

**Dirección**  
Autopista sur 71-75  
Bogotá, Colombia

**Teléfonos**  
+57 (1) 782 5000  
Ext.1101  
01 8000 912286

**Sitio web**  
[www.pavcowavin.com.co](http://www.pavcowavin.com.co)



## TUTORIAL HOJA DE CÁLCULO DISEÑO ALCANTARILLADO RAS

### 1. INTRODUCCIÓN

El saneamiento básico hace parte del mejoramiento de la calidad de vida y del desarrollo de nuestro país. Por esto PAVCO-WAVIN que busca siempre la contribución al crecimiento del país con nuevas tecnologías no solo ha desarrollado desde hace ya varios años las tuberías (NOVAFORT y NOVALOC) con las más novedosas tecnologías tanto de producción como de ingeniería del producto, conjugada con los mejores materiales. También ha ahondado en la actualización de un libro de cálculo para el diseño de alcantarillado que se ajuste a las normas establecidas en el ámbito nacional y local. Para la utilización de clientes y optimización de sus diseños.

Este libro de cálculo es una herramienta útil para el diseño hidráulico, el cálculo de cimentación y el análisis de cantidad de obra para los proyectos de alcantarillado sanitario, pluvial y combinado. Los datos pueden y deben ser modificados de acuerdo con sus requerimientos, pero no puede ser modificado el uso de las tuberías, es decir no puede ingresarse información referida a otros materiales diferentes a los fabricados por PAVCO-WAVIN ya que la hoja se encuentra formulada internamente.

A continuación, se presentan unas recomendaciones generales y posteriormente una breve descripción para cada una de las hojas de cálculo que se encuentran en el libro.

Dirección  
Autopista sur 71-75  
Bogotá, Colombia

Teléfonos  
+57 (1) 782 5000  
Ext. 1101  
01 8000 912286

Sitio web  
www.pavcowavin.com.co



## 2. RECOMENDACIONES GENERALES

- Cuando el computador por seguridad inhabilita los macros, se debe ajustar el nivel de seguridad para habilitarlas.

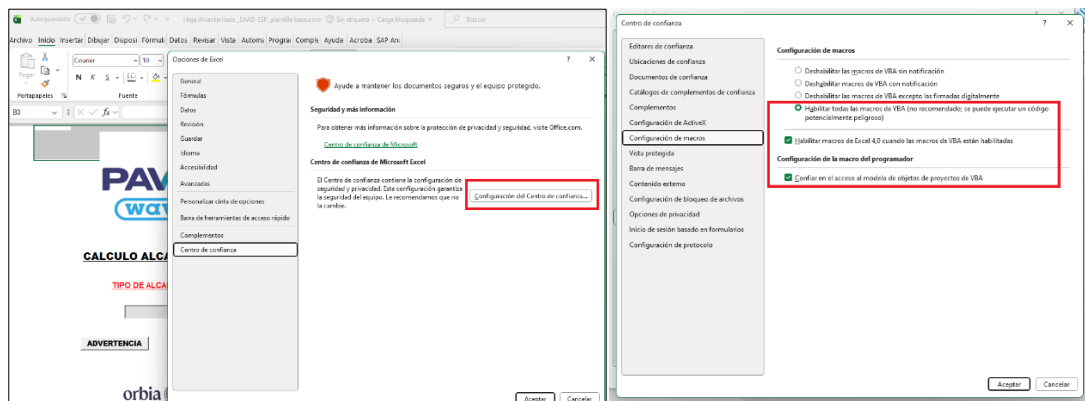


Figura 1. Habilitar macros.

- Lo primero que se debe hacer para el buen funcionamiento de la hoja es seleccionar el tipo de alcantarillado a utilizar. Luego se debe referir el nombre del proyecto y el diseñador. Posteriormente se deben introducir todos los datos que se encuentran en las casillas con títulos en color ROJO (como los que se encuentran en este documento), cuando requiera modificar alguna de las fórmulas de las celdas, hágalo directamente en esta y no introduzca el dato de forma numérica.
- Las fórmulas toman valores de varias hojas de cálculo, por lo tanto, se debe verificar su funcionamiento en caso de que se requiera insertar alguna fila
- Cuando se tiene un pozo en el que confluyen más de un tramo es necesario reformular las cotas bateas o claves con que se diseña el perfil del sistema y el coeficiente de escorrentía promedio (para el caso del alcantarillado pluvial). Se recomienda en la celda correspondiente a **otras áreas** formular la suma de las áreas acumuladas de tramos confluentes.

**Dirección**  
Autopista sur 71-75  
Bogotá, Colombia

**Teléfonos**  
+57 (1) 782 5000  
Ext.1101  
01 8000 912286

**Sitio web**  
[www.pavcowavin.com.co](http://www.pavcowavin.com.co)



- Cuando se está diseñando un alcantarillado sanitario, la información también aparece en la hoja del alcantarillado pluvial para hacer los cálculos de las hojas de perfil, cimentación y cantidades de obra.
- La hoja controla los límites superiores e inferiores de los parámetros de diseños establecidos por las normas. Cuando se presenta incumplimiento de algunos de estos la celda se colorea de amarillo y en algunas celdas (pendiente, relación de caudales, velocidad y fuerza cortante, etc.) se muestra un mensaje indicando los valores que se deben cambiar.

**Dirección**  
Autopista sur 71-75  
Bogotá, Colombia

**Teléfonos**  
+57 (1) 782 5000  
Ext.1101  
01 8000 912286

**Sitio web**  
www.pavcowavin.com.co



### 3. MENÚ

En esta primera hoja, se encuentran las opciones de cálculo de todo el libro, haciendo clic en cualquiera de los iconos se puede acceder a la hoja de cálculo requerida. (Ver Figura 2)

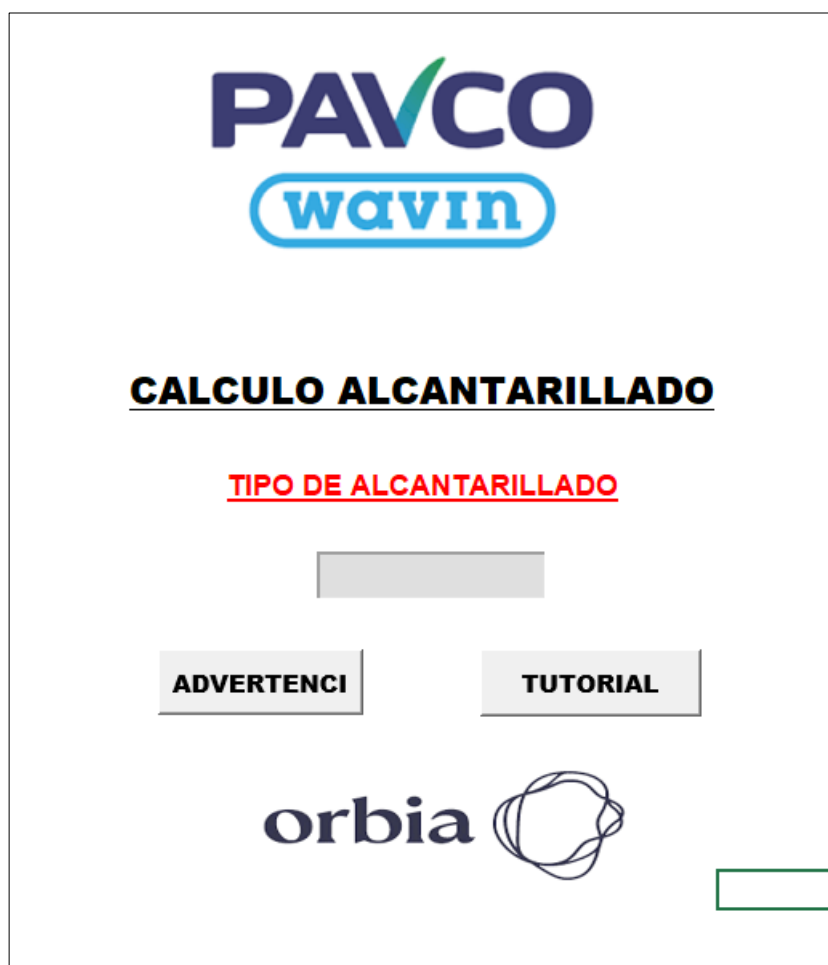


Figura 2. Esquema de la hoja Menú.

Para realizar el diseño del alcantarillado el primer paso que se debe realizar es seleccionar el **TIPO DE ALCANTARILLADO** en la primera hoja de Menú, al escoger el tipo de alcantarillado se pasará automáticamente a la hoja correspondiente (*pluvial* o *sanitario*). Para los alcantarillados combinados debe

**Dirección**  
Autopista sur 71-75  
Bogotá, Colombia

**Teléfonos**  
+57 (1) 782 5000  
Ext.1101  
01 8000 912286

**Sitio web**  
www.pavcowavin.com.co



introducir primero la información de la hoja *pluvial* y posteriormente introducir las áreas en la hoja *sanitario* (ver Figura 3), priman las condiciones del alcantarillado pluvial. Para los alcantarillados separados es necesario utilizar dos hojas de cálculo independientes.



Figura 3. Selección del tipo de alcantarillado.

*Nota: Es indispensable definir el tipo de alcantarillado para que los datos sean mostrados en sus respectivas hojas.*

A continuación, se presenta el procedimiento para el ingreso de datos en el diseño de cada uno del tipo de alcantarillados.

**Dirección**  
Autopista sur 71-75  
Bogotá, Colombia

**Teléfonos**  
+57 (1) 782 5000  
Ext.1101  
01 8000 912286

**Sitio web**  
www.pavcowavin.com.co



#### 4. ALCANTARILLADO PLUVIAL

En esta hoja se realizan los cálculos hidráulicos del alcantarillado pluvial teniendo en cuenta todas las condiciones de diseño establecidas por las resoluciones RAS 0330 del 2017 y 0799 del 2021 expedidas por el MVCT. Lo primero que hay que ingresar es la información del nombre del **proyecto** y del **diseñador**. (Ver Figura 4).

