

LIBRO: PRY. PROYECTO
TEMA: CAR. Carreteras
PARTE: 4. PROYECTO DE DRENAJE Y SUBDRENAJE
TÍTULO: 03. Proyecto de Sistemas de Subdrenaje
CAPÍTULO: 005. Diseño de Capas Drenantes

A. CONTENIDO

Este Manual contiene el procedimiento para el diseño de las capas drenantes y su sistema de captación y desalojo a que se refiere la Norma N·PRY·CAR·4·03·005, *Diseño de Capas Drenantes*.

B. OBJETIVO

El objetivo de este Manual es determinar las dimensiones geométricas de una capa drenante, ya sea para proteger la estructura del pavimento de una carretera, o bien, para integrarla a una trinchera estabilizadora, así como definir las características de los materiales con las que se construirá.

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

C. REFERENCIAS

Este Manual se complementa con las siguientes:



| NORMAS | DESIGNACIÓN |
|--|--------------------|
| Ejecución de Proyectos de Subdrenaje | N·PRY·CAR·4·03·001 |
| Determinación del Gasto de Diseño | N·PRY·CAR·4·03·002 |
| Diseño de Subdrenes | N·PRY·CAR·4·03·003 |
| Diseño de Capas Drenantes | N·PRY·CAR·4·03·005 |
| Diseño de Trincheras Estabilizadoras | N·PRY·CAR·4·03·008 |

D. REQUISITOS PARA LA EJECUCIÓN DEL DISEÑO

Para el diseño de capas drenantes y sus sistemas de captación y desalojo, se requiere contar con la siguiente información:

- El gasto de diseño (*Q*) de acuerdo con lo indicado en la Norma N·PRY·CAR·4·03·002, *Determinación del Gasto de Diseño*.
- El estudio geotécnico solicitado en la Norma N·PRY·CAR·4·03·001, *Ejecución de Proyectos de Subdrenaje*.

E. DISEÑO DE LA CAPA DRENANTE

En el diseño de la capa drenante se determinará su longitud, ancho, espesor, pendiente longitudinal y pendiente transversal, de acuerdo con lo siguiente:

E.1. DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD DE LA CAPA DRENANTE

- E.1.1.** Para carreteras de nueva construcción, de acuerdo con los datos obtenidos del estudio geotécnico indicado en la Norma N-PRY-CAR-4-03-001, *Ejecución de Proyectos de Subdrenaje*, se dibujará un perfil estratigráfico longitudinal como el mostrado en el ejemplo de la Figura 1 de este Manual. En el perfil dibujado se representa el nivel del terreno natural, el nivel de rasante de proyecto y la ubicación de los sondeos, indicando el nivel freático (NAF).
- E.1.2.** Con base en el perfil estratigráfico indicado en el inciso anterior, se delimitará la zona o zonas que presenten el nivel freático a una profundidad menor de 1,5 m con respecto al nivel de terreno natural. Esta delimitación establece la longitud requerida para el proyecto de la capa drenante, a partir del kilómetro inicial asignado hasta el kilómetro final definido en el perfil estratigráfico, haciendo referencia al kilometraje con respecto al eje de trazo en campo.

