

GUÍA DE ELABORACIÓN DE SISTEMAS ALTERNATIVOS

CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS IV

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES IV

ÍNDICE DE ECUACIONES.....V

1. RESUMEN1

2. MÁRCO JURÍDICO3

3. ALCANCES8

4. OBJETIVOS.....8

 5.1. Objetivo General8

 5.2. Objetivos específicos.....8

6. UNIDADES DE MEDIDA8

7. NORMAS Y ESTÁNDARES DE REFERENCIA8

8. DEFINICIONES.....9

9. CLASIFICACIÓN Y REQUISITOS.....13

10. REQUERIMIENTOS PARA DISEÑO E INSTALACIÓN16

 10.1 Parámetros para Superficies de Captación17

 10.1.1 Generales.....17

 10.1.2 Uso como Agua No Potable.....17

 10.1.3 Uso como Agua Potable.....17

 10.2. Sistema de canalización y Distribución de Agua Pluvial17

 10.2.1. Diseño y cálculo de redes y alcantarillado pluvial18

 10.3. Pre-Filtración22

 10.4. Separadores de Contaminación de Primeras Lluvias22

 10.4.1. Desviación.....23

 10.4.2. Acumulación.....23

 10.4.3. Retención.....24

 10.4.4. Híbrido25

 10.5. Cisterna de Almacenamiento Pluvial.....25

 10.5.1. Generales25

 10.5.2. Dimensionamiento26

 10.5.3. Instalación.....27

10.6.	Bombeo	27
10.7.	Filtración y Tratamiento de Agua Pluvial.....	28
10.7.1.	Uso No Potable (Clase 2)	28
10.7.2.	Uso Potable (Clase 1)	28
10.8.	Filtración.....	28
10.9.	Desinfección	29
10.10.	Tuberías	29
10.10.1.	Materiales de Tuberías.....	29
10.10.2.	Inspección y Mantenimiento.....	29
10.11.	Operación y Mantenimiento de Calidad de Agua.....	29
10.11.1.	Preparativos y Arranque.....	29
10.11.2.	Muestreos.....	29
10.11.3.	Etiquetado.....	30
10.11.4.	Sistema de excedencias	30
10.12.	Sistema de Retención e Infiltración Pluvial.....	30
10.12.1.	Ubicación.....	31
10.12.2.	Dimensionamiento	31
10.12.3.	Infiltración pluvial.....	32
10.13.	Equipos de Tratamiento	34
10.6.4.	Tanque Elevado.....	34
11.	CONSIDERACIONES PARA NO INFILTRACIÓN (NORMA GENERAL DE ORDENACIÓN 4)	35
11.1.	Dificultad de infiltración.....	35
11.2.	Infiltración de sustancias contaminantes.....	35
11.3.	Procedimiento constructivo	36
11.4.	Referencia a Norma General de Ordenamiento 4 (Diseño de sistema de captación de agua de lluvias)	36
11.	REÚSO OBLIGATORIO DE AGUA RESIDUAL TRATADA	37
12.	MEDICIÓN.....	37
12.1.	Sensores de medición de Calidad de Agua Pluvial.....	38
13.	REFERENCIAS	39
	AGRADECIMIENTOS	40
	APÉNDICE A. ESQUEMAS DE RETENCIÓN E INFILTRACIÓN PLUVIAL	41

A.1. Bio-retenciones	41
A.1.1. Descripción del sistema	43
A.2. Tanques de infiltración.....	43
A.2.1. Descripción del sistema	44
A.3. Tanques con pozos de absorción.....	44
A.3.1. Descripción del sistema	45
A.4. Infiltración por pozo de absorción.....	45
A.4.1. Metodología	45
A.5. Descarga de excedencias	47
APÉNDICE B. ESTÁNDARES ADICIONALES RELEVANTES/DOCUMENTOS	48
APÉNDICE C. DEFINICIONES COMPLEMENTARIAS	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de los tipos de superficie de captación. Elaboración propia.13

Tabla 2. Requerimientos por tipos de construcción. Elaboración propia.15

Tabla 3. Usos del agua de lluvia en función de su origen. Elaboración propia.16

Tabla 4. Coeficientes de escurrimiento por tipo de superficie. Elaboración propia.....18

Tabla 5. Drenajes Pluviales horizontales. Modificado de Norma de Diseño de Ingeniería en Instalaciones, Hidráulica Sanitaria y Especiales del IMSS.....19

Tabla 6. Bajadas pluviales. Modificado de Norma de Diseño de Ingeniería en Instalaciones, Hidráulica Sanitaria y Especiales del IMSS.20

Tabla 7. Tasas de infiltración típicas de varios grupos de suelos. Modificada de Water Environment Federation, 2012.....33

Tabla 8. Determinación del uso de coeficiente de escurrimiento. Elaboración propia.33

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Representación gráfica del Sistema Alternativo. Elaboración propia.....14

Ilustración 2. Link de acceso a isolíneas 5 minutos, 10 años.....18

Ilustración 3. Diagrama sistema de drenaje de emergencia. Fuente: Elaboración propia.21

Ilustración 4. Link de acceso a isolíneas 5 minutos, 100 años.....21

Ilustración 5. Variante 1. Sistema de Captación de Agua de Lluvia-Control de primeras lluvias por desvío. Elaboración propia.....23

Ilustración 6. Variante 2. Sistema de Captación de Agua de Lluvia-Control de primeras lluvias por acumulación. Elaboración propia.....24

Ilustración 7. Variante 3. Sistema de Captación de Agua de Lluvia-Control de primeras lluvias por retención. Elaboración propia.....25

Ilustración 8. Link de acceso a isolíneas 60 minutos, 10 años.....26

Ilustración 9. Diagrama de bio-retención con entrada de agua superficial. Elaboración propia.41

Ilustración 10. Diagrama de bio-retención con entrada de agua por boca tormenta. Elaboración propia.....41

Ilustración 11. Diagrama de bio-retención con entrada de agua por red pluvial. Elaboración propia.42

Ilustración 12. Corte conceptual de tanque infiltración. Elaboración propia.43

Ilustración 13. Corte conceptual de tanque con pozo de absorción. Elaboración propia.....44

Ilustración 14. Diagrama de flujo paralelo a las capas. Modificada de Sánchez, F. (2014).46

Ilustración 15. Diagrama de Flujo vertical. Modificada de Sánchez, F. (2014).46

Ilustración 16. Diagrama de descarga de excedencias. Elaboración propia.47

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Gasto de aportación pluvial19

Ecuación 2. Gasto de aportación pluvial para el sistema de emergencia.....21

Ecuación 3. Almacenamiento del volumen de lluvia.....26

Ecuación 4. Altura de precipitación de diseño.26

Ecuación 531

Ecuación 631

Ecuación 731

Ecuación 832

Ecuación 932

Ecuación 1033

Ecuación 1133

Ecuación 1245

Ecuación 1346

Ecuación 1447

1. RESUMEN

El aprovechamiento de las aguas que se precipiten dentro de la CDMX es una acción de suma importancia; así como, evitar su descarga en la medida de lo posible a drenajes sanitarios o combinados. Por lo tanto, es fundamental retener y todos los casos posibles aprovechar el agua de lluvia y asegurar que queden dentro de la cuenca. El uso ideal de las aguas captadas, se decidirá dependiendo de la superficie(s) en la(s) que se recolecten.

Las acciones a tomar en función del tipo de edificación, se definirán en función de una tipología y dimensión de edificación.

El presente documento, tiene como objetivo establecer los criterios técnicos para el diseño del Sistema de Captación de Agua de Lluvia que permita una adecuada captación, conducción, almacenamiento, tratamiento, aprovechamiento, infiltración y descarga, en las nuevas edificaciones tipo B, C y Manifestación de Construcción Especial, de la Ciudad de México.

Mediante la recopilación y análisis de metodologías nacionales e internacionales en materia de gestión pluvial y cosecha del agua de lluvia, se determinaron los parámetros y diseño más adecuados para la Ciudad de México. A su vez, se concordó la calidad de agua pluvial obtenida de acuerdo con el tipo de superficie de captación, se consideraron los requisitos mínimos indispensables para la potabilización del agua y su distribución en la red de aprovechamiento y se plasmaron los mecanismos para la medición de la cantidad y calidad del agua aprovechada y reutilizada en las edificaciones

De igual forma, se asentaron las bases para el dimensionamiento de los sistemas de retención e infiltración del agua de lluvia y los requisitos a cumplir para determinar la factibilidad de infiltración del agua pluvial al subsuelo de la Ciudad de México.

Con todo lo anterior, la presente guía considera, tanto, la cosecha del agua de lluvia como una fuente alternativa de agua, como, la infiltración pluvial para la disminución de los escurrimientos pluviales, lo que provocará una estrategia masiva de gestión pluvial que genere fuentes alternativas de agua, promueva la reutilización de aguas tratadas, en servicios no potables, reduzca la demanda de agua en los inmuebles, promueva la restitución hídrica del agua pluvial al subsuelo, reduzca las inundaciones y erosión del suelo, minimice el impacto de la construcción en el ciclo hidrológico, disminuya los hundimientos, las inundaciones y permita mantener el acuífero de la Ciudad de México.

ANTECEDENTES

La lluvia es el origen del agua que consumimos en la Ciudad de México, ya sea por deshielo de los volcanes, escurrimientos superficiales o acuíferos de esta u otras cuencas, su origen está ligado a la precipitación.

Desde su fundación, la Ciudad de México se estableció dentro de una cuenca endorreica, inicialmente rodeada de cuerpos de agua superficiales formados debido a las condiciones del suelo impermeables en las partes centrales, y alimentados por las avenidas de los ríos de las serranías perimetrales del valle.

Estos ríos a su vez mantenían los niveles de los acuíferos, al infiltrar el agua donde la geología lo permitiera, la infiltración se beneficiaba por una mayor retención de escurrimientos gracias a bosques y pastizales que cubrían estas serranías, los cuales su vez propiciaban la formación de nubes y la misma precipitación.

Esta cuenca endorreica comenzó a ser drenada artificialmente a principios del siglo XVII, evacuando de manera combinada las aguas pluviales y residuales de la Ciudad de México mediante grandes canales a cielo abierto, que pronto se convirtieron en drenajes profundos de grandes diámetros. Actualmente, a causa del incremento en los asentamientos humanos, la contaminación de zonas de recarga y la deforestación de superficies naturales, las aguas pluviales son contaminadas y expulsadas de la cuenca sin tratamiento alguno, por lo que la Ciudad de México ha perdido una gran parte de su capacidad de recarga de acuíferos.

Es de vital importancia mantener los escurrimientos pluviales dentro de la cuenca de una manera sostenible, segura y limpia, de tal manera que se pueda reutilizar en la medida de lo posible en actividades humanas y económicas, ya sea con calidad potable o no potable, y se retenga e infiltre de manera segura mediante mecanismos adecuados.

El manejo sostenible y completo del agua pluvial en la Ciudad de México debe considerar partes altas de la cuenca, incentivar la retención e infiltración, la construcción de infraestructura verde en banquetas, vialidades y otras áreas públicas, y el manejo del agua pluvial en edificaciones, áreas privadas y públicas.

Esta guía tiene como objetivo el establecer un mecanismo de identificación de tipos de edificación y los requerimientos a cumplir para poder obtener manifestaciones de construcción, en función de su impacto y posible mitigación de presión de demanda de agua y saneamiento.

El Cambio Climático generará cada vez más retos de habitabilidad de nuestras ciudades, en términos de temperatura, disponibilidad y distribución de precipitaciones, y sin un plan de acción efectivo en contra de los cambios drásticos climáticos, los habitantes; así como, la biodiversidad de la Cuenca, sufrirán efectos potencialmente irreversibles.

La sostenibilidad de la Ciudad de México depende de la acción colectiva de sus habitantes y sus instituciones de gobierno.

2. MÁRCO JURÍDICO

CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

Artículo 4. *Toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible. El Estado garantizará este derecho y la ley definirá las bases, apoyos y modalidades para el acceso y uso equitativo y sustentable de los recursos hídricos, estableciendo la participación de la Federación, las entidades federativas y los municipios, así como la participación de la ciudadanía para la consecución de dichos fines.*

LEY DE AGUAS NACIONALES

Artículo 1. *La presente Ley es reglamentaria del Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en materia de aguas nacionales; es de observancia general en todo el territorio nacional, sus disposiciones son de orden público e interés social y tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable.*

CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Artículo 9. Ciudad solidaria

F. Derecho al agua y a su saneamiento

- 1. Toda persona tiene derecho al acceso, a la disposición y saneamiento de agua potable suficiente, salubre, segura, asequible, accesible y de calidad para el uso personal y doméstico de una forma adecuada a la dignidad, la vida y la salud; así como a solicitar, recibir y difundir información sobre las cuestiones del agua.*
- 2. La Ciudad garantizará la cobertura universal del agua, su acceso diario, continuo, equitativo y sustentable. Se incentivará la captación del agua pluvial.*
- 3. El agua es un bien público, social y cultural. Es inalienable, inembargable, irrenunciable y esencial para la vida. La gestión del agua será pública y sin fines de lucro.*

LEY DEL DERECHO AL ACCESO, DISPOSICIÓN Y SANEAMIENTO DEL AGUA DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Artículo 27. *El Sistema de Aguas, en coordinación con la Secretaría y las Secretarías de Desarrollo Económico y de Finanzas, promoverá instrumentos económicos para aquellas personas que desarrollen o inviertan en tecnologías y utilización de prácticas, métodos o procesos que coadyuven a mejorar el manejo integral de los recursos hídricos, siempre y cuando cumplan con los criterios de sustentabilidad aprobados por la Secretaría.*

Artículo 77. *El Sistema de Aguas está facultada para:*

IV.BIS de “Revisar y aprobar los proyectos de los sistemas de recolección de aguas pluviales”

Artículo 86 BIS 1. *Las nuevas construcciones o edificaciones deberán contar con redes separadas de agua potable, de agua residual tratada y cosecha de agua de lluvia, debiéndose utilizar esta última en todos aquellos usos que no requieran agua potable; así mismo, deberán contar con la instalación de Sistemas Alternativos de uso de agua pluvial.*

Artículo 106. A fin de comprobar que los usuarios o concesionarios cumplan con las disposiciones de la Ley, su Reglamento, los títulos de concesión, los permisos y las disposiciones legales aplicables, el Sistema de Aguas estará facultado para:

I.- Llevar a cabo visitas de verificación

IV.- Supervisar que los aprovechamientos, tomas o descargas cumplan con lo dispuesto en la Ley

V.- Garantizar el debido cumplimiento de la presente Ley y su Reglamento

VI.- Garantizar la correcta prestación de los servicios concesionados o permisionarios

Artículo 107. Para efectos de la fracción I del artículo anterior; se practicarán visitas para comprobar:

II. Qué el funcionamiento de las instalaciones esté de acuerdo a la autorización otorgada

Artículo 110. El Sistema de Aguas en los términos de este capítulo, sancionará conforme a lo previsto por esta Ley, su Reglamento y las disposiciones legales aplicables por lo siguiente:

V. Alterar la infraestructura hidráulica autorizada sin permiso de la autoridad competente

VIII. Incumplir las obligaciones contenidas en los títulos de concesión o permiso otorgados

Artículo 111. Las faltas a que se refiere el artículo 110 serán sancionadas administrativamente por el Gobierno del Distrito Federal a través del Sistema de Aguas, con multas equivalentes a veces la Unidad de Cuenta de la Ciudad de México vigente y en el momento en que se cometa la infracción, conforme a lo siguiente:

I. Cuando se trate de usuarios domésticos en caso de violación a las fracciones:

a) IX, de 10 a 100;

b) V, X, XII, XIII, XV, XVI, XVII y XVIII, de 100 a 300

c) VII, y XX, de 300 a 1000

II. Cuando se trate de usuarios no domésticos en caso de violación a las fracciones:

a) IX, de 100 a 500

b) V, X, XI, XII, XIV, XV, XVIII, XXI, XXII, XXIII y XXV, de 500 a 1000

c) I, II, III, IV, VI, VII, VIII, XIII, XVI, XVII, XIX, XX y XXIV, de 1000 a 3000.

Artículo 123. El presente título es de orden público, interés social y de observancia general en el territorio del Distrito Federal y tiene por objeto:

I. Regular, promover, organizar e incentivar la cosecha de agua de lluvia, su potabilización para el consumo humano y uso directo en actividades rurales, urbanas, comerciales, industriales y de cualquier otro uso en el Distrito Federal, en congruencia con lo establecido en la Ley de Aguas del Distrito Federal y con el fin de consolidar y fortalecer las políticas, estrategias, programas y acciones gubernamentales y de participación de la población para la gestión sustentable e integral de los recursos hídricos y la prestación de los servicios públicos de agua potable, drenaje y alcantarillado, así como el tratamiento y reúso de aguas residuales;

Artículo 125 BIS 3. El sistema de captación y recarga de agua pluvial al subsuelo deberá estar indicado en los planos de instalaciones y formará parte del proyecto arquitectónico, que debe ser presentado para el trámite del registro de Manifestación de Construcción o Licencia de Construcción Especial. Dicho mecanismo deberá ser evaluado y aprobado por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México, así como contar con la aprobación de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda y de las Alcaldías.

Artículo 125 BIS 4. Todos los proyectos que estén sujetos al Estudio de Impacto Urbano deberán contar con un sistema de captación y recargas de aguas pluviales al subsuelo.

REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES PARA EL DISTRITO FEDERAL

ARTÍCULO 53. Para las manifestaciones de construcción tipos B y C, se deben cumplir los siguientes requisitos:

I. Presentar manifestación de construcción ante la Administración a través del formato establecido para ello, suscrita por el propietario, poseedor o representante legal, en la que se señalará el nombre, denominación o razón social del o de los interesados, domicilio para oír y recibir notificaciones; ubicación y superficie del predio de que se trate; nombre, número de registro y domicilio del Director Responsable de Obra y, en su caso, del o de los Corresponsables, acompañada de los siguientes documentos:

d) Dos tantos de los proyectos de las instalaciones hidráulicas incluyendo el uso de sistemas para calentamiento de agua por medio del aprovechamiento de la energía solar conforme a los artículos 82, 83 y 89 de este Reglamento, sanitarias, eléctricas, gas e instalaciones especiales y otras que se requieran, en los que se debe incluir como mínimo: plantas, cortes e isométricos en su caso, mostrando las trayectorias de tuberías, alimentaciones, así como el diseño y memorias correspondientes, que incluyan la descripción de los dispositivos conforme a los requerimientos establecidos por este Reglamento y sus Normas en cuanto a salidas y muebles hidráulicos y sanitarios, equipos de extinción de fuego, sistema de captación y aprovechamiento de aguas pluviales en azotea y otras que considere el proyecto.