PAVCO  
wavin  
PROYECTO:  
NOTA: POR FAVOR DILIGENCIAR LOS DATOS UNICAMENTE DE LAS CASILLAS QUE SE ENCUENTRAN EN COLOR ROJO  
DISEÑO: \_\_\_\_\_  
Volver al

Figura 4. Ingreso de identificación del proyecto.

Luego, se deben ingresar los datos de la Curva de Duración- Intensidad-Frecuencia (**C1**, **X0**, **C2**) de la Zona del proyecto en el Cuadro superior derecho de la hoja en las columnas AE, AF y AG, para los tiempos de retorno de 3, 5 y 10 años.

orbia

$$I = C1 * (X0 + Tc)^{C2}$$

<b>T<sub>r</sub></b>	<b>C1</b>	<b>X0</b>	<b>C2</b>
<b>3</b>			
<b>5</b>			
<b>10</b>			

Figura 5. Ingreso de la Curva de Duración-Intensidad-Frecuencia.

Es importante aclarar que de acuerdo con la estructura del cálculo para la Intensidad mostrada en la Figura 5, cuando se tenga la información hidrológica de la estación más cercana, por ejemplo, si se extrae de las curvas IDF del IDEAM, el valor de **C2** debe dejarse en negativo.



**Dirección**  
Autopista sur 71-75  
Bogotá, Colombia

**Teléfonos**  
+57 (1) 782 5000  
Ext.1101  
01 8000 912286

**Sitio web**  
www.pavcowavin.com.co



- Si no se ingresa el número 1(tramos iniciales), pero se cambia el pozo inicial con respecto al final anterior, le pedirá verificar el tiempo de entrada.

### Área tributaria

- **Área propia:** Escriba el valor del área aportada por el tramo en hectáreas (Ha).
- **Otras:** son áreas aportadas por otros tramos que llegan al tramo en cuestión. Está formulado para que tome el valor del área acumulada del tramo anterior. Si es un pozo al que confluyen dos o más áreas se debe **MODIFICAR** la fórmula para que al final no solamente acumule el pozo inmediatamente anterior, sino los demás que aportan a ese tramo.
- **Área Acumulada:** Es la suma del área propia + otras.

### Tiempo de Concentración

- **Tiempo de Entrada:** Es calculado a partir de la longitud de entrada, el tipo de superficie y la pendiente únicamente cuando es tramo inicial. Si alguno de los datos no es proporcionado, la casilla toma por defecto como tiempo mínimo de entrada 5 min. Cuando no es tramo inicial toma el valor del tiempo de concentración del tramo anterior si es continuo. Si dos o más colectores confluyen al mismo pozo, debe ser modificado manualmente de acuerdo con la continuidad de los tramos y se toma el valor mayor del tiempo de concentración de los diferentes aportes que llegan al pozo del tramo en evaluación. Si el tramo en cuestión no es continuo con el tramo anterior, ni es tramo inicial, la casilla le preguntará: **Tramo inicial?:5**, entonces deberá revisar qué tiempo de entrada le corresponde y por omisión lo define como inicial. Para su cálculo se usa la siguiente expresión (Diseño de drenaje de aeropuertos. Agencia Federal de Aviación, Departamento de Transporte de los Estados Unidos, 1970);



**Dirección**  
Autopista sur 71-75  
Bogotá, Colombia

**Teléfonos**  
+57 (1) 782 5000  
Ext.1101  
01 8000 912286

**Sitio web**  
www.pavcowavin.com.co



COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA O IMPERMEABILIDAD (TITULO D RAS )TABLA D.4.7		
	Descripción	C
1	Cubiertas	0.90
2	Pavimento asfáltico y superficie de concreto	0.90
3	Vías adoquinadas	0.85
4	Zona comerciales o industriales	0.90
5	Residencial con casas contiguas, predominio de zonas duras	0.75
6	Residencial multifamiliar con bloques contiguos y zonas duras entre estos	0.75
7	Residencial unifamiliar con casas contiguas, predominio de jardines	0.60
8	Residencial con casas rodeadas de jardines o multifamiliar apreciablemente separados	0.45
9	Residencial con predominio de zonas verdes y parques-cementerios	0.30
10	Laderas sin vegetación	0.60
11	Laderas con vegetación	0.30
12	Parques recreacionales	0.30

**Figura 9. Tipo de coeficiente de escorrentía**

Con los datos anteriores se calcula el tiempo de entrada y se procede con el cálculo del tiempo de concentración.

- **v asumida:** Valor de la velocidad de flujo asumida para el tramo, ingresar dato.
- **Tiempo de Tránsito asumido:** Calcula el tiempo que tarda el agua en recorrer el tramo de tubería con la velocidad asumida ( $L/V*60$ ). Debe haberse ingresado el valor de la longitud del tramo para poder ser calculado.
- **Tiempo de Concentración asumido:** Es la suma del tiempo de tránsito calculado con la velocidad asumida + tiempo de entrada. Este valor para los tramos iniciales es mínimo 10 min. y máximo 20 min. Para poder calcular este valor es necesario que ingrese los valores de **Longitud, pendiente y diámetro nominal** que se encuentran en las columnas U, V y W de la hoja.
- **Tiempo de Tránsito:** Es el valor real del tiempo de tránsito, es decir calculado con la velocidad real obtenida al completar el diseño del tramo, este tiempo de tránsito debe estar dentro del rango de  $\pm 10\%$  del tiempo de tránsito asumido. Si no es así debe corregir el valor de la velocidad real asumida. La celda le dirá:  $<10\%$  ó  $>10\%$ , para lo cual aumente o disminuya V asumida respectivamente.

**Dirección**  
Autopista sur 71-75  
Bogotá, Colombia

**Teléfonos**  
+57 (1) 782 5000  
Ext.1101  
01 8000 912286

**Sitio web**  
www.pavcowavin.com.co



- **Tiempo de Concentración:** Es el tiempo de concentración real al sumar el tiempo de entrada + el tiempo de tránsito. Este valor para los tramos iniciales es mínimo 10 min. y máximo 20 min.

## Diseño Hidráulico

- **Período de retorno de diseño (Tr):** Este se selecciona de acuerdo con lo establecido en el artículo 135 de la resolución 0330 de 2017, depende del área, del uso del área y del tipo de red. Será igual a 3, 5 o 10 años.
- **Intensidad [L/s/ha]:** Es calculada a partir de Tc (tiempo de concentración) y las constantes de la curva dependiendo del período de retorno. Las ecuaciones se presentan en la parte superior de la hoja de cálculo al igual que las casillas para la entrada de las constantes.
- **Coefficiente de escorrentía C:** Este valor es tomado como el promedio del rango de valores de la tabla D.4.7 del título D del RAS – 2017 (coeficiente de escorrentía o impermeabilidad). Cuando hay tramos consecutivos se toma el valor del coeficiente promedio (ponderado con las áreas).
- **Coefficiente de escorrentía promedio (Cprom):** El coeficiente es promediado de acuerdo con el área de drenaje de los tramos anteriores que tengan continuidad. Verifique si son los tramos necesarios y suficientes, y si es un pozo repetido (es decir que llegan más de un tramo al pozo) se debe reformular el promedio
- **Caudal de diseño (q):** Calcula el caudal real a partir de la intensidad, el área acumulada y el coeficiente de escorrentía.  $q = A_{acum} \times C_{prom} \times I$ . Si el alcantarillado es combinado se le suma el caudal sanitario solo si este es más del 5% del caudal pluvial.
- **Longitud:** Es la longitud horizontal del tramo de centro a centro de pozo. Debe haberse ingresado para los cálculos del tiempo de concentración asumido.

**Dirección**  
Autopista sur 71-75  
Bogotá, Colombia

**Teléfonos**  
+57 (1) 782 5000  
Ext.1101  
01 8000 912286

**Sitio web**  
www.pavcowavin.com.co



- **Pendiente:** Pendiente de la tubería del tramo en porcentaje (%).
- **Diámetro Nominal:** Ingrese el diámetro nominal de tuberías para alcantarillado PAVCO, por defecto se toma el diámetro mínimo que, según la resolución 0330 de 2017, es de 260 mm, este diámetro debe ser modificado por el diseñador cuando  $q/Q > 1$ , aumentando al diámetro comercial siguiente. Se debe tener en cuenta que para ingresar diámetros de la línea NOVAFORT debe hacerse en milímetros (mm) especificando el tipo de tubería (serie 6, serie 8 o serie 4) y los de la línea NOVALOC debe hacerse en pulgadas (pulg), porque de lo contrario la hoja estará tomando valores erróneos. Únicamente se puede ingresar los valores de las tuberías fabricadas por PAVCO WAVIN, las características de las tuberías que se pueden utilizar para realizar los diseños se muestran a continuación en la Figura 10.

