

Hidráulica Termoplus

MANUAL DE USUARIO SOFTWARE HTP DRENAJE URBANO

Versión 2021



Descarga el Software Gratis



MANUAL DE USUARIO DEL SOFTWARE HTP

MÓDULO DRENAJE URBANO

Versión 2021

HIDRÁULICA TERMO PLUS S.A. DE C.V.

3ª Cerrada de la 23 Sur 4501
Colonia Granjas Atoyac
C.P. 72400, Puebla, Puebla
Tel: 01 (222) 2 30 53 93

Arq. Rodrigo Felipe Sánchez Conde
Coordinador General.

Ing. Verulo Alejandro Castro Ortíz
Coordinador de Ingeniería.

Ing. Alma Rebeca De la Rosa Abriz
Ing. Luis David Morales Aldana
Coordinadores de la publicación.

Ing. Ana Karen Sánchez Pérez.
Ing. Elizabeth Rosario Hernández Barrientos
Colaboradores.

MANUAL DE USUARIO DEL SOFTWARE HTP

Módulo Drenaje Urbano

Versión 2021

Revisión 3.0.0

Autor: Hidráulica Termo Plus S.A. de C.V.

Edición 2021

ISBN: En tramite

Impreso y hecho en México

Distribución gratuita. Prohibida su venta

Se autoriza la reproducción sin alteraciones del material
Contenido en esta obra, sin fines de lucro y citando la fuente.

Contenido

1.	REQUISITOS MÍNIMOS DEL SISTEMA	1
2.	REGISTRO Y DESCARGA DEL SOFTWARE.....	1
3.	INSTALACIÓN.....	2
4.	INICIO DE SESIÓN.....	4
5.	INTRODUCCIÓN	4
6.	FUNDAMENTOS TÉCNICOS DEL SOFTWARE.....	6
6.1.	DISEÑO HIDRÁULICO	6
6.1.1	<i>Tipos de flujo</i>	<i>6</i>
6.1.2	<i>Flujo a Superficie Libre</i>	<i>6</i>
6.1.3	<i>Elementos geométricos de una sección circular</i>	<i>7</i>
6.1.4	<i>Ecuación de Manning.....</i>	<i>2</i>
6.1.5	<i>Coefficiente de Manning para diferentes tuberías</i>	<i>11</i>
6.1.6	<i>Tipos de análisis.....</i>	<i>12</i>
6.1.7	<i>Efectos de la pendiente.....</i>	<i>12</i>
7.	DISEÑO SANITARIO	12
7.1	INTRODUCCIÓN	12
7.2	DETERMINACIÓN DE LA POBLACIÓN DE PROYECTO	13
7.2.1	<i>Mínimos Cuadrados</i>	<i>13</i>
7.2.2	<i>Logarítmica.....</i>	<i>14</i>
7.2.3	<i>Exponencial.....</i>	<i>14</i>
7.2.4	<i>Potencial</i>	<i>15</i>
7.2.5	<i>Crecimiento por Comparación.....</i>	<i>15</i>
7.2.6	<i>Geométrico.....</i>	<i>16</i>
7.2.7	<i>Interés compuesto.....</i>	<i>16</i>
7.3	GASTOS DE DISEÑO	16
7.3.1	<i>Gasto medio.....</i>	<i>16</i>
7.3.2	<i>Gasto mínimo.....</i>	<i>17</i>
7.3.3	<i>Gasto máximo instantáneo.....</i>	<i>17</i>
7.3.4	<i>Gasto máximo extraordinario.....</i>	<i>18</i>
7.4	CALCULO DEL DIÁMETRO	18
8.	ALCANTARILLADO PLUVIAL	18
8.1	INTRODUCCIÓN	18
8.2	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN	19
8.2.1	<i>Flujo en lámina o sobre el terreno.....</i>	<i>19</i>
8.2.2	<i>Flujo concentrado en cauces naturales</i>	<i>20</i>
8.2.3	<i>Flujo en canales revestidos, tuberías o alcantarillas y cunetas de calles.....</i>	<i>21</i>
8.3	INTENSIDAD DE LA LLUVIA DE DISEÑO	21
8.3.1	<i>Polígonos de Thiessen.....</i>	<i>22</i>
8.3.2	<i>Curvas intensidad- duración- frecuencia</i>	<i>23</i>
8.3.3	<i>Datos de precipitación.....</i>	<i>28</i>
8.3.4	<i>Corrección por intervalo fijo.....</i>	<i>29</i>
8.3.5	<i>Análisis de frecuencia</i>	<i>29</i>

8.4	CAUDALES DE PROYECTO.....	37
8.4.1	<i>Racional</i>	37
8.4.2	<i>Tr-55</i>	38
8.4.3	<i>Chow</i>	40
8.4.4	<i>Hidrograma Unitario Triangular</i>	41
8.5	DETERMINACIÓN DE VOLUMEN DE REGULACIÓN.....	41
8.5.1	<i>Método volumétrico CONAGUA</i>	42
8.5.2	<i>IDF</i>	44
8.5.3	<i>JAMES C. Y GUO</i>	45
8.5.4	<i>Hidrogramas triangulares</i>	47
8.5.5	<i>TR-55</i>	48
9.	INTERFAZ DE USUARIO HTP	50
9.1	ENTORNO DE AUTOCAD.....	50
9.2	INICIO HTP.....	52
9.2.1	GENERAR REDES.....	52
9.2.1.1	<i>Redes</i>	52
9.2.1.2	<i>Pozos</i>	54
9.2.1.3	<i>Tramos</i>	55
9.3	HIDROLOGÍA.....	56
9.3.1	<i>Cuencas</i>	56
9.3.2	<i>Nube de Estaciones</i>	58
9.3.3	<i>IDF</i>	62
9.3.4	<i>Métodos de Precipitación</i>	66
9.4	TIPO DE SERVICIO.....	68
9.4.1	<i>Sanitario</i>	69
9.4.2	<i>Pluvial</i>	69
9.4.3	<i>Retención/Detención</i>	70
9.4.4	<i>Herramientas de Diseño</i>	71
9.5	CALCULO HIDRÁULICO.....	72
9.6	AJUSTES DE RED.....	74
9.6.1	<i>Perfil hidráulico</i>	74
9.6.2	<i>Modificar geometría</i>	76
9.6.3	<i>Herramientas</i>	78
9.7	TABLA DE CÁLCULO, VOLUMEN DE OBRA Y CATÁLOGO DE CONCEPTOS.....	83
10.	EJEMPLOS	85
10.1	DRENAJE PLUVIAL.....	85
10.2	SISTEMA DE REGULACIÓN.....	89
10.3	DRENAJE SANITARIO.....	91
10.4	EJERCICIOS TUTORIALES.....	93
10.5	CURSO DE CAPACITACIÓN.....	93
11.	ANEXOS	94
11.1	FIGURAS.....	94
11.2	GRAFICAS.....	95
11.3	TABLAS.....	95
12.	BIBLIOGRAFÍA	97

1. Requisitos mínimos del sistema

Antes de iniciar la instalación asegúrese de contar con una versión de AutoCAD 2013-2019 en el equipo y cumplir con los requisitos mínimos del sistema. Éstos están sujetos principalmente a los requerimientos de AutoCAD ya que HTP 2021 es una aplicación o complemento.

Requerimientos mínimos:

- Sistema Operativo Windows: 7 y 10. (Excepto 8, 8.1)
- Microsoft Office Excel: 2013, 2016 y 360. (**Licencia Activada**)
- Autodesk AutoCAD: 2013 o superior. (Excepto versiones LT)
- Conexión a Internet.
- Espacio en Disco: 300 MB.
- Net Framework 4.5.
- Resolución mínima 1360x768 p

Si el sistema no cumple dichos requisitos, se pueden producir diversos problemas, tanto en la ejecución del producto como en el sistema operativo.

2. Registro y descarga del software

Para tener acceso a la descarga y licencia de la aplicación, así como para cualquier contenido gratuito del sitio, debe ser usuario registrado en www.termoplus.mx de modo que debe ingresar

con nombre de usuario y contraseña a dicha plataforma electrónica. El registro es gratuito.



Figura 1. Acceso a la página.

Una vez que se registre como usuario, diríjase al acceso de INGENIERÍA y en la sección de SOFTWARE, seleccione HTP.



Figura 2. Apartado de Ingeniería.

En dicho apartado encontrará el acceso para descargar la versión más reciente del software HTP.



Figura 3. Apartado de Ingeniería.

3. Instalación

Para hacer uso de las herramientas de HTP 2021 es necesario instalar el mismo en su ordenador, también deberá tener una versión de AutoCAD y de Microsoft Excel (Ver REQUISITOS MÍNIMOS DEL SISTEMA).

Una vez descargado el archivo “HTPSetup.exe” en su equipo de la plataforma de Termo Plus (Ver REGISTRO Y DESCARGA DEL SOFTWARE), deberá ejecutarlo con permisos de administrador para iniciar la instalación.



Figura 4. Descarga del Software.

La plataforma mencionada hace un seguimiento de los usuarios y sus descargas, se informará vía correo electrónico cuando estén disponibles las actualizaciones.

Nota: Los usuarios que cuenten con la versión HTP 2019 y deseen obtener los nuevos módulos del software y posteriores actualizaciones, deberán realizar nuevamente el proceso de instalación, ahora con la versión HTP 2021.

Cuando el asistente de instalación del software inicie, siga las instrucciones que se presentan a continuación:

1. Dar clic en siguiente.



Figura 5. Asistente de Instalación.

2. Leer y aceptar términos y condiciones.

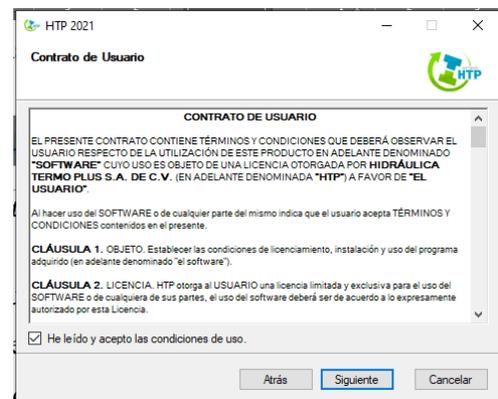


Figura 6. Términos y Condiciones.

3. Esperar que termine el análisis previo y dar clic en siguiente.

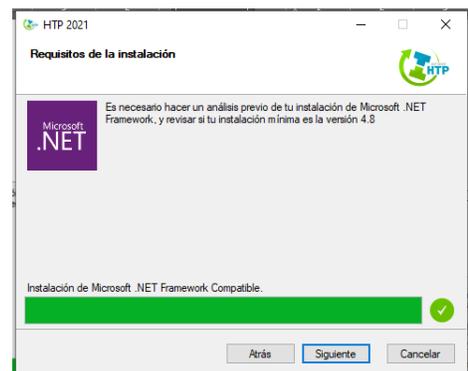


Figura 7. Análisis de requisitos para instalación.

4. Seleccionar el directorio donde se alojarán los archivos del software.

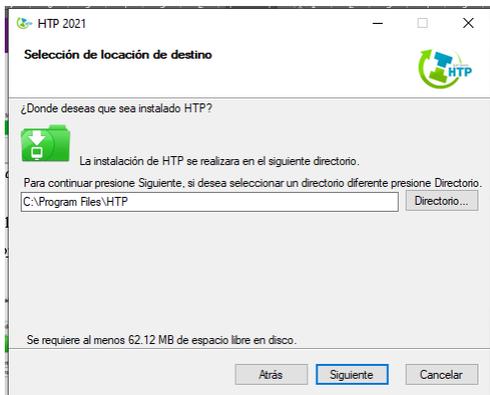


Figura 8. Directorio para la descarga.

5. Seleccionar las casillas correspondientes si desea crear acceso directo en el menú inicio y en el escritorio.

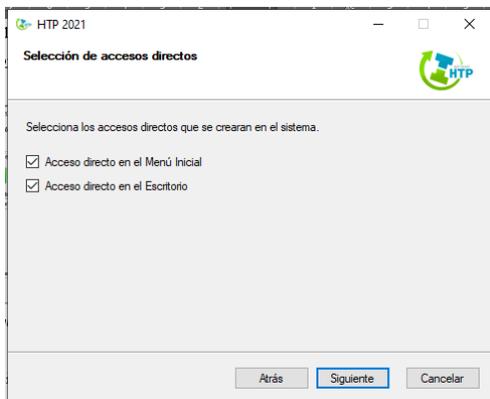


Figura 9. Crear acceso directo.

6. Dar clic en instalar.

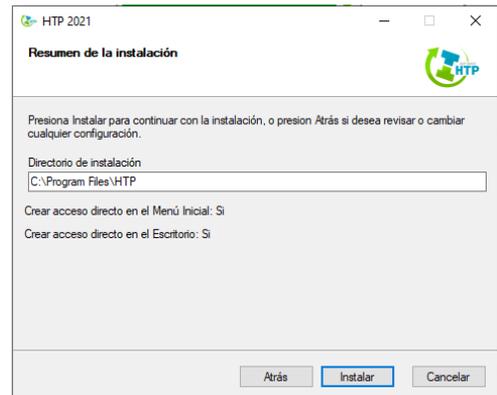


Figura 10. Ruta para instalar.

7. Espere un momento mientras la instalación se completa.



Figura 11. Instalación del Software.

8. Para concluir la instalación haga clic en finalizar.

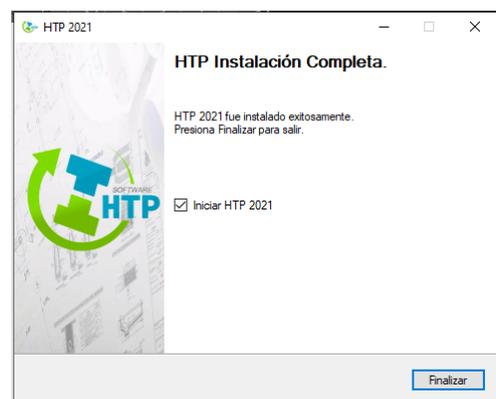


Figura 12. Finalizar instalación.

9. Una vez terminada la instalación podrá iniciar el software dando doble clic en el icono creado en el menú inicio o en el escritorio.



Figura 13. Software HTP.

4. Inicio de sesión

Al abrir por primera vez el software HTP 2021 es necesario iniciar sesión. Sólo debe registrarse como lo indica el apartado REGISTRO Y DESCARGA DEL SOFTWARE y seguir las instrucciones que se presentan a continuación.

Debe iniciar sesión en el HTP 2021 con el mismo correo y contraseña que se dieron de alta en la plataforma Termo Plus.

La pantalla de inicio de sesión del software HTP 2021 muestra el logo del software y la versión 'Rev. 3.0.0'. Hay campos de entrada para 'Correo:' y 'Contraseña:'. Debajo de los campos hay un botón 'Iniciar Sesión'. En la parte inferior, hay un enlace '¿No tienes una cuenta? Regístrate' y enlaces para 'Terminos y Condiciones' y 'Aviso de Privacidad'.

Figura 14. Registro al Software.

Una vez que haya iniciado sesión podrá tener acceso completo al contenido de HTP 2021.

Cada usuario podrá hacer uso del software con un Máximo de 3 equipos por cuenta.

5. Introducción

Un sistema de alcantarillado consiste básicamente de cuatro elementos importantes: las estructuras de captación, de conducción, regulación, de inspección y de descarga. Cuya finalidad es llevar el agua servida (caso sanitario) o captada y regulada para evitar inundaciones (caso pluvial) y descargada desde la zona urbana

hasta una planta de tratamiento o un cauce natural según sea el caso.

En este proceso de conducción existen muchas variantes, por lo que el proyectista deberá revisar aspectos técnicos, económicos, sociológicos y hasta culturales antes de plantear la mejor solución para cada proyecto. Posteriormente se realiza un contraste de los puntos a favor y en contra para cada una de las alternativas de solución. Este proceso depende mucho de la creatividad, conocimientos teóricos, prácticos y de la experiencia del diseñador; pero también es necesario el uso de herramientas computacionales para facilitar y agilizar el proceso.

El diseño para un sistema de alcantarillado desde el punto de vista técnico consiste en dos aspectos fundamentales: el comportamiento hidráulico y el comportamiento estructural de cada uno de sus elementos. Es decir, se determina el tipo de sistema que se utilizará, los materiales y el procedimiento constructivo adecuado, pero también se verifica la estabilidad de la tubería en las condiciones de trabajo reales con base a las especificaciones de los fabricantes. En algunos casos, cuando los colchones son críticos, es necesario cambiar el tipo de tubería, en toda la red o tramos específicos. Bajo este entendido es necesario contar con una herramienta que ayude

a comparar diferentes escenarios, así como el rendimiento hidráulico.

De las alternativas técnicamente viables se desprenden, los comparativos técnico-económicos, de modo que, una vez que se tiene la certeza que de las soluciones pueden llevarse del papel a la realidad, éstas se presupuestan en términos generales. En este proceso de propuestas, nuevamente es de gran utilidad contar con una herramienta de diseño capaz de generar diferentes soluciones, donde varía principalmente la geometría en planta de la red y las diferentes opciones de conducción. Es importante que el proyectista también cuente con conocimientos en el área de Costos, Control de Obra, etc.

Finalmente se debe trabajar a detalle con la mejor propuesta, generando los planos y especificaciones necesarios para la elaboración del proyecto ejecutivo.

Los softwares actuales de diseño de redes de alcantarillado pueden dividirse en dos grupos. El primero, tiene que ver con la sencillez y eficiencia para el proceso y post-proceso de diseño, comúnmente consideran que el flujo es permanente y uniforme; por ejemplo, aquellos que trabajan en un entorno de AutoCAD y que generan directamente la información en el plano de trabajo y algunos reportes de Excel. Mientras

que, en el segundo grupo se encuentran aquellos programas que cuentan con una gran variedad de soluciones y que mejoran la exactitud de cálculo; por ejemplo, aquellos que consideran al flujo como gradualmente variado. Generalmente los softwares sólo se inclinan hacia uno de los mencionados.

HTP 2021 fue pensado para cubrir el primer grupo mencionado, debido a las exigencias actuales de diseño; por ello, se han agregado varias herramientas indispensables para el manejo rápido de la red. La versión actual se enfoca principalmente a que el proyectista pueda analizar diferentes alternativas, resolviendo para diferentes materiales de conducción y para condiciones diferentes de geometría considerando un flujo permanente y uniforme. El software HTP 2021, cuenta con una lista de rutinas que ayudan a realizar de una forma rápida los diseños y la preparación de planos para Sistemas de Alcantarillado Sanitario y Pluvial.

6. Fundamentos técnicos del software

6.1. Diseño Hidráulico

En un sistema de alcantarillado se espera que la tubería trabaje parcialmente llena; esto es, que tenga una superficie libre en contacto con la presión atmosférica. Las tuberías que operan en

estas condiciones se diseñan hidráulicamente como canales cerrados.

6.1.1 Tipos de flujo

Un fluido es una sustancia que no resiste esfuerzos cortantes; en cambio, puede deformarse continuamente y adoptar la forma del sólido que lo contenga, fenómeno que se le conoce como fluir. Por otra parte, existen dos criterios principales para su clasificación: el tiempo y el espacio. El primero, tipifica al flujo en permanente, si las cantidades de flujo permanecen constantes en el tiempo, y en no permanente. El segundo en flujo uniforme, si las cantidades de desplazamiento, velocidad y aceleración son constantes en el tiempo; y flujo no uniforme o variado. El software cuando realiza el análisis lo hace mediante un estimado de un flujo uniforme y permanente donde ninguna de las características como la presión y la velocidad varían en el tiempo y en el espacio y/o tiempo. Además, estimando que el tirante que hay entre la superficie libre y la plantilla permanece constante a lo largo del recorrido del flujo.

6.1.2 Flujo a Superficie Libre

En sistemas de alcantarillado se espera que las tuberías sin importar la magnitud del gasto o del

diámetro trabajen sólo a superficie libre, éstas se pueden describir como aquellas tuberías que están sometidas sólo a la presión atmosférica y a la acción de la fuerza de gravedad. La superficie libre es una lámina divisoria entre dos fluidos, gas y líquido; el primero, aire en reposo o movimiento, y, el segundo, agua en movimiento.

Las fuerzas que intervienen en el flujo, según Sotelo (2002) son:

- a) La fuerza de gravedad.
- b) La fuerza de resistencia ocasionada en las fronteras rígidas por la fricción y la naturaleza del flujo.
- c) La fuerza producida por la presión que se ejerce sobre las fronteras del conducto, particularmente en las zonas donde cambia la geometría.
- d) La fuerza debida a la viscosidad del líquido.
- e) La fuerza de tensión.
- f) superficial, consecuencia directa de la superficie libre.
- g) Las fuerzas ocasionales debidas al movimiento del sedimento arrastrado.

6.1.3 Elementos geométricos de una sección circular

Son propiedades determinadas a partir de la geometría de la sección y el tirante del fluido.

HTP 2021 realiza un análisis hidráulico a partir de canales circulares por lo que es importante definir sus elementos geométricos.

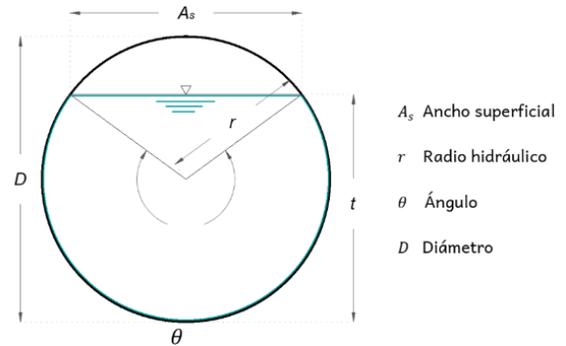


Figura 15. Elementos geométricos de una sección circular.

- Tubería parcialmente llena
Tirante hidráulico (t). Distancia perpendicular a la plantilla, medida desde el punto más bajo de la sección hasta la superficie libre del agua.

$$t = \frac{(1 - \cos \frac{\theta}{2}) D}{2}$$

donde:

D = Diámetro de tubo (m)

θ = Ángulo de apertura

t = Tirante hidráulico (m)

Dado que HTP 2021 considera un tipo de flujo uniforme y permanente, descrito anteriormente, también se considera que el tirante hidráulico permanece constante a lo largo del recorrido del flujo.

Ancho superficial (As). Es el ancho de la superficie libre, delimitada por el ángulo de apertura.

$$T = \left(\text{sen} \frac{1}{2} \theta \right) D$$

donde:

T = Ancho superficial (m)

D = Diámetro de tubo (m)

Ángulo (θ). Describe el ancho superficial el cual es menor a 360 °

$$\theta = 2 \cos^{-1} (1 - t/r)$$

donde:

t = Tirante hidráulico (m)

r = Radio hidráulico (m)

Área hidráulica (a). Es el área de la sección transversal que ocupa el fluido, siendo perpendicular al escurrimiento.

$$a = \frac{1}{8} (\theta - \text{sen} \theta) D^2$$

donde:

a = Área hidráulica (m²)

D = Diámetro de tubo (m)

θ = Ángulo de apertura

Perímetro mojado (p). Es la longitud de la línea de contacto entre el agua y las paredes de la tubería, es decir, la longitud de la sección transversal no incluyendo la superficie libre.

$$p = \frac{1}{2} \theta D$$

donde:

p = Perímetro mojado (m)

θ = Ángulo de apertura

D = Diámetro de tubo (m)

Radio hidráulico (r). Es la relación del área hidráulica con respecto a su perímetro mojado.

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

donde:

r = Radio hidráulico (m)

θ = Ángulo de apertura

D = Diámetro de tubo (m)

- Tubo lleno

Tirante hidráulico (T). Tiene el mismo valor del diámetro, puesto que el gasto máximo extraordinario llena el área transversal de la tubería.

$$T = D$$

donde:

T = Tirante (m)

D = Diámetro de tubo (m)

Área hidráulica (A). Es el área de la sección transversal del conducto.

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

donde:

A =Área hidráulica (m²)

D =Diámetro de tubo (m)

Perímetro mojado (P). Es la longitud de la línea de la sección transversal del tubo (circunferencia).

$$P = \pi D$$

donde:

P =Perímetro mojado (m)

D =Diámetro de tubo (m)

Radio hidráulico (R). La razón del área hidráulica y su perímetro mojado.

$$R = \frac{D}{4}$$

donde:

R =Radio hidráulico (m)

D =Diámetro de tubo (m)

Para facilidad y simplificación del cálculo, se han obtenido las relaciones entre los elementos geométricos a tubo parcialmente lleno y a tubo lleno para cada uno de sus parámetros hidráulicos.

La razón se expresa como:

$$Ph = \frac{\text{Ecuación tubo parcialmente lleno}}{\text{Ecuación tubo lleno}}$$

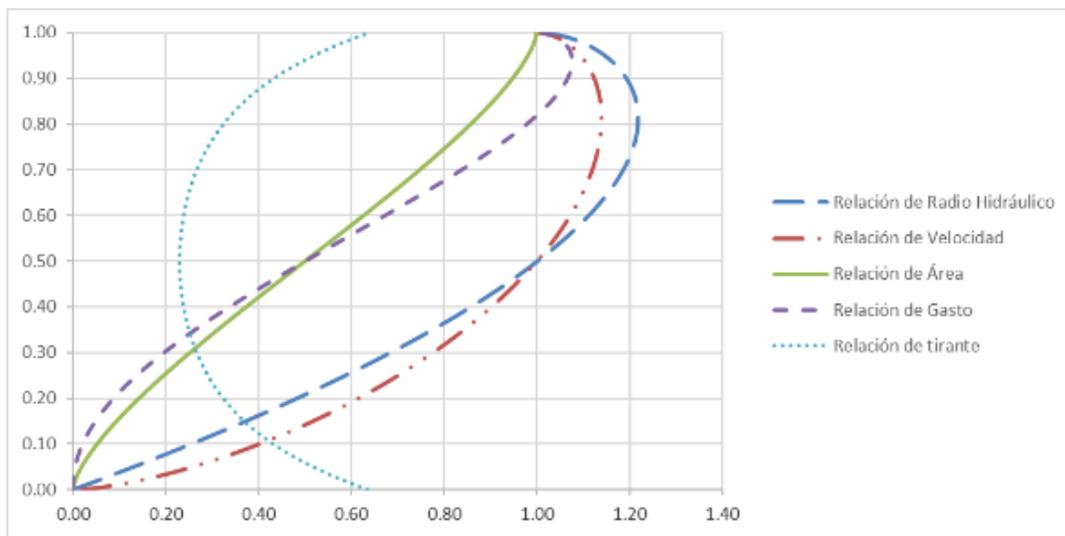
Las relaciones están en función del tirante hidráulico (t), se evalúan en el intervalo: [0,1]; los resultados se reflejan de manera resumida en la

Tabla 1 y se anexa su gráfica.

Tabla 2. Valores de las relaciones de los elementos hidráulicos de sección circular.

Tirante	Relaciones	Radio hidráulico	Velocidad	Área	Gasto	Tirante
		r/R	v/V	a/A	q/Q	t/T
0.00		0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
0.05		0.130205	0.256893	0.018693	0.004802	0.217900
0.10		0.254081	0.401157	0.052044	0.020878	0.300000
0.15		0.371510	0.516790	0.094060	0.048609	0.357100
0.20		0.482365	0.615060	0.142378	0.087571	0.400000
0.25		0.586503	0.700670	0.195501	0.136982	0.433000
0.30		0.683764	0.776135	0.252316	0.195831	0.458300
0.35		0.773967	0.842975	0.311919	0.262940	0.477000
0.40		0.856905	0.902170	0.373530	0.336988	0.489900
0.45		0.932343	0.954371	0.436444	0.416530	0.497500
0.50		1.000000	1.000000	0.500000	0.500000	0.500000

0.55	1.059546	1.039313	0.563556	0.585711	0.497500
0.60	1.110577	1.072422	0.626470	0.671840	0.489900
0.65	1.152590	1.099301	0.688081	0.756408	0.477000
0.70	1.184939	1.119774	0.747684	0.837238	0.458300
0.75	1.206748	1.133473	0.804499	0.911878	0.433000
0.80	1.216773	1.139742	0.857622	0.977467	0.400000
0.85	1.213068	1.137427	0.905940	1.030440	0.357100
0.90	1.192147	1.124311	0.947956	1.065797	0.300000
0.95	1.145806	1.094983	0.981307	1.074515	0.217900
1.00	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	0.000000



Gráfica 1. Relaciones de los elementos hidráulicos en una sección circular.

6.1.4 Ecuación de Manning

Presentada por el ingeniero irlandés Robert Manning en 1889. Surge de la valoración del factor C de Chezy en la forma:

$$C = \frac{R^{1/6}}{n}$$

Y expresó la ecuación como:

$$V = CR^{2/3}S^{1/2}$$

donde:

V = Velocidad (m/s)

C = Factor de resistencia al flujo (adim)

R = Radio hidráulico (m)

S = Pendiente

Tiempo después, investigadores realizaron modificaciones a la ecuación presentándose como sigue:

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



Donde:

V =Velocidad (m/s)

n =Coeficiente de rugosidad o de Manning
(adim)

R =Radio hidráulico (m)

S =Pendiente

La ecuación de Manning es la más conocida y utilizada por su simplicidad de aplicación, cabe señalar que su aplicación se restringe a flujo turbulento. La precisión de la ecuación depende en gran medida de la selección cuidadosa de n , que para el caso de la ecuación de Manning, varía de acuerdo al material empleado. Sin embargo, se recomienda utilizar valores conservadores en trabajos de diseño ya que su origen es completamente empírico y no posee homogeneidad adimensional.

6.1.5 Coeficiente de Manning para diferentes tuberías

El coeficiente de Manning es una variable que interviene en la capacidad hidráulica del tubo, cuanto más se incremente el valor de n , menor es el gasto que puede conducir la tubería. Su valor depende de las condiciones de diseño, el material de la tubería y la naturaleza del agua que transporta. Tabla.

Enseguida se señalan los coeficientes n para los diferentes materiales que comercialmente se

encuentran en el mercado. Dicha información fue extraída de las correspondientes fichas técnicas. Tabla 4..

Tabla 3. Valores recomendados del coeficiente de Manning n para alcantarillado.

