NORMA TÉCNICA
CE.040 DRENAJE PLUVIAL
DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES

2021

NORMA TÉCNICA CE.040 DRENAJE PLUVIAL

ÍNDICE

CAPÍTULO I.- DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 1.- Objeto

Artículo 2.- Finalidad

Artículo 3.- Ámbito de aplicación

Artículo 4.- Definiciones

CAPÍTULO II.- REQUISITOS BÁSICOS

Artículo 5.- Consideraciones generales para el diseño de infraestructura de drenaje pluvial

Artículo 6.- Componentes de la infraestructura de drenaje pluvial

Artículo 7.- Estudios previos para el proyecto de infraestructura de drenaje pluvial

Artículo 8.- Responsabilidad del proyecto

Artículo 9.- Compatibilidad con el drenaje de nivel freático alto

Artículo 10.- Materiales

CAPÍTULO III.- LINEAMIENTOS TÉCNICOS PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA DE DRENAJE PLUVIAL

Artículo 11.- Consideraciones del caudal de diseño

Artículo 12.- Instalaciones de drenaje pluvial para edificaciones

Artículo 13.- Tubería de entrega

Artículo 14.- Cuneta

Artículo 15.- Vereda y pista

Artículo 16.- Sumidero

Artículo 17.- Subcolector y colector

Artículo 18.- Registro

Artículo 19.- Estructura de unión

Artículo 20.- Depresiones para drenaje pluvial

Artículo 21.- Tipos de evacuación y dren o emisor principal

Artículo 22.- Lineamientos específicos de diseño

ANEXOS

ANEXO I.- Hidrología

ANEXO II.- Hidráulica

CAPÍTULO I

DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 1.- Objeto
La presente norma técnica tiene por objeto establecer lineamientos y requisitos mínimos para el diseño y construcción de infraestructura de drenaje pluvial.

Artículo 2.- Finalidad
La finalidad de la presente norma técnica es permitir la construcción de infraestructura de drenaje pluvial destinada a prevenir la acumulación del agua pluvial, así como impedir el deterioro de las edificaciones e infraestructuras existentes, con el fin de evitar la generación de focos de contaminación ambiental y garantizar el normal desarrollo de las actividades en los centros poblados.

Artículo 3.- Ámbito de aplicación

3.1. La presente norma técnica es de obligatorio cumplimiento a nivel nacional por los tres niveles de gobierno, así como por las instituciones, empresas y profesionales a cargo del diseño y construcción de infraestructura de drenaje pluvial.

3.2. No es aplicable a las obras de drenaje superficial de la infraestructura vial.

Artículo 4.- Glosario de términos
Para efectos de la presente norma técnica, entiéndase por:

- Agua pluvial.- Agua procedente de la precipitación natural.

- Alcantarilla.- Conducto subterráneo para conducir agua pluvial, aguas residuales domésticas o una mezcla de estas.

- Alcantarillado pluvial.- Conjunto de alcantarillas que transportan agua pluvial.

- Alineamiento.- Dirección en el plano horizontal que sigue el eje del conducto.

- Berma.- Zona lateral pavimentada o no de la calzada o pista, utilizada para realizar paradas de emergencia y no causar interrupción del tránsito en la vía.

- Buzón.- Estructura de forma cilíndrica generalmente de 1,20 m de diámetro en cuya base se hace una sección semicircular, la cual cumple la función de transición entre un colector y otro. Se usa al inicio de la red en las intersecciones, cambios de dirección, cambios de diámetro o cambios de pendiente.

- Calzada o pista.- Parte de una vía destinada al tránsito de vehículos.

- Canal.- Conducto abierto o cerrado en el que el agua pluvial fluye por gravedad con una superficie libre.

- Captación.- Estructura que permite el ingreso del agua pluvial a la infraestructura de drenaje pluvial.

- Caudal o gasto.- Volumen por unidad de tiempo determinado por métodos hidrológicos u otros debidamente sustentados.

- Ciclo del agua o hidrológico.- Ciclo de fases o procesos del agua en su movimiento continuo en la Tierra, cambiando de estado entre líquido, gaseoso (vapor) y sólido (hielo). Los procesos que conforman el ciclo son: Evaporación, precipitación, escorrentía superficial, infiltración, flujo subterráneo, entre otros.

- Coeficiente de escorrentía.- Coeficiente que indica la parte de la lluvia que escurre superficialmente.

- Colector pluvial.- Estructura que conduce el agua pluvial recolectada de grandes áreas de aportación (barrios, distritos, entre otros) y puede ser abierto o cerrado.
- Cuenca hidrográfica.- Área de terreno en el que la escorrentía superficial, producida por las precipitaciones pluviales (lluvias) incidentes en ella, drena hacia un único punto de salida o descarga.
- Cuneta.- Estructura hidráulica descubierta, estrecha y de sentido longitudinal destinada al transporte de agua pluvial, generalmente situada al borde de la calzada o pista.

- Cuneta medianera.- (Mediana hundida) Cuneta ubicada en la parte central de una carretera de dos vías (ida y venida), y cuyo nivel está por debajo del nivel de la superficie de rodadura de la carretera.

- Depósito de detención o retención (Ponding).- Tipo de estructura complementaria que tiene la función de detener o retener agua pluvial para retardar su ingreso a la infraestructura de drenaje pluvial, con el fin de no sobrecargarla.

- Depresión para drenaje. Concavidad revestida, dispuesta en el fondo de un conducto de agua pluvial, diseñada para concentrar e inducir el flujo hacia la entrada del sumidero.

- Dren o emisor principal.- Estructura que recoge toda el agua pluvial recolectada por los colectores, que termina en la estructura de evacuación y que desemboca en el río, mar u otra fuente natural. Se diferencia de los colectores, porque no recibe aportes a lo largo de su recorrido.

- Drenar.- Retirar del terreno el exceso de agua pluvial que no es utilizable.

- Duración de la lluvia.- Intervalo de tiempo que media entre el principio y el final de la lluvia.

- Eje.- Línea principal que señala el alineamiento de un conducto o canal.

- Entrada.- Estructura que capta o recoge el agua de escorrentía superficial de las cuencas.

- Escorrentía.- Es la parte de la precipitación que llega a discurrir a las corrientes superficiales, sean continuas o intermitentes de una cuenca.

- Estación de bombeo.- Estructura equipada que permite evacuar el agua pluvial del dren o emisor principal, las cuales no pueden ser eliminadas en forma libre o por gravedad debido a condiciones topográficas.

- Estructura de unión.- Estructura subterránea que conecta dos o más conductos.

- Estructuras complementarias.- Estructuras que bajo ciertas circunstancias y a partir de determinadas especificaciones técnicas definidas por la/el profesional responsable del proyecto, forman parte de la infraestructura de drenaje pluvial, a fin de coadyuvar a su óptimo funcionamiento. Entre ellas se encuentran:

a) Estructura de retención como por ejemplo, un embalse artificial con vegetación acuática para retener el agua pluvial por largos periodos o una zona recreativa de uso público para retener el agua pluvial por cortos periodos.
b) Estructura de infiltración como por ejemplo, una depresión en el terreno natural.
c) Estructura de filtración como por ejemplo, un pavimento permeable.
d) Estación de bombeo como por ejemplo, un equipo electromecánico que ayude a impulsar el agua pluvial hacia la salida del dren.

- Frecuencia de lluvias.- Número de veces que se repite una precipitación de intensidad dada en un periodo de tiempo determinado, es decir, la probabilidad de ocurrencia de una lluvia.

- Hidrograma unitario.- Método que permite calcular el hidrograma que resulta de una lluvia efectiva unitaria, de intensidad constante, distribución espacial homogénea y duración determinada.

- Hietograma.- Distribución temporal de la lluvia usualmente presentada en forma gráfica. En el eje de las abscisas se anota el tiempo y en el eje de las ordenadas la intensidad de la lluvia.

- Infraestructura de drenaje pluvial.- Infraestructura para la recolección, transporte, almacenamiento y evacuación del agua pluvial.

- Instalaciones para drenaje pluvial en edificaciones.- Red de la edificación que permite la recepción y evacuación del agua pluvial. Se compone de tuberías, aparatos, equipos y accesorios.

- Intensidad de precipitación.- Lámina de la precipitación pluvial (lluvia) en una superficie por unidad de tiempo. Generalmente, se expresa en milímetro por hora (mm/h).

- Lluvia.- Precipitación de partículas líquidas de agua.

- Lluvia efectiva.- Parte de la lluvia que escurre superficialmente. Es la cantidad de agua que queda de la lluvia luego de la infiltración, la evaporación, el almacenamiento superficial, entre otros posibles procesos del ciclo del agua.

- Mediana.- Porción central de una carretera de dos vías que permite su separación en dos pistas, una de ida y otra de venida.

- Montante de agua pluvial.- Tubería vertical por medio de la cual se evacúa el agua pluvial de los niveles superiores a inferiores.

- Nivel freático.- Nivel superior del agua subterránea en el momento de la exploración. El nivel se puede dar respecto a la superficie del terreno o a una cota de referencia.

- Pavimento.- Superficie uniforme de materiales compactos preparado para el tránsito de personas o vehículos.

- Pendiente longitudinal.- Inclinación que tiene el conducto con respecto a su eje longitudinal.

- Pendiente transversal.- Inclinación que tiene el conducto en un plano perpendicular a su eje longitudinal.

- Periodo de retorno.- Intervalo medio de recurrencia de un evento de igual o mayor magnitud.

- Precipitación.- Fenómeno atmosférico que consiste en el aporte de agua a la tierra en forma de lluvia, llovizna, nieve o granizo.

- Radier.- Disposición geométrica de formas, declives y niveles de fondo que impiden la obstrucción de las entradas y favorecen el ingreso del flujo de agua pluvial a la infraestructura de drenaje pluvial.

- Rasante.- Nivel del fondo terminado de un conducto de la infraestructura de drenaje.

- Registro.- Estructura que permite el acceso desde la superficie a un conducto subterráneo continuo con el objeto de inspeccionar, dar mantenimiento o repararlo.

- Rejilla.- Estructura con aberturas generalmente de tamaño uniforme utilizadas para retener sólidos que puedan causar obstrucción al pase del agua pluvial.

- Retención.- Almacenamiento temporal durante un periodo dado, usualmente prolongado.

- Revestimiento.- Recubrimiento de espesor variable que se coloca en la superficie interior de un conducto para resistir la acción abrasiva de los materiales sólidos arrastrados por el agua y/o neutralizar las acciones químicas de los ácidos y grasas que puedan contener los desechos acarreados por el agua.

- Sardinel.- Borde de la vereda.

- Sistema de subdrenaje.- Infraestructura que se utiliza para abatir el nivel de la napa freática.

- Solera.- Superficie del fondo en canales, cunetas y acequias.

- Subcolector.- Estructura que conduce el agua pluvial recolectada de áreas menores de aporte (calles y edificaciones), la cual puede ser de tipo abierto o cerrado.

- Sumidero.- Estructura destinada a la captación del agua pluvial, ubicada generalmente antes de las esquinas, con el objeto de interceptar el agua pluvial antes de la zona de tránsito de los peatones. Generalmente está conectada a los buzones de inspección.

- Tiempo de concentración.- Tiempo que demora una gota de lluvia desde el punto más alejado de la cuenca al punto de interés.

- Tubería ranurada.- Tubería con aberturas en la parte superior para permitir el ingreso del agua pluvial.

- Vereda.- Parte pavimentada de una vía asignada a la circulación de personas.

Artículo 5.- Consideraciones generales para el diseño de infraestructura de drenaje pluvial

5.1 El diseño de la infraestructura de drenaje pluvial para habilitaciones urbanas debe evitar inundaciones en el área de intervención, así como en las áreas colindantes ubicadas en cotas inferiores o aguas abajo por dichas precipitaciones pluviales de los centros poblados.

5.2 La/el profesional responsable del proyecto debe garantizar que:

5.2.1 El drenaje pluvial que va a aportar a la habilitación urbana, no supere la capacidad de la infraestructura de drenaje pluvial existente en las áreas colindantes hasta la salida del emisor principal; para ello, se puede utilizar unidades de detención o retención (ponding) u otro procedimiento debidamente sustentado.

5.2.2 La infraestructura de drenaje pluvial debe incluir soluciones técnicas destinadas a evitar que el agua pluvial a ser evacuada se mezcle con aguas residuales u otras fuentes contaminantes, con el fin de impedir riesgos en la salud de la población ubicada aguas abajo.

CAPÍTULO II

REQUISITOS BÁSICOS

Artículo 6.- Componentes de la infraestructura de drenaje pluvial
La infraestructura de drenaje pluvial se compone de:

a) Instalaciones de drenaje pluvial para edificaciones

b) Tubería de entrega

c) Cuneta
d) Vereda y pista

e) Sumidero

f) Subcolector y colector

g) Registro

h) Estructura de unión

i) Depresiones para drenaje pluvial

j) Tipos de evacuación y dren o emisor principal

k) Estructuras complementarias, de ser el caso.

Artículo 7.- Estudios previos para el proyecto de infraestructura de drenaje pluvial

7.1 Análisis concordado con el planeamiento urbano

7.1.1 El diseño del proyecto de infraestructura de drenaje pluvial debe ser realizado por la/el profesional responsable del proyecto, en concordancia con el Plan Integral de Drenaje Pluvial que forma parte del Plan de Desarrollo Urbano del gobierno local involucrado, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento del Decreto Legislativo Nº 1356, Decreto Legislativo que aprueba la Ley General de Drenaje Pluvial, aprobado por el Decreto Supremo Nº 016-2018-VIVIENDA.

7.1.2 Todo proyecto de infraestructura de drenaje pluvial debe contener un análisis en base al Plan de Desarrollo Urbano, a fin de identificar y determinar el proyecto en relación a la organización físico espacial de la habilitación urbana.

7.1.3 Se debe analizar los siguientes aspectos como mínimo:

a) Clasificación general de usos del suelo y zonificación de usos del suelo urbano

b) Habilitación Urbana

c) Vivienda y Rehabilitación Urbana

d) Sistema vial y de transporte

e) Evaluación de riesgo de desastres

f) Sectorización y equipamiento urbano

g) Servicios públicos

7.1.4 En caso el gobierno local no cuente con un Plan de Desarrollo Urbano, o este se encuentre desactualizado, la/el profesional responsable del proyecto debe sustentar técnicamente que las descargas del drenaje pluvial no van a afectar las edificaciones o infraestructuras existentes, ni van a llegar a una depresión sin posibilidad de drenaje, debiéndose determinar, en estos casos, la zona de descarga del agua pluvial recolectada.