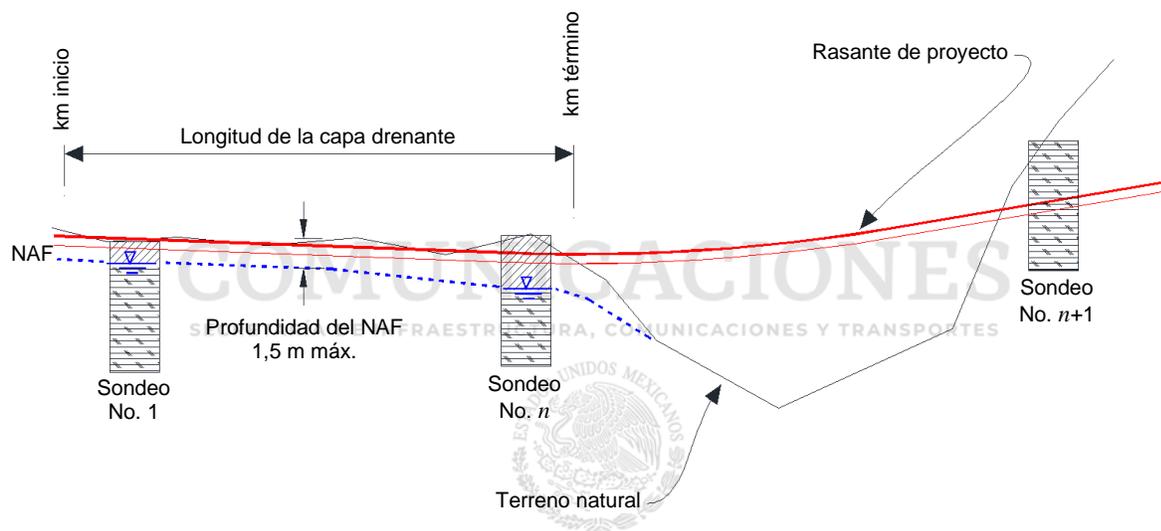


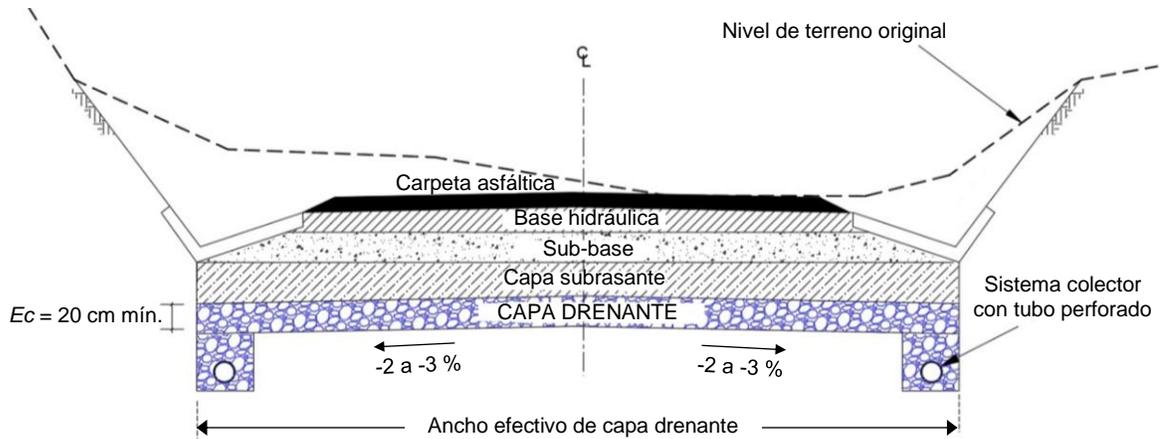
FIGURA 1.- Perfil estratigráfico para ubicar una capa drenante de protección para una estructura de pavimento

- E.1.3.** Para carreteras en operación, de acuerdo con los datos obtenidos del estudio geotécnico indicado en la Norma N-PRY-CAR-4-03-001, *Ejecución de Proyectos de Subdrenaje*, se dibujarán las columnas estratigráficas indicando el nivel freático, ubicación y estratigrafía detectada.
- E.1.4.** Con base en las columnas estratigráficas de cada sondeo indicado en el inciso anterior, se delimitará la zona o zonas que presenten indicios o afloramiento de agua subterránea en el pavimento. Con esta delimitación se establece la longitud requerida para el proyecto de la capa drenante, a partir del kilómetro inicial asignado hasta el kilómetro final, haciendo referencia al kilometraje de la carretera existente.

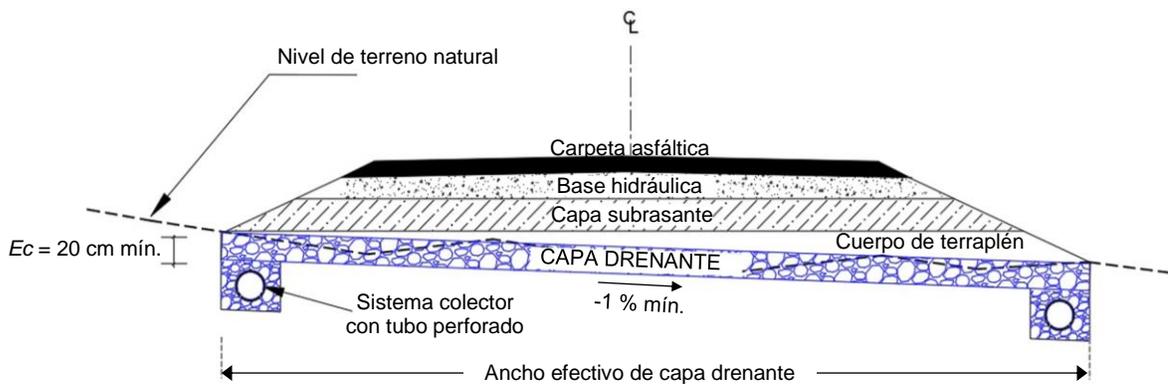
E.2. DETERMINACIÓN DEL ANCHO DE LA CAPA DRENANTE

El ancho de la capa drenante se determinará con base en las secciones del proyecto geométrico de la carretera, indicadas en el Inciso D.6.3 de la Norma N-PRY-CAR-4-03-001, *Ejecución de Proyectos de Subdrenaje*, de acuerdo con lo siguiente:

- E.2.1.** Cuando se trate de una capa drenante de protección para una estructura de pavimento, el ancho de la capa drenante será igual a la distancia que exista en la base inferior de las terracerías, como se muestra en los ejemplos de la Figura 2 de este Manual.



a) Ancho efectivo y pendientes transversales de una capa drenante en sección de corte y en tangente



b) Ancho efectivo y pendiente transversal de una capa drenante en sección de terraplén y en curva

FIGURA 2.- Geometría de diseño para capa drenante de protección para una estructura de pavimento

E.2.2. Cuando se trate de una capa drenante de trinchera estabilizadora, el ancho de la capa drenante será igual a la distancia que cubra esta capa sobre la cara del talud que intercepta el flujo de agua subterránea y la longitud de la base inferior de la trinchera, como se muestra en el ejemplo de la Figura 3 de este Manual.