Material	n
Concreto simple	0.013
Concreto reforzado	0.013
Concreto con revestimiento de PVC/PEAD	0.009
Acero sin revestimiento	0.014
Acero soldado con revestimiento interior a base de epoxy	0.011
Fibrocemento	0.010
Polietileno de alta densidad (PEAD)	0.010
Policloruro de vinilo (PVC)	0.009
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0.009

Tabla 4. Valores del coeficiente de Manning n de tuberías comerciales.

Material	N
PEAD Corrugado	0.010
PEAD Reforzado (Duromaxx)	0.012
PEAD Perfil Variable (KRAH)	0.010
PVC Corrugado (NovaFort)	0.009
PVC Serie 20	0.009
Acero	0.010
Metal Corrugado (MC)	0.010
Concreto Reforzado Grado 1 (CR1)	0.014
Concreto Reforzado Grado 2 (CR2)	0.014
Concreto Reforzado Grado 3 (CR3)	0.014
Concreto Reforzado Grado 4 (CR4)	0.014

6.1.6 Tipos de análisis

El análisis del funcionamiento hidráulico de sistemas de alcantarillado, tienen como variable principal el tiempo, clasificándose de la siguiente manera:

Estáticos o de flujo permanente. La tubería conduce el gasto máximo (condición más desfavorable) y no existe variación en el tiempo, es decir, el conducto se estudia en un instante en el tiempo, y, por ende, una parte o sección.

Cinemáticos. El análisis se limita al caudal máximo que pueden llevar los conductos en flujo a superficie libre, es decir, en el punto donde se llena toda su sección transversal; no permite modelar flujo a presión ni ningún efecto que se pueda producir de aguas abajo hacia aguas arriba, CONAGUA (2015), considerando en la ecuación de equilibrio, exclusivamente las componentes de gravedad y de fricción.

Dinámicos. Es posible simular la variación temporal, los efectos generados de aguas abajo hacia aguas arriba y la conducción a presión, CONAGUA (2015), además de las fuerzas de fricción y gravedad.

HTP 2021 realiza un análisis hidráulico tipo estático de secciones circulares y sólo se analizan las condiciones más desfavorables como el gasto

mínimo y el gasto máximo extraordinario para el caso sanitario y el gasto máximo en el pluvial.

6.1.7 Efectos de la pendiente

La pendiente es la inclinación de la tubería. Sus limitaciones tienen la finalidad de evitar azolves y erosiones en la tubería, por ello, para trabajos de diseño se establecen parámetros permisibles de pendiente mínima y máxima que se ajustan a las condiciones de velocidad mínima y máxima, además del tirante. Por otra parte, las pendientes deben apegarse en lo más posible al perfil del terreno para disminuir las excavaciones de zanja, no olvidando respetar las restricciones de velocidad y tirante, mínimos y máximos. Cabe mencionar que, cuando se tiene un valor de pendiente mayor la capacidad del tubo también lo es.

7. Diseño Sanitario

7.1 Introducción

Las aguas servidas o aguas residuales provenientes de los desechos urbanos de viviendas, escuelas, hospitales, zonas comerciales, zonas industriales, etc., requieren de una conducción eficiente y hermética, comúnmente llamado sistema de alcantarillado sanitario. Este inicia en los puntos de descarga

individuales y termina en una planta de tratamiento o en algún cauce natural.

El dimensionamiento de este sistema requiere una evaluación previa de los volúmenes de agua residual a conducir. En zonas urbanas, es común que estos gastos provenientes de casas habitación se evalúen de acuerdo al número de personas que las habitan; sin embargo, en zonas industriales se recomienda que sea a través del tipo de proceso que realizan y a su superficie.

7.2 Determinación de la población de proyecto

La población se refiere a la cantidad de personas que se espera tener en la localidad al final del periodo de diseño del sistema de agua potable y alcantarillado.

El comportamiento de la población es complejo, pues en él intervienen la tasa de fecundidad, mortalidad, y la esperanza de vida, así como la migración internacional México con otros países y la migración nacional entre estados.

Para realizar la proyección de la población se pueden buscar datos oficiales por medio de INEGI O CONAPO.

Es posible estimar la tasa de crecimiento además del comportamiento de la población a partir de distintos métodos probabilísticos los cuales se mencionan a continuación:

7.2.1 Mínimos Cuadrados

Lineal

El método de los mínimos cuadrados queda representado mediante una línea recta cuya ecuación general es:

$$Pf = a + \beta x$$

El método de los mínimos cuadrados consiste en determinar los valores numéricos de las constantes α y β en la ecuación. El método utiliza el conjunto de observaciones que en este caso son años y número de habitantes (Valdez, 1994).

$$\alpha = \frac{\sum y_i \sum x_i^2 - \sum x_i y_i \sum x_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

$$\beta = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

donde:

α y β = Constantes de regresión

x_i = Años ya censados

y_i = Población en cada uno de los años ya censados

n = Total de años censados

Este método es aplicable para períodos largos de predicción en localidades con pocos incentivos, aunque muchas veces se puede presentar el caso que la población de proyecto sea menor a la correspondiente al último censo, lo cual se

presenta cuando el último incremento de la población es muy grande.

Para el cálculo de la población de proyecto, ajustando linealmente los valores por mínimos cuadrados utilizamos el siguiente cuadro:

Tabla 5. Tabla Método Lineal.

Año	No. de años(x).	Población en miles(y).	x ²	xy.
-----	-----------------	------------------------	----------------	-----

7.2.2 Logarítmica

Como en el caso del ajuste mediante una línea recta, la línea de tendencia se puede llevar acabo de la misma manera mediante una curva de tipo logarítmica que aplicada a los datos censales se puede conocer el valor de la población a proyectar y al mismo tiempo verificar el coeficiente de ajuste o correlación que existe.

$$Pf = a + \beta \ln(x)$$

$$\beta = \frac{\sum \ln(x_i)y_i - \hat{y} \sum \ln x_i}{\sum [x_i]^2 - \widehat{\ln(x_i)} \sum \ln x_i}$$

$$\alpha = \hat{y} - [\beta \widehat{\ln(x_i)}]$$

Basados en la siguiente tabla:

Tabla 6. Método Logarítmico.

N	x _i	y _i	ln(x _i)	ln ² (x _i)	ln(x _i) × y _i	y _i ²
---	----------------	----------------	---------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------

a y β = Constantes de regresión

x_i = Años ya censados

y_i = Población en cada de los años ya censados

n = Total de años censados

7.2.3 Exponencial

Como en el caso del ajuste mediante una línea recta, la línea de tendencia se puede llevar acabo de la misma manera mediante una curva de tipo exponencial que aplicada a los datos censales se puede conocer el valor de la población a proyectar y al mismo tiempo verificar el coeficiente de ajuste o correlación que existe.

$$Pf = ae^{\beta x}$$

Tomando logaritmos en ambos miembros:

$$\ln(Pf) = \ln a + \beta x$$

El método de los mínimos cuadrados consiste en determinar los valores numéricos de las constantes α y β en la ecuación. El método utiliza el conjunto de observaciones que en este caso son años y número de habitantes (Valdez, 1994).

$$\beta = \frac{n \sum x_i \ln(y_i) - \sum x_i \sum \ln y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

$$\ln(\alpha) = \widehat{\ln y_i} - \beta \hat{x}_i$$

a y β = Constantes de regresión

x_i = Años ya censados

y_i =Población en cada de los años ya censados
 n =Total de años censados

Mediante la siguiente tabla realizando el cálculo correspondiente:

Tabla 7. Método Exponencial.

n	X_i	Y_i	$\ln(y_i)$	x_i^2	$x_i^* \ln(y_i)$
---	-------	-------	------------	---------	------------------

7.2.4 Potencial

Este procedimiento consiste en calcular la población de proyecto a partir de un ajuste de los resultados de los censos en años anteriores, a una recta o curva, de tal modo que los puntos pertenecientes a éstas, difieran lo menos posible de los datos observados.

Será aquella en la que la función de ajuste sea una función potencial del tipo:

$$a = e^{\left[\frac{\sum \ln P_i - b \sum \ln t_i}{N} \right]}$$

$$\beta = \frac{N \sum \ln t_i \ln P_i - \sum \ln t_i \sum \ln P_i}{N \sum (\ln t_i)^2 - (\sum \ln t_i)^2}$$

$$r = \frac{N \sum \ln t_i \ln P_i - \sum \ln t_i \sum \ln P_i}{\sqrt{[N \sum (\ln t_i)^2 - (\sum \ln t_i)^2][N \sum (\ln P_i)^2 - (\sum \ln P_i)^2]}}$$

donde:

P_f =Población del proyecto

β y a =Constantes de regresión

N =Número de años de registro

T_i =Años proyectados

P_i =Población de los años de registro

$$P_f = aN^B$$

7.2.5 Crecimiento por Comparación

Aritmético

El modelo aritmético tiene como característica un incremento de población constante para incrementos de tiempo iguales y, en consecuencia, la velocidad de crecimiento, o sea la relación del incremento de habitantes con respecto al periodo de tiempo es una constante (Valdez, 1994).

Este método se aplica a zonas que ofrecen pocos incentivos para promover el movimiento migratorio, su crecimiento se debe al biológico natural de la población residente, considera la tasa neta, que es la diferencia entre nacimientos y defunciones, en este método, el incremento es lineal y la expresión matemática usada es la siguiente:

$$P_p = P_{uc} + \frac{P_{uc} - P_{pc}}{t_{uc} - t_{pc}} (t_p - t_{uc})$$

P_p =Población de proyecto.

P_{uc} =Población último censo o población actual.

P_{pc} =Población penúltimo censo.

t_{uc} =Año del último censo o año actual.

t_{pc} =Año del penúltimo censo.



tp =Año de proyecto.

7.2.6 Geométrico

El modelo geométrico de crecimiento de población se caracteriza por tener una velocidad decrecimiento directamente proporcional al valor de la población en cada instante de tiempo (Valdez,1994).

Cuando los factores de atracción en una localidad son considerables, la migración hacia esta produce un incremento en el número de habitantes con una tasa de porcentaje consistente, este método se aplica para períodos cortos de predicción, ya que para períodos grandes se obtienen datos absurdos y para calcular la población de proyecto se utiliza la siguiente expresión:

$$\ln(Pp) = \ln(Puc) + \frac{\ln(Puc) - \ln(Ppc)}{tuc - tpc} (tp - tuc)$$
$$Pp = e^{\ln Pp}$$

Los significados de cada una de las literales ya fueron descritos anteriormente.

7.2.7 Interés compuesto

Con este método se obtienen resultados semejantes al método de progresión geométrica, teniendo únicamente la ventaja en que se determina la tasa de crecimiento anual, la cual

puede ser comparada con la que se tiene en el municipio, en el estado o a nivel nacional, la expresión que se aplica en este método está dada por:

$$Pp = Pa(1 + p)^n$$

$$p = (Puc/Ppc)^{1/n^*} - 1$$

Pp =Población de proyecto

Pa =Población actual

p =Tasa de crecimiento

n^* = Diferencia de años entre poblaciones ($n^* = tuc - tpc$)

n =Período de proyección ($n = tp - tuc$)

tp =Año de proyecto

tuc =Año de último censo o año actual

tpc =Año del penúltimo censo

7.3 Gastos de diseño

Los gastos considerados para un proyecto de alcantarillado son: medio, mínimo, máximo instantáneo y máximo extraordinario. Los tres últimos se determinan a partir del primero.

7.3.1 Gasto medio

El gasto medio es el valor del caudal de aguas residuales en un día de aportación promedio al año.

Este gasto está calculado en función de los habitantes y la aportación que tendrá la zona de estudio.

$$Q_{med} = \frac{(A_p)(P)}{86400}$$

Donde:

Q_{med} = Gasto medio (l/s)

A_p = Aportación de aguas residuales (l/hab/día)

P = Población (hab)

86400 = segundos en un día

La aportación es definida como el volumen diario de agua residual que terminara en la red de alcantarillado. Algunos autores están de acuerdo en que la aportación es un porcentaje de la dotación ya que se dice que existe un volumen que no entrara a la red.

Comúnmente se utiliza entre 70 y 75 por ciento de la dotación de agua potable en l/hab/día considerando que lo demás se pierde antes de que llegue a la red, aunque siempre será importante realizar un trabajo en campo para la medición de dicho valor.

7.3.2 Gasto mínimo

El gasto mínimo, Q_{min} es el menor de los valores de escurrimiento que normalmente se presenta en el conducto. Se acepta que el valor es igual a la mitad del gasto medio.

$$Q_{min} = 0.5 Q_{med}$$

Donde:

Q_{min} = Gasto mínimo

Q_{med} = Gasto medio

Se recomienda que el límite inferior es de 1.5 l/s, este valor es determinado por la descarga que genera un excusado con un tanque de 16 litros. Sin embargo, actualmente existe la tendencia a la implantación de muebles de bajo consumo, que utilizan solamente 6 litros y que en promedio arrojan un promedio de 1 l/s, por lo que este valor igual es aceptado en tramos iniciales.

7.3.3 Gasto máximo instantáneo

El gasto máximo instantáneo es el valor máximo de escurrimiento que se puede presentar en un instante dado.

Para evaluar el gasto es importante considerar la cantidad de habitantes y la relación con las condiciones socioeconómicas de la población.

$$Q_{m\acute{a}x.inst.} = (M)(Q_{med})$$

M = Coeficiente de Harmon (adim)

Q_{med} = Gasto medio (l/s)

Para determinar M puede ser a partir de la siguiente fórmula:

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}}$$

Donde:

P = población de proyecto

El coeficiente de variación máxima se aplica considerando que:

En tramos donde la población acumulada es menor a 1000 habitantes, el coeficiente M es constante e igual a 3.8

Para una población acumulada mayor que 100 000 habitantes, el coeficiente M se considera constante e igual a 2.0, es decir, se acepta que su valor a partir de esa cantidad de habitantes no sigue la ley de variación establecida por Harmon.

7.3.4 Gasto máximo extraordinario

Es el caudal de aguas residuales que considera aportaciones de agua que no forman parte de las descargas normales.

En función de este gasto se determina el diámetro adecuado para la red, ya que este gasto otorga un rango de seguridad para lograr prever los excesos en las aportaciones que pueda recibir la red.

Cuando se diseña una nueva red que está apegada al plan de desarrollo municipal en el que no se recibirán aportaciones futuras ni de un fraccionamiento vecino el coeficiente de seguridad puede manejarse como 1. En cambio, cuando se diseña una ampliación de un sistema existente y combinado será posible usar un coeficiente de seguridad de 1.5

$$Q_{m\acute{a}x.ext.} = (C_s.) (Q_{m\acute{a}x.inst.})$$

Donde:

$Q_{m\acute{a}x.inst.}$ =Gasto máximo instantáneo (l/s)

C_s = Coeficiente de seguridad (adim)

7.4 Calculo del diámetro

El diámetro aproximado se calcula con la siguiente fórmula:

$$D = \left(\frac{3.2084 Q n}{S^{1/2}} \right)^{3/8}$$

Donde:

Q =Gasto de diseño (m³/s)

n =Coeficiente de rugosidad o de Manning (adim)

S =Pendiente (adim)

El coeficiente de fricción n , representa las características internas de la superficie de la tubería, su valor depende del tipo de material, calidad del acabado y el estado de conservación de la tubería.

8. Alcantarillado Pluvial

8.1 Introducción

Los sistemas de alcantarillado pluvial cubren unas de las necesidades primordiales para las

zonas urbanas: el desalojo de aguas pluviales; de tal modo que se mitiguen los riesgos de inundación y sus efectos negativos. El análisis y diseño eficiente de los sistemas de captación, de conducción y de descarga de las aguas pluviales, considera criterios como el riesgo admisible asociado al periodo de retorno de diseño, eficiencia del drenaje y un control de inundaciones.

8.2 Tiempo de concentración

El tiempo de concentración T_c se define como el tiempo que tarda el escurrimiento de una tormenta en realizar su recorrido desde el punto más lejano hasta el término de la cuenca. Además, dado que la duración de la tormenta de diseño se iguala al tiempo de concentración de la cuenca, como hipótesis del método racional, es preciso estimar el valor de dicho parámetro de manera adecuada. A diferencia de cuencas naturales o rurales, donde la predicción del tiempo de concentración es global, en cuencas urbanizadas se deben utilizar fórmulas discretas, comúnmente en 3 diferentes lapsos de tiempo: flujo en lámina, o sobre el terreno, flujo concentrado de cauces naturales y flujo en canales revestidos, tuberías o alcantarillas. El tiempo de concentración total será la suma de los diferentes lapsos de tiempo.

8.2.1 Flujo en lámina o sobre el terreno

Flujo en lámina o flujo de superficie se define como aquel flujo de agua antes de alcanzar un cauce definido. Las fórmulas más utilizadas para estimar este tiempo de viaje son las siguientes:

Fórmula Kerby-Hathaway.

Propuesta por el primer autor en 1959 y desarrollada con base en los datos de drenaje de aeropuertos publicados en 1945 por el segundo autor, su expresión es:

$$Tv1_1 = \left(\frac{2.198 * Nr * L}{\sqrt{S}} \right)^{0.467}$$

donde:

$Tv1_1$ =Tiempo de viaje en el flujo sobre el terreno (minutos).

N_r =Factor de resistencia al flujo sobre el terreno (adim)

L =Longitud de recorrido del flujo (m)

S =Pendiente del terreno (m/m)

Tabla 8. Factor de resistencia.

Tipo de superficie	N_r
Pavimentos lisos	0.02
Asfalto o concreto	0.05 - 0.15
Suelo desnudo compacto, sin piedras	0.10
Terreno moderadamente rugoso o cobertura de pasto disperso	0.30
Cobertura dispersa de césped	0.20
Cobertura moderada de césped	0.40
Cobertura densa de césped	0.17 - 0.80
Pasto denso	0.17 - 0.30

Pasto Bermuda	0.30 - 0.48
Bosque maderable	0.60

Fórmula de la Agencia Federal de Aviación.
Desarrollada con datos de drenaje de aeropuertos, se considera válida en cuencas pequeñas donde el flujo dominante es sobre el terreno, su expresión es:

$$Tv1_2 = \frac{0.7035 (1.1 - C)\sqrt{L}}{S^{0.333}}$$

donde:

$Tv1_2$ = Tiempo de viaje en el flujo sobre el terreno (minutos)

C = Coeficiente de escurrimiento del Método Racional (adim)

L = Longitud de recorrido del flujo (m)

S = Pendiente del terreno (m/m)

8.2.2 Flujo concentrado en cauces naturales

Para calcular el tiempo de viaje de flujos concentrados en cauces naturales, existen muchas propuestas empíricas. Cabe resaltar que cada una de éstas fue propuesta y calibrada para un cauce con características específicas.

A continuación, se describen las más utilizadas:

Fórmula de Kirpich

Calibrada en cuencas pequeñas agrícolas y parcialmente boscosas de Tennessee:

$$Tv2_1 = \frac{3.98 L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Método de Ven T Chow

Para cauces naturales cuya extensión no sobrepasa los 3000 km²:

$$Tv2_2 = 5.716 \left(\frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.64}$$

Método de Rowe

Para cauces naturales cuya extensión no sobrepasa los 3000 km²:

$$Tv2_3 = 60 \left(\frac{0.87L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Valencia y Zuluaga

$$Tv2_9 = 27.924 A^{0.325} L^{-0.096} S_0^{-0.29}$$

Témez

$$Tv2_4 = 18 \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76}$$

Bransbay-Williams

$$Tv2_5 = \frac{60 L}{1.5 \sqrt{\frac{4A}{\pi}}} \sqrt[5]{\frac{A}{S}}$$

Clark

$$Tv2_6 = 20.10 \left(\frac{L}{S^{0.50}} \right)^{0.593}$$

Giandatti



$$Tv_{27} = 60 \left(\frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{25.3\sqrt{SL}} \right)$$

Passini

$$Tv_{28} = \frac{6.48(A L)^{1/3}}{\sqrt{S}}$$

Fórmula de US Corps of Engineers

$$Tv_{210} = 16.80 \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76}$$

Donde:

Tv_{2n} =Tiempo de viaje en flujos concentrados (min)

L =Longitud del cauce principal (km)

S =Pendiente promedio del cauce principal (m/m)

A =Área de la cuenca (km²)

H =Diferencia de elevación entre extremos (m)

8.2.3 Flujo en canales revestidos, tuberías o alcantarillas y cunetas de calles

El tiempo de viaje en canales revestidos, tuberías o alcantarillas y cunetas de calles tv_3 , se estima como el cociente de la longitud del tramo entre la velocidad de Manning en condiciones de flujo lleno, esto es:

$$Tv_3 = \frac{L}{\left(\frac{60}{n}\right) * R^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}}$$

Donde:

Tv_3 =Tiempo de viaje 3 (min)

n =Coeficiente de Rugosidad de Manning (adim)

L =Longitud de Cauce (m)

S =Pendiente en (m/m)

R =Radio Hidráulico

El radio hidráulico se considera de manera aproximada igual en causes, cunetas y canales.

8.3 Intensidad de la lluvia de diseño

El fenómeno de la precipitación varía en el espacio y tiempo, dependiendo de muchos factores regionales y de la circulación atmosférica. Por lo que, para una región dada, se espera que la cantidad de lluvia sea diferente en varios puntos de observación. Por esto, resulta lógico que para un proyecto tipo; la solución del manejo de aguas pluviales sea diferente en cada zona que se desee construir.

En el diseño de un sistema de drenaje pluvial urbano, la tormenta de diseño se obtendrá mediante un proceso de lluvia-escorrentía, que dará como resultado los volúmenes a manejar. Esta tormenta de diseño, dependiendo del

modelo lluvia escurrimiento se definirá mediante una altura de precipitación o una intensidad de precipitación, comúnmente las unidades que se manejan son mm y mm/hr respectivamente.

La altura de precipitación P o simplemente precipitación es la cantidad de lluvia que cae en una superficie plana e impermeable, mientras que la intensidad de lluvia, según Chow (1994), se define como la tasa temporal de precipitación, o sea, la altura de precipitación por unidad de tiempo (mm/hr), y ésta se expresa como:

$$i = \frac{P}{D}$$

Donde:

P =Lámina de lluvia (mm)

D =Duración (usualmente en min)

Es común que, para analizar una cuenca, se divida en subcuencas y cada una de éstas tenga un valor diferente de intensidad dependiendo de las características de escurrimiento como lo son el tipo de superficie y la topografía de la misma. Por esto se desarrollan expresiones para la relación Intensidad-Duración-Frecuencia de una tormenta.

8.3.1 Polígonos de Thiessen

El tamaño de la cuenca en estudio indicará el número de estaciones climatológicas de las que

debemos obtener registro de precipitación. Se recomienda emplear todas las estaciones que se ubiquen dentro de la zona de estudio y aquellas que se encuentren cerca del parteaguas. El método Polígonos de Thiessen se emplea para determinar las características principales de una tormenta sobre una zona de interés.

La precipitación media de una cuenca es el cociente que resulta de dividir el volumen total de agua generado por una tormenta entre el área de la cuenca. Es equivalente a suponer una distribución uniforme de la lluvia sobre toda la cuenca dando como resultado el registro de la misma altura de lluvia en cualquier punto de la cuenca.

Este método consiste primero en obtener el área tributaria de cada estación empleando polígonos y luego se calcula la lluvia media como un promedio pesado de la siguiente manera:

- 1) Unir mediante líneas rectas dibujadas en un plano de la cuenca las estaciones más próximas entre sí, con ello se forman triángulos en cuyos vértices se ubican las estaciones pluviométricas o pluviográficas.
- 2) Trazar las mediatrices a los lados de los triángulos. Por geometría, las líneas correspondientes a cada triángulo convergerán en un punto único.

- 3) Cada estación pluviométrica o pluviométrica quedará rodeada por las líneas rectas trazadas en el paso anterior y en algunos casos, por el parteaguas de la cuenca, que forman los llamados polígonos de Thiessen. El área encerrada por ellos se conoce como el área de influencia de las estaciones.
- 4) La precipitación media se calcula como el promedio pesado de las precipitaciones registradas en cada estación, usando como factor de peso el área de influencia:

$$P_T = \frac{1}{A_T} \sum_{i=1}^n A_{ei} P_i$$

Donde:

P_T = Altura de precipitación media calculada con el método de los polígonos de Thiessen (mm)

A_T = Área total de la cuenca (km²)

n = Número de estaciones

A_{ei} = Área de influencia de la estación i (km²)

P_i = Altura de precipitación registrada en la estación i (mm)

8.3.2 Curvas intensidad- duración- frecuencia

Las curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (I-D-F), según Témez (1978) son curvas que resultan de unir los puntos representativos de la

intensidad media en intervalos de diferente duración, y correspondientes todos ellos a una misma frecuencia o periodo de retorno. Por su lado Campos (1990) se refiere a las curvas IDF como gráficas en las cuales se concentran las características de las tormentas de la zona o región, con respecto a sus 3 variables principales: magnitud, duración y frecuencia.

Cuando se tiene suficiente información histórica de lluvia, es posible analizar la frecuencia de las tormentas. Además, es importante señalar que cuando sólo se dispone de un pluviómetro en una estación, es evidente que, en general, sólo se podrá conocer la intensidad media en 24 horas. Sin embargo, debido a esta escasez de información se toma como válido utilizar los máximos diarios para estimar eventos extraordinarios de diseño, recurriendo a procedimientos para calcular la precipitación máxima con duración menor a una hora.

Actualmente existen muchas expresiones matemáticas útiles para expresar la relación entre la intensidad, duración y la frecuencia de una lluvia. Las más usuales se presentan a continuación:

- Modelo propuesto por Sherman (1931):

$$I = \frac{KT^m}{(D + b)^n}$$

Donde:

I = Intensidad de lluvia de diseño (mm/hr)

T = Periodo de retorno (años)

D =Duración (horas)

K, b, m, n =Parámetro a estimar a través de un análisis de regresión lineal múltiple (adim)

- Modelo propuesto Bernard (1932)

$$I = \frac{KT^m}{D^n}$$

Donde:

I =Intensidad de lluvia de diseño (mm/hr)

T =Periodo de retorno (años)

D =Duración (horas)

K, m, n =Parámetro a estimar a través de un análisis de regresión lineal múltiple (adim)

- Modelo propuesto por Linsley (1949), para duraciones entre 5 y 20 min.

$$I = \frac{a}{D + b}$$

Donde:

I =Intensidad de lluvia de diseño (mm/hr)

D =Duración (horas)

a, b =Parámetro a estimar a través de un análisis de regresión lineal múltiple (adim)

- Modelo propuesto por Linsley (1949), para duraciones superiores a 60 min.

$$I = \frac{c}{D^n}$$

Donde:

I =Intensidad de lluvia de diseño (mm/hr)

D =Duración (horas)

c, n =Parámetro a estimar a través de un análisis de regresión lineal múltiple (adim)

- Modelo propuesto por Wenzel (1982)

$$I = \frac{K}{D^n + b}$$

Donde:

I =intensidad de lluvia de diseño (mm/hr)

D =Duración (horas)

K, b, n =Parámetro a estimar a través de un análisis de regresión lineal múltiple (adim)

- Modelo propuesto por Chow (1994)

$$I = \frac{KT^m}{D^n + b}$$

Donde:

I =Intensidad de lluvia de diseño (mm/hr)

T =Periodo de retorno (años)

D =Duración (horas)

K, m, b, n =Parámetro a estimar a través de un análisis de regresión lineal múltiple (adim)

Sin embargo, el MAPAS 2015 y otros autores (Campos et al.) recomiendan hacer dicho ajuste mediante el modelo de Chen (1983) y Bell (1969); el primero para periodos de retorno mayores de 10 años, mientras que el segundo

para periodos de retorno entre 2 y 10 años. Por lo que en el presente software se utilizaron dichos criterios para la construcción de Curvas I-D-F para diseño.

Bell (1969) encontró cocientes estables entre la lluvia de una hora y un periodo de retorno de 10 años y la lluvia de igual duración, pero con diferente periodo de retorno; posteriormente, combinó las relaciones duración-lluvia con los cocientes frecuencia-lluvia, para obtener una relación general de precipitación-duración-periodo de retorno, definida por la ecuación siguiente:

$$P_t^T = (0.21 \ln T + 0.52)(0.54t^{0.25} - 0.50)P_{60}^{10}$$

$$2 \leq T \leq 100 \text{ años}$$

$$5 \leq t \leq 120 \text{ minutos}$$

Donde P_t^T es la precipitación de duración de t minutos y periodo de retorno T años, en mm. Y P_{60}^{10} es la de duración de 60 minutos y periodo de retorno 10 años, en mm.

Además, Bell presentó una ecuación tomando en cuenta la precipitación de duración de una hora y periodo de retorno de 2 años:

$$P_t^T = (0.35 \ln T + 0.76)(0.54t^{0.25} - 0.50)P_{60}^2$$

Donde:

P_{60}^2 = Duración de 60 minutos y periodo de retorno 2 años, en mm.

Chen (1983), presenta una fórmula general de Intensidad-duración-periodo de retorno, útil para estimaciones dentro del intervalo de 5 minutos a 24 horas y periodos de retorno mayores de un año. Para la aplicación de la fórmula de Chen se requiere de la estimación de los cocientes lluvia-duración R y lluvia-periodo de retorno F .

$$R = \frac{P_1^T}{P_{24}^T}$$

$$F = \frac{P_t^{100}}{P_t^{10}}$$

Chen propone la ecuación siguiente, con la cual se puede calcular la precipitación para cualquier duración y periodo de retorno:

$$P_t^T = \frac{aP_1^{10} \log[(10^{2-F})(T^{F-1})]}{(t+b)^c} \left(\frac{t}{60}\right)$$

Válida para $T \geq 1$ año y $5 \text{ min} \leq t \leq 24 \text{ h}$

Donde T es el periodo de retorno en años, t es la duración de la tormenta en min y P_t^T es la precipitación para una duración t y un periodo de retorno T en mm, F es el cociente lluvia-periodo de retorno que se calcula con la y a , b , c son los parámetros de la tormenta que pueden variar según el cociente lluvia-duración (R),

determinados a partir de las ecuaciones anteriores.