Estos documentos deben estar firmados por el propietario o poseedor, por el proyectista indicando su número de cédula profesional, por el Director Responsable de Obra y el Corresponsable en Instalaciones, en su caso.

ARTÍCULO 58. Para obtener la licencia de construcción especial, se deben cumplir con los siguientes requisitos:

I. Cuando se trate de edificaciones en suelo de conservación, entregar:

d) Proyecto alternativo de captación y aprovechamiento de aguas pluviales y de tratamiento de aguas residuales aprobados por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México;

f) Dos tantos de los proyectos de las instalaciones hidráulicas incluyendo el uso de sistemas para calentamiento de agua por medio del aprovechamiento de la energía solar, conforme a los artículos 82, 83 y 89 de este Reglamento, sanitarias, eléctricas, de gas e instalaciones especiales y otras que se requieran, en los que se debe incluir como mínimo: plantas, cortes e isométricos en su caso, mostrando las trayectorias de tuberías, alimentaciones, así como el diseño y memorias correspondientes; incluyendo la descripción de los dispositivos que cumplan con los requerimientos establecidos por este Reglamento y sus Normas en cuanto a salidas y muebles hidráulicos y sanitarios, equipos de extinción de fuego, sistema de captación y aprovechamiento de aguas pluviales en azotea y otras que considere el proyecto.

ARTÍCULO 89. Las edificaciones nuevas no habitacionales y las de más de 1000 m² sin incluir estacionamiento, así como los establecimientos dedicados al lavado de autos, deben contar con redes separadas de agua potable, agua residual tratada y agua de lluvia debiéndose utilizar estas dos últimas en todos los usos que no requieran agua potable, de conformidad con lo establecido en la Ley de Aguas del Distrito Federal, las Normas y demás disposiciones aplicables en la materia.

ARTÍCULO 124. Las edificaciones nuevas de más de tres niveles deben contar con un almacenamiento con capacidad para satisfacer dos veces la demanda diaria de agua potable y estar equipadas con sistema de bombeo.

Toda construcción nueva de más de 200 m² de azotea deberá contar con un sistema de captación y aprovechamiento de agua pluvial de la superficie construida a nivel azotea, para lo cual deberá contarse con una

cisterna para este fin, dicho aprovechamiento se dará en todos aquellos usos que no requieran agua con calidad potable como inodoros, riego de áreas jardineadas y actividades de limpieza conforme a lo establecido en la Ley de Aguas del Distrito Federal y sus Reglamentos.

LEY AMBIENTAL DE PROTECCIÓN A LA TIERRA EN EL DISTRITO FEDERAL

Artículo 105. *Para el aprovechamiento sustentable de las aguas de competencia del Distrito Federal, así como el uso adecuado del agua que se utiliza en los centros de población, se considerarán los criterios siguientes:*

VIII. El aprovechamiento del agua de lluvia constituye una alternativa para incrementar la recarga de los acuíferos, así como para la utilización de ésta en actividades que no requieran de agua potable, así como también para el consumo humano, en cuyo caso, deberá dársele tratamiento de potabilización, de acuerdo con los criterios técnicos correspondientes.

REGLAMENTO INTERIOR DEL PODER EJECUTIVO Y DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Artículo 199. *El Sistema de Aguas de la Ciudad de México tiene por objeto ser el órgano operador en materia de recursos hidráulicos y de prestación de los servicios públicos de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y reúso de aguas residuales y cuenta con las siguientes atribuciones:*

I. Construir, operar y mantener la infraestructura hidráulica.

II. Dar cumplimiento a las disposiciones que en materia de recursos hidráulicos y protección ambiental le confiere la Ley de Aguas del Distrito Federal.

III. Fungir como autoridad fiscal en los términos establecidos en el Código Fiscal de la Ciudad de México, a efecto de ejercer todas las facultades conferidas a las autoridades fiscales, excepto aquellas que se asignen de manera exclusiva a alguna autoridad en particular.

IV. Elaborar, ejecutar, evaluar y vigilar el Programa de Gestión Integral de los Recursos Hídricos, como instrumento rector de la política hídrica.

V. Planear, organizar, controlar y prestar los servicios hidráulicos, y los procesos de tratamiento y reúso de aguas residuales, coordinándose en su caso con las delegaciones.

VI. Las demás que le confieran otras disposiciones jurídicas y administrativas aplicables.

NORMA GENERAL DE ORDENACIÓN 27. DE LOS REQUERIMIENTOS PARA LA CAPTACIÓN DE AGUAS PLUVIALES Y DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES

El Registro de Manifestaciones de Construcción B ó C, así como la Licencia Especial correspondiente estarán condicionados a que el proyecto de construcción incluya pozos de absorción para aguas pluviales. El Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y sus Normas Técnicas Complementarias, señalarán las especificaciones técnicas que debe cumplir la construcción de dichos pozos de absorción.

NORMA GENERAL DE ORDENACIÓN 4. ÁREA LIBRE DE CONSTRUCCIÓN Y RECARGA DE AGUAS PLUVIALES AL SUBSUELO

El área libre de construcción cuyo porcentaje se establece en la zonificación, podrá pavimentarse en un 30% con materiales permeables, cuando estas áreas se utilicen como andadores o huellas para el tránsito y/o estacionamiento de vehículos. El resto deberá utilizarse como área jardinada.

En los casos de promoción de vivienda de interés social y popular, podrá pavimentarse hasta 50% del área libre con materiales permeables.

Cuando por las características del subsuelo en que se encuentre ubicado el predio, se dificulte la infiltración del agua, o ésta resulte inconveniente por razones de seguridad por la infiltración de sustancias contaminantes, o cuando por razones de procedimiento constructivo no sea factible proporcionar el área jardinada que establece la zonificación, se podrá utilizar hasta la totalidad del área libre bajo el nivel medio de banqueteta, considerando lo siguiente:

El área libre que establece la zonificación deberá mantenerse a partir de la planta baja en todo tipo de terreno.

Deberá implementarse un sistema alternativo de captación y aprovechamiento de aguas pluviales, tanto de la superficie construida, como del área libre requerida por la zonificación, mecanismo que el Sistema de Aguas de la Ciudad de México evaluará y aprobará.

Dicho sistema deberá estar indicado en los planos de instalaciones hidrosanitarias o de instalaciones especiales y formarán parte del proyecto arquitectónico, previo al trámite del Registro de Manifestación de Construcción o Licencia de Construcción Especial.

Todos los proyectos sujetos al Estudio de Impacto Urbano deberán contar con un sistema alternativo de captación y aprovechamiento de aguas pluviales y residuales.

La autoridad correspondiente revisará que dicho sistema esté integrado a la obra. En caso de no acreditarlo, al momento del aviso de terminación de obra correspondiente, la autoridad competente no otorgará la autorización de uso y ocupación.

NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA EL DISEÑO Y EJECUCIÓN DE OBRAS E INSTALACIÓN HIDRÁULICA

1.2.3. Sistemas de alcantarillado pluvial

2.5.3. Redes de alcantarillado pluvial

6.3. Redes de evacuación de aguas negras y pluviales

6.3.4. Instalación de tuberías de redes de evacuación de aguas negras y pluviales

3. ALCANCES

En este manual se definen los alcances, especificaciones y parámetros de diseño para los distintos Sistemas Alternativos de agua, con la identificación de los tipos de requerimientos en función de su escala; así como, las distintas modalidades de captación, en función a la calidad de agua colectada.

4. OBJETIVOS

5.1. Objetivo General

- 5.1.1. Proveer una guía para el suministro y mantenimiento de una fuente alternativa de agua potable convencional, así como optimizar la utilización de agua pluvial.

5.2. Objetivos específicos

- Incentivar a las nuevas edificaciones a retener y aprovechar la mayor cantidad de agua de lluvia en parte de la Cuenca del Valle de México.
- Reducir el uso y dependencia sobre las fuentes de agua potable convencionales municipales o de pozo.
- Evitar los riesgos para los consumidores por parte de diseños deficientes, mala instalación, mantenimiento y operación del sistema de captación de agua de lluvia.
- Contribuir a la reducción de los hundimientos de la Ciudad al mitigar la sobreexplotación de acuíferos.
- Contribuir a la disminución de la erosión del suelo por erosión hídrica
- Mitigar de inundaciones en la vía pública.
- Disminuir las descargas de agua pluvial al drenaje de la Ciudad de México, previniendo la saturación del mismo y su eventual expulsión de la cuenca.

6. UNIDADES DE MEDIDA

Los valores se reportarán en el Sistema Internacional de Unidades(SI) con el Sistema Inglés en paréntesis cuando haga referencia a componentes de procedencia estadounidense.

7. NORMAS Y ESTÁNDARES DE REFERENCIA

- 7.1. SECRETARÍA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL. (2014). NMX -W-101/1-SCFI-2014 -PRODUCTOS DE COBRE Y SUS ALEACIONES-CONEXIONES DE COBRE SOLDABLES-ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE PRUEBA (CANCELA A LA NMX-W-101/1-1995-SCFI) COPPER AND COPPER ALLOYS PRODUCTS-WELDABLE COPPER FITTINGS-SPECIFICATIONS AND TEST METHODS 1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN
- 7.2. SECRETARÍA DE ECONOMÍA. (1980). NMX-AA-003-1980. AGUAS RESIDUALES. MUESTREO. (ESTA NORMA CANCELA LA NOM-AA-3-1975).
- 7.3. SECRETARÍA DE ECONOMÍA. (2012). NMX-E-018-CNCP-2012. INDUSTRIA DEL PLASTICO-TUBOS DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (PEAD) PARA LA CONDUCCION DE AGUA A PRESION ESPECIFICACIONES Y METODOS DE ENSAYO (CANCELA A LA NMX-E-018-SCFI-2002)
- 7.4. SECRETARÍA DE ECONOMÍA. (2015). NMX-E-145/3-CNCP-2014. INDUSTRIA DEL PLÁSTICO-CONEXIONES HIDRÁULICAS DE POLI (CLORURO DE VINILO) (PVC) SIN PLASTIFICANTE CÉDULA 40 CON UNIÓN PARA CEMENTAR-SERIE INGLESA-ESPECIFICACIONES (CANCELA A LA NMX-E-145/3-SCFI-2001).
- 7.5. SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. (1997). NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-003-SEMARNAT-1997, QUE ESTABLECE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES PARA LAS AGUAS RESIDUALES TRATADAS QUE SE REÚSEN EN SERVICIOS AL PÚBLICO
- 7.6. SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. (1996) NOM-002-SEMARNAT-1996, QUE ESTABLECE LOS LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES EN LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES A LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO URBANO O MUNICIPAL

- 7.7. "SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. (2004). NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-141-SEMARNAT-2003, QUE ESTABLECE EL PROCEDIMIENTO
- 7.8. PARA CARACTERIZAR LOS JALES, ASÍ COMO LAS ESPECIFICACIONES Y CRITERIOS PARA LA
- 7.9. CARACTERIZACIÓN Y PREPARACIÓN DEL SITIO, PROYECTO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y
- 7.10. POSTOPERACIÓN DE PRESAS DE JALES"
- 7.11. SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. (2007). NOM-147-SEMARNAT/SS-2004, QUE ESTABLECE CRITERIOS PARA DETERMINAR LAS CONCENTRACIONES DE REMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR ARSÉNICO, BARIO, BERILIO, CADMIO, CROMO HEXAVALENTE, MERCURIO, NÍQUEL, PLATA, PLOMO, SELENIO, TALIO Y/O VANADIO.
- 7.12. SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. (2011). NOM-001-CONAGUA-2011, SISTEMAS DE AGUA POTABLE, TOMA DOMICILIARIA Y ALCANTARILLADO SANITARIO-HERMETICIDAD-ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE PRUEBA.
- 7.13. SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. (2013). NOM-138-SEMARNAT/SS-2012, LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE HIDROCARBUROS EN SUELOS Y LAS ESPECIFICACIONES PARA SU CARACTERIZACIÓN Y REMEDIACIÓN.
- 7.14. SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. (2013). NOM-138-SEMARNAT/SS-2012, LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE HIDROCARBUROS EN SUELOS Y LAS ESPECIFICACIONES PARA SU CARACTERIZACIÓN Y REMEDIACIÓN.
- 7.15. SECRETARÍA DE SALUD. (2000). NOM-127-SSA1-1994, "SALUD AMBIENTAL, AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO-LIMITES PERMISIBLES DE CALIDAD Y TRATAMIENTOS A QUE DEBE SOMETERSE EL AGUA PARA SU POTABILIZACION".
- 7.16. SECRETARÍA DE SALUD. (2000). NOM-180-SSA1-1998, SALUD AMBIENTAL. AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO. EQUIPOS DE TRATAMIENTO DE TIPO DOMÉSTICO. REQUISITOS SANITARIOS.
- 7.17. SECRETARÍA DE SALUD. (2005). NOM-230-SSA1-2002, SALUD AMBIENTAL. AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO, REQUISITOS SANITARIOS QUE SE DEBEN CUMPLIR EN LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO PÚBLICOS Y PRIVADOS DURANTE EL MANEJO DEL AGUA. PROCEDIMIENTOS SANITARIOS PARA EL MUESTREO.
- 7.18. SECRETARÍA DE SALUD. (2015). NOM-201-SSA1-2015, PRODUCTOS Y SERVICIOS. AGUA Y HIELO PARA CONSUMO HUMANO, ENVASADOS Y A GRANEL. ESPECIFICACIONES SANITARIAS.
- 7.19. SECRETARÍA DE SALUD. (2015). NOM-201-SSA1-2015, PRODUCTOS Y SERVICIOS. AGUA Y HIELO PARA CONSUMO HUMANO, ENVASADOS Y A GRANEL. ESPECIFICACIONES SANITARIAS.
- 7.20. SECRETARÍA DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO. (2011). NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-031-STPS-2011, CONSTRUCCIÓN-CONDICIONES DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.
- 7.21. SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE. (2018). NORMA AMBIENTAL PARA EL DISTRITO FEDERAL NADF-013-RNAT-2017, QUE ESTABLECE LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE NATURACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO
- 7.22. SECRETARÍA DEL TRABAJO Y PREVISIÓN SOCIAL. (2015). NOM-033-STPS-2015, CONDICIONES DE SEGURIDAD PARA REALIZAR TRABAJOS EN ESPACIOS CONFINADOS.
- 7.23. SISTEMA DE AGUAS DE CIUDAD DE MÉXICO (2003). GUÍA DEL SISTEMA ALTERNATIVO.

Consultar APÉNDICE B. ESTÁNDARES ADICIONALES RELEVANTES/DOCUMENTOS

8. DEFINICIONES

Los términos enunciados a continuación están definidos en la manera en la cual serán utilizados en este documento. Definiciones adicionales de términos relevantes para los alcances del presente documento, pero no utilizados dentro del documento se podrán consultar en un Apéndice C para propósitos informativos.

- 8.1 Agua Potable. La que puede ser ingerida sin provocar efectos nocivos a la salud y que reúne las características establecidas por las normas oficiales mexicanas.
- 8.2 Agua para consumo humano. Toda aquella cuya ingestión no cause efectos nocivos a la salud. Se considera que no causa efectos nocivos a la salud, cuando se encuentra libre de gérmenes patógenos y de sustancias tóxicas, y cumple, además con los requisitos que se señalan en la Norma Oficial Mexicana NOM-201-SSA1-2015, Productos y servicios. Agua y hielo para consumo humano, envasados y a granel. Especificaciones sanitarias.
- 8.3 Agua Pluvial. La proveniente de la lluvia, nieve o granizo.
- 8.4 Agua Jabonosa o Gris. La proveniente de actividades domésticas, comerciales o de servicios, que por el uso a que ha sido objeto, contiene residuos de jabón, detergentes u otras sustancias químicas que alteran su calidad y composición original.
- 8.5 Agua Pluvial Cosechada. Los volúmenes de agua de lluvia, nieve o granizo captados mediante las obras, infraestructura, equipos e instrumentos adecuados en el Suelo Urbano y en el Suelo de Conservación por los sectores público, privado, social, ejidos, comunidades, barrios, pueblos y en los hogares de las y los habitantes de la Ciudad de México.
- 8.6 Agua Pluvial Potabilizada. Los volúmenes de agua pluvial cosechada resultante de haber sido sometida a procesos físico-químicos, biológicos y de potabilización adecuados para remover sus cargas contaminantes.
- 8.7 Agua Residual. La proveniente de actividades domésticas, industriales, comerciales, agrícolas, pecuarias o de cualquier otra actividad que, por el uso de que ha sido objeto, contiene materia orgánica y otras sustancias químicas que alteran su calidad y composición original.
- 8.8 Agua Tratada. La resultante de haber sido sometida a procesos de tratamiento para remover sus cargas contaminantes.
- 8.9 Agua de Tormentas. Agua pluvial que escurre por superficies naturales o pavimentadas, puede incluir las demasías de aguas pluviales de Sistemas de Captación de Agua de Lluvia y generalmente presenta un grado más elevado de contaminación por estar en contacto con la vía pública, incluye escurrimientos de jardines, parques, estacionamientos, banquetas, vialidades, y escurrimientos de fachadas, etcétera.
- 8.10 Cosecha de Agua de Lluvia. La acción de los sectores público, privado, social, ejidos, comunidades, barrios, pueblos y de las y los habitantes de la CDMX, para captar y aprovechar el agua de lluvia, nieve o granizo, regulada por la presente ley, y promovida, organizada e incentivada por la CDMX.
- 8.11 Cosechador(a) de Agua de Lluvia. Las dependencias, entidades, organismos, instituciones, organizaciones y entes públicos, privados y sociales, los ejidos, comunidades, barrios y pueblos, así como las y los habitantes del CDMX que conscientes de la fundamental importancia de construir colectivamente una nueva cultura del uso, ahorro y reúso del agua potable realicen las acciones individuales o colectivas que puedan para contribuir con el Gobierno de la CDMX para promover, organizar e incentivar la cosecha de agua de lluvia.
- 8.12 Barrera Solar. Componente opcional para evitar la incidencia solar sobre un sistema o almacenamiento de agua, reduciendo la ganancia térmica y la generación de algas en el agua por efecto de la luz y la temperatura.
- 8.13 Boca tormenta. Las bocas de tormenta en los sistemas de drenaje pluvial, se utilizan para recoger el escurrimiento y descargarlo a un colector subterráneo. Éstas se encuentran normalmente en cunetas o en calles pavimentadas.
- 8.14 Capa de retención. Espesor de suelo elaborado a base de una mezcla de agregados pétreos, (grava, tezontle, piedra de río) o sistemas prefabricados (celdas, cámaras) cuya función es almacenar en su interior un volumen de agua determinado.