7.2 Estudio topográfico

El proyecto debe presentar un estudio contando con los siguientes planos topográficos:

a) Plano de la zona del proyecto, a escala variable entre 1:500 a 1:1000 con curvas de nivel cada 1 m, 0,50 m o 0,25 m, según sea el caso.

b) Plano del área específica donde se proyecta la ubicación de estructuras especiales, a escala entre 1:500 a 1:250.

c) Plano del perfil longitudinal del eje de los colectores de transporte y evacuación. La relación de la escala horizontal a la escala vertical de este esquema es de 1:10.

d) Se debe contar con información cartográfica del Instituto Geográfico Nacional para la elaboración de planos a mayor escala de zonas urbano - rurales.

e) Planos de las secciones de ejes de los colectores a cada 25 m a una escala no mayor de 1:100.

f) Debe obtenerse los datos aerofotográficos, imágenes de satélite y/o información similar sobre la población que se estudie, así como de la cuenca hidrográfica (ríos, quebradas, entre otros), que se afecta.

7.3 Estudio de hidrología
El proyecto debe presentar un estudio sobre los aspectos hidrológicos, cumpliendo las indicaciones, procedimientos y criterios contenidos en el Anexo I: Hidrología de la presente norma técnica.

7.4 Estudio de suelos
El proyecto debe contener como mínimo lo siguiente:

7.4.1 Presentar un estudio de suelos, a fin de precisar las características del terreno, realizando calicatas a lo largo del eje de los conductos de drenaje, a criterio del/la proyectista en función del suelo.

7.4.2 En el trazo de los canales o colectores principales, se debe realizar calicatas cada 100 m. No obstante, se debe efectuar calicatas a menor espaciamiento cuando las condiciones y restricciones del proyecto lo requieran, especialmente cuando exista presencia del nivel freático.

7.4.3 Adjuntar el informe del estudio de suelos, que debe contener como mínimo:

a) Información previa: Antecedentes de la calidad del suelo.

b) Exploración de campo: Descripción de los ensayos efectuados.

c) Ensayos de laboratorio, conforme a la normativa sectorial aplicable.

d) Perfil del suelo: Descripción, de acuerdo al detalle indicado en las normas técnicas: E.050 Suelos y Cimentaciones, y CE.020 Suelos y Taludes del Reglamento Nacional de Edificaciones, de los diferentes estratos que constituyen el terreno analizado.

e) Profundidad del nivel freático

f) Análisis físico - químico del suelo, conforme a la normativa sectorial aplicable.

7.5 Estudio de hidráulica
El proyecto debe presentar un estudio de hidráulica considerando las indicaciones, procedimientos y criterios contenidos en el Anexo II: Hidráulica de la presente norma técnica.

7.6 Estudio de impacto ambiental
El proyecto debe contener la certificación ambiental que corresponda de acuerdo con la normativa de la materia.

7.7 Compatibilidad de sistemas de los servicios públicos

7.7.1 Se debe contar con el inventario y ubicación de las redes de servicio público que se encuentran en el área del proyecto de infraestructura en drenaje pluvial, a fin de evitar interferencias y asegurar la compatibilidad de usos.

7.7.2 Se debe contar con la siguiente información mínima en planos (digital e impreso):

a) Red vial

b) Redes de agua de consumo humano y redes de agua residual doméstica.

c) Redes de energía eléctrica

7.7.3 Se debe incorporar los siguientes planos (digital e impreso), según corresponda:

a) Redes de telecomunicaciones (aéreas y/o subterráneas)

b) Redes de gas

c) Proyectos de mejoramiento de la carpeta asfáltica y/o concreto y/o futuros proyectos a realizarse.

Artículo 8.- Responsabilidad del proyecto
La/el responsable del diseño de infraestructura de drenaje pluvial, debe ser profesional en ingeniería, colegiado, habilitado y con experiencia acreditada en la materia.

Artículo 9.- Compatibilidad con el drenaje de nivel freático alto
En las zonas en las que el proyecto se encuentre con nivel freático alto, la infraestructura de drenaje pluvial debe ser compatible con el sistema de sub drenaje existente o previsto.

Artículo 10.- Materiales
En todo lo no indicado de manera expresa en la presente norma técnica, los estándares técnicos sobre materiales deben basarse, en primer orden, en la edición vigente de una Norma Técnica Peruana (NTP) y en reglamentos técnicos emitidos por las autoridades competentes. En caso de no existir, se deben aplicar supletoriamente las normas en el orden siguiente: Las normas internacionales de IEC o ISO; las normas regionales (Unión Europea, COPANT, Mercosur o equivalente); las normas nacionales (IRAM, NBR, NCh, entre otros); y las normas de instituciones o asociaciones reconocidas a nivel internacional, en su edición más reciente.

CAPÍTULO III

LINEAMIENTOS TÉCNICOS PARA EL DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA DE DRENAJE PLUVIAL

Artículo 11.- Consideraciones del caudal de diseño

11.1 Para fines de diseño, el periodo de retorno se escoge según el tipo de obra o proyecto, así como la experiencia y criterio de quien diseña.

11.2 Los caudales de diseño de la infraestructura para drenar la escorrentía de precipitaciones de moderada frecuencia, es decir, periodos de retorno de 2, 5, 10 o menor a 25 años, con el fin de prevenir la inundación de edificaciones, carreteras y áreas colindantes, son calculados a través de los siguientes métodos: (Ver Anexo I Hidrología, numeral 1.2 Caudal de diseño)

a) Método racional, si el área de la cuenca es igual o menor que 3 km^2.

b) Método del hidrograma unitario o modelos de simulación, si el área de la cuenca es mayor que 3 km^2.

11.3 Los caudales de diseño de la infraestructura para drenar la escorrentía de precipitaciones de baja frecuencia, es decir periodo de retorno igual o mayor a 25 años, son calculados a través de los siguientes métodos: (Ver Anexo I Hidrología, numeral 1.2 Caudal de diseño)

a) Métodos basados en el hidrograma unitario o modelos de simulación.

b) Método racional, sólo se aplica para cuenca igual o menor que 3 km^2.

11.4 El caudal que no es conducido en colectores, discurre por los canales naturales o artificiales (diseñados o no para el drenaje pluvial), veredas, pistas, superficie del terreno u otros.

11.5 Para la determinación del caudal de diseño se toma en cuenta la información obtenida de curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF), que genera y aprueba el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) para todo el territorio nacional, en el marco de sus competencias; la cual es puesta a libre disposición.

Artículo 12.- Instalaciones de drenaje pluvial para edificaciones

12.1 Se debe tener en cuenta la inclinación del techo para evacuar rápidamente las aguas pluviales hacia los demás componentes del sistema de drenaje, pudiéndose optar por las siguientes pendientes mínimas: 12% en zonas de climas áridos, 30% en zonas lluviosas y 45% en zonas muy lluviosas, según la información climática señalada por el SENAMHI.

12.2 Se debe utilizar canaletas en los techos y montantes, a fin que el drenaje pluvial sea conducido a la red.

12.3 Las canaletas y montantes deben estar adecuadamente fijadas en la estructura para evitar desprendimientos por el peso del agua, los vientos, entre otros.

12.4 Las canaletas deben ser calculadas para un eficaz discurrimiento del agua pluvial considerando una pendiente mínima de 1% y un diámetro mínimo de 0,10 m.

12.5 Los diámetros de las montantes deben ser calculados cumpliendo un mínimo de 0,05 m.

12.6 Se debe cumplir los demás lineamientos técnicos para el drenaje pluvial en edificaciones, establecidos en la Norma Técnica A.010 Condiciones Generales de Diseño del Reglamento Nacional de Edificaciones.

12.7 La/el profesional responsable del proyecto debe sustentar otras soluciones para garantizar la seguridad de la edificación y las edificaciones que se encuentren colindantes y alrededor de la misma, a fin de salvaguardar la integridad de la población.

Artículo 13.- Tubería de entrega

13.1 En caso las instalaciones de drenaje pluvial en edificaciones se deban conectar a la infraestructura de drenaje pluvial de una habilitación urbana, se debe incluir una tubería de entrega para este fin, con el propósito que el agua pluvial sea dirigida a la cuneta sin deteriorar las veredas. Se debe evitar la descarga como chorro libre desde los techos a la vía pública.

13.2 La tubería de entrega debe ubicarse hacia el nivel superior de la vereda y debe tener un diámetro mínimo de 0,10 m.

13.3 La/el profesional responsable del proyecto debe considerar la mejor ubicación de la tubería de entrega para que durante su uso, no obstruya la boca de salida que da hacia las cunetas.

Artículo 14.- Cuneta

14.1 El discurrimiento del agua pluvial que cae directa o indirectamente sobre las veredas y pistas, así como las provenientes de las instalaciones de drenaje pluvial de edificaciones, deben orientarse hacia las cunetas, las cuales deben conducir el flujo hacia las zonas bajas en las que los sumideros captan el agua pluvial para conducirla en dirección a las alcantarillas pluviales del centro poblado.

14.2 La cuneta construida para la captación y transporte de agua pluvial presentada en el Anexo II: Hidráulica, puede tener las siguientes secciones transversales mínimas:

a) Sección semicircular

b) Sección triangular

c) Sección rectangular

d) Sección trapezoidal

e) Sección compuesta.

f) Sección en V.

14.3 Para calcular la capacidad de la cuneta debe considerarse la sección transversal, pendiente y rugosidad del material, entre otras, con las que se construyan.

14.4 La capacidad de conducción se determina mediante las fórmulas de la hidráulica, como Manning (Ver –como referencia– coeficientes de rugosidad de Manning y nomograma para la solución de la fórmula de Manning, en el Anexo II: Hidráulica).

14.5 La sección transversal de la cuneta debe tener una forma de triángulo rectángulo con el sardinel formando el lado vertical del triángulo. La hipotenusa puede ser parte de la pendiente recta desde la corona del pavimento y puede ser compuesta por dos líneas rectas.

14.6 La Figura 2 del Anexo II: Hidráulica, muestra las características de tres tipos de cunetas de sección triangular y las ecuaciones que definen el caudal de agua pluvial que por ellas discurre, utilizando la ecuación de Manning. Para valores de rugosidad (Ver Anexo II Hidráulica, Tabla 1: n de Manning para cunetas de calles y calzadas).

14.7 Para la evacuación del agua pluvial de las cunetas se deben colocar entradas o sumideros de acuerdo a las pendientes de las cunetas y condiciones de flujo.

Artículo 15.- Vereda y pista
Para la evacuación del agua pluvial que cae directamente sobre las veredas y pistas, así como las que llegan provenientes de las edificaciones u otras estructuras se debe considerar:

15.1 Orientación del flujo: En el diseño de pistas se prevén pendientes longitudinales (S_l) y transversales (S_t) a fin de facilitar la concentración del agua pluvial que incide sobre el pavimento hacia los extremos o bordes de la pista o calzada.

15.2 Las pendientes mínimas desde el punto de vista del drenaje para las regiones geográficas de la costa, sierra y selva son:

Tabla N° 1: Pendientes mínimas para la calzada o pista

Regiones geográficas	Pendiente longitudinal	Pendiente transversal en la pista o calzada	Pendiente transversal en la berma
Costa	$S_l \geq 0{,}5\%$	$S_t \geq 2\%$	$S_t \geq 2{,}5\%$
Sierra	$S_l \geq 0{,}5\%$	$S_t \geq 2{,}5\%$	$S_t \geq 3\%$
Selva	$S_l \geq 0{,}5\%$ (selva baja) $S_l \geq 1\%$ (selva alta)	$S_t \geq 3\%$	$S_t \geq 3{,}5\%$

15.3 Las pendientes de la vía urbana deben ser determinadas por la/el profesional responsable del proyecto; como referencia se incluye la Tabla N° 1 Pendientes mínimas para la calzada o pista, dentro del numeral 15.2 de la presente norma técnica.

15.4 El ancho de la superficie del agua pluvial sobre la pista debe ser:

a) En vías principales de alto tránsito: Igual al ancho de la berma.

b) En vías secundarias de bajo tránsito: Igual a la mitad de la pista o calzada.
(Ver Anexo II Hidráulica, Figura 1 Zonas y subzonas pluviométricas y Figura 2 Fórmulas de caudal en cunetas triangulares, aplicando Manning.)

Artículo 16.- Sumidero

16.1 La elección del tipo de sumidero depende de las condiciones hidráulicas, económicas y de ubicación. Se tiene cuatro tipos, cada uno con las siguientes variaciones: (Ver Anexo II: Hidráulica, Figura 3 Tipos de sumidero.)

16.1.1 Sumideros laterales en sardinel o solera.- Consiste en una abertura vertical del sardinel a través de la cual pasa el flujo de las cunetas al alcantarillado pluvial, por lo que su utilización se limita a aquellos tramos donde se tenga pendientes longitudinales menores que 3%. (Ver Anexo II: Hidráulica, Figura 4 Plano de ingreso en el sumidero de solera.)

16.1.2 Sumideros de fondo.- Consiste en una abertura en la cuneta cubierta por uno o más sumideros, los que deben cumplir con las siguientes características:

a) Se utilizan cuando las pendientes longitudinales de las cunetas sean mayores que 3%.

b) Las rejillas para este tipo de sumideros deben ser barras paralelas a la cuneta. Se pueden agregar barras cruzadas por razones estructurales, pero deben mantenerse en una posición cercana al fondo de las barras longitudinales.

c) Los sumideros de fondo pueden tener una depresión para aumentar su capacidad de captación.

16.1.3 Sumideros mixtos o combinados.- Consisten en un sumidero lateral de sardinel y un sumidero de fondo actuando como una unidad, siendo el diámetro mínimo de los tubos de descarga al buzón de reunión de 250 mm.

16.1.4 Sumideros de rejilla en pista o calzada.- Consisten en una canalización transversal a la pista o calzada y a todo lo ancho, cubierta con rejillas.

16.2 Se utilizan los siguientes sumideros, según el tipo de empalme:

Tabla N° 2: Sumideros según tipo de empalme

Tipo de empalme	Sumideros	Anexo II: Hidráulica
Tipo S1	Tipo grande conectado a la cámara. Corresponde a sumideros del tipo mixto	Ver Figura 5
Tipo S2	Tipo grande conectado a la tubería. Corresponde a sumideros del tipo mixto	Ver Figura 6
Tipo S3	Tipo chico conectado a la cámara	Ver Figura 7
Tipo S4	Tipo chico conectado a la tubería	Ver Figura 8

16.3 Los sumideros de Tipo S3 y S4 se utilizan únicamente en los casos siguientes:

a) Cuando el sumidero se ubica al centro de las avenidas de doble pista o calzada.

b) Cuando se conectan en serie con Tipo grande S1 o S2.

c) Para evacuar el agua pluvial proveniente de las calles ciegas, según especificación del/ de la profesional responsable del proyecto.