Campos (2007), con base en las seis parejas de valores que presenta Chen (1998), propone ecuaciones en función de la relación R para determinar los parámetros a , b , c de la ecuación de Chen:

$$a = -0.000004166 * (RP^4) + 0.00052777 * (RP^3) - 0.01625 * (RP^2) + 0.6662 * (RP) - 1.5$$

$$b = -0.0000027083 * (RP^4) + 0.00041527 * (RP^3) - 0.02477 * (RP^2) + 0.9551 * (RP) - 11.25$$

$$c = -0.00012 * (RP^2) + 0.019 * (RP) + 0.1628$$

$$RP = R * 100$$

Los parámetros a , b y c varían de acuerdo al factor de convectividad R , cuyo valor representa la relación de la precipitación en 1 hora para un periodo de retorno dado entre la precipitación en 24 horas para un mismo periodo de retorno. Dicho cociente R , también fue llamado factor de regionalización.

Mendoza (2001) presentó factores de regionalización de lluvias máximas en la República Mexicana a partir de las precipitaciones de 1 y 24 horas usando la relación R con un periodo de retorno de 5 años. Presentó un mapa de las zonas de influencia del factor R mostradas en la Figura.

Baeza (2007) construyó un mapa del factor R para cubrir la parte de la lluvia de 1 hora, utilizando 286 estaciones tomando como criterio utilizar aquellas que cuentan con un mínimo de 15 años de registro; agregó 48 estaciones con sólo 7 años de registro. Partió de un mapa de regionalización de Domínguez (2005) para realizar envoltentes y así proponer su regionalización.

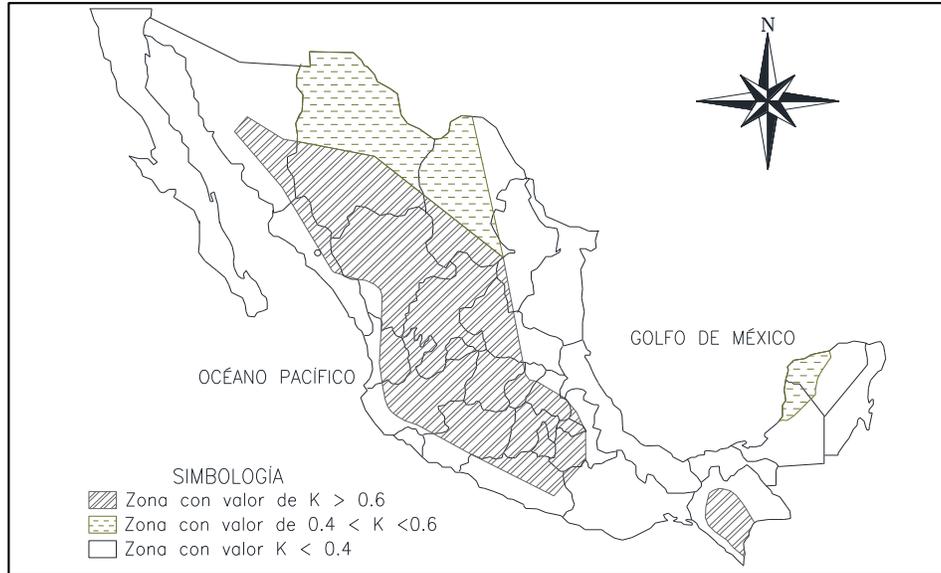


Figura 16. Factor de regionalización del factor K, Mendoza (2001)

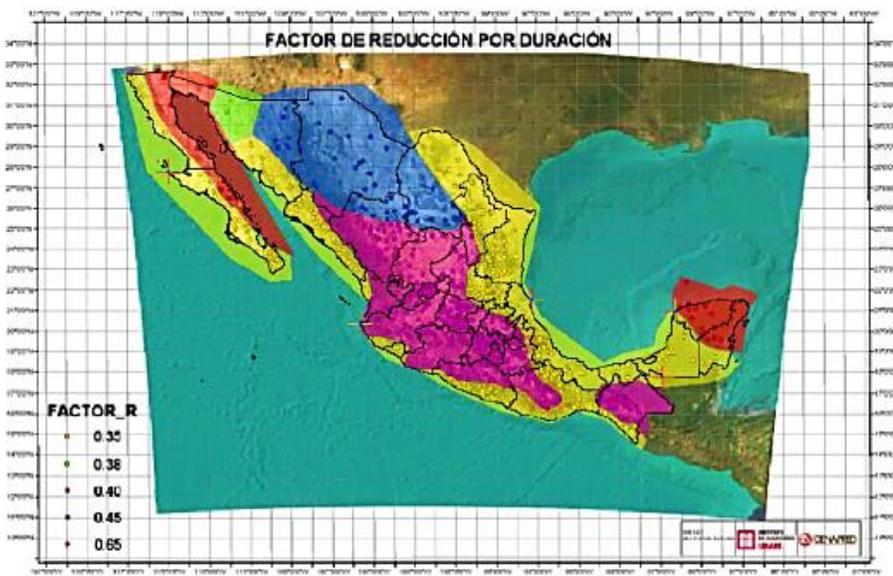
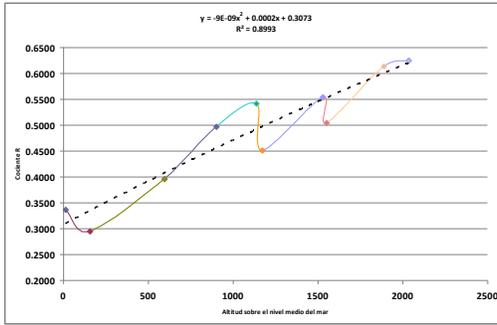


Figura 17. Factor de reducción por duración, Baeza (2007).

Conde (2014) retomó el procedimiento utilizado por Campos (1990) con la variante de estimar el cociente R a través de una ecuación polinomial de segundo grado que se obtiene de los valores encontrados por Campos (2010) en las 10

estaciones pluviográficas contrastadas para diferentes zonas geográficas del país, correlacionando estos valores de R con la altitud sobre el nivel del mar de la estación pluviométrica a procesar,



Gráfica 2. Factor de reducción por duración, Conde (2014).

El software HTP 2021 cuenta con un calculador de Curvas I-D-Tr, procesa la información del Servicio Meteorológico Nacional, posteriormente ajusta los datos a diferentes funciones de distribución y a partir de la que mejor se ajusta y conforme a los criterios de Campos (1990) construye las curvas por los métodos de Chen (1983) y Bell (1969).

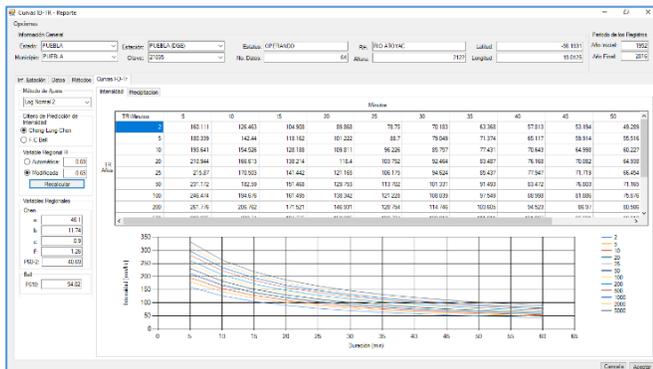


Figura 18. Calculador curvas I-D-Tr incluido en el software HTP 2021.

8.3.3 Datos de precipitación

La medición de la precipitación puede realizarse mediante dos tipos de medidores: sin registro y con registro. El primero es un aparato que precisa de un operador para realizar las lecturas en cierto intervalo de tiempo (comúnmente por día, pero también semanal y mensual); mientras que el otro realiza de forma automática lecturas en intervalos cortos de tiempo (10 minutos), dando la posibilidad de considerar dicha información como la tasa (intensidad) de lluvia para el sitio dado. Cabe mencionar que el área representativa de una estación es de 5 km de radio aproximadamente en terreno plano.

El Servicio Meteorológico Nacional tiene a lo largo del país una red de estaciones sin registro (Pluviómetros) de aproximadamente 5,420 y con registro (Pluviógrafos) de 188. Es evidente que existe mayor cantidad de información de registros pluviométricos que pluviográficos, por ello es común que para proyectos de ingeniería se utilicen métodos como los propuestos por Cheng Lung Chen y F. Bell para estimar intensidades de lluvia a partir de datos de precipitaciones máximas en 24 horas.

La información climatológica nacional contiene registros desde el año 1900 hasta la fecha y se encuentra disponible desde la página:

8.3.4 Corrección por intervalo fijo

La cantidad diaria máxima anual obtenida a partir de registros de precipitación medidos de 8 a. m. a 8 a. m. suele ser menor que la cantidad máxima anual en 24 horas calculada con intervalos móviles de 1440 minutos consecutivos sin instantes fijados de inicio y fin. Para obtener aproximaciones mayores entre los valores estimativos con respecto a los reales se utiliza un factor multiplicativo.

Hershfield (1961) propuso multiplicar por el factor 1.13, otros trabajos sobre el tema han encontrado valores entre 1.11 y 1.17, por lo que para fines prácticos y para el diseño de colectores pluviales puede tomarse el valor propuesto por Hershfield sin tener que realizar estudios detallados de dicho factor. Preferentemente, la protección de la obra se tomará en cuenta desde la elección del periodo de retorno.

8.3.5 Análisis de frecuencia

El comportamiento de la precipitación no puede ser predicha con total certeza, principalmente porque su variación en el tiempo es aleatoria (Proceso estocástico). Sin embargo, puede suponerse que la frecuencia con lo que ocurren eventos de una variable aleatoria se ajustan a una función, a este proceso se le denomina análisis de frecuencias.

- Parámetros estadísticos

Una serie de tiempo es un conjunto de observaciones realizadas de forma secuencial, normalmente a intervalos iguales. Las series de tiempo hidrológicas pueden ser univariadas, como la precipitación o el escurrimiento anual o mensual en una estación de aforos, o multivariadas como la precipitación o escurrimiento anual o mensual en varias estaciones de aforos.

Las series univariadas se describen generalmente a través de sus características estadísticas como la media, desviación estándar, coeficiente de asimetría, coeficiente de curtosis, distribución de probabilidad y de la estructura de dependencia en el tiempo.

La media de la muestra, que se calcula a través de la siguiente expresión:

$$\bar{P} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i$$

Donde:

\bar{P} =Media de la muestra

n =Número de datos de la muestra

P_i =Datos de la muestra

La desviación estándar se obtiene con la siguiente ecuación:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2}{n-1}}$$

Donde:

S =Desviación estándar de la muestra

\bar{P} =Media de la muestra

n =Número de datos de la muestra

P_i =Datos de la muestra

En algunos casos será necesario calcular dos parámetros ya descritos en términos de sus logaritmos, los cuales quedarán de la siguiente forma.

La media de los logaritmos de la muestra:

$$\overline{P_y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln P_i$$

Donde:

$\overline{P_y}$ =Media de los logaritmos de la muestra

n =Número de datos de la muestra

P_i =Datos de la muestra

La desviación estándar de los logaritmos de la muestra:

$$k = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^4}{(S^3)^2}$$

Donde:

k =Coeficiente de curtosis

n =Número de datos de la muestra

P_i =Datos de la muestra

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \ln(P_i - \overline{P_y})^2}{n-1}}$$

Donde:

S_y =Desviación estándar de los logaritmos de la muestra

n =Número de datos de la muestra

P_i =Datos de la muestra

$\overline{P_y}$ =Media de los logaritmos de la muestra

Además, serán útiles obtener los coeficientes de asimetría y de curtosis, las cuales se presentan a continuación en el orden que se mencionaron:

$$g = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^3}{S^3}$$

Donde:

g =Coeficiente de asimetría

n =Número de datos de la muestra

P_i =Datos de la muestra

\bar{P} =Media de la muestra

S =Desviación estándar de la muestra

- Función de distribución acumulada

En primera instancia se busca determinar el intervalo de recurrencia o periodo de retorno Tr de un evento hidrológico de una magnitud dada P . Para estimar eventos futuros de diseño se determinará la probabilidad de que dicho evento sea excedido.

$$P(X \geq P)$$

El lapso empírico en el que se espera que la magnitud no será sobrepasada en promedio se le denomina periodo de retorno Tr . Cuyo valor en términos de frecuencia está definido por:

$$Tr = \frac{n + 1}{m}$$

Donde Tr es el periodo de retorno, n es el número de datos de la muestra, y m es el orden del dato, y la expresión anterior se conoce como la ecuación de Weibull.

Por otro lado, si un evento igual o mayor a P ocurre una vez en T años, la probabilidad de que sea superado en un año es:

$$P(X \geq P) = \frac{1}{Tr} = \frac{m}{n + 1}$$

Cuando analizamos un periodo de n años, podemos preguntarnos cuál es la probabilidad de que no sea superado una vez al menos el valor de referencia. Si llamamos $P(X < P)n$ a la probabilidad de que un evento no se iguale o supere en un periodo de n años, podemos escribir:

$$P(X < P)n = P(X < P)^n = [1 - P(X < P)]^n$$

Si queremos expresar la probabilidad de que se vea superado una vez en los n años, será:

$$P(X > P)n = [1 - P(X < P)]^n$$

Expresada en términos del periodo de retorno:

$$P(X > P)n = \left[1 - \frac{1}{Tr}\right]^n$$

La expresión anterior también es conocida como función de distribución acumulada, si existen suficientes datos en la serie de máximos anuales pueden conocerse los periodos de retorno correspondientes a cada uno de los datos de una muestra, es posible proceder a la obtención de su distribución de probabilidades y ajustarla a una función.

$$F(P) = 1 - \frac{1}{Tr} = \frac{Tr - 1}{Tr}$$

A continuación, se presenta un resumen de algunas de las funciones de distribución de probabilidad más usadas que pueden aplicarse a datos de series anuales.

- Distribución exponencial con un parámetro

Depende de un solo parámetro: β . Se caracteriza por tener una tasa de fallo constante (igual a β) es definida a partir de la distribución de Poisson.

La función de densidad de probabilidad para la distribución exponencial con un parámetro es:

$$f(x) = \beta e^{-\beta x} \quad \text{si} \quad x > 0$$

y función de distribución se define como:

$$F(x) = \int_0^x (\beta e^{-\beta x}) dx$$

$$F(x) = 1 - e^{-\beta x}$$

La estimación del parámetro de escala por el método de momentos se hará a través de la siguiente ecuación:

$$\beta = \frac{1}{\bar{P}}$$

donde \bar{P} , es la media de la muestra.

Los valores estimados por el modelo probabilístico de ajuste son:

$$\hat{P}_{Tr} = -\left(\frac{1}{\hat{\beta}}\right) \ln[1 - F(P)]$$

con

$$\hat{\beta} = \frac{1}{\bar{P}}$$

- Distribución exponencial con dos parámetros

Es un caso particular de la distribución gamma cuando $\alpha = 1$. Su función de densidad es:

$$f(x) = \frac{1}{\beta} e^{-(x-x_0)}$$

Y la función de distribución se define como:

$$F(x) = 1 - e^{-\frac{x-x_0}{\beta}} \quad x > 0 \quad \beta > 0$$

Los valores estimados por el modelo probabilístico de ajuste son:

$$\hat{P}_{Tr} = \hat{X}_0 - \left(\frac{1}{\hat{\beta}}\right) \ln[1 - F(P)]$$

con

$$\hat{X}_0 = \bar{P} - S$$

$$\hat{\beta} = S$$

donde \bar{P} es la media de la muestra y S la varianza.

- Distribución general de valores extremos I (Gumbel)

Se aplica cuando se tienen N muestras, cada una de las cuales contiene n eventos. Si se selecciona el máximo x de los n eventos de cada muestra, es posible demostrar que, a medida que n aumenta, la función de distribución de probabilidad de x tiende a:

$$F(x) = e^{-e^{-(u(x-\alpha))}}$$

La función de densidad de probabilidad es entonces:

$$F(x) = \alpha e^{[-\alpha(x-\beta) - e^{-\alpha(x-\beta)}]}$$

donde α y β son los parámetros de escala y forma de la función, y se estiman por el método de momentos:

$$\alpha = 0.78 S \quad u = \bar{x} - 0.45 S$$

\bar{x} representa la media de la muestra y S es la desviación estándar.

Los valores estimados por el modelo probabilístico de ajuste son:

$$\hat{P}_{Tr} = \hat{u} - \hat{\alpha} \ln \ln \left[\frac{1}{F(P)} \right]$$

con

$$\hat{u} = \bar{P} - 0.45 S$$

$$\hat{\alpha} = 0.78 S$$

- Distribución de Nash

Utilizando la función de distribución de probabilidad de Gumbel de una población, Nash propone la siguiente metodología para calcular los parámetros de la función:

$$F(x) = \alpha + c [Ln(LnF(P))]$$

Tomando en cuenta el método de Gumbel antes descrito $a = \beta$ y $c = -a$

“ a ” y “ c ” son los parámetros de la función, que se obtienen también a través de un análisis de correlación lineal simple con el criterio de los mínimos cuadrados.

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \sum_{i=1}^n x_i^2 - \sum_{i=1}^n x_i y \sum_{i=1}^n x_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}$$

$$c = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}$$

- Distribución normal

La función de distribución de probabilidad normal es:

$$F(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} dx$$

La función de densidad de probabilidad normal se define como:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$$

donde, μ y σ son los parámetros de la distribución. Estos parámetros determinan la forma de la función $f(x)$ y su posición en el eje x .

Los valores estimados por el modelo probabilístico de ajuste son:

$$\hat{P}_{Tr} = \hat{\mu} - U_T \hat{\sigma}$$

con

$$\hat{\mu} = \bar{P} \quad \hat{\sigma} = S$$

$$U_T = V - \frac{b_0 + b_1 V + b_2 V^2}{1 + b_3 V + b_4 V^2 + b_5 V^3}$$

$$b_0 = 2.515517$$

$$b_1 = 0.802853$$

$$b_2 = 0.010328$$

$$b_3 = 1.432788$$

$$b_4 = 0.189269$$

$$b_5 = 0.001308$$

Cuando $0.50 \leq F(P) \leq 0.50$

$$V = \sqrt{\ln \left\{ \frac{1}{[1 - F(P)]^2} \right\}}$$

Cuando $F(P) < 0.50$

$$V = \sqrt{\ln \left\{ \frac{1}{[F(P)]^2} \right\}}$$

- Distribución log-normal

En esta función los logaritmos naturales de la variable aleatoria se distribuyen normalmente.

La función de distribución de probabilidad es:

$$F(x) = \int_0^x \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{1}{x\beta} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln x - \alpha}{\beta} \right)^2} dx$$

La función de densidad de probabilidad es:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{1}{x\beta} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln x - \alpha}{\beta} \right)^2}$$

donde α y β son los parámetros de la distribución. Los valores de α y β son respectivamente la media y la desviación estándar de los logaritmos de la variable aleatoria.

Los valores estimados por el modelo probabilístico de ajuste son:

$$\hat{P}_{Tr} = e^{(\hat{\mu}_y - U_T \hat{\sigma}_y)}$$

con

$$\hat{\mu}_y = \bar{P}_y$$

$$\hat{\sigma}_y = S_y$$

donde \bar{P}_y y S_y es la media y la desviación estándar de los logaritmos de las muestras.

Distribución Gamma de dos parámetros

La función de distribución de probabilidad es:

$$F(x) = \int_0^x \left[\frac{x^{\beta-1} e^{\left(\frac{-x}{\alpha}\right)}}{\alpha^\beta \Gamma(\beta)} \right] dx$$

La función de densidad de probabilidad gamma de dos parámetros se define como:

$$f(x) = \frac{x^{(\beta-1)} e^{\left(\frac{-x}{\alpha}\right)}}{\alpha^\beta \Gamma(\beta)}$$

donde α y β son los parámetros de escala y forma de la función y $\Gamma(\beta)$ es la función Gamma.

Los parámetros α y β se evalúan por el criterio de momentos a partir de las siguientes ecuaciones:

$$\alpha = \frac{s^2}{\bar{x}}$$

$$\beta = \left(\frac{\bar{x}}{s}\right)^2$$

donde x y s son la media y desviación estándar de los datos.

Los valores estimados por el modelo probabilístico de ajuste son:

$$\hat{P}_{Tr} = \hat{\alpha} \hat{\beta} \left[1 - \frac{1}{9\hat{\beta}} + U_T \sqrt{\frac{1}{9\hat{\beta}}} \right]^3$$

con

$$\hat{\alpha} = \frac{S^2}{\bar{P}}$$

$$\hat{\beta} = \left(\frac{\bar{P}}{S}\right)^2$$

- Distribución Gamma de tres parámetros (Pearson tipo III)

La función de densidad de probabilidad de la distribución Pearson tipo III se define como:

$$F(x) = \frac{1}{\alpha\Gamma(\beta)} \left(\frac{\bar{x} - x_0}{\alpha}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{x-x_0}{\alpha}\right)}$$

donde: α , β y x_0 son los parámetros de escala, de forma y de ubicación respectivamente.

Los parámetros α , β y x_0 se estiman a través del criterio de momentos con las siguientes ecuaciones:

$$\alpha = \frac{gs}{2}$$

$$\alpha = \frac{4}{g^2}$$

$$x_0 = \bar{x} - \alpha\beta$$

donde, x , s y g son la media, la desviación estándar y el coeficiente de asimetría respectivamente de la muestra.

Para determinar los eventos de diseño para cualquier periodo de retorno la distribución Pearson tipo III puede ser evaluada a través de una aproximación con la variable estandarizada z de la distribución normal, utilizando la siguiente ecuación:

$$\hat{P}_{Tr} = (\alpha)(\beta) \left[1 - \frac{1}{9\beta} + z \sqrt{\frac{1}{9\beta}} \right]^3 + x_0$$

- Resumen de ajuste por método de momentos

Como ya se expuso en cada una de las funciones de distribución propuestas en incisos anteriores; para poder correlacionar una muestra a una distribución de probabilidad, se requiere de un método de estimación de parámetros que permita relacionar la información muestral con la poblacional, como el método de momentos. Esto se hace al igualar los momentos poblacionales con los muestrales.

Los momentos muestrales son parámetros estadísticos comunes como la media aritmética, la varianza y el coeficiente de asimetría.

En la Tabla , se presenta un resumen de las fórmulas planteadas en los incisos anteriores para el caso de ajuste por momentos.

- Prueba de error estándar de ajuste

Una de las formas más utilizadas para verificar la correlación entre la serie real de datos y los obtenidos mediante el ajuste a alguna función de distribución de probabilidad (regresión) es mediante el Error Estándar de Ajuste (*E.E.*). Otro nombre que recibe es el coeficiente de regresión lineal.

$$E. E. = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{P}_{Tr} - P_r)^2}{n - np} \right]^{1/2}$$

Donde *E.E.* es el error estándar de Ajuste, \hat{P}_{Tr} son los valores estimados por el modelo probabilístico de ajuste, P_r son los valores reales asociados al mismo periodo de retorno, n es el tamaño de la muestra y np es el número de estimadores del modelo (número de parámetros de ajuste).

La función de distribución de probabilidad es aquella que proporcione el menor valor en el *E.E.* En el caso de que existan varias funciones con similar valor se optará por aquella que tenga un número mayor de parámetros.

Tabla 9. Distribuciones de probabilidad para el ajuste de información hidrológica.

Distribución	Función de densidad de probabilidad	Rango	Ecuaciones de parámetros en términos de los momentos de la muestra
Normal	$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$	$-\infty \leq x \leq \infty$	$\mu = \bar{x}, \sigma = S_x$
Log-normal	$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln x - \mu_y)^2}{2\sigma_y^2}}$	$x > 0$	$\mu_y = \bar{y}, \sigma_y = S_y$
Exponencial	$f(x) = \lambda e^{-\lambda x}$	$x \geq 0$	$\lambda = \frac{1}{\bar{x}}$
Gamma	$f(x) = \frac{\lambda^\beta x^{(\beta-1)} e^{-\lambda x}}{\Gamma(\beta)}$	$x \geq 0$	$\lambda = \frac{1}{\bar{x}}$ $\beta = \frac{S_x^2}{\bar{x}^2} = \frac{1}{CV^2}$
Pearson Tipo III (Gamma de tres parámetros)	$f(x) = \frac{\lambda^\beta (x - \epsilon)^{\beta-1} e^{-\lambda(x-\epsilon)}}{\Gamma(\beta)}$	$x \geq \epsilon$	$\lambda = \frac{S_x}{\sqrt{\beta}}, \beta = \left(\frac{2}{C_s}\right)^2$ $\epsilon = \bar{x} - S_x\sqrt{\beta}$
Log-Pearson Tipo III	$f(x) = \frac{\lambda^\beta (x - \epsilon)^{\beta-1} e^{-\lambda(x-\epsilon)}}{\Gamma(\beta)}$ Donde $y = \log x$	$\log x \geq \epsilon$	$\lambda = \frac{S_y}{\sqrt{\beta}}, \beta = \left(\frac{2}{C_s(y)}\right)^2$ $\epsilon = \bar{y} - S_y\sqrt{\beta}$ Suponiendo que $C_s(y)$ es positivo
Valor Extremo Tipo I	$f(x) = \frac{1}{\alpha} e^{-\frac{x-u}{\alpha}} e^{-\left(\frac{x-u}{\alpha}\right)}$	$-\infty < x < \infty$	$\alpha = \frac{\sqrt{6S_x}}{\pi}$ $u = \bar{x} - 0.5772\alpha$

8.4 Caudales de proyecto

Para la determinación de crecientes en cuencas urbanas o rurales hay que abordar 3 aspectos importantes como son el tiempo de concentración, las precipitaciones presentadas en dicha cuenca además de la determinación del mejor método aplicable al tipo de cuenca.

Es importante realizar una buena investigación de las características físicas de la cuenca bajo la cartografía topográfica disponible.

8.4.1 Racional

Actualmente es el método más empleado y de mayor aplicación para diseño de sistemas de

drenaje urbano además de ser adecuado para analizar sistemas urbanos que drenen áreas relativamente pequeñas, fundamentándose en la siguiente hipótesis (Gómez, 2007):

- La intensidad de la precipitación es uniforme en el espacio y no varía en el tiempo.
- La duración de la precipitación que produce el caudal máximo dada una intensidad, es igual al tiempo de concentración.
- El tiempo de concentración es el tiempo que tarda toda el área de la cuenca en contribuir al escurrimiento mismo en que se produce el gato pico.

- d) El coeficiente de escurrimiento se mantiene uniforme en el tiempo.

Para la obtención del gasto, se utiliza la siguiente expresión:

$$Q_p = 0.278 C_e * i * A_T$$

donde:

Q_p =Gasto pico(m³/s).

C_e =Coeficiente de escurrimiento.

i =Intensidad media de la lluvia para una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca(mm/h).

A_T =Área total de la cuenca(km²).

0.278 =Factor de conversión de unidades.

Campos-Aranda, (2010), recomienda el uso de este método para cuencas con un área no mayor a 0.89 km².

8.4.2 Tr-55

Método propuesto en el año 1986 por Natural Resources Conservation Service (NRCS) anteriormente Soil Conservation Service (SCS), es aplicable a cuencas urbanas y rurales con tiempos de concentración entre 6 minutos a 10 horas. Se estima el gasto basado en el hietograma regional con duración de 24 horas, el número N de la curva de escurrimiento para estimar la lluvia en exceso y el gasto pico unitario.

Tabla 10. Determinación de C₀, C₁ Y C₂ Tipo de Tormenta.

Tipo de Tormenta	Ia/Pc	C ₀	C ₁	C ₂
I	0.10	2.30550	-0.51429	-0.11750
	0.15	2.27044	-0.50908	-0.10339
	0.20	2.23537	-0.50387	-0.08929
	0.25	2.18219	-0.48488	-0.06589
	0.30	2.10624	-0.45695	-0.02835
	0.35	2.00303	-0.40769	-0.01983
	0.40	1.87733	-0.32274	-0.05754
	0.45	1.76312	-0.15644	-0.00453
	0.50	1.67889	-0.06930	0.00000
IA	0.10	2.03250	-0.31583	-0.13748
	0.15	1.97614	-0.29899	-0.10384
	0.20	1.91978	-0.28225	-0.07020
	0.25	1.83842	-0.25543	-0.02597
	0.30	1.72657	-0.19829	-0.02633
	0.35	1.70347	-0.17145	-0.01975
	0.40	1.68037	-0.14463	-0.01317
	0.45	1.65727	-0.11782	-0.00658
	0.50	1.63417	-0.09100	0.00000
II	0.10	2.55323	-0.61512	-0.16403
	0.15	2.53125	-0.61698	-0.15217
	0.20	2.50928	-0.61885	-0.14030
	0.25	2.48730	-0.62071	-0.12844
	0.30	2.46532	-0.62257	-0.11657
	0.35	2.41896	-0.61594	-0.08820
	0.40	2.36409	-0.59857	-0.05621
	0.45	2.29238	-0.57005	-0.02281
	0.50	2.20282	-0.51599	-0.01259
III	0.10	2.47317	-0.51848	-0.17083
	0.15	2.45395	-0.51687	-0.16124
	0.20	2.43473	-0.51525	-0.15164
	0.25	2.41550	-0.51364	-0.14205
	0.30	2.39628	-0.51202	-0.13245
	0.35	2.35477	-0.49735	-0.11985
	0.40	2.30726	-0.46541	-0.11094
	0.45	2.24876	-0.41314	-0.11508
	0.50	2.17772	-0.36803	-0.09525

Utilizando tres métodos de distribución de la lluvia que tienen semejanza con la llamada tormenta balanceada.

I y IA: Característicos de los climas marítimos de Pacífico como inviernos húmedos y veranos secos, aplicable a la península de Baja California.

II: Caracteriza las lluvias de los Estados Unidos continental, con excepción de la costa del Golfo de México, sur de Florida y la costa Atlántica. Aplica en todo el país excepto en la península de Baja California, Golfo de México y el sureste mexicano.

III: Con predominio de tormentas tropicales que generan las precipitaciones máximas en 24 horas, aplicable a la costa del Golfo de México y el Sureste Mexicano.

