ancho total A (B')
 B' 3.0514

12. Chequeo de caudal
 Q 0.88

13. Pérdidas de carga en rejilla
 Hf 0.003

Poner ángulo reja
 77.5

Rejilla de entrada

Z = 0.1

Hr = 0.5

Hn = 0.4

P1 = 0.8

P2 = 0.6

Calcular rejilla

Ejemplo de cálculo

Limpiar

2.3.2. Lecho filtrante.

Parámetros de entrada:

Caudal de diseño:	caudal de diseño, (l/s).
Caudal de máxima crecida:	caudal, (m ³ /s).
Tasa de infiltración:	velocidad de infiltración, (m/h).
Ancho del azud:	ancho del azud, (m).
Diámetro conducto principal:	diámetro, (pulg).
Longitud conducto principal:	longitud, (m).
Diámetro conducto lateral:	diámetro, (mm).
Espesor de la capa de grava:	espesor, (m).
Número de conductos laterales:	número de tubos laterales.
Longitud conducto lateral:	longitud, (m).
Separación entre anillos:	separación, (m).
Número de orificios por anillo:	número de orificios.

Pérdidas locales y número de diámetro: en función de la pieza que escojamos de la lista.
 Altura desde el lecho de la vertiente hasta la cresta del azud, (m).

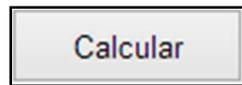
Pérdidas locales y el número de diámetro.

PIEZA	Nº DE DIÁMETROS
Aplicación gradual	12
Codo de 90°	45
Curva de 90°	30
Codo de 45°	20
Curva de 45°	15
Entrada normal	17
Entrada de borda	35
Unión	30
Reducción gradual	06
Válvula de compuerta abierta	08
Válvula de globo abierta	350
Válvula de ángulo abierta	170
Salida de tubería	35
Te, paso directo	20
Te, salida bilateral	65
Válvula de pie con colador	250
Válvula de retención	100

Proceso de cálculo:

La etapa de cálculos se realiza luego de haber ingresado correctamente todos los datos y presionar el botón "Calcular".

Botón "Calcular"



Si algún dato no ha sido ingresado el programa lo alertara pintando el texto vacío de rojo como se ve en el **Figura 1.9**.

Ejemplo de cálculo:

Para cargar el ejemplo de cálculo damos clic en el botón "Cargar ejemplo", el cual añadirá al módulo un ejemplo de los datos necesarios.

- 1) Automáticamente se llenara los datos como se observa en el siguiente gráfico.

Ejemplo de datos lecho filtrante

Caudal de diseño (Q) (l/s) =	<input type="text" value="8"/>
Caudal de máxima crecida (m ³ /s) =	<input type="text" value="0.59"/>
Tasa de infiltración (v) (m/h) =	<input type="text" value="3.6"/>
Ancho del azud (m) =	<input type="text" value="1.8"/>
Diámetro conducto principal (pulg) =	<input type="text" value="4"/>
Longitud conducto principal (m) =	<input type="text" value="3.6"/>
Diámetro conducto lateral (mm) =	<input type="text" value="65"/>
Altura desde la vertiente hasta el azud (m) =	<input type="text" value="1.2"/>
Espesor de la capa de grava (m) =	<input type="text" value="0.9"/>
CONDUCTOS LATERALES	
Número de conductos laterales =	<input type="text" value="10"/>
Longitud conducto lateral (m) =	<input type="text" value="1.7"/>
Separación entre anillos (m) =	<input type="text" value="0.008"/>
Número de orificios por anillo =	<input type="text" value="3"/>
Pieza accesorios =	<input type="text" value="Válvula de compuerta abierta"/> <input type="text" value="Válvula de pie con colador"/>
<input type="button" value="Calcular"/> <input type="button" value="Cargar ejemplo"/> <input type="button" value="Limpiar"/>	

