



Captación y eliminación de aguas pluviales

8.1 Generalidades

Se llama así, al sistema de canalones y/o tuberías que recogen el agua proveniente de las precipitaciones pluviales que caen sobre techos, patios, y/o zonas pavimentadas de una edificación y la evacua hacia un sistema de disposición final adecuado.

Es importante indicar que existen 4 formas de evacuar finalmente el agua de lluvia:

- a. Red de Evacuación de aguas de lluvia separado del Sistema de Alcantarillado.
- b. Red de Alcantarillado Mixto o de uso tanto para desagüe cloacales como de lluvia.
- c. Evacuación hacia cunetas, canales o Jardines.
- d. Evacuación hacia tanque séptico para su reutilización.

Previamente al diseño y cálculo de un Sistema de colección y evacuación de agua de lluvia, es importante analizar si es necesario o conveniente considerar en el diseño del Proyecto de Instalaciones Sanitarias de una edificación.

Para ello hay que tener en cuenta los siguientes factores que influyen en la decisión.

- Intensidad de la Precipitación Pluvial
- Frecuencia de las lluvias
- Area de la Edificación expuesta a lluvia
- Sistema de Evacuación final (Mixto o separado) que cuenta la ciudad donde se va a efectuar la edificación.
- Costo del Sistema - Economía.

Un análisis adecuado de estos factores servirá para determinar si es necesario implantar o no, el Sistema de Evacuación de agua de lluvia. Para esto se recomienda ver la **tabla 8.1**.

8.2 Algunas consideraciones para el diseño

En el proyecto de un sistema de recolección y evacuación de agua de lluvia. Se deberá considerar 2 etapas: el diseño del sistema y el cálculo de los conductos.

Para el diseño, será necesario estudiar detenidamente el proyecto arquitectónico de una edificación, a fin de determinar las áreas expuestas a lluvia, ya sea techos, azoteas, patios,

terrazas, ingresos (rampas) a garajes, estacionamientos, etc., donde será necesario instalar los accesorios necesarios que colectarán el agua de lluvia a través de las superficies consideradas diseñando la pendiente apropiada para cada área o secciones de área si es muy extensa.

Tabla 8.1 RECOMENDACIONES PARA DIFERENTES FRECUENCIAS Y PRECIPITACIONES PLUVIALES.

FRECUENCIA Y PRECIPITACIÓN PLUVIAL	SISTEMAS DE EVACUACIÓN DE AGUAS DE LLUVIA DE LA CIUDAD	SOLUCIÓN AL PROBLEMA
1. Gran frecuencia y alta precipitación pluvial.	Existe sistema separado.	Diseño de colección y evacuación de las aguas de lluvia al colector pluvial.
	No existe sistema separado.	Diseño de colección de aguas de lluvia y su evacuación a cunetas y/o acequias.
2. Alta frecuencia pero baja precipitación pluvial.	Existe solo red pública de eliminación de desagües.	Diseño de colección de aguas de lluvia, descargan a jardines y/o red pública de alcantarillado tomando cuidado de no obstruir los colectores, instalando interceptores de sólidos.
3. Precipitación pluvial bajísima y las lluvias de alta precipitación caen con frecuencia muy bajas (15, 20, 30 años)	No existe sistema separado, no es económico.	Se debe dar pendiente a los techos evacuados las aguas de alguna bajada de desagüe con sus respectivos interceptores sólidos.

Fuente: PLOMERÍA "F. HALL", 1998

Para terrazas, patios, ingresos ó ambientes utilizables cuyas aguas son descargadas a la red de desagües, será indispensable considerar trampas o sifones, para impedir la salida de gases, no así para techos o azoteas, donde puede conectarse a conductos de desagües y en los casos ya explicados anteriormente.

En general será necesario, como se ha dicho anteriormente, la instalación de sumideros con rejilla y separador de sólidos.

El calculo de los conductos, ya sea horizontales para la colección del agua de lluvia o verticales para las bajadas respectivas, se puede efectuar en varias formas. El Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias en su capítulo X, establece tablas para el cálculo de bajantes de aguas pluviales, conductos horizontales para agua de lluvia, canalones semicirculares, de sección rectangular.

