



Disposiciones para la Instalación de Sistemas de Naturación en Edificaciones de la Universidad Nacional Autónoma de México



Instituto de Biología
Azotea de Oficinas del Vivero Bajo



Contenido

1. Introducción	4
2. Objetivo.....	5
3. Ámbito de Validez	5
4. Referencias.....	5
5. Definiciones	6
6. Información Previa Requerida	10
7. Especificaciones Generales	11
8. Especificaciones Técnicas de Planeación, Construcción, Operación, Mantenimiento y Reciclaje de los Sistemas de Naturación.....	11
8.1 Requerimientos Mínimos.....	11
8.1.1 Requerimientos Previos en Edificaciones Existentes	12
8.1.2 Requerimientos Previos en Edificaciones Nuevas.....	13
8.2 Condiciones de Servicio y Seguridad	14
8.3 Parámetros para cada Tipo de Naturación	15
8.4 Componentes Básicos de una Cubierta Naturada.....	16
8.5 Soporte Base	17
8.5.1 Materiales del Soporte Base	17
8.5.2 Pendientes Requeridas	17
8.6 Dispositivos para Desagüe.....	18
8.7 Membrana Impermeabilizante Anti-Raíz.....	19
8.7.1 Proceso de Verificación de Estanquidad de la Membrana Impermeabilizante Anti-Raíz	25
8.7.2 Protección Pesada de la Membrana Impermeabilizante Anti-Raíz	25
8.8 Capa Drenante.....	26



DISPOSICIONES EN MATERIA DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE NATURACIÓN EN
AZOTEAS DE EDIFICACIONES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

8.9	Capa Filtrante.....	27
8.10	Capa de Sustrato	28
8.10.1	Materiales y Características para la Capa de Sustrato	28
8.11	Capa de Vegetación.....	29
8.11.1	Características de la Capa de Vegetación.....	30
8.11.2	Capa de Vegetación en Naturaciones Extensivas	31
8.11.3	Capa de vegetación en naturacionessemi-intensivas	31
8.11.4	Capa de Vegetación en NaturacionesIntensivas	31
8.12	Suministro y Plantación	32
8.13	Naturación ligera para Cubiertas	33
8.14	Azoteas que Cuenten con Sistemas Fotovoltaicos	33
8.15	Medidas Preventivas y de Seguridad durante la ejecución de los trabajos	34
9.	Especificaciones de Operación y Mantenimiento	34
9.1	Operación y Mantenimiento de Elementos Constructivos.....	34
9.2	Operación y Mantenimiento de Vegetación	35
9.3	Riego.....	35
9.4	Abonado y Adición de Sustrato	36
9.5	Control de Plagas y Enfermedades	36
10.	Bibliografía	37
11.	Normatividad Relacionada.....	39
12.	Observancia	39



Relación de Tablas

Tabla 1 Cargas por Tipo de Naturación en Edificios Existentes	12
Tabla 2 Cargas por Tipo de Naturación en Edificios Nuevos	15
Tabla 3 Parámetros para cada Tipo de Naturación	15
Tabla 4 Equivalencias para Pendientes de Porcentajes a Grados	18

Relación de Figuras

Figura 1 Componentes Básicos de una Cubierta Naturada	16
Figura 2 Elemento Emergente Cubierto Parcialmente con Membrana Anti Raíz	20
Figura 3 Elemento emergente cubierto totalmente con membrana anti-raíz	20
Figura 4 Elemento emergente cubierto con membrana anti-raíz que divide el sistema de naturación.....	21
Figura 5 Pretil perimetral cubierto con impermeabilizante y pendiente sobre el soporte estructural.....	21
Figura 6 Pretil perimetral cubierto con impermeabilizante y pendiente sobre el soporte base.....	22
Figura 7 Pretil perimetral con cabezal descubierto y pendiente sobre soporte base	22
Figura 8 Pretil perimetral con cabezal cubierto con impermeabilizante, sobre soporte base.....	23
Figura 9 Impermeabilización y refuerzos en puntos de encuentro con tubos y conductos que penetren desde la cubierta hacia el interior de la edificación.	23
Figura 10 Impermeabilización y refuerzo en puntos de encuentro con bajadas de agua	24



1. Introducción

A partir de la década de los 90's la sociedad ha experimentado grandes consumos de energía, agua potable y recursos naturales no renovables que ocasionan un gran impacto ambiental, originado, en parte, por diversas actividades relacionadas con la urbanización que han ido en aumento sin considerar los efectos nocivos que en algunos casos producen.

El crecimiento de zonas urbanas reduce el suelo natural y su vegetación, ocasionando alteraciones ambientales. Paralelo a esta situación, el reemplazo de áreas verdes por superficies impermeables ha reducido la cantidad de absorción de rayos solares y la evapotranspiración de la vegetación causando un incremento en la temperatura debido a la liberación nocturna de la energía calórica que absorben las edificaciones durante el día, generando cambios en el clima y microclima de la ciudad. Esta situación ha provocado que se examine cuidadosamente la factibilidad técnica y económica para recuperar y/o restituir las áreas.

En la actualidad, el uso de sistemas de naturación (azoteas verdes) a nivel urbano ha mostrado grandes beneficios ambientales en diversas ciudades del mundo, como adicionar a superficies cierta permeabilidad para retener y amortiguar el drenaje pluvial, poseen la capacidad de atrapar partículas suspendidas en el aire, humedecer el aire y reducir su temperatura como resultado de los procesos de evapotranspiración y de reducir la temperatura en los interiores de los edificios traduciéndose en un ahorro en el gasto de energía. Además se cuenta con los materiales para su construcción que garantizan el correcto funcionamiento operativo de dichos sistemas. Con la finalidad de darle la debida importancia y difusión al uso de sistemas de naturación, es necesario establecer los requerimientos mínimos de calidad y las especificaciones técnicas mínimas para su construcción y mantenimiento.

La Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), considerada una de las instituciones con un proyecto educativo, científico y cultural más importante de México, América Latina y el mundo iberoamericano en su conjunto, tiene el compromiso en todos los ámbitos de su quehacer, y convoca a ser ejemplo en las diferentes esferas de su accionar. Es, por tanto, que debe ser congruente con su espíritu de contribuir en el desarrollo sustentable, que permita preservar el medio ambiente y promover el desarrollo de las tecnologías sustentables, pues constituyen un compromiso de la Universidad para mejorar el desempeño ambiental de nuestros edificios; en beneficio de la salud humana y del cuidado de los ecosistemas de este país tan diverso.

En cumplimiento de los fines de la UNAM de participar en la investigación y solución de los problemas ambientales, se establecen las normas, lineamientos, disposiciones o criterios necesarios para que las construcciones y el mantenimiento de la infraestructura universitaria no causen un impacto negativo en el medio ambiente en lo concerniente al proyecto y construcción de las edificaciones.

Las presentes Disposiciones tienen el propósito fungir como una guía rectora para el diseño y construcción de sistemas de naturación en las azoteas de las edificaciones de la UNAM, que contribuirán a compensar la pérdida de áreas verdes ocasionada por la construcción de las edificaciones en sus diversos campus, propiciando fundamentalmente la obtención de beneficios ambientales.

DISPOSICIONES EN MATERIA DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE NATURACIÓN EN AZOTEAS DE EDIFICACIONES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Se concibe como un documento dinámico, que debe ser actualizado periódicamente, con base en nueva información y nuevos desarrollos o soluciones tecnológicas y busca fomentar la innovación de los sistemas de naturación.

En atención a la Línea rectora 14.5.2 Garantizar la reducción del impacto ambiental en la proyección, diseño y construcción de nuevas obras y edificios. En octubre de 2016 se elaboran las Disposiciones en Materia de Instalación Sistemas de Naturación en Azoteas de Edificaciones de la UNAM, en colaboración con las Direcciones Operativas de la Dirección General de Obras y Conservación, el Instituto de Biología y la Facultad de Ingeniería.

2. Objetivo

Establecer especificaciones técnicas, condiciones, parámetros, criterios de calidad y seguridad estructural, aplicables a los materiales y procedimientos constructivos que para tal efecto sean utilizados durante el proceso de planeación, construcción, operación, mantenimiento y reciclaje de los sistemas de naturación en las azoteas de las entidades y dependencias de la UNAM.

3. Ámbito de Validez

Es de observancia obligatoria para las empresas y personas físicas o morales que se dediquen al diseño, construcción y mantenimiento de sistemas de naturación y en general a cualquier persona que decida instalar un sistema en azoteas de edificaciones pertenecientes a la UNAM.

4. Referencias

Para la correcta interpretación de las presentes disposiciones, se deben consultar los siguientes documentos:

Gobierno del Distrito Federal

- [Ley Ambiental del Distrito Federal. 31 de enero de 2002, México](#)
- [Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal. 29 de enero de 1996, México](#)
- [Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal. 9 de febrero de 2005, México](#)
- [Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal. 6 de octubre de 2004, México](#)

Minke Gernot

- [Techos Verdes – Planificación, ejecución, consejos prácticos, Fin de Siglo, 2004, Uruguay](#)

Velázquez Linda S.

- [Organic Green Roof Architecture. Design Considerations and System Components, Wiley Periodicals, Inc. Environmental Quality Management. 2005](#)

NMX-AA-164-SCFI-2013

- [Edificación Sustentable – Criterios y Requerimientos Ambientales Mínimos](#)

NADF-013-RNAT-2007

- [Norma Ambiental para el Distrito Federal](#)

5. Definiciones

Para fines de las presentes disposiciones, además de las definiciones previstas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y en la Ley Ambiental de Protección a la Tierra en el Distrito Federal y demás aplicables en la materia, se entenderá por:

Adventicia: Vegetal que se desarrolla en lugar distinto del habitual.

Aislamiento Térmico: Aquellos materiales de bajo coeficiente de conductividad térmica dispuestos para reducir los intercambios térmicos entre el interior y el exterior de una edificación.

Altura de la Planta: Distancia vertical desde el cuello de la raíz hasta la punta más alta de una planta.

Capa Complementaria: Capa que se coloca entre los elementos de un sistema de naturación de forma intercalada para proporcionarle características específicas y que puede ser antiadherente, antipunzonante, drenante, filtrante, ignífuga o separadora.

Capa de Sustrato: Capa superior penúltima de una naturación, formada con material inerte predominantemente mineral y material orgánico, la cual está destinada a proporcionar los nutrientes necesarios, suministrar agua y oxígeno dando soporte físico a la vegetación.

Capa de Vegetación: Última capa exterior de una naturación, formada por plantas adaptadas a las condiciones físicas y climáticas de la zona, destinadas a dar a la edificación un acabado vegetal que genera áreas verdes de carácter ecológico.

Capa Drenante: Capa complementaria prefabricada dispuesta para permitir la salida del agua que se estanque sobre algún elemento de la edificación.

Capa Filtrante: Capa complementaria de materiales prefabricados cuya función es evitar el paso de las partículas finas de la capa de sustrato y permitir el paso del agua hacia la capa drenante.

Combustibilidad: Calidad de poder arder o quemarse, inflamabilidad.

Concreto Celular (hormigón ligero): Mezcla obtenida generalmente por medio de agua, cemento, partículas de poliestireno y aditivos, utilizado para dar la pendiente requerida para la escorrentía y se obtiene menor peso y funciona como aislante térmico.

Control de Plagas: Tratamiento aplicado para librar a la planta de plagas que la estén afectando una vez diagnosticado con precisión el tipo de plaga.

Cubierta: Elemento o conjunto de elementos que sirven como cerramiento superior de una edificación que se encuentran comprendidos entre la superficie inferior del último techo y el acabado en contacto con el exterior.