El gasto pico (Qp , en m^3/s), se determina:

$$Qp = qu * Pe * Fp * A$$

donde:

qu =Gasto pico unitario en m^3/s por cm de lluvia en exceso y km^2 de área de cuenca

Pe =Precipitación en exceso en centímetros correspondiente a la lluvia de 24 horas de duración y periodo de retorno de diseño, corregida por el tamaño de la cuenca

Fp =Factor de ajuste por estanques y pantanos de la cuenca

A =Área de la cuenca en km^2

Tabla 11. Factor de ajuste por estanques y pantanos.

%	Fp
0.00%	1
0.20%	0.97
1.00%	0.87
3.00%	0.75
5.00%	0.72

Gasto pico unitario(qu) se estima con la expresión siguiente:

$$\log(qu) = c_0 + c_1 * \log(Tc) + c_2 [\log(Tc)]^2 - 2.366$$

Tc =Tiempo de concentración de la cuenca(hras)

c_0, c_1 y c_2 =Coeficientes que se obtienen en Función del tipo de tormenta del NRCS y del cociente Ia/Pc

Ia =Son las pérdidas iniciales durante la tormenta, en función del número $N(mm)$

Pc =Lluvia de duración 24 horas y periodo de retorno de diseño, corregida por el tamaño de la cuenca(mm)

Cuando $Ia/Pc < 0.10$ se utilizan los valores de correspondiente a 0.10 y cuando $Ia/Pc > 0.50$ se emplean los valores de 0.50; para valores intermedios se interpola o se adopta el cociente más cercano.

El valor de Ia se calcula de la siguiente forma:

$$Ia = 0.20 * S$$

Siendo:

$$S = \left(\frac{25,400}{N} - 254 \right)$$

donde:

S = Retención máxima potencial(mm)

N = Número de la curva de escurrimiento del SCS

La precipitación máxima correspondiente a 24 horas (P) y al periodo de retorno de diseño, se estima a través de las curvas IDF de la zona o bien en base con la información pluviométrica; este valor se corrige por la magnitud de cuenca por medio de la ecuación modificada:

$$FRA = 1.0 - 0.091293 * (1.0 - e^{-0.005794*A})$$

$$Pc = FRA * P$$

8.4.3 Chow

Desarrollado por Chow para el cálculo pico de hidrogramas es aplicable a cuencas menores de 6,000 acres (25 km²), está basado en la teoría del hidrograma unitario y de la curva S la cual permite obtener otros hidrogramas unitarios con duraciones diferentes.

El gasto pico (Q) del escurrimiento directo es igual al producto de la lluvia en exceso (Pe) por el gasto pico del hidrograma unitario (q); como

ambas cantidades son función de la duración (d) y está no se conoce, se define el factor de reducción de pico (Z) como el cociente entre q y Qe , por lo cual:

$$q = \frac{2.778 * A * Z}{d}$$

Y entonces:

$$Q = \frac{2.778 * A * Z * Pe}{d}$$

Chow encontró experimentalmente para cuencas pequeñas una relación para el factor Z y el cociente de la duración y el tiempo de retraso de la cuenca (d/T_L). T_L se define como el lapso desde la mitad de la intensidad en exceso de duración (d) al tiempo pico del hidrograma unitario.

Chow propone la siguiente formula empírica para la estimación del lapso de la mitad de intensidad en exceso de duración al tiempo pico del hidrograma unitario en horas:

$$T_L = 0.00505 * \left(\frac{Lc}{\sqrt{Sc}} \right)^{0.64}$$

Donde:

Lc = Longitud del cauce principal(m)

Sc = Pendiente promedio (%)

Es aplicable si $T_L < 5$ horas

Se estima las precipitaciones en exceso (Pe_i) en milímetros en función del número N , correspondientes a cada lluvia (P_i), cuando estas exceden la precipitación mínima (P_{min}).

$$P_{min} = \frac{5,080}{N} - 50.8$$

$$Pe_i = \frac{(P_i - P_{min})^2}{P_i + \frac{20,320}{N} - 203.2}$$

8.4.4 Hidrograma Unitario Triangular

Este método fue propuesto y divulgado en los Estados Unidos por Bureau of Reclamation; en México se difundió desde 1966, Es una simplificación propuesta por el SCS a inicios de los años 50, para técnica de los hidrogramas unitarios sintéticos.

Se define como el hidrograma de gasto resultante de una lluvia en exceso unitaria ocurriendo uniformemente sobre la cuenca y durante la duración unitaria especificada, donde el tamaño máximo de las cuencas limita a los 1,300 km²(500mi²), puede ser aplicado sin ser subdivididas.

Se establece una tormenta de diseño para 24 horas y se obtienen las precipitaciones en exceso (Pe) en función del número N y la Precipitación Acumulada (P).

$$P_{min} = \frac{5,080}{N} - 50.8$$

$$Pe_i = \frac{(P_i - P_{min})^2}{P_i + \frac{20,320}{N} - 203.2}$$

Tiempo pico:

$$Tp = \sqrt{Tc} + 0.6 * Tc$$

Tiempo base:

$$Tb = 0.67 * Tc$$

Gasto pico:

$$Qp = \frac{0.208 * A * Pe}{Tp}$$

donde:

Tc =Tiempo de concentración(horas)

A =Área de la cuenca(km²)

Pe =Precipitaciones en exceso(mm)

Tp =Tiempo pico(horas)

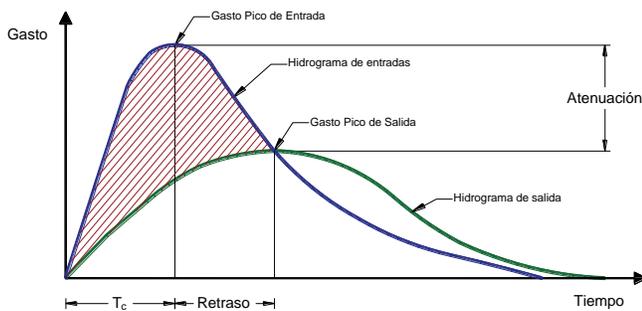
8.5 Determinación de volumen de regulación

Un sistema de regulación es una estructura artificial de control de caudal que se utiliza para contener aguas pluviales durante un periodo de tiempo limitado. Dentro de la red de alcantarillado se utiliza para lograr un equilibrio entre los picos de caudal, ayudando de esta forma

a evitar desbordamientos y protegiendo zonas que se encuentren aguas abajo.

Los dos conceptos principales en los que se fundamenta un sistema de detención son la atenuación y el retraso.

Se busca la atenuación del gasto pico de entrada con un estanque de regulación y con esa disminución se origina el retraso en el tiempo en el que ocurre el gasto pico de salida.



Grafica 3. Relación de Hidrogramas.

Antes de que los hidrogramas se intersecten en un tiempo el gasto de entrada es mayor que el que sale y por tal razón el volumen de detención seguirá aumentando. Una vez alcanzada la intersección entre hidrogramas pasa lo contrario, el gasto de salida se hace mayor al de salida lo que indica que ahí comienza el vaciado del sistema. Por tal razón el punto donde se da la intersección en el cual los gastos son iguales en un tiempo no existe cambio en cuanto al almacenamiento ni en el nivel, por lo que es en

ese punto donde se presenta el volumen de detención y gasto de salida máximos.

Para el dimensionamiento de un sistema de detención se necesita tomar en cuenta dos factores importantes, uno es el almacenamiento requerido para drenar un área (cuenca, subcuenca o microcuenca) además de un espacio disponible para su propuesta.

Para el cálculo del volumen se puede realizar un análisis de manera directa estimando una diferencia entre los volúmenes de entrada y el de salida, procedimiento conocido como el método volumétrico y su funcionamiento es muy parecido al que se emplea para el diseño de tanques de almacenamiento en redes de agua potable.

8.5.1 Método volumétrico CONAGUA

(CONAGUA, 2015) expone un método para estimar el volumen de detención muy similar al que (Aparicio Mijares F. J., 1992) presenta, el método consiste en la ecuación de la continuidad expresada en un intervalo de tiempo Δt dado:

$$X - D = \Delta V$$

En tal expresión X corresponde al volumen de entradas al vaso durante el intervalo Δt , D corresponde al volumen de salidas del vaso

durante ese mismo intervalo mientras que ΔV indica el cambio del volumen almacenado durante el intervalo de tiempo Δt .

La varianza en el tiempo se toma de acuerdo al tamaño del sistema de detención que se desea construir.

Conagua adopto la siguiente ecuación para realizar el cálculo para un sistema de detención:

$$Vt = PeA$$

Donde Vt es el volumen máximo almacenado en m^3 , Pe se define como la precipitación efectiva para una tormenta con periodo de retorno dado en mm mientras que A corresponde al área de escurrimiento en m^2 .

Una de las recomendaciones principales para la obtención de un volumen de regulación es hacer el cálculo del gasto pico de entrada a partir de hidrogramas sintéticos y por último estimar un volumen máximo detenido en el sistema (V_{max}) este se obtiene a partir de una relación entre el gasto de entrada y el de salida, mencionando que la salida depende del tipo de descarga que se esté proyectando para el sistema.

El principio básico del método trabaja mediante un coeficiente de regulación el cual está en función de duración a la precipitación, requiriendo almacenar el agua en las horas cuando la lluvia presenta su mayor intensidad

para después comenzar con el vertido de forma controlada. Como se menciona en el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento la diferencia entre el análisis de redes de drenaje y un sistema de detención es que en la red de drenaje se tiene un hidrograma de entrada y se realiza la configuración de la red buscando un hidrograma de salida mientras que en un sistema de detención se tiene el hidrograma de entrada, se propone el hidrograma de salida y se calcula la geometría necesaria para poder llegar a esas condiciones planteadas.

Cuando se tiene definidas las condiciones de salida como son el tiempo de regulación y el gasto de salida se realiza el balance entre el volumen que ingresa al sistema con respecto al que sale.

El cálculo se realiza proponiendo distintos tiempos desde el ingreso del agua al sistema hasta el tiempo en el que se quiere vaciar por completo el sistema.

Una vez que se tienen los tiempos se calcula el valor del gasto de entrada al almacenamiento que consiste en el volumen de escurrimiento que se requiere acumular mientras se encuentra el evento.

Posteriormente se propone un gasto para la salida con base a un tiempo.

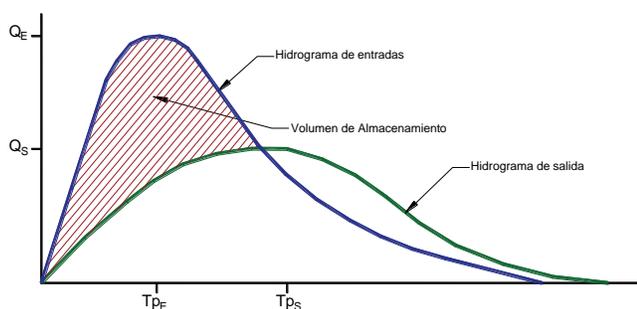
Con los datos obtenidos de gasto de salida así como de entrada en un tiempo se estima un volumen de ingreso y de salida V_{entr} y V_{sal} .

Finalmente se obtienen la diferencia algebraica entre el volumen de ingresos con el de salidas y para obtener el volumen de detención se realiza una relación de el volumen acumulado con la diferencia entre volúmenes.

Del cálculo realizado se estima el máximo porcentaje excedente y el máximo porcentaje faltante obteniendo:

$$Cv = Max[V_{ent} - V_{sal}]$$

Donde Cv es la capacidad necesaria para almacenar, V_{ent} corresponde al gasto de ingreso mientras que V_{sal} corresponde al gasto de salida del sistema.



Gráfica 4. Relación Hidrogramas CONAGUA.

8.5.2 IDF

El procedimiento se basa en el método Racional y por tal razón el método está recomendado para cuencas con un tamaño de hasta 65 ha.

El procedimiento se basa en una técnica de balance, de manera que para duraciones que van de 5 a 250 minutos se realiza la estimación de el volumen acumulado que entra (Ve) al sistema de detención y por otra se cuantifica el volumen acumulado de salida (Vs) en el mismo tiempo con un gasto liberado; para la obtención del volumen requerido (Vr) corresponde a la máxima diferencia encontrada entre el Ve y el Vs . De tal forma que con base a la curva IDF, con un periodo de retorno establecido, se estima el Ve a partir de:

$$Ve = 0.00278 * C * i * A * T$$

Donde Ve es el volumen acumulado de escurrimientos es m^3 , C corresponde al coeficiente de escurrimiento de la cuenca, i es la intensidad de diseño correspondiente a la duración T en mm/h , A es el área de la cuenca en ha y T es la duración de la tormenta en segundos. Mientras que el volumen para egresos se calcula según:

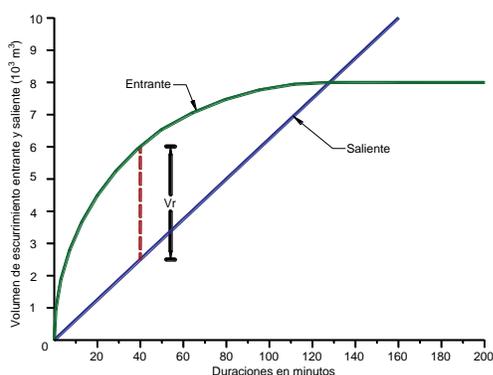
$$Vs = k * Qs * T$$

En la cual Vs corresponde al volumen de salida en m^3 , k es el factor de ajuste de salida adimensional mientras que Qs es el gasto máximo de salida en m^3/s . Cabe mencionar que esta ecuación utiliza el gasto máximo de salida, esto se obtiene cuando el sistema ya está lleno, sin embargo, como sabemos el gasto de descarga

varía dependiendo del tirante o la profundidad, este valor se corrige tomando en cuenta el factor k obtenido a partir de un gráfico, que a su vez está en función del cociente entre los gastos máximos de salida y entrada.

Para facilitar la aplicación de la gráfica se realizó a partir de un polinomio de 2º grado la cual puede definirse como:

$$k = 1.01287 - 0.42912 * \alpha + 0.20185 * \alpha^2$$



Gráfica 5. Hidrograma método IDF.

8.5.3 JAMES C. Y GUO

Este método es una adaptación del método de IDF que se expondrá más adelante, al igual que dicho método se necesitan las curvas IDF, el método racional y una técnica de balance.

(Campos Aranda, 2006) menciona que cuando el área de cuenca es pequeña esta se puede estimar la creciente mediante el método Racional, el cual define hidrogramas de comportamiento trapecial

cuando la duración de la tormenta es mayor del tiempo de concentración de tal cuenca. El volumen de detención necesario para reducir a un determinado porcentaje (α) el hidrograma de entrada puede ser calculado con base a una técnica de balance, estableciendo una relación entre un volumen entrante y un volumen saliente.

El procedimiento se basa en el uso de las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF), estableciendo que conforme incrementa el tiempo se estima un volumen acumulado de escurrimiento que entra (Ve) y de igual forma se calcula el volumen de salida (Vs) en función al tiempo y gasto liberado; el volumen de detención corresponderá a la máxima diferencia encontrada entre Ve y Vs .

Se establece que la manera más sencilla para definir un hidrograma de egresos es localizando el gasto máximo de salida en la rama descendente del hidrograma de entradas y hacer coincidir el final de ambos hidrogramas.

Con base a la selección de un periodo de retorno y tomando como base las curvas IDF se estima el Ve con la siguiente expresión:

$$Ve = 0.00278 * C * i * A * T$$

Donde Ve es el volumen acumulado de escurrimiento en m^3 , C es el coeficiente de escurrimiento del método Racional de la cuenca

adimensional, i es la intensidad de diseño correspondiente a la duración T en mm/h, A es el área de la cuenca en ha y T es la duración de la tormenta en segundos. Mientras que para el volumen de egresos se puede expresar mediante la siguiente ecuación:

$$V_s = \frac{1}{2} * Q_a * (T + T_c)$$

En la cual V_s es el volumen de salida en m³, Q_a es el gasto máximo de descarga en m³/s y T_c es el tiempo de concentración de la cuenca en segundos. El volumen de detención requerido (V_r) por el estanque de detención es la diferencia entre el volumen que entra y el volumen que sale y se puede expresar como:

$$V_r = V_e - V_s$$

(Guo , 2006) simplificando el cálculo expuso que se acepta que existe un gasto promedio \bar{Q} con una duración T obteniendo la siguiente expresión:

$$V_s = \bar{Q} * T$$

El gasto promedio está directamente relacionado con el gasto máximo dado por:

$$\bar{Q} = m * Q_a$$

Sustituyendo de las ecuaciones 4 y 5 en la parte izquierda de la ecuación 2 se puede despejar la

expresión de coeficiente m , la cual será válida solo cuando $T \geq T_c$ obteniendo:

$$m = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{T_c}{T} \right]$$

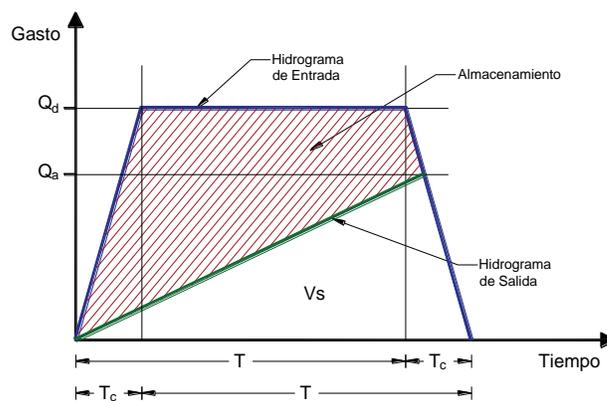
El volumen requerido V_r será la diferencia máxima entre V_e y V_s cuando, $T \geq T_c$ esto quiere decir:

$$V_r = \max V_r = \max (V_e - V_s)$$

$$V_r = \max (0.00278 * C * i * A * T - m * Q_a * T)$$

Sin embargo otros autores definieron una forma de estimar el volumen de salidas a partir de una ecuación cuyo factor de ajuste k está definido por una gráfica empírica en función del cociente entre el gasto máximo de entrada y el de salida definiendo la siguiente expresión:

$$V_s = k * Q_a * T$$



Grafica 6. Hidrograma método James C. Y. Guo.

8.5.4 Hidrogramas triangulares

Este procedimiento surge a partir del planteamiento de reducir los escurrimientos que se presentan debido a la urbanización (Qpd) a las condiciones anteriores al desarrollo urbano (Qpa).

Para cuencas de tamaño pequeño se acepta por facilidad realizar el análisis, que se tienen hidrogramas triangulares cuyo tiempo pico (TP) es igual al tiempo de concentración (Tc) proponiendo un tiempo base de $2 * Tc$.

Para la estimación de los gastos antes de la urbanización y después de esta pueden ser calculados con el método Racional o el TR-55 o algún método que nos permita obtener hidrogramas triangulares.

El cálculo para el volumen de detención comienza definiendo parámetros como α y γ a partir de las siguientes funciones.

$$\alpha = \frac{QP_a}{QP_d}$$

Donde QP_a corresponde al gasto pico antes de la urbanización mientras que QP_d corresponde al gasto después del desarrollo urbano mientras que γ se determina a partir de:

$$\gamma = \frac{TP_a}{TP_d} = \frac{Tc_a}{Tc_d}$$

Donde TP_a corresponde al tiempo pico antes del desarrollo por su parte TP_d es el tiempo pico posterior al desarrollo, además en esta ecuación se establece la relación que hay entre el TP y el Tc que como ya se dijo anteriormente se acepta que el tiempo pico es igual al tiempo de concentración.

Debido a las modificaciones que las cuencas han sufrido como consecuencia de la urbanización α será menor a la unidad debido al aumento del gasto pico a causa de la urbanización y γ será mayor a la unidad debido a la reducción de los tiempos de viaje a causa del desarrollo.

De manera general se podría mencionar que el volumen de detención requerido será igual al volumen que se encuentra entre el hidrograma que se genera antes y el de posterior al desarrollo urbano, se podría decir que esto es realizar la comparación entre un hidrograma de entradas con un hidrograma de salidas.

La característica geométrica del volumen comprendido entre los hidrogramas permitirá definir dos ecuaciones con las cuales podemos determinar el cociente adimensional que existe entre el volumen requerido (Vr) y el volumen de escurrimiento que llega de forma directa (VEd) que escurre después de que se urbanizara el terreno las ecuaciones mencionadas son:

$$\frac{Vr}{VE_d} = \frac{\gamma + \alpha + \alpha * \gamma(\gamma + \alpha - 4)}{\gamma - \alpha} \quad \text{cuando } \alpha < 2 - \gamma$$

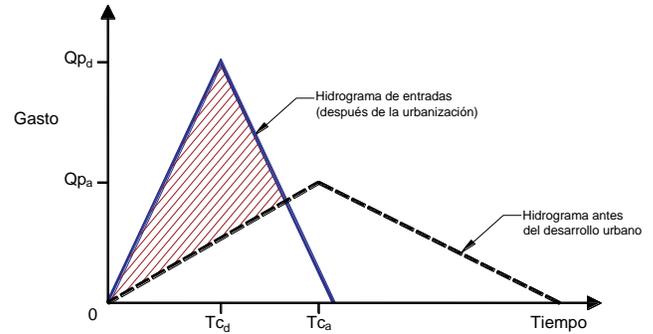
$$\frac{Vr}{VE_d} = \frac{\gamma - \alpha}{\gamma + \alpha} \quad \text{cuando } \alpha \geq 2 - \gamma$$

Las ecuaciones definen los dos casos cuando el gasto pico del hidrograma antes del desarrollo ocurre antes y después de ambos hidrogramas. Cuando $\alpha = 2 - \gamma$ el tiempo al pico del hidrograma antes de la urbanización coincide con el tiempo de intersección de ambos hidrogramas entonces se tiene:

$$\frac{Vr}{VE_d} = \gamma - 1 = 1 - \alpha$$

(Campos Aranda, 2015) menciona que el método anterior se denomina Modelo Generalizado porque constituye el planteamiento general de distintos criterios que tienen sin embargo pocas diferencias entre ellos.

Para la determinación final del volumen de detención se obtiene el área del triángulo que se genera entre los hidrogramas, tomando el tiempo como base y el gasto como altura y al final solo se multiplica por el resultado de la relación de $\frac{Vr}{VE_d}$.



Gráfica 7. Hidrograma método Hidrogramas7 Triangulares.

8.5.5 TR-55

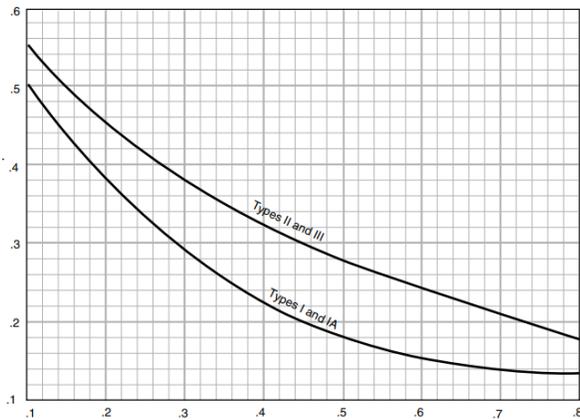
(Service, 1986) describe otro procedimiento para estimar un volumen de detención para reducir los escurrimientos.

El procedimiento consiste en un método manual para estimar los efectos de detención temporal para gastos pico. El método se basa en un almacenamiento medio y su conducción hacia muchas estructuras de control evaluadas mediante métodos computarizados.

Dicho método aplica para cuencas que cuenten con un tiempo de concentración que vaya desde los 5 minutos hasta las 10 horas, pero por el respaldo empírico con el que se cuenta se sugiere solo para cuencas de hasta 5 km²

De manera general el método establece una relación entre el cociente β entre el volumen de almacenamiento requerido (Vr) y el volumen de escurrimiento directo generado (VE_d) con el

cociente α del gasto pico de salida (Q_s) al gasto pico de entrada (Q_e).



Gráfica 8. Relación entre B y a .

La relación entre β y α va a depender del tipo de tormenta según la gráfica pero de acuerdo a lo expuesto en México se usa la curva superior definida por:

$$\frac{V_r}{VE_d} = 0.682 - 1.43 * \alpha + 1.64 * \alpha^2 - 0.804 * \alpha^3$$

El procedimiento comienza determinando la lluvia en exceso con base a las siguientes ecuaciones:

$$P_{min} = \frac{5080}{N} - 50.8$$

$$Pe = \frac{(Pi - P_{min})^2}{Pi + \frac{20320}{N} - 203.2}$$

Donde P_{min} corresponde a la precipitación mínima en mm mientras que N es el número de

la curva de escurrimiento. Por otro lado P_i corresponde a la precipitación de diseño en mm y Pe_i es la precipitación en exceso en mm.

Al obtener el producto de la lluvia de exceso por el área de escurrimiento se produce el volumen de escurrimiento directo generado esto es:

$$VE_d = Pe * A$$

Una vez obtenido el Volumen de escurrimiento directo se procede a estimar el gasto pico de entrada (Q_e) este procedimiento se realiza de acuerdo al método que expone el TR-55.

Cuando se obtiene el gasto pico de entrada se propone el gasto máximo de salida con la expresión y se obtiene el cociente α de acuerdo a:

$$\alpha = \frac{Q_s}{Q_e}$$

A su vez se obtiene el resultado de la relación entre β y α .

$$\frac{V_r}{VE_d} = 0.682 - 1.43 * \alpha + 1.64 * \alpha^2 - 0.804 * \alpha^3$$

De manera que el volumen de detención requerido será:

$$V_r = \frac{V_r}{VE_d} * VE_d$$

9. Interfaz de usuario HTP

Las versiones más recientes de AutoCAD muestran al usuario una forma más sencilla de trabajar a través de espacios denominados “Cintas de Opciones” que incluyen algunas interfaces gráficas facilitando el acceso a herramientas mediante el reconocimiento del icono que representa cierta acción. Las cintas sólo están disponibles en un área de trabajo diferente al de AutoCAD Clásico. La cinta a la que se recurre mayormente es la llamada Inicio, ya que recopila las herramientas más habituales.

9.1 Entorno de AutoCAD

La interacción del usuario con AutoCAD se realiza a través de comandos, al dar clic sobre un icono ubicado dentro de alguna caja de herramientas, menú o cinta, lo que realmente sucede es que se ingresa un comando asociado a una determinada acción o rutina, ya sea para crear un objeto o en su caso lo modifique.

Para entender mejor la manera de cómo manipular el programa de AutoCAD es necesario conocer los elementos que componen la pantalla o interfaz del software.

Menú de la aplicación. Se ubica en la parte superior izquierda y se distingue por el icono de AutoCAD, su función principal es manipular los

archivos creados en el mismo programa. Entre las principales tareas se encuentran: crear archivos nuevos, abrir, guardar e imprimir nuestros modelos o planos.



Figura 19. AutoCAD.

Barra de herramientas de acceso rápido. Ubicada en la parte superior junto al menú de la aplicación, contiene las herramientas más usuales y el usuario puede añadir o eliminarlas. También contiene un menú desplegable con la opción de diferentes espacios de trabajo, es recomendable trabajar con Dibujo y Anotación.



Figura 20. Barra de tareas.

Barra de Menús. Se ubica en la parte superior y se caracteriza por tener los menús tradicionales de Archivo, Edición, Ver, etc. Los menús son una forma de agrupar ciertas herramientas, éstas pueden contener submenús y acceso a formularios.



Figura 21. Barra de Menús.

Cinta de opciones o Ribbon. Como se mencionó anteriormente las cintas de opciones presentan

una forma sencilla de trabajar, dentro de cada cinta se presenta una agrupación para diferentes tareas. Se encuentra ubicada entre el área de trabajo y la barra de menús.



Figura 22. Cinta de Opciones o Ribbon.

Área de Trabajo. Es el espacio donde se crean objetos, de inicio tiene un color negro el cual Ventana de Línea de Comandos. Se ubica en la parte inferior del área de trabajo y se caracteriza por desplegar información del tipo Texto. Cualquier acción que se lleve a cabo en el programa quedará reflejada en la Línea de Comandos, por tanto, es importante prestar atención en todo momento ya que es el medio de comunicación entre el software y el usuario. En algunas ocasiones la línea de comandos pide ingresar datos, ciertas características o simplemente confirmar algunas tareas.

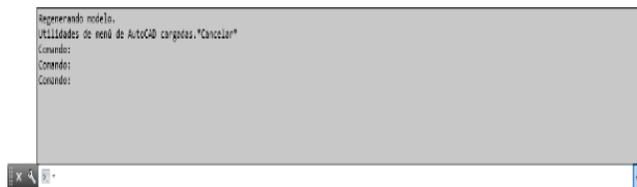


Figura 24. Ventana de comandos.

Pestañas Papel/Modelo. Se ubican en la parte inferior del área. Se distinguen la pestaña principal Modelo y Presentación.

puede cambiar según las preferencias del usuario y abarca la mayoría de la pantalla.

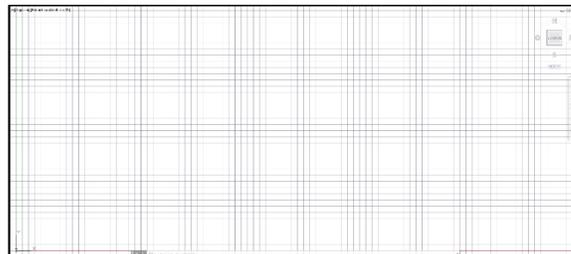


Figura 23. Área de Trabajo.

Barra de Estado. Se ubica en la parte inferior de toda la interfaz de AutoCAD, en ésta, se observa la posición exacta del cursor. También existen botones que permiten al usuario trabajar con ciertas características, por ejemplo: en modo orto, entrada dinámica, referencia de objetos, botón de espacio/modelo, aceleración de hardware, etc.



Figura 25. Barras de Estado.

HTP 2021 se diseñó con la finalidad de contar con una interfaz de fácil interacción entre el usuario y el entorno de AutoCAD; así que, los comandos pueden ser llamados mediante la cinta de opciones “HTP Drenaje Urbano” desde la barra de comandos.

El módulo Drenaje Urbano está dividido en 6 secciones: Generar Redes, Hidrología, Tipo de

Servicio, Calcular Red, Ajustes de Red y cotización. Cada una de éstas está enfocada en agrupar comandos de acuerdo a las tareas que realizan.