Así mismo puede calcularse el diámetro de los conductos con la fórmula:

$$Q = \frac{C i A}{360}$$

Donde:

Q = caudal, [m³/s]

C = relación entre la escorrentía y la cantidad de lluvia caída en el área.

i = intensidad de lluvia, [mm/h]
 A = área a drenar en hectáreas.

El valor de C puede estimarse:

- Para superficies impermeables de techos 0.75 a 0.95
- Para pavimentos de asfalto 0.85 a 0.90
- Para jardines, parques prados 0.05 a 0.25

El valor de i puede estimarse a partir de la ecuación:

$$i = \frac{A}{(d+B)^C}$$

Donde:

d : duración, [min]

los valores de A , B , C se obtienen de la **tabla 8.2**.

Tabla 8.2 PARAMETROS A, B, C PARA LA ECUACIÓN DE INTENSIDAD

T	A	B	C	R ²
2	688.00	9.400	0.900	0.9966
5	761.00	4.310	0.8709	0.9968
10	828.00	0.483	0.8584	0.9981
20	1016.77	-1.3066	0.8681	0.9990
50	1312.19	-3.3982	0.8840	0.9990
100	1523.37	-4.9508	0.8892	0.9980

Fuente: ENDE

8.3 Gradientes

Para flujos pico de más de 1 l/s pero menores que 2.5 l/s, casi siempre es suficiente un gradiente mínimo de 1 en 70 si el desagüe sirve a la descarga equivalente de por lo menos un retrete. Para flujos pico de 2.5 l/s y mayores es posible usar un gradiente mínimo de 1 en 130 para un desagüe de 100 mm de diámetro o de 1 en 200 para un desagüe de 150 mm de diámetro, en el supuesto de que la construcción sea de primera calidad.

Para fines generales, los gradientes deben ser del 1 en 80 o más, para un diámetro de 100mm o de 1 en 150 para un diámetro de 150 mm. Son necesarios gradientes más pronunciados si los flujos son pequeños, cuando los flujos son continuos y menores de 1 l/s, con contenido de materia sólida, o cuando el desagüe es largo; en general, los gradientes no deben ser menores de 1 en 40. Los gradientes altos incrementan la cantidad de excavación necesaria, de modo que por razones de economía son preferibles los gradientes menos pronunciados.

8.3.1 Cálculo de la velocidad y el gradiente

Para determinar la velocidad del flujo y el gradiente para un desagüe pueden usarse varias tablas y fórmulas. La fórmula más conocida, que se puede usar para tubos y canales, se denomina fórmula de Chezy y se expresa como:

$$v = C^1(mi)$$

Donde:

v : velocidad de flujo, [m/s]
C : constante de Chezy
m : radio hidráulico medio, [m]
i : inclinación o pendiente

La constante de Chezy se determina a partir de la siguiente fórmula:

$$c = \sqrt{\frac{2g}{f}}$$

Donde:

g : aceleración debida a la fuerza de gravedad [9.81]
f : el coeficiente de fricción

El coeficiente de fricción medio es igual a 0.0064 y, por tanto, la constante de Chezy, C, es:

$$c = \sqrt{\frac{2 \times 9.81}{0.0064}} = 55$$

Para tuberías con flujo a su máxima capacidad o a la mitad de la misma, el radio hidráulico medio es igual a d/4, lo cual se demuestra como sigue, véase también la **figura 8.1**.

1. Flujo a la mitad de la capacidad

$$m = \frac{\text{Área activa}}{\text{Perímetro activo}} = \frac{\pi r^2 / 2}{2 \pi r / 2}$$

cancelando

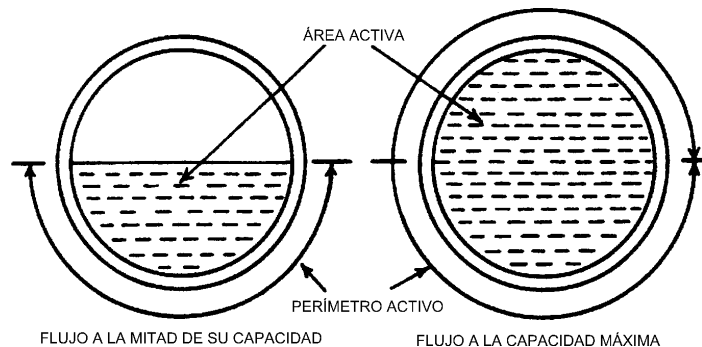
$$m = \frac{r}{2} = \frac{d}{4}$$

2. Flujo a la capacidad máxima.

$$m = \frac{\pi r^2}{2 \pi r}$$

cancelando

$$m = \frac{r}{2} = \frac{d}{4}$$



FLUJO A LA MITAD DE SU CAPACIDAD

FLUJO A LA CAPACIDAD MÁXIMA

Fuente: PLOMERÍA "F. HALL", 1998

Fig. 8.1 Radio hidráulico medio para tuberías.