DISPOSICIONES EN MATERIA DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE NATURACIÓN EN AZOTEAS DE EDIFICACIONES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Cubierta con Naturación extensiva: Cubierta de una edificación con acabado vegetal de tratamiento extensivo creado por medio de añadir capas de medio de crecimiento y vegetación sobre un sistema de cubierta tradicional con requerimientos de mantenimiento muy bajos o casi nulos cuya capa de sustrato no debe ser mayor de 10 cm y en la cual el peso de la capa de sustrato y vegetación

Cubierta con Naturación semi-intensiva: Cubierta de una edificación con acabado vegetal de tratamiento semi-intensivo creado por medio de añadir capas de medio de crecimiento y vegetación sobre un sistema de cubierta tradicional con requerimientos de mantenimiento medio cuya capa de sustrato es de 15 cm como mínimo y en la cual el peso de la capa de sustrato y vegetación.

Cubierta con Naturación intensiva: Cubierta de una edificación con acabado vegetal de tratamiento intensivo creado por medio de añadir capas de medio de crecimiento y vegetación sobre un sistema de cubierta tradicional con requerimientos de mantenimiento frecuente cuya capa de sustrato es de 20 cm y en la cual el peso de la capa de sustrato y vegetación.

DGOC: Dirección General de Obras y Conservación, es la dependencia encargada de autorizar la capacidad de carga en relación a la seguridad estructural del inmueble y supervisar el proceso constructivo de instalación de los sistemas de naturación que pretendan colocarse en las entidades y dependencias de la UNAM, además de ser la responsable de la observancia de la Ley de Desarrollo Urbano, del Reglamento de Construcciones y demás disposiciones aplicables federales y locales.

Echeveria Elegans: (rosa de alabastro) Planta suculenta que emerge de roseta sin tallo, formando densas alfombras con los estolones; alcanza hasta 10 cm de diámetro.

Edificación Existente: Cualquier edificación que se pretenda naturar, la cual haya sido construida previo a la intención de naturarla y en la cual, consecuentemente, la naturación no es parte integral del proyecto inicial.

Edificación Nueva: Cualquier edificación en la que el sistema de naturación forme parte integral del proyecto inicial, previo a la etapa de construcción de la edificación en su conjunto.

Estanquidad: Cualidad de un elemento de estar perfectamente sellado en sus uniones.

Estabilidad Dimensional: Propiedad que tienen ciertos materiales que al ser sometidos a cambios de temperatura y humedad no pierden su forma y mantiene sus dimensiones originales.

Evapotranspiración: Es el proceso por el cual el agua pasa de fase líquida a fase de vapor, desde la superficie de la tierra a la atmósfera y la transpiración consiste en la vaporización de agua contenida en los tejidos de la planta que se transporta a la atmósfera.

Fitotoxicidad: Presencia de sustancias, contaminantes o plagas que producen la muerte o trastornos fisiológicos a los vegetales.

DISPOSICIONES EN MATERIA DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE NATURACIÓN EN AZOTEAS DE EDIFICACIONES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Formación de Pendiente: Acción de generar pendiente, en un elemento constructivo dado, por medio de elementos de espesor variable con el fin de facilitar la evacuación del agua hacia los sumideros, desagües o bajadas de agua.

Impermeabilidad: Propiedad de los cuerpos de no dejar pasar líquidos a su través.

Imputrescible: Que no se pudre fácilmente.

Intemperismo: Es el proceso de transformación química de los materiales expuestos en la superficie de la azotea a las condiciones físicas de erosión, fusión del agua, calentamiento y enfriamiento que disgregan lentamente los materiales.

Membrana Impermeabilizante anti-raíz: Membrana de materiales diversos que tiene como función evitar el paso del agua al interior de las edificaciones e impedir que las raíces y los microorganismos dañen la edificación haciendo impermeable el elemento o grupo de elementos constructivos deseados.

Migración de Plastificantes: Es el resultado por el cual los materiales pierden con el tiempo sus propiedades de flexibilidad y además, el plastificante migrado contamina el medio que rodea.

Muerto de Concreto: Estructuras de concreto armado, diseñada para cooperar a sostener un poste o pilar, unidos ambos elementos, mediante un cable o tensor en diagonal. Se diseñan en forma cónica o rectangular. Son estructurados para resistir cargas de tracción.

Parteaguas: Línea imaginaria que une los puntos de mayor elevación de la azotea y a su vez divide la esorrentía en direcciones contrarias.

Planta Cespitosa: Planta que forma una mata aglomerada. Se propaga fácilmente a través de tallos y motas.

Planta C3: Planta que fija y reduce el CO₂ atmosférico de modo directo mediante el ciclo de Calvin-Benson formando inicialmente compuestos con tres carbonos. Plantas adaptadas a climas templados y húmedos, en su mayoría arbóreas de fotorespiración marcada.

Plantas C4: Planta que fija inicialmente el CO₂ atmosférico en un ácido orgánico de cuatro carbonos y que en una descarboxilación posterior, libera el CO₂ el cual es captado y reducido mediante el ciclo de Calvin-Benson. Se distribuyen normalmente en regiones tropicales cálidas con duración del día.

Plantas CAM: Planta que fija el CO₂ atmosférico durante la noche en ácido málico que se descarboxila durante el día, y el CO₂ liberado es captado y reducido mediante el ciclo de Calvin-Benson. Se distribuyen en regiones áridas y semiáridas, adaptadas a condiciones de temperatura y sequedad.

Planta Herbácea Perennifolia: Planta no lignificada, o apenas lignificada, con aspecto y consistencia de hierba. Con hojas todo el año, persistentes durante dos períodos de crecimiento o más. Dentro de las plantas herbáceas se pueden distinguir las anuales, bianuales, perennes vivaces y perennes perennifolias.

DISPOSICIONES EN MATERIA DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE NATURACIÓN EN
AZOTEAS DE EDIFICACIONES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Planta Subarbustiva: De tallo lignificado sólo en la base. (ver subarbusto)

Planta Suculenta: Aquella en la que su tallo, hoja, raíz o la planta completa es jugosa o carnosa ya que tiene tejidos engrosados por reservas de agua o azúcar como en la mayoría de las crasuláceas y cactáceas.

Planta Viváz: Término empleado como sinónimo de perenne.

Protección Pesada: Elemento o conjunto de elementos colocados en obra dispuestos sobre el aislamiento térmico o la membrana impermeabilizante anti-raíz destinados a protegerlos de los efectos nocivos de origen externo.

Radicular: Perteneciente o relativo a las raíces.

Sedum Griseum: Planta perenne con hojas carnosas generalmente enteras, planas o cilíndricas, alternas, aunque ocasionalmente pueden ser opuestas.

Sedum Moransense: (chisme) Hierva perenne, extendida sobre el suelo colgante, sin pelillos. Hojas abundantes, gruesas carnosas ovadas.

Sistema de Naturación: Es el tratamiento técnico de superficies edificadas horizontales o inclinadas, individuales o agrupadas mediante el cual se incorpora en un elemento o grupo de elementos constructivos tradicionales capas de medio de crecimiento y vegetación especialmente adaptada a las condiciones físicas y climáticas del sitio en que se instala, creando una superficie vegetal inducida.

Soporte Base: Elemento constructivo que recibe directamente el impermeabilizante anti-raíz o membrana impermeabilizante anti-raíz, puede coincidir o no con el elemento estructural (soporte estructural) y suele ser el elemento que forma la pendiente.

Soporte Estructural: Elemento constructivo que soporta el peso de las demás capas del sistema de naturación y lo distribuye hacia las vigas, cadenas de cerramiento, muros de carga, etc., para su posterior descenso hacia la cimentación; en caso de tener la pendiente requerida es posible utilizarla de soporte base.

Subarbusto: Pequeña planta leñosa, que se distingue de un “arbusto” en la disposición de las ramas a ras del suelo y su menor altura, no suelen superar los 10 o 20 cm.

Vegetación endémica: Se aplica a especies vegetales originarias de una región o comarca restringida.

Vegetación nativa: Se aplica a las especies vegetales originarias de un país, región o comarca.

6. Información Previa Requerida

Para garantizar una correcta planeación y ejecución de una naturación, es necesario conocer características específicas de los elementos constructivos, la edificación y la zona en que se encuentra, para ello es necesario contar con la siguiente información previa a la etapa de planeación y/o proyecto.

Levantamiento arquitectónico de la edificación:

- Altitud y altura de la edificación.
- Dimensiones de la superficie a naturar.
- Ubicación de parteaguas que marcan la pendiente de la superficie a naturar.
- Ubicación de los accesos a la superficie que se va a naturar.
- Ubicación y estado de las instalaciones eléctricas, hidráulicas y de aire acondicionado, que discurren por la superficie a naturar.
- Ubicación y estado de las juntas estructurales (para el caso de cubiertas a naturar).
- Ubicación y estado de las tomas de agua de riego más cercanas a la superficie a naturar.
- Ubicación y estado de los elementos singulares (tales como tubos, ductos, muertos, etc.) y demás elementos constructivos de la superficie a naturar.
- Ubicación y estado de los puntos de desagüe, sumideros y/o bajadas de agua.
- Considerar desfuegos adicionales a las bajadas de aguas pluviales.
- Tipos y condición de pretilos y recubrimientos de los mismos.
- Determinación de acceso a la azotea: acceso de servicio y de recreación.
- Porción o porciones de la superficie a naturar protegida(s) del agua de lluvia por elementos constructivos.
- Porción o porciones de la superficie a naturar que reciben sombra de construcciones y/o vegetación aledaña o de los elementos constructivos de la propia edificación durante la mayor parte del día.
- Orientación de la superficie a naturar en relación al asoleamiento y vientos dominantes.
- Protección de seguridad perimetral (pretilos y barandales).

Información estructural:

- Dictamen de seguridad estructural en edificios existentes o nuevos.
- Carga máxima admisible, dimensiones y altura de la superficie a naturar y sus elementos portantes.

Información sobre la vegetación:

- Vegetación endémica y/o nativa de la zona donde se ubica el inmueble.

7. Especificaciones Generales

Objetivos de los sistemas de naturación:

- Incrementar las áreas con vegetación natural, compensando parcialmente la superficie impermeable del suelo natural que es cubierta por la construcción de edificaciones.
- Obtener beneficios ambientales, sociales y económicos.
- Embellecer el paisaje de las edificaciones pertenecientes a las entidades de la UNAM.
- Proveer espacios para la biodiversidad de flora y fauna endémicas.
- Realizar funciones de aislamiento térmico y acústico.
- Proteger la azotea de las edificaciones contra los efectos de la radiación solar e intemperismo.
- Regular la temperatura al interior de los inmuebles.
- Reducir los gastos energéticos producidos por el uso de equipos de calefacción y refrigeración.
- Retener la precipitación pluvial y amortiguar la carga al sistema de drenaje.
- Atrapar partículas suspendidas en el aire.
- Humedecer y reducir la temperatura del aire debido a la evapotranspiración.

Las entidades y dependencias de la UNAM que deseen instalar sistemas de naturación deberán presentar el proyecto ejecutivo para su aprobación, ante la DGOC con base en estas disposiciones, previo a que se inicien los trabajos, para lo cual deberán tomar en cuenta lo aquí indicado, respetando siempre la reglamentación y normatividad federal y local, de igual manera el medio ambiente bajo criterios de sustentabilidad desde los procesos de fabricación de materiales para la naturación hasta el reciclado de los mismos cuando queden en desuso.