- 8.15 Capa de tierra vegetal. Espesor de suelo elaborado con una mezcla de compost vegetal, arena y tierra natural adaptada para la realización de cualquier tipo de cultivo de plantas en el jardín.
- 8.16 Cisterna Pluvial o Tanque de Almacenamiento. El elemento de almacenamiento primario de agua de lluvia para su retención y posterior aprovechamiento.
- 8.17 Cubierta Plana. Una cubierta que no exceda 5% de inclinación.
- 8.18 Cubierta Inclinada. Una cubierta que excede 5% de inclinación, sin llegar a la vertical.
- 8.19 Desinfección. Reducción de microorganismos viables a un nivel aceptable para la aplicación requerida, la medida de medición estándar es Unidad Formadora de Colonias por mililitro (UFC/ml)
- 8.20 Descarga. Acción de verter aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.
- 8.21 Dispositivo de Flujo Laminar (Anti-Turbulencias): Dispositivos o métodos para generar una admisión de agua pluvial dentro de un tanque que no genere una agitación de los sedimentos asentados previamente e incentive la rápida sedimentación de partículas finas y gruesas.
- 8.22 Drenaje Pluvial. Todos los componentes requeridos desde el origen de la captación en una superficie, coladeras, accesorios y tuberías, que cumplen las normatividades y calidades en materiales, para conducir el agua pluvial por métodos ventilados atmosféricamente o sifónicos, que garantizan la correcta evacuación del agua hasta el punto de recolección y/o descarga a puntos de almacenamiento, retención, absorción, infiltración o descarga de demasías a drenajes municipales, áreas naturales y cuerpos de agua superficiales, cumpliendo la normatividad de calidad y condiciones de descarga locales.
- 8.23 Equipo de tratamiento. Dispositivos que mediante procesos físicos o químicos remueven la carga de contaminantes orgánicos e inorgánicos del agua pluvial o del agua tormenta, y los cuales mejoran la calidad de agua pluvial o tormenta previo a su aprovechamiento o infiltración o descarga a cuerpos de agua.
- 8.24 Filtración. Remoción física de contaminantes en el medio acuoso, separándolos del efluente cosechado.
- 8.25 Filtración por Adsorción. Remoción de Sólidos Disueltos Totales (SDT)
- 8.26 Filtración de Partículas o Tamizado. Remoción de partículas suspendidas, medidos en Sólidos Suspendidos Totales (SST).
- 8.27 Filtro Malla o Criba. Un dispositivo resistente a la corrosión, de una apertura específica para retener, remover o desviar partículas.
- 8.28 Geotextil. Material textil sintético plano formado por fibras poliméricas (polipropileno, poliéster o poliamidas), similar a una tela, de gran deformabilidad, empleada para obras de ingeniería en aplicaciones geotécnicas (en contacto con tierras y rocas), cuya misión es hacer las funciones de separación o filtración, drenaje, refuerzo o impermeabilización.
- 8.29 Infraestructura verde. uso estratégico de redes de tierras naturales, paisajes trabajados y espacios abiertos para conservar los valores y funciones de los ecosistemas para proveer beneficios asociados a la población humana.
- 8.30 Límite máximo permisible. Valor o rango asignado a un parámetro, que no debe ser excedido por el responsable del suministro de agua residual tratada.
- 8.31 Obra de excedencias. Obra hidráulica que permite el paso y descarga segura de las demasías pluviales que no pueden ser almacenadas por los sistemas de retención.
- 8.32 Paleta Vegetal. Listado de plantas seleccionadas acorde a criterios ecológicos, ambientales y paisajísticos. Los criterios son el clima, el tipo de suelo y el ecosistema local.
- 8.33 Parámetro. Variable que se utiliza como referencia para determinar la calidad física, química y biológica del agua.
- 8.34 Punto de Uso. Se define a un accesorio de provisión de agua purificada, que puede brindar un tratamiento adicional al agua, para usarse o consumirse por el usuario.

- 8.35 Precipitación. Agua que se precipita de la atmósfera en todos sus estados físicos, desde vapor, rocío, condensación, lluvia, granizo y nieve, ver. *Agua de Lluvia*.
- 8.36 Riego Superficial. Sistema de irrigación sobre o arriba del nivel de piso, parcial o totalmente visible.
- 8.37 Riego Subsuperficial. Sistema de irrigación por debajo del nivel de piso, parcial o totalmente oculto.
- 8.38 Sedimentación. El efecto de depósito de Sólidos Sedimentables Totales en el fondo de un recipiente, por efecto de la gravedad.
- 8.39 Separador de Primeras Lluvias (*First Flush* en inglés). La separación de la carga inicial de contaminantes de la lluvia por medio de un mecanismo de separación física automático donde no necesita la intervención de una persona para su activación inicial, pero puede requerir una operación posterior, ya sea después de cada evento o después de un periodo determinado de acumulación de contaminantes. La saturación de contaminantes no deberá bloquear el flujo de agua hacia un punto de demasías o rebose, para salvaguardar la seguridad del sistema.
- 8.40 Separador de Residuos y/o Partículas. Remoción física de contaminantes en el medio acuoso, separándolos del efluente cosechado
- 8.41 Sistema de bombeo. Sistema electromecánico o manual cuya función es elevar el agua hasta cierto punto para vencer desniveles y continuar la conducción hasta el vertido final.
- 8.42 Sistema de alcantarillado urbano o municipal. Es el conjunto de obras y acciones que permiten la prestación de un servicio público de alcantarillado, incluyendo el saneamiento, entendiendo como tal la conducción, tratamiento, alejamiento y descarga de las aguas residuales.
- 8.43 Succión a Bombeo con Presión Positiva. Cuando el sistema de bombeo recibe parte del empuje del agua por ubicarse cerca o debajo del nivel mínimo de almacenamiento de agua, es auto-cebante y debe interrumpirse la operación de la bomba antes de alcanzar el nivel de la succión de la bomba, para evitar operación en seco y daño.
- 8.44 Succión a Bombeo con Presión Negativa. Cuando la bomba debe generar una succión para el desplazamiento del líquido, por ubicarse sobre el nivel del espejo de agua. Deberá mantener una columna de agua para poder efectuar la succión, de lo contrario puede fallar y presentar un daño.
- 8.45 Superficies de captación. Es toda aquella azotea, techumbre, pavimento o superficie en la cual se precipita la lluvia y genera un escurrimiento pluvial que es posible aprovechar o infiltrar.
- 8.46 Superficies Impermeables Artificiales. Estas tienen distintas características de aportación y concentración de contaminantes orgánicos e inorgánicos, y se dividen en dos grupos principales.
- 8.47 Superficies Permeables Naturales. Áreas verdes, bosques, barrancas y suelo de conservación.
- 8.48 Superficies Clase 1 y 2. Ubicadas dentro de una propiedad, cubiertas de edificaciones compuestas por materiales impermeables con distintas características y grados de emisión de contaminantes, ver sección 9.
- 8.49 Superficies Clase 3. Ubicadas dentro de una propiedad, patios, terrazas, circulaciones y estacionamientos privados, jardines, jardineras, etcétera, con posibilidad de emisión de contaminantes, ver sección 9.
- 8.50 Superficies Públicas Clase 4. Ubicadas en la vía pública, pavimentos, vialidades, banquetas, parques, andadores, etcétera, ver sección 9.
- 8.51 Tanque Tormentas. Dispositivo diseñado para retener temporalmente el agua de tormenta y las excedencias del sistema pluvial previo a su descarga en el drenaje de la Ciudad de México, evitando inundaciones en drenajes y colectores públicos.
- 8.52 Tuberías de Conducción. Sistema de transporte de agua por medio de tuberías, mangueras y accesorios que conducen agua de un punto inicial a un punto de descarga o uso.
- 8.53 Válvulas Anti-Retorno (Check). Válvulas que evitan el regreso de agua a través de una tubería, ya sea a presión o por gravedad, evitando contaminación del agua antes de la válvula.

9. CLASIFICACIÓN Y REQUISITOS

El Sistema Alternativo (SA) debe de estar diseñado con el objetivo de incentivar la retención e infiltración de los escurrimientos pluviales, la reutilización del agua y su saneamiento en la medida de lo posible, evitando su descarga en drenajes combinados salvo en casos de demasías por tormentas intensas.

Las superficies de captación de los Sistemas Alternativos se clasifican en cuatro clases y la descripción de las mismas se encuentran en la Tabla 1.

Tabla 1. Descripción de los tipos de superficie de captación. Elaboración propia.

Tipo de superficie	Superficie de captación	Descripción
Clase 1 (C1)	Cubiertas	No deberán emitir contaminantes orgánicos e inorgánicos, deberán estar contruidos de materiales inertes (barro, concreto, loseta, vidrio, lámina galvanizada, lámina esmaltada, policarbonato, etcétera).
Clase 2 (C2)	Cubiertas	Con posible emisión de contaminantes orgánicos (hidrocarburos, cubiertas verdes ajardinadas, cubiertas naturadas, maceteros, materiales biodegradables, y con posible contaminación inducida, de origen animal, espacios habitables, etcétera).
Clase 3 (C3)	Pavimentos Privados	Terrazas en distintos niveles, andadores, pavimentos, circulaciones viales, estacionamientos, jardines, generalmente a nivel de planta baja o inferiores.
Clase 4 (C4)	Pavimentos Públicos	Banquetas, andadores, parques, estacionamientos, vialidades, rampas.

Las superficies de captación Clase 1 son cubiertas que por su composición no emitan contaminantes orgánicos o inorgánicos, por ejemplo, barro, concreto, loseta, vidrio, lámina galvanizada, lámina esmaltada, policarbonato, entre otras.

Las superficies de captación Clase 2 son cubiertas propensas al arrastre de contaminantes orgánicos dado al uso al que están destinados, por ejemplo, hidrocarburos, cubiertas verdes ajardinadas, cubiertas naturadas, maceteros, materiales biodegradables, y con posible contaminación inducida, de origen animal, espacios habitables, etcétera. Únicamente se considera una cubierta naturada Clase2 cuando cumpla con la Norma Ambiental para la Ciudad de México NADF-013-RNAT-2017, que Establece las Especificaciones Técnicas para la Instalación de Sistemas de Naturación en la Ciudad de México.

Las superficies de captación Clase 3 son áreas pavimentadas dentro del predio, por ejemplo, terrazas en distintos niveles, andadores, pavimentos, circulaciones viales, estacionamientos, jardines, generalmente a nivel de planta baja o inferiores.

Las superficies de captación Clase 4 son áreas pavimentadas fuera del predio, por ejemplo, banquetas, andadores, parques, estacionamientos, vialidades y rampas, que tienen la posibilidad de utilizarse como áreas de bio-retención.

Los Sistemas Alternativos deben de diseñarse considerando la segregación de los flujos de cada clase superficie Ilustración 1.

proyecto registrado o autorizado, la Administración ordenará al propietario efectuar las modificaciones que fueren necesarias, conforme a este Reglamento y en tanto éstas no se ejecuten, la Administración no autorizará el uso y ocupación de la obra. (Art. 69 del RCCDMX).

Todos los estudios solicitados deberán estar firmados por el especialista que los elaboró, el cual debe contar con cedula profesional vigente.

Tabla 2. Requerimientos por tipos de construcción. Elaboración propia.

Manifestación de Construcción	Tipo de Construcción	Superficie de Construcción	Retención e infiltración pluvial	Reúso de agua captada	Uso de agua tratada en servicio no potable	Medición
Artículo 62- Reglamento de construcciones para el Distrito Federal	Programas de Gobierno	mayor a 120 m²	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio
Manifestación de Construcción Tipo A	Residencial Unifamiliar	menor a 120 m²	Opcional	Opcional	Opcional	Opcional
Manifestación de Construcción Tipo B	No Habitacional	menor de 5,000 m²	Obligatoria	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio
Manifestación de Construcción Tipo B	Habitacional/Mixto	menor de 10,000 m²				
Manifestación de Construcción Tipo C	No Habitacional/Mixto	más de 5,000 m²				
Manifestación de Construcción Tipo C	Habitacional/Mixto	más de 10,000 m²				
Manifestación de Construcción Especial	Variable	Suelo de Conservación				

- a) Para el Tipo de Construcción Programas de Gobierno se puede entender los Sistemas Alternativos proyectados por el Instituto de Vivienda de la Ciudad de México (INVI) o cualquier dependencia del Gobierno de la Ciudad de México que bajo sus lineamientos lo indique. Este tipo de Sistema Alternativo debe tener una superficie de captación mayor a 120 m², es obligatorio que cuente con un sistema de retención e infiltración pluvial, un sistema de reúso de agua para el agua captada; asimismo debe contar con uso de agua tratada para servicios no potables y con la instalación de medidores de acuerdo a la sección 12. Medición.
- b) En referencia a los Sistemas Alternativos para la Manifestación de Construcción Tipo A son construcciones de tipo Residencial Unifamiliar con una superficie de construcción menor a 120 m², la instalación de sistemas de retención e infiltración pluvial o de reúso de agua captada es opcional, no es obligatorio el uso de agua tratada en servicio no potable, la medición es opcional y en caso de realizarla se debe de hacer de acuerdo con la sección 12. Medición.
- c) Con respecto a las Manifestaciones de Construcción Tipo B y C es obligatorio un sistema de retención e infiltración pluvial, un sistema de reúso de agua para el agua captada; contar con el uso de agua tratada para servicios no potables y con la instalación de medidores de acuerdo a la sección 12. Medición.

Para los sistemas de retención e infiltración es factible instalar infraestructura verde para la retención e infiltración de excedencias de agua pluvial, escurrimientos de aguas de tormentas de superficies Clase 3 dentro

de los límites de la propiedad, en caso de no ser viable dentro del predio se deberá ejecutar un proyecto especial instalando en superficies en Clase 4, es decir, infraestructura verde en la vía pública (Ver APÉNDICE A. ESQUEMAS DE RETENCIÓN E INFILTRACIÓN PLUVIAL).

Los usos permitidos para el agua captada en función de la superficie y origen se mencionan a continuación (Tabla 3).

Tabla 3. Usos del agua de lluvia en función de su origen. Elaboración propia.

Tipo de superficie	Fuente/Origen	Reutilización Potable	Reutilización No Potable	Infiltración-Absorción
Clase 1	Cubiertas Limpias	Si	Si	Si
Clase 2	Cubiertas No Limpias	Si (Opcional)	Si	Si
	Cubiertas Verdes	Si (Opcional)	Si	Si
Clase 3	Pavimentos Privados	No	Si (Opcional)	Si
Clase 4	Pavimentos Públicos	No	No	Si
En todos los casos sin llegar a consumo humano.				

- a) Superficies Tipo Clase 1 el agua captada puede ser reutilizada como agua potable y no potable; y en los sistemas de retención e infiltración; nunca para consumo humano.
- b) Superficies Tipo Clase 2 el agua capta puede ser reutilizada como agua potable, nunca para consumo humano; es posible su reutilización como agua no potable y en los sistemas de retención e infiltración. Las aguas pluviales cosechadas en cubiertas verdes y terrazas habitables se podrán reutilizar en servicios potables, nunca para consumo humano, solamente si incorporan un proceso de potabilización avanzado, que garantice el cumplimiento permanente de la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, si no se cumple con este requisito, se deberá reutilizar el agua en servicios no potables.
- c) Superficies Tipo Clase 3 el agua capta no puede ser reutilizada como agua potable, es opcional su reutilización como agua no potable y es posible utilizarla en los sistemas de retención e infiltración. Se podrán tratar las aguas pluviales que tengan contacto con pavimentos siempre y cuando se cuente con mecanismos de retención de grasas e hidrocarburos, y cuenten con un método de filtración suficiente para cumplir con los límites permisibles de parámetros de contaminantes descritos en la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997.
- d) Superficies Tipo Clase 4 el agua capta no puede ser reutilizada como agua potable o no potable, es posible utilizarla en los sistemas de retención e infiltración.

10. REQUERIMIENTOS PARA DISEÑO E INSTALACIÓN

Deberá implementarse un Sistema Alternativo para toda la superficie construida, mecanismo que el Sistema de Aguas de la Ciudad de México evaluará y aprobará. El Sistema de Cosecha de Agua de Lluvia se diseñará considerando lo siguiente:

- Se deberán crear redes de drenaje pluvial separadas, un tanque (tanque pluvial) que captará el agua de lluvia proveniente de azoteas dela Clase 1 y tanque tormenta y/o sistema de infraestructura verde captará el agua pluvial proveniente de planta baja (Clase 2 y3) y la línea de rechazo de los equipos de tratamiento pluvial (agua de retrolavado).

10.1 Parámetros para Superficies de Captación

10.1.1 Generales

Todos los componentes y accesorios utilizados en la instalación de un Sistema Alternativo deberán cumplir con las Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones de la Ciudad de México, el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de la Comisión Nacional del Agua(CONAGUA), o cumplan con una aprobación expresa por parte del Organismo Operador Local, Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX).

10.1.2 Uso como Agua No Potable

Las superficies de captación Clase 2 (Tabla 1) deberán ser impermeables y estar ubicadas arriba del nivel de piso en Planta Baja o Nivel medio de banquetta, evitando riesgos de contaminación de pavimentos.

Aplicable solamente para proyectos de Manifestación Tipo A, el agua captada deberá estar filtrada o tratada a un nivel de calidad que sea apropiada para su reutilización en servicios no potables de manera segura e higiénica.

La autoridad de local con jurisdicción deberá mandar el estándar mínimo de calidad, como referencia se deberá usar la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997 o de la normatividad aplicable en materia calidad de agua potable.

La recolección o captación de agua pluvial de pavimentos, estacionamientos y superficies similares, se podrán tratar para su reutilización como agua no potable, siempre y cuando se cuente con mecanismos de retención de grasas e hidrocarburos.

10.1.3 Uso como Agua Potable

Las superficies de captación Clase 1 (Tabla 1) deberán ser impermeables y estar ubicadas arriba del nivel de piso en Planta Baja o Nivel medio de banquetta, evitando riesgos de contaminación de pavimentos.