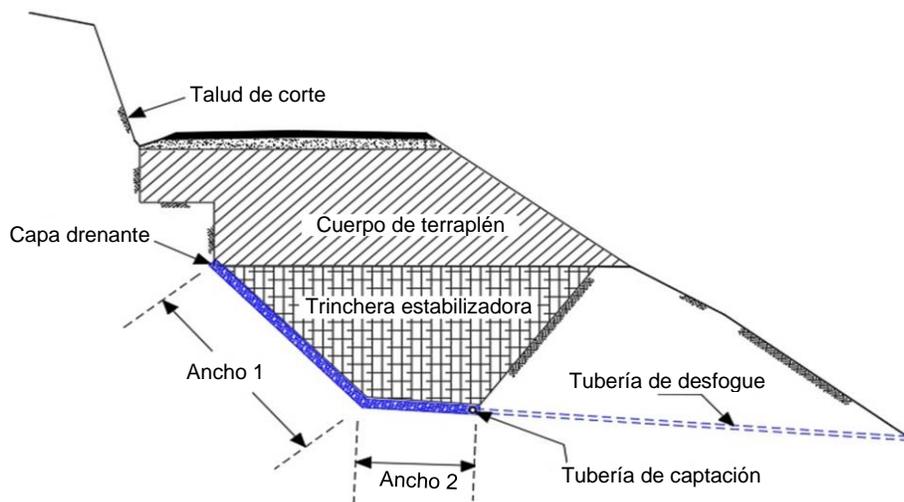
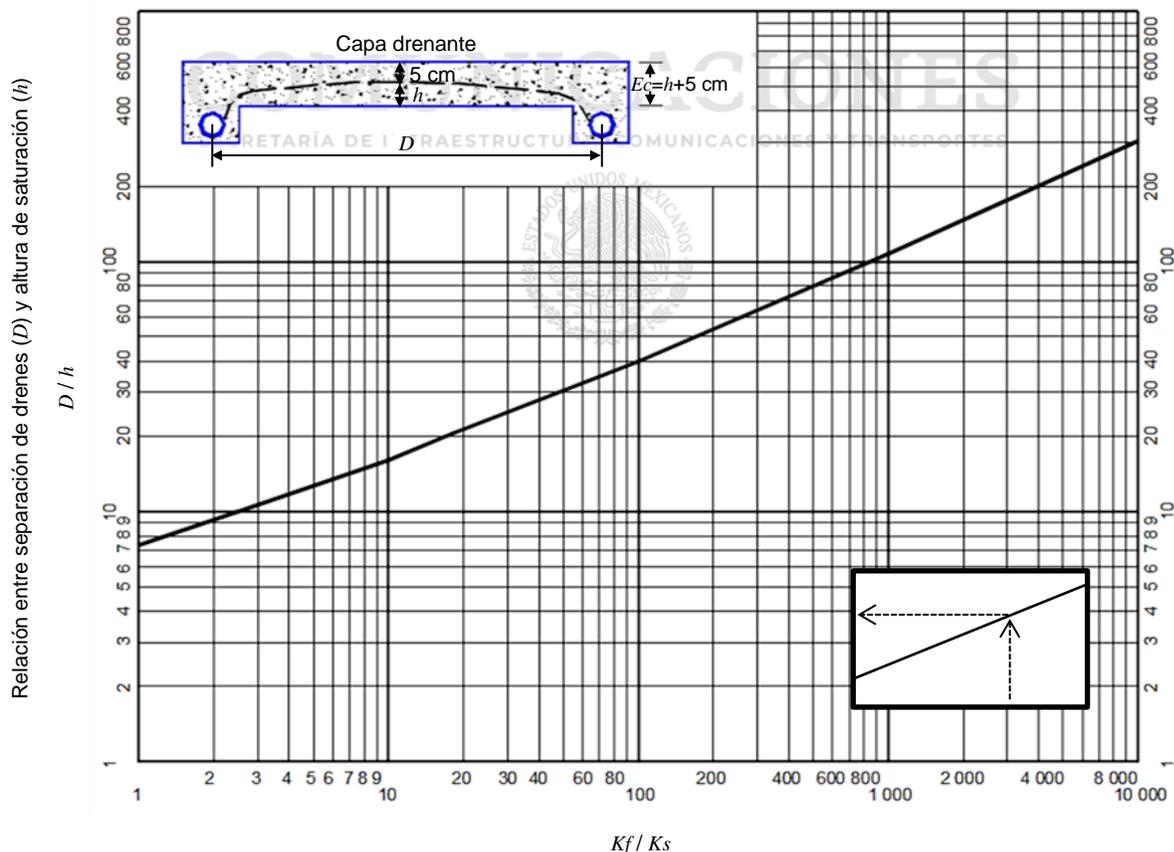