8. Especificaciones Técnicas de Planeación, Construcción, Operación, Mantenimiento y Reciclaje de los Sistemas de Naturación

Para satisfacer los requerimientos de calidad y seguridad en una cubierta naturada se deberán seguir las siguientes disposiciones durante los procesos de proyecto y ejecución, mismas que deberán ser atendidas y supervisadas por personal de la DGOC, la entidad o dependencia correspondiente y de la empresa encargada de la construcción del sistema de naturación, de tal modo que garanticen su correcta ejecución.

8.1 Requerimientos Mínimos

El sistema de naturación y sus elementos constituyentes deberán satisfacer por lo menos los requerimientos siguientes:

- Estabilidad y resistencia mecánica: La naturación y sus componentes deben ser estables y resistir las acciones consideradas en el cálculo estructural de la edificación de acuerdo a lo establecido

DISPOSICIONES EN MATERIA DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE NATURACIÓN EN AZOTEAS DE EDIFICACIONES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

en el proyecto ejecutivo autorizado por la Dirección General de Obras y Conservación y garantizar el correcto comportamiento estructural ante acciones estáticas y dinámicas de la construcción en su conjunto.

- Impermeabilidad: Los sistemas de naturación deben impedir el paso del agua al interior de la edificación protegiéndola de los agentes climáticos previsibles garantizando la evacuación total del agua excedente, una vez alcanzado el estado de saturación del sistema. Se deberá verificar realizando la prueba de estanquidad (conocida comúnmente como prueba de inundación).
- Resistencia a la acción de las raíces sobre la estructura: la naturación debe proyectarse y construirse con los materiales adecuados, garantizando que las raíces de la capa de vegetación no penetren la membrana impermeabilizante para evitar daños a la estructura de la edificación.
- Seguridad civil en maniobras: La naturación debe proyectarse y construirse de modo que permita el acceso para los trabajos de mantenimiento, inspección y reparación tanto de los elementos de la propia superficie a naturar como de las instalaciones que discurren por ella, y debe disponer de los elementos de seguridad adecuados para el personal que realiza estos trabajos.
- En los casos de que el sistema de naturación a instalar tenga como finalidad adicional a los beneficios ambientales, la visita con fines académicos, de investigación o de difusión cultural, es recomendable proporcionar acceso peatonal independiente del acceso principal al edificio de los usuarios que normalmente utilizan el edificio desde la planta baja hasta el nivel dónde se instale el sistema de naturación.

8.1.1 Requerimientos Previos en Edificaciones Existentes

(ir a 8.6 Dispositivos para Desagüe

)

En el caso de edificaciones existentes será necesario, en primer lugar, realizar un análisis y evaluación estructural, el cual deberá ser presentado ante la DGOC de la UNAM al momento de presentar el proyecto ejecutivo para su aprobación. Dicha evaluación deberá ser realizada por la Coordinación de Ingenierías de la DGOC para poder realizar y llevar a cabo el sistema de naturación conforme a lo previsto en estas disposiciones.

Para efectos del cálculo estructural, el peso de la naturación será considerado como una carga muerta y el valor a tomar deberá corresponder con el indicado en la siguiente tabla:

Tipo de naturación	Extensiva	Semi-intensiva	Intensiva
Carga adicional Directa	150 kg/m ²	250 kg/ m ²	>300 kg/ m ²
Carga adicional Indirecta o Modular	180 kg/ m ²	250 kg/ m ²	>300 kg/ m ²

Tabla 1 Cargas por Tipo de Naturación en Edificios Existentes

DISPOSICIONES EN MATERIA DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE NATURACIÓN EN AZOTEAS DE EDIFICACIONES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Nota: los valores indicados corresponden al peso propio de una naturación en estado saturado (a capacidad máxima de agua) y por ningún motivo podrán considerarse para el cálculo estructural los pesos de una naturación en seco. Los sistemas de naturación deberán tener un peso máximo en estado saturado que sea menor o igual al considerado por la Coordinación de Ingenierías de la DGOC para el cálculo y/o evaluación estructural.

En caso de que la edificación no pueda soportar la carga adicional del sistema de naturación, y si es posible, eliminar los sobrepesos existentes ocasionados por cumplir con la pendiente mínima que marca el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal y restituir las pendientes mínimas que aseguran el desalojo del agua pluvial con materiales más ligeros.

En caso de que la edificación no pueda soportar la carga adicional del sistema de naturación propuesta, y no se pueda realizar trabajos de refuerzo estructural, ni modificación de materiales y pendientes mínimas, deberá definirse el sobre peso máximo admisible de la estructura para que en virtud de éste se diseñe el sistema de naturación y deberá hacerse monitoreando que la biomasa no exceda de los pesos de diseño.

La cubierta deberá contar con pretilos de por lo menos 20 cm en toda la periferia para contener el sistema. En caso de no tener pretilos, deberán construirse antes de iniciar los trabajos de naturación. Asimismo, deberá verificarse que los desagües y/o bajadas de aguas funcionen correctamente y tengan la capacidad suficiente para desalojar toda el agua de las precipitaciones sobre la cubierta; en caso de encontrar alguna anomalía o insuficiencia deberán tomarse las medidas correctivas correspondientes.

En el caso en que se instale un sistema de naturación en una cubierta y el pretil sea menor de 90 cm de altura o que no lo contenga, por seguridad deberá contar con una protección metálica, de concreto o de algún otro material de acuerdo a proyecto autorizado.

En todos los casos la cubierta deberá contar con rebosaderos, pretil o frontera con una altura mínima de 10 cm, por arriba del nivel de sustrato.

Se debe preparar la superficie a naturar de modo que los equipos y las instalaciones que se encuentren sobre la cubierta, no obstaculicen los trabajos; especialmente los de impermeabilización.

La cubierta deberá contar con chaflanes a 45° de por lo menos 10 cm de altura en todos los puntos de encuentro con elementos verticales. En caso de que no se tengan los chaflanes, se deberá proceder a construirlos antes de iniciar los trabajos de naturación.

En caso de requerirse, se deberá tener en cuenta las preparaciones para el sistema de riego con salida perpendicular al pretil, a la altura del nivel del sustrato, con un alcance (radio) de 50 m. y deberá de provenir de una toma especial a colocarse en un cuarto de máquinas o similar.

8.1.2 Requerimientos Previos en Edificaciones Nuevas

(ir a 8.6 Disp)

DISPOSICIONES EN MATERIA DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE NATURACIÓN EN AZOTEAS DE EDIFICACIONES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

En edificaciones nuevas se debe incluir el peso del sistema de naturación en estado saturado para el cálculo y diseño estructural de las mismas de acuerdo con lo recomendado por la Coordinación de Ingenierías de la DGOC.

La cubierta a naturar deberá tener una pendiente mínima del 3% y deberá contar con chaflanes a 45° de por lo menos 10 cm de altura en todos los puntos de encuentro con elementos verticales. Las instalaciones que se encuentran en la cubierta deberán estar separadas de la misma por lo menos 40 cm o estar ubicadas a una altura por encima del sustrato para facilitar la colocación del impermeabilizante.

Por su parte los equipos que se encuentren sobre la cubierta de la edificación tales como tinacos, tanques de gas, etc. deberán colocarse en bases a una altura de por lo menos 15 cm sobre el nivel del sustrato.

Deberán contar con una protección sea metálica, de concreto o de algún otro material para la seguridad de acuerdo a proyecto autorizado.

Los desagües y bajadas de agua deberán ser dimensionados y calculados según lo establecido en el proyecto ejecutivo autorizado por la Dirección General de Obras y Conservación, de modo que se asegure su capacidad para desalojar la totalidad del agua producto de las precipitaciones pluviales sobre la cubierta.

En todos los casos la cubierta deberá contar con rebosaderos con una altura de 10 cm, por arriba del nivel de sustrato.

8.2 Condiciones de Servicio y Seguridad

Para la construcción de un sistema de naturación, la carga máxima permitida en un elemento constructivo será aquella determinada en el cálculo estructural de la edificación de acuerdo con lo indicado previo análisis autorizado por la DGOC.

Se revisará que la resistencia de diseño sea mayor o igual a las acciones que intervenga en el estudio multiplicado por la carga a analizar.

En estructuras o edificaciones existentes no se podrá sobrepasar la carga máxima permitida, según se estipule en el cálculo estructural del elemento constructivo que se pretenda naturar.

En estructuras o edificaciones nuevas, También se revisará que no rebase ningún estado de límite de servicio bajo los efectos de las acciones. Sin multiplicar por factores de carga. Deberá incluir la carga adicional del área naturada en estado saturado para la realización del cálculo estructural de la edificación de acuerdo con lo indicado en el proyecto ejecutivo autorizado por la DGOC.

Deberá considerarse el peso propio de una naturación en estado saturado considerándolo como una carga muerta con los valores que se muestran en la siguiente tabla:

DISPOSICIONES EN MATERIA DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE NATURACIÓN EN
AZOTEAS DE EDIFICACIONES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Tipo de naturación	Extensiva	Semi-intensiva	Intensiva
Carga adicional	180 kg/ m ²	250 kg/ m ²	300 kg/ m ²

Tabla 2 Cargas por Tipo de Naturación en Edificios Nuevos

Además, deberán considerarse las cargas de uso cuando el elemento naturado sea transitable así como las cargas vivas, muertas, transitorias y accidentales de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y sus Normas Técnicas Complementarias. Previo análisis de la DGOC.

8.3 Parámetros para cada Tipo de Naturación

Una cubierta naturada deberá ajustarse a alguno de los parámetros siguientes según el tipo de naturación que se desee construir (extensiva, semi-intensiva o intensiva).

Tipo de naturación	Extensiva	Semi-Intensiva	Intensiva
Altura de plantas	5 -50 cm	5 - 100 cm	5 -400 cm
Diámetro de copa	No aplica	No aplica	300 cm máximo
Sustrato	10 - 15 cm	15 -30 cm	> 40 cm
Carga adicional	150 kg/ m ²	250 kg/ m ²	>300 kg/ m ²
Cobertura vegetal	Plantas suculentas y otras especies nativas locales	Plantas suculentas y otras especies nativas locales	Planta suculentas y especies arbustivas y nativas locales
Mantenimiento Mínimo	Durante los primeros 3 años de establecimiento del sistema, posteriormente una vez al año	Durante los primeros 3 años de establecimiento del sistema, posteriormente una vez al año	No aplica
Mantenimiento Regular	Una vez al mes	Regular una vez al mes, después del segundo año aplicar fertilización y posteriormente una vez al año	Riego, poda y fertilización con mayor regularidad
Sistema de Riego	Con llave de agua y manguera	Con llave de agua y manguera.	Con llave de agua y manguera.

Tabla 3 Parámetros para cada Tipo de Naturación

Nota: Por ningún motivo se podrá rebasar la carga máxima admisible obtenida en el cálculo estructural o en la evaluación estructural de una edificación para un elemento determinado que se desee naturar.

En el caso de que el cálculo para la seguridad estructural del edificio permita la instalación y ubicación de árboles como parte del sistema de naturación deberán considerarse las medidas de seguridad respectivas y la autorización previa del departamento encargado de la seguridad estructural de la DGOC.