Se deberá cumplir con la calidad de agua de la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, así como, contar con mecanismos de control de calidad con redundancia, asegurando su adecuada desinfección e impidiendo el riesgo de contaminación bacteriológica del agua potabilizada.

10.2. Sistema de canalización y Distribución de Agua Pluvial

El drenaje pluvial, canalones y bajadas pluviales deberán cumplir con los siguientes puntos:

- Todas las tuberías, canales, componentes, y los materiales usados deberán ser manufacturados de un material aprobado para su uso y aplicación destinada, en conformidad de los estándares mexicanos u homologas internacionales; descritos en la sección de 10.12.2. Dimensionamiento (10.2.1.1. Sistema de Drenaje Aéreo).
- Se podrán emplear sistemas de conducción tipo convencional (atmosféricos) o sifónicos, cuyos diámetros responderán en función de un cálculo de diseño por intensidad, según la ubicación del proyecto, acorde con las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Ejecución de Obras e Instalaciones Hidráulicas y lo marcado en los puntos subsiguientes; asimismo, se tendrá que entregar la memoria de cálculo, metodologías utilizadas y software en caso que la Autoridad lo requiera para su revisión y aprobación. La memoria de cálculo deberá contar en cada una de sus hojas con firma del especialista responsable y del Director Responsable de Obra (D.R.O.), ambos deberán contar con cedula profesional vigente.

10.2.1. Diseño y cálculo de redes y alcantarillado pluvial

El alcantarillado pluvial se divide en dos tipos de sistemas, el “Sistema de Drenaje Aéreo” que está formado generalmente por las coladeras de azotea, canalones, bajadas pluviales y colectores aéreos (colgantes), y el “Sistema de Drenaje de Pisos” que está constituido por bocas de tormenta, registros pluviales (pozos de visita) y colectores de piso. Los cuales se combinan para drenar las aguas pluviales del edificio, permitiendo su conducción segura hasta el tanque pluvial o tanque tormenta.

10.2.1.1. Sistema de Drenaje Aéreo

El Sistema de Drenaje Aéreo se dimensionará tomando las siguientes consideraciones:

- El Sistema de Drenaje Aéreo solo conducirá agua pluvial, no se permitirá la descarga de aguas sanitarias o residuales de procesos o de equipos en este drenaje. El Sistema de Drenaje Aéreo de las aguas pluviales deberá estar separado de las aguas sanitarias y residuales.
- Para el cálculo de las coladeras de azotea, canalones, bajadas pluviales y colectores aéreos, se considerará una intensidad de lluvia de 5 minutos de duración y 10 años de tiempo de retorno, para obtener este valor se deberá ubicar la dirección de la obra en la gráfica de la isolínea para parámetro hidrológico de diseño para la captación de agua de lluvia, para su visualización se realizará a través del código QR (Ilustración 2).



Ilustración 2. Link de acceso a isolíneas 5 minutos, 10 años.

Fuente: https://drive.google.com/open?id=1cnaw6a_YURsShtyW-hEPWtpWz5wS4edQ&usp=sharing

- Para el diseño se emplearán los siguientes coeficientes de escurrimiento para los diferentes tipos de superficies (Tabla 4).

Tabla 4. Coeficientes de escurrimiento por tipo de superficie. Elaboración propia.

Tipo de superficie	Coeficiente de escurrimiento	Sistema a diseñar
Clase 1	0.95	Sistema de Drenaje Aéreo
Clase 2	0.95	Sistema de Drenaje Aéreo
	0.80 (Cubierta verde)	Sistema de Drenaje Aéreo
Clase 3	0.80	Sistema de Drenaje Aéreo/Pisos
Clase 4	0.80	Sistema de Drenaje Pisos
Cualquier otro tipo de superficie impermeable se considerará un coeficiente de 0.85.		

- Cuando los canalones y colectores aéreos se diseñen a gravedad, deberán tener una pendiente entre 1% y 2% y se diseñarán para ocupar hasta la cuarta parte de su área transversal.
- En sistema a gravedad, el diámetro mínimo de las bajadas pluviales y colectores aéreos será de 100 mm, exceptuando áreas menores a 50m² de área tributaria, en estos casos se podrá emplear diámetros mínimos de 50mm.

El gasto de aportación pluvial se calculará con el método Racional Americano, Ecuación 1.

Ecuación 1. Gasto de aportación pluvial

$$Q_p = 2.778 * C * i * A$$

Dónde:

Q_p = Gasto pico, en l/s

C = Coeficiente de escurrimiento

i = Intensidad media de la lluvia para una duración igual al tiempo de concentración

A = Área de aportación en ha

2.778 = Coeficiente para uniformizar las unidades utilizadas y obtener el gasto en l/s

Se podrá usar hasta 25% del área transversal de las conducciones. Los canalones, bajadas pluviales y colectores aéreos no deberán tener elementos que obstruyan o restrinjan la velocidad del agua.

En Sistemas de Drenaje Aéreo gravedad se podrá emplear la Tablas 5, Drenaje Pluviales Horizontales y Tabla6, Bajadas Pluviales de la Norma de Diseño de Ingeniería en Instalaciones, Hidráulica Sanitaria y Especiales del IMSS para el diseño y selección de las bajadas pluviales y colectores aéreos.

Tabla 5. Drenajes Pluviales horizontales. Modificado de Norma de Diseño de Ingeniería en Instalaciones, Hidráulica Sanitaria y Especiales del IMSS.

Precipitación de diseño (mm/h)	Área tributaria en proyección horizontal m ²														
	Según diámetro de la tubería (mm)														
	Pendiente 1%					Pendiente 1.5%					Pendiente 2%				
	75	100	150	200	250	75	100	150	200	250	75	100	150	200	250
50	152	348	990	2128	3828	186	426	1212	2604	4688	214	492	1396	3008	5414
60	127	290	825	1773	3190	155	355	1010	2170	3907	178	410	1163	2507	4512
70	109	249	707	1520	2734	133	304	866	1860	3349	153	351	997	2149	3867
80	95	217	619	1330	2392	116	266	757	1627	2930	134	307	872	1880	3384
90	84	193	550	1182	2127	103	237	673	1447	2604	119	273	776	1671	3008
100	76	174	495	1064	1914	93	213	606	1302	2344	107	246	698	1504	2707
110	69	158	450	967	1740	85	194	551	1184	2131	97	224	636	1367	2461
120	63	145	412	887	1595	77	177	505	1085	1953	89	205	582	1253	2256
130	58	134	381	818	1472	72	164	466	1002	1803	82	189	537	1157	2082
140	54	124	354	760	1367	66	152	433	930	1674	76	176	499	1074	1934
150	51	116	330	709	1276	62	142	404	888	1563	71	164	465	1003	1805
160	47	109	309	665	1196	58	133	379	814	1465	67	154	436	940	1692
170	45	102	291	626	1126	55	125	356	766	1379	63	145	411	885	1592
180	42	97	275	591	1063	52	118	337	723	1302	59	137	388	836	1504
190	42	92	261	560	1007	49	112	319	685	1234	56	129	367	792	1425
200	38	87	247	532	967	46	106	303	651	1172	53	123	349	752	1353

*Cuando la intensidad de diseño se encuentre entre dos filas se deberá emplear la intensidad mayor inmediata.

Si la intensidad de la precipitación y/o el área tributaria excede los valores de la tabla se deberá hacer el cálculo correspondiente a detalle.

Tabla 6. Bajadas pluviales. Modificado de Norma de Diseño de Ingeniería en Instalaciones, Hidráulica Sanitaria y Especiales del IMSS.

Área tributaria en proyección horizontal m ²					
Precipitación de diseño (mm/h)	Según diámetro de la tubería (mm)				
	75	100	150	200	250
50	136	416	868		
60	113	347	723		
70	97	297	620	1820	
80	85	260	542	1592	
90	76	231	482	1416	
100	68	208	434	1274	2737
110	62	189	395	1158	2488
120	57	173	362	1062	2281
130	52	160	334	980	2105
140	49	149	310	910	1955
150	45	139	289	849	1825
160	42	130	271	796	1711
170	40	122	255	749	1610
180	38	116	241	708	1521
190	36	109	228	671	1441
200	34	104	217	639	1368
*Cuando la intensidad de diseño se encuentre entre dos filas se deberá emplear la intensidad mayor inmediata.					

- Se podrá usar hasta 25% del área transversal de las bajadas pluviales.
- Cuando el sistema se diseñe a gravedad, se deberá emplear dispositivos reductores de velocidad a cada 10m de altura, para este fin se podrá emplear dispositivos especiales o realizar cambios en la dirección. Cuando se realicen cambios en la dirección, se deberán realizar al menos con una longitud horizontal de 2m.
- Sí el área total tributaria supera los 1,500m² o la altura del inmueble supera los 20m de altura, se recomienda emplear sistemas de drenaje sifónicos, y deberán romper el efecto sifón antes o en el momento de ingresar al equipo de tratamiento pluvial del sistema de captación de agua de lluvias o cuando empiece el Sistema de Drenaje de Piso. Los sistemas sifónicos deberán cumplir con los parámetros establecidos en la norma americana ASME A112.6.9 o la norma europea UNE-EN 1253-2.

10.2.1.1.a Drenaje de emergencia

El drenaje de emergencia sirve para evacuar aguas pluviales cuando el caudal de estas supera la capacidad de drenaje del sistema primario. Se trata de un sistema de drenaje independiente y debe de planificarse y construirse por separado. El drenaje de emergencia puede llevarse a cabo mediante rebosaderos o puntos de desborde en la fachada o con un sistema de tuberías independiente.

En caso de los sistemas de emergencia, como medida constructiva la entrada del agua al rebosadero debe quedar al menos 5.5 cm por encima del nivel de entrada del agua al sistema primario (Ilustración 3).

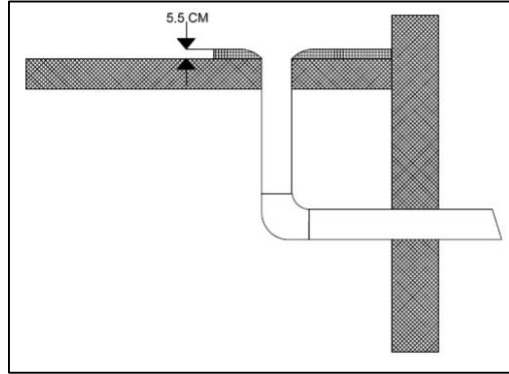


Ilustración 3. Diagrama sistema de drenaje de emergencia. Fuente: Elaboración propia.

La capacidad mínima de drenaje del sistema de emergencia debe ser la resultante de la diferencia entre la intensidad de lluvia de 5 min con periodo de retorno de 100 años y la intensidad de lluvia de 5 min con periodo de retorno de 10 años, de acuerdo con la siguiente ecuación.

Ecuación 2. Gasto de aportación pluvial para el sistema de emergencia.

$$Q_{PE} = 2.778 * C * (i_{5,100} - i_{5,10}) * A$$

Dónde:

Q_{PE} = Gasto de aportación para sistemas de emergencia, en l/s

C = Coeficiente de escurrimiento

$i_{5,100}$ = Intensidad media de la lluvia para una duración de 5 min con periodo de retorno de 100 años

$i_{5,10}$ = Intensidad media de la lluvia para una duración de 5 min con periodo de retorno de 10 años

A = Área de aportación, en ha

2.778 = Coeficiente para uniformizar las unidades utilizadas y obtener el gasto en l/s



Ilustración 4. Link de acceso a isóneas 5 minutos, 100 años.

Fuente: https://drive.google.com/drive/folders/1Lhd1clTzdkORElYWecC7OkodACoq_y_s?usp=sharing

Para mayor detalle puede referenciarse a la norma internacional europea UNE-EN 12056, u homologas.

10.2.1.2. Sistema de Drenaje de Pisos

El Sistema de Drenaje de Pisos se dimensionará tomando las siguientes consideraciones:

- Solo conducirá agua pluvial, no se permitirá la descarga de aguas sanitarias o residuales de procesos o de equipos en este drenaje. El Sistema de Drenaje de Pisos de las aguas pluviales será independiente del drenaje de aguas sanitarias y residuales.
- Para el cálculo de las coladeras de las bocas de tormenta, rejillas y colectores de pisos, se considerará una intensidad de lluvia de 5 minutos de duración y 10 años de tiempo de retorno, para obtener este valor se ubicará la dirección de la obra en la gráfica de isolínea para parámetro hidrológico de diseño para la captación de agua de lluvia, para su visualización se realizará a través del código QR (Ilustración 2).
- Para el diseño se emplearán los coeficientes de escurrimiento de la Tabla 4.
- El diámetro mínimo en el Sistema de Drenaje de Pisos será de 200mm. Las pendientes mínimas, anchos de zanja, colchones mínimos, coeficientes de escurrimiento, velocidad mínima, velocidad máxima y otras consideraciones técnicas necesarias para el correcto diseño del sistema se referirán a lo establecido en el “Manual de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento” de la Comisión Nacional del Agua y en las Normas técnicas complementarias del Reglamento de Construcción de la Ciudad de México.
- Para el cálculo del gasto de conducción del sistema, velocidad, radio hidráulico y otros cálculos hidráulicos se empleará la ecuación combinada de continuidad-Manning.
- El gasto de aportación pluvial se calculará con el método Racional Americano (Ecuación 1).
- Las conducciones podrán ocupar hasta 90% de su área transversal para el evento de diseño.
- Las bocas de tormenta, rejillas, registros pluviales y colectores de pisos no deberán tener elementos que obstruyan o restrinjan la velocidad del agua.

10.3. Pre-Filtración

Todos los sistemas de captación deberán tener un sistema de pre-tratamiento de agua pluvial, como rejillas, malla o tamizantes de ingresar a la cisterna pluvial.

- El pre-tratamiento deberá incluir una malla o tamiz que evite la entrada de partículas y residuos como hojas y ramas, insectos y otros vectores, así como otros organismos, a la cisterna pluvial que podrían poner en riesgo la calidad del agua almacenada. La malla deberá estar fabricada de un material no-corrosivo, y que no tenga aperturas mayores a 0.15 mm (1,500 micras o 1/16 de pulgada) o que tenga alguna certificación por parte de alguna autoridad de gobierno para remover partículas mayores a 500 micras.
- Los filtros deberán permitir el rechazo de agua a demásías en caso de obstrucción, evitando poner en riesgo la instalación pluvial y la propiedad.
- Si se usa más de una cisterna pluvial de manera independiente, se deberá usar una malla o tamiz por cada una, no se podrá instalar una cisterna sin control de partículas a la entrada, en caso de estar interconectadas, se podrá hacer uso de un solo dispositivo a la entrada, siempre y cuando esté capacitado para el gasto hidráulico de diseño.

Los dispositivos de pre-tratamiento deberán estar colocados de tal manera que sean accesibles para el mantenimiento e inspección, acorde a las especificaciones del fabricante.

10.4. Separadores de Contaminación de Primeras Lluvias

La separación de la carga inicial de contaminantes de la lluvia por medio de un mecanismo de separación física automático donde no necesita la intervención de una persona para su activación inicial. Pueden ser de las siguientes modalidades:

10.4.1. Desviación

Se separa físicamente un volumen determinado de agua pluvial antes de iniciar la captación, y esto puede ser con válvulas, separadores por peso, temporizadores, etcétera. Se puede ajustar para separar un volumen determinado en función de las condiciones locales.

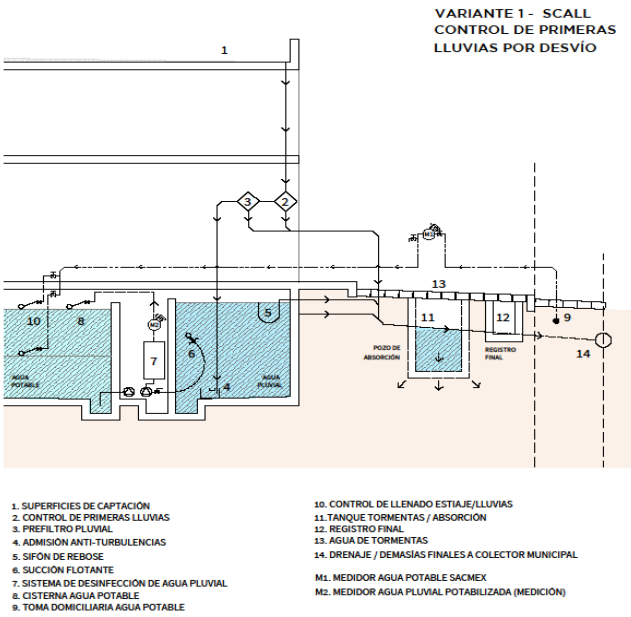


Ilustración 5. Variante 1. Sistema de Captación de Agua de Lluvia-Control de primeras lluvias por desvío. Elaboración propia.

10.4.2. Acumulación

Se retiene y decanta un volumen determinado de agua pluvial antes de iniciar la acumulación de esta en el tanque o cisterna pluvial. Este volumen se calcula en l por m² de captación, y normalmente va de 1 a 10 mm de separación, dependiendo de la contaminación relativa en el sitio, y el volumen de almacenamiento del separador.

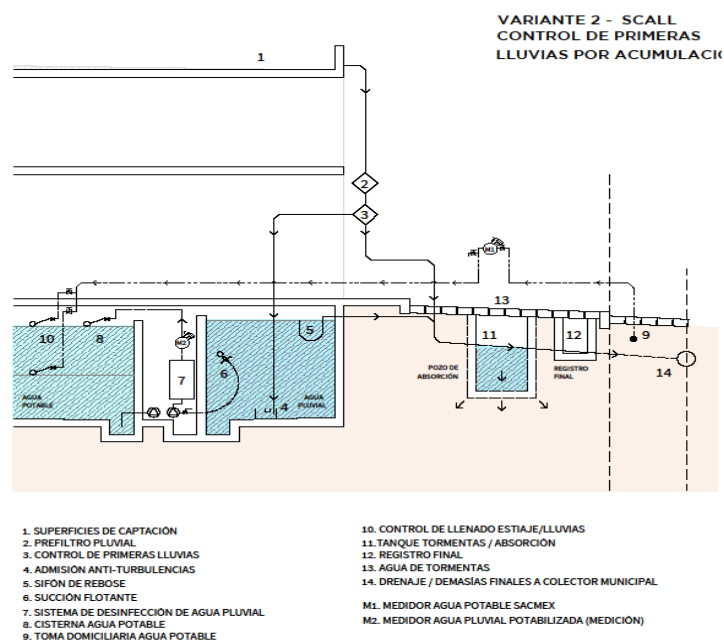


Ilustración 6. Variante 2. Sistema de Captación de Agua de Lluvia-Control de primeras lluvias por acumulación. Elaboración propia.