FIGURA 3.- Capa drenante en trinchera estabilizadora

E.3. DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE LA CAPA DRENANTE (E_c)

El espesor de la capa drenante (E_c) se determina de acuerdo con lo siguiente:

- E.3.1. Considerando el material filtrante a utilizar, seleccionado de acuerdo con el Inciso D.2.1. de la Norma N-PRY-CAR-4-03-005, *Diseño de Capas Drenantes*, se determinará su coeficiente de permeabilidad (K_f) conforme a lo indicado en la Norma N-PRY-CAR-4-03-002, *Determinación del Gasto de Diseño*.
- E.3.2. Se determinará el coeficiente de permeabilidad del suelo (K_s) donde se construirá la capa drenante, de acuerdo con lo indicado en la Norma N-PRY-CAR-4-03-002, *Determinación del Gasto de Diseño*.
- E.3.3. Se determinará la distancia de separación entre drenes (D), que será igual al ancho de la capa drenante determinado en la Fracción E.2. de este Manual.
- E.3.4. Una vez definidos los parámetros anteriores, se calculará la relación de permeabilidades (K_f/K_s) y su valor se ubicará en el eje de las abscisas del gráfico de la Figura 4 de este Manual, trasladándolo hasta interceptar la curva de diseño, la cual asignará sobre el eje de las ordenadas el valor correspondiente de la relación (D/h); dicho valor definirá la altura de saturación (h) que se generará dentro de la capa drenante en función del ancho (D).



Relación entre coeficientes de permeabilidad de material filtrante (K_f) y del suelo (K_s)

FIGURA 4.- Curva de diseño de capa drenante en función de las permeabilidades

- E.3.5. Definida la altura de saturación (h), se determinará el espesor de la capa drenante (E_c) mediante la siguiente expresión, el cual tendrá un valor mínimo de 20 cm y máximo de 40 cm en caso de proteger una estructura de pavimento, y de mínimo 50 cm en caso de instalarse en una trinchera estabilizadora.

$$E_c = h + 5$$

Donde:

E_c = Espesor de la capa drenante, (cm)

h = Altura de saturación, (cm)

E.3.6. En caso de que el espesor de la capa drenante (E_c) sea mayor a 40 cm cuando se proteja una estructura de pavimento, se propondrá un espesor menor para disminuir la altura de saturación (h), definiendo un coeficiente de permeabilidad del material filtrante (K_f) que lo permita, de acuerdo con lo siguiente:

E.3.6.1. Definir una nueva altura de saturación (h), proponiendo un nuevo espesor de capa drenante (E_c) y considerando disminuir 5 cm al valor del espesor propuesto.

E.3.6.2. Con el valor definido de separación entre drenes (D), que será igual al ancho de la capa drenante determinado en la Fracción E.2. de este Manual, se calculará la relación entre separación de drenes (D) y la nueva altura de saturación (h).

E.3.6.3. Una vez determinada la relación (D/h) y con el valor del coeficiente de permeabilidad del suelo (K_s) determinado en el Inciso E.3.2. de este Manual, se obtendrá el coeficiente de permeabilidad del material filtrante (K_f) que formará la capa drenante mediante el gráfico de la Figura 5 de este Manual. Este valor se determinará interceptando la cifra de la relación (D/h) con el valor del coeficiente de permeabilidad del suelo (K_s); el punto de intersección definirá, con base en las curvas graficadas, el valor del coeficiente de permeabilidad del material filtrante (K_f) para el espesor de diseño propuesto de la capa drenante.