16.4 En caso de situaciones que requieren un tratamiento distinto, se diseñan sumideros especiales.

16.5 La ubicación de los sumideros depende del caudal, pendiente, posición y geometría de los enlaces y las intersecciones, ancho de flujo permisible, capacidad del sumidero, volumen de sólidos, acceso vehicular y de peatones.

16.6 En general, los sumideros se ponen en los puntos bajos, por lo que su ubicación normal está en las esquinas de cruce de las calles, y se adecuan para no entorpecer el tránsito de peatones y vehículos (Ver Anexo II: Hidráulica, Figura 3 Tipos de sumidero).

16.7 Cuando la distancia entre las esquinas de una vía tiene una longitud mayor que 100 m, se colocan sumideros intermedios.

16.8 Cuando el flujo de la cuneta es pequeño y el tránsito de peatones y de vehículos es de poca consideración, la corriente se conduce a través de la intersección mediante una cuneta, hasta un sumidero ubicado aguas abajo del cruce.

16.9 La/el profesional responsable del proyecto debe sustentar la ubicación de los sumideros, con relación a las alcantarillas y conductos de la infraestructura de drenaje pluvial.

16.10 El espaciamiento entre sumideros se determina utilizando los mismos factores indicados para su ubicación.

16.11 Para determinar el espaciamiento de los sumideros ubicados en la cuneta medianera, se analiza la permeabilidad del suelo y/o su erosionabilidad.

16.12 Cuando las condiciones determinen la necesidad de una instalación múltiple o en serie, el espaciamiento mínimo entre sumideros debe ser de 6 m.

16.13 Para el diseño hidráulico de los sumideros, se tiene en cuenta las siguientes variables:

a) Pendientes a lo largo del perfil longitudinal de las cunetas

b) Pendiente transversal de cunetas con solera

c) Depresiones locales

d) Retención de sólidos

e) Altura de diseño de la superficie de agua dentro del sumidero

f) Pendiente de los sumideros

g) Coeficiente de rugosidad de la superficie de la cuneta

16.14 Las rejillas se clasifican según dos aspectos: (Ver formas referenciales en el Anexo II: Hidráulica, Figura 9 Rejillas para sumideros, Figura 10 Rejillas rectangulares, Figura 11 Rejilla circular, y Figura 12 Rejilla cuadrada.)

16.14.1 Por el material que están hechas son de:

a) Fierro fundido

b) Fierro laminado

c) Polímeros

d) Otros sustentados por la/el profesional responsable del proyecto

16.14.2 Por su posición en relación al sentido principal del flujo son:

a) De rejilla horizontal

b) De rejilla vertical

c) De rejilla horizontal y vertical

16.15 Las rejillas se adaptan a la geometría y son de sección rectangular, cuadrada y circular.

16.16 Generalmente se adoptan las rejillas de geometría rectangular; siendo por proceso de fabricación industrial, las que se fabrican en dimensiones de 60 mm x 100 mm y 45 mm x 100 mm.

16.17 La separación de las barras en las rejillas es usualmente de 20 mm, 35 mm y 50 mm, dependiendo si los sumideros se van a utilizar en zonas urbanas o en carreteras.

Artículo 17.- Subcolector y colector

17.1 El drenaje de agua pluvial está conformado por un conjunto de subcolectores y colectores necesarios para evacuar la escorrentía superficial producida por las lluvias a una unidad de tratamiento o a un curso natural de agua.

17.2 Los colectores deben aumentar su sección a medida que aumenta el área de drenaje y en base al cálculo del proyectista.

17.3 Para el diseño de los colectores pluviales, se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

17.3.1 Con respecto a la ubicación, se evita la instalación de colectores debajo de la pista o calzada y berma, de no ser posible, se considera la instalación de registros provistos de accesos ubicados fuera de los límites determinados por las bermas.

17.3.2 En el caso de tubería de sección circular, el diámetro mínimo es de 0,45 m.

1.3.3 Con respecto a la resistencia, la tubería de los colectores de agua pluvial debe cumplir con lo establecido en el artículo 10 de la presente norma técnica.

17.3.4 El profesional responsable del proyecto debe sustentar la selección del tipo y material de la tubería, de acuerdo a lo indicado en el artículo 10 de la presente norma técnica pudiéndose optar por los siguientes:

a) Arcilla vitrificada
b) Concreto armado centrifugado
c) Concreto armado vibrado con recubrimiento interior de polietileno o de policloruro de vinilo (*PVC*, por sus siglas en inglés)
d) Concreto pretensado centrifugado
e) Hierro fundido dúctil
f) PVC
g) Poliéster reforzado con fibra de vidrio (*GRP*, por sus siglas en inglés)
h) Polietileno de alta densidad (*HDPE*, por sus siglas en inglés)

17.4 Con respecto a la instalación, la profundidad mínima a la clave de la tubería desde la rasante de la pista o calzada debe ser de 1 m o la profundidad mínima necesaria para resistir las cargas vivas y evitar roturas, así como observar los lineamientos establecidos en el literal c) Profundidad “p” mínima a alcanzar en cada punto de exploración del subnumeral 15.3.2, numeral 15.3 Programa Mínimo - PM del artículo 15 Programa de exploración de campo y ensayos de laboratorio, de la Norma Técnica E.050 Suelos y Cimentaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones. En caso se defina profundidades menores, estas son sustentadas técnicamente.

17.5 Sobre el diseño hidráulico de los subcolectores y colectores de agua pluvial, se utilizan los criterios de diseño de conductos cerrados operando como canal abierto.

17.6 El tamaño del conducto es definido con el caudal de diseño, de forma que:

17.6.1 En sección circular, el tirante es menor que 80% del diámetro, para tener un margen de seguridad en el caso de presencia de obstrucciones o de un caudal captado que es mayor que el de diseño.
17.6.2 En caso de sección no circular, el tirante máximo es igual que 80% de la dimensión vertical del conducto, para tener un diseño conservador respecto a la capacidad del conducto.

17.7 Con respecto a la velocidad mínima, esta es igual que 0,90 m/s en condición del caudal de diseño, para evitar la sedimentación de las partículas como las arenas y gravas que acarrea el agua pluvial. En el caso de no cumplir esta condición, la/el profesional responsable lo justifica.

17.8 La velocidad máxima en los subcolectores y colectores está en función del material de la tubería. La/el profesional responsable del proyecto debe definir la velocidad máxima de diseño, que evite la erosión de las paredes de la tubería.

17.9 La/el profesional responsable del proyecto debe definir la pendiente mínima de diseño, que corresponda a una velocidad mínima que garantice su auto limpieza

Artículo 18.- Registro

18.1 El registro instalado debe tener la capacidad suficiente para permitir el acceso de una persona y la instalación de un dispositivo de limpieza. El diámetro mínimo de un registro para colectores es de 1,20 m.

18.2 No es necesario instalar un registro, si el conducto tiene dimensiones suficientes para el desplazamiento de una persona, en este caso, aplican los criterios de espaciamiento.

18.3 El registro debe ubicarse fuera de la pista o calzada, excepto cuando se instalen en caminos de servicio o en calles, en este caso se evita ubicarlos en las intersecciones.

18.4 El registro debe estar ubicado en:

a) Convergencia de dos o más drenes.
b) Puntos intermedios de tubería muy larga (Ver el numeral 18.5).
c) En zonas donde se presente cambios de diámetro de los conductos.
d) En curvas o deflexiones de alineamiento, no siendo necesario colocar registros en cada curva o deflexión.
e) En puntos donde se produce una brusca disminución de la pendiente.

18.5 El espaciamiento se determina de la siguiente manera:

a) Para tubería de diámetro igual o mayor que 1,20 m, o conductos de sección transversal equivalente, el espaciamiento de los registros debe ser de 200 a 350 m.
b) Para diámetros menores que 1,20 m, el espaciamiento de los registros debe ser de 100 a 200 m.
c) En el caso de conductos pequeños, cuando no sea posible lograr velocidades de auto limpieza, se coloca registros cada 100 m.
d) Con velocidades de auto limpieza y alineamiento desprovisto de curvas agudas, la distancia entre registros corresponde al rango mayor de los límites mencionados en los párrafos anteriores.

18.6 En el caso de buzones se debe cumplir con lo siguiente:

a) Para colectores de diámetro menor que 1,20 m, el buzón de acceso está centrado sobre el eje longitudinal del colector.
b) Cuando el diámetro del conducto es mayor que el diámetro del buzón, éste se desplaza hasta ser tangente a uno de los lados del tubo para mejor ubicación de la escalera de registro.
c) En colectores de diámetro mayor que 1,20 m, con llegadas laterales por ambos lados del registro, el desplazamiento se efectúa hacia el lado del lateral menor.
d) Es construido en mampostería o con elementos de concreto, prefabricados o vaciados en el sitio. Puede tener recubrimiento de material plástico o no.
e) Su separación está en función del diámetro de los conductos, y tiene la finalidad de facilitar las labores de inspección, limpieza y mantenimiento general de la tubería, así como, proveer una adecuada ventilación. En la superficie tiene una tapa de 60 cm de diámetro con orificios de ventilación.

18.7 La disposición de los subcolectores debe cumplir con lo siguiente:

a) Los laterales que llegan a un punto convergen formando un ángulo favorable con la dirección del flujo principal.
b) Si la conservación de la carga es crítica, se proveen canales de encauzamiento en el *radier* de la cámara.

Artículo 19.- Estructura de unión

19.1 Se debe utilizar sólo cuando la sección de los conductos sea mayor que 1 m.

19.2 Se debe diseñar para prevenir la turbulencia en el discurrimiento del agua pluvial.

Artículo 20.- Depresiones para drenaje pluvial

Los aspectos mínimos que se deben cumplir son los siguientes:

20.1 Geometría

20.1.1 La longitud de la depresión para el drenaje, en el sentido del flujo, no es menor que 1,50 m y por ningún motivo se invade el área de la berma.

20.1.2 En conductos con pendiente igual o mayor que 2%, la profundidad de la depresión es de 15 cm y se reduce a 10 cm cuando la pendiente es menor que 2%.

20.2 Ensanches de la cuneta

20.2.1 Los ensanches pavimentados de la cuneta unen el borde exterior de la berma con las bocas de entrada del sumidero.

20.2.2 Estas depresiones permiten el desarrollo para una plena capacidad de admisión en la entrada, evitando una inundación excesiva de la pista o calzada. (Ver Anexo II: Hidráulica, Figura 4 Plano de ingreso en el sumidero de solera.)

20.2.3 La línea de flujo en la entrada se deprime como mínimo en 15 cm bajo el nivel de la vereda, cuidando de no introducir modificaciones que pudieran implicar una depresión en la vereda.

20.2.4 El ensanchamiento es de 3 m de longitud medido aguas arriba de la bajada de aguas, a excepción de zonas de pendiente fuerte en las que se puede exceder este valor.

20.3 En cunetas y canales laterales

20.3.1 Cualquiera que sea el tipo de entrada, los sumideros de tubo instalados en una cuneta o canal exterior a la pista o calzada, tienen una abertura de entrada ubicada de 10 cm a 15 cm bajo la línea de flujo del cauce afluente, y la transición pavimentada del mismo se extiende en una longitud de 1 m aguas arriba de la entrada.

20.4 En cunetas con solera

20.4.1 Son dimensionadas en su longitud, ancho, profundidad y forma, teniendo en cuenta el entorno en el que van a ser ubicadas para no afectar el tránsito vehicular ni peatonal.

20.4.2 Se construyen de concreto u otro material resistente a la abrasión de acuerdo a las especificaciones del pavimento de la pista o calzada.

20.5 Revestimiento

20.5.1 No se dejan zonas sin revestir. En caso que las depresiones dejen zonas adyacentes a la pista o calzada sin revestimiento, estas se revisten, pudiendo ser con pavimento asfáltico de 5 cm de espesor o con revestimiento de piedras unidas con mortero de 10 cm de espesor, u otros que la/el proyectista haya justificado con una resistencia, durabilidad y permeabilidad igual o mayor al pavimento asfáltico.

20.6 Detalle del diseño

20.6.1 Salvo por razones de seguridad de tráfico debidamente justificadas por el/la proyectista, todo sumidero debe estar provisto de una depresión en la entrada, aun cuando el canal afluente no esté pavimentado.

20.6.2 Si el tamaño de la abertura de entrada está en discusión, se opta por una depresión de mayor profundidad antes que incrementar la sección de la abertura.

20.6.3 El diseño de tubería ranurada sustenta los criterios de cálculo adoptados.

Artículo 21.- Tipos de evacuación y dren o emisor principal

21.1 De acuerdo a su área de influencia, la infraestructura de drenaje pluvial debe conducir el agua pluvial por acción de la gravedad, hacia la parte más baja de la habilitación urbana en dirección a vías urbanas de mayor capacidad, con la finalidad que el agua pluvial recolectada sea evacuada al mar, río o lago, mediante un emisor o dren principal.

21.2 Existen tres tipos de evacuación a través del emisor o dren principal:

21.2.1 Evacuación por gravedad

a) En caso de descarga al mar, el nivel de agua en el emisor principal o conducto de descarga debe tener como mínimo 1,50 m sobre el nivel medio del mar.
b) En el caso de descarga a un río o lago, el nivel de agua en el conducto de descarga libre debe tener como mínimo 1 m sobre el nivel de agua esperado para un periodo de retorno de 50 años u otro nivel máximo esperado, para evitar la obstrucción y destrucción de la infraestructura de drenaje pluvial.
c) Debe descargar libremente, con el nivel de agua en el conducto de descarga hasta 1 m sobre los niveles máximos esperados, para evitar la obstrucción y destrucción de la infraestructura de drenaje pluvial.
d) En conductos que descargan a cuerpos de agua sujetos a considerables fluctuaciones de nivel, tal como la descarga en el mar por las mareas, es necesario prevenir que ingresen al alcantarillado pluvial, utilizando válvulas de retención.

21.2.2 Evacuación por bombeo

a) Cuando no es posible la evacuación por gravedad, se puede considerar la alternativa de evacuación mediante el uso de un equipo de bombas movibles o fijas (estación de bombeo).
b) Como en la evacuación del agua pluvial la exigencia tiene grandes caudales y relativamente cargas bajas, las bombas de flujo axial y gran diámetro pueden ser las más adecuadas para esta acción.
c) En caso de colocarse instalaciones electromecánicas para bombeo, se deben prever otras fuentes de energía para su funcionamiento.

21.2.3 Evacuación mixta

Cuando existan limitaciones para aplicar los criterios indicados en los subnumerales 21.2.1 y 21.2.2 del presente artículo, es posible prever condiciones de evacuación mixta, es decir, se puede evacuar por gravedad cuando la condición del nivel de agua del receptor lo permita; caso contrario, la válvula de retención del conducto se activa y se inicia la evacuación mediante equipos de bombeo.