8.4 Componentes Básicos de una Cubierta Naturada

Una cubierta naturada está constituida por los siguientes componentes básicos, los cuales se enlistan en el orden del proceso constructivo:

1. Pretil o trabe invertida
2. Chaflán (10 cm) en encuentro de elemento horizontal con vertical
3. Soporte estructural horizontal
4. Soporte base (tepojal o cacahuatillo y entortado) pendiente mínima 3 %
5. Sellador de grietas (primer)
6. Dos membranas impermeabilizantes anti-raíz (colocada de forma perpendicular una de otra, debe ser visible la cuerda de sellado del impermeabilizante)
7. Dren con doble capa textil (inferior y superior)
8. Capa de sustrato y vegetación (espesor mínimo 10 cm)
9. Capa de grava (ancho 30 cm) entre sustrato y elemento vertical.
10. Elemento de seguridad para peatones (pretil alto, barandal según diseño)

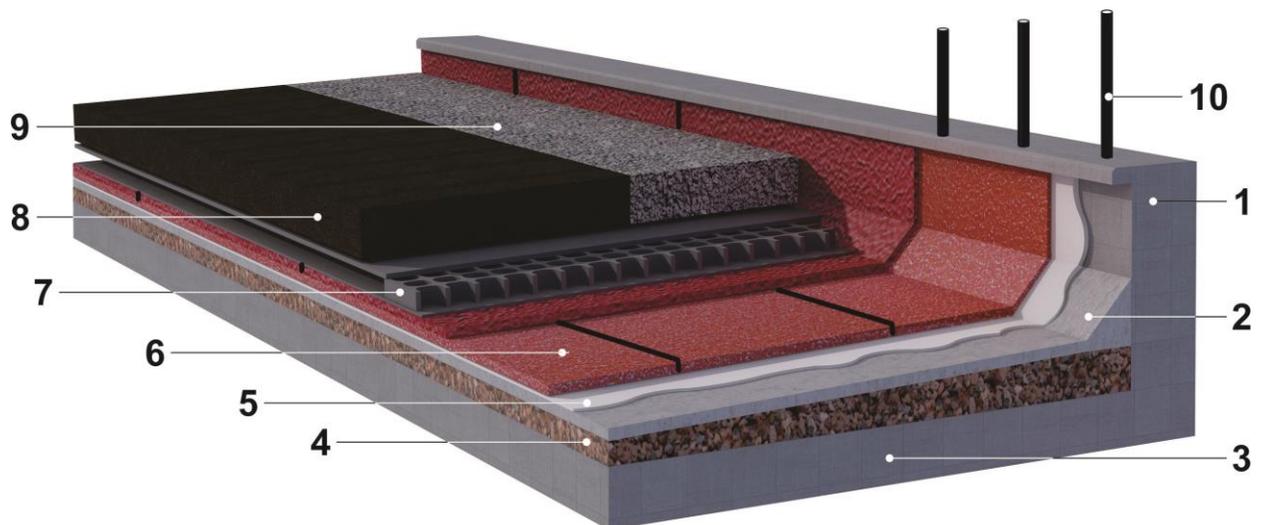


Figura 1 Componentes Básicos de una Cubierta Naturada

8.5 Soporte Base

En ocasiones este elemento puede coincidir con el soporte estructural, sirve como apoyo físico a todos los componentes del sistema de naturación y es, además, el que recibe la impermeabilización anti-raíz.

8.5.1 Materiales del Soporte Base

Para la construcción del soporte base se pueden utilizar los siguientes materiales:

- Tepojal o cacahuatillo)
- Concreto armado
- Concreto celular (hormigón ligero)
- Elementos prefabricados de concreto armado
- Mortero de partículas ligeras
- Mortero de cemento

Respecto a los procedimientos constructivos y las características de los materiales, deberán apearse a las Especificaciones Generales de Construcción, Especificaciones Complementarias y Especificaciones del Proyecto Ejecutivo autorizado por la DGOC.

8.5.2 Pendientes Requeridas

El soporte base de las cubiertas naturadas deberá tener una pendiente mínima del 3% Para el caso de cubiertas inclinadas, con pendiente superior al 10% y menor al 58%, se deberán implementar las protecciones adecuadas contra deslizamientos; las cuales serán seleccionadas de la siguiente lista o de acuerdo a lo especificado en el proyecto ejecutivo autorizado por la DGOC:

- Colchoneta de fieltro o fibra de vidrio
- Tableros o vigas dispuestos perpendicularmente a la pendiente.
- Tepojal o cacahuatillo contenido con membrana.

Para cubiertas inclinadas con una pendiente mayor al 58% deberán tomarse las medidas complementarias que resulten pertinentes para garantizar la estabilidad de los materiales tales como el anclado de las protecciones y el análisis estático y dinámico; de acuerdo a lo especificado en el proyecto ejecutivo autorizado por la DGOC.

En cubiertas con pendientes superiores al 5% es recomendable el uso de sustratos monocapa (es decir, realiza la función de sustrato y capa drenante), y en cubiertas con pendiente mayor al 10% es obligatorio para evitar los deslizamientos. Cuanto mayor sea la pendiente de una cubierta naturada, se colocarán elementos de protección de manera perpendicular a la pendiente y la distancia entre

DISPOSICIONES EN MATERIA DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE NATURACIÓN EN AZOTEAS DE EDIFICACIONES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

protecciones para evitar el deslizamiento será menor. Podrá ponerse retículas de polietileno o cajas de madera para contener el sustrato.

Equivalencia para Pendientes de Porcentajes a Grados				
2%	1.15°		50%	26.57°
5%	2.86°		55%	28.81°
10%	5.71°		60%	30.96°
15%	8.53°		65%	33.02°
20%	11.31°		70%	34.99°
25%	14.04°		75%	36.87°
30%	16.70°		80%	38.66°
35%	19.29°		85%	40.36°
40%	21.80°		90%	41.99°
45%	24.23°		95%	43.53°

Tabla 4 Equivalencias para Pendientes de Porcentajes a Grados

8.6 Dispositivos para Desagüe

El desalojo del agua en cubiertas naturadas se logra a través de la capa drenante, la pendiente, las coladeras y las bajadas de agua pluvial o desagües; estos elementos deberán evacuar la totalidad del agua excedente de la cubierta evitando su acumulación sobre la misma.

En casos de edificios existentes los elementos de desagüe de las áreas naturadas podrán ser adicionales e independientes a los ya existentes, asimismo para los nuevos edificios.

Las coladeras deberán contar con un dispositivo (rejilla, rejilla tipo domo) que permita retener los elementos sólidos que puedan obturar las bajadas de agua y deberán estar ubicados en un punto visible y de fácil acceso para realizar inspecciones y mantenimientos que garanticen su adecuado funcionamiento.

DISPOSICIONES EN MATERIA DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE NATURACIÓN EN AZOTEAS DE EDIFICACIONES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Los rebosaderos estarán al nivel del sustrato y son dispositivos para el desalojo de agua excedente y deberán considerarse como medidas de seguridad indispensables, por lo que forman parte de los requerimientos previos (ver 8.1.1 Req y 8.1.2 Req).

8.7 Membrana Impermeabilizante Anti-Raíz

Las membranas impermeabilizantes anti-raíz para sistemas de naturación deberán cumplir con las siguientes condiciones particulares:

- Estabilidad dimensional.
- Migración de plastificantes menor al 1% en volumen.
- Resistencia a:
 - Perforación por raíces.
 - Tensión y tracción de los movimientos estructurales.
 - Microorganismos.
 - Choque térmico y variaciones de temperatura ambiental.
- La membrana impermeabilizante anti-raíz tipo APP (Poli Propileno Atáctico) se recomienda colocarla en azoteas localizadas en clima cálido.
- La membrana impermeabilizante anti-raíz tipo SBS (Estireno-Butadieno-Estireno) se recomienda colocarla en azoteas localizadas en clima frío y de preferencia aplicarlo cuando no haya luz solar.
- La propiedad anti-raíces de la membrana impermeable deberá estar certificada por un organismo competente y reconocido, ya que las emulsiones o fieltros con supuestas propiedades anti-raíces no son adecuadas para este tipo de sistemas.

Nota: El proveedor del impermeabilizante deberá especificar la(s) norma(s) en que se basa para validar el material a instalar (proporcionar antes la ficha técnica).

(ir a 8.7.2 **Protección Pesada**)

- Antes de iniciar con la colocación de la membrana impermeabilizante anti-raíz se deberán preparar las juntas de dilatación, las penetraciones de tuberías y ductos, los desagües, etc., de modo que se garantice la estanquidad de la cubierta y la correcta evacuación del agua.
- En los puntos de encuentro con elementos emergentes intermedios de la cubierta tales como muros, muretes, pretilas, trabe invertida, etc., estos deberán contar con un chaflán de mínimo 10 cm de altura con un ángulo de 45°. La membrana impermeabilizante anti-raíz se deberá colocar de manera que cubra 30 cm como mínimo por encima de la protección pesada de la cubierta o capa de sustrato. Asimismo, deberá tener un refuerzo con traslape de por lo menos 10 cm sobre el chaflán y el remate de la impermeabilización deberá de realizarse como se muestra en las figuras 2,3 y 4.

DISPOSICIONES EN MATERIA DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE NATURACIÓN EN AZOTEAS DE EDIFICACIONES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

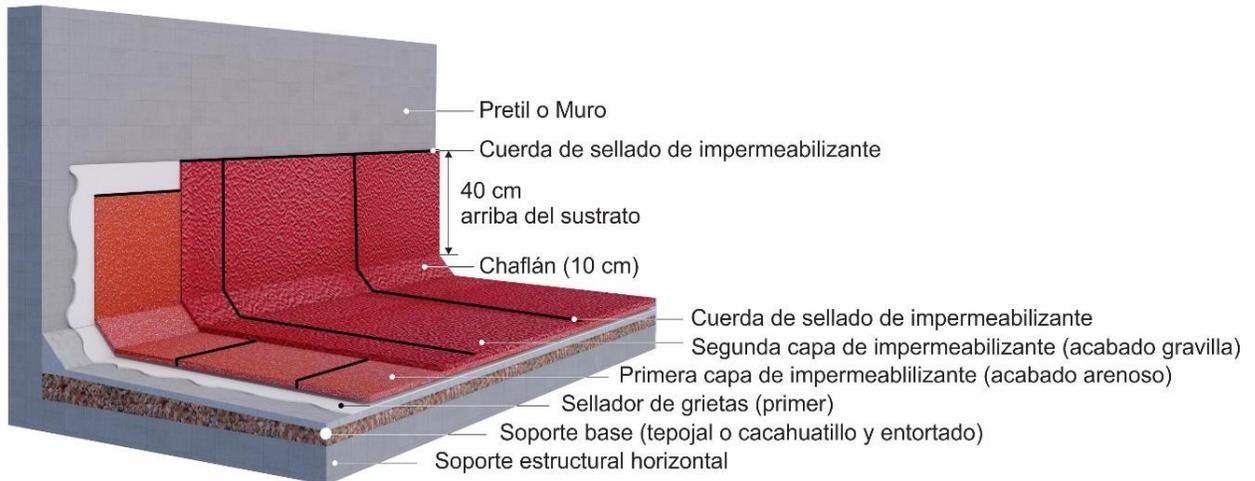


Figura 2 Elemento Emergente Cubierto Parcialmente con Membrana Anti Raíz

En caso de que la membrana sobresalga menos de 10 cm por encima de la protección pesada de la cubierta o capa de sustrato, se deberá continuar con la impermeabilización cubriendo el elemento emergente intermedio y descendiendo del lado contrario por lo menos 2 cm. Ambos lados del elemento emergente deberán tener un chaflán a 45° de por lo menos 10 cm y la membrana deberá tener un refuerzo con traslape de por lo menos 10 cm sobre los chaflanes (ver figura 2 y 3).