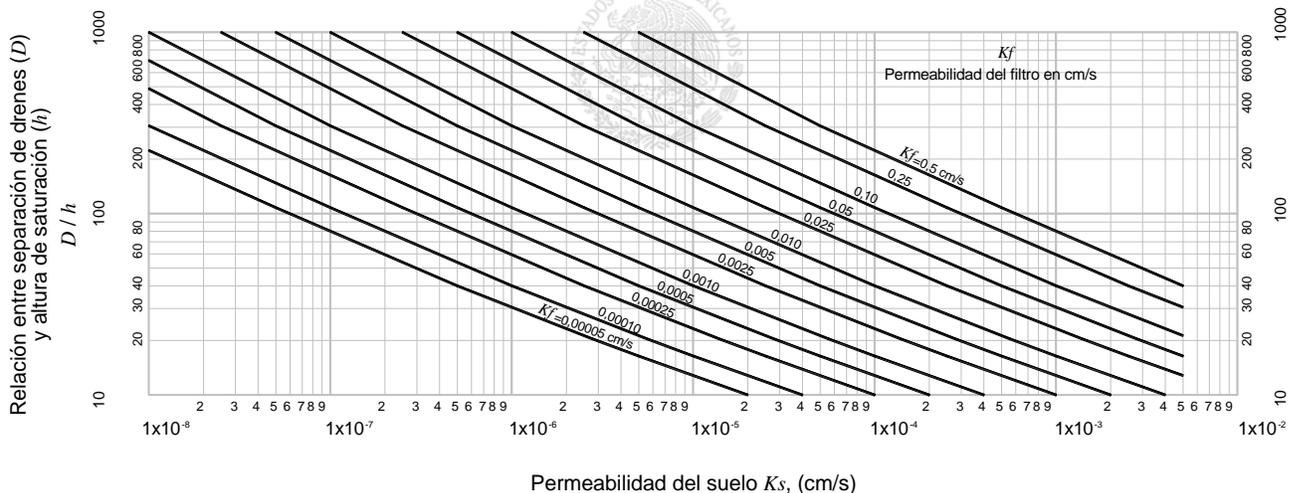


FIGURA 5.- Curvas para determinar el coeficiente de permeabilidad del material filtrante (K_f) de una capa drenante con espesor definido

E.4. DETERMINACIÓN DE LA PENDIENTE LONGITUDINAL DE LA CAPA DRENANTE

La pendiente longitudinal se determinará de acuerdo con el tipo de capa drenante, como se indica a continuación:

E.4.1. Cuando se trate de una capa drenante de protección para una estructura de pavimento, la pendiente longitudinal de esta capa será la misma que la de la rasante de proyecto, de acuerdo con el proyecto geométrico de la carretera al que se refiere el Inciso D.6.2. de la Norma N-PRY-CAR-4-03-001, *Ejecución de Proyectos de Subdrenaje*.

Se realiza el perfil de construcción de la carretera como se muestra en el ejemplo de la Figura 6 de este Manual, el cual incluirá lo siguiente:

- Pendiente longitudinal de la capa drenante.
- Pendiente longitudinal de la rasante de proyecto.
- Niveles constructivos de la rasante de proyecto.
- Niveles constructivos de la capa drenante.
- Niveles de terreno natural en caso de caminos nuevos.
- Bancos de nivel.
- En su caso, datos geométricos de la curva vertical.

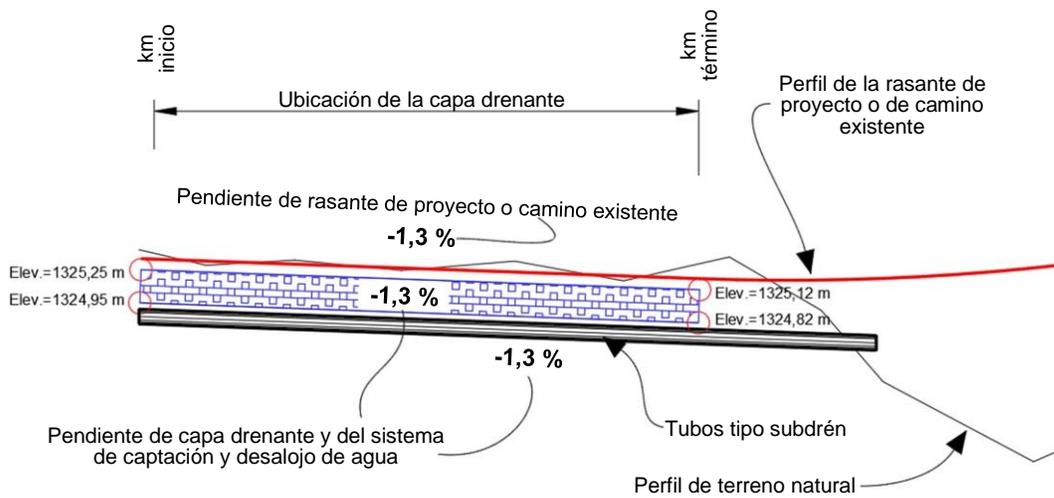


FIGURA 6.- Ejemplo de un perfil mostrando la pendiente longitudinal de una capa drenante

E.4.2. Cuando se trate de una capa drenante de trinchera estabilizadora, la pendiente longitudinal será la misma que la pendiente del proyecto de la trinchera estabilizadora indicada en la Norma N-PRY-CAR-4-03-008, *Diseño de Trincheras Estabilizadoras*.