En la pantalla de ingreso de datos observamos los siguientes datos:

Caudal de diseño (l/s):	8 l/s
Caudal de máxima crecida:	0.59 m ³ /s
Tasa de infiltración:	3.6 m/h
Ancho del azud:	1.8 m
Diámetro conducto principal:	4 pulg.
Longitud conducto principal:	3.6 m
Diámetro conducto lateral:	65 mm
Altura desde la vertiente hasta el azud (m):	1.2 m
Espesor de la capa de grava:	0.9 m
Número de conductos laterales:	10
Longitud conducto lateral:	1.7 m
Separación entre anillos:	0.008 m
Número de orificios por anillo:	3
Pérdidas accesorios:	Válvula de compuerta abierta y válvula de pie con colador

Una vez ingresados todos los datos damos clic en el botón “Calcular” y aparecen los textos ocultos que muestran los resultados.

2) La resolución de este ejercicio se muestra a continuación.

- Encontramos las dimensiones del sistema de filtración y la lámina de agua.

Área:

$$A = \frac{0.008}{0.001} = 8 \text{ m}^2$$

Largo:

$$b = \frac{A}{1.80} = \frac{8}{1.80} = 4.45 \text{ m}$$

Lámina de agua:

Altura desde el lecho de la vertiente hasta la cresta del azud = 1.20 m

Espesor de la capa de grava = 0.90 m

$$\text{Lámina de agua} = 1.20 - 0.90 = 0.30 \text{ m}$$

- Área conducto principal y velocidad.

Conducto principal: PVC sanitaria de 4"

$$A = \frac{\pi \times \phi^2}{4} = \frac{\pi \times 0.1016m^2}{4} = 0.0081 m^2$$

$$V = \frac{0.008}{0.0081} = 0.98 m/s$$

- Área del conducto lateral, caudal por lateral y velocidad en cada lateral.

Área del conducto:

$$A = \frac{\pi \times \phi^2}{4} = \frac{\pi \times 0.065}{4} = 0.0033 m^2$$

Caudal por lateral:

$$Q_L = \frac{Q}{\#tubos} = \frac{0.008}{10} = 0.0008 m^3/s$$

Velocidad en cada lateral:

$$V_L = \frac{0.0008}{0.0033} = 0.24 m/s$$

Número de anillos por lateral:

$$N_{anillos} = \frac{L_{lat}}{S} = \frac{1.70}{0.008} = 212.5 \approx 213$$

Número de orificios por lateral:

$$N^{\circ}orificios = N^{\circ}anillos \times N^{\circ}orificios \text{ por anillo} = 213 \times 3 = 639$$

- Área por orificio con diámetro 3 mm (impuesto) y sumatoria de las áreas de orificios por lateral.

$$A = \frac{\pi \times 0.003^2}{4} = 0.0000070 m^2$$

- Sumatoria de las áreas de orificios por lateral.

$$A_{To} = N^{\circ}orificios \times A_o = 639 \times 0.0000070 = 0.004 m^2$$

- Pérdidas por lecho filtrante.

ϕ del material (pulg)	ϕ del material (cm)	Espesor de la capa (cm)	Pérdidas hf (m)
0.5	1.27	20	0.007539
3/8	0.9525	30	0.020105
1/4	0.635	30	0.045235
1	2.54	10	0.000942
Pérdida total por lecho filtrante (h_f) =		0.073821 m	

- Pérdidas en el conducto principal (h_p), en los conductos laterales (h_l), en el múltiple colector (h_m), pérdidas por accesorios (h_a), pérdida por salida (h_s) y pérdida por entrada (h_e).

