



CAPÍTULO 12.
DRENAJE E IMPERMEABILIZACIÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE
SERVICIOS TÉCNICOS

CAPÍTULO 12. DRENAJE E IMPERMEABILIZACIÓN



Túnel Magueyal, Carretera Durango - Mazatlán

12.1. SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN

La presencia de agua en el macizo rocoso puede originar filtraciones no controladas hacia el interior del túnel a través del revestimiento debido a la presencia de algunas grietas y juntas de construcción. La función del sistema de impermeabilización y drenaje es lograr revestimientos prácticamente estancos y proteger el concreto contra la acción de aguas agresivas (sulfatos), procesos de lixiviación de finos, carbonatación y cristalización de sales disueltas.

Un buen proyecto de impermeabilización y drenaje tiene gran contribución a la seguridad de los usuarios así como a la duración, vida útil y calidad de la obra. Menores costos de mantenimiento durante la vida útil del túnel son consecuencia directa de una correcta impermeabilización y un buen drenaje.

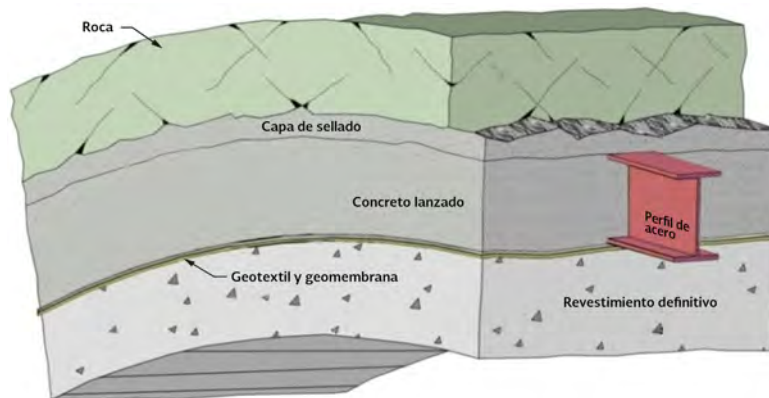
Por tal razón y para controlar las filtraciones, se ha previsto que antes de colar el revestimiento se instale un sistema de impermeabilización con láminas sintéticas prefabricadas de PVC-P (cloruro de polivinilo plastificado) o VLDPE (polietileno lineal de muy baja densidad) para garantizar la absoluta estanqueidad del túnel. El sistema se compone de una geomembrana como elemento impermeable y un geotextil como capa de protección y drenaje que recogen el agua hacia un colector principal que la transporta fuera del túnel.

La entrada de agua al túnel tiene dos efectos perjudiciales importantes:

- El agua ataca al concreto y al acero del sostenimiento y revestimiento del túnel, deteriorándolos. Con el tiempo pueden llegar a quedar completamente destruidos.
- El agua también ataca las instalaciones auxiliares (ventilación, iluminación, señalización) por efecto de oxidación y corrosión.
- El agua que cae sobre la calzada puede resultar peligrosa para los vehículos por la posibilidad de derrapes.



Figura 12.1. y 12.2. Túnel sin sistema de impermeabilización y túnel con geotextil y geomembrana.



Figuras 12.3. Ubicación del sistema de impermeabilización en túneles (en sándwich).

12.1.1. Requisitos del sistema de impermeabilización

La impermeabilización principal debe cumplir los siguientes requisitos:

- Proteger y envolver la superficie de la obra a tratar, de manera durable contra el agua de filtración.
- Adaptarse sin problemas a las irregularidades del soporte y ser capaz de deformarse para asumir las irregularidades. Su resistencia y alargamiento serán suficientes para no ser rasgada o perforada.
- El geotextil debe garantizar la evacuación del agua de filtración, sin entrar en carga, de manera durable hacia los drenes longitudinales, tratando de evitar las incrustaciones de los drenes longitudinales.
- Ser puesta en obra de manera sencilla, racional y económica, sin interrumpir el desarrollo de los trabajos posteriores e independientemente de que el soporte esté húmedo.