Artículo 22.- Lineamientos específicos de diseño

22.1 La capacidad de conducción se debe determinar, utilizando la fórmula de Manning (ver -como referencia- coeficientes de rugosidad de Manning y para la solución de la fórmula de Manning, en el Anexo II: Hidráulica). La/el profesional responsable del proyecto, puede utilizar otros procedimientos de cálculo, siempre que cumplan de forma supletoria con la normativa internacional, regional, nacional y las normas de instituciones reconocidas a nivel internacional.

22.2 Para reducir el caudal pico en las vías, en caso de valores no adecuados, se debe aplicar el criterio de control de la descarga mediante el uso de las unidades de detención o retención (*ponding*).

22.3 Las unidades de detención o retención son reservorios con estructuras de descarga libre o regulada, que acumulan el volumen de agua reduciendo el caudal pico que la infraestructura de drenaje existente no puede evacuar sin causar daños.

22.4 El volumen para almacenar y el caudal pico atenuado se calculan mediante el tránsito de avenidas en reservorios.

ANEXOS

ANEXO I: HIDROLOGÍA

1. ALCANCE

PRECIPITACIÓN DE DISEÑO

1.1.1 Precipitación en un punto
La precipitación de diseño se obtiene del análisis de frecuencia de valores extremos del registro histórico de precipitación en dicho punto. Para ello, dado la duración, de cada año del registro histórico se halla la máxima profundidad de precipitación de tal duración.

A cada serie de determinada duración, se aplica el análisis de frecuencia de valores extremos a fin de hallar la precipitación de diseño para diferentes periodos de retorno.

1.1.2 Intensidad de precipitación
La intensidad de precipitación está definida por:

$$i_{(t,T)} = \frac{P_{(t,T)}}{t}$$

Donde:

$i_{(t, T)}$: Intensidad de la precipitación, de duración t y periodo de retorno T

$P_{(t, T)}$: Profundidad de precipitación

1.1.3 Curvas intensidad-duración-frecuencia (IDF)
Las curvas IDF son una familia de curvas definida gráficamente o por medio de fórmulas que relacionan la intensidad de precipitaciones con la duración y frecuencia (inversa del periodo de retorno), para un sitio o para una región, determinadas por análisis estadísticos y ajustes de curvas.

Si el sitio de interés se encuentra en el área de influencia de un pluviógrafo, se deben utilizar directamente las curvas IDF del mismo. En su defecto, se deben utilizar las curvas IDF generadas a nivel territorial en base al registro nacional de datos meteorológicos proveídas por el SENAMHI.

Si no se dispone de información de pluviógrafos, sino de valores de máxima precipitación diaria (24 horas), se determina precipitaciones con una duración menor a 24 horas y respectivas intensidades en función de la máxima precipitación diaria aplicando patrones de distribución de precipitación en el tiempo, ecuaciones de intensidad de precipitación (curvas IDF), por ejemplo, Dyck y Peschke, Bell, entre otros.

Así también, para determinar la intensidad de la precipitación de diseño, para duración y periodo de retorno seleccionado, es posible utilizar las curvas IDF del "Estudio de la hidrología del Perú" (IILA-SENAMHI-UNI, 1983), y la siguiente expresión deducida de las mismas:

$$i_{t,T} = \frac{P_{24,T}}{t_g} \cdot \left(\frac{t + b}{t_g + b} \right)^{n-1} \quad \text{, para:} \quad t \leq t_g$$

Donde:

$P_{24,T}$: Precipitación máxima en 24 horas para T años de periodo de retorno, estimado para el sitio.

t: Duración en horas.

t_g: Duración con la cual se iguala la precipitación de 24 horas, en promedio 15,2 horas para el Perú.

b y n: Parámetros de tiempo y de duración, respectivamente.

1.1.4 Hietograma de diseño
a) En sitios de interés en los que no se disponga de información sobre la distribución de la precipitación en el tiempo, de ser requerido, se puede asumir patrones de distribución en el tiempo para fines del diseño. Por ejemplo, es posible obtener el hietograma de diseño asumiéndolo de forma triangular, o mediante el método del bloque alternante, entre otros métodos.

b) El hietograma de diseño de forma triangular queda definido dada la precipitación de diseño P y la duración T_d, que es la base del triángulo, mientras que la altura h del triángulo se expresa mediante:

$$h = \frac{2 \cdot P}{T_d}$$

c) El tiempo hasta alcanzar el valor pico es t_a, el tiempo de recesión t_b, y el coeficiente de avance de la tormenta r igual que la razón de t_a y T_d:

$$r = \frac{t_a}{T_d}$$

$$t_b = T_d - t_a = (1 - r) \cdot T_d$$

Donde r puede estimarse de las tormentas de estaciones pluviográficas cercanas o tomarse igual a 0,6 dentro de un criterio conservador.

d) Mediante el método del bloque alternante es posible obtener el hietograma de diseño utilizando una curva IDF, asumiendo que la precipitación P de duración T_d ocurre en n intervalos de duración Δt, tal que se cumpla:

$$T_d = n \cdot \Delta t$$

Luego de haber asumido el periodo de retorno para el diseño, la intensidad de precipitación para los intervalos de duración Δt, 2Δt, 3Δt,..., n·Δt se lee de la curva IDF de igual periodo de retorno, para luego hallar la profundidad de precipitación de cada intervalo multiplicando intensidad por duración de intervalo. Por diferencia, se halla la profundidad de precipitación para intervalos de duración Δt. Finalmente, el hietograma de diseño se obtiene de reordenar los n bloques de duración Δt, tal que el bloque de mayor profundidad de precipitación ocurra en el centro de la duración T_d, mientras que los bloques restantes son arreglados de manera alternante en orden descendente hacia la derecha y la izquierda del bloque central.

1.2 CAUDAL DE DISEÑO

a) El caudal de diseño puede ser obtenido mediante el método racional, el hidrograma unitario u otros procedimientos de hidrología urbana, por ejemplo, modelos de simulación hidrológica (simulación de eventos y simulación continua).

b) El método racional puede ser empleado para pequeñas áreas de drenaje.

c) El hidrograma unitario, deducido o sintético (hidrograma adimensional de SCS, hidrograma de Snyder, entre otros), puede ser empleado para áreas de drenaje mayores que 0,5 km².

d) Para la determinación de la intensidad de lluvias requerida para el cálculo del caudal de diseño se debe usar la información de curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) correspondiente, generada por el SENAMHI. Solo en aquellos casos que no se cuente con esta información, se utiliza la fórmula IILA SENAMHI UNI MODIFICADA indicada en el numeral 1.3, presentada en este mismo anexo.

1.2.1 Método racional
Para áreas urbanas, el área de drenaje puede estar compuesta de sub áreas o subcuencas de diferentes características superficiales, entonces el caudal pico puede ser calculado mediante la siguiente forma de la fórmula racional:

$$Q = 0,278 \cdot i \cdot \sum_{j=1}^{m} C_j \cdot A_j$$

Donde:

Q : Caudal pico en m³/s

i : Intensidad de la lluvia en mm/hora

A_j : Área de drenaje de la j-ésima subcuenca en km²

C_j : Coeficiente de escorrentía para la j-ésima subcuenca

m : Número de subcuencas drenadas por alcantarillas o canales.

1.2.2 Coeficiente de escorrentía
La selección del valor del coeficiente de escorrentía requiere buen criterio y gran experiencia.

Para la selección, el diseñador considera los siguientes aspectos: Grado de impermeabilización y pendiente de la superficie, características y condiciones del suelo (capacidad de infiltración, condiciones antecedentes de humedad, entre otros); además, puede considerar la intensidad de la precipitación, la proximidad del nivel freático, el almacenamiento por depresiones del terreno, etc.

Las tablas 1.a, 1.b y 1.c del presente anexo pueden ser usadas para la selección de los coeficientes de escorrentía.

1.2.3 Intensidad de la lluvia

La intensidad de la lluvia es la intensidad promedio para un área de drenaje en particular, cuya selección se basa en la duración de la precipitación de diseño, que es igual que el tiempo de concentración para el área de drenaje en consideración, y del periodo de retorno, que es igual a aquel de la obra de drenaje pluvial que se diseña.

El tiempo de concentración (t_c) equivale a la suma del tiempo de ingreso (t_0), desde el punto más alejado en la cuenca hasta el ingreso a una alcantarilla o a un canal, y del tiempo de flujo (t_f), tiempo dentro de una alcantarilla, un canal o más componentes de la infraestructura:

$$t_c = t_0 + t_f$$

El tiempo de ingreso o tiempo de concentración en el caso de no haber alcantarillas o canales, puede ser estimado mediante observación experimental en campo o mediante fórmulas de la “Tabla 2”.-

El tiempo de flujo t_f puede ser calculado mediante:

$$t_f = \sum_{i=1}^{n} \frac{L_i}{V_i}$$

Donde L_i es la longitud del i-ésimo conducto (alcantarilla o canal) a lo largo de la trayectoria del flujo y V_i es la velocidad del flujo en el mismo.

El tiempo de concentración del área que se drena hasta el punto de interés es el mayor tiempo de concentración de las diferentes rutas de flujo que llegan a dicho punto.

El tiempo de concentración no debe ser menor que 10 minutos.

1.2.4 Área de drenaje

a) Debe determinarse el tamaño y la forma de la cuenca o subcuenca en consideración. Se determina el área en mapas topográficos o por inspección en campo. Los intervalos entre las curvas de nivel deben permitir distinguir la dirección del flujo superficial.

b) Debe medirse el área de drenaje que contribuye a la infraestructura que se está diseñando, así como la sub área de drenaje que contribuye a cada punto de ingreso de la misma.
La línea divisoria debe seguir el límite real de la cuenca, en lugar de una delimitación comercial del terreno.

Tabla 1.a
Coeficientes de escorrentía para ser utilizados en el método racional

CARACTERÍSTICA DE LA SUPERFICIE	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2	5	10	25	50	100	500
ÁREAS DESARROLLADAS							
Asfáltico	0,73	0,77	0,81	0,86	0,90	0,95	1,00
Concreto/Techo	0,75	0,80	0,83	0,88	0,92	0,97	1,00
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)							
Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)							
Plano, 0 - 2%	0,32	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,58
Promedio, 2 – 7%	0,37	0,40	0,43	0,46	0,49	0,53	0,61
Pendiente superior a 7%	0,40	0,43	0,45	0,49	0,52	0,55	0,62
Condición promedio (cubierta de pasto menor del 50 al 75% del área)							
Plano, 0 - 2%	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Promedio, 2 – 7%	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Pendiente superior a 7%	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60

Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)							
Plano, 0 - 2%	0,21	0,23	0,25	0,29	0,32	0,36	0,49
Promedio, 2 – 7%	0,29	0,32	0,35	0,39	0,42	0,46	0,56
Pendiente superior a 7%	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,51	0,58
ÁREAS NO DESARROLLADAS							
Área de Cultivos							
Plano, 0 - 2%	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,57
Promedio, 2 – 7%	0,35	0,38	0,41	0,44	0,48	0,51	0,60
Pendiente superior a 7%	0,39	0,42	0,44	0,48	0,51	0,54	0,61
Pastizales							
Plano, 0 - 2%	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
Promedio, 2 – 7%	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
Pendiente superior a 7%	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
Bosques							
Plano, 0 - 2%	0,22	0,25	0,28	0,31	0,35	0,39	0,48
Promedio, 2 – 7%	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,56
Pendiente superior a 7%	0,35	0,39	0,41	0,45	0,48	0,52	0,58

Nota: Los valores de la tabla son los estándares utilizados en la ciudad de Austin, Texas. Utilizada con autorización.

Fuente: Chow et al. (1994), “Hidrología aplicada”, McGraw-Hill Interamericana, traducido de la primera edición en inglés de “Applied Hydrology”, “Tabla 15.1.1”

Tabla 1.b
Coeficientes de escorrentía promedio para áreas urbanas.
Para 5 y 10 años de periodo de retorno

CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA
Calles	
Pavimento asfáltico	0,70 a 0,95
Pavimento de concreto	0,80 a 0,95
Pavimento de adoquines	0,70 a 0,85
Veredas	0,70 a 0,85
Techos y azoteas	0,75 a 0,95
Césped, suelo arenoso	
Pendiente plana (0 - 2%)	0,05 a 0,10
Pendiente promedio (2 – 7%)	0,10 a 0,15
Pendiente pronunciada (>7%)	0,15 a 0,20
Césped, suelo arcilloso	
Pendiente plana (0 - 2%)	0,13 a 0,17
Pendiente promedio (2 – 7%)	0,18 a 0,22
Pendiente pronunciada (>7%)	0,25 a 0,35

Fuente: Ponce (1989), “Engineering Hydrology – Principles and Practices”, Prentice-Hall, parte de “TABLE 4-1(a)”, traducción propia.

Tabla 1.c
Coeficientes de escorrentía promedio para áreas rurales

Topografía y vegetación	Tipo de suelo		
	Marga arenosa	Marga arcillosa y limosa	Arcilla densa
Bosques			
Plano	0,10	0,30	0,40
Ondulado	0,25	0,35	0,50
Pronunciado	0,30	0,50	0,60
Pastos			
Plano	0,10	0,30	0,40
Ondulado	0,16	0,36	0,55
Pronunciado	0,22	0,42	0,60
Terrenos de cultivo			
Plano	0,30	0,50	0,60
Ondulado	0,40	0,60	0,70
Pronunciado	0,52	0,72	0,82

Nota:

Plano (0% - 5%)

Ondulado (5% - 10%)
Pronunciado (10% - 30%)

Fuente: Ponce (1989), “Engineering Hydrology – Principles and Practices”, Prentice-Hall, “TABLE 4-1(b)”, traducción propia.