Tabla 8.3 VALORES DE m A PARTIR DEL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA

PROFUNDIDAD DE FLUJO	VALOR DE m
Capacidad máxima ó media	Diámetro x 0.25
3/4 Radio hidráulico de flujo	Diámetro x 0.30
2/3 Radio hidráulico de flujo	Diámetro x 0.29
1/3 Radio hidráulico de flujo	Diámetro x 0.19
1/4 Radio hidráulico de flujo	Diámetro x 0.15

Fuente: PLOMERÍA "F. HALL", 1998

En la **tabla 8.3** se proporciona el método para calcular el valor de m a partir del diámetro de la tubería.

EJEMPLO 1

Calcular la velocidad del flujo a través de un desagüe de 100 mm de diámetro, que fluye a la mitad de su capacidad cuando el gradiente es 1 en 60. (Constante de Chezy = 55).

$$v = c \sqrt{\left(\frac{d}{4} \times \frac{1}{l} \right)} = 55 \sqrt{\left(\frac{0.1}{4} \times \frac{1}{60} \right)} = 1.1 [\text{m/s}]$$

Si se requiere encontrar la descarga a través del desagüe en l/s, es posible hacerlo como sigue.

$$Q = v \times A$$

Donde:

Q : volumen del flujo, [m³/s]

v : velocidad del flujo, [m/s]

a : área del corte transversal de la tubería, [m²]

$$Q = \frac{v \pi r^2}{2} = \frac{1.1 \times 3.142 \times 0.05^2}{2} = 0.00432 [\text{m}^3 / \text{s}] = 4.321 [\text{l/s}]$$

A menudo es necesario calcular el gradiente.

EJEMPLO 2

Calcular el gradiente requerido para que el flujo en un desagüe de 150 mm de diámetro circule a toda su capacidad cuando la velocidad del flujo es de 1.5 m/s. (Constante de Chezy = 55.)

$$v = c \sqrt{m i} = \sqrt{\frac{d}{4} \times \frac{1}{l}}$$

Trasponiendo se tiene

$$\left(\frac{v}{c} \right)^2 = \frac{d}{4} \times \frac{1}{l}$$

$$\left(\frac{v}{c} \right)^2 \times \frac{d}{4} = \frac{1}{l}$$

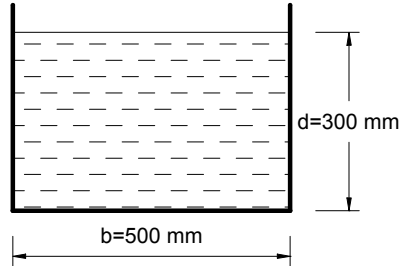
$$l = \left(\frac{v}{c} \right)^2 \times \frac{d}{4} = \left(\frac{55}{1.5} \right)^2 \times \frac{0.150}{4} = 50.42$$

Gradiente = 1 en 50, aproximadamente.

Algunas veces puede ser necesario encontrar la velocidad del flujo en un canal rectangular o cuadrado.

EJEMPLO 3

Calcular la velocidad de flujo en el canal rectangular que se muestra en la **figura 8.2**.