DATOS DE TUBERIA NOVALOC, NOVAFORT										
Diámetro Nominal	Diámetro Interno mm	Diámetro Externo m	Rigidez		Bd m	n	Long efec	Norma	Nombre	
			psi	Kg/m2						
110-S8	mm	93.00	0.110	57.00	40084.39	0.51	0.009	5.91	NTC-3722-1	NOVAFORT
160-S8	mm	145.00	0.160	57.00	40084.39	0.56	0.009	5.90	NTC-3722-1	NOVAFORT
200-S8	mm	182.00	0.200	57.00	40084.39	0.60	0.009	5.88	NTC-3722-1	NOVAFORT
250-S8	mm	227.00	0.250	57.00	40084.39	0.75	0.009	5.85	NTC-3722-1	NOVAFORT
315-S8	mm	284.00	0.315	57.00	40084.39	0.82	0.009	5.80	NTC-3722-1	NOVAFORT
355-S8	mm	327.00	0.355	57.00	40084.39	1.06	0.009	5.81	NTC-3722-1	NOVAFORT
400-S8	mm	362.00	0.400	57.00	40084.39	1.10	0.009	5.76	NTC-3722-1	NOVAFORT
450-S8	mm	407.00	0.450	57.00	40084.39	1.15	0.009	5.73	NTC-3722-1	NOVAFORT
500-S8	mm	452.00	0.500	57.00	40084.39	1.20	0.009	5.70	NTC-3722-1	NOVAFORT
160-S4	mm	147.00	0.160	28.00	19690.58	0.56	0.009	5.90	NTC-3722-3	NOVAFORT
200-S4	mm	185.00	0.200	28.00	19690.58	0.60	0.009	5.88	NTC-3722-1	NOVAFORT
250-S4	mm	231.00	0.250	28.00	19690.58	0.75	0.009	5.87	NTC-3722-1	NOVAFORT
315-S4	mm	291.00	0.315	28.00	19690.58	0.82	0.009	5.81	NTC-3722-1	NOVAFORT
355-S4	mm	328.00	0.355	28.00	19690.58	1.06	0.009	5.81	NTC-3722-1	NOVAFORT
400-S4	mm	370.00	0.400	28.00	19690.58	1.10	0.009	5.77	NTC-3722-1	NOVAFORT
24-S4	pulgadas	595.00	0.656	28.00	19690.58	1.36	0.009	5.65	NTC-5055	NOVAFORT
27-S4	pulgadas	670.00	0.730	28.00	19690.58	1.58	0.009	5.61	NTC-5055	NOVAFORT
30-S4	pulgadas	747.00	0.813	28.00	19690.58	1.66	0.009	5.55	NTC-5055	NOVAFORT
33-S4	pulgadas	824.00	0.896	28.00	19690.58	1.75	0.009	5.48	NTC-5055	NOVAFORT
36-S4	pulgadas	900.00	0.980	28.00	19690.58	1.83	0.009	5.48	NTC-5055	NOVAFORT
39-S4	pulgadas	977.60	1.065	28.00	19690.58	1.92	0.009	6.10	NTC-5055	NOVAFORT
42-S4	pulgadas	1054.00	1.149	28.00	19690.58	2.00	0.009	6.10	NTC-5055	NOVAFORT
45-S4	pulgadas	1127.00	1.242	28.00	19690.58	2.24	0.009	6.10	NTC-5055	NOVAFORT
48-S4	pulgadas	1203.00	1.325	28.00	19690.58	2.33	0.009	6.10	NTC-5055	NOVAFORT
24-S6	pulgadas	594.70	0.656	46.00	32340.00	1.36	0.009	5.65	NTC-5055	NOVAFORT
27-S6	pulgadas	669.80	0.730	46.00	32340.00	1.58	0.009	5.61	NTC-5055	NOVAFORT
30-S6	pulgadas	746.50	0.813	46.00	32340.00	1.66	0.009	5.55	NTC-5055	NOVAFORT
33-S6	pulgadas	823.10	0.898	46.00	32340.00	1.75	0.009	5.48	NTC-5055	NOVAFORT
36-S6	pulgadas	898.40	0.980	46.00	32340.00	1.83	0.009	5.48	NTC-5055	NOVAFORT
39-S6	pulgadas	974.90	1.065	46.00	32340.00	1.92	0.009	6.10	NTC-5055	NOVAFORT
42-S6	pulgadas	1050.80	1.149	46.00	32340.00	2.00	0.009	6.10	NTC-5055	NOVAFORT
45-S6	pulgadas	1126.90	1.242	46.00	32340.00	2.24	0.009	6.10	NTC-5055	NOVAFORT
48-S6	pulgadas	1202.80	1.325	46.00	32340.00	2.33	0.009	6.10	NTC-5055	NOVAFORT
51	pulgadas	1295.00	1.363	10.00	7032.35	2.36	0.010	6.00	NTC-5070	NOVALOC
54	pulgadas	1355.09	1.423	10.00	7032.35	2.42	0.010	6.00	NTC-5070	NOVALOC
57	pulgadas	1452.00	1.516	10.00	7032.35	2.52	0.010	6.00	NTC-5070	NOVALOC
60	pulgadas	1507.24	1.586	10.00	7032.35	2.59	0.010	6.00	NTC-5070	NOVALOC

Figura 10. Tabla de las características de las tuberías disponibles

**Dirección**  
Autopista sur 71-75  
Bogotá, Colombia

**Teléfonos**  
+57 (1) 782 5000  
Ext.1101  
01 8000 912286

**Sitio web**  
www.pavcowavin.com.co



- **Diámetro Interior:** Es el diámetro interior del diámetro nominal elegido.
- **n:** El valor del coeficiente de Manning de acuerdo con el diámetro nominal elegido. Para tuberías NOVAFORT es de 0.009 y NOVALOC de 0.010.
- **Velocidad a tubo lleno (V):** Es la velocidad del agua cuando el tubo está lleno, es decir que  $q/Q = 1$ . Se calcula con la fórmula de Manning suponiendo que el flujo del alcantarillado es uniforme:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S_0^{1/2}$$

Donde, n: Coeficiente de Manning, R: Radio Hidráulico, So: Pendiente.

- **Caudal a tubo lleno (Q):** Es el caudal que transporta el tubo cuando está lleno.

$$Q(l/s) = V.A = V.\pi.\frac{D^2}{4} * 1000$$

- **Relación q/Q:** Es la relación entre el caudal real de diseño (q) y el caudal a tubo lleno. Para el pluvial esta relación debe ser menor o igual a 1.
- **Velocidad real (v):** Es la velocidad del agua con el caudal real de diseño. La velocidad mínima en sistema pluviales es aquella que genere un esfuerzo cortante en la pared de la tubería mínimo de 2.0 pa (0.2 k/m<sup>2</sup>). De otra parte, se debe verificar que la velocidad no pase de 10.0 m/s para tuberías en PVC para evitar problemas de abrasión (ver artículo 150 de la resolución 0330 de 2017)
- **Altura lámina de agua (Y):** Es la altura real del agua en el tubo medida desde la batea interna.
- **Relación Y/d:** Es la relación de la altura de la lámina de agua con respecto al diámetro interno de la tubería y debe ser menor al 93%.
- **Froude (F):** Determina si el flujo es crítico, subcrítico o supercrítico:

**Dirección**  
Autopista sur 71-75  
Bogotá, Colombia

**Teléfonos**  
+57 (1) 782 5000  
Ext.1101  
01 8000 912286

**Sitio web**  
www.pavcowavin.com.co



$$F = \frac{v}{\sqrt{gd}}$$

Esto se calcula para verificar que el régimen de flujo del agua que pasa por la tubería no es crítico y así evitar problemas en la operación.

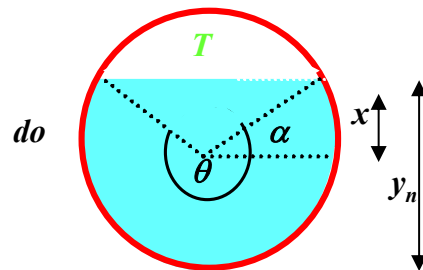
- **Esfuerzo Cortante ( $\tau$ ):** Es el esfuerzo cortante en la pared de la tubería y determina la capacidad autolimpiante del tubo. Este valor debe ser mayor ó igual a 0.20 Kg/m<sup>2</sup>. Se calcula con la siguiente ecuación.

$$\tau = \gamma.R.S$$

Donde,  $\gamma$  es el peso específico del agua residual en N/m<sup>3</sup>, R: Radio Hidráulico, S: Pendiente.

Existe una tabla auxiliar entre las columnas AK y AS, para él cálculo del radio hidráulico en función del ángulo  $\theta$ .

$$\theta = \pi + 2\arcsen\frac{y_n - d/2}{d/2}$$



$$R = \frac{1}{4} \frac{(\theta - \text{sen}\theta)}{\theta d} d^2 = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{1}{4} \left(1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta}\right) d$$

**Dirección**  
Autopista sur 71-75  
Bogotá, Colombia

**Teléfonos**  
+57 (1) 782 5000  
Ext.1101  
01 8000 912286

**Sitio web**  
www.pavcowavin.com.co



## 5. ALCANTARILLADO SANITARIO

En esta hoja se realizan los cálculos hidráulicos del alcantarillado sanitario teniendo en cuentas todas las condiciones de diseño establecidas por el RAS vigente bajo las resoluciones 0330 de 2017 y 0799 de 2021. Lo primero que hay que ingresar es la información del nombre del **proyecto** y del **diseñador** (Figura 11)

**PROYECTO:** \_\_\_\_\_

**NOTA: POR FAVOR DILIGENCIAR LOS DATOS UNICAMENTE DE LAS CASILLAS QUE SE ENCUENTRAN EN COLOR ROJO**

**DISEÑO:** \_\_\_\_\_

**Volver al menú**

Figura 11. Ingreso de identificación del proyecto

Luego, se comienza el diseño llenando las casillas con los datos necesarios

### Datos de población

En la casilla superior derecha, es necesario diligenciar los datos de población

Datos de población	
# hab / viv	
Dviv (viv/ha)	
Dpob (hab/ha)	
d percápita	

Figura 12. Datos de población

- **# hab/ viv:** Hace referencia al número de habitantes por vivienda
- **Dviv:** Hace referencia al número de viviendas por hectáreas

**Dirección**  
Autopista sur 71-75  
Bogotá, Colombia

**Teléfonos**  
+57 (1) 782 5000  
Ext.1101  
01 8000 912286

**Sitio web**  
www.pavcowavin.com.co



- **Densidad Poblacional ( hab/ha):** Resultado de multiplicar los dos parámetros anteriores.
- **Dpercápita:** Hace referencia a la Dotación Percápita (l/ha/día).