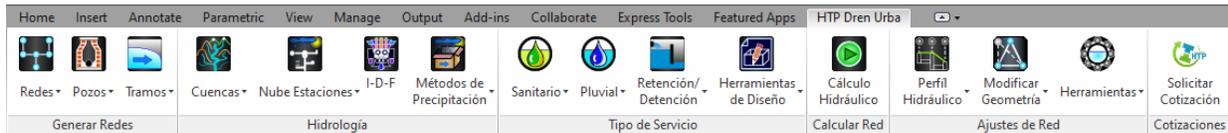


Figura 26. Cinta de Opciones HTP (Módulo Drenaje Urbano).

9.2 Inicio HTP

9.2.1 Generar Redes

El grupo de Generar Redes está dividido en tres cajas de comandos:

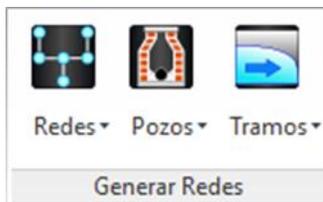


Figura 27. Cinta de Opciones de Generar redes.

9.2.1.1 Redes

El subgrupo Redes contiene las opciones Trazo, Red, Configurar y Eliminar.



La herramienta trazo sirve para realizar una propuesta de la ruta por la que va Active el comando y dibuje la propuesta de red, las líneas

dibujadas no deberán ir superpuestas bajo ninguna situación, automáticamente se creará la capa “HTPTrazos”.

Generar Redes > Redes > Trazo > Indique punto inicial > Indique el punto siguiente o [deshacer]



Opción que reconoce la red para el diseño, HTP tiene la facilidad de seleccionar el conjunto de líneas inmerso en un grupo de capas y sólo reconocerá las que se encuentren en la capa “HTPTrazos”.

Generar Redes > Redes > Red > Selecciona los trazos > Enter



Figura 28. Comandos de la opción Redes.

Posteriormente se abrirá la ventana de “Configuración de Red” con el objetivo de establecer un primer formato a la red y sus elementos. Es importante nombrar el Prefijo de Capas, de no hacerlo, no se permite aceptar la configuración elegida.

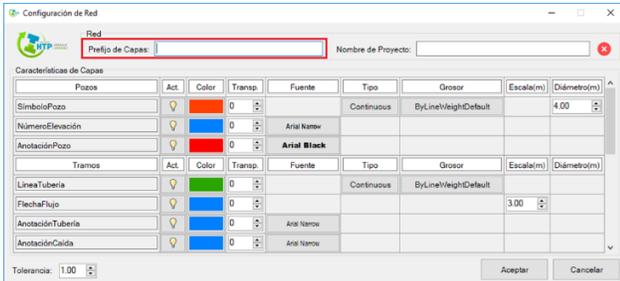


Figura 29. Configuración de Red.

Cuando el nombre del sufijo de Capas es aprobado se mostrará una 

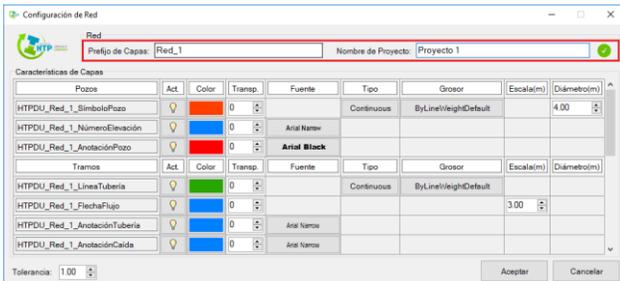


Figura 30. Nombres del prefijo de capas y proyecto.

El formulario contiene propiedades de los pozos, tramos, estructuras de captación y áreas pluviales.

- Características de capas.

Color. Elija el color que desee, se recomienda cambiar a la pestaña de “Color verdadero” con el fin de que la impresión del plano sea de acuerdo a lo establecido en la configuración de colores.

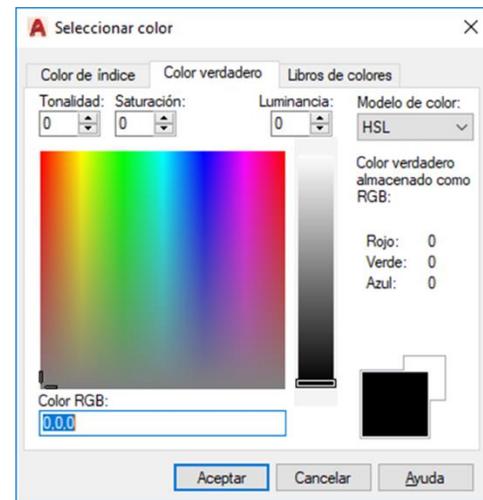


Figura 31. Ventana configuración de color.

Transparencia. Disminuye la intensidad de color de elementos o anotaciones para resaltar otros o hacerlos más visibles.

Fuente. Para cambiarla active el recuadro; en la ventana indique el tipo, estilo y también el tamaño.

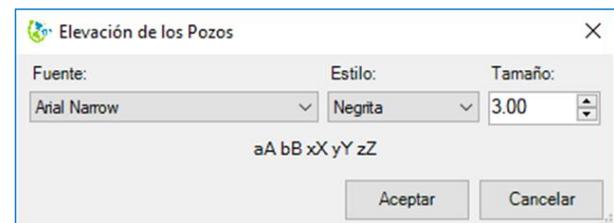


Figura 32. Ventana Configuración de Fuente.

Tipo de línea. Seleccione el recuadro y aparecerá la ventana “Seleccionar tipo de línea”, como se

puede ver sólo hay un tipo, entonces, hacer clic en Cargar y saldrá una segunda ventana “Cargar o volver a cargar tipos de línea”, elegir el tipo de línea y Aceptar; la línea estará cargada ahora en la primera ventana y nuevamente Aceptar.

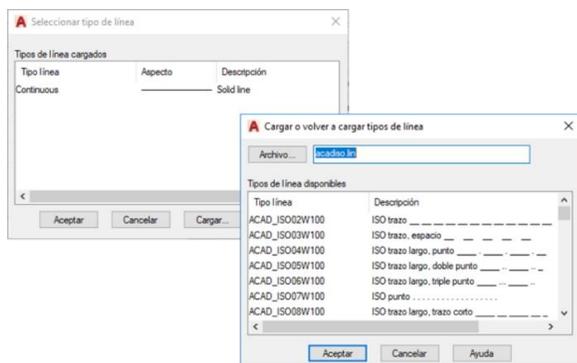


Figura 33. Ventanas configuración de Tipo de Línea.

Grosor. Aumenta o disminuye el ancho de la línea, active la opción, indique el grosor que desee y Aceptar.

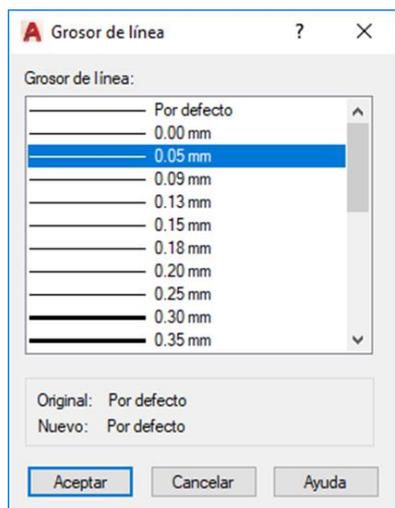


Figura 34. Ventana Configuración de Grosor de Línea.

Escala. Disminuye o aumenta el tamaño de la flecha de flujo en la tubería.

Diámetro. Se refiere al tamaño del pozo, puede determinarse en relación al tamaño de la red o dejar el 4 por defecto.

Tolerancia. Hace referencia a la intersección de las líneas, es decir, las líneas que no han sido unidas se corrigen cuando se ha establecido el valor de la tolerancia deseado en el formulario, el rango es de 1 a 10 m.



Configurar

Opción que permite modificar las características de la red en la ventana de Configuración.

[Generar Redes](#) > [Redes](#) > [Configurar](#) > [Seleccione cualquier elemento de la red](#) > [Configure](#) > [Aceptar](#)



Eliminar

Suprime toda la red y sus elementos.

[Generar Redes](#) > [Redes](#) > [Eliminar](#) > [Seleccione cualquier elemento de la red](#) > [Sí](#)

9.2.1.2 Pozos

Contiene las opciones para configurar los pozos, como numerar pozos, editar numeración, indicar rasante, calcular rasante, insertar etiqueta y localizar pozo.

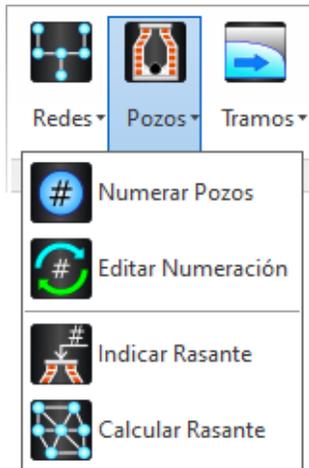


Figura 35. Comandos de la opción Pozos.

Numerar Pozos

HTP realiza una numeración inicial al configurar la red, si desea cambiarla, la opción permite renumerar los pozos.

Generar Redes > Pozos > Numerar Pozos > Seleccione pozo inicial > Indique el número inicial > Enter

Editar numeración

Permuta la numeración y a su vez se organizan los otros o cambia ésta.

Generar Redes > Pozos > Editar numeración > Seleccione pozo > Indique nuevo identificador de pozo > Enter

Indicar rasante

Nivel del terreno donde se proyectará el pozo. El ingreso de datos es uno a uno.

Generar Redes > Pozos > Indicar rasante > Seleccione pozo > Indique la rasante > Enter

Calcular rasante

Permite generar todas las rasantes a partir de elementos 3D (triangulación).

Generar Redes > Pozos > Calcular rasante > Seleccione cualquier elemento de la red > Seleccione elementos Face 3D > Enter

9.2.1.3 Tramos

Comando con opciones que coloca el sentido del flujo y marca inicios en la red de alcantarillado.

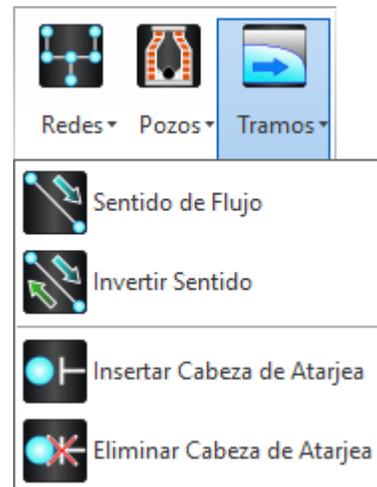


Figura 36. Comandos de la opción Tramos.

Sentido de flujo

Indicado mediante una flecha y señalado de acuerdo al perfil del terreno.

Generar Redes > Tramos > Sentido de flujo > Seleccione cualquier elemento de la red



Invertir sentido

Se encarga de cambiar el sentido de flujo.

[Generar Redes](#) > [Tramos](#) > [Invertir sentido](#) > [Seleccione tramo de tubería](#)



Insertar cabeza de atarjea

Simbolizada por una línea perpendicular al trazo.

[Generar Redes](#) > [Tramos](#) > [Insertar Cabeza de Atarjea](#) > [Seleccione tramo de tubería](#)



Eliminar cabeza de atarjea

Retira la cabeza de atarjea en el tramo.

[Generar Redes](#) > [Tramos](#) > [Eliminar Cabeza de Atarjea](#) > [Seleccione tramo de tubería](#)

9.3 Hidrología

En el bloque de Hidrología se puede configurar toda la parte pluvial a partir de reconocer una delimitación, dicha delimitación será nuestra cuenca.



Figura 37. Cinta de Opciones de Hidrología.

9.3.1 Cuencas

Con este apartado se puede identificar una superficie como cuenca, además de configurarla o eliminarla.



Figura 38. Comandos de cuencas.



Importar Cuenca

Este comando da la posibilidad de importar un archivo KML y proyectarlo en plano de AutoCAD.

[Hidrología](#) > [Cuencas](#) > [importar cuenca](#) > [Seleccione archivo](#) > [Enter](#)



Cuenca

Reconoce una polilínea cerrada como cuenca, al reconocerla de esta forma en pasos siguientes podemos determinar su gasto y volumen de regulación si se necesita.

[Hidrología](#) > [Cuencas](#) > [Cuenca](#) > [Seleccione la polilínea](#) > [Enter](#)

Automáticamente se abrirá la ventana “Configuración de Cuenca” con el objetivo de establecer un primer formato a la cuenca y sus elementos. Es importante nombrar el Sufijo de Capas, de no hacerlo, no se permite aceptar la configuración elegida.



Figura 39. Configuración de la Cuenca 1.

Cuando el nombre del Sufijo de Capas es aprobado se mostrará una

Área. Se presenta el área en m² de la cuenca reconocida anteriormente.

- Características

Capas. Elemento que compone a la cuenca. *Estado de capa.* Se activan o desactivan las capas.

Color. Elija el color que desee, se recomienda cambiar a la pestaña de “Color verdadero” con el fin de que la impresión del plano sea de acuerdo a lo establecido en la configuración de colores.

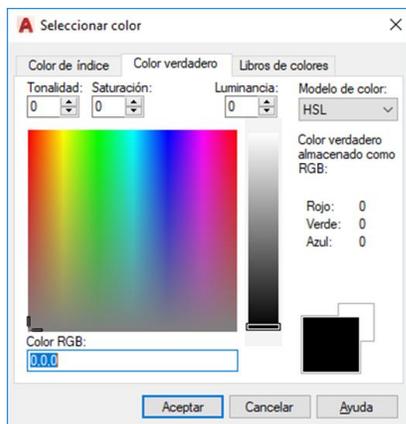


Figura 40. Selección de Color.

Transparencia. Disminuye la intensidad de color de elementos o anotaciones para resaltar otros o hacerlos más visibles.

Fuente. Para cambiarla active el recuadro; en la ventana indique el tipo, estilo y también el tamaño.

Tipo de línea. Seleccione el recuadro y aparecerá la ventana “Seleccionar tipo de línea”, como se puede ver sólo hay un tipo, entonces, hacer clic en Cargar y saldrá una segunda ventana “Cargar o volver a cargar tipos de línea”, elegir el tipo de línea y Aceptar; la línea estará cargada ahora en la primera ventana y nuevamente Aceptar.



Figura 41. Estilo de Texto.

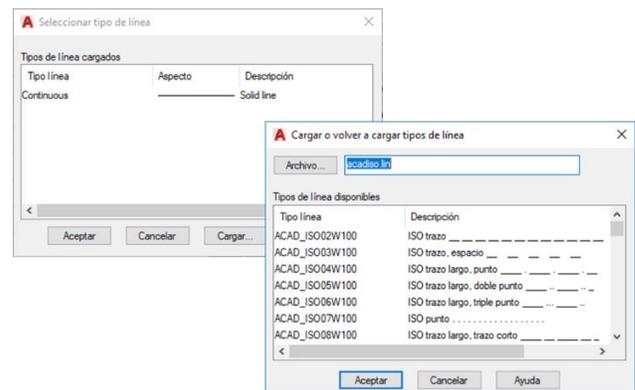


Figura 42. Selección Tipo de Línea.

Grosor. Aumenta o disminuye el ancho de la línea, active la opción, indique el grosor que desee y Aceptar.

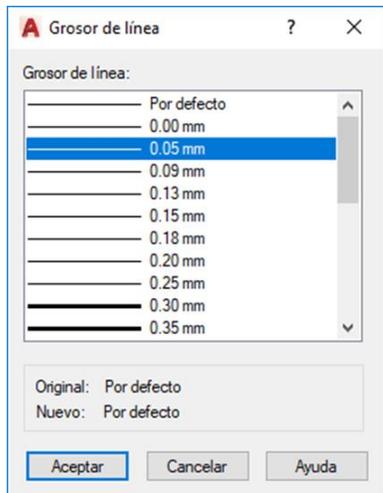


Figura 43. Grosor de Línea.



Configurar

Permite cambiar la configuración de colores, estilo de línea y propiedades de la polilínea reconocida como cuenca.

Hidrología > Cuencas > Configurar > Seleccione la cuenca > Configure > Aceptar.



Eliminar

Suprime la capa cuenca y todas sus propiedades.

Hidrología > Cuencas > Eliminar > Seleccione la cuenca > Sí

9.3.2 Nube de Estaciones



Figura 44. Comandos de la opción Nube Estaciones.



Insertar o Modificar

Crea una nube de estaciones climatológicas además de poder cambiar el número de estaciones dentro de la nube.

Hidrología > Nube Estaciones > Insertar o Modificar > Insertar > Enter

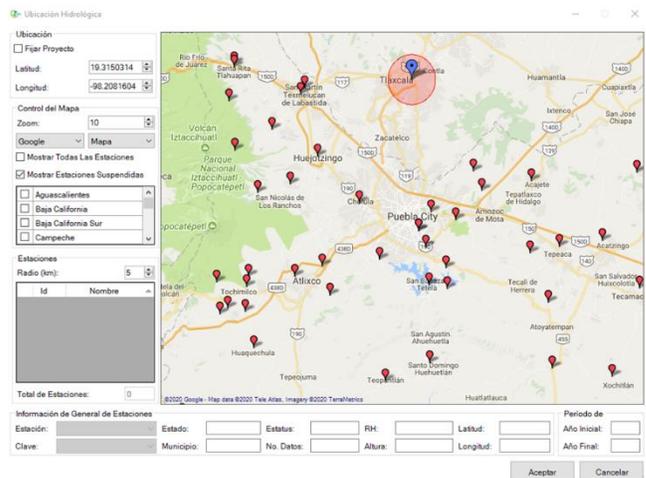


Figura 45. Ubicación Hidrológica 1.

Ubicación.

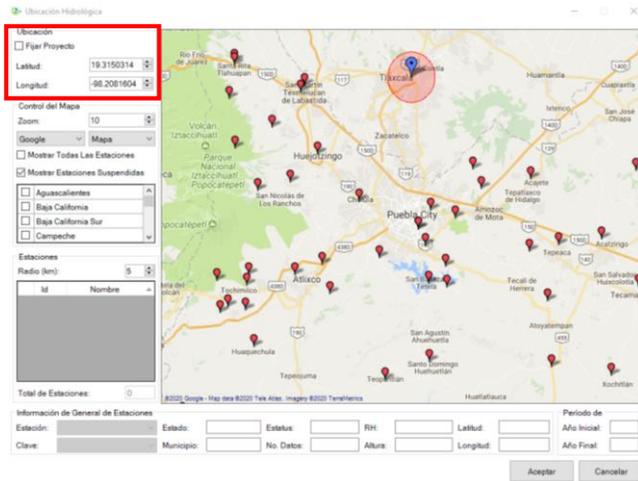


Figura 46. Ubicación Hidrológica 2.

Fijar proyecto. Al activar esta opción, la marca de posición de su proyecto no se moverá en el mapa al dar clic en otro punto, mientras que, si se encuentra desactivada, al seleccionar otro punto sobre el mapa, su Proyecto se moverá del lugar establecido anteriormente.

Latitud. Valor de la coordenada de latitud en grados decimales en donde estará establecido su proyecto.

Longitud. Valor de la coordenada de longitud en grados decimales en donde estará establecido su proyecto.

Control de mapa.

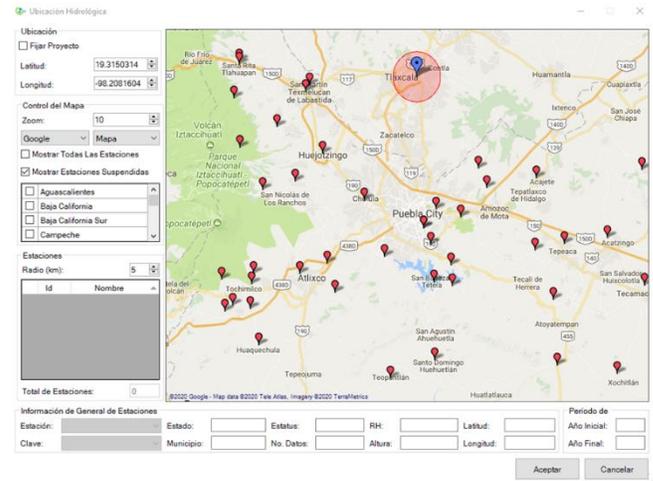


Figura 47. Ubicación Hidrológica 3.

Zoom. Valor de ampliación o reducción en el mapa, podrá modificarlo con ayuda del scroll de su mouse o bien, dando un valor numérico en el apartado correspondiente.

Google/Bing. Fuente de dónde se obtiene el mapa

Mapa/Híbrido. Vista del mapa.

Mostrar Todas Las Estaciones. Al activar esta opción se mostrarán todas las estaciones climatológicas del país que se encuentren operando.

Mostrar Estaciones Suspendidas. Al activar esta opción se mostrarán las estaciones climatológicas que se encuentren suspendidas.

Lista de Estados de la República Mexicana. En este listado podrá elegir el o los estados de los que desea ver las estaciones climatológicas.

Estaciones.

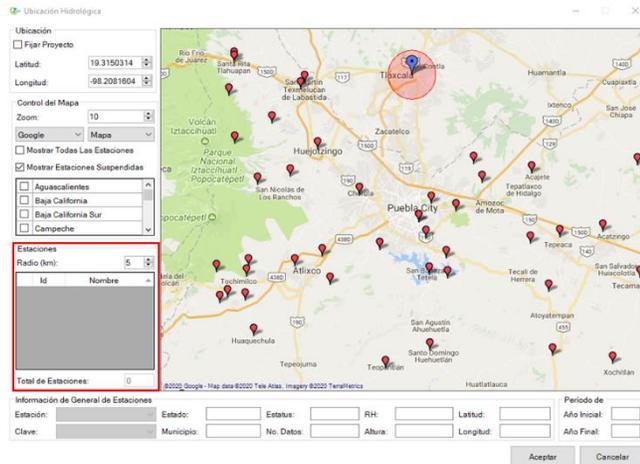


Figura 48. Ubicación Hidrológica 4.

Radio. Valor del radio en km que abarcará las estaciones climatológicas cerca de la cuenca en estudio. Las estaciones que se encuentren dentro de este radio se tornarán de un color amarillo. Y a su vez, se insertarán en la lista de estaciones, teniendo como ID la clave de la estación, y a continuación el nombre de cada una.

Al tener las estaciones enlistadas podrá seleccionar con las que desea trabajar dando clic en el cuadro para activarlas, enseguida, se colocará el número total de las estaciones seleccionadas y sobre el mapa se pintarán en color verde.

Es importante resaltar que, si el radio disminuye y no abarca las estaciones seleccionadas anteriormente, estas se eliminarán de la lista, mientras que si el radio aumenta esto no sucederá.

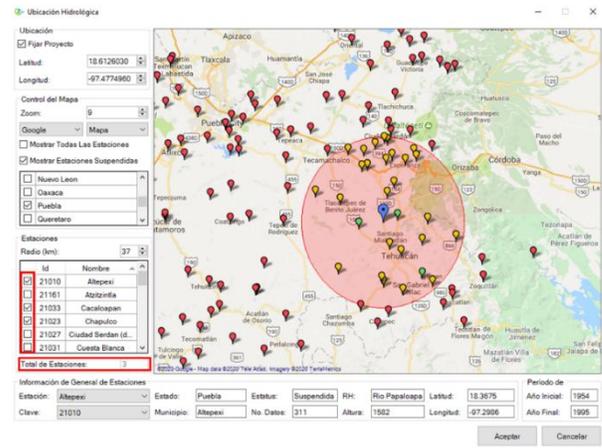


Figura 49. Ubicación Hidrológica 5.

Información General de Estaciones.

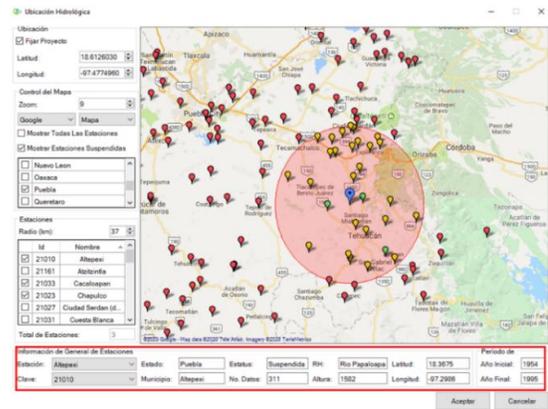


Figura 50. Ubicación Hidrológica 6

En este apartado se indica la información de cada una de las estaciones seleccionadas en el apartado anterior, por ejemplo, Estado, Municipio, Estatus, Número de datos que contiene, Región Hidrológica a la que pertenece, entre otros datos.

Por último de clic en Aceptar y aparecerá la ventana “Configuración de Nube de Estaciones” con el objetivo de establecer el formato de la Nube y sus elementos. Es importante nombrar el

Sufijo de Capa, de no hacerlo, no se permite aceptar la configuración elegida.



Figura 51. Configuración de las Estaciones 1.

Capa. Cuando el nombre del Sufijo de Capa es aprobado se mostrará una



Figura 52. Configuración de las Estaciones 2.

En este apartado también se indica el número total de estaciones seleccionadas anteriormente.

Características. En este apartado se mostrarán las características de las estaciones climatológicas, y al igual que en la ventana de “Configuración de Cuenca” se puede editar el Estado de la Capa, Color, Transparencia, Fuente, Tipo, y Grosor de la misma forma.

Distancia Máxima. Se presenta en la característica de Triangulación, y representa la distancia máxima que puede haber entre dos puntos para formar un triángulo.

Ángulo Mínimo. Presenta la mínima deflexión que puede existir entre dos lados para la formación de un triángulo.

Al hacer clic en Aceptar se dibujarán las Estaciones que seleccionó para trabajar.

Regresando al inicio del subgrupo Insertar o Modificar y esta vez al seleccionar la Modificar y oprimir enter, se abrirá la ventana “Ubicación Hidrológica”

Hidrología > Nube Estaciones > Insertar o Modificar > Seleccionar nube > Enter

Podrá Modificar el elemento que sea necesario, una vez realizada la modificación de clic en Aceptar y confirme los cambios hechos dando clic en “SI”.

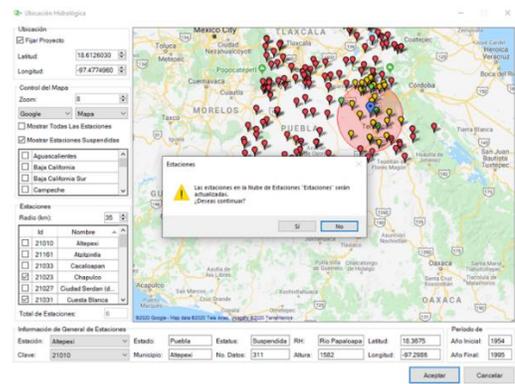


Figura 53. Ubicación Hidrología 7.



Permite cambiar la configuración de colores y propiedades de la nube de estaciones.

Hidrología > Nube Estaciones > Configurar > Seleccione cualquier elemento de la Nube > Configure > Aceptar



Eliminar Estación

Con este comando se puede eliminar una estación perteneciente a una nube sin necesidad de eliminar toda la nube.

Hidrología > Nube Estaciones > Eliminar Estación > Seleccione una Estación > Sí



Eliminar Nube

Elimina la nube de estaciones y sus capas.

Hidrología > Nube Estaciones > Eliminar Nube > Seleccione cualquier Elemento de la Nube > Sí

9.3.3 IDF

Con el comando IDF se permite realizar la configuración de las estaciones climatológicas pertenecientes a una nube.



Figura 54. Comando de IDF.



IDF

Se muestra la información de las estaciones climatológicas y se configuran los valores para la correcta determinación de las intensidades.

Hidrología > I-D-F > Seleccione una Estación > Ventana IDF

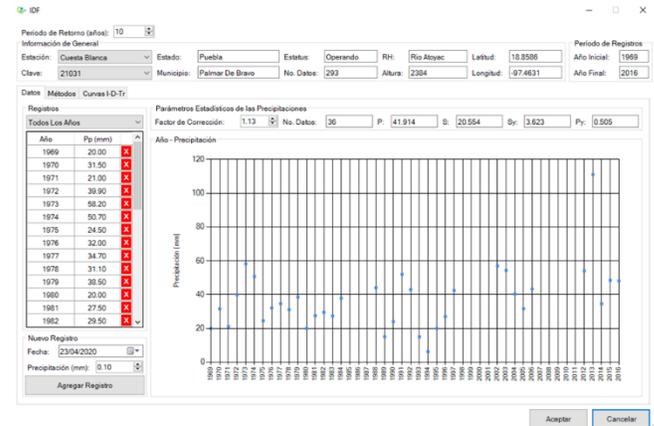


Figura 55. IDF.

Periodo de Retorno. Podrá colocar en la casilla correspondiente el Periodo de Retorno en años elegido para diseño.



Periodo de Retorno (años): 10

Figura 56. Periodo de Retorno.

Información General. En este apartado se encuentran la información de la Estación seleccionada, por ejemplo, Estado, Municipio, Estatus,

Estación:	Cuesta Blanca	Estado:	Puebla	Estatus:	Operando	RH:	Rio Atzac	Latitud:	18.8586	Periodo de Registro:	Año Inicial: 1969
Clave:	21031	Municipio:	Palmar De Bravo	No. Datos:	293	Altura:	2384	Longitud:	97.4631	Año Final:	2016

Figura 57. Información General.

Número de datos que contiene, Región Hidrológica a la que pertenece, entre otros datos.

Datos.

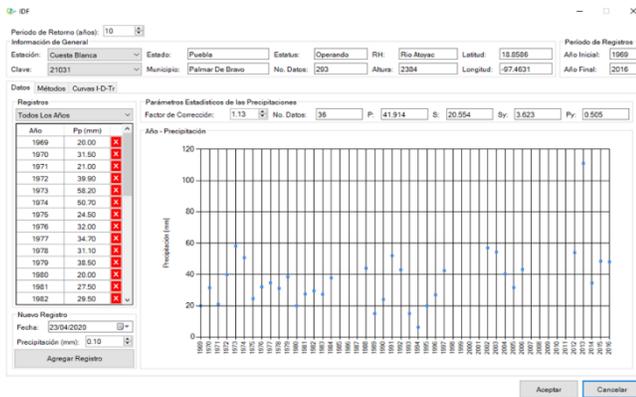


Figura 58. IDF2.