Figura 3 Elemento emergente cubierto totalmente con membrana anti-raíz

DISPOSICIONES EN MATERIA DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE NATURACIÓN EN AZOTEAS DE EDIFICACIONES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Figura 4 Elemento emergente cubierto con membrana anti-raíz que divide el sistema de naturación (ir a 8.14..Azoteas que Cuentan)

Figuras 2, 3 y 4 Impermeabilización con membrana prefabricada asfáltica en puntos de encuentro con elementos emergentes intermedios. (Los sellos deberán ser de materiales impermeables como el silicón o poliuretano).

En los puntos de encuentro con pretilos u otro tipo de elementos emergentes perimetrales, estos deberán contar con un chaflán a 45° de mínimo 10 cm. La membrana impermeabilizante anti-raíz deberá tener un refuerzo con traslape de por lo menos 10 cm sobre el chaflán y el remate de la impermeabilización deberá de realizarse como se muestra en las figuras 5, 6,7 y 8.

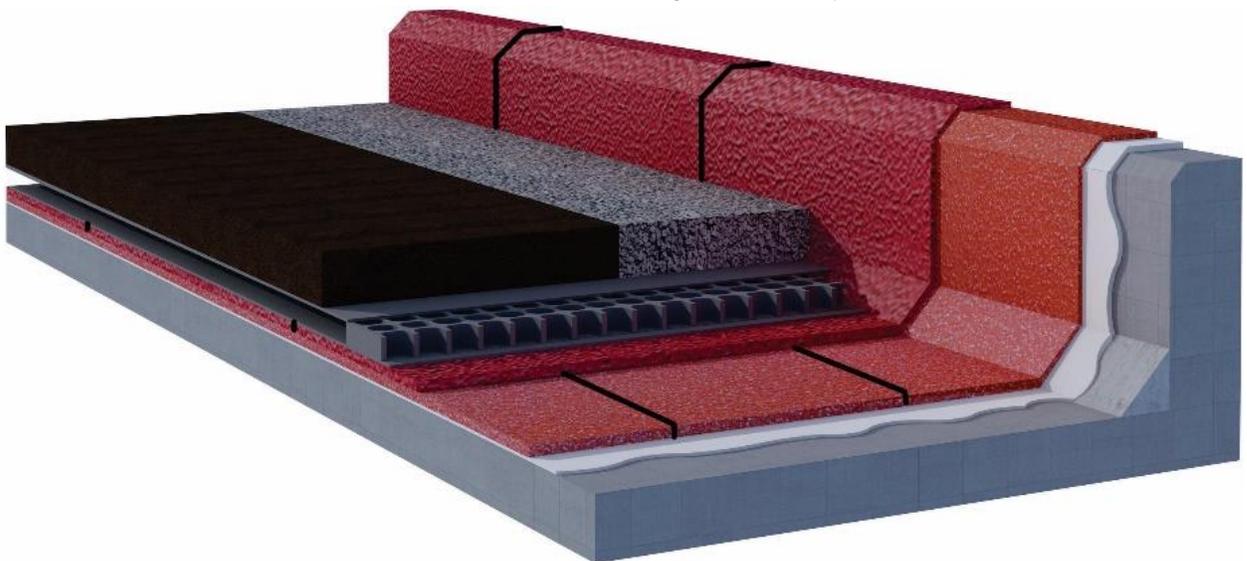


Figura 5 Pretil perimetral cubierto con impermeabilizante y pendiente sobre el soporte estructural

DISPOSICIONES EN MATERIA DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE NATURACIÓN EN
AZOTEAS DE EDIFICACIONES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



Figura 6 Pretil perimetral cubierto con impermeabilizante y pendiente sobre el soporte base

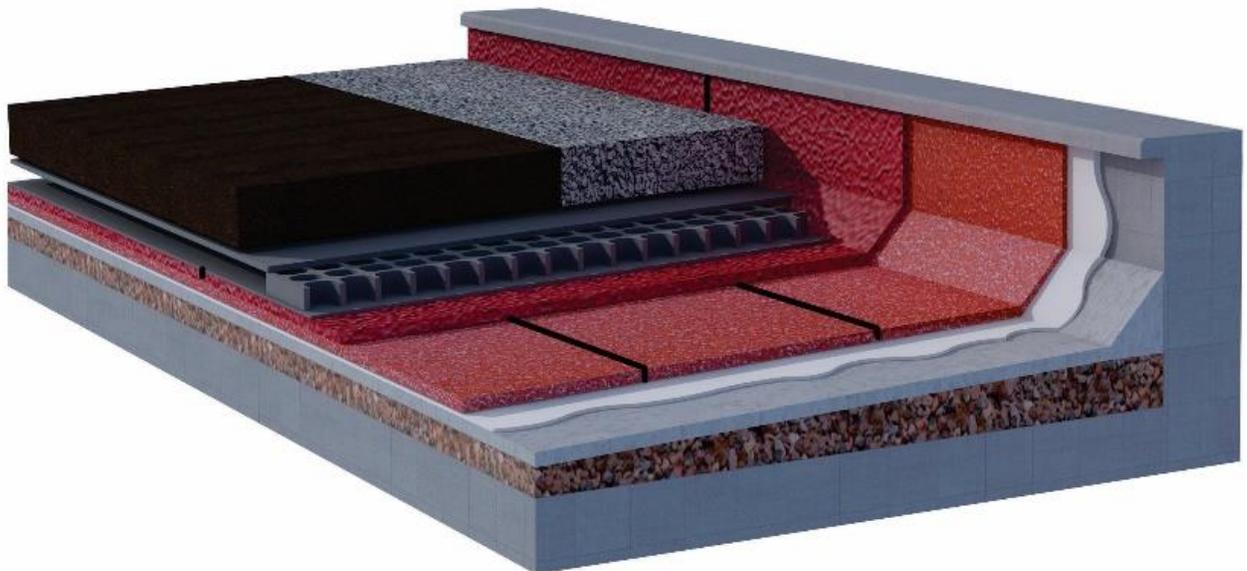


Figura 7 Pretil perimetral con cabezal descubierto y pendiente sobre soporte base

DISPOSICIONES EN MATERIA DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE NATURACIÓN EN AZOTEAS DE EDIFICACIONES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

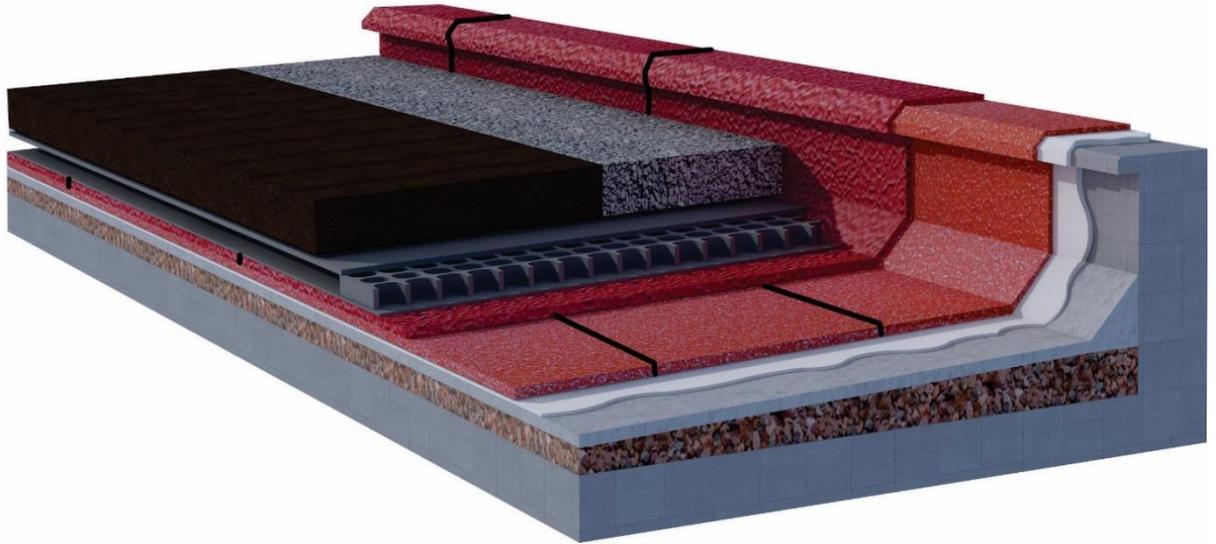


Figura 8 Pretel perimetral con cabezal cubierto con impermeabilizante, sobre soporte base

El tratamiento en puntos de encuentro con tubos y conductos que penetren desde la cubierta hacia el interior de la edificación deberá ser conforme a lo indicado en la figura 9.

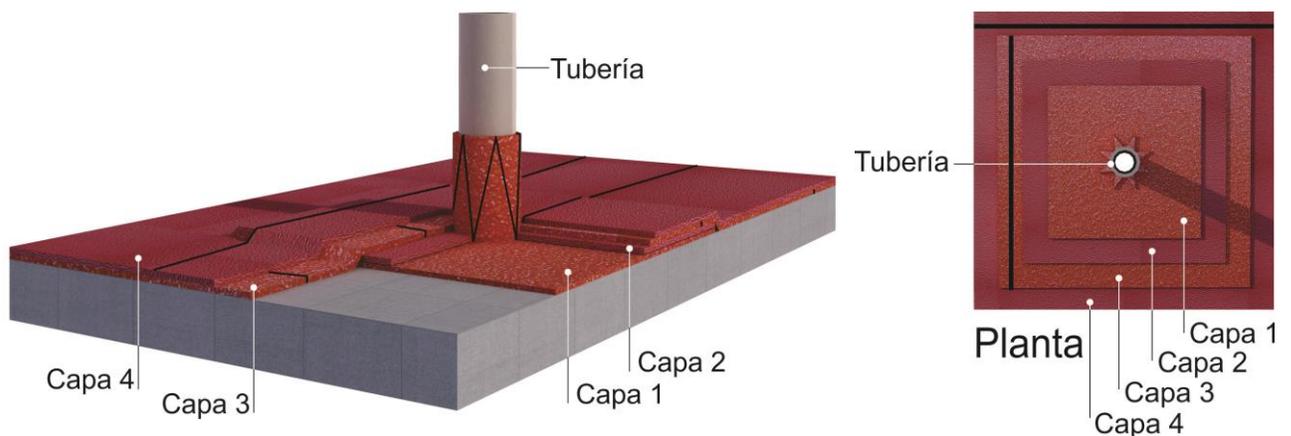


Figura 9 Impermeabilización y refuerzos en puntos de encuentro con tubos y conductos que penetren desde la cubierta hacia el interior de la edificación.1

DISPOSICIONES EN MATERIA DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE NATURACIÓN EN AZOTEAS DE EDIFICACIONES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

- **Capa 1:** El impermeabilizante (acabado arenoso) se debe cortar en forma de estrella cuidando que no se desprendan las pestañas sobrantes; estas pestañas se pegan al tubo de modo que lo forren y la estrella queda unida directamente sobre la losa (ver la vista en planta).
- **Capa 2:** Se corta un cuadro de impermeabilizante (acabado arenoso) de dimensiones suficientes para cubrir la capa 1, se le hace el corte necesario para que pase el tubo y se une a la losa cubriendo la capa 1.
- **Capa 3:** Capa de impermeabilizante (acabado arenoso) que cubre la superficie de la cubierta y se debe colocar de modo que rodee la tubería lo más pegado posible y cubra las capas 1 y 2.
- **Capa 4:** Capa de impermeabilizante (acabado gravilla) que cubre la superficie de la cubierta y se debe colocar de modo que rodee la tubería lo más pegado posible y cubra las capas 1, 2 y 3. Esta capa se debe colocar de manera perpendicular a la capa 3.

Nota: Las capas de impermeabilizante anti-raíz deberán ser del mismo tipo, excepto el acabado de capa 4.