### Datos de Contribuciones (l/s ha)

Se deben ingresar los datos de contribuciones unitarias de la zona del proyecto en el cuadro superior central de la hoja en las columnas U,V y W. Si hace clic en los hipervínculos del cuadro se remite directamente a la hoja *Formulas PVC* donde se muestran los rangos establecidos.

<b>Contribución l/s/ha</b>	
<a href="#"><u>Comercial y/o Institucional</u></a>	
<a href="#"><u>Industrial</u></a>	
<a href="#"><u>Vivienda</u></a>	
<a href="#"><u>Conexiones erradas</u></a>	
<a href="#"><u>Infiltración</u></a>	

Figura 13. Tipo de contribución

- **Contribución Comercial y/o Institucional:** Para zonas netamente comerciales el caudal de aguas residuales debe estar justificado con un estudio detallado. Si no se cuenta con información seguir lo establecido en el RAS (0.5 l/s ha)
- **Contribución Industrial:** Deben ser determinados para cada caso en particular. Si no se cuenta con información seguir lo establecido en el RAS
- **Contribución por vivienda:** Corresponde a los aportes residenciales, se obtiene de multiplicar  $0.85 * D_{pob} * d_{percápita} / 86400$

**Dirección**  
Autopista sur 71-75  
Bogotá, Colombia

**Teléfonos**  
+57 (1) 782 5000  
Ext.1101  
01 8000 912286

**Sitio web**  
www.pavcowavin.com.co



- **Contribución por Conexiones erradas:** El aporte máximo de las conexiones erradas a un sistema de alcantarillado de aguas residuales existente o proyectado debe ser de hasta 0.2 l/s-ha.
- **Contribución por Infiltración:** Debe estimarse a partir de aforos en el sistema y de consideraciones sobre la naturaleza y permeabilidad del suelo, la topografía de la zona y su drenaje, la cantidad y distribución temporal de la precipitación, la variación del nivel freático con respecto a las cotas clave de las tuberías, las dimensiones, estado y tipo de tuberías, los tipos, número y calidad constructiva de uniones y juntas, el número de estructuras de conexión y demás estructuras, y su calidad constructiva. Ante la ausencia de información se acepta que la infiltración se calcule con base en un factor de 0,1 L/s ha, aplicado al área de aferencia de infiltración del alcantarillado, entendida esta como el área de las calles del sector beneficiado con el sistema.

### Tramo

- En estas casillas se pone la identificación de cada uno de los tramos.
- En la columna **inicial** se pone un 1 para indicar que es un tramo inicial, en los otros tramos esta columna se deja vacía. En la columna B (**DE**) digite el número o letra de identificación de la cámara inicial y en la columna C (**A**) la información del final del tramo. Si son tramos continuos, la cámara inicial la toma por defecto cuando ingrese el dato de la cámara final siguiente.

**Dirección**  
Autopista sur 71-75  
Bogotá, Colombia

**Teléfonos**  
+57 (1) 782 5000  
Ext.1101  
01 8000 912286

**Sitio web**  
www.pavcowavin.com.co



## Área tributaria

- **Área propia Comercial y/o Industrial:** Escriba el valor del área aportada por el tramo en hectáreas (Ha), para cada el área comercial y/o industrial.
- **Área propia Vivienda:** Escriba el valor del área aportada por el tramo en hectáreas (Ha), para cada el área de aporte doméstico.
- **Otras:** son áreas aportadas por otros tramos que llegan al tramo en cuestión. Está formulado para que tome el valor del área acumulada del tramo anterior.
- **Área Acumulada:** Es la suma del área propia + otras.
- **Población:** Se calcula a partir del área acumulada multiplicada por la densidad poblacional.

## Diseño Hidráulico

- **Caudal Medio Diario**

Se estima a partir de la suma de los aportes domésticos, industriales, comerciales e institucionales de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$Q_{md} = Q_d + Q_i + Q_c + Q_{in}$$

Donde,

$Q_{md}$  = Caudal medio diario de aguas residuales (l/s).

$Q_d$  = Caudal de aguas residuales domésticas (l/s).

$Q_i$  = Caudal de aguas residuales industriales (l/s).

$Q_c$  = Caudal de aguas residuales comerciales (l/s).

$Q_{in}$  = Caudal de aguas residuales institucionales (l/s).

**Dirección**  
Autopista sur 71-75  
Bogotá, Colombia

**Teléfonos**  
+57 (1) 782 5000  
Ext.1101  
01 8000 912286

**Sitio web**  
www.pavcowavin.com.co



- **Factor de mayoración:** Debe calcularse haciendo uso de mediciones de campo, en las cuales se tengan en cuenta los patrones de consumo de la población. En ausencia de datos de campo, se debe estimar con las ecuaciones aproximadas, teniendo en cuenta las limitaciones que puedan presentarse en su aplicabilidad. Este valor deberá estar entre 1,4 y 3,8. Se emplea la ecuación de flores establecida en el título D 3.9 del RAS

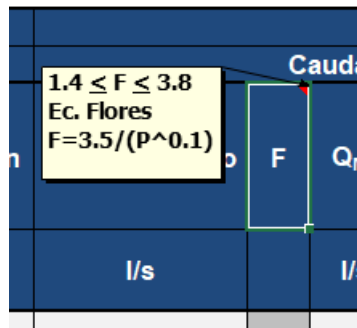


Figura 14. Factor de mayoración

- **Caudal Máximo Horario final ( Q<sub>MH</sub> )**  
Se calcula como el producto entre el Factor de mayoración y el Caudal medio diario de aguas residuales  
$$Q_{MH} = F * Q_{md}$$
- **Caudal por Conexiones erradas ( Q<sub>ce</sub> )**  
Se calcula como el producto entre la contribución por conexiones erradas y el área total acumulada.
- **Caudal por Conexiones infiltraciones ( Q<sub>inf</sub> )**  
Se calcula como el producto entre la contribución por infiltración y el área total acumulada.

**Dirección**  
Autopista sur 71-75  
Bogotá, Colombia

**Teléfonos**  
+57 (1) 782 5000  
Ext.1101  
01 8000 912286

**Sitio web**  
www.pavcowavin.com.co



- **Caudal de diseño (q):** La estimación de caudales de diseño sanitario estará dado por la siguiente expresión

$$Q_{dt} = Q_{MHf} + Q_{inf} + Q_{ce}$$

Donde,

$Q_{dt}$  = Caudal de diseño para cada tramo de la red (l/s).

$Q_{MHf}$  = Caudal máximo horario a saturación (l/s).

$Q_{inf}$  = Caudal por infiltraciones (l/s).

$Q_{ce}$  = Caudal por conexiones erradas (l/s).

Cuando el caudal de diseño calculado en uno de los tramos sea inferior a 1.5 L/s, debe adoptarse este valor como el caudal de diseño.

- **Longitud:** Ingrese la longitud horizontal del tramo de centro a centro de pozo.
- **Pendiente:** Ingrese la pendiente del tramo en porcentaje (%).
- **Diámetro Nominal:** Ingrese el diámetro nominal de tuberías para alcantarillado PAVCO, por defecto se toma el diámetro mínimo que, según la resolución 0330 de 2017, es de 200 mm, este diámetro debe ser modificado por el diseñador cuando  $q/Q > 1$ , aumentando al diámetro comercial siguiente. Se debe tener en cuenta que para ingresar diámetros de la línea NOVAFORT debe hacerse en milímetros (mm) especificando el tipo de tubería (serie 6, serie 8 o serie 4) y los de la línea NOVALOC debe hacerse en pulgadas (pulg), porque de lo contrario la hoja estará tomando valores erróneos. Únicamente se puede ingresar los valores de las tuberías fabricadas por PAVCO WAVIN, las características de las tuberías que se pueden utilizar para realizar los diseños se muestran a continuación en la Figura 15.