Registros. Podrá elegir dos opciones, la primera que se muestren Todos los Datos y la segunda Un año en Particular, los cuales se colocarán en la tabla, teniendo de un lado el Año y del otro la Precipitación máxima en ese año en mm.

The screenshot shows the 'Registros' table in the software interface. The table has columns for 'Año' and 'Pp (mm)'. The data is the same as in Figure 58.

Año	Pp (mm)
1969	20.00
1970	31.50
1971	21.00
1972	39.90
1973	58.20
1974	50.70
1975	24.50
1976	32.00
1977	34.70
1978	31.10
1979	38.50
1980	20.00
1981	27.50
1982	29.50

Figura 59. Datos Precipitación.

Nuevo registro. En este apartado podrá agregar un nuevo dato de precipitación en base a una fecha. Para lo cual deberá cerciorarse de que el año que se agregará no se encuentre ya en la lista anterior, de lo contrario no podrá agregar un nuevo dato, de ser así, deberá eliminar el año

dando clic en el botón rojo con la X, a continuación, emergerá una ventana preguntando si está seguro de eliminar los registros del año seleccionado, al seleccionar Sí se eliminará de la lista dicho dato.

Una vez que se eliminó el registro puede proceder a escribir la fecha del nuevo dato, así como su Precipitación Máxima en mm, posteriormente de clic en el botón Agregar Registro y este nuevo dato aparecerá enlistado en la tabla de Registros.

The screenshot shows the 'Nuevo Registro' dialog box. It has fields for 'Fecha: 23/04/2020' and 'Precipitación (mm): 50.00'. There is a button labeled 'Agregar Registro'.

Figura 60. Agregar Registros.

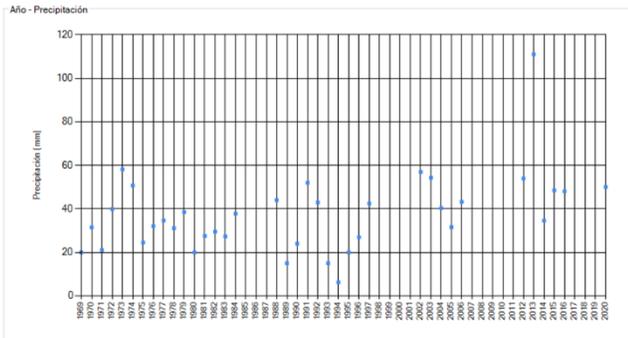
Parámetros Estadísticos de las Precipitaciones.

The screenshot shows the 'Parámetros Estadísticos de las Precipitaciones' window. It has fields for 'Factor de Corrección: 1.13', 'No. Datos: 37', 'P: 42.308', 'S: 20.408', 'Sy: 3.634', and 'Py: 0.503'.

Figura 61. Parámetros Estadísticos de las precipitaciones.

Se observan los valores de los parámetros estadísticos de las precipitaciones. Estos valores pueden ser modificados.

Año – Precipitación.



Gráfica 9. Relación Año- Precipitación.

En este apartado se observa la gráfica de los valores de las precipitaciones máximas de cada año en la tabla de registros.

Métodos.

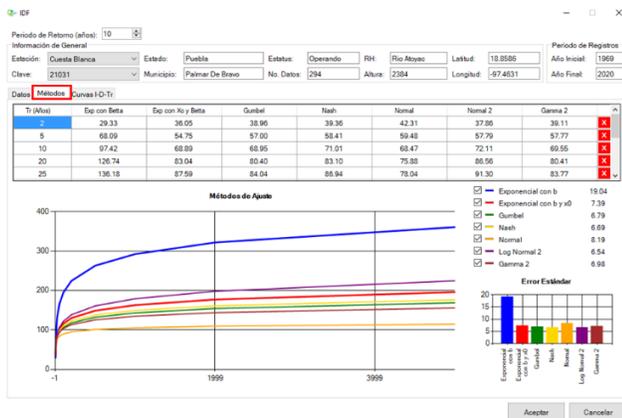


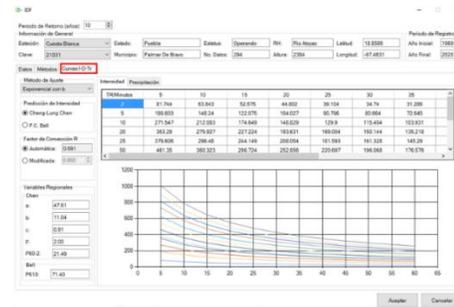
Figura 62. IDF3 Métodos de Ajuste.

En esta pestaña se encuentran los métodos para determinar el Error Estándar y con ello elegir el Método que más se ajusta a cada Estación.

Se observará una tabla con diferentes Periodos de Retorno en años, así como también cada método con su respectivo error.

En la parte inferior lado izquierdo se graficarán estos valores, mientras que de lado derecho los resultados se presentan en una gráfica de barras, esto para facilitar la elección del error menor.

Curvas I-D-Tr.



Gráfica 10. Curvas I-D-Tr.

En esta pestaña se encontrará todo lo relacionado a las Curvas I-D-Tr.

Método de Ajuste. En este apartado podrá elegir el Método de Ajuste más conveniente para cada Estación, con base a la pestaña Métodos descrita anteriormente.

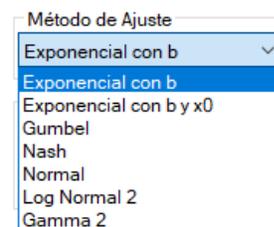


Figura 63. Selección Métodos de Ajuste.

Predicción de Intensidad. En este apartado podrá elegir entre dos diferentes Métodos para la obtención de Precipitaciones e Intensidades, los cuales son Cheng-Lung Chen y F.C. Bell.

Predicción de Intensidad

Cheng-Lung Chen

F.C. Bell

Figura 64. Método de Predicción de Intensidad.

Factor de Convección R. En este apartado podrá elegir el factor R, el cual depende de la Región en la que se encuentre su proyecto; el software sugiere un valor determinado o bien, podrá asignar el valor que desee, sólo tiene que seleccionar la opción *Modificada* y a continuación colocar en la casilla el valor deseado.

Factor de Convección R

Automática: 0.691

Modificada: 0.650

Figura 65. Factor de Convección R.

Variables Regionales. Aquí se presentan las variables que interfieren en el cálculo de las Intensidades y Precipitaciones en base a cada Método (Cheng-Lung Chen o F.C. Bell) y únicos para cada Estación Climatológica.

Variables Regionales

Chen

a: 47.61

b: 11.04

c: 0.91

F: 2.00

P60-2: 21.49

Bell

P610: 71.40

Figura 66. Variables Regionales.

Por último, en esta pestaña se encuentra la tabulación con Intensidades y Precipitaciones en base a un Periodo de Retorno en años y a una Duración en minutos. Así como su respectiva gráfica con los resultados mencionados anteriormente.

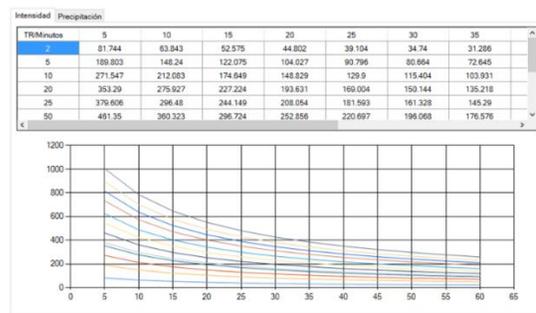


Figura 67. Curvas Intensidad.

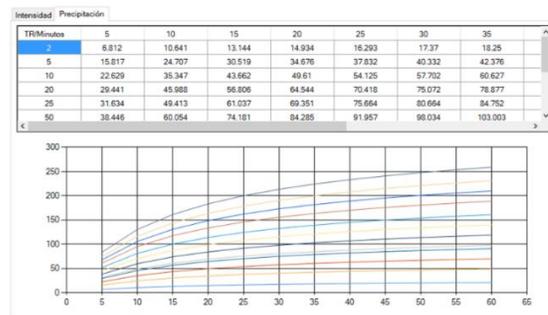


Figura 68. Curvas de Precipitación.

Posteriormente, de clic en Aceptar para conservar las modificaciones.

9.3.4 Métodos de Precipitación

Los métodos de precipitación permitirán realizar el análisis de la cuenca de acuerdo a un método seleccionado, ya sea por una estación o por polígonos de Thiessen.



Figura 69. Comandos de la opción Métodos de Precipitación.



Una Estación

Se realiza el análisis de precipitación de la cuenca solo con una estación climatológica.

Hidrología > Métodos de Precipitación > Una Estación > Seleccionar una Cuenca > Seleccionar una Estación.



Polígonos de Thiessen

Con este comando se realizan polígonos de Thiessen a partir de una nube y una cuenca.

Hidrología > Métodos de Precipitación > Polígonos de Thiessen > Seleccionar una Cuenca > Seleccionar Cualquier Elemento de la Nube



Eliminar método de precipitación

Permite desasociar el método de precipitación de la cuenca.

Hidrología > Métodos de Precipitación > Quitar método de precipitación > Seleccionar una Cuenca > Aceptar.



Resumen

Permite ver la forma en la que se está realizando el análisis de las cuencas.

Hidrología > Métodos de Precipitación > Resumen > Aceptar.

Tabla 12. Resumen Métodos de Precipitación.

Cuenca	Nube de Estaciones	Estación(es)	Método de Precipitación
Cuenca_01	Estaciones	6	Polígonos de Thiessen

En esta ventana se podrán apreciar cuatro apartados.

Cuenca. Capa que se ha creado anteriormente reconociendo la cuenca de trabajo.

Nube de Estaciones. Capa creada con las Estaciones seleccionadas para el cálculo.

Estaciones. Indica el número de Estaciones con las que está trabajando, seleccionadas anteriormente.

Métodos de Precipitación. En este apartado se mostrará el Método de Precipitación con el que está trabajando el software, los cuales pueden ser Una Estación o Polígonos de Thiessen, deberá ser de su conocimiento que sólo se puede trabajar con un Método a la vez.

Por último, de lado derecho de la ventana podrá observar dos botones:

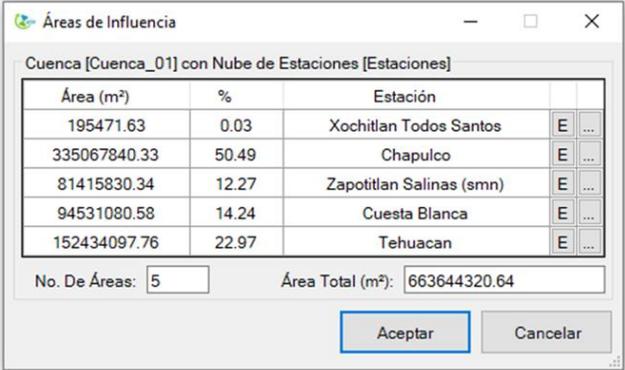
Botón Excel. Al activar este botón emergerá una ventana para guardar en formato .xlsx el reporte sobre el Método seleccionado, indique la ruta para la ubicación de su archivo y de clic en Guardar.

Botón Puntos Suspensivos. En este botón habrá dos opciones dependiendo del Método que haya seleccionado para realizar el cálculo, las cuales se presentarán a continuación.

Si eligió Polígonos de Thiessen:

Al hacer clic sobre este botón, aparecerá la ventana “Área de influencia”

Tabla 13. Resumen Polígonos de Thiessen.



Área (m ²)	%	Estación		
195471.63	0.03	Xochitlan Todos Santos	E	...
335067840.33	50.49	Chapulco	E	...
81415830.34	12.27	Zapotitlan Salinas (smn)	E	...
94531080.58	14.24	Cuesta Blanca	E	...
152434097.76	22.97	Tehuacan	E	...

No. De Áreas: 5 Área Total (m²): 663644320.64

Aceptar Cancelar

En esta ventana le volverá a indicar las estaciones con las que está trabajando, también se podrá observar tres apartados:

Área. Se expresará el área en m² de cada estación que tiene influencia sobre la cuenca.

%. Indica el porcentaje que ocupa cada área de influencia sobre la cuenca.

Estación. Nombre de cada Estación que influye en el área de la cuenca de acuerdo a los polígonos de Thiessen.

Botón Excel. Dando clic a este botón, emergerá nuevamente la ventana para guardar el informe individual de la estación correspondiente, indique la ruta para la ubicación de su archivo y de clic en Guardar.

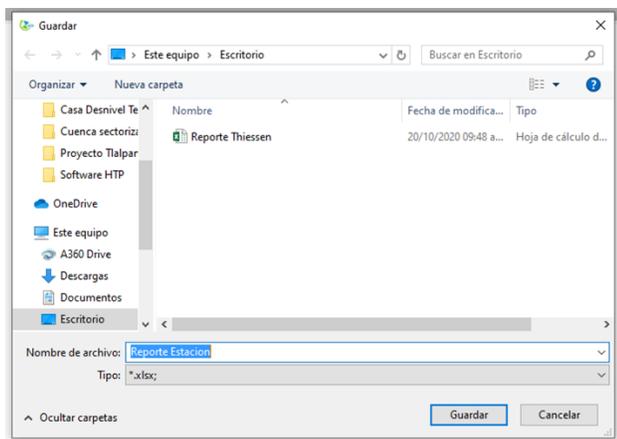


Figura 70. Ruta de Guardado.

Botón Puntos Suspensivos. Cuando se active este botón, aparecerá la venta “IDF”, en la cual podrá modificar lo que requiera, una vez realizado el cambio de clic en Aceptar para guardar los cambios efectuados.

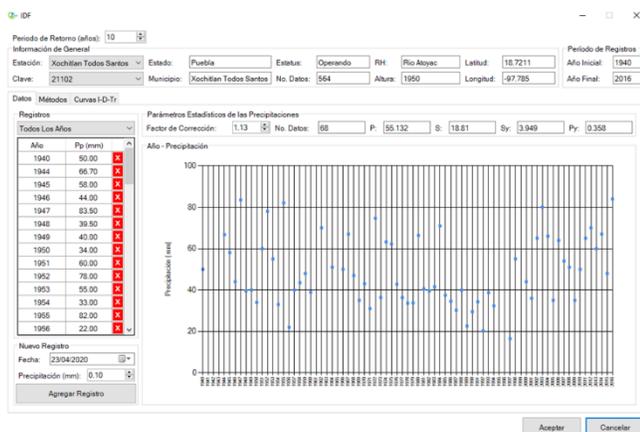


Figura 71. Configuración IDF.

Finalmente, en la ventana “Áreas de Influencia” se observarán dos campos más, uno de ellos, indicará el Número de Áreas que están influyendo dentro de la Cuenca, mientras que el otro indicará el Área Total de la Cuenca. De clic en Aceptar para regresar a la ventana “Resumen

de Métodos de Precipitación”, y nuevamente de clic en Aceptar para salir de dicha ventana.

Si se da clic en el botón de Excel se podrá obtener el reporte de la estación con la que se está trabajando.

Si eligió el método de una estación, al hacer clic sobre el botón puntos suspensivos aparecerá la ventana “IDF” en la cual podrá modificar lo que requiera, una vez realizado el cambio de clic en Aceptar para guardar los cambios efectuados.

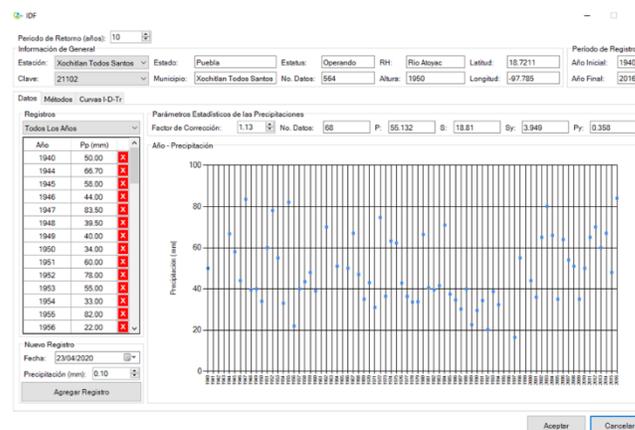


Figura 72. Configuración IDF2.

De clic en Aceptar para regresar a la ventana “Resumen de Métodos de Precipitación”, y nuevamente de clic en Aceptar para salir de dicha ventana.

9.4 Tipo de Servicio

Permite realizar el análisis de una red sanitaria, Pluvial, mixta o realizar un análisis de un sistema de retención.

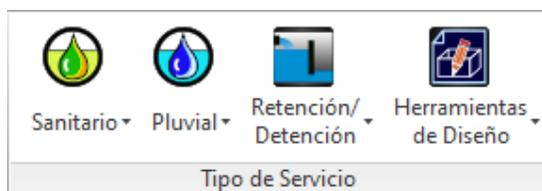


Figura 73. Cinta de Opciones de Tipo de Servicio.

9.4.1 Sanitario

Da las opciones para el análisis de una red sanitaria por longitud acumulada, unidades drenadas o gasto Puntual.



Figura 74. Comandos de la opción Sanitario.



Longitud Acumulada

Realiza el análisis de la red de acuerdo a la población por longitud acumulada.

Tipo de servicio > Sanitario > Longitud Acumulada > Seleccione tramo de tubería > Indique población total > Aceptar.



Unidades Drenadas.

Permite realizar el análisis de la red con unidades drenadas.

Tipo de servicio > Sanitario > Áreas tributarias > Seleccione tramo de tubería > Indique unidades drenadas > Enter.



Parámetros y Coeficientes.

Se completan los datos necesarios como la población, la dotación y la aportación para realizar el análisis por unidades drenadas o longitud acumulada.

Tipo de servicio > Sanitario > Parámetros y Coeficientes. > Seleccione Cualquier elemento de la red > Configurar la red > Aceptar.



Gasto Puntual.

Asigna un gasto sanitario directo sobre un tramo, dicho gasto puede ser digitado o puede ser calculado.

Tipo de servicio > Sanitario > Gasto Puntual > Seleccione tramo de tubería > Añadir, mostrar, ocultar o limpiar > añadir > recuadro de gastos puntuales sanitarios > agregar gasto > puntos suspensivos y se configura el tipo de gasto.

9.4.2 Pluvial

Permite realizar el análisis de una red pluvial con métodos calculados o de forma simplificada.



Figura 75. Comandos de la opción Pluvial.



Gasto Puntual.

Determina el gasto puntual y lo asigna a algún elemento, dicho gasto se puede obtener a través de 4 métodos (HUT, Racional, Tr-55, Chow).



Gasto Simplificado.

Asigna un gasto pluvial a un tramo, dicho gasto puede ser digitado en lps o puede calcularse con el método racional digitando toda la información.

9.4.3 Retención/Detención

Permite realizar el dimensionamiento de un sistema de retención/detención.

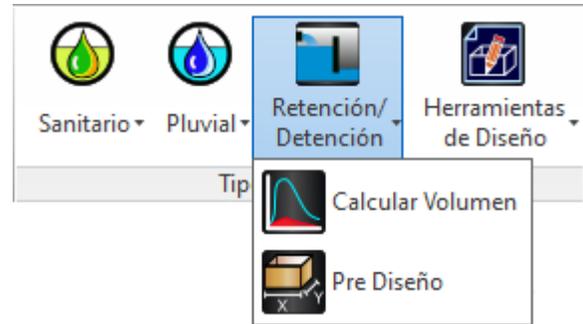


Figura 76. Comandos de la opción Retención/Detención.



Calcular Volumen.

Realiza la determinación del volumen de regulación necesario de acuerdo a los gastos antes y después del desarrollo que se estimaron en la parte pluvial con el gasto puntual.

Tipo de servicio > Retención/detención > Calcular Volumen > Seleccione método para estimar volumen > Enter.



Pre Diseño.

Realiza un pre diseño de un sistema de regulación a partir del volumen obtenido además de una largo o un ancho disponible para el desplante de un sistema.

Tipo de servicio > Retención/detención > Pre Diseño > Seleccione método para estimar volumen > Enter.

9.4.4 Herramientas de Diseño

Permite revisar las características del sistema de regulación y permite añadir o eliminar los elementos.

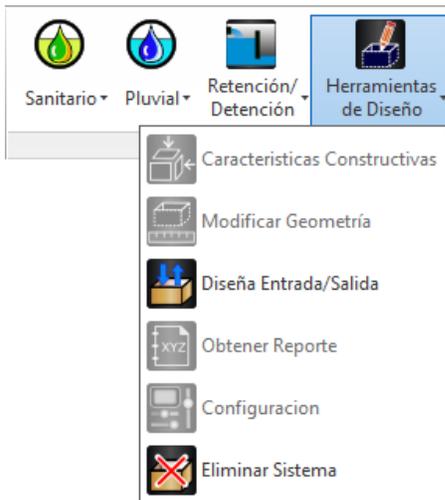


Figura 77. Comandos de la opción Herramientas de Diseño.



Características constructivas.

Permite editar los elementos del sistema relacionados con el diseño como el espaciamiento, colchón o plantilla de grava.

Tipo de servicio > Herramientas de Diseño > Características Constructivas > Configure y seleccione las características del sistema > Enter.



Modificar Geometría.

A través de esta herramienta se puede realizar la modificación geométrica del sistema de regulación (asignar la estructura de entrada/

salida, conexiones, hileras, cámaras, tapas y dren.)

Tipo de servicio > Herramientas de Diseño > Modificar Geometría > Seleccionar sistema



Estructura Entrada Salida.

Además de mover la estructura, une o separa el sistema de la red.



Conexión Manifold.

Permite conectar una hilera al pozo de entrada/salida.



Eliminar Hilera.

Elimina en su totalidad los elementos de la hilera seleccionada.



Insertar Hilera.

Permite insertar una hilera con las mismas características de la hilera anterior.



Insertar Cámara.

Permite añadir n número de cámaras sobre la hilera.



Eliminar Cámara.

Permite eliminar de manera individual cámaras dentro del sistema.



Tapas.

Permite añadir o eliminar tapas intermedias en el sistema



Dren.

Permite eliminar o añadir el dren del sistema.



Diseño de entrada/salida.

Permite realizar un breve análisis para determinar las conexiones necesarias para el gasto de entrada y configurar el gasto de salida del sistema de regulación.

Tipo de servicio > Herramientas de Diseño > Diseño de entrada/salida > Seleccionar sistema > Configurar entrada y salida > Aceptar



Obtener Reporte.

Permite descargar el reporte del material necesario para la elaboración del sistema de regulación además de obtener el reporte de cómo se obtuvo el volumen de regulación y el análisis de entrada y de salida del sistema.

Tipo de servicio > Herramientas de Diseño > Obtener Reporte > Seleccionar sistema > Seleccionar ruta de guardado > Guardar.



Configuración.

Se configura el aspecto de los elementos, como son las líneas y colores.

Tipo de servicio > Herramientas de Diseño > Configuración > Seleccionar sistema > Configurar > Aceptar.



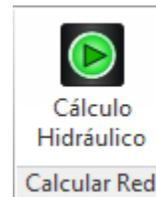
Eliminar sistema.

Elimina el sistema y sus componentes.

Tipo de servicio > Herramientas de Diseño > Eliminar Sistema > Seleccionar sistema > Aceptar.

9.5 Calculo Hidráulico

Comando que genera la memoria de cálculo de la red.



Calcular Red > Cálculo hidráulico > Selecciona cualquier elemento de la red > Llenar las pestañas del formulario > Aceptar

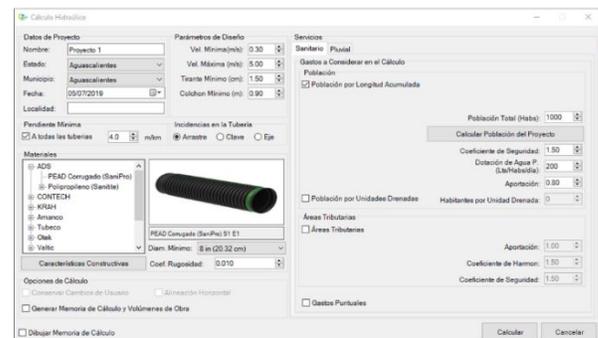


Figura 78. Calculo Hidráulico.

- Configuración general

Datos de proyecto. El usuario debe escribir el nombre de proyecto, en dado caso de haberlo escrito en la ventana de “Configuración de Red”, este aparecerá automáticamente, también, puede elegir el municipio y estado donde se proyectará la red de alcantarillado sanitario, además de fecha y dependencia.

Parámetros de diseño. Se encuentran por defecto los valores que establece la normativa de CONAGUA para velocidades mínimas y máximas, tirante mínimo y colchón mínimo; si elige cambiarlo, active la casilla y escriba el nuevo valor.

Pendiente mínima. Activa la casilla “A todas las tuberías” y se asigna una misma pendiente para toda la red de alcantarillado.

Incidencias en la tubería. Alineación de una tubería con otra en los pozos de visita, siendo éstas:

Arrastre. Las tuberías se alinean en el pozo en la parte inferior, tocando la plantilla.

Clave. Las tuberías se alinean en el pozo clave-clave.

Eje. Conexión realizada entre las líneas o ejes de la tubería perpendiculares al área transversal de ésta, en el pozo.

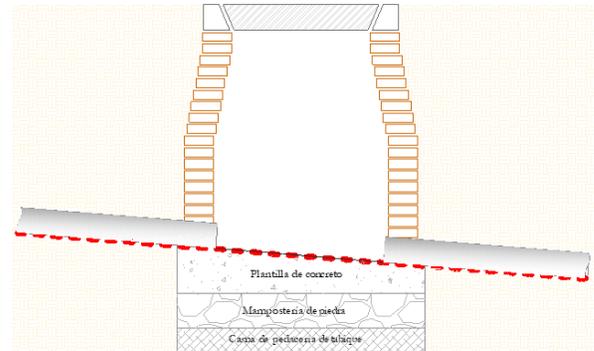


Figura 79. Arrastre.

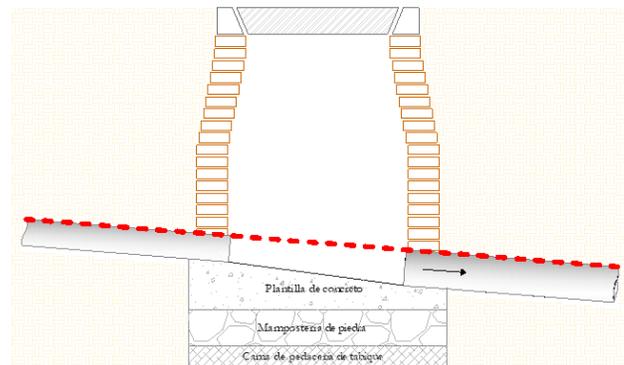


Figura 80. Clave.

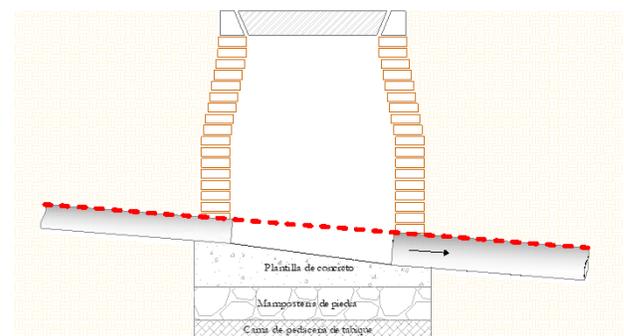


Figura 81. Eje.

El software HTP emplea una amplia variedad de materiales (Ver Tabla 14. Nombre y Claves de los materiales)

Para hacer uso de alguno indique el material (el cual se ilustra con una imagen a un costado) y automáticamente se coloca el coeficiente de Manning correspondiente, pero, si desea, tiene la posibilidad de designar otro coeficiente al producto. Seleccione el diámetro mínimo de la lista desplegable.

Tabla 14. Nombre y Claves de los materiales.

Material	Clave
PEAD Corrugado (Sanipro)	PEADC
Polipropileno (Sanitite)	PPLC
Metal Corrugado (UltraFlo)	MC
PEAD Reforzado (DuroMaxx)	PEADRA
PEAD Perfil Variable (KRAH)	PEADPV
PVC Serie 20	PVCS20
PVC Corrugado (Novafort)	PVCC
PVC-Unidireccional Hidráulico	PVCUH
Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio	PRFV
Polietileno (Valtic)	PE
TOM PVC-O 500	PVC500
PVC Termofusionable	PTF
PVC Hidráulico	PVCH
Hierro Dúctil	PAM
Acero al Carbón	AC
Concreto Reforzado Grado 1	CRG1
Concreto Reforzado Grado 2	CRG2
Concreto Reforzado Grado 3	CRG3
Concreto Reforzado Grado 4	CRG4

9.6 Ajustes de Red

Cinta de comandos que genera los perfiles de la red, hace cambios en la geometría, obtiene parámetros de diseño e inserta detalles.

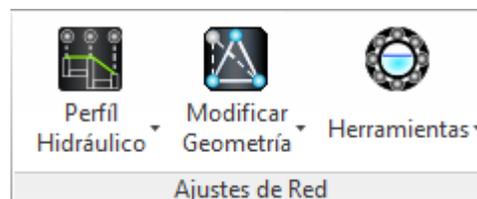


Figura 82. Cinta de Opciones de Ajustes de Red.

9.6.1 Perfil hidráulico

Representa la línea de alcantarillado en perfil; se indican los pozos, así como caídas y anotaciones del tramo.

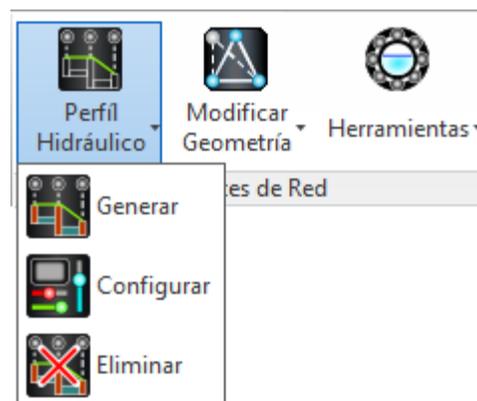


Figura 83. Comandos de la opción Perfil Hidráulico.



Generar.

Elige los tramos deseados y genera el perfil de la red.