10.4.3. Retención

Se almacena dentro de un filtro por retención, sedimentación y/o adsorción las partículas suspendidas y disueltas, de manera que no hay una evacuación de contaminantes al rechazo, y se deberán de remover manual o automáticamente después de un determinado tiempo de retención para mantener la correcta operación del sistema.

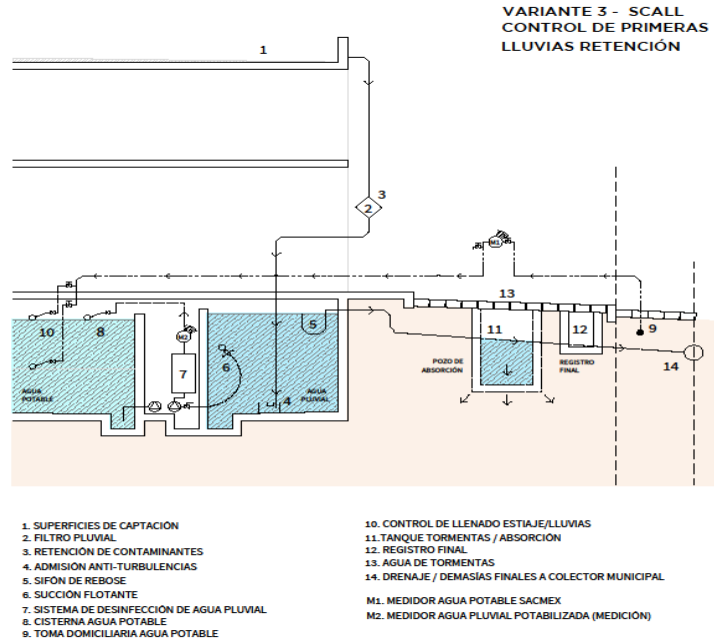


Ilustración 7. Variante 3. Sistema de Captación de Agua de Lluvia-Control de primeras lluvias por retención. Elaboración propia.

10.4.4. Híbrido

Puede contener una combinación de acumulación, retención y desviación de contaminantes, con demasías de emergencia a rechazo, o necesidad de retención de algún tipo de contaminante específico.

Las aguas de rechazo se deberán canalizar fuera del sistema, y se deberán enviar como destino, en función de las condiciones del sitio, sin causar erosiones ni afectaciones externas, según aprobación de la autoridad (SACMEX) a alguno de los siguientes:

Tanque de Tormentas (con potencial de retención, absorción e infiltración local) que, a su vez, descargará en el Drenaje Pluvial, y en su defecto al Drenaje Sanitario

Los sistemas de separación de primeras lluvias deberán garantizar un modo de *by-pass* a demasías si se llegaran a bloquear, para evitar afectaciones al sistema.

Los sistemas de Separación de contaminación de Primeras Lluvias deberán ser de fácil acceso, para inspección y mantenimiento, por parte de una persona, sin necesidad de herramienta para dar acceso, y sin poner en riesgo a la persona.

10.5. Cisterna de Almacenamiento Pluvial

Estos son los requerimientos mínimos para las cisternas para captación pluvial general.

10.5.1. Generales

Las Cisternas Pluviales deberán tener como finalidad la captación y retención de agua pluvial de las superficies Clase 1.

Estos deberán estar fabricados de materiales no tóxicos, impermeables y herméticos a contaminantes externos.

En el caso de superficies Clase 2 y 3, se les llamará Tanques Tormenta, y se canalizarán para recibir adicionalmente las excedencias de las Cisternas Pluviales.

10.5.2. Dimensionamiento

- La cisterna del sistema de captación de agua de lluvias deberá ser capaz de almacenar el volumen de lluvia generado por el área total tributaria durante una lluvia de 60 minutos y 10 años de tiempo de retorno, para obtener este valor se deberá ubicar la dirección de la obra en la gráfica de isolínea para parámetro hidrológico de diseño para la captación de agua de lluvia, para su visualización se realizará a través del código QR (Ilustración 8).



Ilustración 8. Link de acceso a isolíneas 60 minutos, 10 años.

Fuente: <https://drive.google.com/open?id=1AHdM8dJYa6JSy-X3W3ThTPanaCMtohb&usp=sharing>

El volumen de determinar con la siguiente Ecuación 3.

Ecuación 3. Almacenamiento del volumen de lluvia.

$$V_{TP} = \frac{C * Hp_d * A_{TT}}{1,000}$$

Ecuación 4. Altura de precipitación de diseño.

$$Hp_d = \frac{i * 60}{60}$$

Dónde:

V_{TP} = Volumen de cisterna Pluvial, en m^3

C = Coeficiente de escurrimiento

Hp_d = Altura de precipitación de diseño, en mm

A_{TT} = Área total tributaria, en m^2

i = Intensidad de diseño, en mm/h

- Para el diseño se emplearán los siguientes coeficientes de escurrimiento de la Tabla 4.
- Para evitar rebosamientos en sótanos, las cisternas deberán tener un sobre dimensionamiento de al menos 15% del volumen calculado.

10.5.3. Instalación

- Las cisternas podrán estar instaladas sobre, semi o debajo del nivel de piso.
- Las cisternas deberán cumplir con las normas constructivas de la jurisdicción local, tener aprobación y/o certificación por parte de un cálculo estructural, para validar las cargas adicionales o afectaciones estructurales que podrá ejercer.
- Las cisternas prefabricadas sobre el nivel de piso deberán de ser aprobadas para dicha aplicación por parte del fabricante.
- Las cisternas ubicadas sobre el nivel de piso deberán estar protegidas de la luz directa y deberán;
- Estar compuestas de materiales a prueba de UV
- Tener una barrera solar que evite la irradiación directa.

10.5.3.1. *Admisión, Demasías y Aperturas*

Las cisternas construidas deberán mantener un volumen adicional de regulación o colchón de aire, evitando su sobrellenado, y deberán de contar con un mecanismo de evacuación de demasías o excedencias, ya sea por gravedad o bombeo, garantizando la seguridad de instalaciones y cuartos de máquinas, evitando desborde y posibles inundaciones en el inmueble.

Los sistemas que requieran un bombeo de demasías deberán mantener una bomba alterna como redundancia para evitar riesgos en caso de fallo de la bomba principal.

Las tapas de registro deberán ser selladas herméticamente en caso de riesgo de penetración de contaminantes superiores.

Los pasos hombre y ventanas de inspección deberán contar con un sistema de reducción de mosquitos y vectores, por medio de mosquiteros o tapas.

10.5.3.2. *Elementos Mínimos dentro de Cisternas Pluviales*

Admisión de Flujo Laminar o Reductor de Turbulencias. Tiene como finalidad, evitar la resuspensión de los sedimentos dentro del tanque pluvial, esta mitigación puede implementarse dentro o fuera del tanque.

Rebose con Sello Hidráulico En caso de evacuación de demasías por gravedad se deberá garantizar un sello hidráulico suficiente que evite el ingreso de gases y vectores dentro del tanque pluvial.

Válvula Anti-Retorno En caso de riesgo de re-ingreso de drenaje exterior se deberá garantizar un sello por medio de una válvula automática de no retorno, aplica para sistemas por gravedad o por bombeo.

Aspiración o Succión Flotante En caso de riesgo de aspiración de sedimentos acumulados dentro de cisterna pluvial, se deberá instalar un componente que evite dicho ingreso al sistema de bombeo y posterior tratamiento.

10.6. Bombeo

Los sistemas de bombeo deberán cumplir con los siguientes criterios:

- Deberán estar certificadas para uso que se le dé, si es potable o no potable, cumpliendo las normas mexicanas de instalaciones eléctricas.
- Las bombas sumergibles deberán tener un desacople para mantenimiento y extracción rápida y segura,
- Las bombas centrífugas deberán ser fácilmente purgables y en caso de tener succión negativa un mecanismo de purga instalado, así como pichanchas anti-retorno.
- La bomba deberá tener un mínimo de presión de 2 kg/cm² (205 kPa/30 psig) en el punto final de uso si es un sistema presurizado.

- Si se trata de trasvase, deberán tener un mecanismo de interrupción por nivel bajo de cisterna pluvial y nivel alto de cisterna de destino.

10.7. Filtración y Tratamiento de Agua Pluvial

- Para todos los usos se debe incorporar Tamizado de 50 micras.

10.7.1. Uso No Potable (Clase 2)

En caso de presentar coloración debida a materia orgánica vegetal se puede adicionar un filtro de multimedia, carbono y/o una adsorción por medio de carbón activado.

10.7.2. Uso Potable (Clase 1)

10.7.2.1. Superficies No Tóxicas

- Las superficies de captación deberán estar constituidas de materiales no-tóxicos, estrictamente alineadas a la clasificación de Clase 1 de superficies.
- Superficies pintadas solamente serán permitidas si la pintura cumple con la normatividad aplicable asegurando ser un compuesto no tóxico, pinturas con base plomo y cromo no son permitidas.
- Impermeabilizantes no bituminosos, que no desprendan agentes químicos posteriormente a su instalación, y cuya resistencia a los efectos de la intemperie e irradiación solar, que no desprendan partículas ni componentes químicos.
- Idealmente membranas sólidas termo fusionadas por medios mecánicos, instaladas por contratistas capacitados, Acero esmaltado, vitrocerámico, vidrios, cubiertas planas de losetas cerámicas, barro y piedra; así como, paneles Fotovoltaicos y termo solares, con uniones impermeables.

10.7.2.2. Materiales no permitidos

- Cubiertas de cobre
- Soldaduras de plomo
- Consideraciones adicionales para cisternas

Adicionalmente a los puntos, las cisternas utilizadas para aplicaciones de agua potable deberán considerar una hermetización del exterior adicional, a prueba de admisión de contaminantes externos.

En el caso de cisternas construidas deberá incluir una impermeabilización no tóxica, que no libere contaminantes al agua, estable física y químicamente, y no adherente para organismos y partículas acumuladas.

En el caso de cisternas plásticas, deberán garantizar una estabilidad contra agentes externos de desgaste como rayos UV, erosión etcétera en el caso de existir una posible aplicación exterior, de lo contrario se deberá especificar claramente al usuario las condiciones de trabajo del producto y sus componentes.

10.8. Filtración

Se deberá garantizar el cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, en todos los casos, ya que la calidad de referencia de fuentes convencionales se remite a los mismos parámetros.

Los componentes mínimos de aplicación deberán garantizar una desinfección redundante, mediante una combinación de agentes de esterilización y desinfección simultáneas, de manera que los intervalos de mantenimientos constantes garanticen siempre seguridad contra microorganismos.

La filtración física de componentes sedimentables, disueltos y otros contaminantes químicos presentes en el agua se deberán calcular en base de las capacidades de remoción de los sistemas de filtrado a seleccionar, y

se deberá notificar al usuario los periodos e intervalos de mantenimiento, el tiempo de vida estimado del medio filtrante y los procedimientos de operación.

10.9. Desinfección

Se deberá garantizar el cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, con un agente de desinfección residual, que puede ser de distintas modalidades, pero que garanticen la esterilización de microorganismos en el agua.

10.10. Tuberías

No deberá existir ninguna conexión directa entre tuberías de alimentación de agua potable municipal al sistema de agua no-potable, por lo que se deberá instalar una barrera de aire o un sistema certificado de prevención de retorno.

Se deberán mantener por sistemas separados las líneas de agua potable y agua no-potable, haciendo una reposición de agua potable por medio de rellenado de tanques en caso de demanda de agua no potable.

Todas las tuberías presurizadas deberán cumplir normas nacionales para uso para agua potable y las capacidades de presión de trabajo para las cuales serán destinadas, y seguir los protocolos de pruebas de operación antes de su puesta en marcha.

10.10.1. Materiales de Tuberías

Los materiales deberán cumplir las normas oficiales mexicanas para las aplicaciones destinadas, y deberán garantizar una estabilidad en la intemperie.

Las tuberías plásticas expuestas a la luz UV deberán estar estas compuestas por un material estable, protegidas por un material de fábrica o recubiertas con una protección adicional, pintada o recubierta, de manera que garantice su estabilidad.

Las lámparas UV deberán estar conectadas con accesorios resistentes a la radiación UV en los puntos de posible transmisión interna de la tubería.

10.10.2. Inspección y Mantenimiento

- Pruebas de Conexión e Inspección
- Se deberán hacer pruebas de hermeticidad de tuberías en correspondencia a la normatividad aplicable.
- Se deberá seguir un protocolo de inspección que garantice un periodo de mantenimiento e inspección mínimo, en función de la clase de Sistema Alternativo.

10.11. Operación y Mantenimiento de Calidad de Agua

10.11.1. Preparativos y Arranque

10.11.1.1. Mantenimiento de Calidad de Agua

La calidad de agua se deberá verificar en el primer punto de uso en función de la calidad de agua esperada, en función a las normatividades y procesos de muestreo que apliquen.

10.11.2. Muestreos

- Los sistemas Pluviales para usos No Potables se deberán muestrear cada 12 meses durante la temporada de lluvia (mayo a octubre).
- Los sistemas pluviales para usos Potables se deberán muestrear cada 3 meses durante la temporada de lluvia (mayo a octubre).

- Para Sistemas Pluviales Potables públicos que den servicio hasta 1,000 personas se deberá hacer un muestro, entre 1,000 y 2,500 personas dos muestreos, y superiores 3 muestreos.

Si la calidad de la muestra no es consistente con los parámetros de la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 o Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997, según sea el caso, se deberá equipar el sistema inmediatamente con un dispositivo de tratamiento apropiado que logre cumplir dichos objetivos, y se deberá realizar los muestreos necesarios nuevamente.

10.11.3. Etiquetado

Aquellos edificios que instalen un Sistema Pluvial deberán:

- Si se trata de un Sistema Pluvial No Potable deberá identificar si los puntos de uso de agua son no potables con un letrero visible y prominente que indique “AGUA NO POTABLE, NO TOMAR”
- Las tuberías de conducción de agua pluvial no potable deberán estar pintadas según la normatividad local, y deberá indicar “AGUA NO POTABLE–AGUA PLUVIAL”.
- Las llaves y tomas de agua no potable deberán tener un símbolo adicional o color que las identifique como NO POTABLE, adicional al letrero.

10.11.4. Sistema de excedencias

Las excedencias de los tanques de agua pluvial proveniente de las superficies Clase 1 y 2, deberán incluir un rebosadero de demasías, con sello hidráulico para evitar retornos de gases e insectos del drenaje, y ser canalizados al Tanque Tormenta, y en caso de no ser factible dicho tanque en el predio, canalizarse directamente a superficies Clase 4, como una obra de mitigación, a través de una infraestructura verde/azul, fuera del predio, antes de la descarga al colector municipal.

10.11.5 Reposición de Agua Potable

Se deberá incorporar una alimentación de agua potable de reposición a la cisterna de agua pluvial para limpieza y mantenimiento de equipos de filtración con agua limpia.

10.12. Sistema de Retención e Infiltración Pluvial

Todo nuevo desarrollo deberá tener un área libre de cualquier tipo de construcción superficial como: losas de concreto, balcones, techos o alguna otra estructura que sobresalga del nivel de banquetas; además debe ser libre de cualquier tipo de construcción subterránea como: sótanos, losas de cimentación y otras estructuras que impermeabilicen el suelo. En el área libre solo se permitirá el paso de infraestructura como líneas de drenaje, líneas de bombeo, líneas eléctricas, líneas de telecomunicaciones, sistemas contra incendio y líneas de agua potable. El área libre de cada predio dependerá de lo indicado en la zonificación de uso de suelo de cada alcaldía.

El área libre deberá ser ajardinada y permeable, permitirá la infiltración local de las aguas pluviales mediante la construcción de un Sistema de Retención e Infiltración Pluvial, el cual deberá contar con un sistema de tratamiento de las aguas pluviales y un sistema de excedencias hacia el drenaje de la alcaldía. El sistema será independiente del Sistema de Captación de Aguas de Lluvia y manejará las aguas pluviales provenientes de los estacionamientos, andadores peatonales, área libre, descargas de equipos de tratamiento pluvial y las excedencias que el Sistema de Captación de Aguas de Lluvia.

El sistema de retención e infiltración no podrá drenar el agua almacenada hasta después de terminar el evento de lluvia y solo podrá descargar a una velocidad máxima de 15 l/s, cuando se opte por aplicar Norma General 4.

10.12.1. Ubicación

Se recomienda que el Sistema de Retención e Infiltración Pluvial se localice al frente del predio para que las excedencias pluviales descarguen al drenaje por gravedad. Se recomienda que el sistema se coloque por encima de Nivel del Manto Freático.

El área del Sistema de Retención e Infiltración Pluvial será igual o menor al área libre indicada en la zonificación de uso de suelo de cada Alcaldía. Se deberá proteger las cimentaciones del inmueble y de los predios colindantes para evitar problemas estructurales.

10.12.2. Dimensionamiento

El Sistema de Retención e Infiltración Pluvial se dimensionará para la situación más desfavorable que se pueda presentar, es decir, que se presente una lluvia intensa cuando la Cisterna Pluvial del Sistema de Captación de Agua de Lluvia se encuentra completamente llena, por lo que el Sistema de Retención e Infiltración Pluvial recibirá el volumen pluvial que se genera en todo el predio. Sin embargo, para evitar el sobre dimensionamiento del Sistema de Retención e Infiltración Pluvial, se realizan las siguientes consideraciones:

1. El Sistema retendrá las excedencias pluviales del Sistema de Captación de Agua de Lluvias, se debe considerar que estas excedencias alcancen 50% del Volumen del tanque pluvial (V_{tp})
2. El Sistema retendrá el agua que descarguen los equipos de tratamiento del sistema de captación de agua de lluvias, se debe considerar que este volumen alcanzará 5% del Volumen del tanque pluvial (V_{tp})
3. El Sistema retendrá el escurrimiento pluvial proveniente de estacionamientos y andadores de planta baja, así como del área libre del predio.
4. Para todas las áreas mencionadas en el número 3 se considerará un coeficiente de escurrimiento de 0.80, sin importar que se traten de pavimentos, andadores o área verde.
5. El escurrimiento pluvial generado por las áreas del punto 3 se denominará Volumen de aportación (V_A)

Para calcular el volumen pluvial se empleará la siguientes formulas:

Ecuación 5

$$V_{RI} = 0.55V_{tp} + V_A$$

Ecuación 6

$$V_A = \frac{C * H_{pd} * A}{1,000}$$

Ecuación 7

$$H_{pd} = \frac{i * 60}{60}$$

Dónde:

V_{RI} = Volumen del Sistema de Retención e Infiltración Pluvial, en m^3

V_{TP} = Volumen de la Cisterna Pluvial, en m^3

V_A = Volumen de aportación, en m^3

C = Coeficiente de escurrimiento, en este caso igual a 0.8

i = Intensidad de diseño, en mm/h

H_{pd} = Altura de precipitación de diseño, en mm

A = Área de aportación en m²

La altura de precipitación de diseño (H_{pd}) para los sistemas de retención e infiltración será para una lluvia de 60 minutos de duración y un tiempo de retorno de 10 años, para obtener este valor se deberá ubicar la dirección de la obra en la gráfica de isolínea para parámetro hidrológico de diseño para la captación de agua de lluvia, para su visualización se realizará a través del código QR (Ilustración 3).