Tabla 2
Resumen de las ecuaciones de tiempo de concentración

METODO Y FECHA	FORMULA PARA t_c(min)	OBSERVACIONES
Kirpich (1940)	$t_c = 0,01947 \cdot L^{0,77} \cdot S^{-0,385}$ $t_c = 0,0195 \cdot L^{0,77} \cdot S^{-0,385}$ L : Longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida, m S : Pendiente promedio de la cuenca, m/m	Desarrollada a partir de información del SCS de siete cuencas rurales de Tennessee con canales bien definidos y pendientes empinadas (3% a 10%); para flujo superficial en superficies de concreto o asfalto, multiplicar t_c por 0,4; para canales de concreto, multiplicar por 0,2; sin ajustes para flujo superficial en suelo descubierto o para flujo en cunetas.
California Culverts Practice (1942)	$t_c = 0,0195 \cdot \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$ L : longitud del curso de agua más largo, m H : diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida, m	Esencialmente es la ecuación de Kirpich; desarrollada para pequeñas cuencas montañosas en California.
Izzard (1946)	$t_c = \frac{525 \cdot (0,0000276 \cdot i + c) \cdot L^{0,33}}{S^{0,333} \cdot i^{0,667}}$ i : Intensidad de lluvia, mm/h c : Coeficiente de retardo L : Longitud de la trayectoria de flujo, m S : Pendiente de la trayectoria de flujo, m/m	Desarrollada experimentalmente en laboratorio por el Bureau of Public Roads para flujo superficial en caminos y áreas de césped; los valores del coeficiente de retardo varían desde 0,0070 para pavimentos muy lisos hasta 0,012 para pavimentos de concreto y 0,06 para superficies densamente cubiertas de pasto; la solución requiere de procesos iterativos; el producto de i por L debe ser ≤ 3800.
Federal Aviation Administration (1970)	$t_c = 0,7035 \cdot \frac{(1,1 - C) \cdot L^{0,50}}{S^{0,333}}$ C : Coeficiente de escorrentía del método racional L : Longitud del flujo superficial, m S : Pendiente de la superficie, m/m	Desarrollada de información sobre el drenaje de aeropuertos, recopilada por el Corps of Engineers; el método tiene como finalidad el ser usado en problemas de drenaje de aeropuertos, pero ha sido frecuentemente usado para flujo superficial en cuencas urbanas.

METODO Y FECHA	FORMULA PARA t_c(min)	OBSERVACIONES
Ecuaciones de onda cinemática Morgali y Linsley (1965) Aron y Erborge (1973)	$t_c = \frac{7 \cdot L^{0,6} \cdot n^{0,6}}{i^{0,4} \cdot S^{0,3}}$ L : Longitud del flujo superficial, m n : Coeficiente de rugosidad de Manning i : Intensidad de lluvia, mm/h S : Pendiente promedio del terreno m/m	Ecuación para flujo superficial desarrollada a partir de análisis de onda cinemática de la escorrentía superficial desde superficies desarrolladas; el método requiere iteraciones debido a que tanto i (intensidad de lluvia) como t_c son desconocidos; la superposición de una curva de intensidad-duración-frecuencia da una solución gráfica directa para t_c.
Ecuación de retardo SCS (1973)	$t_c = \frac{0,0136 \cdot L^{0,8} \cdot \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0,7}}{S^{0,5}}$ L : longitud hidráulica de la cuenca (mayor trayectoria de flujo), m CN : Número de curva SCS S : pendiente promedio de la cuenca, m/m	Ecuación desarrollada por el SCS a partir de información de cuencas de uso agrícola; ha sido adaptada a pequeñas cuencas urbanas con áreas inferiores a 810 ha; se ha encontrado que generalmente es buena cuando el área se encuentra completamente pavimentada; para áreas mixtas tiene tendencia a la sobreestimación; se aplican factores de ajuste para corregir efectos de mejoras en canales e impermeabilización de superficies; la ecuación supone que t_c = 1,67 veces el retardo de la cuenca.

Fuente: Chow et al. (1994), "Hidrología aplicada", McGraw-Hill Interamericana, traducido de la primera edición en inglés de "Applied Hydrology", "Tabla 15.1.2", y traducción propia; no se incluye método de "Cartas de velocidad promedio del SCS (1975, 1986)". Ver también: Chow et al. (1988), "Applied Hydrology", McGraw-Hill Series Water Resources and Environmental Engineering.

1.3 FÓRMULA IILA-SENAMHI-UNI MODIFICADA

$$i_{t,T} = a \cdot \left(1 + K \cdot \log_{10} T\right) \cdot \left(t + b\right)^{n-1}$$

Para: t < 3 horas

Donde:

$i_{t,T}$: Intensidad de la lluvia (mm/hora).

a : Parámetro de intensidad (mm).

K : Parámetro de frecuencia (adimensional).

b : Parámetro de tiempo (hora).

n : Parámetro de duración (adimensional).

t : Duración (hora).

$$P_{24,T} = \varepsilon_g \cdot \left(1 + K \cdot \log_{10} T\right)$$

$$a = \left(\frac{1}{t_g}\right)^n \cdot \varepsilon_g$$

Donde:

$P_{24,T}$: Máxima precipitación en 24 horas para periodo de retorno T. La referencia original (IILA-SENAMHI-UNI, 1983) es equivalente a la nomenclatura h_g.

T : Tiempo de retorno.

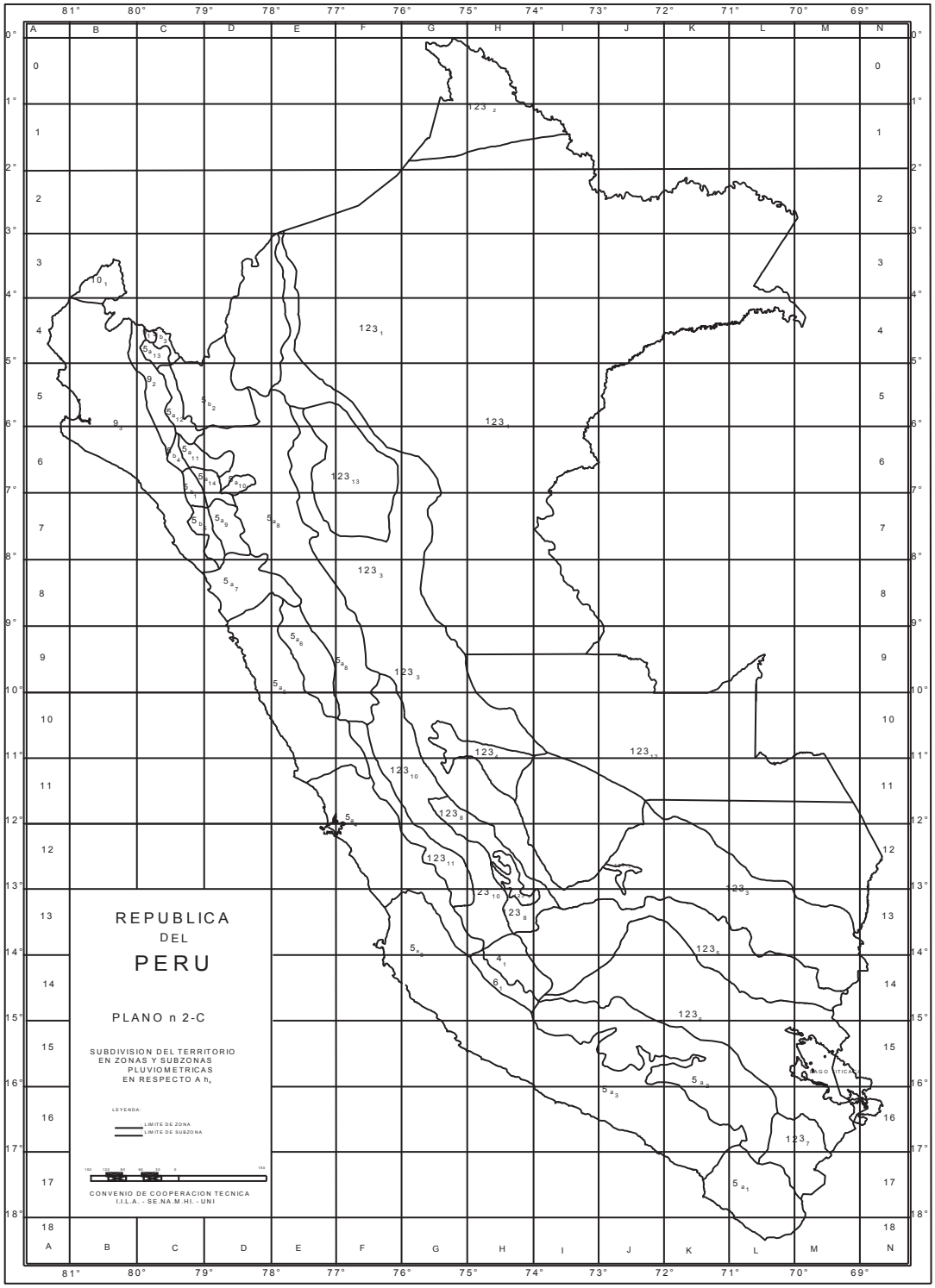
t_g : Duración de la lluvia diaria asumiendo un promedio de 15,2 horas para el Perú; pudiendo ser diferente según la condición local.

K : K'_g, parámetro de frecuencia según zona.

b : 0,5 horas (costa, centro y sur)
0,4 horas (sierra)
0,2 horas (costa norte y selva)

ε_g : Parámetro para determinar $P_{24,T}$.

Figura 1
Zonas y subzonas pluviométricas



Fuente: IILA-SENAMHI-UNI (1983), “Estudio de la hidrología del Perú - Anexos”, Convenio de Cooperación Técnica del Instituto Ítalo-Latino Americano, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología y Universidad Nacional de Ingeniería, marzo 1983, Roma-Italia.

Tabla 3.a

Subdivisión del territorio en zonas y subzonas pluviométricas y valores de los parámetros K'_g y ε_g que definen la distribución de probabilidades de h_g en cada punto de estas

ZONA	K'_g	Subzona	ε_g
123	$K'_g = 0{,}553$	123_1	$\varepsilon_g =$ 85,0
		123_2	$\varepsilon_g =$ 75,0
		123_3	$\varepsilon_g =$ 100 – 0,022 Y
		123_4	$\varepsilon_g =$ 70 – 0,019 Y
		123_5	$\varepsilon_g =$ 24,0
		123_6	$\varepsilon_g =$ 30,5
		123_7	$\varepsilon_g =$ -2 + 0,006 Y
		123^8	$\varepsilon_g =$ 26,6
		123_9	$\varepsilon_g =$ 23,3
		123_{10}	$\varepsilon_g =$ 6 + 0,005 Y
		123_{11}	$\varepsilon_g =$ 1+ 0,005 Y
		123_{12}	$\varepsilon_g =$ 75,0
		123_{13}	$\varepsilon_g =$ 70
4	$K'_g = 0{,}861$	4_1	$\varepsilon_g =$ 20
5a	$K'_g = 11.\varepsilon_g^{-0,85}$	$5\,a_1$	$\varepsilon_g =$ -7,6 + 0,006 Y (Y > 2300)
		$5\,a_2$	$\varepsilon_g =$ 32 – 0,177 D_c
		$5\,a_3$	$\varepsilon_g =$ -13 + 0,010 Y (Y > 2300)
		$5\,a_4$	$\varepsilon_g =$ 3,8 + 0,0053 Y (Y > 1500)
		$5\,a_5$	$\varepsilon_g =$ -6 + 0,007 Y (Y > 2300)
		$5\,a_6$	$\varepsilon_g =$ 1,4 + 0,0067
		$5\,a_7$	$\varepsilon_g =$ -2 + 0,007 Y (Y > 2000)
		$5\,a_8$	$\varepsilon_g =$ 24 + 0,0025 Y
		$5\,a_9$	$\varepsilon_g =$ 9,4 + 0,0067 Y
		$5\,a_{10}$	$\varepsilon_g =$ 18,8 + 0,0028 Y
		$5\,a_{11}$	$\varepsilon_g =$ 32,4 + 0,004 Y
		$5\,a_{12}$	$\varepsilon_g =$ 19,0 + 0,005 Y
		$5\,a_{13}$	$\varepsilon_g =$ 23,0 + 0,0143 Y
		$5\,a_{14}$	$\varepsilon_g =$ 4,0 + 0,010 Y
5b	$K'_g = 130.\ {}_g^{-1,4}$	$5\,b_1$	$\varepsilon_g =$ 4 + 0,010 (Y > 1000)
		$5\,b_2$	$\varepsilon_g =$ 41,0
		$5\,b_3$	$\varepsilon_g =$ 23,0 + 0,143 Y
		$5\,b_4$	$\varepsilon_g =$ 32,4 + 0,004 Y
		$5\,b_5$	$\varepsilon_g =$ 9,4 + 0,0067 Y
6	$K'_g = 5{,}4\ .\ \varepsilon_g^{-0,6}$	6_1	$\varepsilon_g =$ 30 – 0,50 D_c

ZONA	K'_g	Subzona	ε_g
9	$K'_g = 22,5 . \varepsilon_g^{-0,85}$	9_1	$\varepsilon_g =$ 61,5
		9_2	$\varepsilon_g =$ -4,5 + 0,323 D_m ($30 \leq D_m \leq 110$)
		9_3	$\varepsilon_g =$ 31 + 0,475(D_m - 110) ($D_m \leq 110$)
10	$K'_g = 1,45$	10_1	$\varepsilon_g =$ 12,5 + 0,95 D_m

Y : Altitud en msnm

D_c : Distancia a la cordillera en km

D_m : Distancia al mar en km

Fuente: IILA-SENAMHI-UNI (1983), "Estudio de la hidrología del Perú - Volumen III", Convenio de Cooperación Técnica del Instituto Ítalo-Latino Americano, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, y Universidad Nacional de Ingeniería, marzo 1983, Roma-Italia, p. III:39.

Tabla 3.b

Valores de los parámetros a y n que, junto con K', definen las curvas de probabilidad pluviométrica en cada punto de las subzonas

SUBZONA	ESTACION	N° TOTAL DE ESTACIONES	VALOR DE n	VALOR DE a
$I23_1$	321-385	2	0,357	32,2
$I23_3$	384-787-805	3	0,405	a = 37,85 – 0,0083 Y
$I23_{13}$	244-193	2	0,432	
$I23_5$	850-903	2	0,353	9,2
$I23_6$	840-913-918 958	4	0,380	11
$I23_8$	654-674-679 709-713-714 732-745-752	9	0,232	14,0
$I23_9$	769	1	0,242	12,1
$I23_{10}$	446-557-594 653-672-696 708-711-712 715-717-724 757-773	14	0,254	a = 3,01+ 0,0025 Y
$I23_{11}$	508-667-719 750-771	5	0,286	a = 0,46+ 0,0023 Y
$5 a_2$	935-968	2	0,301	a = 14,1 – 0,078 D_c
$5 a_5$	559	1	0,303	a = -2,6 + 0,0031 Y
$5 a_{10}$	248	1	0,434	a = 5,80 + 0,0009 Y

Fuente: IILA-SENAMHI-UNI (1983), "Estudio de la hidrología del Perú - Volumen III", Convenio de Cooperación Técnica del Instituto Ítalo-Latino Americano, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología y Universidad Nacional de Ingeniería, marzo 1983, Roma-Italia, p. III:42.