- Resistir las cargas sobre el encofrado y el empuje del macizo rocoso sobre la bóveda interior definitiva. De hecho el empleo de concreto bombeable y las velocidades de ascensión elevadas que se presentan en la construcción de túneles, necesitan presiones de hasta 200 kN/m².
- Resistir los movimientos de retracción, fluencia y las deformaciones por temperatura del soporte y del revestimiento, así como las vibraciones, sin que el efecto impermeable disminuya.
- Sus componentes principales (geotextil y geomembrana) deben ser imputrescibles, resistir al envejecimiento, ser químicamente inalterables y duraderos al contacto con el concreto, mortero, aguas de filtración y otros materiales del soporte y revestimiento.
- Las láminas con las que se confecciona la barrera impermeable, deben ser soldables y sus uniones deberán ser verificadas mediante un control de soldadura
- Los materiales que forman el sistema de impermeabilización deben ser auto-extinguibles, para evitar riesgos de incendio durante la fase de construcción.
- Se evitará la realización de trabajos próximos a la impermeabilización que puedan producir chispas, llamas o calor radiante.

12.2. GEOTEXTIL

12.2.1. Características

Su función es proteger la impermeabilización en su fase de instalación, durante su puesta en servicio y además hacer canalizar el agua de filtración hacia el exterior de la impermeabilización.

Deberá ser químicamente estable al contacto con morteros y concretos, al agua de filtración, humedad continua y a sustancias con pH entre el 2 y 13.

El geotextil asume fundamentalmente la función de capa de protección. Como capa de drenaje es variable según las condiciones del terreno y la eficacia de la impermeabilización primaria.

Las características principales del geotextil son:

- No tejido fabricado por Agujado o Punzonado
- Hecho de fibras vírgenes de polipropileno (PP)
- Alta transmisividad @ 200 kN/m² de presión
- Alta retención de finos muy alta (AOS pequeño)
- Alta resistencia al punzonamiento estático (CBR).
- Peso mínimo de 500 gr/m².

12.2.2. Instalación

La instalación del Geotextil se efectuará clavándolo a la pared del túnel por medio de clavos con rondanas y arandelas o discos del mismo material que la geomembrana. La densidad de anclajes dependerá de la configuración y geometría del perímetro del túnel.

Se adaptará a la geometría del soporte, con el menor número de pliegues y con traslapes de 20cm como mínimo. Los traslapes se sueldan entre sí con equipos manuales de aire caliente para tener una superficie de protección y drenaje continua.

Se tendrán en cuenta los remates, tanto en su encuentro con los drenajes longitudinales como en la terminación en boquillas.



Figuras 12.4. Colocación de geotextil.

12.3. GEOMEMBRANA

12.3.1. Características

Las láminas o geomembranas poseen una serie de características que por su versatilidad y ligereza permiten abordar problemas como:

- Hacer frente a condiciones adversas, como filtraciones de agua, bajas temperaturas y adaptarse a las irregularidades del terreno.
- Adaptarse a cualquier obra independientemente del sistema de excavación y revestimiento empleado.

Existen en el mercado 3 tipos de láminas: láminas translúcidas, láminas unicolores y láminas Signal Layer, donde tenemos una capa delgada de color amarilla sobre una gruesa capa de color negro de forma que cualquier agresión sobre la capa amarilla sea fácilmente detectable. Los espesores varían desde 1.5mm a 3mm. Estas láminas son fabricadas principalmente a partir de resinas vírgenes de PVC-P y/o VLDPE. En ambos casos serán láminas homogéneas para poder asumir grandes deformaciones, (de más del 300%), ligeras y flexibles.



Figura 12.5. Colocación de membrana de impermeabilización ajustable a la geometría del túnel.



Figura 12.6. Membrana impermeabilizante detrás del revestimiento definitivo.

12.3.2. Propiedades

A. Impermeabilidad

Las láminas se consideran impermeables al paso de los líquidos, concretamente al agua midiéndose tal resistencia por el coeficiente de permeabilidad k , medido en m/s.

B. Aislamiento térmico

En cualquier espesor tiene un coeficiente de conductividad térmica de 0.031 W/m.K según norma ASTM C-177.

C. Barrera de vapor

Debido a su bajo grado de difusión de vapor de agua, aporta una excelente barrera de vapor.