Las bio-retenciones y tanques de infiltración deberán almacenar el volumen de diseño en la capa de retención. Cuando la capa de retención se construya solamente con materiales pétreos (grava, tezontle, arena o algún otro similar) se considerará una relación de espacios vacíos máxima de 28%, esto quiere decir, que por cada 1m³(1,000 litros) de material colocado, solo se tendrá un volumen de retención de 0.280m³(280 litros). Cuando se empleen cámaras o celdas prefabricadas, el proveedor deberá proporcionar la capacidad de almacenamiento de cada elemento. Así mismo, cuando se considere una mezcla de prefabricados y material pétreo, solo se considerará 28% de espacios vacíos para el material pétreo, se deberá proporcionar una tabla de volumen-elevación donde se especifique la capacidad del tanque, el volumen de almacenamiento de los elementos prefabricados y volumen de almacenamiento del material pétreo.

10.12.3. Infiltración pluvial

10.12.3.1. Infiltración requerida

Los sistemas se diseñarán para infiltrar el volumen del Sistema de Retención e Infiltración Pluvial en 18 horas, por tal motivo, el gasto de infiltración necesaria para drenar el sistema se calculará de la siguiente manera.

Ecuación 8

$$Q_i = \frac{V_{RI}}{18}$$

Dónde:

Q_i = gasto de infiltración, en m³/h

V_{RI} = Volumen del Sistema de Retención e Infiltración Pluvial, en m³

10.12.3.2. Infiltración del terreno

Las estrategias de infiltración pluvial se basarán en técnicas superficiales y/o pozo de absorción, en ninguno de los casos se llegará a tocar el manto acuífero de la Ciudad de México. Dependiendo del tipo de sistema, el cálculo de la capacidad de infiltración se determinará de la siguiente manera.

10.12.3.3. Infiltración superficial

Cuando el Sistema de Retención e Infiltración Pluvial se diseñe para infiltración superficial (bio-retenciones y tanques de infiltración), el gasto de infiltración se determinará con la siguiente fórmula.

Ecuación 9

$$Q_{if} = \frac{K_n * i * A_p}{1000}$$

Dónde:

Q_{if} = Gasto de infiltración, en m^3/h

K_n = Permeabilidad promedio del estrado, en mm/h

i = Gradiente hidráulico, en este caso 1

A_p = Área permeable, en este caso se considerará el área de desplante del sistema, en m^2 .

Cuando las unidades de K_n se encuentren en cm/s ó m/s se deberán emplear las siguientes fórmulas para su transformación.

De cm/s a mm/h

Ecuación 10

$$K_n = K * 36000$$

De m/s a mm/h

Ecuación 11

$$K_n = K * 360000$$

Cuando el área del predio sea menor a $1,000m^2$ y el proyecto tengas hasta dos sótanos (incluyendo semisótanos) se podrá emplear la Tabla 7.

Tabla 7. Tasas de infiltración típicas de varios grupos de suelos. Modificada de Water Environment Federation, 2012.

Grupo Hidrológico de Suelos del NCRS	Textura Típica del Suelo	Tasa de saturación de infiltración por m^2		Porosidad
		mm/h	in /h	
A	Arena	200	8	0.437
A	Arenas con pocos limos	50	2	0.437
B	Franco arenoso	25	1	0.453
B	Franco	12.7*	0.5	0.463
C	Franco limoso	6.3*	0.25	0.501
C	Franco arcilloso con pocas arenas	3.8	0.15	0.398
D	Franco arcilloso y arcilla limosa	<2.3	<0.09	0.465
D	Arcilla	<1.3	<0.05	0.475

*Los valores se recomiendan solo para suelos tamizados y seleccionados, ya que las tasas reales de infiltración pueden variar significativamente dentro de cada grupo de suelo. Las tasas de infiltración mínimas aceptables son de 8 mm / h (0.3 in / h). Se pueden utilizar suelos con tasas menores, pero las áreas de infiltración serán mayores.

En los demás proyectos se obtendrá el coeficiente de escurrimiento conforme a lo solicitado en la siguiente Tabla 8.

Tabla 8. Determinación del uso de coeficiente de escurrimiento. Elaboración propia.

Equivalencia con Construcción	Superficie de Cubiertas (m^2)	Área de predio (m^2)	Tipo de Construcción	Determinación de K
Artículo 62-Reglamento de construcciones para el Distrito Federal	menor a 120 m^2	Variable	Programas de Gobierno	Por tabla

Equivalencia con Construcción	Superficie de Cubiertas (m ²)	Área de predio (m ²)	Tipo de Construcción	Determinación de K
Manifestación de Construcción Tipo A	menor a 120 m ²	Variable	Residencial	Por tabla
Manifestación de Construcción Tipo B y Tipo C	variable	menor a 1,000m ² y con máximo dos sótanos	Habitacional/Mixto	Por tabla
Manifestación de Construcción Tipo B y Tipo C	variable	Menor a 1,000m ² y más de dos sótanos	Habitacional/Mixto	Estudio de permeabilidad
Manifestación de Construcción Tipo B y Tipo C	variable	mayor o igual 1,000m ² y menor a 2,500m ²	Habitacional/Mixto	Estudio de permeabilidad
Manifestación de Construcción Tipo B y Tipo C	variable	mayor o igual 2,500m ²	Habitacional/Mixto	Estudio de permeabilidad mediante laboratorio certificado por ema*
Manifestación de Construcción Especial	variable	variable	variable	Estudio de permeabilidad mediante laboratorio certificado por ema*
*ema (entidad mexicana de acreditación, a.c.)				

Si el cálculo determina que la infiltración del agua pluvial supera las 18 horas, se podrá emplear un sistema de bombeo que drené el volumen restante hacia el drenaje de la Ciudad de México, para realizar el bombeo se propone un tiempo máximo de 3 horas y no debe drenar a más de 30 l/s. En total, el tiempo de drenado de diseño del Sistema de Retención e Infiltración será de 21 horas. El cálculo de infiltración, estudios y documentos donde demuestre que no es viable la infiltración del agua pluvial deberán estar firmado por el Director Residente de Obra (D.R.O).

10.13. Equipos de Tratamiento

Se deberán colocar equipos de tratamiento para remover los contaminantes gruesos arrastrados por el flujo de agua como sedimentos mayores a 100 micras, insectos, hidrocarburos, grasas, hojas y basuras. Los equipos de tratamiento deberán retener en su interior los contaminantes removidos del flujo del agua, evitando la suspensión de los sedimentos y el lavado accidental de los contaminantes debido a lluvias intensas.

Los equipos de tratamiento pluvial deberán diseñarse para retirar los contaminantes de los primeros 25mm de lluvia por cada metro cuadrado del área de aportación. Para fines prácticos el gasto de diseño se calculará con el Método Racional Americano, empleando una intensidad de diseño de 25 mm/h.

Los pozos de absorción deberán contar adicionalmente con un dispositivo de filtrado el cual retire partículas sedimentables hasta 20 micras, reduzca la carga orgánica y de patógenos en al menos 50%, este equipo de filtrado se diseñará para tratar el gasto de infiltración. Los pozos de absorción adicionalmente contarán con una válvula de cierre, sensores de medición de caudal y calidad, y desinfección.

Los equipos de tratamiento pluvial deberán estar certificados ante una institución mexicana o internacional y en la memoria descriptiva se deberá presentar la ficha técnica del equipo y el certificado correspondiente.

10.6.4. Tanque Elevado

En los casos donde el agua pluvial cosechada no cumpla con los requisitos de agua potable, se podrá emplear un sistema alternativo de agua de lluvia en los servicios de W.C y llaves de nariz del edificio, para lo cual se deberá colocar una red de distribución independiente al agua potable, la red de distribución podrá funcionar a gravedad o mediante un sistema hidroneumático. Para el sistema a gravedad se deberá colocar un tanque elevado de aguas pluviales, cuyo almacenamiento tendrá una quinta parte del volumen total del tanque pluvial, este almacenamiento deberá construirse a base de tinacos prefabricados.

11. CONSIDERACIONES PARA NO INFILTRACIÓN (NORMA GENERAL DE ORDENACIÓN 4)

En cumplimiento a lo establecido con la Norma General de Ordenación 4 “Área libre de construcción y recarga de aguas pluviales al subsuelo” se podrá utilizar hasta la totalidad del área libre bajo el nivel medio de banquetta, siempre y cuando, en el predio a desarrollar se presenten alguno de los tres casos posibles.

11.1. Dificultad de infiltración

Se considerará que no es factible la infiltración del agua pluvial, cuando el tiempo de infiltración (18 horas) más el tiempo de bombeo necesario para drenar todo el tanque superen las 21 h.

El promovente del desarrollo deberá presentar el cálculo de infiltración del suelo y el volumen drenado por la bomba, así mismo deberá presentar copia del estudio de permeabilidad requerido de acuerdo al tipo de construcción. El cálculo de infiltración, estudios y documentos donde demuestre que no es viable la infiltración del agua pluvial deberán estar firmado por el D.R.O.

11.2. Infiltración de sustancias contaminantes

Se considerará que no es factible la infiltración del agua pluvial debido a sustancias contaminantes en el suelo de acuerdo a los siguientes puntos.

Los proyectos que tengan hasta dos sótanos (contando semisótano) y con un área de predio hasta 500m², podrán determinar la factibilidad de infiltración de contaminantes mediante la realización de un pozo a cielo abierto en el área destinada a colocar el sistema de infiltración, el pozo a cielo abierto deberá tener una profundidad de 2 metros. Sí, durante la excavación de estos pozos se detecta la presencia de líquidos con olor fétido, o de aspecto grasoso o de color negro, así mismo, sí la tierra extraída presenta estratos con mal olor o con texturas que delaten algún tipo de contaminación, se considerará que no es viable la infiltración. El promovente deberá presentar un reporte con fotografías del pozo a cielo abierto, en el reporte se deben presentar las conclusiones sobre la existencia de contaminantes en el suelo, este estudio debe ser firmado por el especialista que lo elaboró y por el D.R.O. responsable de obra.

Los proyectos con un área de predio hasta de 500m² que tengan más de dos sótanos y los predios con más de 500m² de área, deberán realizar muestreos y pruebas de contaminantes del suelo del área que destinen para la colocación del sistema de infiltración, las muestreos y pruebas de contaminantes se realizarán hasta una profundidad máxima de 10m.

Los muestreos y pruebas de contaminantes en el suelo se realizarán conforme a las normas:

- Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000, Que Establece las Especificaciones de Fertilidad, Salinidad y Clasificación de Suelos, Estudio, Muestreo y Análisis.
- Norma Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SS-2004, Que establece Criterios para Determinar las Concentraciones de Remediación de Suelos Contaminados por Arsénico, Bario, Berilio, Cadmio, Cromo Hexavalente, Mercurio, Níquel, Plata, Plomo, Selenio, Talio y/o Vanadio.
- Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SS-2012, Límites Máximos Permisibles de Hidrocarburos en Suelos y las Especificaciones para su Caracterización y Remediación.
- Norma Oficial Mexicana NOM-133-SEMARNAT-2015, Protección Ambiental - Bifenilos Policlorados (BPC) - Especificaciones de Manejo.

- Anexo normativo 2 de la Norma Oficial Mexicana NOM-141-SEMARNAT-2003, Que Establece el Procedimiento para Caracterizar los Jales, así como las Especificaciones y Criterios para la Caracterización y Preparación del sitio, Proyecto, Construcción, Operación y Postoperación de Presas de Jales.

Cuando el análisis químico del suelo determine la existencia de metales pesados, hidrocarburos, materiales radioactivos o algún otro contaminante, que rebase los límites permisibles en suelo para actividades agrícolas se determinará que no es factible la infiltración y se dará a visto a la autoridad competente

Se deberá presentar los estudios y reportes donde se demuestre la contaminación del suelo, los cuales deberán ser firmados en cada una de sus hojas por el D.R.O.

11.3. Procedimiento constructivo

Se considerará que no es factible la infiltración del agua pluvial por procedimiento constructivo cuando el D.R.O. y el ingeniero estructurista del proyecto lo determinen.

Además del proyecto actual objeto de la revisión y aprobación del Sistema de Captación de Agua de Lluvia, el promovente deberá presentar los planos arquitectónicos y estructurales del proyecto original en el cual se había considerado el área libre de acuerdo a la zonificación del predio, la memoria de cálculo estructural con conclusiones donde determine que la estructura no cumple con los lineamientos de las normas técnicas complementarias en materia de seguridad estructural, o en caso de proceso constructivo, un documento donde explique el proceso constructivo y como este proceso no permite dejar el área libre de construcción solicitado por el plano de zonificación de la zona.

Los planos, la memoria de cálculo estructural y el documento del proceso constructivo deberán ser firmados en cada hoja por el ingeniero especialista que los elaboró y por el D.R.O., ambos deberán contar con cedula profesional vigente y firma electrónica del SAT.

11.4. Referencia a Norma General de Ordenamiento 4 (Diseño de sistema de captación de agua de lluvias)

Cuando se determine que no es posible la infiltración de las aguas pluviales por alguna de las tres causas anteriores, se podrá utilizar hasta la totalidad del área libre bajo el nivel medio de banquetta, considerando lo siguiente:

El área libre que establece la zonificación deberá mantenerse a partir de la planta baja en todo tipo de terreno.

Deberá implementarse un sistema de captación de agua de lluvias, tanto de la superficie construida, como del área libre requerida por la zonificación, mecanismo que el Sistema de Aguas de la Ciudad de México evaluará y aprobará.

Este punto aplica para aquellos proyectos que ocupan 100% del predio, el diseño del sistema se apegara en lo solicitado en el apartado 10 de este documento, así mismo, el tanque pluvial deberá dimensionarse con un volumen excedente de 35% del volumen calculado en el apartado correspondiente.

Dicho sistema deberá estar indicado en los planos de instalaciones hidrosanitarias o de instalaciones especiales y formarán parte del proyecto arquitectónico, previo al trámite del Registro de Manifestación de Construcción o Licencia de Construcción Especial.

Todos los proyectos sujetos al Estudio de Impacto Urbano deberán contar con un sistema de captación de agua de lluvias y sistemas de reusó de aguas residuales.

El Sistema de Aguas de la Ciudad de México revisará que dicho sistema esté integrado a la obra. En caso de no acreditarlo, al momento del aviso de terminación de obra correspondiente, la autoridad competente no otorgará la autorización de uso y ocupación.

Todos los estudios solicitados deberán estar firmados por el especialista que los elaboró, el cual debe contar con cédula profesional vigente.

11. REÚSO OBLIGATORIO DE AGUA RESIDUAL TRATADA

Para todas aquellas Construcciones Tipo B y C, se requerirá el reúso de agua residual tratada para dar servicio a sanitarios, lavado de autos y riego, siendo posible su obtención de alguna de las siguientes fuentes:

- Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Municipal
- Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Propia
- Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Terceros

En función de la calidad de agua tratada según su fuente, se deberá incorporar un sistema de tratamiento terciario de agua, que comprende una filtración adicional, una desinfección y una remoción de componentes de coloración al agua para obtener características organolépticas aceptables.

La calidad del agua tratada deberá cumplir con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997.

12. MEDICIÓN

SACMEX tendrá acceso a la información de los proyectos y medidores asignados mediante el siguiente esquema:

- El proyecto debe contar con un medidor de agua que cumpla con las especificaciones de SACMEX, capaz de comunicar a través de la red LPWAN, la cual debe estar implementada en México, enviando al menos una vez por día las lecturas de consumo al servidor en SACMEX.
- Los medidores deberán ser instalados:
 - Al inicio de la distribución del agua potabilizada; es decir, en el punto de trasvase a la cisterna de agua potable; la cual corresponderá a un ahorro sobre el agua potable original, además de indicar a la autoridad del correcto funcionamiento del sistema de potabilización de agua pluvial.
 - En el punto de distribución del agua tratada reusada en servicios no potables y riego; la cual corresponderá a un ahorro sobre el agua potable original, además de indicar a la autoridad el reúso de agua tratada.
- Este medidor estará descrito en la memoria de cálculo y los planos del Sistema Alternativo.
- Se deberá incluir en el expediente las especificaciones técnicas del dispositivo de medición como son el consumo energético, protocolo comunicación, número de serie, etcétera.
- Cada medidor debe contar con un paquete de conectividad y anidado en una plataforma, ambos definidos previamente por el SACMEX.
- Los “Paquetes de Medición de Agua con IoT” (internet de las cosas, por sus siglas en inglés), deben de llegar firmados por el constructor y representante legal; además de contar con la cesión de derechos de medición para el SACMEX.
- El trámite se dará por concluido al proporcionar una copia de la factura del medidor adquirido, los datos mínimos para lograr enlazar los medidores a la plataforma del SACMEX son ID (medidor) y PAC (transmisor).
- El medidor deberá contar con un paquete de medición de agua; con la función de envío de volúmenes pluviales consumidos y un transmisor que contará con una red de comunicación LPWAN de largo alcance que será capaz de enviar los datos de consumo diario.
- SACMEX será único receptor de información de estos medidores de volúmenes pluviales consumidos, ya sea que exista o no precipitaciones, por lo que ningún otro ente tendrá acceso a la información recabada.

Con base en las funciones y atribuciones conferidas al SACMEX en el Título octavo, Capítulo 1, Artículos 106 fracción I y 107 fracción II de la Ley del Derecho al Acceso, Disposición y Saneamiento del Agua de la Ciudad de México, así como en el Manual Administrativo.