Tabla 3.c

Estaciones pluviográficas: valor de t para el cual resulta $\varepsilon_t = \varepsilon_g$

COD.	ESTACION	t_g		COD.	ESTACION	t_g
193	Moyobamba	15,2		695	Chichicocha	19,6
244	Porvenir	13,5		708	Palaco	10,6
248	Bambamarca	15,2		709	Ranra	12,3
321	Contamana	15,3		711	Telleria	12,8
384	Uchiza	15,4		712	Acostambo	15,3
508	Oyon	15,5		713	Pajayragra	14,4
559	Picoy	15,5		714	Huancayoccasa	13,4
805	Quincemil	19,1		715	Los Nogales	13,9
903	Progreso	10,5		717	Pampas	16,5
968	Sibayo	15,9		719	Cercapuquio	8,5
958	Huaraya Moyo	17,5		724	Kichuas	16,9
557	Upamayo	19,4		732	Villena	8,7
594	Hueque	16,4		745	Santa Rosa	16,2
653	Pachacayo	16,1		750	Chillicocha	15,7
654	Mantaro	11,9		752	Churcampa	16,3
667	Yauricocha	17,5		757	Huancavelica	16,3
674	Huaytapallana	14,8		769	Huanta	16,0
679	Angasmayo	12,1		771	Astobamba	20,0

Fuente: IILA-SENAMHI-UNI (1983), "Estudio de la hidrología del Perú - Volumen III", Convenio de Cooperación Técnica del Instituto Ítalo-Latino Americano, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología y Universidad Nacional de Ingeniería, marzo 1983, Roma-Italia, Cuadro I: 1-10.

Para la Tabla 3.c, se considera una duración de la lluvia diaria asumiendo un promedio de 15,2 horas para el Perú; pudiendo ser diferente según la condición local.

ANEXO II: HIDRÁULICA

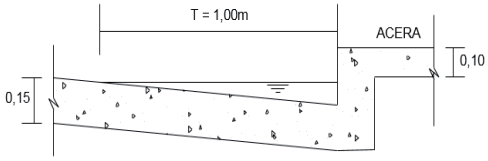
Tabla 1
n de Manning para cunetas de calles y calzadas

Tipo de cuneta o calzada	n de Manning
Cuneta de concreto con acabado paleteado	0,012
Calzada de asfalto	
Textura suave (o lisa)	0,013
Textura rugosa	0,016
Cuneta de concreto-calzada de asfalto	
Suave (o liso)	0,013
Rugoso	0,015
Calzada de concreto	
Acabado	0,014
Acabado escobillado	0,016
Para cunetas con pendiente pequeña, donde el sedimento puede acumularse, se incrementarán los valores antes indicados de n, en:	0,002
Referencia: USDOT, FHWA, HDS-3[36]	

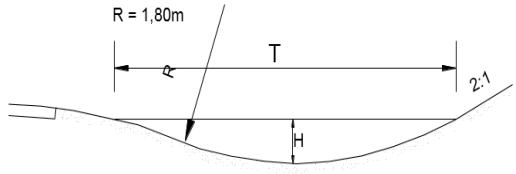
Fuente (traducción propia):

Brown, S.A., Schall, J.D., Morris, J.L., Doherty, C.L., Stein, S.M. and J.C. Warner (2013): **Urban Drainage Design Manual**, Hydraulic Engineering Circular No. 22, Third Edition, US Department of Transportation, Federal Highway Administration, National Highway Institute, USA, Publication No. FHWA-NHI-10-009, September 2009, Revised August 2013, p. 99.

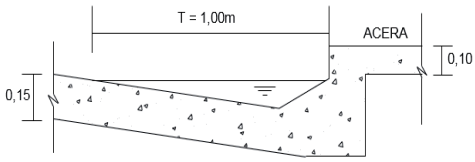
Figura 1
Sección transversal de cunetas*



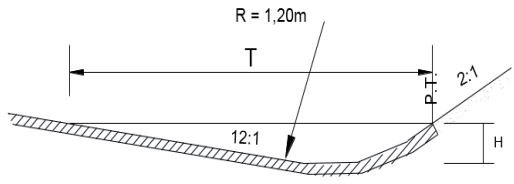
CUNETA TRIANGULAR



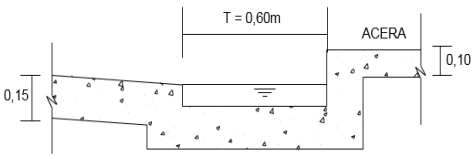
CUNETA SEGMENTAL



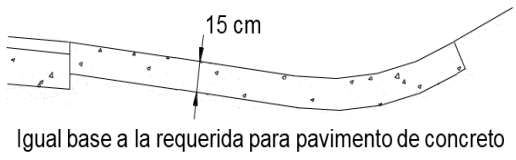
CUNETA TRIANGULAR



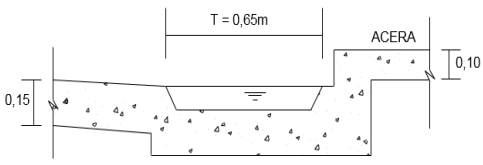
CUNETA ASFÁLTICA



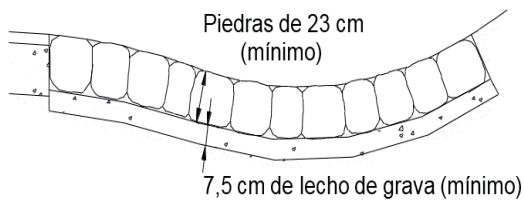
CUNETA RECTANGULAR



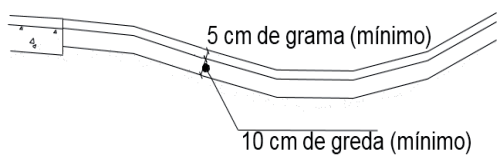
CUNETA DE CONCRETO



CUNETA TRAPEZOIDAL



CUNETA DE CANTOS RODADOS

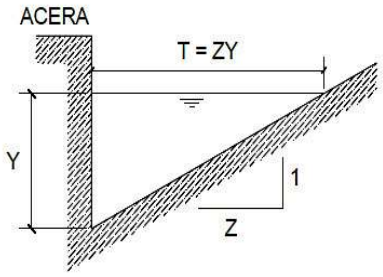


CUNETA DE GRAMA

CUNETA	Pendiente del talud	H (cm)	T (m)
SEGMENTAL	2:1	16,5	1,50
ASFÁLTICA	12:1 & 2:1	12,5	2,10

* Todos los gráficos y sus medidas presentadas son de carácter referencial. Puede haber otras soluciones técnicas.

Figura 2
Fórmulas de caudal en cunetas triangulares, aplicando Manning

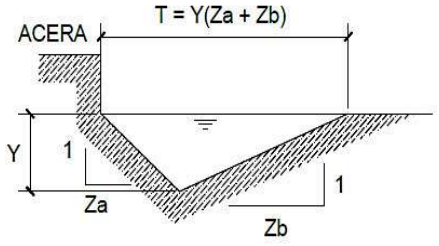


$$Q=315\ \frac{Z}{n}S^{\frac{1}{2}}Y^{\frac{8}{3}}\left(\frac{Z}{1+\sqrt{1+Z^2}}\right)^{\frac{2}{3}}$$

SECCIÓN: TRIÁNGULO RECTÁNGULO

Si $Z_a = Z_b = Z$

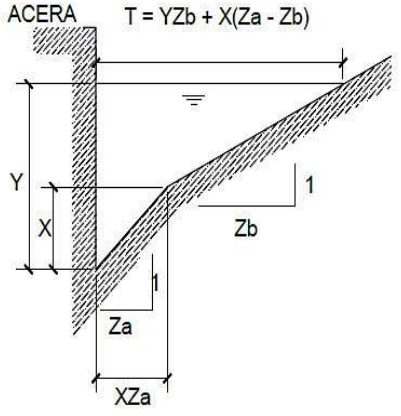
$$Q=630\ \frac{Z}{n}S^{\frac{1}{2}}Y^{\frac{8}{3}}\left(\frac{Z}{\sqrt{1+Z^2}}\right)^{\frac{2}{3}}$$



Si $Z_a \neq Z_b \rightarrow Z_m = \frac{Z_a+Z_b}{2}$

SECCIÓN: TRIÁNGULO EN V

$$Q=1000\ \frac{Z_m}{n}S^{\frac{1}{2}}Y^{\frac{8}{3}}\left(\frac{Z_m}{\sqrt{1+Z_a^2}+\sqrt{1+Z_b^2}}\right)^{\frac{2}{3}}$$



$$P=Y+X\sqrt{1+\left(\frac{1}{Z_a}\right)^2}+\left(Y-\frac{X}{Z_a}\right)\sqrt{1+Z_b^2}$$

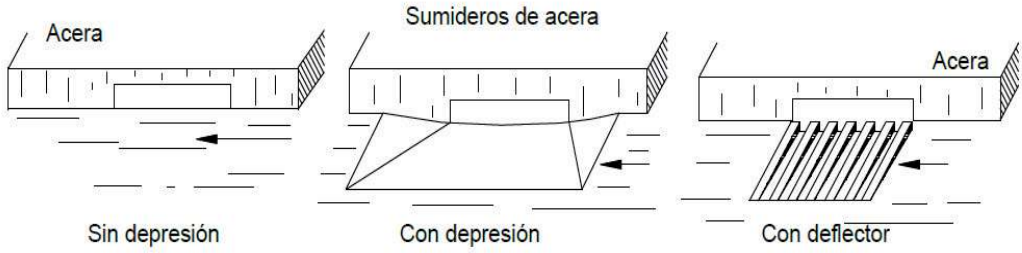
$$Q=315\ \frac{S^{\frac{1}{2}}}{n}\left(2XY-\frac{X^2}{Z_a}+Z_b\left(Y-\frac{X}{Z_a}\right)^2\right)^{\frac{5}{3}}P^{\frac{2}{3}}$$

SECCIÓN: COMPUESTA

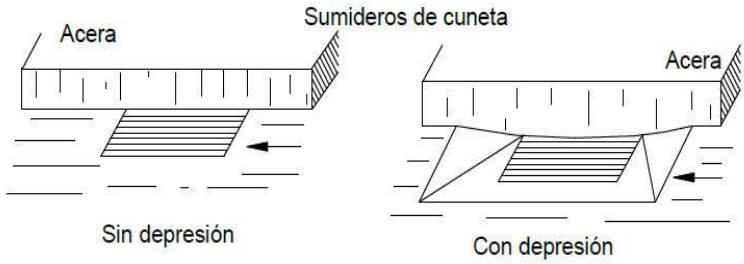
Q=Caudal en litros por segundo
n=Coeficiente de rugosidad de Manning
S=Pendiente longitudinal del canal
Z=Valor recíproco de la pendiente transversal (1:Z)
Y=Tirante de agua en metros
T=Ancho superficial en metros
P=Perímetro mojado en metros

Figura 3
Tipos de sumidero

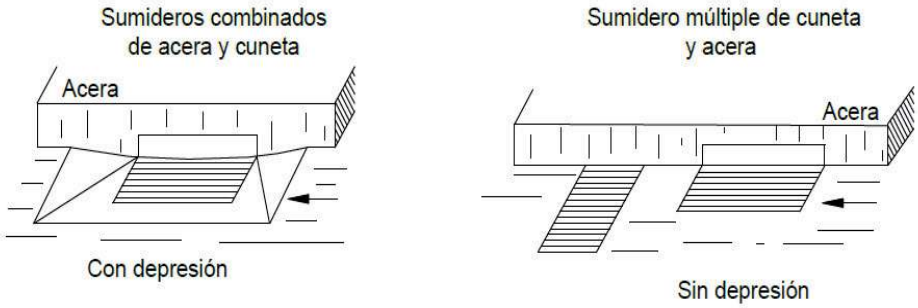
SUMIDERO LATERAL DE SARDINEL O SOLERA



SUMIDERO DE FONDO



SUMIDERO MIXTO O COMBINADO



UBICACIÓN DE LOS SUMIDEROS EN INTERSECCIÓN DE LAS CALLES

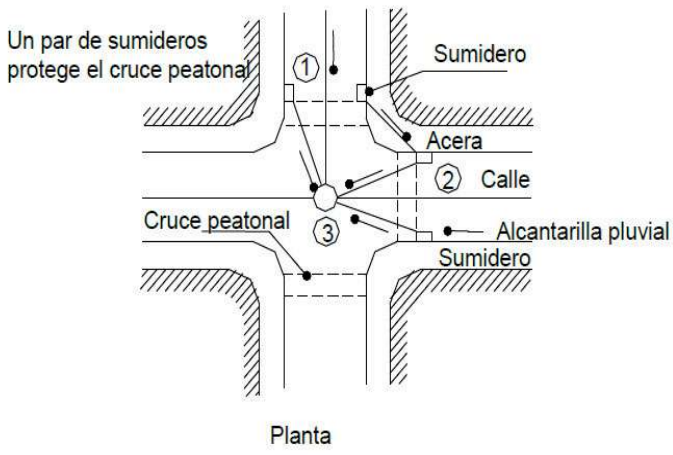
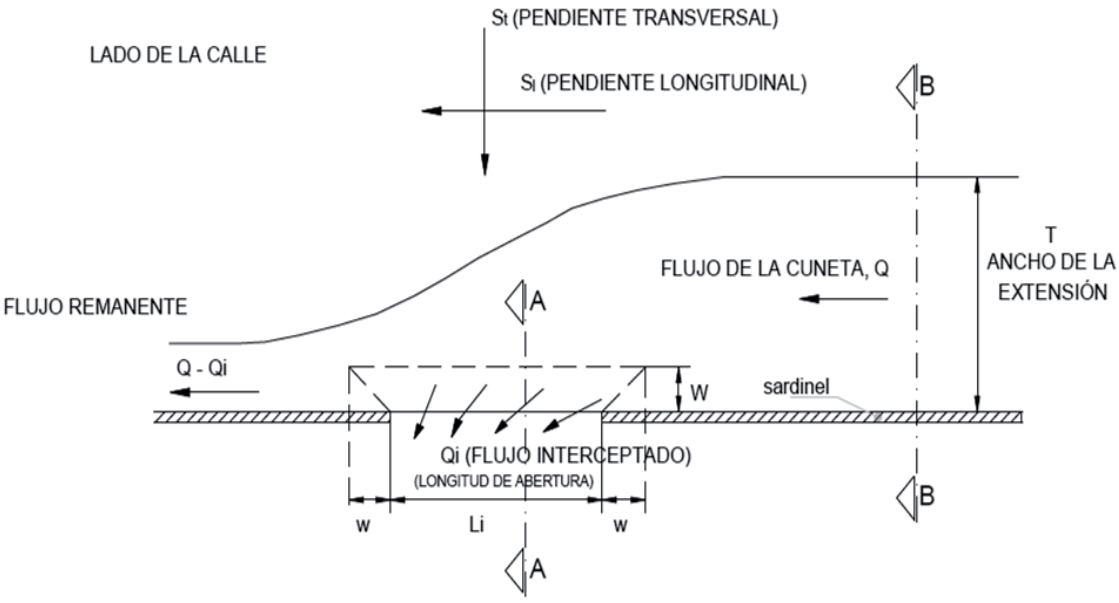
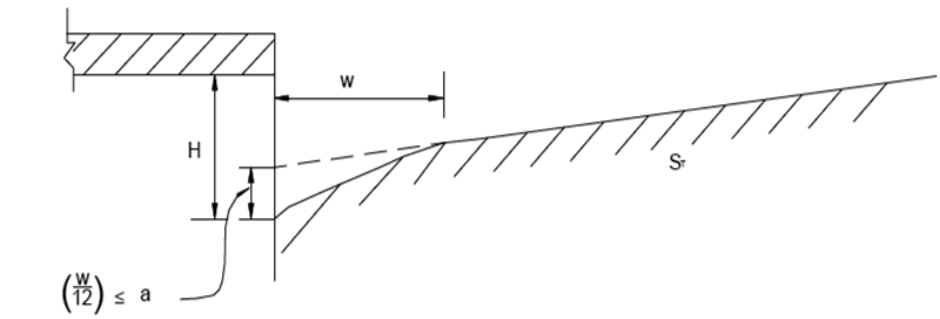