E.5. DETERMINACIÓN DE LA PENDIENTE TRANSVERSAL DE LA CAPA DRENANTE

La pendiente transversal de la capa drenante se determina de acuerdo con lo siguiente:

- E.5.1.** Cuando se trate de una capa drenante de protección para una estructura de pavimento, la pendiente transversal de esta capa será la misma que la pendiente del proyecto geométrico de la sección transversal. La pendiente transversal de la capa drenante se mide del centro del eje del camino hacia sus orillas y depende de la ubicación del tramo en proyecto con relación al alineamiento horizontal del camino, el cual podrá ser en tangente o en curva, como se muestra en los ejemplos de la Figura 2 de este Manual.
- E.5.2.** Cuando se trate de una capa drenante construida bajo el cuerpo del terraplén, las pendientes transversales de la capa drenante las determinan las secciones de terreno natural obtenidas en el levantamiento topográfico para el proyecto geométrico, considerando que, una vez definido el proyecto de secciones geométricas del camino en estudio, se determinará la pendiente transversal de la capa drenante (P_t) con el valor promedio obtenido de las pendientes transversales del terreno natural, como se muestra en el ejemplo de la Figura 7 de este Manual.

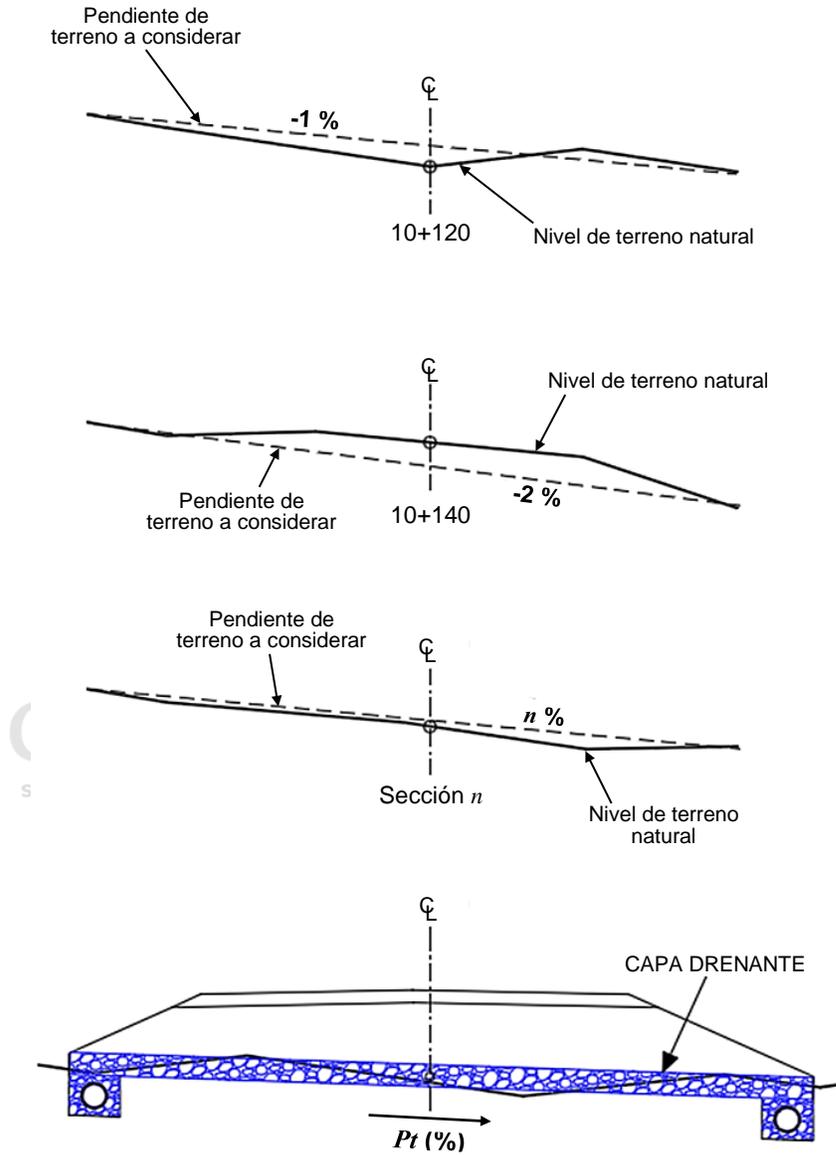


FIGURA 7.- Ejemplo de secciones de terreno natural para determinar la pendiente transversal de una capa drenante construida bajo el cuerpo de terraplén

E.5.3. Cuando se trate de una capa drenante de trinchera estabilizadora, las pendientes trasversales las determinan las secciones del proyecto geométrico al que se refiere el Inciso D.6.3 de la Norma N·PRY·CAR·4-03-001, *Ejecución de Proyectos de Subdrenaje*, de acuerdo con lo siguiente:

E.5.3.1. En el primer segmento de la pendiente transversal de la capa drenante, que corresponde a la pared de la trinchera estabilizadora, será equivalente, en porcentaje, a la inclinación del talud que recibe el flujo de agua, como se muestra en el ejemplo de la Figura 8 de este Manual.

E.5.3.2. En el segundo segmento de la pendiente transversal de la capa drenante, correspondiente a la base de la trinchera, tendrá un valor mínimo de -1 % para garantizar que el flujo de agua se desplace por gravedad, como se muestra en el ejemplo de la Figura 8 de este Manual.