Fuente: PLOMERÍA "F. HALL", 1998

Fig. 8.2 Radio hidráulico medio para un canal.

$$m = \frac{b \times d}{b + 2d} = \frac{0.5 \times 0.3}{0.5 + (2 \times 0.3)} = 0.136$$

$$v = c\sqrt{mi} = 55\sqrt{0.136 \times \frac{1}{80}} = 2.267 \approx 2.3 \text{ [m/s]}$$

8.4 Canalón del tejado

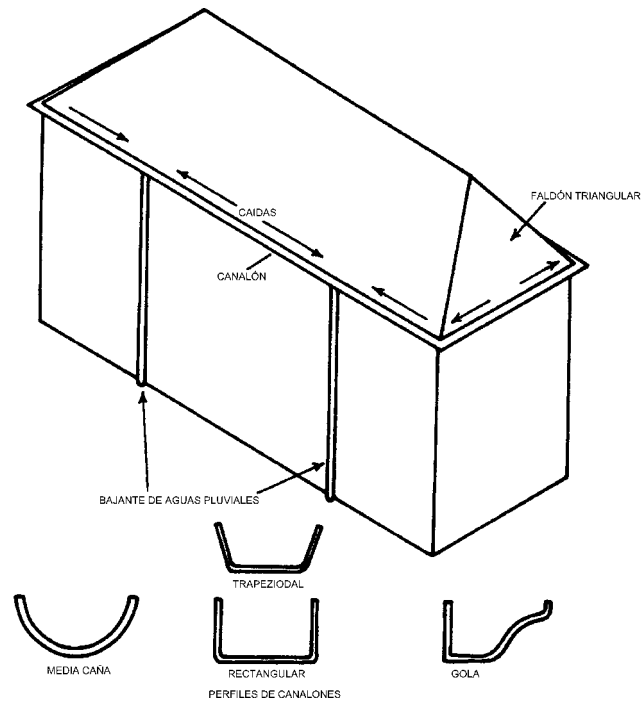
El tipo de captación de agua de lluvia de una cubierta depende del tipo de esta última. Para techos inclinados de edificios de hasta tres niveles puede usarse un canalón como se muestra en las **figuras 8.3 y 8.4**.

El canalón suele tener una pendiente de 1 en 350 hacia la salida. Este bajo desnivel evita que la separación entre el punto bajo del canalón y el borde de la cubierta sea demasiado grande, aunque es suficiente para permitir el flujo de agua y cualquier asentamiento ligero del canalón.

Los canalones se obtienen en varios perfiles, por ejemplo, media caña, rectangular y de garganta, el perfil rectangular permite un mayor flujo de agua que otros del mismo ancho. Los canalones se fabrican en hierro fundido (que requiere protección en contra de la corrosión), acero esmaltado, aleación de aluminio, PVC y asbesto-cemento, y artesanalmente de placas de calamina plana.

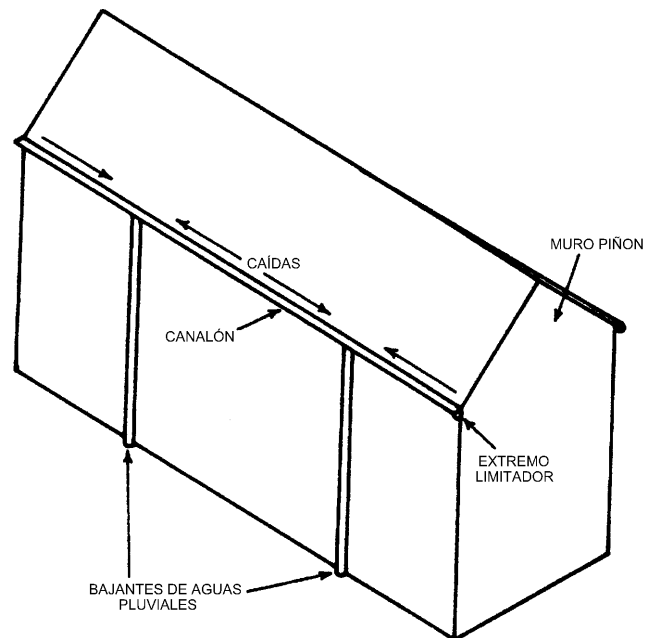
Las salidas de los canalones pueden ser de esquinas vivas o de esquinas redondeadas. En las **figuras 8.5a y 8.5b** se muestra la descarga de agua con esquinas vivas y esquinas redondeadas. Debido al efecto aerodinámico de la salida con esquinas redondeadas, la velocidad de flujo del agua en la tubería aumenta y, por tanto, es posible usar una tubería de diámetro más pequeño. En el canalón con la salida de esquinas redondeadas también se reduce la profundidad del agua.

En la **tabla 8.4** se proporcionan los tamaños de canalones y tuberías para aguas pluviales que se usan en diversos edificios.