**Dirección**  
Autopista sur 71-75  
Bogotá, Colombia

**Teléfonos**  
+57 (1) 782 5000  
Ext.1101  
01 8000 912286

**Sitio web**  
www.pavcowavin.com.co



DATOS DE TUBERIA NOVALOC, NOVAFORT										
Diámetro Nominal	Diámetro Interno mm	Diámetro Externo m	Rigidez psi	Rigidez Kg/m <sup>2</sup>	Bd m	n	Long efec	Norma	Nombre	
110-S8	mm	39.00	0.110	57.00	40084.39	0.51	0.009	5.91	NTC-3722-1	NOVAFORT
160-S8	mm	145.00	0.160	57.00	40084.39	0.56	0.009	5.90	NTC-3722-1	NOVAFORT
200-S8	mm	182.00	0.200	57.00	40084.39	0.60	0.009	5.88	NTC-3722-1	NOVAFORT
250-S8	mm	227.00	0.250	57.00	40084.39	0.75	0.009	5.85	NTC-3722-1	NOVAFORT
315-S8	mm	284.00	0.315	57.00	40084.39	0.82	0.009	5.80	NTC-3722-1	NOVAFORT
355-S8	mm	327.00	0.355	57.00	40084.39	1.06	0.009	5.81	NTC-3722-1	NOVAFORT
400-S8	mm	362.00	0.400	57.00	40084.39	1.10	0.009	5.76	NTC-3722-1	NOVAFORT
450-S8	mm	407.00	0.450	57.00	40084.39	1.15	0.009	5.73	NTC-3722-1	NOVAFORT
500-S8	mm	452.00	0.500	57.00	40084.39	1.20	0.009	5.70	NTC-3722-1	NOVAFORT
160-S4	mm	147.00	0.160	28.00	19690.58	0.56	0.009	5.90	NTC-3722-3	NOVAFORT
200-S4	mm	185.00	0.200	28.00	19690.58	0.60	0.009	5.88	NTC-3722-1	NOVAFORT
250-S4	mm	231.00	0.250	28.00	19690.58	0.75	0.009	5.87	NTC-3722-1	NOVAFORT
315-S4	mm	291.00	0.315	28.00	19690.58	0.82	0.009	5.81	NTC-3722-1	NOVAFORT
355-S4	mm	328.00	0.355	28.00	19690.58	1.06	0.009	5.81	NTC-3722-1	NOVAFORT
400-S4	mm	370.00	0.400	28.00	19690.58	1.10	0.009	5.77	NTC-3722-1	NOVAFORT
24-S4	pulgadas	595.00	0.656	28.00	19690.58	1.36	0.009	5.65	NTC-5055	NOVAFORT
27-S4	pulgadas	670.00	0.730	28.00	19690.58	1.58	0.009	5.61	NTC-5055	NOVAFORT
30-S4	pulgadas	747.00	0.813	28.00	19690.58	1.66	0.009	5.55	NTC-5055	NOVAFORT
33-S4	pulgadas	824.00	0.898	28.00	19690.58	1.75	0.009	5.48	NTC-5055	NOVAFORT
36-S4	pulgadas	900.00	0.980	28.00	19690.58	1.83	0.009	5.48	NTC-5055	NOVAFORT
39-S4	pulgadas	977.60	1.065	28.00	19690.58	1.92	0.009	6.10	NTC-5055	NOVAFORT
42-S4	pulgadas	1054.00	1.149	28.00	19690.58	2.00	0.009	6.10	NTC-5055	NOVAFORT
45-S4	pulgadas	1127.00	1.242	28.00	19690.58	2.24	0.009	6.10	NTC-5055	NOVAFORT
48-S4	pulgadas	1203.00	1.325	28.00	19690.58	2.33	0.009	6.10	NTC-5055	NOVAFORT
24-S6	pulgadas	594.70	0.656	46.00	32340.00	1.36	0.009	5.65	NTC-5055	NOVAFORT
27-S6	pulgadas	663.80	0.730	46.00	32340.00	1.58	0.009	5.61	NTC-5055	NOVAFORT
30-S6	pulgadas	746.50	0.813	46.00	32340.00	1.66	0.009	5.55	NTC-5055	NOVAFORT
33-S6	pulgadas	823.10	0.898	46.00	32340.00	1.75	0.009	5.48	NTC-5055	NOVAFORT
36-S6	pulgadas	898.40	0.980	46.00	32340.00	1.83	0.009	5.48	NTC-5055	NOVAFORT
39-S6	pulgadas	974.90	1.065	46.00	32340.00	1.92	0.009	6.10	NTC-5055	NOVAFORT
42-S6	pulgadas	1050.80	1.149	46.00	32340.00	2.00	0.009	6.10	NTC-5055	NOVAFORT
45-S6	pulgadas	1126.90	1.242	46.00	32340.00	2.24	0.009	6.10	NTC-5055	NOVAFORT
48-S6	pulgadas	1202.80	1.325	46.00	32340.00	2.33	0.009	6.10	NTC-5055	NOVAFORT
51	pulgadas	1235.00	1.363	10.00	7032.35	2.36	0.010	6.00	NTC-5070	NOVALOC
54	pulgadas	1355.00	1.423	10.00	7032.35	2.42	0.010	6.00	NTC-5070	NOVALOC
57	pulgadas	1452.00	1.516	10.00	7032.35	2.52	0.010	6.00	NTC-5070	NOVALOC
60	pulgadas	1507.24	1.586	10.00	7032.35	2.59	0.010	6.00	NTC-5070	NOVALOC

Figura 15. Tabla de las características de las tuberías disponibles

- **Diámetro Interior:** Es el diámetro interior del diámetro nominal elegido.
- **n:** El valor del coeficiente de Manning de acuerdo con el diámetro nominal elegido. Para tuberías NOVAFORT es de 0.009 y NOVALOC de 0.010.
- Los valores de V, Q, q/Q, v, Y, y/d, F,  $\tau$  se calculan de la misma forma que se mostró para el alcantarillado pluvial. En el caso de incumplirse alguno de estos valores la celda se pondrá de color amarillo y le indicará que debe modificar el diámetro o la pendiente. Los valores límites son:
  - La velocidad mínima a tubo lleno debe ser aquella que garantice que, para el caudal máximo horario, el valor del esfuerzo cortante medio sea mayor o igual a 1.0 N/m<sup>2</sup>
  - Velocidad máxima de 10 m/s para el PVC
  - La relación Y/D debe ser menor o igual al 85%.
  - El esfuerzo cortante debe ser mayor o igual a 0.10 Kg/m<sup>2</sup>

**Dirección**  
Autopista sur 71-75  
Bogotá, Colombia

**Teléfonos**  
+57 (1) 782 5000  
Ext.1101  
01 8000 912286

**Sitio web**  
www.pavcowavin.com.co



## 7. PERFIL

Para el diseño inicialmente se debe seleccionar con qué tipo de cota se desea hacer los cálculos, con cota clave o cota batea (Ver Figura 16)

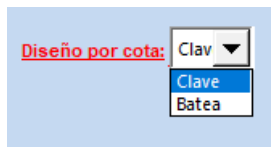


Figura 16. Selección del tipo de diseño

Dependiendo de la selección anterior, se debe ingresar la cota superior bien sea clave o batea y el programa calcula la otra.

- **Coordenadas Pozo inicial / Coordenadas Pozo final:** Se diligencian los datos correspondientes a las coordenadas X ( Este) y Y ( Norte) de los pozos inicial y final.
- **Cota clave o batea:** Es la cota clave o batea de la tubería cuando sale (superior) y llega (inferior) a la cámara o pozo. Se ingresa la cota batea o clave de los tramos iniciales y la hoja calcula los demás con base en los diámetros, longitudes y pendientes de la hoja de alcantarillado ya sea sanitario ó pluvial. Cuando hay dos tramos consecutivos, la cota batea de salida de uno es la cota batea de llegada del anterior menos una caída en la cámara o pozo. Dicha caída se calcula conservando la energía entre los dos tramos. La hoja de cálculo esta formulada para que tome la cota batea del tramo inmediatamente anterior y sea con este tramo con el que se haga la conservación de energía; para los casos en los que a un pozo lleguen más de un tramo, se debe **MODIFICAR** la fórmula para que se tome la cota batea del tramo más bajo y con mayor caída por conservación de energía.
- **Cota rasante:** Es la cota del terreno.
- **Tipo de rasante:** Debe introducir este dato, como un número entero entre 1 y 4, al seleccionar la casilla se despliega un cuadro con las opciones (Ver Figura 17).

**Dirección**  
Autopista sur 71-75  
Bogotá, Colombia

**Teléfonos**  
+57 (1) 782 5000  
Ext.1101  
01 8000 912286

**Sitio web**  
www.pavcowavin.com.co



Cota	Tipo de rasante	Recubrimiento $\geq 0.90$ m	
		Super	Infer
1.67	1	1.33	1.28

Pavimento	1
Afirmado	2
Relleno	3
Andén	4
Zona Verde	5

Figura 17. Especificación del Tipo de rasante

- **Recubrimiento:** Calcula la profundidad a la que va a quedar enterrada la tubería (profundidad a la clave) y debe estar entre 5 m (máximo) y 0.90 m (recomendado) dependiendo del tipo de rasante. Esta celda se resaltará si el valor no es adecuado. Para los casos donde la tubería quede recubierta menos de los 0.90 m hasta los 0.60 m, debe especificarse una cimentación especial
- **Pozo repetido:** Esta casilla le informa con el número 1, si al pozo inicial está llegando más de un tramo. Si esto ocurre debe **MODIFICAR** la fórmula para que se tome la cota batea del tramo más bajo y con mayor caída por conservación de energía. Si en la casilla aparece el error #N/A, quiere decir que a este pozo solamente llega una tubería o es un pozo inicial.
- **Cabeza de energía**  $\left(\frac{V^2}{2g}\right)$  = Calcula la cabeza energía en ese tramo.
- **Energía Especifica:** Es la cabeza de energía + la altura de la lamina de agua.
- **Alineamiento:** Es la pendiente del terreno en %, calculada como

$$\frac{CotaRasanteSup - CotaRasanteInf}{Distancia} * 100$$

**Dirección**  
Autopista sur 71-75  
Bogotá, Colombia

**Teléfonos**  
+57 (1) 782 5000  
Ext.1101  
01 8000 912286

**Sitio web**  
www.pavcowavin.com.co



- **Pérdidas de energía:** Las pérdidas en el colector principal por efectos de la unión con otros ó por cambios de dirección. Para esto se calcula una cota clave sugerida. La metodología se describe a continuación (Tomado de Pérez Rafael, 2013):

- **Régimen subcrítico**

**Perdida de energía por cambio de dirección del colector principal (HC):** Según la relación  $rc/\phi$ , donde  $rc$  es el radio de curvatura y  $\phi$  el diámetro.

**Caída en la batea de la estructura (Hp):** Es la diferencia de las cotas de energía del colector de salida y el colector principal que llega.

**Perdida de energía por intersección (He)**

**Diferencias de energías (HE):** Diferencia entre las energías específicas del colector salida y del colector principal que llega a la estructura pozo.

$$H_p = HC - H_e$$

$$H_e = HE + 0.2 (H_{v2} + H_{v1})$$

- **Régimen supercrítico**

Dependiendo del caudal y el diámetro de la tubería de salida puede o no sumergirse la entrada de esta, y dependiendo de la situación el comportamiento hidráulico y por ende el cálculo es diferente.