Cálculo de la pendiente en el conducto principal (S_{prin}), según Manning:

$$S_{prin} = \left(\frac{Qn}{AR^{2/3}} \right)^2 = \left(\frac{0.008 \times 0.009}{0.0081 \times 0.0254^{2/3}} \right)^2 = 0.0105 \text{ m/m}$$

$$h_p = \frac{3.6 \times 0.0105}{3} = 0.0126 \text{ m}$$

Cálculo de la pendiente en el conducto lateral (S_{lat}):

$$S_{lat} = \left(\frac{Qn}{AR^{2/3}} \right)^2 = \left(\frac{0.008 \times 0.02}{0.0033 \times 0.0163^{2/3}} \right)^2 = 0.56 \text{ m/m}$$

Cálculo de las pérdidas en tuberías laterales:

$$h_l = \frac{1.70 \times 0.56}{3} \times 10 = 0.32 \text{ m}$$

Finalmente las pérdidas en el múltiple colector:

$$h_m = h_p + h_l = 0.0126 + 0.32 = 0.3328 \text{ m}$$

- Pérdidas por accesorios (h_a).

La longitud equivalente se la determina como un cierto número n de diámetros del tubo, para lo cual se puede utilizar la tabla siguiente:

Accesorio	φ (pulg)	φ (m)	Nº de diám.	Longitud Equivalente
Te, salida bilateral	4	0.1016	65	6.604
Válvula de compuerta abierta	4	0.1016	8	0.813
			LE _{total} =	7.4168 m

$$h_a = LE_{total} \times S_{Prin} = 7.41 \times 0.0105 = 0.0778m$$

- Pérdida por salida (h_s).

$$V = 0.987 \text{ m/s}, \quad K = 1$$

$$h_s = \frac{K \times V^2}{2 \times g} = \frac{1 \times 0.98^2}{2 \times 9.81} = 0.049 \text{ m}$$

- Pérdida por entrada (h_e).

$$V_L = 0.241 \text{ m/s}, \quad K = 0.5$$

$$h_e = \frac{K \times V_L^2}{2 \times g} = \frac{0.5 \times 0.24^2}{2 \times 9.81} = 0.00147 \text{ m}$$

- Pérdidas de carga en el sistema de captación.

$$H = h_f + h_a + h_m + h_s + h_e = 0.0738 + 0.0778 + 0.3328 + 0.049 + 0.00147 = 0.188 \text{ m}$$

Adoptamos $H = 0.19 \text{ m}$

3) Comparamos los resultados que nos da el programa.

RESULTADOS

DIMENSIONES DEL SISTEMA DE FILTRACIÓN

Área (m²) = 8

Base (m) = 4.4444

Lámina de agua (m) = 0.3

MÚLTIPLE RECOLECTOR

Área conducto principal (m²) = 0.0081

Velocidad conducto principal (m/s) = 0.9868

CONDUCTOS LATERALES

Área del conducto (m²) = 0.0033

Caudal por lateral (m³/s) = 0.0008

Velocidad en cada lateral (m/s) = 0.2411

NÚMERO DE ANILLOS Y ORIFICIOS POR LATERAL

Número de anillos = 213

Número de orificios = 639

Área por orificio (m²) = 7.1E-06

Sumatoria de áreas de orificios por lateral(m) = 0.0045

PÉRDIDAS EN LECHO FILTRANTE Y MÚLTIPLE RECOLECTOR

Pérdidas de carga en la captación por lecho filtrante (cm) =

Diám. material (pulg)	Diám. del material (cm)	Espesor de la capa (cm)	Pérdidas hf (cm)
0.5	1.27	20	0.0075
0.375	0.9525	30	0.0201
0.25	0.635	30	0.0452
1	2.54	10	0.0009
TOTAL hf			0.0738

Pérdidas de carga en el conducto principal (m) = 0.0127

Pérdidas de carga en los conductos laterales (m) = 0.3201

Pérdidas en el múltiple recolector (m) = 0.3328

Pérdidas por accesorios (m) = 0.0783

Pérdidas por salida (m) = 0.0496

Pérdidas por entrada (m) = 0.0015

Pérdida de carga en el sistema (m) = 0.536