Ajustes de Red > Perfil hidráulico > Generar perfil > Seleccione alguna red con cualquiera de sus elementos > Seleccione tramos > Enter

Se mostrará la ventana “Editor de Perfiles”, en donde se pueden observar las características de los tramos y los pozos. Es importante mencionar que en los pozos se pueden modificar las profundidades y las elevaciones de clave y arrastre. En cuanto al tramo, el usuario puede hacer cambios en la pendiente, diámetro y material; este es un punto destacable en el Software HTP 2019, ya que el proyectista tiene la posibilidad de emplear más de un material en la red de alcantarillado desde el Editor de Perfiles.

En la parte inferior se observan los valores de los parámetros hidráulicos máximos y mínimos, además de la representación de los tirantes en la sección circular. También, se puede indicar la colocación de tubos en batería (hasta tres).

Si el usuario cambia algún valor, los restantes cambiarán automáticamente al hacer clic en alguna otra casilla.

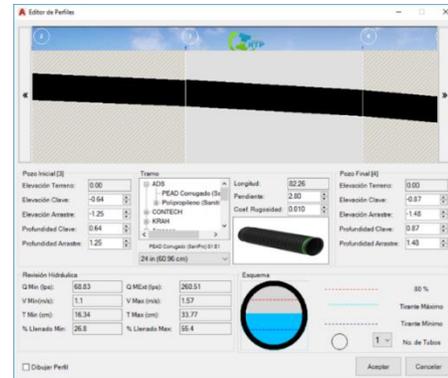


Figura 84. Editor de Perfiles.

Acepte el formulario si solamente su objetivo es cambiar algún dato del tramo o tramos.

Active la casilla “Dibujar perfil” y obtendrá la representación en perfil de la red; elija un punto de inserción y se mostrará la tabla “Configuración de Perfil” con el objetivo de establecer un formato inicial al perfil.

Es importante nombrar el Prefijo de capas, de no hacerlo, no se permite aceptar la configuración elegida debido a que es parte del título de cada capa.



Figura 85. Configuración del Perfil 1.

Cuando el nombre del Prefijo de Capas es aprobado se mostrará una 

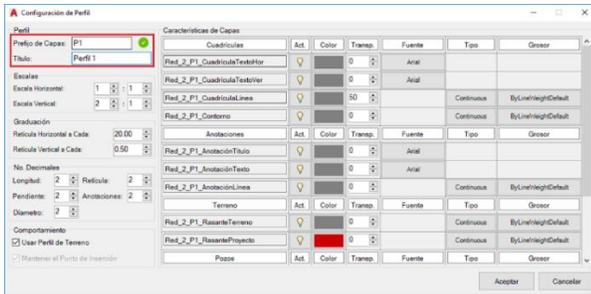


Figura 86. Configuración del perfil 2.

En la ventana de configuración se desglosa:

- Perfil

Prefijo de Capas. Escriba el prefijo con el cual se complementará la etiqueta de las capas generadas.

Título. Escriba el título del perfil, éste se mostrará en la parte inferior derecha.

Escala. Elige las escalas adecuadas para el perfil al hacer clic en las flechas o simplemente escribir el número.

Graduación. Alude al espacio indicado entre las líneas que componen la malla del perfil para una mejor precisión visual.

No. de decimales. Tiene la posibilidad de colocar el número de decimales necesarios en el dibujo.

Comportamiento. Active la casilla si desea que el perfil se mantenga en el mismo punto donde fue insertado, de lo contrario, podrá cambiarlo de posición.

- Características de capas.

Capas. Se designan con el prefijo de capas de la red, el prefijo de capas del perfil y el elemento que lo compone: Red_1_P1_AnotaciónTítulo.

Las características restantes como son: el estado de capa, color, transparencia, fuente, tipo de línea y grosor se configuran de la misma manera que se mostró en configuración de red.



Configurar

Modifica la configuración del perfil.

[Ajustes de Red](#) > [Perfil hidráulico](#) > [Editar perfil](#)
> [Seleccione un perfil](#) > [Configure](#) > [Aceptar](#)



Eliminar

Suprime todo el perfil.

[Ajustes de Red](#) > [Perfil hidráulico](#) > [Eliminar perfil](#)
> [Seleccione un perfil](#)

9.6.2 Modificar geometría

Comando que permite hacer modificaciones a la red con las siguientes opciones:



Figura 87. Comandos de la opción *Modificar Geometría*.



Insertar Pozo Interior

Coloca un pozo en cualquier tramo de la red. En la red se podrá observar el pozo añadido, la rasante (que en principio está en ceros), el número de pozo y sentido de flujo, siendo éstos modificables.

Ajustes de Red > Modificar Geometría > Insertar Pozo Interior > Seleccione tramo de tubería > Indique el punto de inserción > Enter



Insertar pozo exterior

Inserta un pozo externo a la red y lo une a ésta con un nuevo tramo de tubería.

Ajustes de Red > Modificar Geometría > Insertar Pozo Exterior > Indique el punto de inserción o (Deshacer Terminar) > Indique el pozo para conectar > Enter



Mover pozo

Cambia de posición el pozo en un nuevo punto modificando consigo la longitud de la red.

Ajustes de Red > Modificar Geometría > Mover Pozo / Red > Seleccione pozo > Indique el punto > Enter

Tabla 15. Tipo de pozo.

NOMBRE DE POZO	CLAVE
Pozo de Visita Común	PV
Pozo de Visita Especial E1	PE1
Pozo de Visita Especial E2	PE2
Pozo Caja Tipo 1	PC1
Pozo Caja Tipo 2	PC2
Pozo Caja Tipo 3	PC3
Pozo Caja Unión Tipo 1	PCU1
Pozo Caja Unión Tipo 2	PCU2
Pozo Caja Deflectora Tipo B	PCD B
Pozo Caja Deflectora Tipo C	PCD C
Pozo Caja Deflectora Tipo D	PCD D
Pozo con Caída Tipo 1	PCC1
Pozo con Caída Tipo 2	PCC 2
Pozo con Caída Escalonada Tipo 1	PCE 1
Pozo con Caída Escalonada Tipo 2	PCE 2
Pozo con Caída Escalonada Tipo 3	PCE 3



Unir pozos

Une pozos respetando la configuración dada a la red.

Ajustes de Red > Modificar Geometría > Unir Pozos > Seleccione un pozo > Seleccione el otro pozo



Eliminar pozo

Elimine el pozo y el tramo o tramos que concurren en éste.

Ajustes de Red > Modificar Geometría > Eliminar Pozo / Tramo > Seleccione pozo > Sí > Enter



Insertar etiqueta

Opción que permite anotar el tipo de pozo a través de una etiqueta.

Ajustes de Red > Modificar Geometría > Insertar etiqueta > Seleccione un pozo > Elija el tipo de pozo > Aceptar

En el software HTP se exponen 16 tipos de pozos, cada uno de ellos contiene una breve explicación y un esquema de la estructura.

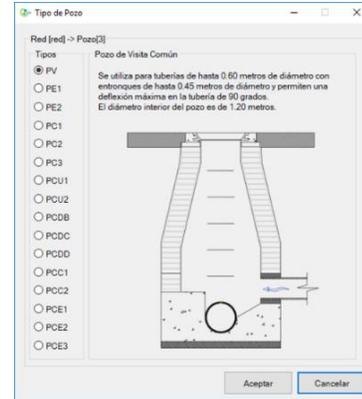


Figura 88. Ventana tipo de pozo.



Localizar pozo

Ubica el pozo en la red.

Ajustes de Red > Modificar Geometría > Localizar Pozo > Seleccione cualquier elemento de la red > Indique el identificador de pozo > Enter

9.6.3 Herramientas

Contiene herramientas para el diseño sanitario y pluvial, además de una opción para insertar detalles.

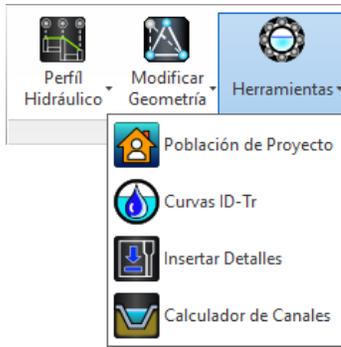


Figura 89. Comandos de la opción Herramientas.



Población de proyecto

Estima a partir de los últimos censos y/o conteos obtenidos del INEGI la población de diseño.

Ajustes de Red > Herramientas > Población de proyecto > Llenar formulario > Generar Reporte > Guardar

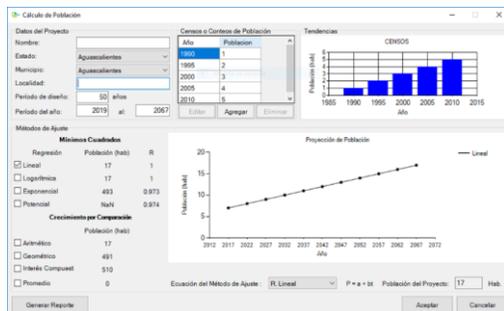


Figura 90. Calculo de Población.

Datos del proyecto. Si lo desea, el usuario puede escribir un nombre de proyecto y la localidad; también, puede elegir el municipio y estado donde se proyectará la red de alcantarillado sanitario.

Periodo de diseño. Tiempo estimado en el que el sistema de alcantarillado funcionará adecuadamente, el proyectista se encargará de definir el tiempo y se escribirá en la casilla.

Censos o conteos de población. La información se encuentra en INEGI, posteriormente se agregan a la tabla y a la par se hace una gráfica de barras.



Figura 91. Proyección de la Población.

- Métodos de ajuste

Por mínimos cuadrados. Este procedimiento consiste en calcular la población de proyecto a partir de un ajuste de los resultados de los censos en años anteriores, a una recta o curva, de tal modo que los puntos pertenecientes a éstas difieran lo menos posible de los datos observados.

Para determinar la población de proyecto, será necesario considerar el modelo matemático que mejor represente el comportamiento de los datos de los censos históricos de población (lineal, exponencial, logarítmica o potencial), obteniendo a las constantes “a” y “b” que se conocen como coeficientes de la regresión.

Existe un parámetro que sirve para determinar qué tan acertada fue la elección de la curva o recta de ajuste a los datos de los censos. Este se denomina coeficiente de correlación “r”, su rango de variación es de -1 a +1 y conforme su valor absoluto se acerque más a 1 el ajuste del modelo a los datos será mejor.

En el formulario se pueden activar y desactivar las casillas que indican los métodos a reflejarse en la gráfica.

Por comparación. Este método consiste en comparar la tendencia del crecimiento histórico de la población estudiada contra el de otras ciudades con mayor número de habitantes, siendo similares desde el punto de vista socioeconómico, y, adoptar la tasa media de crecimiento de ellas.

En el formulario se pueden activar y desactivar las casillas que indican los métodos a reflejarse en la gráfica.

Generar reporte

Hacer clic en esta opción una vez que ha indicado el método más adecuado.



Curvas I-D-Tr

Calcula las curvas de la estación idónea con la finalidad de obtener la intensidad de lluvia de diseño.

[Ajustes de Red](#) > [Herramientas](#) > [Curvas I-D-Tr](#)
> [Llenar formulario](#) > [Aceptar](#)

Información de estación. Elija la estación adecuada y se mostrarán sus datos automáticamente, asimismo, podrá visualizar la estación en el mapa; además tiene la opción de añadir la ubicación del proyecto y dibujar el área circundante.

Datos. Se observan las precipitaciones máximas de cada año en la tabla de registros, así como su gráfica y los valores de los parámetros estadísticos de las precipitaciones. Estos valores pueden ser modificados.

Métodos. Corrobore el ajuste de la serie de datos a las diferentes funciones de distribución mediante el error estándar de ajuste y examine los valores de los métodos respecto al periodo de retorno.

Curvas I-D-Tr. Elija el método de ajuste adecuado, el criterio de predicción de intensidad y la variable regional R (automática o

modificada). Procediendo, de acuerdo a las características del proyecto selecciona la intensidad de diseño apropiada.

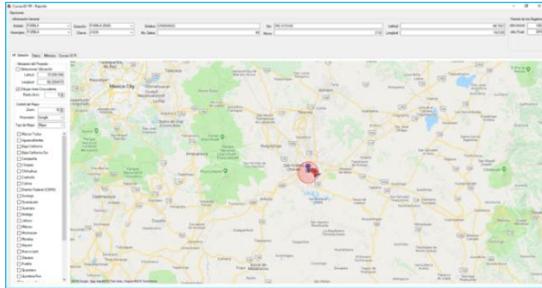


Figura 92. Herramienta Curvas I-D-Tr.

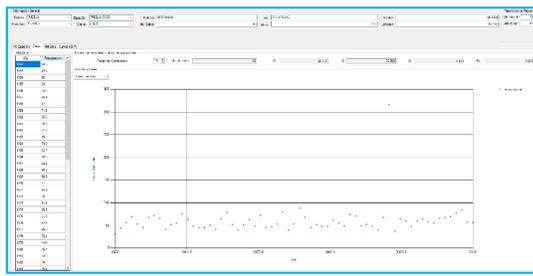


Figura 93. Información de la estación.

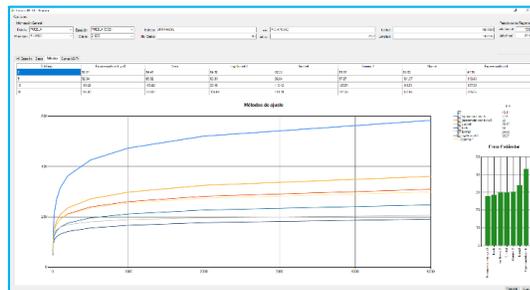


Figura 94. Método de Ajuste

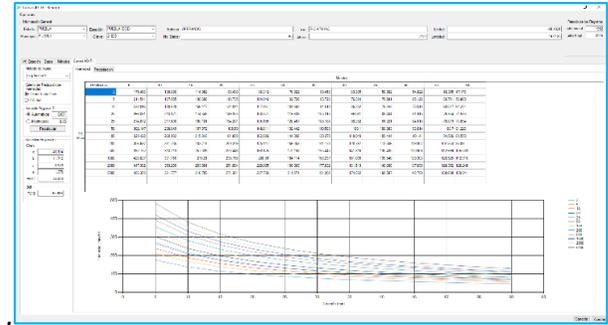


Figura 95. Curvas ID-Tr.

La herramienta contiene las siguientes opciones:

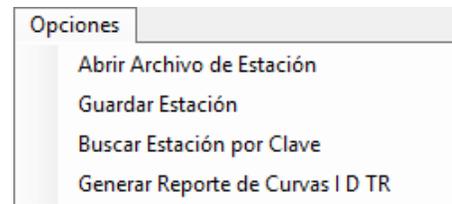


Figura 96. Opciones Herramienta ID-Tr.

Abrir archivo de estación. Brinda la opción de añadir registros manualmente o desde un archivo (.txt) separado por comas (.csv), con las características que el formulario solicita:

Figura 97. Añadir registros.

Al dar clic en examinar permite abrir un archivo extensión .txt o .csv.

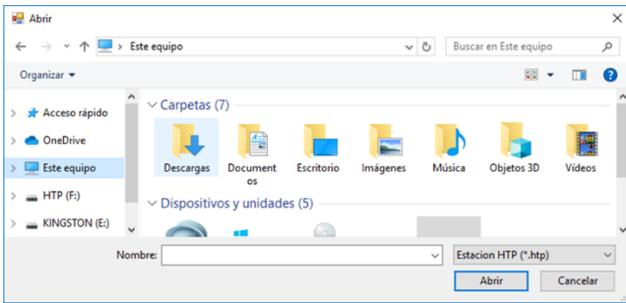


Figura 98. Añadir un archivo.

Guardar estación. Una vez seleccionada la estación, tiene la posibilidad de ver todos los registros de las precipitaciones a lo largo del año y en todos los años en los cuales se ha tomado información; esto, una vez que ha guardado el archivo.

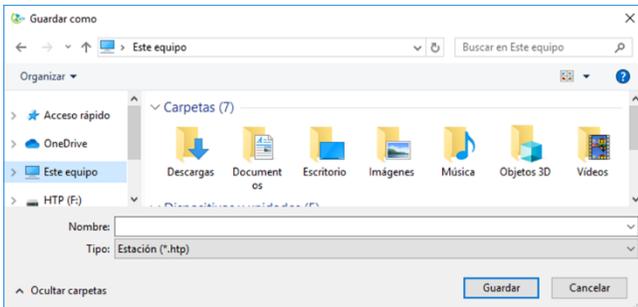


Figura 99. Guardar estación.

Para abrir el archivo elija el navegador que desee y se mostrarán los registros:

Clave: 21035
 Nombre: PUEBLA (DGE)
 Altitud: 2122
 Latitud: -98.1931
 Longitud: 19.0125
 IdEstado: 20
 Estado: PUEBLA
 IdMunicipio: 16

Municipio: PUEBLA
 NumRegistros: 7115
 RH: RIO ATOYAC
 Estatus: OPERANDO

 Fecha Precipitación

01/09/1952 10.7
 02/09/1952 30.5
 03/09/1952 18
 04/09/1952 23
 05/09/1952 0.4
 06/09/1952 8
 07/09/1952 8.1
 08/09/1952 7.7
 09/09/1952 6.5
 10/09/1952 11.5

Buscar estación por clave. Escriba la estación necesaria y haga clic en Aceptar, automáticamente se mostrarán todos los datos de ésta.

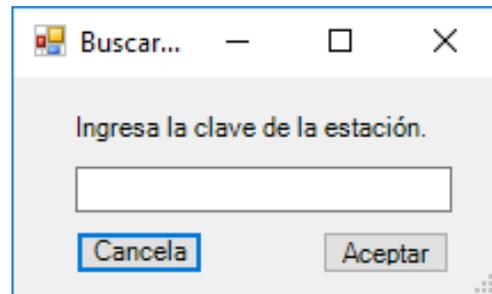


Figura 100. Búsqueda de estación por clave.

Generar reporte de curvas I-D-Tr. Genera el reporte de la estación deseada precisando los datos que requiere se muestren en su archivo:

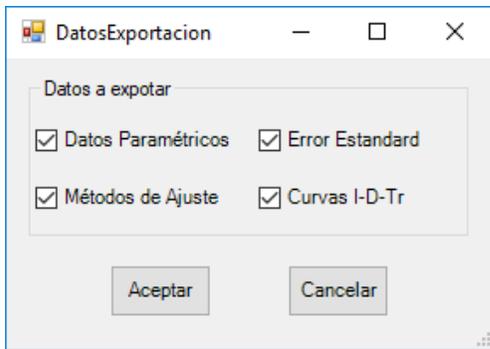


Figura 101. Exportar archivos.



Insertar detalles

Coloca los detalles de las estructuras necesarias en el proyecto. Contiene dibujos del MAPAS 2007 el cual se desglosa en cinco capítulos y también se observa el MAPAS 2015.

Ajustes de Red > Herramientas > Insertar Detalles > Elija el detalle necesario > Insertar > Precise punto de inserción o (Puntobase Escala X Y Z Girar) > Indique factor de escala X, precise esquina opuesta, o (Esquina XYZ) > Precise ángulo de rotación > Enter



Figura 102. Detalles constructivos CONAGUA.



Calculador de canales

Ingresar los datos requeridos para obtener los resultados del Tirante normal y del Tirante Crítico de un canal.

Ajustes de Red > Herramientas > Calculador de Canales > Llenar Formulario > Generar reporte > Cerrar

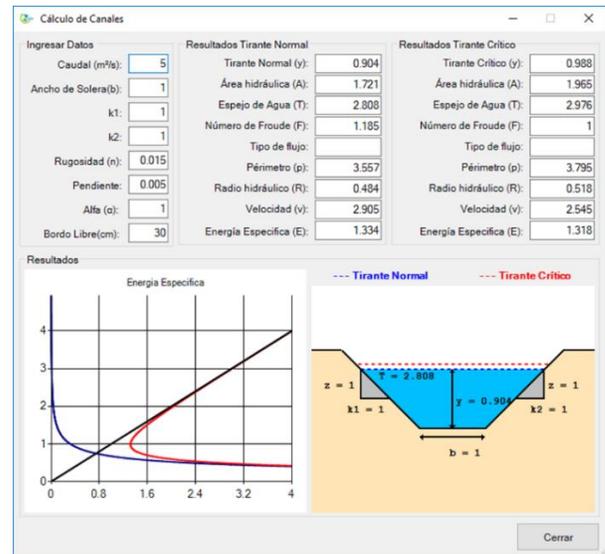


Figura 103. Calculador de Canales.

9.7 Tabla de cálculo, volumen de obra y catálogo de conceptos.

Tabla de cálculo. Parte importante que sustenta la capacidad hidráulica de las tuberías y el buen funcionamiento de la red de alcantarillado sanitario.

Volumen de obra. Contempla los volúmenes de excavación y de relleno. En la memoria de cálculo podrá ver los volúmenes correspondientes a los pozos de visita, la red y las descargas domiciliarias y un resumen general de éstos.

Catálogo de conceptos. Hoja que engloba los conceptos necesarios para la realización física del proyecto, el concepto que no compete puede ocultarlo. Los precios que observa son los que brinda CONAGUA mediante un catálogo, por lo que el presupuesto generado es base.

La información es generada en formato .xlsx Las hojas de cálculo se encuentran ya programadas para posibilitar cualquier modificación.

NOTA: Los resultados arrojados por el software están destinados a apoyar o facilitar la realización de un proyecto de alcantarillado, por lo que es responsabilidad del usuario la utilización de dichos datos.

10. Ejemplos

10.1 Drenaje Pluvial

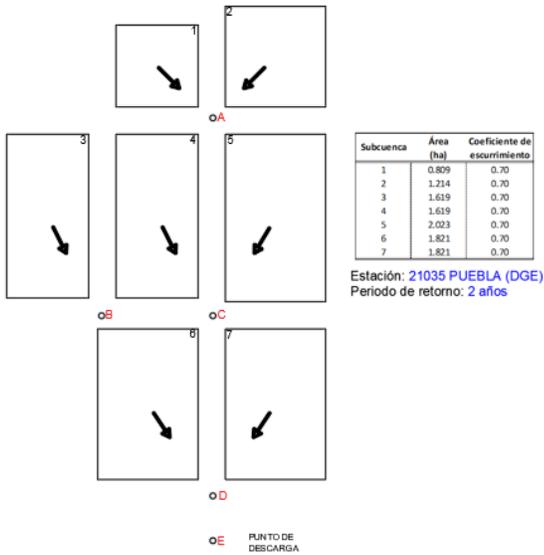


Figura 104. Plano.

1. Trazo:

Generar redes > Redes > Trazo > Indique punto inicial > Indique el punto siguiente o [deshacer]

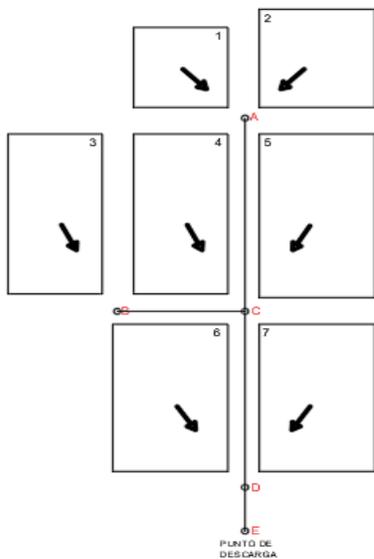
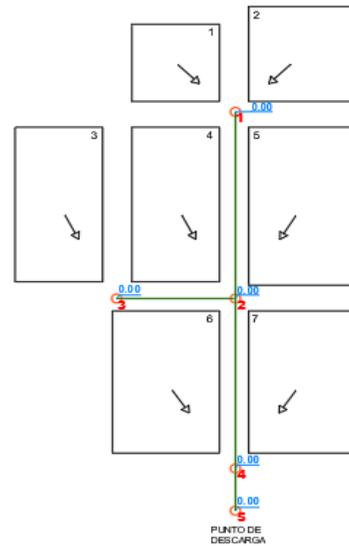


Figura 105. Trazo.

2. Red:

Generar redes > Redes > Red > Selecciona los trazos > Enter > Configuración de red > Aceptar

106.



Figura

Reconocimiento y configuración de red.

3. Numeración de pozos:

Generar redes > Pozos > Editar numeración > Seleccione pozo > Indique nuevo identificador de pozo > Enter

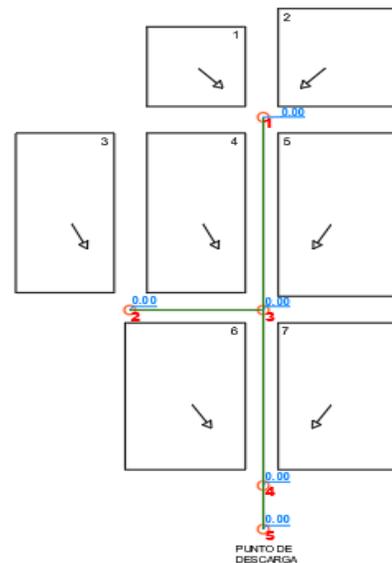


Figura 107. Nueva numeración de pozos.

4. Rasantes.

Generar redes > Pozos > Indicar Rasante > Seleccione pozo > Indique la rasante > Enter

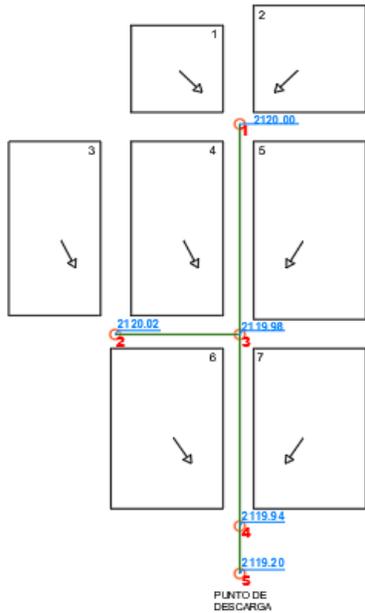


Figura108. Rasantes.

5. Sentido de flujo:

Generar redes > Tramos > Sentido de Flujo > Seleccione cualquier elemento de la red.

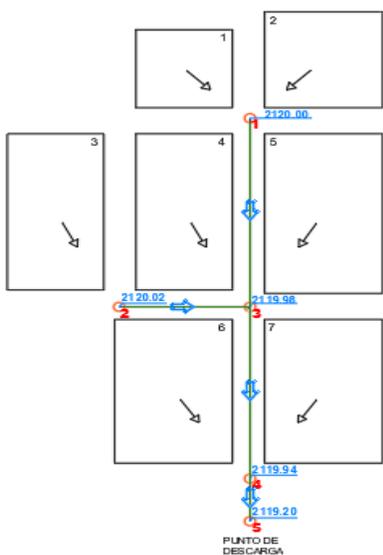


Figura 109. Sentido de Flujo

6. Insertar cabeza de atarjea:

Generar redes > Tramos > Insertar Cabeza de Atarjea > Seleccione tramo de tubería > Enter

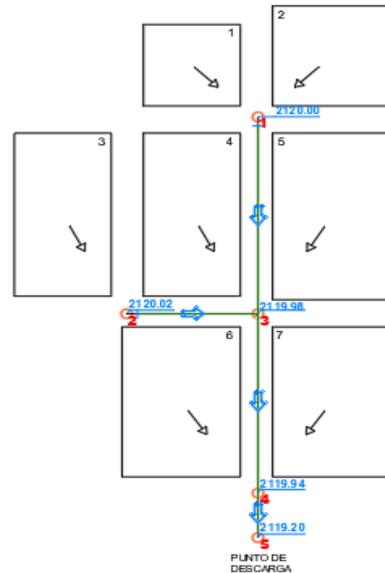


Ilustración 110. Cabezas de Atarjeas.

7. Insertar Nube de Estaciones

Hidrología > Nube de Estaciones > Insertar o Modificar > Insertar > Seleccionar Estación > Aceptar

PUEBLA (DGE)
21035

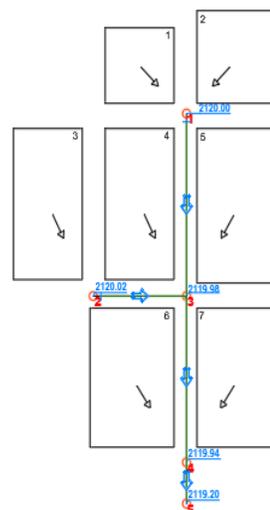


Figura 111. Nube de Estaciones.

8. IDF

Hidrología > IDF > Seleccione una estación > Configuración de estación > Aceptar

9. Tipo de servicio

Tipo de servicio > Pluvial > Gasto puntual > Seleccione tramo de tubería > Añadir > Añadir Gasto Puntual Pluvial > Id > Agregar superficie > Aceptar > Aceptar

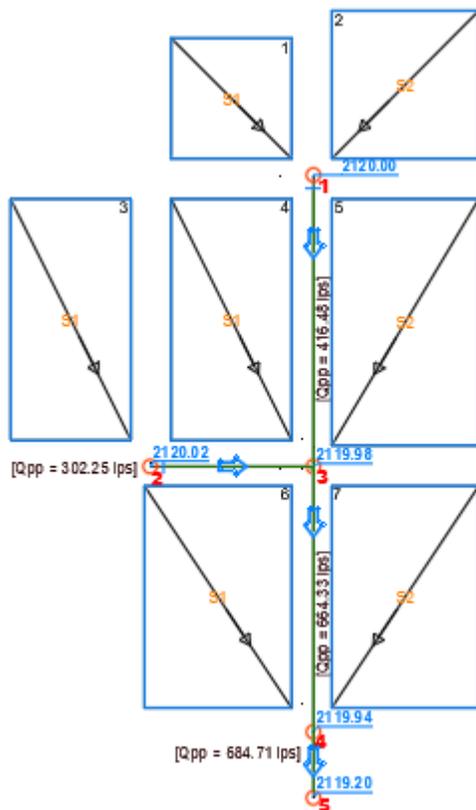


Figura 112. Gastos reflejados a través de la inserción de áreas en el formulario "Gasto puntual pluvial".

10. Calcular red

Calcular red > Cálculo hidráulico > Seleccione cualquier elemento de la red > Llene el formulario "Cálculo-Configuración pluvial" y seleccione los criterios adecuados > Aceptar > Guardar memoria de cálculo

Una vez que ha guardado su archivo, este se abrirá automáticamente.