Cuando la entrada no se sumerge se puede usar la ecuación:

$$\frac{H_w}{\phi} = K \left( \frac{H_c}{\phi} + \frac{H_e}{\phi} \right)$$

Válida para valores de

**Dirección**  
Autopista sur 71-75  
Bogotá, Colombia

**Teléfonos**  
+57 (1) 782 5000  
Ext.1101  
01 8000 912286

**Sitio web**  
www.pavcowavin.com.co



$$\frac{Q_d}{\phi^2 \sqrt{\phi g}} < 0.62$$

Donde,

**H<sub>c</sub>**= Energía específica para las condiciones de flujo crítico

$$H_c = Y_c + \frac{V_c^2}{2g}$$

**H<sub>e</sub>**= Incremento de la cabeza debido a las pérdidas y que empíricamente se ha encontrado igual a:

$$\frac{H_e}{\phi} = 0.589 \left( \frac{Q_d}{\phi^2 \sqrt{\phi g}} \right)^{2.67}$$

**K**= Coeficiente que depende de la relación entre el diámetro del pozo y el diámetro de la tubería.

$$K = 1.2 \text{ para } \frac{\text{Diámetro Pozo}}{\text{Diámetro Tubería}} > 2.0 \quad \mathbf{y}$$

$$K = 1.5 \text{ para } \frac{\text{Diámetro Pozo}}{\text{Diámetro Tubería}} < 1.3$$

Cuando la entrada se sumerge la ecuación ajustada al fenómeno es:

$$\frac{H_w}{\phi} = K \left[ 0.70 + 1.91 \left( \frac{Q_d}{\phi^2 \sqrt{\phi g}} \right)^2 \right] \text{ Cuando } \frac{Q_d}{\phi^2 \sqrt{\phi g}} > 0.62$$

En caso de resultar H<sub>e</sub> negativo, no se tendrá en cuenta para el cálculo de la caída de la batea de la estructura porque equivaldría a una elevación de la misma del colector de salida con respecto al colector de entrada. Las cotas de energía de los colectores afluentes, serán iguales o mayores a la cota de energía del colector de salida del pozo, una vez restadas las pérdidas.

**Dirección**  
Autopista sur 71-75  
Bogotá, Colombia

**Teléfonos**  
+57 (1) 782 5000  
Ext.1101  
01 8000 912286

**Sitio web**  
www.pavcowavin.com.co



## 8. CIMENTACIÓN

El objetivo de esta hoja de cálculo es diseñar el tipo de compactación y material a utilizar para una adecuada cimentación de la tubería que garantice la estabilidad del sistema. Para su cálculo solo es necesario ingresar el **Tipo de Relleno y el Tipo de carga** a la que estará sometida la tubería.

- **Tramo y Diámetro:** estos datos la hoja los trae automáticamente.
- **Ancho de la zanja (Bd):** El ancho medio de la zanja es el diámetro exterior de la tubería más 0.40 para tuberías hasta de 42". Para tuberías de 45" a 60" es el diámetro exterior de la tubería mas 0.60 m.
- **Ancho de la tubería (Bc):** Es el diámetro externo de la tubería.
- **Altura del relleno (H):** Se calcula como el promedio del recubrimiento del punto inicial (salida) y final (llegada) del tramo.
- **Presión del suelo (P):** Se calcula como el peso unitario del suelo multiplicado por la altura del relleno.
- **Tipo de relleno:** ingrese el número correspondiente al tipo de relleno, para obtener el peso unitario que aplica en el cálculo de las cargas muertas. En la casilla correspondiente resaltada en azul se desplegará un cuadro con la descripción del suelo y el número correspondiente a ser asignado (ver Figura 18).



**Dirección**  
Autopista sur 71-75  
Bogotá, Colombia

**Teléfonos**  
+57 (1) 782 5000  
Ext.1101  
01 8000 912286

**Sitio web**  
www.pavcowavin.com.co



- **Presión de la carga viva (Pv):** Se calcula como la Carga viva sobre el diámetro exterior.
- **Presión Total (Pt):** Es la suma de la presión del suelo (carga muerta) y la de la carga viva.
- **Presión Total (Pt) Crítica:** Es el valor máximo de la presión total Pt entre los extremos del tubo y el valor promedio.
- **Factores de deflexión (DL y K):** Son constantes empíricas conocidas, para el cálculo de la deflexión. Tomadas de Uni-Bell, K es la constante de encamado que en nuestro caso es 0.1 y DL es el factor de deflexión que cuando las cargas se calculan como condición de zanja es igual a 1.5 y cuando se hace con condición prisma es igual a 1.0. Para nuestras tablas se toma un valor de DL igual a 1.0.
- **Rigidez de la tubería:** Para tuberías NOVAFORT se manejan rigideces de 57 PSI, mientras que para la línea NOVALOC son de 10 PSI para diámetros de 24" a 54" y de 8 PSI para la de 60".
- **Módulo de la reacción del suelo (E'):** Es la capacidad del suelo de resistir deflexión y depende del tipo de suelo y del grado de compactación del mismo.
- **Deflexión:** Este dato se calcula a partir de la rigidez (dato de la tubería) y las características del suelo (E'; tipo y grado de compactación), si está por debajo del 7.5% indica que la cimentación es adecuada, si no cambie los datos aumentando el grado de compactación, el tipo de suelo o ambos hasta obtener la deflexión adecuada. Cuando el suelo natural es muy malo y la deflexión no cumple, puede también aumentar el ancho de zanja (Bd).

La formula para este cálculo es:

$$Deflexión = \frac{DL \times K \times P + K + W(100)}{0.149 \times PS + 0.061 \times E'}$$

Donde, DL y K constantes empíricas, P: Presión de carga muerta, W: Presión de carga Viva; Ps: Rigidez Tubería; E': Módulo de elasticidad.

**Dirección**  
Autopista sur 71-75  
Bogotá, Colombia

**Teléfonos**  
+57 (1) 782 5000  
Ext.1101  
01 8000 912286

**Sitio web**  
www.pavcowavin.com.co



- **Cimentación:** ingrese el número del tipo de material disponible para la cimentación así como el grado de compactación. Los números están asignados en la parte superior derecha de la hoja de cálculo. Se debe diseñar una cimentación que esté acorde con el tipo de rasante (pavimento, afirmado, relleno, andén y zona verde) y con las condiciones particulares del proyecto como presencia de niveles freáticos, profundidades de recubrimiento críticas, pendientes de tramo mayores al 15%, suelo circundante, entre otras.  
Si el terreno de fundación es muy malo puede ingresar los datos del módulo de elasticidad del suelo natural en las casillas al lado derecho, se calculará el E' para el cálculo de la deflexión.

- **Presión admisible de pandeo  $q_a$  (kg/m<sup>2</sup>):** Es calculada a partir de la formula

$$q_a = \left( \frac{I}{FS} \right) \left( 32 R_w B' E' \frac{EI}{D^3} \right)^{1/2}$$

donde:

$q_a$  = Presión admisible de pandeo (Pa)  
FS = Factor de seguridad  
 $R_w$  = Factor de flotación del agua  
 $B'$  = Coeficiente empírico de soporte elástico  
 $E'$  = Módulo de reacción de la subrasante (Pa)  
D = Diámetro nominal de la tubería (m)

- **Pandeo' (kg/m<sup>2</sup>)**

$$\gamma_w h_w + R_w \frac{W_D}{B_c} + \frac{W_L}{B_c}$$

donde

$h_w$  = altura de la superficie del agua por encima de la tubería (m)  
 $\gamma_w$  = peso específico del agua (kN/m<sup>3</sup>)  
 $P_v$  = presión interna de vacío (kPa)  
 $W_d$  = carga muerta sobre la tubería (kN/m)  
 $W_L$  = carga viva actuante sobre la tubería por unidad de longitud (kN/m)  
BC = diámetro externo de la tubería (m)

**Dirección**  
Autopista sur 71-75  
Bogotá, Colombia

**Teléfonos**  
+57 (1) 782 5000  
Ext.1101  
01 8000 912286

**Sitio web**  
www.pavcowavin.com.co



- **Revisión Pandeo**

$$\gamma_w h_w + R_w \frac{W_D}{B_c} + \frac{W_L}{B_c} \leq q_a$$

Si se presenta lámina de agua (**Altura de agua**) sobre la tubería hay que indicarlo en la columna X para esta revisión.

- **$\sigma_c$  ( Esfuerzo de compresión)**

$$\sigma_c = \frac{W_T B_c}{2 A}$$

donde:

WT: Carga total sobre la tubería [kN/m].  
Bc: Diámetro exterior de la tubería [m].  
A: Área de la sección transversal [m<sup>2</sup>].

- **Estado de Rotura:** El PVC alcanza un esfuerzo máximo de compresión dc max = 67500 kN/m<sup>2</sup>.

**Dirección**  
Autopista sur 71-75  
Bogotá, Colombia

**Teléfonos**  
+57 (1) 782 5000  
Ext.1101  
01 8000 912286

**Sitio web**  
www.pavcowavin.com.co



## 9. CANTIDAD DE OBRA-DATOS

En esta hoja se recopila toda la información para el cálculo de cantidades de obra y de tubería. Se realiza el cálculo de la longitud real de la tubería en perfil y sabiendo que en la realidad no va de centro a centro de pozo, sino de pared a pared de pozo. Adicionalmente se calcula el volumen de excavación y el entibado para los casos en los que la altura del relleno final sobrepasa los 3.0 m. El único dato que es necesario ingresarle es dos veces el espesor de la pared del pozo que es un dato que nos ayuda a conocer la longitud real del tramo. Todos los datos de esta hoja pueden y deben ser modificados para acomodarse a los requerimientos de su diseño particular. (Ver Figura 19).