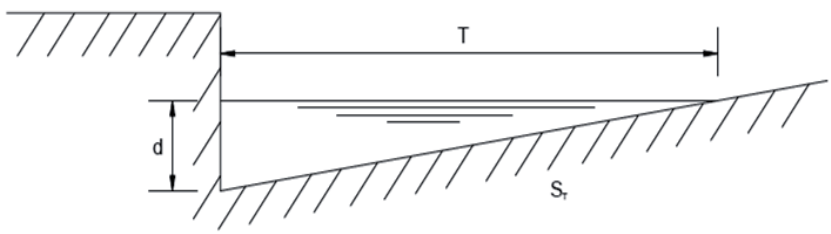
Figura 4
Plano de ingreso en el sumidero de solera



PLANTA

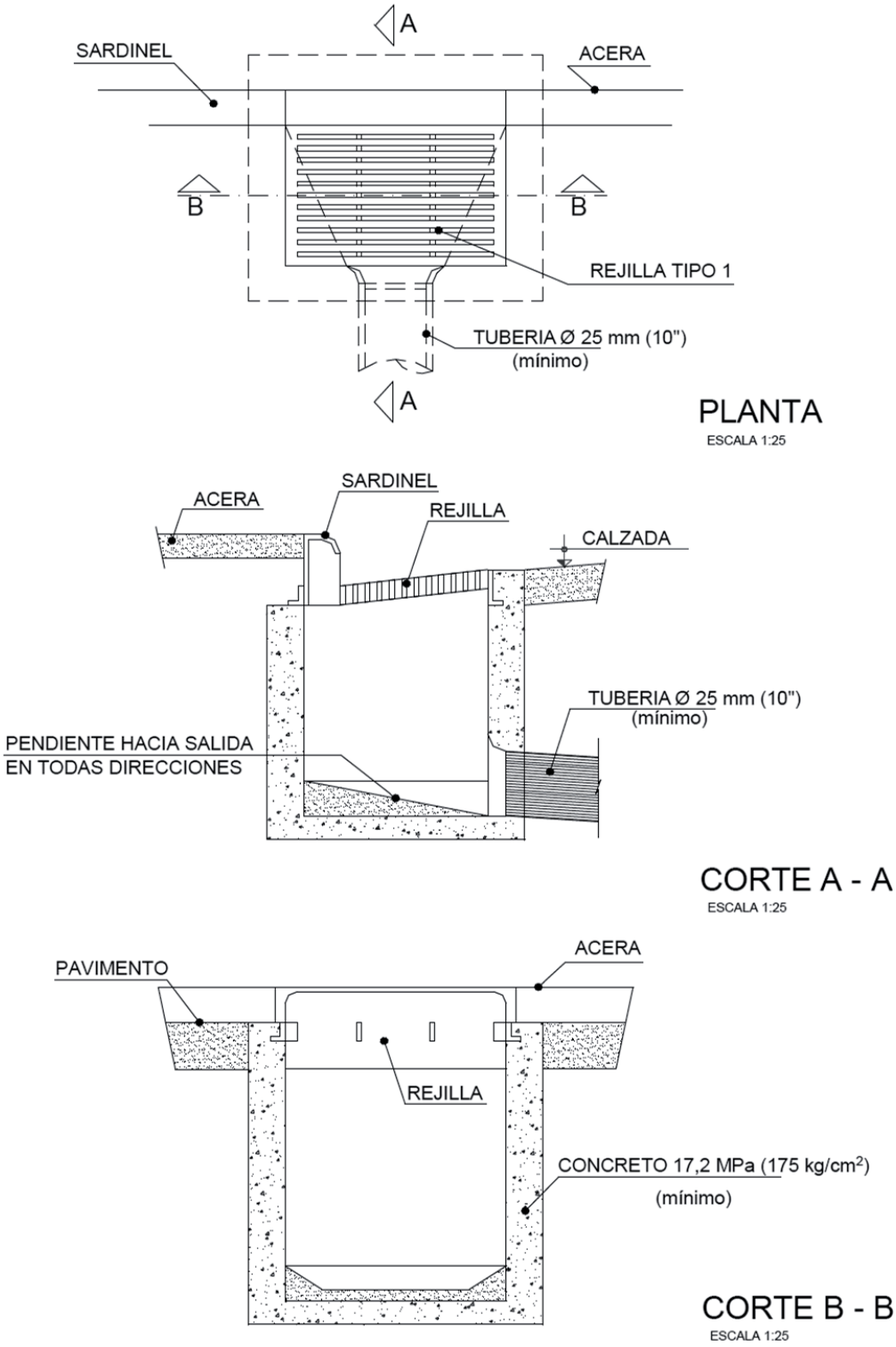


SECCIÓN A - A



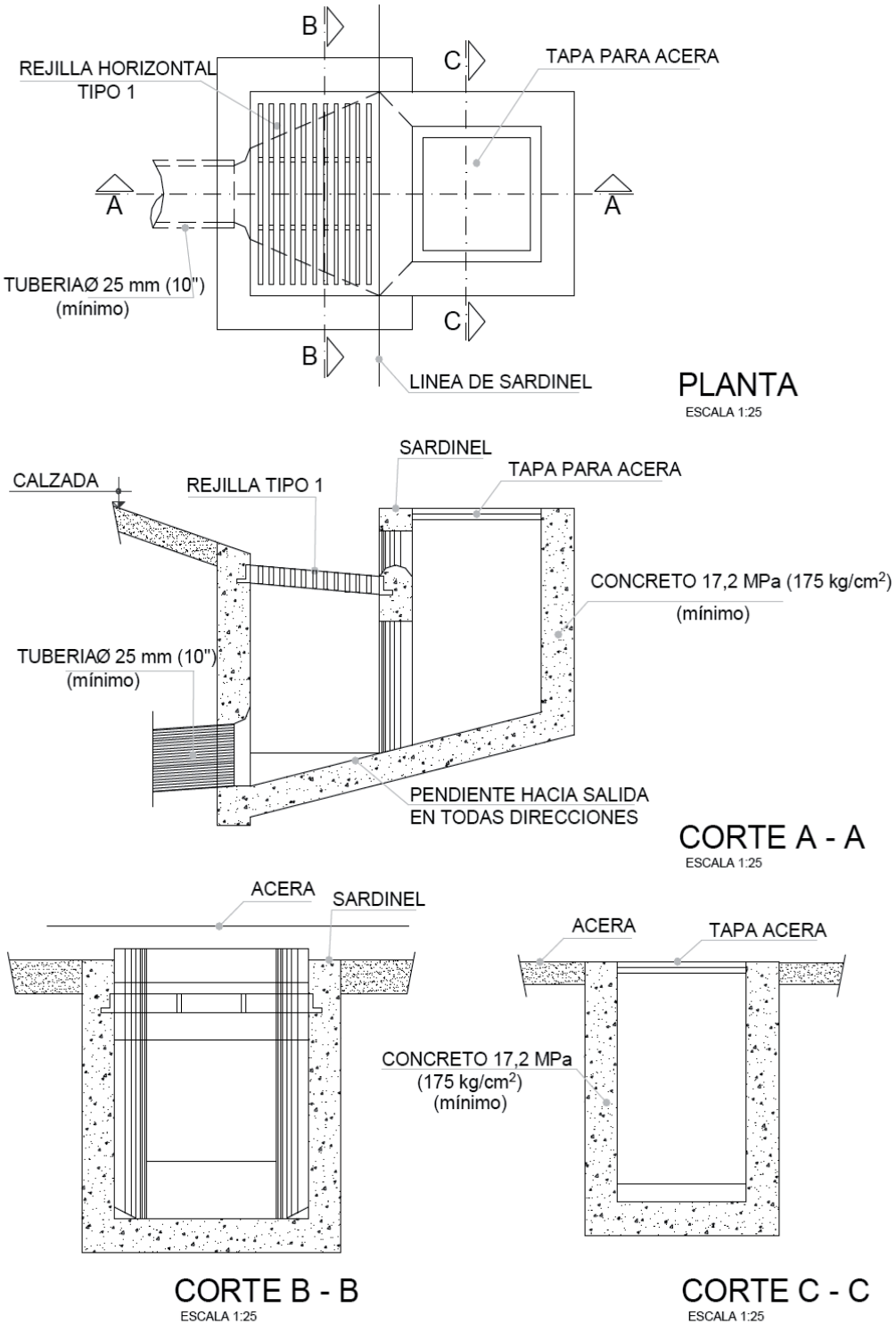
SECCIÓN B - B

Figura 5
Sumidero de tipo grande conectado a cámara – S1*



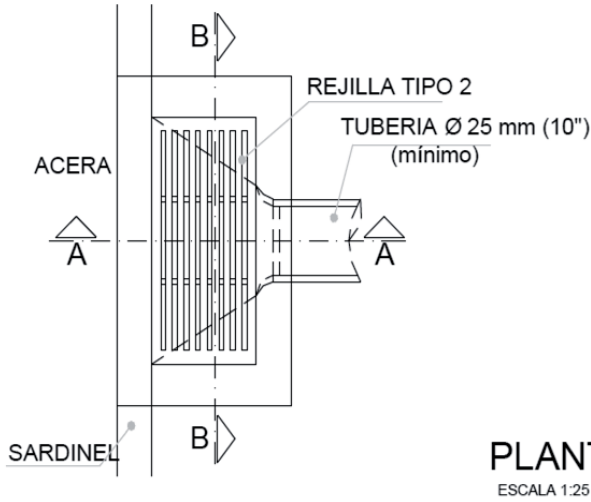
* Todos los gráficos y sus medidas presentadas son de carácter referencial. Puede haber otras soluciones técnicas.

Figura 6
Sumidero de tipo grande conectado a tubería – S2*

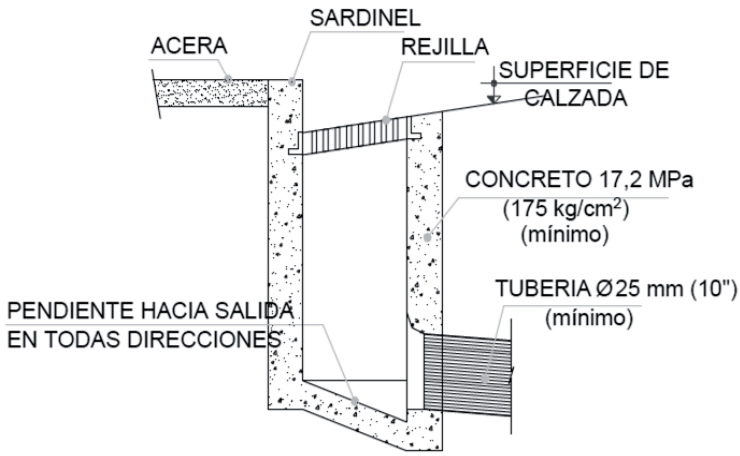


* Todos los gráficos y sus medidas presentadas son de carácter referencial. Puede haber otras soluciones técnicas.

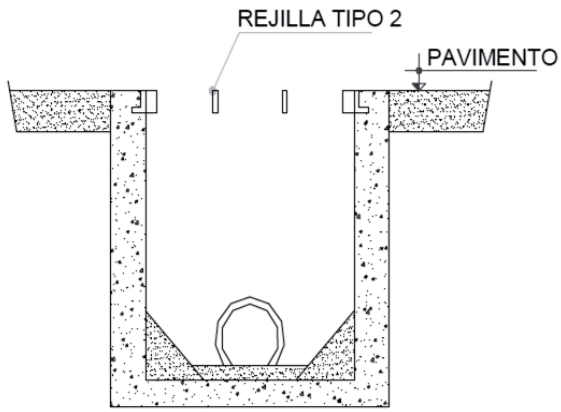
Figura 7
Sumidero de tipo chico conectado a la cámara – S3*



PLANTA
ESCALA 1:25



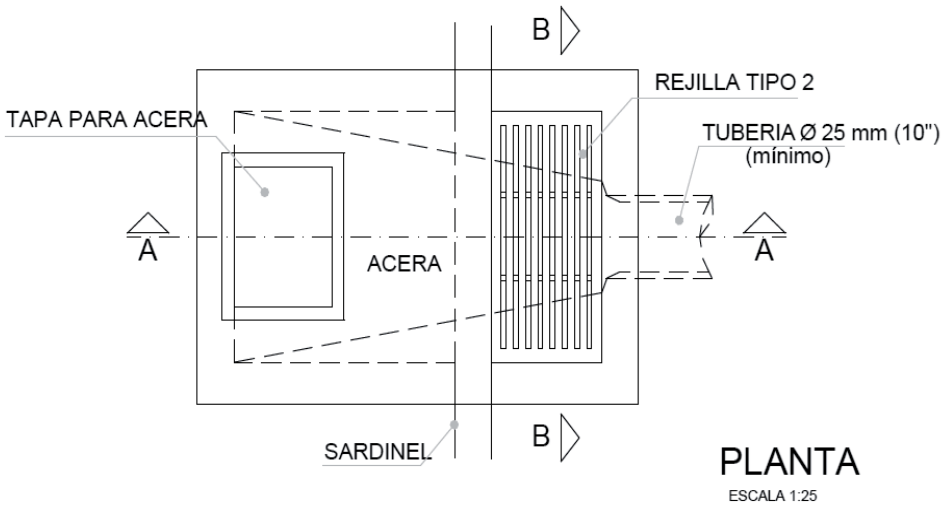
CORTE A - A
ESCALA 1:25



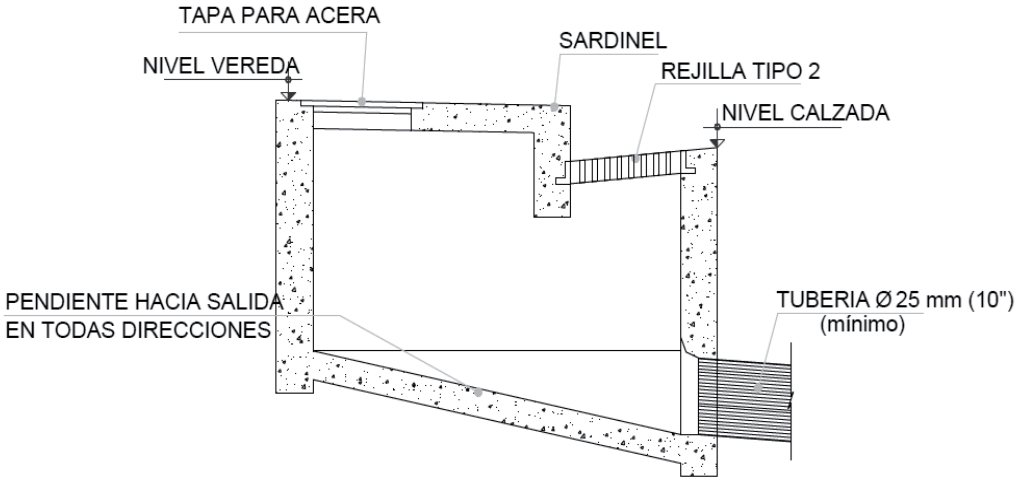
CORTE B - B

* Todos los gráficos y sus medidas presentadas son de carácter referencial. Puede haber otras soluciones técnicas.