11. Clasificación de pozos

Ajustes de Red > Modificar Geometría > Insertar Etiqueta > Seleccione un pozo > Elija el tipo de pozo > Aceptar

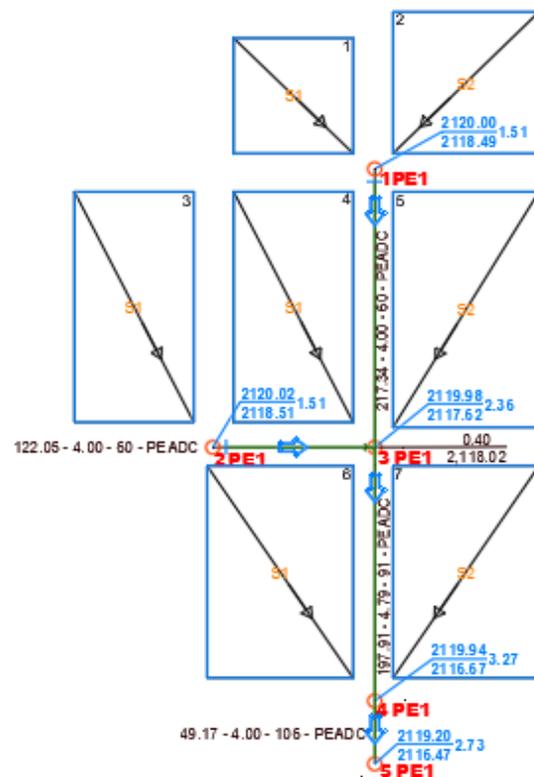


Figura 113. Tipos de Pozos

12. Perfiles

Ajustes de red > Perfil hidráulico > Generar > Seleccione tramos > Enter > Marcar la opción de “Dibujar Perfil” > Aceptar > Configuración de perfil > Aceptar > Indique el punto de inserción

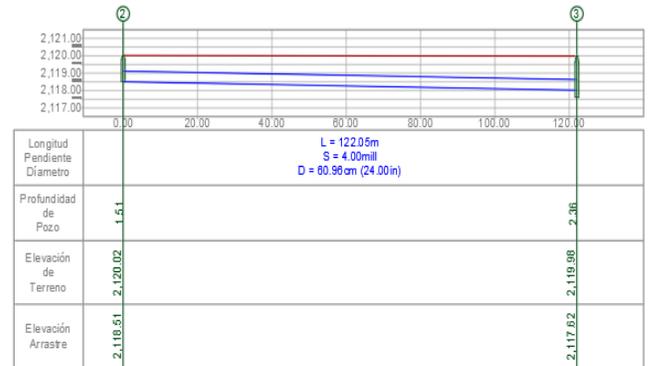
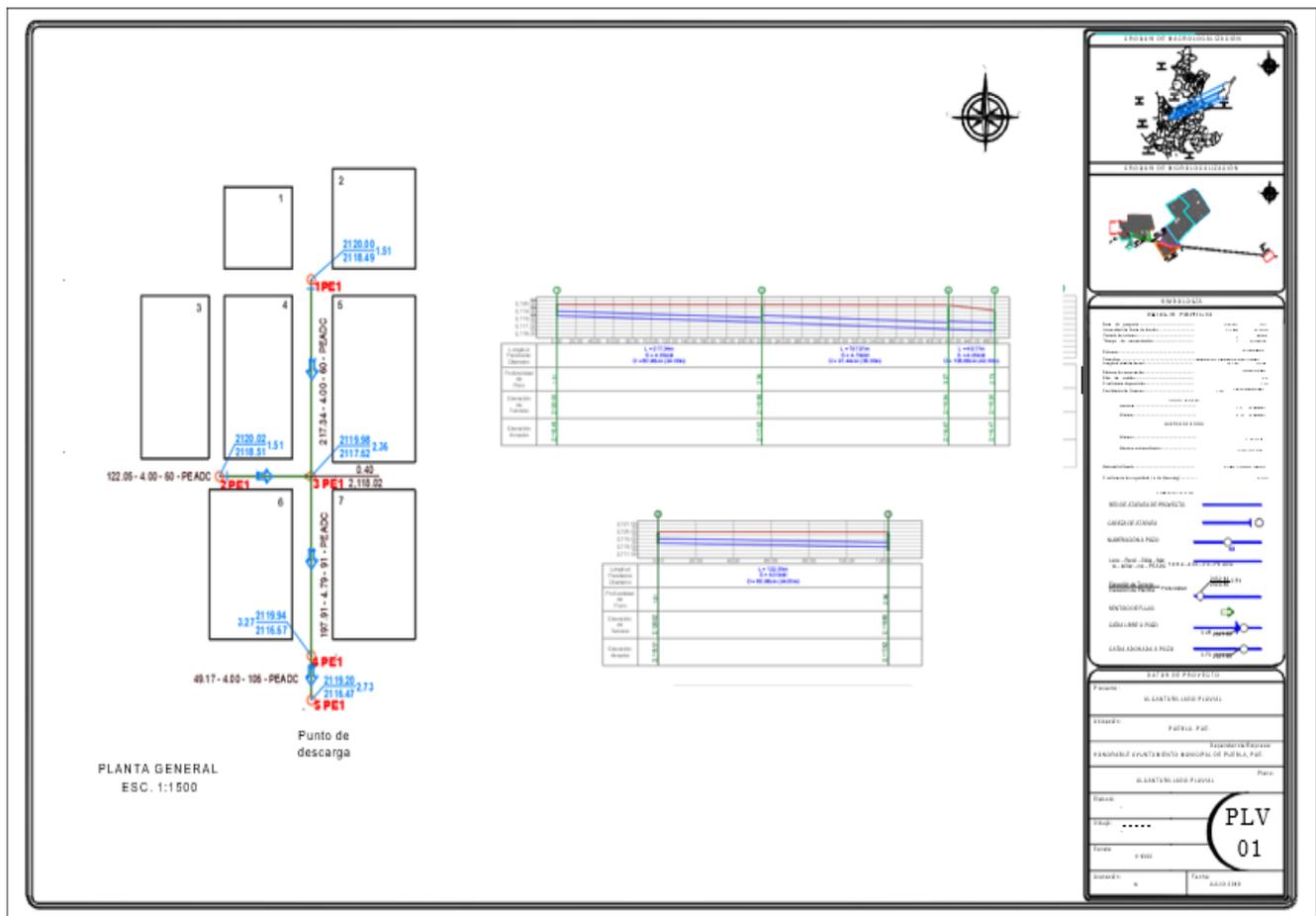


Figura 114. Perfil de Elevaciones tramo 2-3



10.2 Sistema de Regulación



Figura 116. Plano.

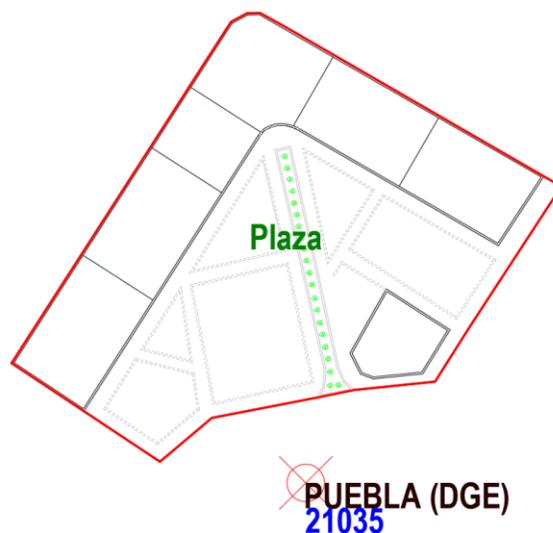


Figura 118. Nube de estaciones.

1. Reconocer Cuenca.

Hidrología > Cuencas > Cuenca > Seleccione una polilínea > Enter > Configuración de cuenca > Aceptar

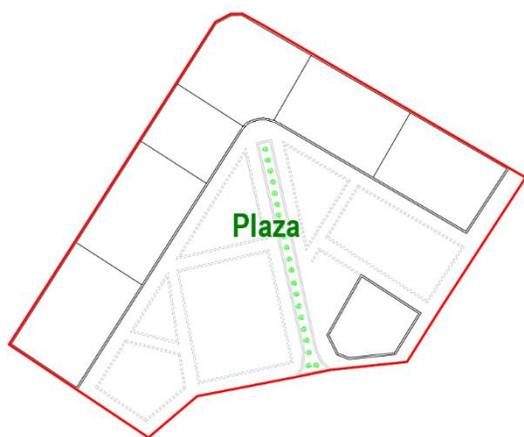


Figura 117. Reconocimiento de cuenca.

2. Insertar Nube de Estaciones

Hidrología > Nube de Estaciones > Insertar o Modificar > Insertar > Seleccionar Estación > Aceptar



3. IDF

Hidrología > IDF > Seleccione una estación > Configuración de estación > Aceptar

4. Métodos de precipitación

Hidrología > Métodos de Precipitación > Una estación > Seleccione una cuenca > Seleccione una estación > Aceptar

5. Tipo de servicio

a) Tipo de servicio > Pluvial > Gasto puntual > Seleccione Cuenca > Agregar superficie > Aceptar

b) Tipo de servicio > Retención/ Detención > Calcular Volumen > Seleccionar cuenca > Ingresar Gasto de Salida > Aceptar

c) Tipo de servicio > Retención/ Detención > Pre diseño > Llenar formulario > Aceptar > Configuración de sistema >

Aceptar > Indicar punto de inserción >
 Indicar Angulo de rotación > Enter

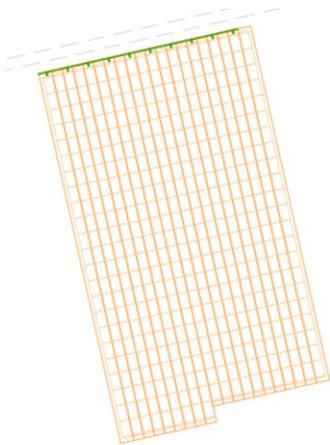
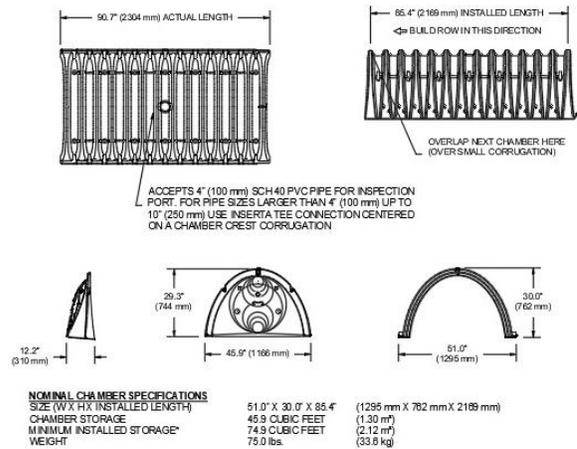


Figura 119. Sistema de Retención dibujado.

6. Insertar Detalles

Ajustes de red > Herramientas > Insertar
 detalles > Seleccionar detalle > Descargar >
 Insertar > Especificar punto de inserción >
 Establecer escala en X > Establecer escala en
 Y > Especificar ángulo de rotación > Enter

SC-740 TECHNICAL SPECIFICATION
 NTS



NOMINAL CHAMBER SPECIFICATIONS		
SIZE (W X H) INSTALLED LENGTH	51.0' X 30.0' X 85.4'	(1296 mm X 762 mm X 2189 mm)
CHAMBER STORAGE	45.9 CUBIC FEET	(1.30 m ³)
MINIMUM INSTALLED STORAGE*	74.9 CUBIC FEET	(2.12 m ³)
WEIGHT	75.0 lbs.	(33.8 kg)

Figura 120. Detalle de la cámara SC 740.

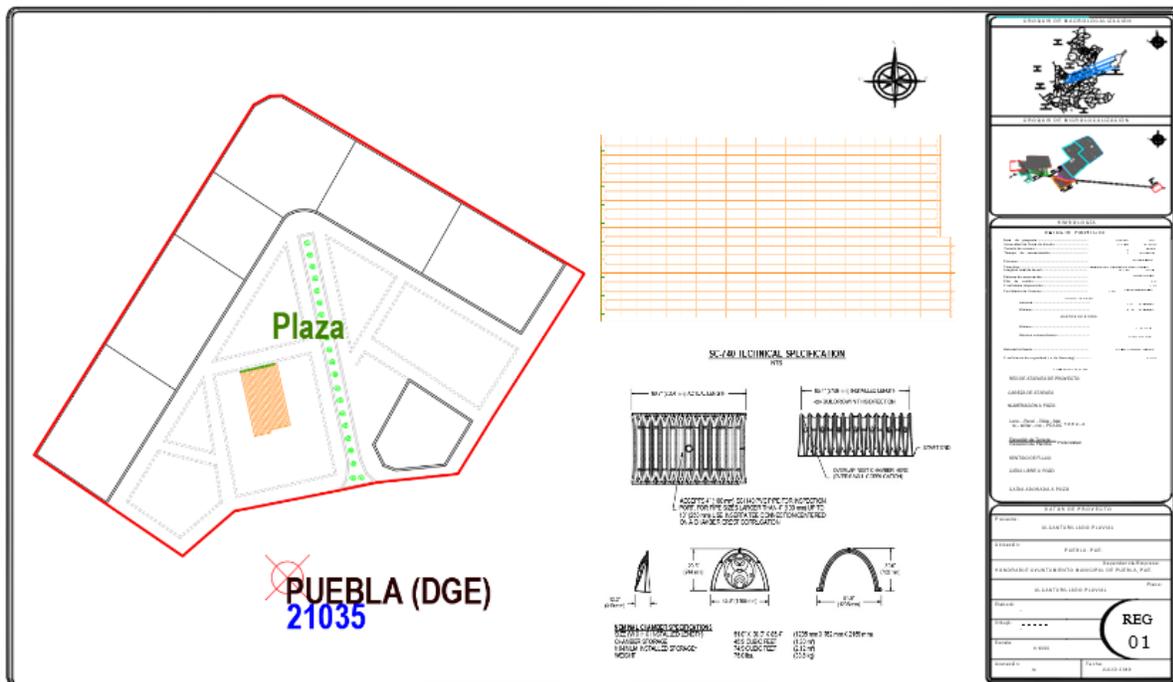


Figura 121. Plano Final.



10.3 Drenaje Sanitario



Figura 122. Plano.

7. Trazo:

Generar redes > Trazo > Dibuje tramos de la red > Enter

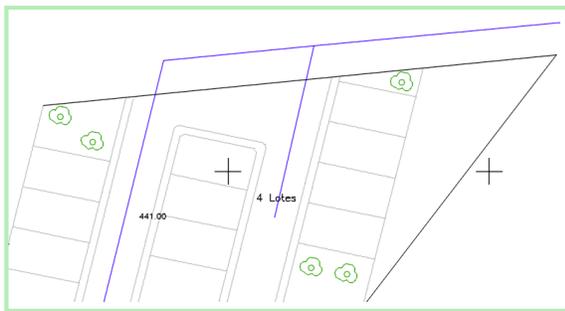


Figura 123. Trazo de la red.

8. Reconocer red:

Generar redes > Redes > Red > Selecciona los trazos > Enter > Configuración de red > Aceptar

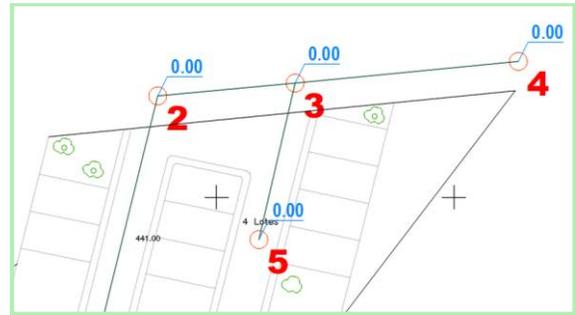


Figura 124. Reconocimiento y configuración de la red.

9. Numeración de pozos de visita:

Generar Redes > Pozos > Numerar pozos > Seleccione pozo inicial > Indique el número inicial > Enter

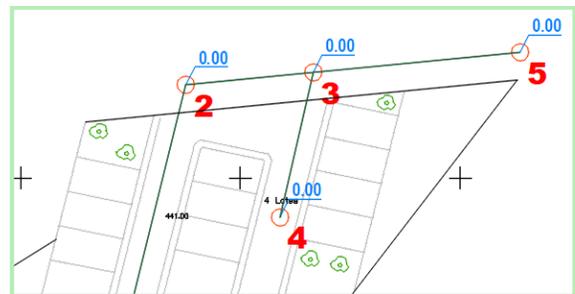


Figura 125. Numeración de pozos de visita.

10. Rasante:

Generar Redes > Pozos > Indicar rasante > Seleccione pozo > Indique rasantes > Enter



Figura 126. Colocación de rasantes.

11. Indicar el sentido del flujo:

Generar Redes > Tramos > Sentido de flujo
> Seleccione cualquier elemento de la red



Figura 127. Sentido de flujo.

12. Invertir sentido de flujo

Generar Redes > Tramos > Invertir sentido >
Seleccione tramo de tubería > Enter



Figura 128. Corrección de sentido de flujo.

13. Atarjeas:

Generar Redes > Tramos > Insertar cabeza de
atarjea > Seleccione tramo de tubería > Enter



Figura 129. Colocación de cabezas de atarjea.

14. Tipo de servicio:

Tipo de servicio > Sanitario > Gasto puntual
sanitario > Seleccione tramo de tubería >
Indique gasto puntual en lps o [Mostrar
Ocultar Limpiar] > Enter

Tipo de servicio > Sanitario > Unidades
drenadas > Seleccione tramo de tubería >
Indique unidades drenadas o [Mostrar
Ocultar Limpiar] > Enter

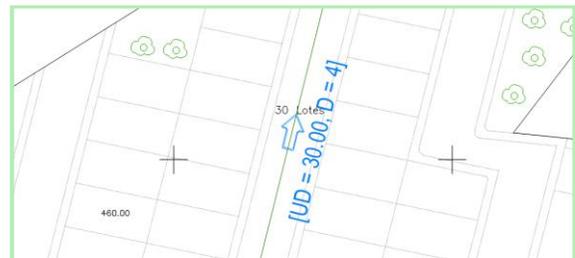


Figura 130. Colocación de Unidades drenadas.

15. Calcular red:

Calcular red > Cálculo hidráulico >
Seleccione cualquier elemento de la red >
Llene el formulario “Calcular” > Aceptar
> Guardar memoria de cálculo y volúmenes
de obra.

16. Perfiles:

Ajustes de red > Perfil hidráulico > Generar
perfil > Seleccione tramos > Enter > Marcar
la opción de “Dibujar perfil” > Aceptar >
Configuración de perfil > Aceptar > Indique
el punto de inserción.



Figura 131 Plano Final.

10.4 Ejercicios Tutoriales

Al dar clic en el siguiente enlace, podrás consultar los tutoriales:

<https://termoplus.mx/ingenieria/tutoriales>

10.5 Curso de Capacitación

Capacítate en el uso y aplicación del Software HTP, regístrate en:

<https://termoplus.mx/capacitacion/Inicio/curso/disenio-software-2021>

11. Anexos

11.1 Figuras

Figura 1. Acceso a la página.....	1
Figura 2. Apartado de Ingeniería.....	1
Figura 3. Apartado de Ingeniería.....	1
Figura 4. Descarga del Software.....	2
Figura 5. Asistente de Instalación.....	2
Figura 6. Términos y Condiciones.....	2
Figura 7. Análisis de requisitos para instalación.	2
Figura 8. Directorio para la descarga.....	3
Figura 9. Crear acceso directo.....	3
Figura 10. Ruta para instalar.....	3
Figura 11. Instalación del Software.....	3
Figura 12. Finalizar instalación.....	3
Figura 13. Software HTP.....	4
Figura 14. Registro al Software.....	4
Figura 15. Elementos geométricos de una sección circular.....	7
Figura 16. Factor de regionalización del factor K, Mendoza (2001).....	27
Figura 17. Factor de reducción por duración, Baeza (2007).....	27
Figura 18. Calculador curvas I-D-Tr incluido en el software HTP 2021.....	28
Figura 19. AutoCAD.....	50
Figura 20. Barra de tareas.....	50
Figura 21. Barra de Menús.....	50
Figura 22. Cinta de Opciones o Ribbon.....	51
Figura 23. Área de Trabajo.....	51
Figura 24. Ventana de comandos.....	51
Figura 25. Barras de Estado.....	51
Figura 26. Cinta de Opciones HTP (Módulo Drenaje Urbano.....	52
Figura 27. Cinta de Opciones de Generar redes.	52
Figura 28. Comandos de la opción Redes.....	52
Figura 29. Configuración de Red.....	53
Figura 30. Nombres del prefijo de capas y proyecto.....	53
Figura 31. Ventana configuración de color.....	53
Figura 32. Ventana Configuración de Fuente.....	53
Figura 33. Ventanas configuración de Tipo de Línea.....	54

Figura 34. Ventana Configuración de Grosor de Línea.....	54
Figura 35. Comandos de la opción Pozos.....	55
Figura 36. Comandos de la opción Tramos.....	55
Figura 37. Cinta de Opciones de Hidrología.....	56
Figura 38. Comandos de cuencas.....	56
Figura 39. Configuración de la Cuenca 1.....	57
Figura 40. Selección de Color.....	57
Figura 41. Estilo de Texto.....	57
Figura 42. Selección Tipo de Línea.....	57
Figura 43. Grosor de Línea.....	58
Figura 44. Comandos de la opción Nube Estaciones.....	58
Figura 45. Ubicación Hidrológica 1.....	58
Figura 46. Ubicación Hidrológica 2.....	59
Figura 47. Ubicación Hidrológica 3.....	59
Figura 48. Ubicación Hidrológica 4.....	60
Figura 49. Ubicación Hidrológica 5.....	60
Figura 50. Ubicación Hidrológica 6.....	60
Figura 51. Configuración de las Estaciones 1.....	61
Figura 52. Configuración de las Estaciones 2.....	61
Figura 53. Ubicación Hidrología 7.....	61
Figura 54. Comando de IDF.....	62
Figura 55. IDF.....	62
Figura 56. Periodo de Retorno.....	62
Figura 57. Información General.....	62
Figura 58. IDF 2.....	63
Figura 59. Datos Precipitación.....	63
Figura 60. Agregar Registros.....	63
Figura 61. Parámetros Estadísticos de las precipitaciones.....	63
Figura 62. IDF 3 Métodos de Ajuste.....	64
Figura 63. Selección Métodos de Ajuste.....	64
Figura 64. Método de Predicción de Intensidad.	65
Figura 65. Factor de Convección R.....	65
Figura 66. Variables Regionales.....	65
Figura 67. Curvas Intensidad.....	65
Figura 68. Curvas de Precipitación.....	65
Figura 69. Comandos de la opción Métodos de Precipitación.....	66
Figura 70. Ruta de Guardado.....	68
Figura 71. Configuración IDF.....	68
Figura 72. Configuración IDF 2.....	68
Figura 73. Cinta de Opciones de Tipo de Servicio.....	69
Figura 74. Comandos de la opción Sanitario.....	69



Figura 75. Comandos de la opción Pluvial.	70
Figura 76. Comandos de la opción Retención/Detención.	70
Figura 77. Comandos de la opción Herramientas de Diseño.....	71
Figura 78. Calculo Hidráulico.	72
Figura 79. Arrastre.....	73
Figura 80. Clave.....	73
Figura 81. Eje.	73
Figura 82. Cinta de Opciones de Ajustes de Red.	74
Figura 83. Comandos de la opción Perfil Hidráulico.	74
Figura 84. Editor de Perfiles.....	75
Figura 85. Configuración del Perfil 1.....	75
Figura 86. Configuración del perfil 2.....	76
Figura 87. Comandos de la opción Modificar Geometría.	77
Figura 88. Ventana tipo de pozo.....	78
Figura 89. Comandos de la opción Herramientas.	79
Figura 90. Calculo de Población.....	79
Figura 91. Proyección de la Población.	79
Figura 92. Herramienta Curvas I-D-Tr.....	81
Figura 93. Información de la estación.	81
Figura 94. Método de Ajuste	81
Figura 95. Curvas ID-Tr.	81
Figura 96. Opciones Herramienta ID-Tr.	81
Figura 97. Añadir registros.	81
Figura 98. Añadir un archivo.	82
Figura 99. Guardar estación.	82
Figura 100. Búsqueda de estación por clave...	82
Figura 101. Exportar archivos.	83
Figura 102. Detalles constructivos CONAGUA.	83
Figura 103. Calculador de Canales.	83
Figura 104. Plano.....	85
Figura 105. Trazo.....	85
Figura 106. Reconocimiento y configuración de red.....	85
Figura 107. Nueva numeración de pozos.....	85
Figura 108. Rasantes.....	86
Figura 109. Sentido de Flujo	86
Ilustración 110. Cabezas de Atarjeas.	86
Figura 111. Nube de Estaciones.	86

Figura 112. Gastos reflejados a través de la inserción de áreas en el formulario “Gasto puntual pluvial”.	87
Figura 113. Tipos de Pozos	87
Figura 114. Perfil de Elevaciones tramo 2-3....	88
Figura 115. Plano Final.	88
Figura 116. Plano.....	89
Figura 117. Reconocimiento de cuenca.....	89
Figura 118. Nube de estaciones.....	89
Figura 119. Sistema de Retención dibujado.	90
Figura 120. Detalle de la cámara SC 740.....	90
Figura 121. Plano Final.	90
Figura 122. Plano.....	91
Figura 123. Trazo de la red.....	91
Figura 124. Reconocimiento y configuración de la red.....	91
Figura 125. Numeración de pozos de visita. ...	91
Figura 126. Colocación de rasantes.....	91
Figura 127. Sentido de flujo.	92
Figura 128. Corrección de sentido de flujo.....	92
Figura 129. Colocación de cabezas de atarjea.....	92
Figura 130. Colocación de Unidades drenadas.	92
Figura 131 Plano Final.	93

11.2 Graficas

Gráfica 1. Relaciones de los elementos hidráulicos en una sección circular.....	2
Gráfica 2. Factor de reducción por duración, Conde (2014).	28
Gráfica 3. Relación de Hidrogramas.....	42
Gráfica 4. Relación Hidrogramas CONAGUA...	44
Gráfica 5. Hidrograma método IDF.	45
Gráfica 6. Hidrograma método James C. Y. Guo.	46
Gráfica 7. Hidrograma método Hidrogramas7 Triangulares.	48
Gráfica 8. Relación entre B y a.	49
Gráfica 9. Relación Año- Precipitación.	64
Gráfica 10. Curvas I-D-Tr.	64

11.3 Tablas

Tabla 1. Valores de las relaciones de los elementos hidráulicos de sección circular.....	9
Tabla 2. Valores recomendados del coeficiente de Manning n para alcantarillado.	11



Tabla 3. Valores del coeficiente de Manning n de tuberías comerciales.....	11
Tabla 4. Tabla Método Lineal.....	14
Tabla 5. Método Logarítmico.....	14
Tabla 6. Método Exponencial.....	15
Tabla 7. Factor de resistencia.....	19
Tabla 8. Distribuciones de probabilidad para el ajuste de información hidrológica.....	37

Tabla 9. Determinación de C0, C1 Y C3t Tipo de Tormenta.....	38
Tabla 10. Factor de ajuste por estanques y pantanos.....	39
Tabla 11. Resumen Métodos de Precipitación.....	66
Tabla 12. Resumen Polígonos de Thiessen. ...	67
Tabla 13. Nombre y Claves de los materiales.	74
Tabla 14. Tipo de pozo.....	77

12. Bibliografía

Aparicio Mijares, F. J. (1992). Fundamentos de Hidrología de Superficie. En F. J. Aparicio Mijares, *Fundamentos de Hidrología de Superficie* (págs. 69-110). D.F. México: Limusa.

Campos Aranda , D. F. (30 de Octubre de 2006). Diseño hidrológico de estanques de detención con base en el método de James C. y Guo . *Diseño hidrológico de estanques de detención con base en el método de James C. y Guo* . Guadalajara, Jalisco, Mexico: XXI Congreso Nacional de Hidráulica.

Campos Aranda, D.F. (2010). *Introducción a la hidrología urbana*. (1ª ed.) San Luis Potosí, México: Printego, Pedro Moreno.

Chow, V. (1994). *Hidráulica de canales abiertos*. Mc Graw-Hill, Santafé Bogotá, Colombia.

Comisión Nacional del Agua. *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Alcantarillado Sanitario*. CNA, 2015.

Guo, J. C. (2006). Urban Hydrology and Hydraulic Desing. En J. C. Guo, Urban Hydrology and Hydraulic Desing (págs. 345-386). Highlans Ranch, Colorado, U.S.A.: Haestad Press.

Sotelo, G. (2009). *Hidráulica de canales*. Facultad de Ingeniería, UNAM., México, D.F.

Chow, V.T., R. Maidment, D. y W. Mays, L. (1994). *Hidrología aplicada*. (1ª ed.) Edición de Martha Ednad Suárez R. Santa Fe de Bogotá, Colombia: McGraw-Hill.

Gaceta Oficial del D.F. (2004). “*Normas Técnicas Complementarias para el diseño y ejecución de obras e instalaciones hidráulicas*“. Impresa por: Corporación Mexicana de Impresión“.

Conde Rivera, R., Vita Garza, A.L., Castro Ortiz, V.A. & López Mejía, J.R. (2014). “*Construcción de curvas I-D-TR de las estaciones climatológicas de México con la base de datos SMN-CONAGUA*“. (1ª ed.) Puebla, México.

UNAM. (s/f). Métodos estadísticos. Recuperado de: <http://dicyg.fi-c.unam.mx/~rruiz/Hidrologia/TEMA%20VI-I-1.pdf>

UNAM. (s/f). Recuperado de: http://www.dcb.unam.mx/users/angellbs/htm/GRUPO1/ARCHIVOS_VARIOS_G1/PyE_T4.pdf

Hidráulica Termo Plus S.A de C.V.

LA NORIA. 3a Cerrada de la 23 Sur #4501 Col. Granjas Atoyac Puebla, Pue T. 222 230 5393 | WA 222 812 3312

PLAZA AMÉRICA. 51 pte. #505, Local-21 Col. Residencial Boulevares Puebla, Pue T. 222 211 6359

termoplus@termoplus.mx | termoplus.mx