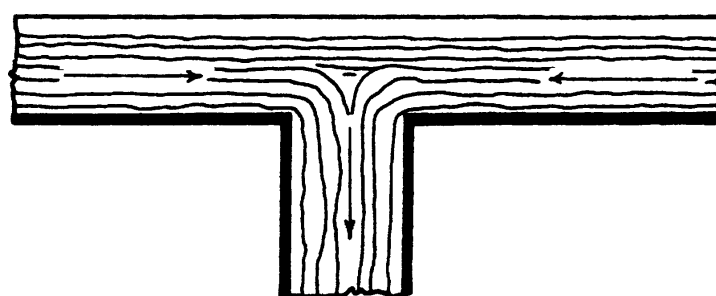
Fuente: PLOMERÍA "F. HALL"

Fig. 8.3 Captación de aguas pluviales de una cubierta a cuatro aguas.

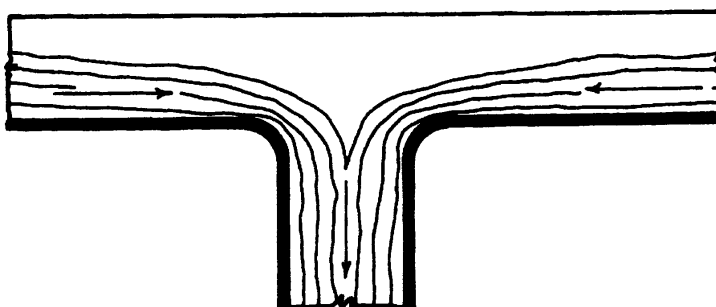


Fuente: PLOMERÍA "F. HALL", 1998

Fig. 8.4 Captación de aguas pluviales de una cubierta a dos aguas.



a) SALIDA DE ESQUINAS VIVAS



b) SALIDA DE ESQUINAS REDONDEADAS

Fuente: PLOMERÍA "F. HALL", 1998

Fig. 8.5 Salidas de canalón de la cubierta.

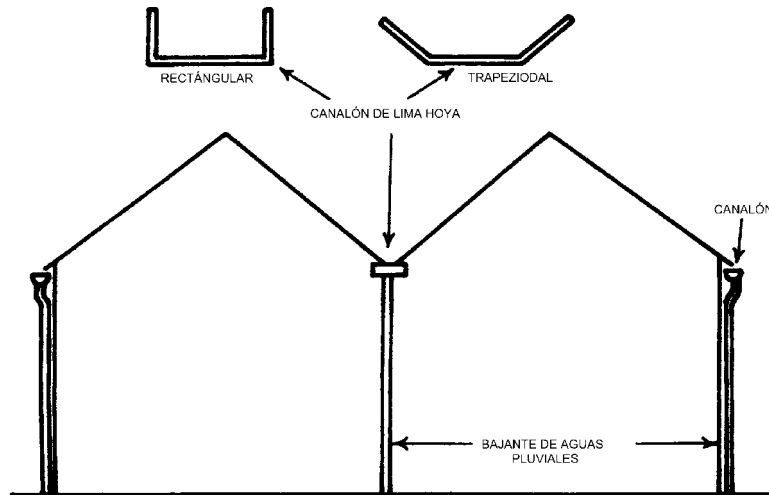
**Tabla 8.4 TAMAÑOS DE LOS CANALONES Y TUBERÍAS PARA AGUAS PLUVIALES
(PENDIENTE MÍNIMA DE LOS CANALONES 1 EN 600)**

Ø DEL CANALÓN [mm]	Ø DE LA TUBERÍA PARA AGUAS PLUVIALES [m]	APLICACIÓN	Ø DEL CANALÓN [mm]	Ø DE LA TUBERÍA PARA AGUAS PLUVIALES [mm]	APLICACIÓN
75	50	Garajes domésticos, cobertizos, invernaderos, buhardilla, ventanas en voladizo.	125	75	Casas grandes, oficinas, apartamentos y tiendas, construcciones en el campo, edificios industriales.
100	63	Casas, apartamentos, tiendas y oficinas pequeñas, bloques de garajes, barracones.	150	100	Grandes cubiertas de edificios agrícolas, comerciales e industriales, bodegas, supermercados y tiendas de autoservicio.