En los puntos de encuentro con bajadas de agua, la membrana impermeabilizante anti-raíz deberá contar con un refuerzo como se muestra en la figura 10. Tanto el refuerzo como el impermeabilizante deberán cortarse en forma de estrella en todo el día

metro de la sección circular de la bajada de agua y las pestañas se unirán a la losa. Las pestañas deberán quedar de forma que se complementen y cubran la totalidad de la sección circular del desnivel de la bajada de agua.

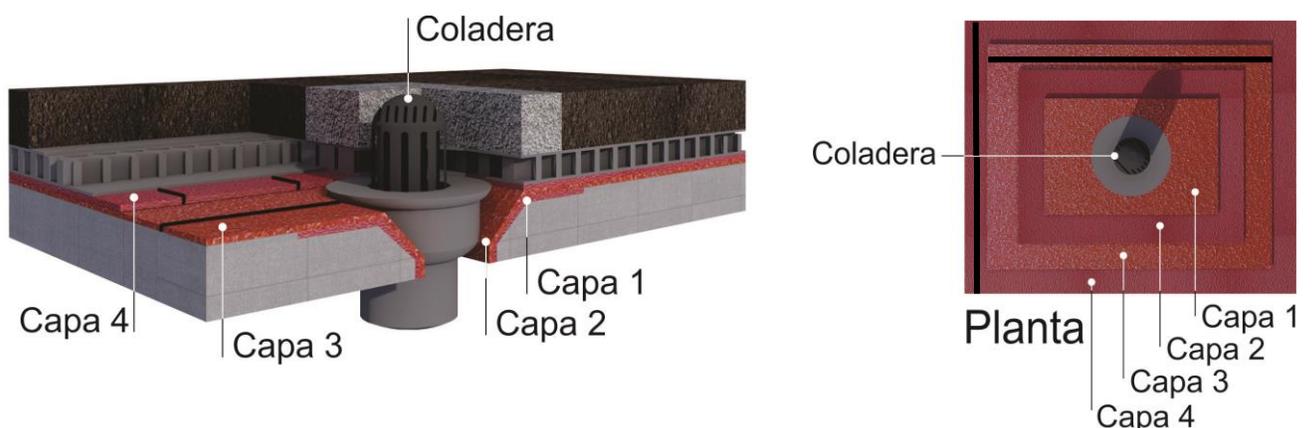


Figura 10 Impermeabilización y refuerzo en puntos de encuentro con bajadas de agua

La colocación del impermeabilizante anti-raíz deberá ser continua en toda la superficie, incluidas las áreas bajo equipos existentes.

8.7.1 Proceso de Verificación de Estanquidad de la Membrana Impermeabilizante Anti-Raíz

Antes de seguir con la instalación de las demás capas de una naturación para cubiertas se deberán seguir los siguientes procesos para garantizar la estanquidad de la membrana impermeabilizante anti-raíz. Estos procesos deberán realizarse con las precauciones pertinentes para evitar el desgarrar o cualquier tipo de lesión en la membrana, los pasos a seguir son:

- Limpieza de la superficie.
- Examen visual para verificar el correcto sellado de los traslapes y uniones con los pretilos y elementos singulares de la cubierta.
- Prueba de estanquidad con agua: se realiza taponando totalmente los desagües de la cubierta y aplicando una columna de agua de 10 cm de altura la cual se dejará durante 72 horas.
- Una vez finalizada la prueba, deben descubrirse los desagües de forma progresiva para evitar que la evacuación del agua produzca daños a las bajadas de agua.

La prueba de estanquidad en cubiertas planas se realizará tanto en edificios nuevos como existentes.

Realizada la inspección visual de la cubierta, se considera aceptada cuando no presente humedad o goteras en el plano inferior de la cubierta; en caso contrario se rechazará, se repara la deficiencia y se repite la prueba.

Cualquier defecto observado deberá comunicarse en forma escrita y fotográfica al responsable de la instalación para que realice las medidas correctivas pertinentes.

En caso de no realizarse la prueba de estanquidad el encargado responsable de la construcción del sistema, lo dejará asentado en la bitácora de obra e informará por escrito a la DGOC y/o a la persona responsable de la supervisión de los trabajos por parte del usuario.

8.7.2 Protección Pesada de la Membrana Impermeabilizante Anti-Raíz

(ir a 8.7 Membrana Impermeabilizante)

La protección pesada de la membrana impermeabilizante anti-raíz está constituida por un elemento puesto en obra tal como el sustrato, la grava, baldosas o losas, y debe ser estable y resistente a la humedad, la intemperie y los esfuerzos mecánicos.

En las zonas perimetrales, caminos de circulación y encuentros con elementos verticales es necesario utilizar gravas, baldosas o losas como protecciones pesadas.

Protección pesada con sustrato: Se construye colocando sobre la membrana impermeabilizante anti-raíz una capa drenante con las características descritas en la sección 8.8, posteriormente se

DISPOSICIONES EN MATERIA DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE NATURACIÓN EN AZOTEAS DE EDIFICACIONES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

coloca una capa filtrante descrita en la sección 8.9, la cual recibirá a la capa de sustrato, sección 8.10 y finalmente, se coloca la capa de vegetación.

Protección pesada con grava: Se utiliza en zonas sin vegetación cuya pendiente sea menor al 5% y la grava empleada deberá ser de canto rodado o cribada, además deberá estar limpia y libre de sustancias extrañas. El tamaño mínimo de la grava debe ser de 12 mm (criba número 4 o 1/2") y deberá formar una capa de 5 cm de espesor mínimo.

Protección pesada de maderas naturales y/o sintéticas: Se utilizan en zonas sin vegetación y deben colocarse sobre bastidor de madera o metálico evitando el punzonamiento sobre la membrana impermeabilizante anti-raíz.

Protección pesada con baldosas o con losas: Se utilizan en zonas sin vegetación y deben colocarse sueltas o recibidas con mortero de cemento sobre una capa complementaria extendida sobre la membrana impermeabilizante anti-raíz. Cuando se utilicen losas, duelas o tabloncillos colocados sobre soportes (bastidor metálico) que puedan dañar la membrana impermeabilizante anti-raíz, se colocará una capa de protección antipunzonante entre los soportes y la membrana. La colocación de losas deberá permitir en todos los casos el libre paso del agua.

8.8 Capa Drenante

La capa drenante se coloca entre la membrana impermeabilizante anti-raíz y la capa filtrante, su función es almacenar agua del riego o de la precipitación pluvial para proveer de agua al sustrato y la vegetación, y en el caso de eventos de precipitación intensos asegurar el desagüe del agua excedente de la cubierta. Funciona como protección mecánica de la cubierta.

La capa drenante debe tener la capacidad de drenar al menos una precipitación de agua acumulada de 2 l/min m², para ello se considerará el tipo de sistema de naturación, la superficie total que cubren los desagües, la pendiente de la cubierta y el patrón de precipitación del sitio.

En los sistemas de naturación desprovistos de capa drenante, la capa de sustrato deberá ser suficientemente permeable al agua y la cubierta deberá tener la inclinación suficiente para permitir el drenado del agua excedente.

Para garantizar un desalojo eficaz del agua captada será necesaria una franja de grava y un ancho mínimo de 30 cm entre el sistema integral de naturación y los elementos estructurales intermedios y perimetrales, como medio de contención para absorber la fuerza de empuje de la capa de sustrato.

Materiales y características para la capa drenante

Para la conformación de la capa drenante se deberá emplear alguno de los siguientes elementos:

- Lámina de fibra sintética, polipropileno.

DISPOSICIONES EN MATERIA DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE NATURACIÓN EN AZOTEAS DE EDIFICACIONES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

- Malla plástica con lámina filtrante.
- Placa drenante de:
- Fibras textiles recicladas.
- Polietileno.
- Poliestireno.

O cualquier otro que demuestre cumplir con las características descritas en este apartado.

Para la capa drenante se utilizarán materiales con las siguientes características:

- Con estructura duradera y estable.
- Estabilidad de forma y función.
- Lo más ligeros posible.
- Inocuo para la vegetación (contenido en sales y en carbonatos solubles).
- Química y físicamente estables.

8.9 Capa Filtrante

En los sistemas de naturación para cubiertas que cuenten con capa drenante, se deberá colocar una capa filtrante entre el dren y el sustrato para evitar el paso de las partículas finas de éste; las cuales podrían tapan la capa drenante.

Esta capa debe colocarse sobre la superficie total de la capa drenante con un traslape mínimo de 15 cm. La capa filtrante, para efectos de conformación de las distintas áreas, deberá sobresalir mínimo 10 cm por encima de la superficie del sustrato o banda lateral en el borde de la cubierta y en su encuentro con elementos emergentes. Una vez concluidos los trabajos de plantación, deberá recortarse la capa filtrante al nivel del sustrato.

Características de la capa filtrante

- Compatible con los materiales con que esté en contacto.
- Con permeabilidad al agua 10 veces superior a la del sustrato.
- De estructura duradera y estable.
- Imputrescible.
- Permisible al crecimiento de raíces.
- Resistente a:
 - Tensión y compresión.

DISPOSICIONES EN MATERIA DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE NATURACIÓN EN AZOTEAS DE EDIFICACIONES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

- Intemperie.
- Microorganismos.
- pH menor de 3 y mayor de 10.

La capa filtrante deberá ser siempre permeable en ambos sentidos, permitiendo el paso de agua de al menos en 2 l/min m² y tener un peso mínimo de 200 g/ m². En los desagües se debe utilizar una capa de menor peso, pero no inferior a los 120 g/ m².

8.10 Capa de Sustrato

(ir a 8.13 Naturación ligera para Cubiertas)

La capa de sustrato de los sistemas de naturación tiene como función servir de soporte físico para las raíces de la vegetación, suministrándole los nutrientes, el agua y el oxígeno necesarios. Además, es en donde se desarrollan las raíces de la planta.

El espesor de esta capa está directamente relacionado con las necesidades del volumen radicular de las especies seleccionadas y con las condiciones microclimáticas de la zona, particularmente con la demanda de evapotranspiración, y debe ser de 10 cm como mínimo.

8.10.1 Materiales y Características para la Capa de Sustrato

Los materiales adecuados para la conformación de la capa de sustrato son:

- Mezcla de partículas minerales con o sin materia orgánica.
- Partículas minerales de estructura porosa (piedra volcánica, piedra pómez, arcilla expandida, etc.).
- Placas de tejidos industriales (lana de roca mineral).

Para mejorar alguna característica de la mezcla de sustrato se pueden utilizar los siguientes materiales adicionales:

- Acolchados de materia orgánica.
- Fertilizantes orgánicos y minerales de liberación lenta.
- Partículas minerales porosas de alta estabilidad.
- Productos fijadores y retenedores de agua.

La capa de sustrato deberá proporcionar a la planta el soporte y los nutrientes necesarios, según el sistema y la vegetación seleccionados, considerando para ello las siguientes características de los elementos de la mezcla:

- Alcalinidad.

DISPOSICIONES EN MATERIA DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE NATURACIÓN EN AZOTEAS DE EDIFICACIONES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

- Capacidad de intercambio catiónico.
- Contenido de material mineral.
- Contenido en materia orgánica de origen natural.
- Combustibilidad.
- Capacidad de compactación.
- Contenido de caliza activa.
- Capacidad de rehumectación adecuada (en relación a las necesidades de la vegetación).
- Capacidad de retención de agua adecuada (en relación a las necesidades de la vegetación).
- Estabilidad de sus propiedades.
- Homogeneidad.
- Salinidad.
- Libre de fitotoxicidad residual.
- Libre de patógenos vegetales.