D. Resistencia al fuego

Las láminas poseen la propiedad de combustionar ante la presencia de fuego sin crear llama, por lo que al cesar la presencia de esta, también cesan en su combustión. Tal propiedad confiere a las membranas un coeficiente de seguridad alto.

Por lo general, estas láminas tienen clasificación M-1 o M-3, según la norma UNE 23727, son auto extinguidas y sus humos no son tóxicos en su ignición. La velocidad de propagación de la llama en una lámina es 0 m/min.

E. Inalterabilidad y durabilidad

En su elaboración interviene un proceso que le confiere un extraordinario comportamiento al envejecimiento por ataque de agentes químicos y a las desfavorables condiciones ambientales con humedades constantes y cambios climatológicos.

F. Resistencia a los agentes químicos

La lámina resiste a los ataques de aguas con cargas minerales disueltas, al contacto con materiales de construcción, a disolventes químicos a temperaturas normales y a salidas de humos.

Son resistentes a muchos agentes químicos, sin embargo, las membranas de PVC pueden reaccionar en contacto con algunos efluentes químicos (principalmente hidrocarburos).

Por tanto, es necesario realizar siempre un estudio previo de los soportes y de sus constituyentes para elegir la membrana que convenga, y así eludir su posible degradación por causa de un entorno agresivo.

G. Fácil de instalar y reparar

La lámina puede ser instalada con gran sencillez, debido tanto a su adaptabilidad como a su facilidad de soldadura. Por su elasticidad puede ser manipulada e instalada a temperaturas inferiores a 0° C.

Si por cualquier causa accidental se produce una perforación en la lámina puede repararse fácilmente mediante la colocación de parches del mismo material, aplicándoles el mismo sistema empleado para unir láminas.

H. Duración

Su constitución celular le confiere propiedades aislantes y la estructura molecular del polietileno hace que conserve sus propiedades a lo largo del tiempo.

I. Resistencia a los esfuerzos mecánicos y térmicos

Los esfuerzos que deben soportar las láminas son de tipo mecánico (estático y dinámico) y térmico. Desde el momento en que se colocan, se ven solicitadas dinámicamente, y en el transcurso de sus vidas se verán afectadas por los siguientes efectos:

- a) **Tracción.** Sin perder la elasticidad que le confiere su especial estructura molecular, las láminas presentan unas resistencias al desgarro superiores a 15 MPa en cabeza de anclaje, pueden ser utilizadas en lámina vista aun cuando existan fuertes turbulencias por efectos de ventiladores, tráfico pesado y otros.
- b) **Temperatura.** Afecta la rigidez de las membranas, aumentándola cuando disminuye la temperatura y reduciéndola cuando está sube. La lamina debe de poder doblarse sin presentar fisuras a temperaturas de hasta -20° C.
- c) **Desgarramiento.** Ofrece una importante resistencia debido a su composición molecular mayor a 60N.
- d) **Punzonamiento.** La resistencia ofrecida en soportes bien colocados es muy elevada, incluso con cargas hidrostáticas de hasta 50 metros. Asimismo, presenta una buena resistencia al punzonamiento estático y dinámico.
- e) **Elongación.** Deberán de poder deformarse más del 300% antes de romperse.

J. Resistente a la perforación de raíces y a microorganismos.

12.3.3. Instalación

Para impermeabilizar un túnel, es necesario preparar un soporte donde vaya fijado el sistema de impermeabilización; este soporte deberá cumplir con las siguientes condiciones:

- No existirán irregularidades con radio inferior a 20cm.
- Las irregularidades no deberán ser más profundas que 15cm (Z)
- Relación profundidad /extensión:1 a 5
- Tratamiento puntual de bulones y anclajes para que no sean mayores a 20cm (R).

La colocación de la geomembrana deberá efectuarse transversalmente y sujetarse por termofusión a las arandelas previamente colocadas, soldando los lienzos entre sí con un traslape mínimo de 8 cm por medio de máquinas de aire y/o cuña calientes con canal de comprobación central para control de calidad de las soldaduras realizadas.