CANTIDADES DE OBRA - DATOS								
Clave	Recubrimiento		Diam Ext Cámara		Long real tubería m	Volumen tubería m <sup>3</sup>	Altura relleno final m	
	Inf	Sup	Sup Di+2e	Inf Di+2e				

Figura 19. Especificación del espesor del tubo

**Dirección**  
Autopista sur 71-75  
Bogotá, Colombia

**Teléfonos**  
+57 (1) 782 5000  
Ext.1101  
01 8000 912286

**Sitio web**  
www.pavcowavin.com.co



## 10. CANTIDAD DE OBRA-TRAMOS

En esta hoja se obtiene la cantidad de obra en términos de cimentación, volúmenes de relleno inicial y final. Los únicos datos que deben ser ingresados por el usuario en esta hoja son los de la **estructura de la vía** que se encuentran entre las celdas Z5 y Z7 (Ver Figura 20)

ESTR. VÍA	ALTURA (m)
Pavimento	
Base	
Subbase	

Figura 20. Características de la vía

- **Cámaras:** Muestra el número de cámaras o pozos que se deben tener en cada nodo dependiendo del diámetro de la tubería entrante o saliente. De esta manera se pueden tener pozos con diámetro interior de 1.2 m, 1.5 m, y 2.0 m. Las áreas de concreto están calculadas para el fondo de la cámara únicamente y también se calcula la altura de la cámara con un espesor de 20 cm.
- **Cimentación:** El volumen es calculado como 0.15m de encamado y hasta la mitad del diámetro exterior con el tipo de material que fue seleccionado en el diseño de la cimentación
- **Relleno Inicial:** Está calculado como la mitad del diámetro externo y hasta 15cm sobre el lomo del tubo. Para profundidades menores a 90 cm, cuando la rasante es una vía, el pavimento hace parte de este relleno, por lo tanto, el espesor sobre la clave será menor.

**Relleno Final:** De acuerdo con el tipo de rasante del tramo es calculado el volumen de cada material, teniendo en cuenta que el que va desde 15 cm por encima del lomo o clave de la tubería hasta la rasante. Cuando se tiene vía se pueden considerar algunas alturas tipo, esto es: 0.50m de subbase, 0.20m de

**Dirección**  
Autopista sur 71-75  
Bogotá, Colombia

**Teléfonos**  
+57 (1) 782 5000  
Ext.1101  
01 8000 912286

**Sitio web**  
www.pavcowavin.com.co



base y 0.10 m de pavimento y el resto con material de relleno. Estos datos pueden ser modificados de acuerdo con requerimientos particulares

- Todos los datos de esta hoja pueden y deben ser modificados para acomodarse a los requerimientos de su diseño particular.

En la parte final de la hoja hay una columna (AA) denominada Chequeo que debe aparecer sin números (ni positivos ni negativos), en el caso de aparecer los números como se muestran en la Figura 21 se debe chequear que los datos de entrada de las hojas anteriores estén completos y consistentes porque lo que está mostrando es que no hay equilibrio entre el volumen del material que se excava y el que se rellena. Cuando se presentan este tipo de errores puede ser faltan datos en la hoja de perfil

Pavimento	Chequeo
11.03	
7.55	
6.39	
9.33	
	-621.42
	-435.69
	-489.39

Figura 21. Chequeo de las cantidades de obra

**Dirección**  
Autopista sur 71-75  
Bogotá, Colombia

**Teléfonos**  
+57 (1) 782 5000  
Ext.1101  
01 8000 912286

**Sitio web**  
[www.pavcowavin.com.co](http://www.pavcowavin.com.co)



## 11. CANTIDAD DE OBRA-TOTAL Y CANTIDAD DE TUBERÍA TOTAL

En estas hojas se totalizan las cantidades de obra y de tubería del proyecto ingresado en el libro. En cantidad de tubería total debe oprimir el botón Actualizar Tabla para que la información sea recalculada después de introducir datos nuevos, además puede discriminar el tipo de tubería, NOVALOC o NOVAFORT.

**Dirección**  
Autopista sur 71-75  
Bogotá, Colombia

**Teléfonos**  
+57 (1) 782 5000  
Ext.1101  
01 8000 912286

**Sitio web**  
[www.pavcowavin.com.co](http://www.pavcowavin.com.co)



## 12.EXPORT

El objetivo de esta hoja es convertir automáticamente la información hidráulica, geométrica y de características de las redes de alcantarillado (la cual se presenta en las pestañas pluvial, sanitario y perfil) en un archivo. INP compatible con el software de modelación hidráulica EPA-SWMM versión 5.2, garantizando de esta manera trazabilidad de la información, reducción de errores de digitación y ahorros en tiempos en la creación de la topología del sistema.

EPA-SWMM (Storm Water Management Model) es un software gratuito desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) que permite modelar el comportamiento hidráulico e hidrológico de sistemas de alcantarillado sanitario, pluvial o combinado. Permite modelar y revisar niveles de lámina de agua, velocidades, capacidad hidráulica, identificación de presurización, reboses o remansos.

A continuación, el detalle del procedimiento a emplearse:

1. Es necesario revisar y validar que la información que se trae de manera automática de las demás pestañas sea coherente y consistente con el diseño planteado. Estos valores de las características de los nodos(pozos) serán el input de entrada para la generación del archivo. Inp.
  - **ID (-):** Toma el consecutivo asignado para el nombre del pozo
  - **Coordenada X y Y:** Se trae la información de coordenadas Este y Norte digitadas previamente en la pestaña perfil.
  - **Cota Rasante(msnm):** Se trae la información de la cota rasante digitada previamente en la pestaña perfil.
  - **Cota Batea (msnm):** Se trae la información de la cota batea digitada previamente en la pestaña perfil.
  - **Profundidad(m):** Hace referencia a la diferencia que hay entre la cota rasante del pozo y la cota batea o fondo del pozo

**Dirección**  
Autopista sur 71-75  
Bogotá, Colombia

**Teléfonos**  
+57 (1) 782 5000  
Ext.1101  
01 8000 912286

**Sitio web**  
www.pavcowavin.com.co



- **Caudal (l/s):** Se refiere al caudal puntual que se le ingresa a cada nodo o pozo. Es importante aclarar que la hoja de cálculo de PAVCO WAVIN esta pensada para el dimensionamiento de alcantarillado bajo flujo uniforme, por lo que la evaluación hidráulica tramo a tramo va acumulando caudales. De esta manera la información ingresada en este campo debe corresponder a la diferencia que hay entre los aportes que salen del nodo y los que llegan.

PAVCO WAVIN acueducto AGUA Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ GEI						
NODOS ( POZOS)						
ID	Coordenada X	Coordenada Y	Cota Rasante	Cota Batea	Profundidad	Caudal
(-)	Este	Norte	msnm	msnm	m	l/s

Figura 22. Información de entrada en nodos (pozos) para generación archivo. inp

2. Es necesario revisar y validar que la información importada automáticamente desde las demás pestañas sea coherente y consistente con el diseño planteado. Estos valores, correspondientes a las características de la red, constituyen los datos de entrada para la generación del archivo. Inp. Para lo anterior, es importante verificar que, en caso de haberse creado filas adicionales en algunas de las pestañas (pluvial, sanitario, perfil o export), la formulación se mantenga de manera consecutiva, con el fin de evitar saltos o pérdidas de información durante el proceso de exportación.
  - **ID (-):** Hace referencia al nombre asignado al tramo, por defecto, de acuerdo con la formulación de la hoja, se tomará el dato del nombre del ID del pozo inicial \_ID del pozo final.
  - **Nodo Inicial y Nodo Final:** Tomo el dato del ID del pozo inicial y pozo final respectivamente proveniente de la pestaña perfil.

**Dirección**  
Autopista sur 71-75  
Bogotá, Colombia

**Teléfonos**  
+57 (1) 782 5000  
Ext.1101  
01 8000 912286

**Sitio web**  
www.pavcowavin.com.co



- **Diámetro (m):** Se trae la información proveniente del diámetro de la tubería a partir de lo establecido en la pestaña perfil.
- **Inlet Offset(m):** Corresponde al desnivel o distancia que hay entre la batea o fondo del pozo inicial y la batea de salida del tubo inicial. Este valor por defecto en la formulación de la hoja de cálculo se encuentra en cero. Si el usuario requiere hacer el ajuste puede modificar este campo.

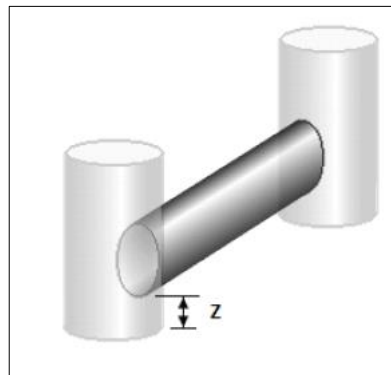


Figura 23. Inlet Offset = Depth

- **Outlet Offset(m):** Corresponde al desnivel o distancia que hay entre la batea o fondo del pozo final y la batea de entrada del tubo que llega.
- **Coefficiente pérdidas a la entrada / salida (-):** Hace referencia a los coeficientes de pérdidas exclusivamente a conducto de entrada / salida. Si bien, en EPA-SWMM las pérdidas locales se asignan a los conductos, estas representan las pérdidas hidráulicas que se generan en los pozos o nodos de la red. Este valor por defecto en la formulación de la hoja de cálculo se encuentra en cero, el usuario de acuerdo con las necesidades puede modificar dicho valor.
- **Coefficiente de pérdidas medio(-):** Hace referencia a pérdidas adicionales a lo largo del tramo. Este valor por defecto en la formulación de la hoja de cálculo se encuentra en cero, el usuario de acuerdo con las necesidades puede modificar dicho valor