Además, la capa de sustrato deberá ser lo más ligera posible siempre que garantice la satisfacción de las necesidades de la vegetación. La descomposición biológica y compactación de la capa de sustrato deberán ser mínimas por lo que deberá estar constituida en su mayoría de componentes inorgánicos. Los componentes minerales de la capa de sustrato no deberán dispersarse y deberán conservar su estructura.

En los sistemas extensivos la mezcla de sustrato deberá estar conformada por lo menos en un 70% por material poroso con un diámetro preponderante de 3.2 mm; en los sistemas intensivos el material poroso deberá constituir mínimamente el 50% de la mezcla y en los semi-intensivos constituirá entre el 60% y el 90%.

Cuando la capa de sustrato se encuentre expuesta a vientos intensos, deberá protegerse contra la erosión hasta que quede cubierta totalmente por la vegetación.

Al término de los trabajos de colocación del sustrato, los residuos, producto de la limpieza del sitio, deberán ser depositados y manejados conforme a lo establecido en las normas vigentes.

8.11 Capa de Vegetación

(ir a 8.13 Naturación ligera para Cubiertas

)

En los sistemas de naturación extensiva, es necesario plantar una variedad de especies que requieran poco mantenimiento, que puedan adaptarse a las condiciones extremas del lugar de plantación y que

DISPOSICIONES EN MATERIA DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE NATURACIÓN EN AZOTEAS DE EDIFICACIONES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

permitan obtener una cobertura de vegetación rápida y duradera. Las condiciones generales que deberá soportar la vegetación en este sistema son:

- Alta radiación solar (cuando la vegetación esté dispuesta horizontalmente u orientada hacia el sol).
- Escaso volumen de suelo (predominantemente mineral).
- Largos periodos de sequía.
- Temperaturas extremas.
- Condiciones de mantenimiento regular.

Para que la capa de vegetación pueda soportar estas condiciones deberán usarse agrupaciones vegetales cuyas condiciones se asemejen a las anteriormente descritas y que se encuentren adaptadas a las condiciones físicas y climáticas de la región.

8.11.1 Características de la Capa de Vegetación

La vegetación utilizada en la naturación extensiva deberá tener sistemas radicales de poca profundidad, con buena capacidad de regeneración y con una altura de crecimiento menor a 50 cm. Las especies vegetales deberán cumplir con el máximo posible de los requerimientos siguientes:

- Con un desarrollo tapizante rápido y duradero.
- Resistentes a la acción del viento.
- Resistentes a largos periodos de sequía.
- Resistentes a las temperaturas extremas de la zona.
- Resistentes a los niveles de contaminación de la zona urbana.
- Resistentes a radiaciones solares elevadas.

Con fines orientativos y no restrictivos se enlistan a continuación algunos grupos de vegetación que suelen adaptarse adecuadamente a estas condiciones:

- Plantas C-4.
- Plantas CAM “CrasulaceanAcidMetabolism”.
- Plantas Cespitosas.
- Plantas Herbáceas Perennifolias.
- Plantas Subarbutivas.
- Plantas Suculentas.
- Plantas Vivaces.

No se podrá usar una sola especie vegetal en este sistema, sino agrupaciones vegetales adaptadas a cada biotipo y a las condiciones particulares de cada edificación. Deberán considerarse diferentes agrupaciones de vegetación a fin de favorecer la viabilidad y la biodiversidad del sistema.

8.11.2 Capa de Vegetación en Naturaciones Extensivas

La vegetación adecuada son aquellas de talla menor a 50 cm de altura, generalmente son especies cespitosas, muchas de ellas son postradas o son gregarias como *Sedum moransense*, *Sedum griseum* o *Echeveria elegans* como referencia.

8.11.3 Capa de vegetación en naturaciones Semi-Intensivas

La vegetación apta para las naturaciones semi-intensivas incluye una gran variedad de especies y presenta características intermedias entre las naturaciones extensivas y las intensivas. En términos generales se puede decir que una naturación semi-intensiva puede incluir crasuláceas y arbustos dependiendo del nivel de cuidados que se pretenda dar a la vegetación. Sin embargo, no es factible incluir árboles en este tipo de sistemas.

Dado que la elección de la vegetación en naturaciones semi-intensivas presenta características intermedias entre las naturaciones extensivas y las intensivas, no se tratarán de forma directa sino que se inferirá de los apartados 8.11.2. y 8.11.4.

8.11.4 Capa de Vegetación en Naturaciones Intensivas

En las naturaciones de tipo intensivo se considera que es posible utilizar cualquier tipo de vegetación siempre y cuando no sea nociva para la salud humana o de reproducción restringida. Se pueden incluir plantas utilizadas en naturaciones extensivas así como plantas que requieran mantenimiento y cuidados constantes, por ejemplo plantas de ornato, arbustos, subarbustos y árboles entre otros. Se deberán respetar las dimensiones y características descritas en la sección 8.3.

Sin embargo, se obtendrán mejores resultados en la naturación si la vegetación seleccionada cumple con las características siguientes:

- Con un desarrollo rápido.
- Resistentes a la acción del viento.
- Resistentes a las temperaturas extremas de la región .
- Resistentes a los niveles de contaminación de la zona urbana.
- Resistentes a radiaciones solares elevadas.
- Adaptada al clima y microclima de la región .

Una condicionante que deberá atenderse para escoger la vegetación que se utilizará en una naturación intensiva, es que la altura de crecimiento de la vegetación no podrá exceder los 400 cm y

DISPOSICIONES EN MATERIA DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE NATURACIÓN EN AZOTEAS DE EDIFICACIONES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

que, en caso de que la vegetación seleccionada tienda a exceder la altura mencionada, se deberá controlar su crecimiento con podas periódicas.

8.12 Suministro y Plantación

Para el establecimiento de la capa de vegetación, se podrán utilizar algunos de los siguientes materiales vegetativos:

- Plántulas
- Propágulos vegetativos
- Semillas
- Tapices vegetales precultivados
- Plantas, arbustos y árboles
- Esquejes

En caso de utilizar plántulas o propágulos vegetativos, deberá existir un equilibrio entre la parte aérea y la parte subterránea de las plantas suministradas. Éstas deberán ser sanas, para que no peligren el arraigo y su desarrollo futuro en las condiciones del sistema. En el caso de esquejes, deberá usarse un enraizador.

En caso de que el suministro de planta sea en envase, la extracción total deberá ser sin adherencias a las paredes del mismo. Toda planta suministrada deberá contar con un cepellón bien formado y consistente, no se deberán establecer plantas con la raíz desnuda y las plantas utilizadas deberán tener por lo menos un mes y medio de establecidas.

Asimismo, deberán tenerse en cuenta las siguientes características de la vegetación a plantar:

- Planta visiblemente vigorosa.
- Follaje del color característico para la especie sin pigmentación artificial.
- Sistema radicular bien desarrollado, con un cepellón estabilizado y compacto.
- La raíz no deberá presentar daños o malformaciones.
- Las plantas deberán tener por lo menos 1.5 meses de desarrollo.
- La planta que presente daño en el sistema radicular o que venga con la raíz desnuda no podrá ser sujeto de plantación.

Las plantas deberán ser producidas en Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA) y en Predios o Instalaciones que Manejan Vida Silvestre (PIMVS) y no obtenidas de áreas naturales, deberán cumplir con lo establecido por la Ley General de Vida Silvestre, Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre, la Ley Federal de Sanidad Vegetal, la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, la Ley Ambiental del D.F. y las disposiciones vigentes al respecto.

DISPOSICIONES EN MATERIA DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE NATURACIÓN EN AZOTEAS DE EDIFICACIONES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Una vez finalizada la plantación deberá realizarse un riego saturando la capacidad de riego del sustrato.

Los árboles de las cubiertas naturadas intensivas deberán colocarse con una separación respecto a la orilla de la cubierta de por lo menos el radio de la copa más 100 cm medido a partir del tronco. El radio de la copa del árbol deberá considerarse conforme al radio máximo alcanzable por la especie de árbol que se trate.

8.13 Naturación ligera para Cubiertas

(ir a 8.11 Capa de Vegetación

), (ir a 9.3 Riego

)

Este tipo de naturación es especial para cubiertas ligeras con poca capacidad de carga como las utilizadas frecuentemente en naves industriales. Cuando una cubierta que se pretenda naturar tenga una capacidad de carga adicional baja (de entre 50 y 90 kg/m²) y no se puedan realizar trabajos de refuerzo estructural para aumentar la capacidad de carga, se deberá optar por este tipo de naturación de acuerdo al sistema constructivo siguiente:

- Los elementos constructivos de este tipo de naturaciones corresponden con los mencionados en la sección 8.4. Sin embargo, la capa de sustrato tendrá la composición de un sustrato para naturación extensiva (ver sección 8.10 Capa de Sustrato
-) pero su espesor será de entre 5 y 10 cm.
- Por su parte la capa de vegetación, también deberá cumplir con las condiciones establecidas para una naturación extensiva (ver sección 8.11).
 - Dadas las condiciones climáticas de cada región y la poca profundidad de la capa de sustrato, este tipo de sistemas requiere de riegos de apoyo durante la época seca que garanticen la sobrevivencia de la vegetación. (ver sección 9.3).

8.14 Azoteas que Cuenten con Sistemas Fotovoltaicos

(ir a Figura 4)

Cuando se desee instalar un sistema de naturación en una azotea que cuente con sistemas de captación solar fotovoltaicos deberán atenderse las siguientes especificaciones:

- Las celdas de captación solar deberán colocarse de forma que queden por lo menos 20 cm por encima del nivel de sustrato o bien en zonas de la cubierta que no cuenten con vegetación.
- Los soportes para las celdas deberán ser impermeabilizados en los puntos de contacto con la losa o cubierta conforme a lo estipulado en la sección 8.7 considerándolos como elementos que penetran la cubierta (ver figura 4).
- La vegetación deberá colocarse a una distancia tal que garantice a largo plazo que no haya proyección de sombra sobre los paneles solares.

DISPOSICIONES EN MATERIA DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE NATURACIÓN EN AZOTEAS DE EDIFICACIONES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Nota: en caso de que la instalación de celdas solares exista previo a los trabajos de naturación, deberán realizarse las modificaciones necesarias para que se cumpla con las especificaciones mencionadas.

8.15 Medidas Preventivas y de Seguridad durante la ejecución de los trabajos

Todos los trabajos realizados sobre la cubierta deberán cumplir las medidas de seguridad establecidas en la legislación, las normas y normas oficiales relativas a seguridad, protección civil, salud y demás disposiciones aplicables en materia de prevención de accidentes.

En presencia de lluvia o vientos intensos deberán suspenderse los trabajos y retirar o asegurar los materiales y herramientas que puedan representar un riesgo bajo dichas condiciones.

9. Especificaciones de Operación y Mantenimiento

Para garantizar el correcto funcionamiento del sistema de naturación y la máxima vida útil del mismo, una vez construido, se deben realizar trabajos de inspección y mantenimiento periódicos. Para la realización de dichos trabajos es recomendable establecer un plan y un calendario de trabajo que considere los siguientes rubros.

9.1 Operación y Mantenimiento de Elementos Constructivos

Los trabajos de supervisión y mantenimiento de los elementos constructivos deberán realizarse por lo menos dos veces al año para los sistemas de naturación y en ellos se deberán llevar a cabo las siguientes operaciones:

- Revisión y limpieza de las coladeras, bajadas de aguas y/o desagües relacionados con el sistema de drenaje de agua de la naturación.
- Revisión de los elementos de albañilería relacionados con el sistema de drenaje de agua de la naturación.
- Revisión visual del estado del soporte estructural y los elementos portantes.
- Revisión visual de la no existencia de filtraciones de agua al interior de la edificación.
- Revisión del sello en las capas anti raíz en elementos emergentes (juntas en los muros o pretil).