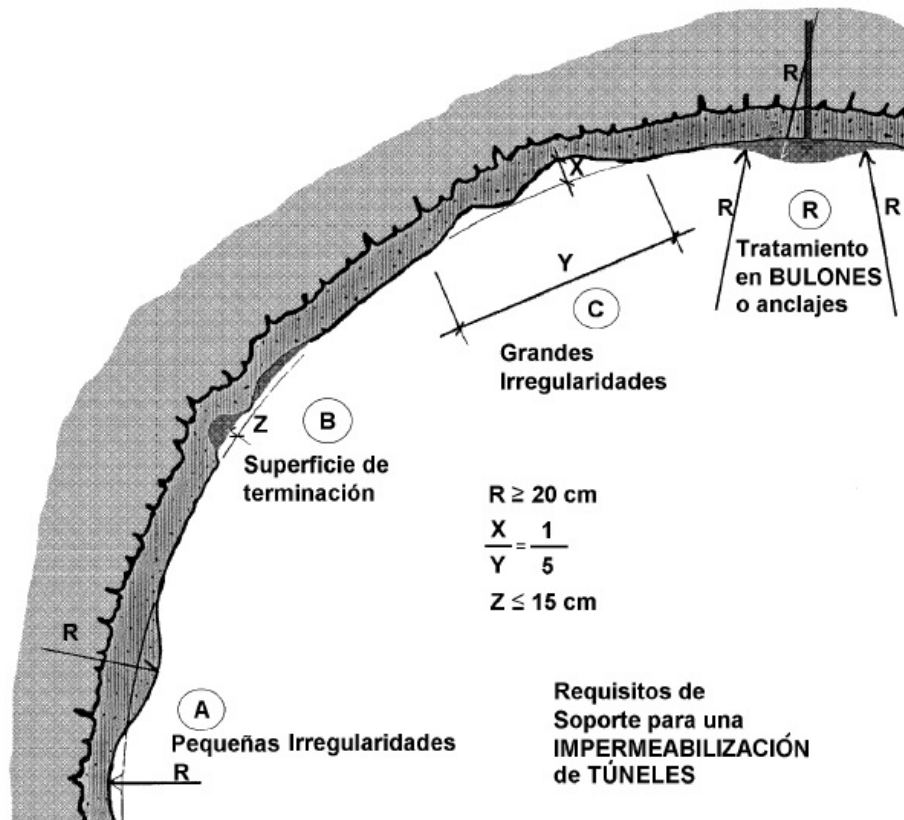
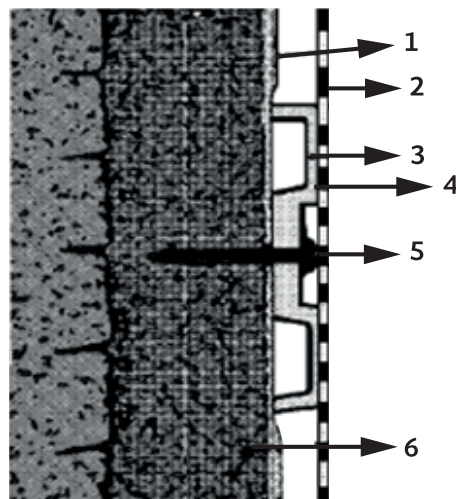


Figura 12.7. Requisitos del soporte según la Norma Española UNE 104424:2000.¹



1. Geotextil de drenaje y protección
2. Membrana
3. Arandelas de igual material que la membrana
4. Soldadura por aire caliente
5. Clavo y arandela metálicas
6. Hormigón proyectado

Figura 12.8. Sistema de impermeabilización según la Norma Española UNE 104424:2000.

¹ Norma Española UNE 104424. Materiales Sintéticos, Puesta en Obra, Sistemas de Impermeabilización de Túneles y Galerías con Láminas Termoplásticas Prefabricadas de PVC-P, 2000.

12.3.4. Otros elementos del sistema

Los discos o arandelas de PVC son utilizados para la fijación del geotextil y posteriormente la geomembrana será termofusionada a ellos; los discos serán fijados al soporte mediante fijación directa (clavo, taquete o tornillería). Los discos deben presentar una superficie de entre 50 a 60 cm² (de 8 a 9 cm de f) y una superficie mínima de contacto con la membrana de 40 cm².