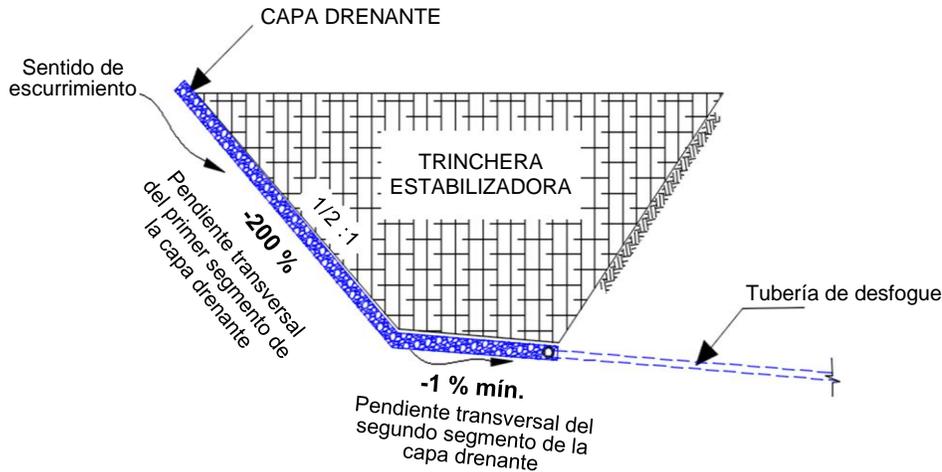


FIGURA 8.- Ejemplo de pendiente transversal en los segmentos de una capa drenante de trinchera estabilizadora

F. DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN Y DESALOJO DE LA CAPA DRENANTE

El sistema recolector de agua para la capa drenante se diseña de acuerdo con lo siguiente:

F.1. SISTEMA DE CAPTACIÓN

F.1.1. Cuando se trate de una capa drenante de protección para una estructura de pavimento, el sistema de captación se instala en ambos lados del camino a través de tubos perforados de 15,24 cm (6 in) de diámetro como mínimo, con las características establecidas en la Fracción D.4. de la Norma N-PRY-CAR-4-03-003, *Diseño de Subdrenes*, y una geometría igual a la mostrada en el ejemplo de la Figura 9 de este Manual.

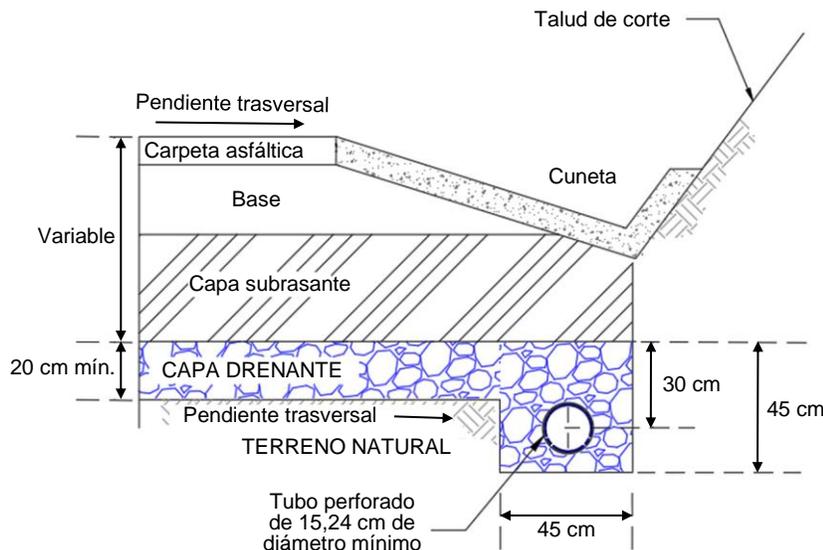


FIGURA 9.- Sistema de captación de una capa drenante de protección para estructura de pavimento

F.1.2. Para el caso de una capa drenante de trinchera estabilizadora, el sistema de captación se realiza a través de tubos perforados de 15,24 cm (6 in) de diámetro como mínimo, con las características establecidas en la Fracción D.4. de la Norma N-PRY-CAR-4-03-003, *Diseño de Subdrenes*, que se colocan en la parte más baja del segundo segmento de la capa drenante, como se muestra en el ejemplo de la Figura 10 de este Manual.