- En ese tenor se hace del conocimiento que los Datos Personales se encuentran protegidos por la Ley de Protección de Datos Personales en Posesión de Sujetos Obligados de la CDMX, en sus artículos 2, 6, 59, 60, fracción I, 61, 63 y 64.

12.1. Sensores de medición de Calidad de Agua Pluvial

El proyecto debe contar con medidores de calidad agua pluvial que cumpla con las especificaciones de SACMEX, tener un medio de comunicación a través de la red LPWAN, enviando al menos una vez por día las lecturas de calidad de agua al servidor en SACMEX.

Los medidores deberán cumplir con las siguientes condiciones:

- Los parámetros para medir serán los siguientes: Conductividad y PH/ORP. También se recomienda tener medidor de cloro libre, la colocación de este sensor dependerá si la desinfección del agua se realiza mediante cloro, lámpara ultravioleta o iones de plata.
- Los sensores se colocarán en la línea de salida del dispositivo de tratamiento pluvial que potabilice el agua, es decir, en el punto entre el dispositivo de tratamiento pluvial y la cisterna de agua potable.
- Los sensores estarán descritos en la memoria de cálculo y los planos del Sistema Alternativo.
- Se deberá incluir en el expediente las especificaciones técnicas de los sensores de calidad como son el consumo energético, protocolo comunicación, número de serie, etcétera
- Cada sensor debe contar con un paquete de conectividad y anidamiento de información.
- Los “Paquetes de Medición de Agua con IoT” (Internet de las cosas, por sus siglas en inglés), deben de llegar firmados por el constructor y representante legal; además de contar con la cesión de derechos de medición para el SACMEX.

13. REFERENCIAS

- 7.1. ASAMBLEA CONSTITUYENTE DE LA CIUDAD DE MÉXICO. (2017). CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LA CIUDAD DE MÉXICO.
- 7.2. ASAMBLEA LEGISLATIVA DEL DISTRITO FEDERAL. (2019). LEY DEL DERECHO AL ACCESO, DISPOSICIÓN Y SANEAMIENTO DEL AGUA DE LA CIUDAD DE MÉXICO.
- 7.3. COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA. (1997). NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-003-CONAGUA-1997 REQUISITOS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DE POZOS DE EXTRACCIÓN DE AGUA PARA PREVENIR LA CONTAMINACIÓN DE ACUÍFEROS.
- 7.4. COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA. (1997). NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-004-CONAGUA-1996, REQUISITOS PARA LA PROTECCIÓN DE ACUÍFEROS DURANTE EL MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN DE POZOS DE EXTRACCIÓN DE AGUA Y PARA EL CIERRE DE POZOS EN GENERAL.
- 7.5. COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA. (2016). MANUAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO LIBRO 19, DRENAJE PLUVIAL URBANO.
- 7.6. COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA. (2016). MANUAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO LIBRO 20, ALCANTARILLADO SANITARIO.
- 7.7. EL INSTITUTO PARA LA SEGURIDAD DE LAS CONSTRUCCIONES EN LA CIUDAD DE MÉXICO. (2008). NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA EL DISEÑO Y EJECUCIÓN DE OBRAS E INSTALACIONES HIDRÁULICAS DEL GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL.
- 7.8. GRAF. (2018). FORMULARIO DE DIMENSIONADO DE SISTEMAS DE ATENUACIÓN.
- 7.9. INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA. (2003). LA DEPURACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS DE PEQUEÑAS POBLACIONES MEDIANTE LA INFILTRACIÓN DIRECTA AL TERRENO.
- 7.10. INSTITUTO MEXICANO DE SEGURIDAD SOCIAL. (1997). NORMAS DE DISEÑO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA, INSTALACIONES SANITARIAS HIDRÁULICAS Y ESPECIALES.
- 7.11. JEFATURA DE GOBIERNO. (2019). REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES PARA EL DISTRITO FEDERAL.
- 7.12. JEFATURA DE GOBIERNO. (2019). REGLAMENTO INTERIOR DEL PODER EJECUTIVO Y DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA DE LA CIUDAD DE MÉXICO.
- 7.13. MCGRAW-HILL EDUCATION. (2012). DESIGN OF URBAN STORM WATER CONTROLS, WATER RESOURCES AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING SERIES (LIBRO 23).
- 7.14. SÁNCHEZ, F. (2014). LEY DE DARCY. CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA. DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA. UNIVERSIDAD DE SALAMANCA (ESPAÑA).
- 7.15. SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA. (2005). NORMA GENERAL DE ORDENACIÓN 27 DE LOS REQUERIMIENTOS PARA LA CAPTACIÓN DE AGUAS PLUVIALES Y DESCARGA DE AGUAS RESIDUALES.
- 7.16. SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA. (2005). NORMA GENERAL DE ORDENACIÓN 4. ÁREA LIBRE DE CONSTRUCCIÓN Y RECARGA DE AGUAS PLUVIALES AL SUBSUELO.
- 7.17. SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE DE LA CIUDAD DE MEXICO. (2012). PROGRAMA DE CERTIFICACIÓN DE EDIFICACIONES SUSTENTABLES.
- 7.18. SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. (1997). NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-003-SEMARNAT-1997, QUE ESTABLECE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES PARA LAS AGUAS RESIDUALES TRATADAS QUE SE REÚSEN EN SERVICIOS AL PÚBLICO
- 7.19. NOM-002-SEMARNAT-1996
- 7.20. "SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. (2004). NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-141-SEMARNAT-2003, QUE ESTABLECE EL PROCEDIMIENTO
- 7.21. PARA CARACTERIZAR LOS JALES, ASÍ COMO LAS ESPECIFICACIONES Y CRITERIOS PARA LA
- 7.22. CARACTERIZACIÓN Y PREPARACIÓN DEL SITIO, PROYECTO, CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y
- 7.23. POSTOPERACIÓN DE PRESAS DE JALES"

- 7.24. SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. (2007). NOM-147-SEMARNAT/SS-2004, QUE ESTABLECE CRITERIOS PARA DETERMINAR LAS CONCENTRACIONES DE REMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR ARSÉNICO, BARIO, BERILIO, CADMIO, CROMO HEXAVALENTE, MERCURIO, NÍQUEL, PLATA, PLOMO, SELENIO, TALIO Y/O VANADIO.
8. NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-021-SEMARNAT-2000, QUE ESTABLECE LAS ESPECIFICACIONES DE FERTILIDAD, SALINIDAD Y CLASIFICACIÓN DE SUELOS, ESTUDIO, MUESTREO Y ANÁLISIS
- 8.1. SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. (2013). NOM-138-SEMARNAT/SS-2012, LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE HIDROCARBUROS EN SUELOS Y LAS ESPECIFICACIONES PARA SU CARACTERIZACIÓN Y REMEDIACIÓN.
- 8.2. SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. (2013). NOM-138-SEMARNAT/SS-2012, LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE HIDROCARBUROS EN SUELOS Y LAS ESPECIFICACIONES PARA SU CARACTERIZACIÓN Y REMEDIACIÓN.
- 8.3. SECRETARÍA DE OBRAS Y SERVICIOS. (2000). LIBRO 4 TOMO III CAPITULO 058, NORMAS DE CONSTRUCCIÓN DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA DEL DISTRITO FEDERAL, P. 058-05.
- 8.4. SECRETARÍA DE SALUD. (2000). NOM-127-SSA1-1994, "SALUD AMBIENTAL, AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO-LIMITES PERMISIBLES DE CALIDAD Y TRATAMIENTOS A QUE DEBE SOMETERSE EL AGUA PARA SU POTABILIZACION".
- 8.5. SECRETARÍA DE SALUD. (2015). NOM-201-SSA1-2015, PRODUCTOS Y SERVICIOS. AGUA Y HIELO PARA CONSUMO HUMANO, ENVASADOS Y A GRANEL. ESPECIFICACIONES SANITARIAS.
- 8.6. SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE. (2018). NORMA AMBIENTAL PARA EL DISTRITO FEDERAL NADF-013-RNAT-2017, QUE ESTABLECE LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE NATURACIÓN EN LA CIUDAD DE MÉXICO
- 8.7. WORLD RESOURCES INSTITUTE. (2013). NATURAL INFRASTRUCTURE INVESTING IN FORESTED LANDSCAPES FOR SOURCE WATER PROTECTION IN THE UNITED STATES, P. 10.

AGRADECIMIENTOS

APÉNDICE A. ESQUEMAS DE RETENCIÓN E INFILTRACIÓN PLUVIAL

A.1. Bio-retenciones

Las bio-retenciones se diseñan para retener el agua pluvial debajo de una carpeta vegetal, este sistema permite convertir el área ajardinada en un sistema de retención pluvial, las bio-retenciones tienen múltiples extensiones y configuraciones. Dependiendo del tamaño, se les puede conocer como “jardines de lluvia”, “galerías Infiltrantes” “parques hídricos”.

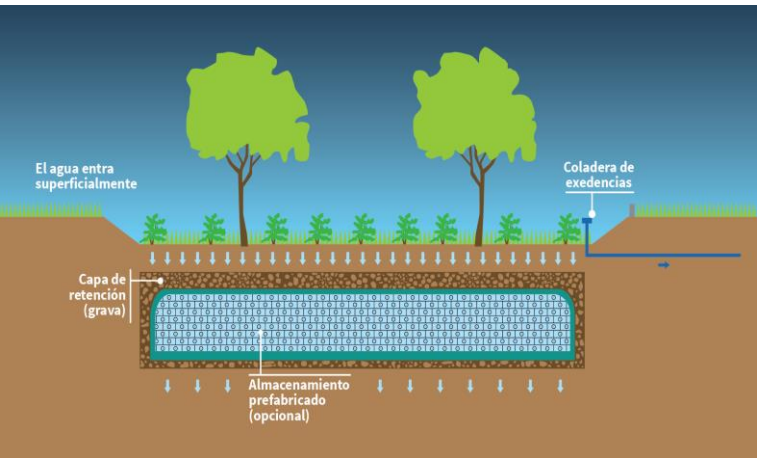


Ilustración 9. Diagrama de bio-retención con entrada de agua superficial. Elaboración propia.

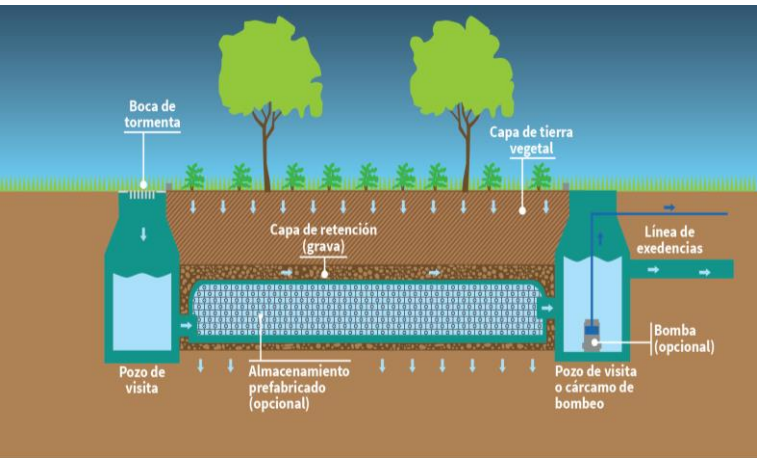


Ilustración 10. Diagrama de bio-retención con entrada de agua por boca tormenta. Elaboración propia.

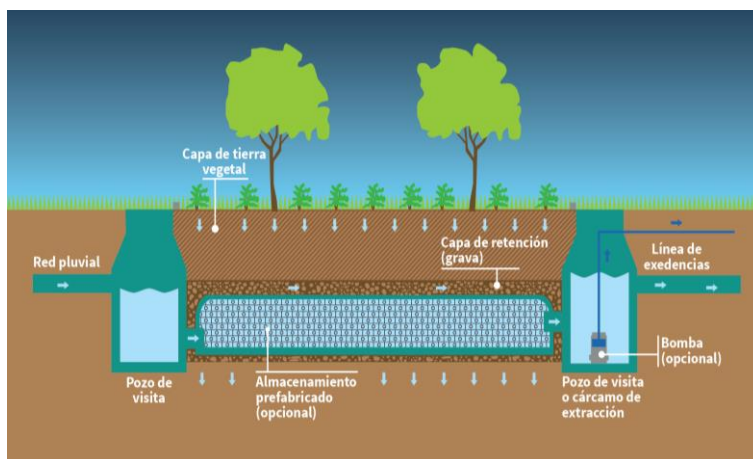


Ilustración 11. Diagrama de bio-retención con entrada de agua por red pluvial. Elaboración propia.

Las bio-retenciones contienen los siguientes elementos:

- Boca de entrada: se diseña para facilitar la entrada de los escurrimientos pluviales desde el pavimento, en ocasiones se suele colocar un registro de entrada donde llegan las tuberías pluviales del edificio.
- Equipo de tratamiento: se utiliza en la boca de entrada o registro previo para retirar basuras grandes, hojas, sedimentos, grasas y aceites, evitando que estos contaminantes ingresen a la bio-retención. Se deberá colocar un equipo de tratamiento en cada una de las entradas de agua pluvial al sistema.
- Paleta Vegetal: se emplea para evitar la erosión de la capa de tierra utilizando vegetación nativa de bajo mantenimiento, capaz de resistir temporadas de estiaje y las épocas de lluvia, este tipo de flora además absorbe grandes cantidades de agua debido a las características naturales. Se suelen combinar con elementos como piedras, pastos, entre otros para paisajismo. Se pueden emplear otra mezcla de paleta vegetal considerando las condiciones del terreno y la demanda de agua, así mismo se debe considerar las raíces de la vegetación para evitar problemas con las capas inferiores.
- Capa de suelo vegetal: se emplea como medio para sustentar la paleta vegetal, también sirve como medio de transición entre el agua que se encuentra en la superficie y el agua que se almacena en la capa de retención. El espesor mínimo de la capa será de 40cm.
- Geotextil: se coloca debajo de la capa de tierra vegetal, sirve como frontera evitando que la capa de tierra se introduzca en la capa de retención y pierda volumen de almacenamiento, el geotextil debe ser permeable. Este sistema podrá ser sustituido mediante la colocación de alguna otra fibra o mezcla de materiales granulados siempre y cuando evite que la tierra vegetal entre a la capa de retención.
- Capa de retención: se emplea para generar espacios vacíos en la parte inferior de la bio-retención almacenando el agua de lluvia, esta capa es permeable en el fondo, permitiendo la infiltración del agua de lluvia. La capa de retención se puede elaborar con material pétreo (grava, tezontle, arena o algún otro similar), el material debe estar libre de polvo, tierra, materia orgánica, micas u otros materiales que demeriten la calidad del agregado pétreo; además, tener una masa unitaria igual o mayor que $2,5 \text{ ton/m}^3$ y no tener forma de canto rodado. La capa de retención también podrá estar elaborada con celdas o cámaras prefabricadas o una mezcla de equipos prefabricados y material pétreo. Esta capa deberá almacenar todo el volumen pluvial de diseño.
- Coladera pluvial: se coloca ligeramente por encima de la paleta vegetal una coladera pluvial que permita flujo del agua pluvial desde la paleta vegetal, hasta una línea de excedencias. La altura de la coladera se diseñará de acuerdo con las condiciones hidráulicas de la bio-retención.

- Obra de excedencias: se emplea para drenar el volumen de lluvia que supera la capacidad de la capa de retención, esta obra de excedencias podrá verter las aguas hacia la calle o hacia el colector de la Alcaldía.
- Sistema de bombeo (opcional): cuando es necesario, se coloca en la parte inferior de la bio-retención para drenar el volumen remanente aun después de 18 horas de infiltración.

Los elementos anteriores son enunciativos mas no limitativos, el diseño final, elementos y accesorios que integran el sistema los determinará el ingeniero o arquitecto diseñador. En ninguno de los casos se podrá omitir la capa de retención, los equipos de tratamiento ni la obra de excedencias.

A.1.1. Descripción del sistema

El agua de lluvia entra en la boca de tormenta y pasa por el equipo de tratamiento, en el equipo se retiran basuras de gran tamaño, hojas y sedimentos. El agua posteriormente pasa por la paleta vegetal recorriendo la superficie, luego el agua pasa a través de la capa de tierra del geotextil descendiendo hasta la capa de retención, donde se almacena para infiltrarse lentamente al subsuelo. En caso de que la capa de tierra se sature y no permita el paso del agua se descargará mediante una coladera hacia la calle o el drenaje de la alcaldía. Así mismo el sistema de bombeo podrá descargar el volumen de agua que no se pueda infiltrar después de 18 horas.

A.2. Tanques de infiltración

Los tanques de infiltración se diseñan para retener el agua pluvial debajo de estacionamientos o andadores peatonales, este sistema permite mantener la infiltración del agua pluvial debajo de las superficies impermeables.

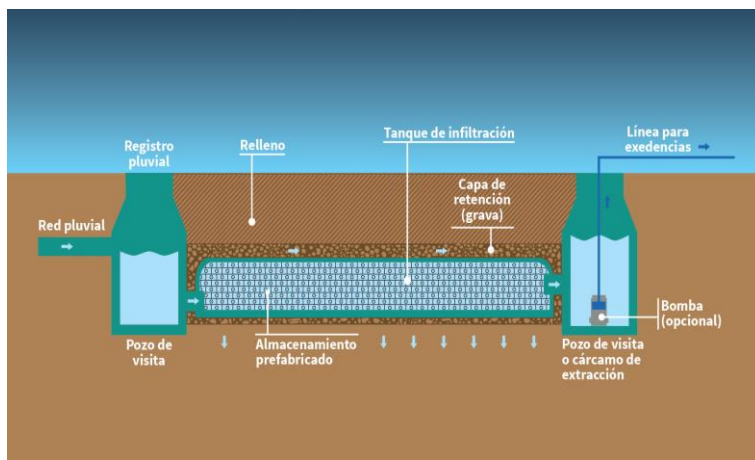


Ilustración 12. Corte conceptual de tanque infiltración. Elaboración propia.

Los tanques de infiltración tienen múltiples configuraciones y contienen los siguientes elementos:

- Registro de entrada: se diseña para facilitar la entrada de los escurrimientos pluviales desde el pavimento y líneas pluviales.
- Equipo de tratamiento: se utiliza en el registro de entrada para retirar basuras grandes, hojas, sedimentos, evitando que estos contaminantes ingresen al tanque de infiltración. Se deberá colocar un equipo de tratamiento en cada una de las entradas de agua pluvial al sistema.
- Relleno: se emplea para distribuir las cargas hacia el suelo, este relleno deberá tener al menos 60cm de espesor.