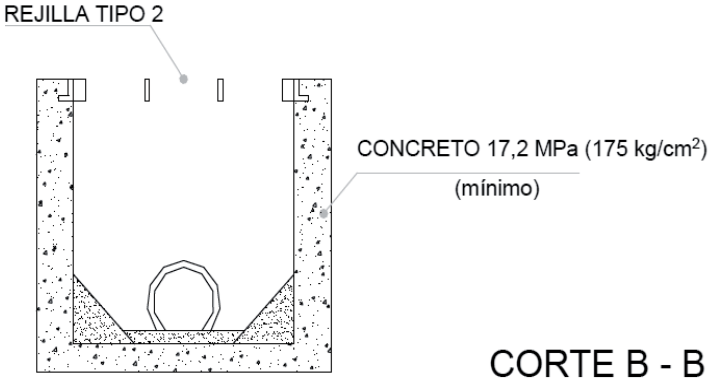
Figura 8
Sumidero de tipo chico conectado a la tubería – S4*



PLANTA
ESCALA 1:25



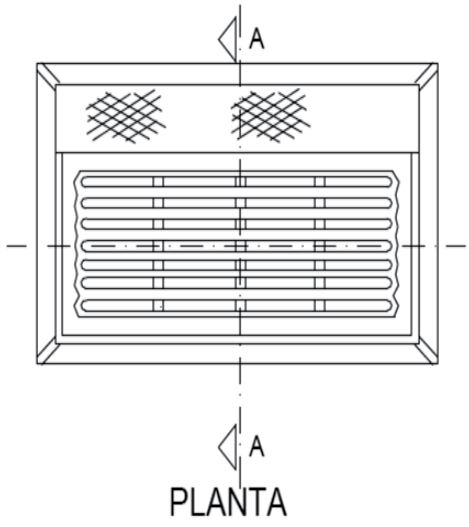
CORTE A - A
ESCALA 1:25



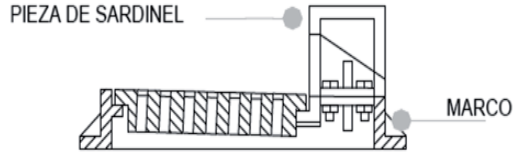
CORTE B - B
ESCALA 1:25

* Todos los gráficos y sus medidas presentadas son de carácter referencial. Puede haber otras soluciones técnicas.

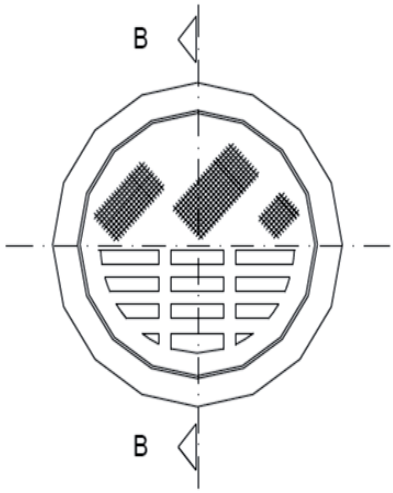
Figura 9
Rejillas para sumideros*



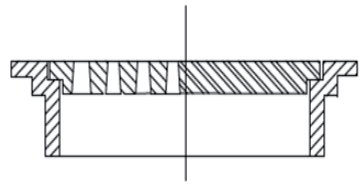
PLANTA



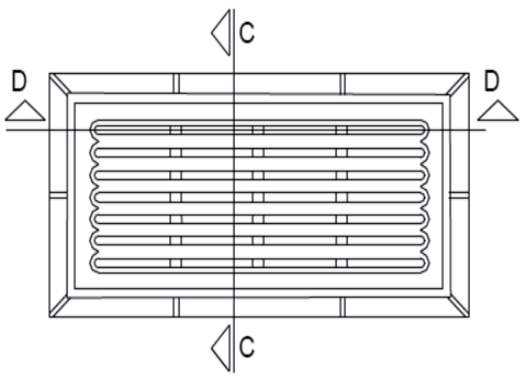
CORTE A - A

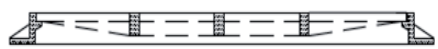


PLANTA

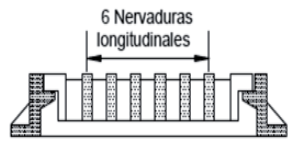


CORTE B - B





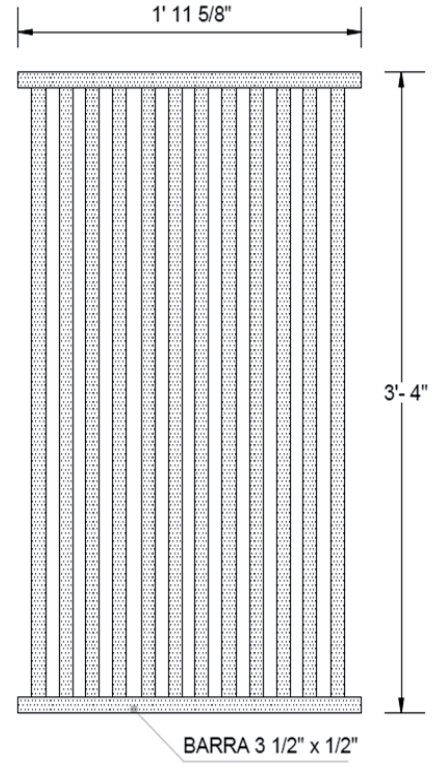
CORTE D - D



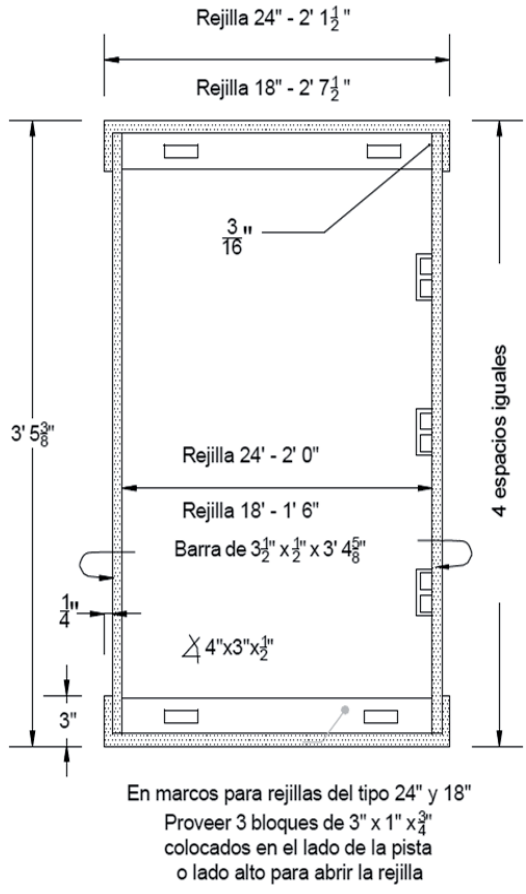
CORTE C - C

* Todos los gráficos y sus medidas presentadas son de carácter referencial. Puede haber otras soluciones técnicas.

Figura 10
Rejillas rectangulares*

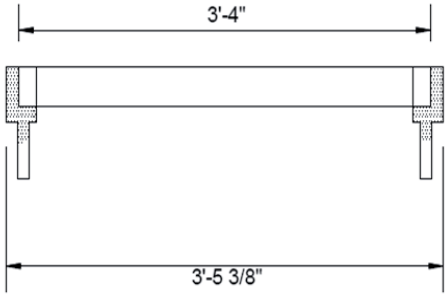


REJILLA RECTANGULAR*

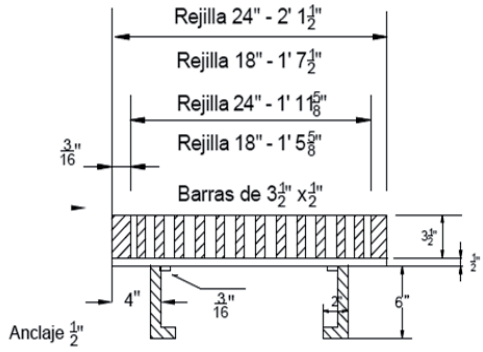


En marcos para rejillas del tipo 24" y 18"
Proveer 3 bloques de 3" x 1" x 3/4"
colocados en el lado de la pista
o lado alto para abrir la rejilla

MARCO TIPICO*



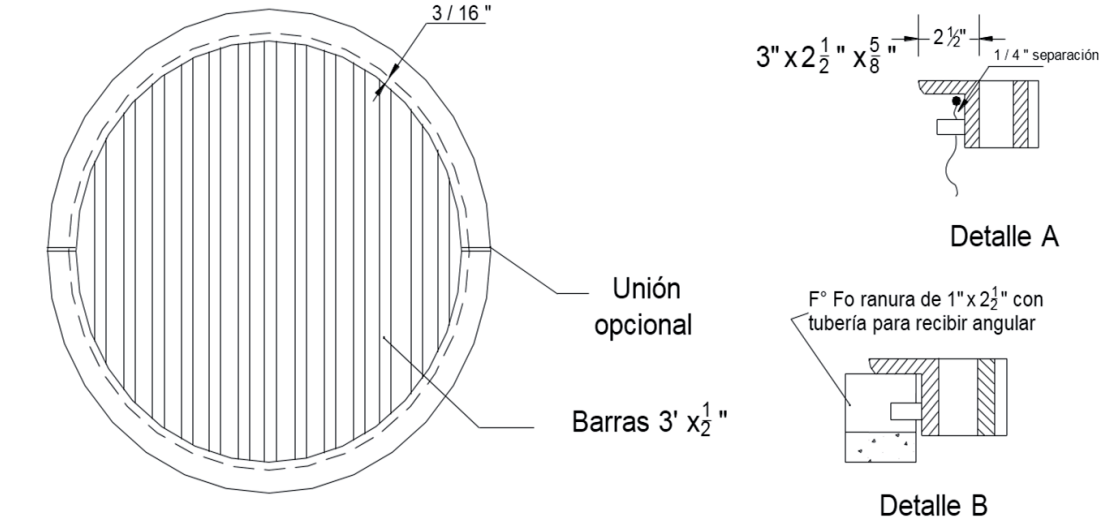
SECCIÓN LONGITUDINAL*
(A través del marco y rejilla)



SECCIÓN TRANSVERSAL*
(A través de marco y rejilla)

* Todos los gráficos y sus medidas presentadas son de carácter referencial. Puede haber otras soluciones técnicas.

Figura 11
Rejilla circular*



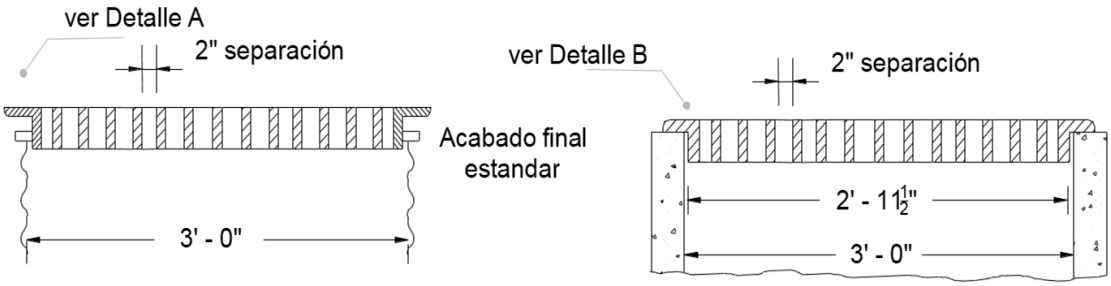
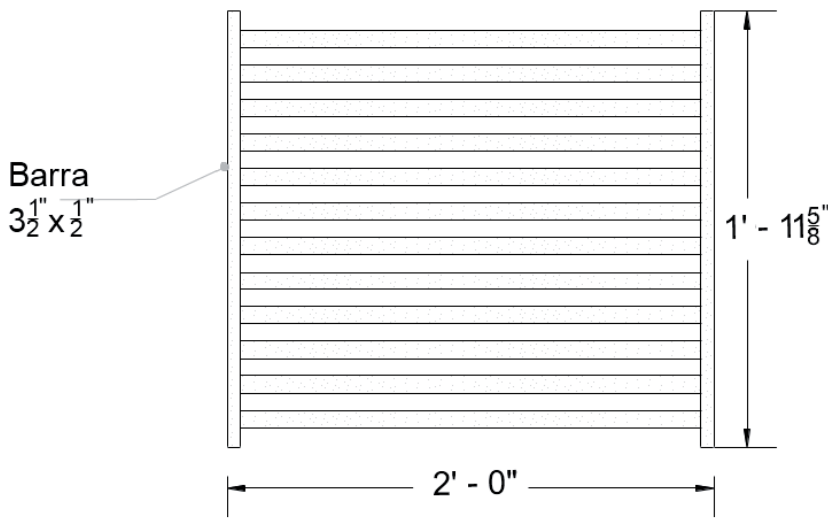


Figura 12
Rejilla cuadrada*



* Todos los gráficos y sus medidas presentadas son de carácter referencial. Puede haber otras soluciones técnicas.

Gráfico 1
Nomograma de la ecuación de Manning para flujo a tubo lleno en conductos circulares
n = 0,010