Fuente: PLOMERÍA "F. HALL", 1998

8.4.1 Canalón de lima hoya

Este tipo de canalón se forma entre dos cubiertas inclinadas y, por lo general, debe acarrear más agua que un canalón común. Su perfil puede ser rectangular o trapezoidal; es indispensable que entre los bordes de los techos haya un mínimo de 300 mm a fin de disponer de suficiente espacio para caminar a lo largo del canalón.



Fuente: PLOMERÍA "F. HALL", 1998

Fig. 8.6 Canalón de lima hoya.

8.4.2 Canalón de pretil

Se usa para edificios de más de tres niveles con techumbre inclinada y permite un mejor mantenimiento que un canalón de tejado. La salida del canalón puede ser de rampa, como se muestra en la **figura 8.7 inferior**, o por medio de un pozo de captación, como se muestra en la **figura 8.8**. De ser necesario, puede conectarse al foso un tubo de nivel constante de 40 mm de diámetro interior.

Las pendientes del canalón de lima hoya y del canalón de pretil suelen ser de 1 en 80.

Para coleccionar agua de lluvia en azoteas pueden usarse varios métodos. En la **figura 8.9a** se muestra la captación del agua de lluvia en una azotea por medio de canalones de pretil y en la **8.9b** aparece el mismo proceso sin emplear canalones, lo que ahorra la construcción de éstos pero requiere que la cubierta tenga más declives hacia las salidas.

En la **figura 8.9c** se muestra la azotea de un edificio de baja altura en el que puede usarse un canalón común. La pendiente de la azotea hacia el canalón o las salidas no debe ser inferior a 1 en 80 y, de preferencia, de 1 en 60 para evitar que el agua se estanque.

En la **figura 8.10** se muestra una salida acampanada para una azotea. Este tipo de salida proporciona un efecto aerodinámico al flujo de agua; con una tubería de 75 mm de diámetro interior es posible captar el agua en una área de hasta 140 m² y con una tubería de 100 mm de diámetro interno se puede captar el agua de hasta 200 m² del área de la azotea.

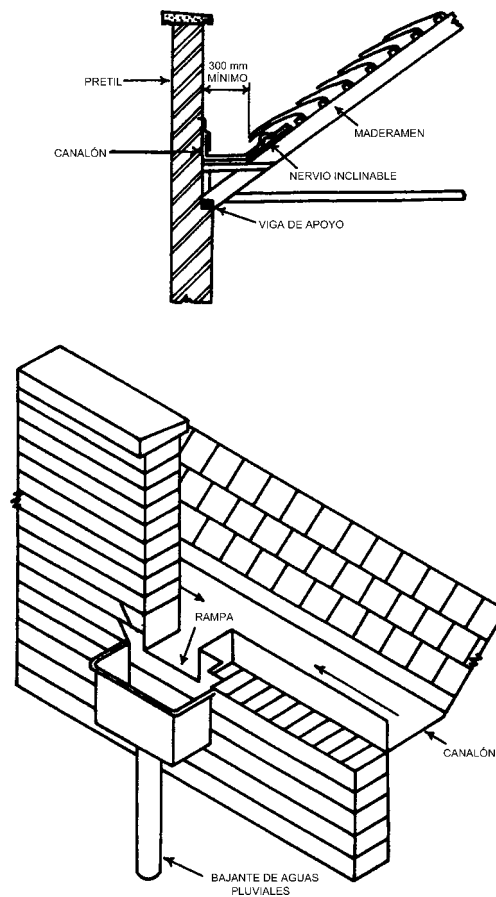


Fig. 8.7 Canalón de pretil (superior), salida en rampa (inferior). Fuente: PLOMERÍA "F. HALL", 1998