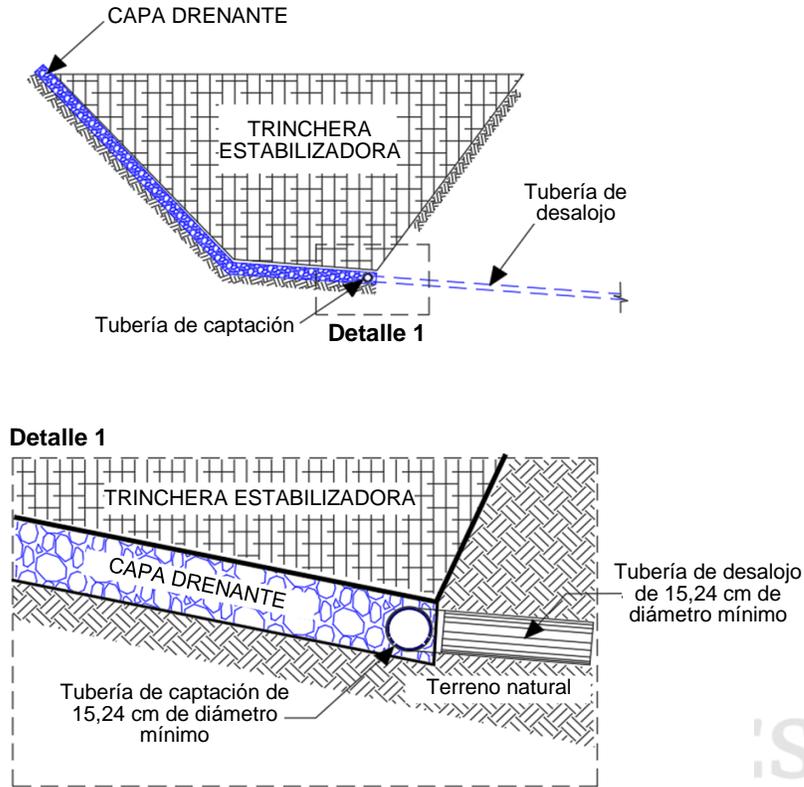


FIGURA 10.- Sistema de captación y desalajo de una capa drenante de trinchera estabilizadora

F.2. SISTEMA DE DESALOJO

El sistema de desalajo está formado por tubos sin perforar del mismo diámetro que el sistema de captación. La conexión entre ambos sistemas se realiza por medio de uniones o coples de 45 ° a 60 °, como muestra el ejemplo de la Figura 11 de este Manual.

El sistema de desalajo tendrá una pendiente longitudinal que garantice la correcta salida del agua captada y estará dirigido al sitio de desalajo más conveniente, de tal manera que no perjudique la infraestructura carretera.

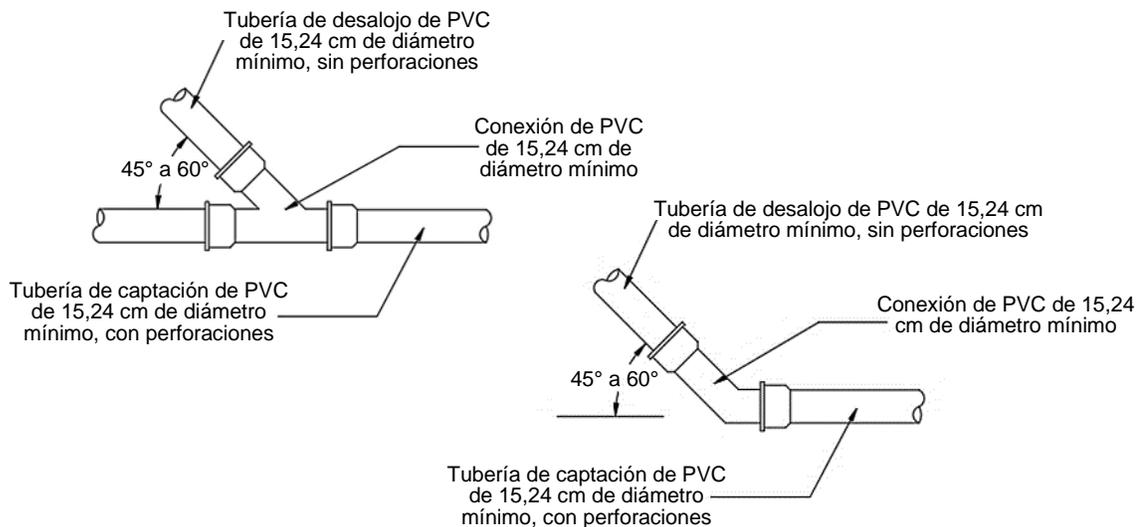


FIGURA 11.- Conexiones entre tubos de los sistemas de desalajo y de captación

G. BIBLIOGRAFÍA

Rico R. A. y Castillo H. (1984). *La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestre*. Volumen 1. Editorial LIMUSA. México.

Cedergren, H.R. (1989). *Seepage, Drainage and Flow Nets*. Cap. 5. John Wiley and Sons, Inc. Estados Unidos.

Department of Transportation (1980). *Highway Subdrainage Design*. FHWA-TS-80-224. Estados Unidos.

COMUNICACIONES
SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES



COMUNICACIONES

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES



SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA

Dirección General de Servicios Técnicos

Av. Coyoacán 1895

Col. Acacias, Benito Juárez, 03240

Ciudad de México

www.gob.mx/sct