**Dirección**  
Autopista sur 71-75  
Bogotá, Colombia

**Teléfonos**  
+57 (1) 782 5000  
Ext.1101  
01 8000 912286

**Sitio web**  
www.pavcowavin.com.co



- **Longitud(m):** Se trae la información proveniente de la longitud del tramo de la tubería a partir de lo establecido en la pestaña pluvial o sanitario (según aplique).
- **n de Manning (-):** Se trae la información proveniente de la rugosidad del material de la tubería a partir de lo establecido en la pestaña pluvial o sanitario (según aplique)

3. Una vez revisada y consolidada la información de los pasos anteriores, se tienen ya los datos de entrada para la correspondiente construcción del archivo. inp que permitirá exportar a EPA-SWMM, es decir, ya se tendrá la información topológica de las redes (asignación de geometrías y cotas), características de las redes (material, diámetro, tipo de sección) y aportes de caudal datos en l/s. Sin embargo, es importante aclarar que como parte de la rutina interna que genera la presente hoja de cálculo se consideran las siguientes condiciones en cuanto a parámetros hidráulicos de modelación

- Rutina de modelación= Onda dinámica
- Ecuación de fricción= D-W Darcy Weisbach
- Link Offsets= Depth (profundidades desde el fondo del pozo)
- Pérdidas locales = Las definidas en el numeral anterior.
- Tipo de descarga = Libre
- Permitir encharcamiento = NO
- SKIP\_STEADY\_STATE=NO
- START\_DATE/TIME= Toma por defecto la fecha y hora en la que se genera el. inp
- END\_DATE/TIME= 24 horas después.
- REPORT\_STEP= Cada 15 minutos
- ROUTING\_STEP= Cada 30 segundos

**Dirección**  
Autopista sur 71-75  
Bogotá, Colombia

**Teléfonos**  
+57 (1) 782 5000  
Ext.1101  
01 8000 912286

**Sitio web**  
www.pavcowavin.com.co



4. Se procede a ejecutar el botón “Exportar. INP”, como el que se muestra en la siguiente imagen

GENERACIÓN ARCHIVO .INP PARA MODELACIÓN EN EPA SWMM

DATOS DE LA RED										
Caudal	ID	Nodo Inicial	Nodo Final	Diámetro	Inlet Offset	Outlet Offset	Coefficiente pérdidas a la entrada	Coefficiente pérdidas a la salida	Coefficiente de pérdidas medio	Longitud
l/s	(-)	(-)	(-)	m	m	m	(-)	(-)	(-)	m

Figura 24. Botón “Exportar.INP”

Automáticamente saldrá la siguiente advertencia

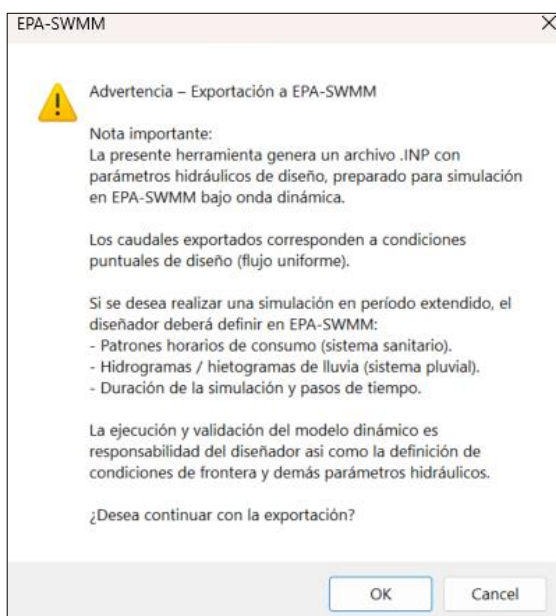


Figura 25. Advertencia-Exportación a EPA-SWMM

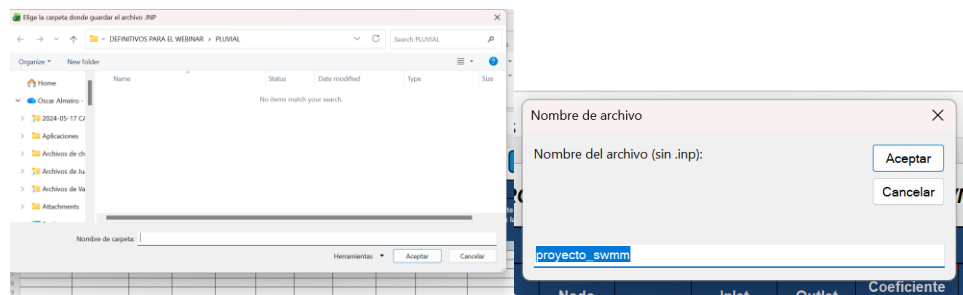
**Dirección**  
Autopista sur 71-75  
Bogotá, Colombia

**Teléfonos**  
+57 (1) 782 5000  
Ext.1101  
01 8000 912286

**Sitio web**  
www.pavcowavin.com.co

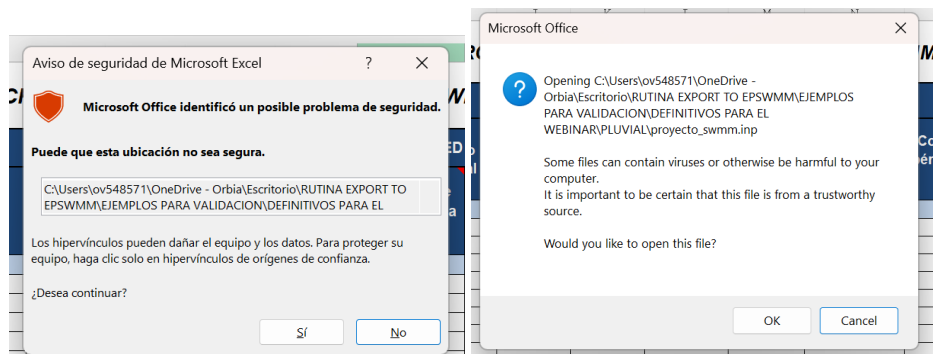


Al darse ok, y aceptar las limitaciones y consideraciones de la herramienta se despliegan una serie de ventanas para seleccionar la carpeta donde se guardará el archivo y el nombre que se le desea indicar.



**Figura 26. Asignación carpeta para guardar archivo/ definición del nombre.**

Posteriormente es necesario validar avisos de seguridad como los que se muestra a continuación.



**Figura 27. Validación de alertas de seguridad.**

Finalmente se generará el archivo. INP con toda la estructura requerida para ser abierto satisfactoriamente en el software de modelación EPA-SWMM y en donde el usuario ya podrá hacer sus validaciones hidráulicas correspondientes en flujo gradualmente variado y no permanente acorde a la normatividad local vigente.

**Dirección**  
Autopista sur 71-75  
Bogotá, Colombia

**Teléfonos**  
+57 (1) 782 5000  
Ext. 1101  
01 8000 912286

**Sitio web**  
www.pavcowavin.com.co



Microsoft Excel

Archivo INP generado y abierto:  
C:\Userstov548571\OneDrive - Orbia\Escritorio\RUTINA EXPORT TO EPSWMM\EMPLOS PARA VALIDACION\DEFINITIVOS PARA EL WEBINAR\PLUVIAL\proyecto\_swmm.inp

OK

```

proyecto_swmm.inp - Notepad++
File Edit View
;;Name Elevation Type Stage Data Gated RouteTo
V1 998.6 FREE NO

[CONDUITS]
;;Name FromNode ToNode Length Roughness InOffset OutOffset InitFlow MaxFlow
C1_C2 C1 C2 82. 0.009 0. 0. 0 0
C2_C4 C2 C4 25. 0.009 0. 0. 0 0
C4_C5 C4 C5 82. 0.009 0. 0. 0 0
C5_C6 C5 C6 25. 0.009 0. 0. 0 0
C6_C7 C6 C7 82. 0.009 0. 0. 0 0
C7_C8 C7 C8 33. 0.009 0. 0. 0 0
C8_V1 C8 V1 25. 0.009 0. 0. 0 0
C3A_C3 C3A C3 74. 0.009 0. 0. 0 0
C3_C5 C3 C5 25. 0.009 0. 0. 0 0

[SECTIONS]
;;Link Shape Geom1 Geom2 Geom3 Geom4 Barrels
C1_C2 CIRCULAR 0.182 0 0 0 1
C2_C4 CIRCULAR 0.182 0 0 0 1
C4_C5 CIRCULAR 0.182 0 0 0 1
C5_C6 CIRCULAR 0.182 0 0 0 1
C6_C7 CIRCULAR 0.182 0 0 0 1
C7_C8 CIRCULAR 0.182 0 0 0 1
C8_V1 CIRCULAR 0.182 0 0 0 1
C3A_C3 CIRCULAR 0.182 0 0 0 1
C3_C5 CIRCULAR 0.182 0 0 0 1

```

Figura 28. Generación archivo .inp

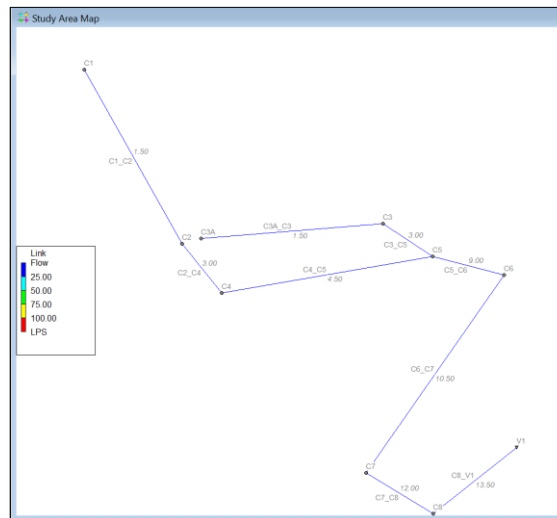


Figura 29. Archivo .inp abierto en EPA-SWMM 5.2.