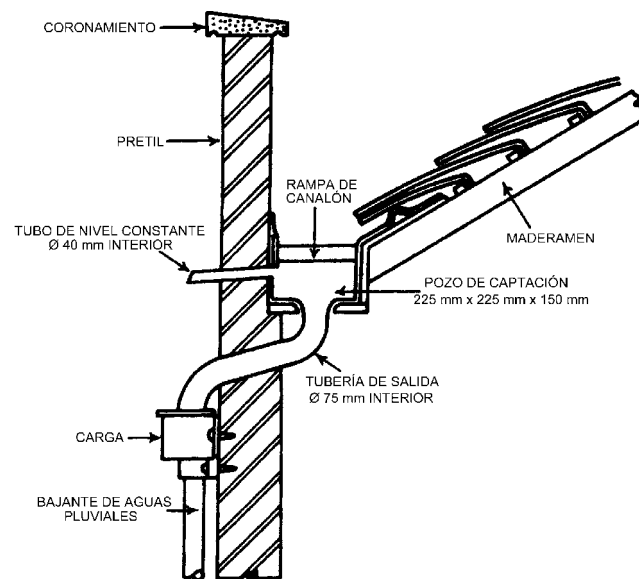


Fig. 8.8 Salida de pozo de captación. Fuente: PLOMERÍA "F. HALL", 1998

8.5 Estacionamientos y terrenos de juego

Estas instalaciones se desaguan por medio de:

1. Sumideros, por cada uno deben incrementarse a 400 m², dependiendo de la pendiente y del tipo de superficie.
2. Canales de concreto abiertos que descargan en sumideros.
3. Una tubería de concreto especial, que tiene las siguientes ventajas:
 - Es más fácil obtener las pendientes necesarias de las superficies que usando sumideros por separado.
 - Posee mayor capacidad de acarreo que un canal abierto.

En la **figura 8.11** se muestran varios métodos usados para drenar las superficies de estacionamientos y terrenos de juego.

8.6 Cálculo de una tubería para aguas pluviales

Algunas veces es necesario calcular el diámetro de una tubería de desagüe para aguas pluviales.

EJEMPLO

Calcular el diámetro de una tubería principal para aguas pluviales para un estacionamiento asfaltado que mide 100 m x 75 m (Supóngase lo siguiente: precipitación pluvial = 50 mm/h, velocidad del flujo de agua = 0.8 m/s, factor de impermeabilidad = 0.9 descarga a máxima capacidad.)

Aplicando la fórmula:

$$Q = v \times A$$

Donde:

Q : volumen del flujo, [m³/s]

v : velocidad del flujo, [m/s]

a : área de la sección transversal de la tubería, [m²]

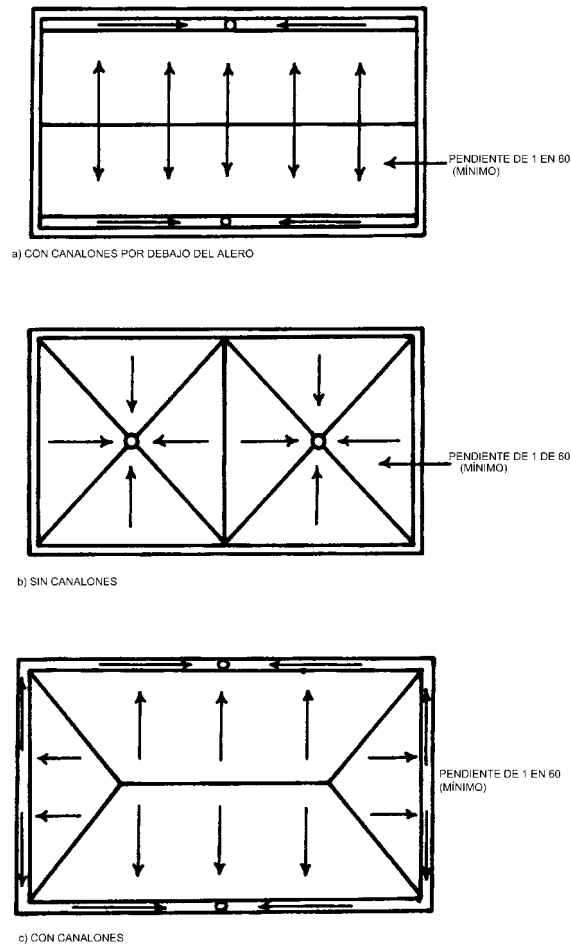
$$Q = \frac{\text{Área [m}^2\text{]} \times \text{Intensidad [m/h]} \times \text{Factor de Impermeabilidad}}{3600}$$

$$Q = \frac{100 \times 75 \times 0.05 \times 0.9}{3600} = 0.09375 \text{ [m}^3\text{ / s]}$$