- Geotextil: se coloca entre el relleno y la capa de retención, sirve como frontera evitando que el relleno se introduzca en la capa de retención y pierda volumen de almacenamiento, el geotextil debe ser permeable.
- Capa de retención: se emplea para generar espacios vacíos en la parte inferior del tanque de infiltración, almacenando el agua de lluvia, esta capa es permeable en el fondo, permitiendo la infiltración del agua de lluvia. La capa de retención se podrá elaborar con material pétreo (grava, tezontle, arena o algún otro similar), el material debe estar libre de polvo, tierra, materia orgánica, micas u otros materiales que demeriten la calidad del agregado pétreo; además, tener una masa unitaria igual o mayor que $2,5 \text{ ton/m}^3$ y no tener forma de canto rodado. La capa de retención también podrá estar elaborada con celdas o cámaras prefabricadas o una mezcla de equipos prefabricados y material pétreo. Esta capa deberá almacenar todo el volumen pluvial de diseño.
- Obra de excedencias: se emplea para drenar el volumen de lluvia que supera la capacidad de la capa de retención, esta obra de excedencias podrá verter las aguas hacia la calle o hacia el colector de la Alcaldía.
- Sistema de bombeo (opcional): se colocará en la parte inferior del tanque de infiltración, el sistema debe drenar el volumen restante después de 18 horas de infiltración.

Los elementos anteriores son enunciativos mas no limitativos, el diseño final, elementos y accesorios que integran el sistema los determinará el ingeniero o arquitecto diseñador. En ninguno de los casos se podrá omitir la capa de retención, los equipos de tratamiento ni la obra de excedencias.

A.2.1. Descripción del sistema

El agua de lluvia llega al registro de entrada y pasa por el equipo de tratamiento, en el equipo se retiran basuras de gran tamaño, hojas y sedimentos. El agua posteriormente pasa la capa de retención, donde se almacena para posteriormente infiltrarse al subsuelo. El agua excedente que no se puede infiltrar se descargará mediante un sistema de bombeo u obra de excedencias hacia la calle o drenaje de la alcaldía. Así mismo el sistema de bombeo podrá descargar el volumen de agua que no se pueda infiltrar después de 18 horas.

A.3. Tanques con pozos de absorción

Los tanques con pozo de absorción se diseñan para retener el agua pluvial debajo de estacionamientos o andadores peatonales, este sistema permite mejorar la capacidad de infiltración del terreno debido a que emplea múltiples capas de suelo.

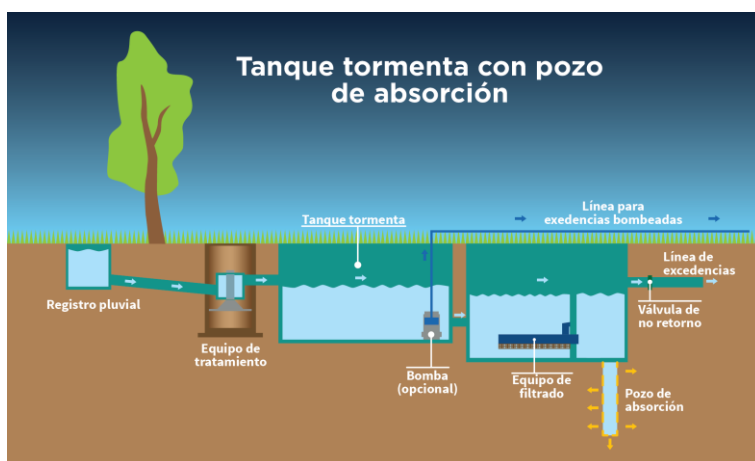


Ilustración 13. Corte conceptual de tanque con pozo de absorción. Elaboración propia.

Los sistemas contienen los siguientes elementos:

- Registro de entrada: se diseña para facilitar la entrada de los escurrimientos pluviales pavimento y líneas pluviales.
- Equipo de tratamiento: se utiliza en el registro de entrada para retirar basuras grandes, hojas, sedimentos, evitando que estos contaminantes ingresen al tanque tormenta. Se deberá colocar un equipo de tratamiento en cada una de las entradas de agua pluvial al sistema.
- Tanque de retención: deberá almacenar el volumen total de diseño, podrá ser elaborado con concreto o elementos prefabricados, puede tener un fondo permeable o no.
- Pozo de absorción: se diseñará para infiltrar el volumen pluvial de diseño en 18 horas de infiltración. Deberá contar con un sistema de filtrado como equipo de tratamiento adicional para garantizar la calidad del agua infiltrada, estar separado del tanque de retención y contar con accesos para limpieza y mantenimiento. Por ningún motivo el pozo deberá llegar al acuífero de la ciudad.
- Obra de excedencias: se emplea para drenar el volumen de lluvia que supera la capacidad del tanque de retención, esta obra de excedencias podrá verter las aguas hacia la calle o hacia el colector de la Alcaldía.
- Sistema de bombeo (opcional): se colocará en la parte inferior del tanque de retención, estará encargado de drenar el volumen restante después de 18 horas de infiltración.
- Los elementos anteriores son enunciativos mas no limitativos, el diseño final, elementos y accesorios que integran el sistema los determinará el ingeniero o arquitecto diseñador. En ninguno de los casos se podrá omitir el tanque de retención, los equipos de tratamiento ni la obra de excedencias.

A.3.1. Descripción del sistema

El agua de lluvia entra al registro de entrada, pasa por el equipo de tratamiento donde se retiran basuras de gran tamaño, hojas y sedimentos. El agua posteriormente pasa al tanque de retención donde se almacena y después llega al pozo de infiltración. El volumen de lluvia excedente que no se puede almacenar se descarga mediante una obra de excedencias o sistema de bombeo hacia la calle o drenaje de la alcaldía. Así mismo el sistema de bombeo podrá descargar el volumen de agua que no se pueda infiltrar después de 18 horas.

A.4. Infiltración por pozo de absorción

Cuando el sistema de infiltración se diseñe mediante pozos de absorción, deberá tener un tanque de regulación el cual evite el gasto de aportación supere al gasto de infiltración.

El pozo de absorción se diseñará para drenar el volumen pluvial en 18 horas de infiltración. Para calcular el gasto de infiltración se empleará la Ley de Darcy.

A.4.1. Metodología

La Ley de Darcy establece la permeabilidad equivalente de un flujo que se presenta a través de diferentes capas estratigráficas. Los dos casos más sencillos son considerándose el flujo paralelo a los contactos entre capas o el flujo perpendicular a las capas, suponiéndose que cada una de las capas es homogénea e isotrópica. La permeabilidad equivalente es un valor global que podemos asignar al conjunto de capas considerado como una unidad.

A.4.1.1. Flujo paralelo a las capas

Para obtener la permeabilidad equivalente se utiliza la siguiente ecuación:

Ecuación 12

$$K_h = \frac{(\sum k_i * b_i)}{B}$$

Donde:

K_h = permeabilidad hidráulica horizontal equivalente

k_i = conductividad hidráulica de cada una de las capas

b_i = espesor de cada una de las capas

B = espesor total, suma de todos los espesores

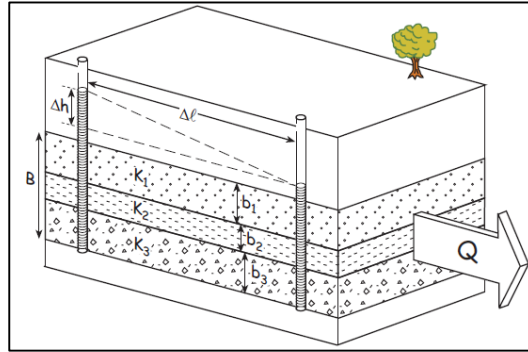


Ilustración 14. Diagrama de flujo paralelo a las capas. Modificada de Sánchez, F. (2014).

A.4.1.2. Flujo vertical

La permeabilidad vertical equivalente se obtiene con la siguiente ecuación

Ecuación 13

$$K_v = \frac{B}{\sum \frac{b_i}{k_i}}$$

Donde:

K_v = permeabilidad hidráulica vertical equivalente

k_i = conductividad hidráulica de cada una de las capas

b_i = espesor de cada una de las capas

B = espesor total, suma de todos los espesores

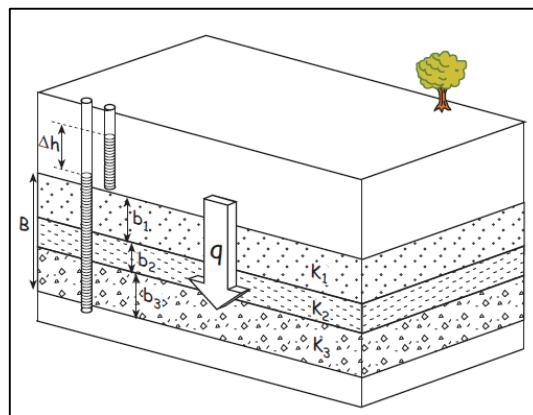


Ilustración 15. Diagrama de Flujo vertical. Modificada de Sánchez, F. (2014).

A.4.1.3. Ley de Darcy

El flujo de agua a través de medios porosos está gobernado por una ley descubierta experimentalmente por Darcy en 1856, quien investigó las características del flujo de agua a través de filtros de material térreo. Utilizando determinados dispositivos de diseño, Darcy encontró que para velocidades suficientemente pequeñas el gasto o caudal Q es:

Ecuación 14

$$Q_{if} = k_n * i * A_T$$

Dónde:

Q_{if} = Gasto de infiltración, en l/s

K_n = Permeabilidad promedio del estrado, en m/s

i = Gradiente hidráulico, adimensional, en este caso 1

A_T = Área sección transversal del estrato de infiltración, en m^2

La construcción y cierre de pozos a que se refiere esta Norma se llevarán a cabo de acuerdo con las normas Norma Oficial Mexicana NOM-003-CONAGUA-1996 Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos y NORMA OFICIAL MEXICANA Requisitos para la protección de acuíferos durante el mantenimiento y rehabilitación de pozos de extracción de agua y para el cierre de pozos en general.

Si el cálculo determina que la infiltración del agua pluvial supera las 18 horas, se deberá emplear un sistema de bombeo que drené el volumen restante hacia el drenaje de la Ciudad, para realizar el bombeo se propone un tiempo máximo de 3 horas y no debe drenar a más de 30 l/s. En total, el tiempo de drenado de diseño del Sistema de retención e infiltración será de 21 horas.

A.5. Descarga de excedencias

Las descargas pluviales bombeadas o por gravedad deberán descargarse en un registro dentro del predio, este registro también albergará la descarga sanitaria del predio. La descarga pluvial se colocará por encima de la descarga sanitaria y la línea sanitaria deberá tener una válvula de no retorno para evitar el regreso del agua hacia el predio. Después de este registro se colocará la conexión sanitaria a la red de alcantarillado de la Ciudad.

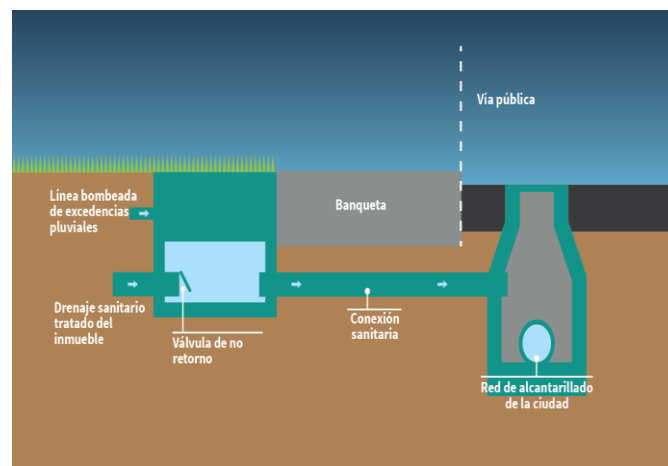


Ilustración 16. Diagrama de descarga de excedencias. Elaboración propia.

APÉNDICE B. ESTÁNDARES ADICIONALES RELEVANTES/DOCUMENTOS

- A.1. ASME A112.6.4-2003: Roof, Deck, and Balcony Drains
- A.2. STM B32-08: Standard Specification for Solder Metal
- A.3. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22 Edition
- A.4. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22 Edition
- A.5. ASTM B75/B75M-11: Standard Specifications for Seamless Copper Tube
- A.6. ASTM B828-02 (2010): Standard Practice for Making Capillary Joints by Soldering of Copper and Copper Alloy Tube and Fittings
- A.7. ASTM D1785-12: Standard Specification for Poly (Vinyl Chloride) (PVC) Plastic Pipe, Schedules 40, 80, and 120
- A.8. ASTM D2241-09: Standard Specification for Poly (Vinyl Chloride) (PVC) Pressure Rated Pipe (SDR Series)
- A.9. ASTM D2466-06: Standard Specification for Poly (Vinyl Chloride) (PVC) Plastic Pipe Fittings, Schedule 40
- A.10. ASTM D2467-06: Standard Specification for Poly (Vinyl Chloride) (PVC) Plastic Pipe Fittings, Schedule 80
- A.11. ASTM D2657-07: Standard Practice for Heat Fusion Joining of Polyolefin Pipe and Fittings
- A.12. ASTM D2661-11: Standard Specification for Acrylonitrile-Butadiene-Styrene (ABS) Schedule 40 Plastic Drain, Waste, and Vent Pipe and Fittings
- A.13. ASTM D2665-12: Standard Specification for Poly (Vinyl Chloride) (PVC) Plastic Drain, Waste, and Vent Pipe and Fittings
- A.14. ASTM D2855-96 (2010): Standard Practice for Making Solvent-Cemented Joints with Poly (Vinyl Chloride) (PVC) Pipe and Fittings
- A.15. ASTM D2949-10: Standard Specification for 3.25-in. Outside Diameter Poly (Vinyl Chloride) (PVC) Plastic Drain, Waste, and Vent Pipe and Fittings
- A.16. ASTM D3261-10a: Standard Specification for Butt Heat Fusion Polyethylene (PE) Plastic Fittings for Polyethylene (PE) Plastic Pipe and Tubing
- A.17. ASTM D3311-11: Standard Specification for Drain, Waste, and Vent (DWV) Plastic Fittings Patterns
- A.18. ASTM D3350-12: Standard Specification for Polyethylene Plastics Pipe and Fittings Materials
- A.19. ASTM F628-08: Standard Specification for Acrylonitrile-Butadiene-Styrene (ABS) Schedule 40 Plastic Drain, Waste, and Vent Pipe with a Cellular Core
- A.20. ASTM F714-12e1: Standard Specification for Polyethylene (PE) Plastic Pipe (DR-PR) Based on Outside Diameter
- A.21. ASTM F1866-07: Standard Specification for Poly (Vinyl Chloride) (PVC) Plastic Schedule 40 Drainage and DWV Fabricated Fittings
- A.22. ASTM F1901-10: Standard Specification for Polyethylene (PE) Pipe and Fittings for Roof Drain Systems
- A.23. AWWA C606-2011: Standard for Grooved and Shoulder Joints
- A.24. CISPI 301-09: Standard Specification for Hubless Cast Iron Soil Pipe and Fittings for Sanitary and Storm Drain, Waste and Vent Piping Applications
- A.25. CISPI 310-11: Standard Specification for Couplings for Use in Connection with Hubless Cast Iron Soil Pipe and Fittings for Sanitary and Storm Drain, Waste, and Vent Piping Applications
- A.26. ISO/IEC 17065-2012: Conformity Assessment -- Requirements for Bodies Certifying Products, Processes and Services
- A.27. ISO/IEC 17011-2004: Conformity Assessment -- General Requirements for Accreditation Bodies Accrediting Conformity Assessment Bodies
- A.28. NSF Protocol P151: Health Effects from Rainwater Catchment System Components
- A.29. NSF/ANSI Standard 14-2011: Plastic Piping System Components and Related Materials
- A.30. NSF/ANSI Standard 42-2010: Drinking Water Treatment Units -- Aesthetic Effects

- A.31. NSF/ANSI Standard 53-2010: Drinking Water Treatment Units -- Health Effects
- A.32. NSF/ANSI Standard 55-2009: Ultraviolet Microbiological Water Treatment Systems
- A.33. NSF/ANSI Standard 58-2009: Reverse Osmosis Drinking Water Treatment Systems
- A.34. NSF/ANSI Standard 60-2011: Drinking Water Treatment Chemicals -- Health Effects 2.7.8 NSF/ANSI Standard 61-2011: Drinking Water System Components -- Health Effects
- A.35. Standard 1926: Safety and Health Regulations for Construction, Subpart P, Excavations
- A.36. OSHA Regulations for Confined Space Entry, 29 CFR 1910
- A.37. UNE-EN 1253-2:2015. Sumideros y sifones para edificios.
- A.38. UNE-EN 12056. Sistemas de desagüe por gravedad en interior de edificios.

APÉNDICE C. DEFINICIONES COMPLEMENTARIAS

- C.1. Acreditado. Individuo u organismo público o privado capacitado y acreditado por el SACMEX para la verificación de la correcta instalación y operación de un Sistema de Captación de Agua de Lluvia.
- C.2. Agua Subterránea. Agua que ha saturado el subsuelo y no corre superficialmente.
- C.3. Aguas Superficiales. Agua en contacto con el suelo y que fluye sobre la superficie, generando cauces, arroyos, ríos y lagos.
- C.4. Bebederos o Estaciones De Recarga De Agua Potable: los primeros son muebles para el suministro de agua potable bebible de manera intermitente, a fin de evitar su derroche; y los segundos son muebles de abastecimiento de agua potable bebible, mediante el flujo intermitente para su recarga en recipientes portátiles.
- C.5. Cauce. El canal natural o artificial con capacidad necesaria para llevar las aguas de una creciente máxima o mínima ordinaria de una corriente.
- C.6. Infraestructura azul: infraestructura que imita los principios de la infraestructura verde y utiliza dispositivos patentados, compactos y de alta eficiencia que se instalan para modernizar sistemas de agua existentes. Conecta los beneficios de la infraestructura verde con la gris y se utiliza en zonas urbanas con poco espacio.
- C.7. Nivel Freático. Límite superior de la zona saturada, en la cual el agua contenida en los poros se encuentra sometida a presión atmosférica.