Estos trabajos deben programarse dos semanas antes de la época de lluvias para la primera visita y al finalizar la temporada de lluvias para la segunda visita.

La superficie naturada deberá ser accesible para la realización de estos trabajos y para permitir el traslado de materiales desde la planta baja.

Si se encuentra alguna anomalía de los elementos mencionados se deberá proceder de inmediato a la aplicación de las medidas correctivas correspondientes que garanticen el correcto funcionamiento del

DISPOSICIONES EN MATERIA DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE NATURACIÓN EN AZOTEAS DE EDIFICACIONES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

sistema de naturación. Dichas medidas correctivas deberán ser realizadas por personal calificado y deberán cumplir las medidas de seguridad establecidas en la legislación, las normas mexicanas y normas oficiales relativas a seguridad, protección civil, salud, reglamentos y normatividad de la UNAM y demás disposiciones aplicables tanto local como federal en materia de prevención de accidentes.

9.2 Operación y Mantenimiento de Vegetación

Se deberá supervisar la aparición de plantas adventicias no deseadas especialmente durante los primeros meses posteriores a la construcción del sistema de naturación. En caso de encontrar este tipo de vegetación deberá ser eliminada manualmente.

Es preciso considerar que algunos tipos de vegetación que surgen en los sistemas de naturación de forma adventicia pueden ser deseables ya que incrementan la diversidad florística del sistema; en estos casos se conservará dicha vegetación.

Cuando la cobertura vegetal ha superado el 85% tras la fase de plantación, las visitas deberán ser dos veces al año como mínimo.

En caso de pérdida de vegetación deberán llevarse a cabo trabajos de replantación, preferentemente al inicio de la temporada de lluvia.

Cuando la vegetación seleccionada para la naturación exceda el crecimiento deseado o el crecimiento permitido se llevarán a cabo trabajos de poda para controlar el crecimiento de la vegetación. Los residuos de la poda pueden aportar nutrientes a la cubierta vegetal a través de su descomposición, mejorando la naturación y la germinación de las semillas.

9.3 Riego

(ir a 8.13 Naturación ligera para Cubiertas

)

Se colocará una toma de agua para riego al sistema de naturación de acuerdo a indicación del proyecto aprobado por la DGOC de la UNAM.

Para la realización de los trabajos de riego se debe cuidar que el agua llegue suavemente a la superficie naturada en forma de lluvia fina que no exceda la capacidad de absorción del sustrato para evitar la escorrentía superficial del agua.

En inmuebles y/o complejos arquitectónicos que cuenten con sistemas de captación de agua pluvial, agua tratada o plantas de tratamiento de aguas, los riegos deberán realizarse con agua proveniente de éstas.

DISPOSICIONES EN MATERIA DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE NATURACIÓN EN AZOTEAS DE EDIFICACIONES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Posterior a los trabajos de plantación será necesario un riego; la dosis de dicho riego variará en relación a las características de la capa de sustrato y de la época del año en que se realicen los trabajos.

La superficie que cuente con capa vegetal deberá regarse regularmente durante la época de secas (aproximadamente cada tercer día) hasta que se alcance una cobertura vegetal del 85% tras la fase de plantación.

En las naturaciones extensivas, una vez alcanzada la cobertura deseada se limitarán los riegos a dos veces por año durante la época de sequía salvo en ocasiones excepcionales en que la vegetación requiera un riego más intenso para su supervivencia.

En las naturaciones intensivas y semi-intensivas la frecuencia de los riegos, una vez que se alcance una cobertura vegetal del 85% tras la fase de plantación, se determinará en relación al tipo de sustrato y vegetación elegida.

En naturaciones ligeras para cubiertas se deberá contar con un sistema de riego para efectuar los riegos que sean necesarios para garantizar la supervivencia de la vegetación del sistema.

9.4 Abonado y Adición de Sustrato

Para la adecuada ejecución del abonado se deberán garantizar los niveles adecuados de fósforo, magnesio, potasio y microelementos de manera uniforme en toda la superficie del sustrato con capa de vegetación.

Una vez que se ha alcanzado una cobertura vegetal del 85%, los trabajos de abonado deberán anularse salvo en casos excepcionales en que la vegetación requiera mayores nutrientes en la capa de sustrato.

En términos generales los trabajos de adición de sustrato deberán ser nulos salvo en aquellas ocasiones en que la vegetación requiera una capa mayor de sustrato a la establecida inicialmente o cuando se pierda una porción considerable de la capa de sustrato por efectos de viento o precipitaciones pluviales muy intensas. Esta situación es muy poco probable una vez que se ha alcanzado una cobertura vegetal superior al 85% tras la fase de plantación. Queda estrictamente prohibido realizar adiciones de sustrato que rebasen las cargas consideradas para el análisis o cálculo estructural.

9.5 Control de Plagas y Enfermedades

Para los casos en que se requieran realizar trabajos de control de plagas y enfermedades en el sistema de naturación, deberá recurrirse a un técnico con licencia fitosanitaria de la Secretaría de Salud, para la aplicación de plaguicidas, conforme a lo estipulado en la Ley de Salud.

Cuando se lleven a cabo estos trabajos, deberán colocarse letreros con la leyenda: “ÁREA VERDE EN TRATAMIENTO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES” en las zonas en que se estén aplicando los agro-

DISPOSICIONES EN MATERIA DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE NATURACIÓN EN
AZOTEAS DE EDIFICACIONES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

químicos, y se acordonarán las mismas con cinta plástica de color amarillo y letras negras con la leyenda “PRECAUCIÓN”. Se indicará la sustancia activa del producto y su antídoto aprobado por la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS).

10. Bibliografía

- Arellano-Leyva E.A., Henández-Quiróz, Huerta-Guzmán R.G., Collazo-Ortega M. 2016. Extensive green roofs as a means to capture polycyclic aromatic hydrocarbons. *Polycyclic Aromatic Compounds*. 1-12.
- ASTM, (2005), E 2396 - 05 Standard Test Method for Saturated Water Permeability of Granular Drainage Media [“Falling-Head Method] for Green Roof Systems, ASTM INTERNATIONAL, United States
- ASTM, (2005), E 2397 - 05 Standard Practice for Determination of Dead Loads and Live Loads associated with Green Roof Systems, ASTM INTERNATIONAL, United States
- ASTM, (2005), E 2398 - 05 Standard Test Method for Water Capture and Media Retention of Geocomposite Drain Layers for Green Roof Systems, ASTM INTERNATIONAL, United States
- ASTM, (2005), E 2399 - 05 Standard Test Method for Maximum Media Density for Dead Load Analysis of Green Roof Systems, ASTM INTERNATIONAL, United States
- ASTM, (2006), E 2400 - 06 Standard Guide for Selection, Installation, and Maintenance of Plants for Green Roof Systems, ASTM INTERNATIONAL, United States
- Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Agrícolas de Cataluña, (1999), Cubiertas Ecológicas s - Norma Tecnológica de Jardinería y Paisajismo NTJ 11E, Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos Agrícolas de Cataluña, España.
- Czemieli B.J. 2010. Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: A review. *Ecological Engineering*.36: 351-360.
- FLL- Dachbegruenungsrichtlinie 2002, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau.V.

DISPOSICIONES EN MATERIA DE INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE NATURACIÓN EN
AZOTEAS DE EDIFICACIONES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

- Gobierno del Distrito Federal, (29 de enero de 2004), GACETA OFICIAL DEL DISTRITO FEDERAL, Décima cuarta época, No. 8-
- TER, (REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES PARA EL DISTRITO FEDERAL), Corporación Mexicana de Impresión, S.A. de C.V., México D.F.
- Gobierno del Distrito Federal, (6 de octubre de 2004), GACETA OFICIAL DEL DISTRITO FEDERAL, Tomo I, No. 103-BIS, (NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS DEL REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES PARA EL DISTRITO FEDERAL), Corporación
- Mexicana de Impresión, S.A. de C.V., México D.F. 24 de Diciembre del 2008 GACETA OFICIAL DEL DISTRITO FEDERAL 31
- Gobierno del Distrito Federal, (6 de octubre de 2004), GACETA OFICIAL DEL DISTRITO FEDERAL, Tomo II No. 103-BIS, (NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS DEL REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES PARA EL DISTRITO FEDERAL), Corporación Mexicana de Impresión, S.A. de C.V., México D.F.
- Minke, Gernot, (2004), Techos verdes – Planificación, ejecución, consejos prácticos, Fin de Siglo, Uruguay.
- Sociedad Española de Ciencias Forestales, (2005), Diccionario forestal, Ediciones Mundi-Prensa, España.
- Velazquez, Linda, S. (2005), Organic Greenroof Architecture: Sustainable Design for the New Millennium, Wiley Periodicals, Inc. Environmental Quality Management.
- Verdir.2004. “Green Roof Products & Living Wall Systems”
- <http://www.verdirsystems.com/html/living-walls.html>
- Revista Gaceta Digital UNAM. Ciudad Universitaria. Sembradío Integral en la Azotea Verde de la Coordinación de la Investigación Científica (03 Septiembre 2015), Patricia López.
- Revista Gestión y Ambiente. Medellín. (Mayo 2012), Volumen 15 No.1 Techos verdes. SewerynZielinski, Mario Alberto García Collante y Juan Carlos Vega Paternina.
- •Saadatian O. Sopian K., Salleh E., Lim C.H., Riffat S., Saadatian E., Toudeshki A. y Sulaiman M.Y. 2013. A review of energy aspects of green roofs. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 23:155-168.
- Los techos verdes, una ruta de la arquitectura sustentable, Luis Gerardo Feijoó Garza y Luis Fernando Guerrero Baca.
- Intercontrol, España. Pruebas de Servicio de cubiertas planas inundables.
- Glosario Botánico Ilustrado. Nancy P. Moreno, Instituto Nacional de Investigación sobre Recursos Bioticos, Compañía Editorial Continental S.A. de C.V.

11. Normatividad Relacionada

Todos los trabajos de diseño, construcción, mantenimiento y reciclaje de los sistemas de naturación deberán cumplir con la Normatividad de Obras de la UNAM, con las especificaciones Generales de Construcción de la UNAM, el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal; Normas Técnicas Complementarias al Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal; Reglamento de Impacto Ambiental y Riesgo; Reglamento de la Ley de Desarrollo Urbano de la CDMX; Reglamento de la Ley de Protección Civil para la CDMX; y demás normatividad vigente aplicable a nivel local y federal.

12. Observancia

Corresponderá a la DGOC así como a las entidades y dependencias de la UNAM, que en el ejercicio de sus funciones, podrán coordinarse en lo conducente y de ser el caso, con las demás autoridades competentes relacionadas con el cuidado del medio ambiente y materias afines, verificando el cumplimiento de las presentes disposiciones.

Las personas físicas o morales que instalen sistemas de naturación en las entidades y dependencias de la UNAM, deberán conservar y tener disponibles en todo momento el proyecto ejecutivo; memoria descriptiva y de cálculo, manuales de operación y mantenimiento; y demás especificaciones técnicas del sistema de naturación respectivo, mientras éste se encuentre en funcionamiento.

La DGOC de la UNAM establecerá las disposiciones y/o procedimientos administrativos para autorizar la instalación y/o construcción de sistemas de naturación en la UNAM, atendiendo a los requerimientos mínimos de calidad y seguridad establecidos en las presentes disposiciones.