$$a = \frac{\pi d^2}{4} \quad ; \quad Q = \frac{v \pi d^2}{4}$$

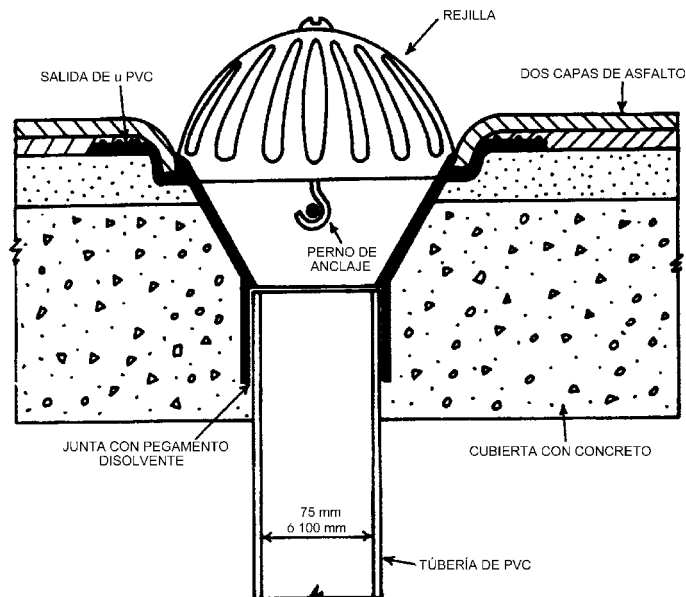
$$d = \frac{4 Q}{\sqrt{v \pi}} = \frac{4 \times 0.09375}{\sqrt{0.8 \times 3.142}} = 0.236 \text{ [m]} = 236 \text{ [mm]}$$

Diámetro más aproximado de tubería = 10"



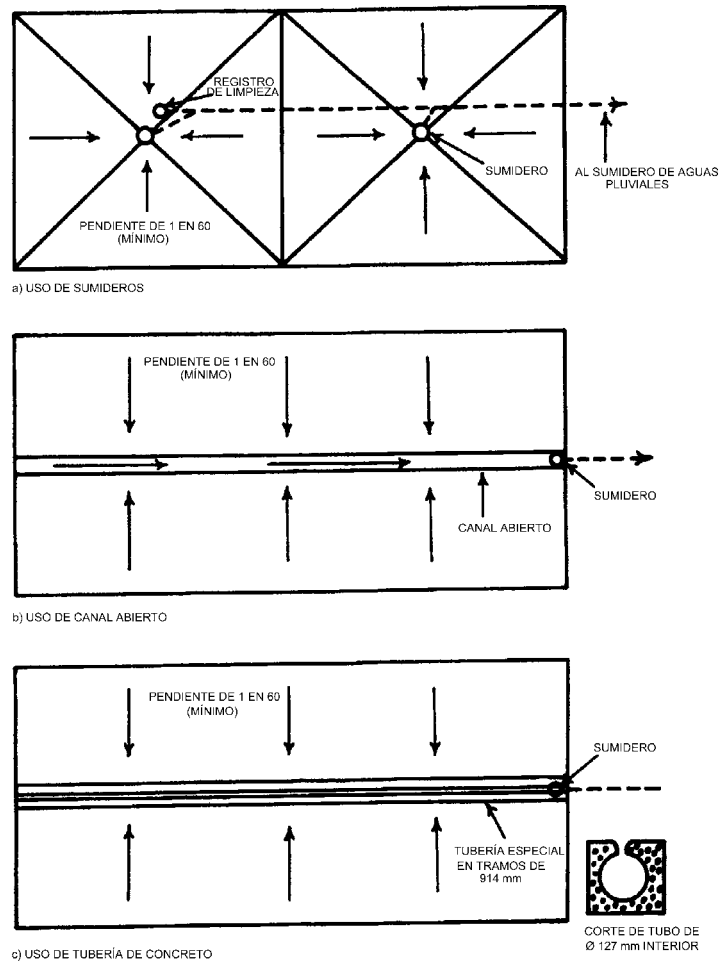
Fuente: PLOMERÍA "F. HALL", 1998

Fig. 8.9 Azotea.



Fuente: PLOMERÍA "F. HALL", 1998

Fig. 8.10 Salida de una azotea.



Fuente: PLOMERÍA "F. HALL", 1998

Fig. 8.11 Drenaje de estacionamientos y terrenos de juego.