Los elementos de fijación actúan de forma temporal, ya que aguantarán el peso de la impermeabilización fijada al soporte, únicamente hasta que se realice el revestimiento definitivo.

Los clavos de fijación directa generalmente tendrán una longitud de entre 27 y 37mm en función del tipo de irregularidades que presente el soporte y el espesor del mismo. Empleándose para adaptar al contorno del túnel y los discos que suspenderán la geomembrana.



Figura 12.9. Disco de PVC para fijación de geomembrana.



Figura 12.10. Termofusión de geomembrana.

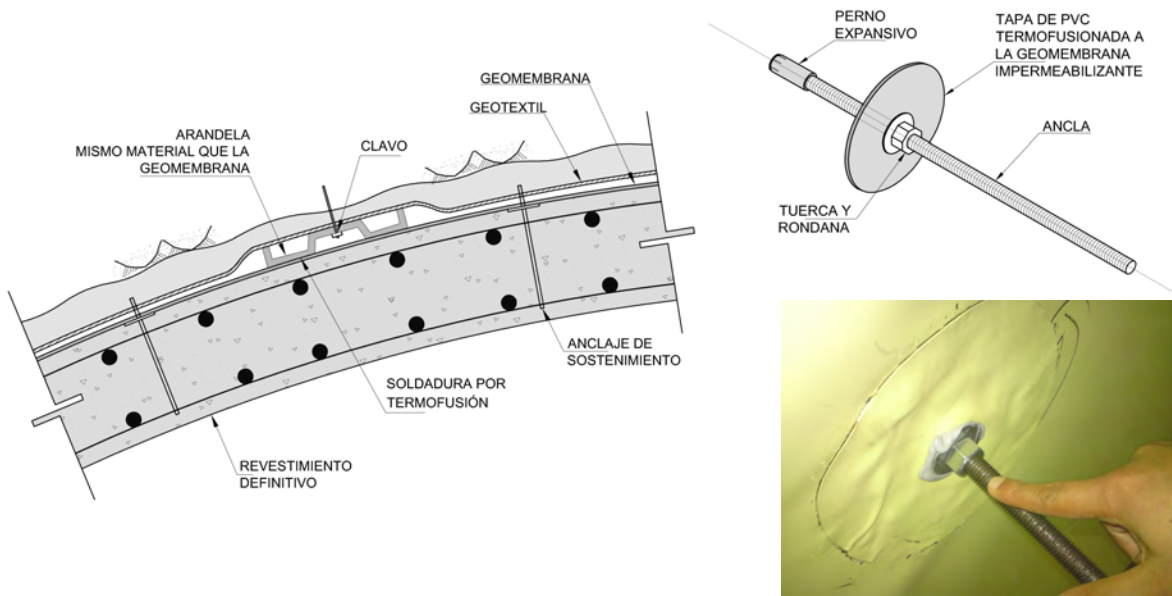


Figura 12.11. Ancla para sostener el acero de refuerzo del túnel.

Para sostener el acero de refuerzo del túnel provisionalmente previo al colado, se colocarán anclas de sostenimiento. La longitud, ubicación y diámetro dependerán de las características del revestimiento definitivo (Ver Figura 12.11).

La colocación de las anclas es siempre posterior a la colocación de la geomembrana de la impermeabilización y de hecho la perfora. Para ello se hacen unos barrenos con roto-martillo en las posiciones donde va a ir el ancla según el arreglo que se va a emplear. Los barrenos deben de ser de por lo menos 12 cm de profundidad dentro la capa de regularización.

A continuación se ponen las anclas ya sea usando adhesivos químicos o pernos expansivos. La decisión del método a emplear dependerá de la carga a soportar y la resistencia del terreno.

En caso de anclajes químicos se debe de esperar al menos 24 horas para que los químicos curen antes de ponerlo en carga. A las 36 horas están totalmente fraguados (curados) los químicos.

Posteriormente se hacen los trabajos de remate con un disco de PVC de la misma geomembrana para integrarlos de nuevo al sistema de impermeabilización.

La colocación de la geomembrana se podrá efectuar manualmente, con andamios apropiados o bien mecánicamente, con andamios pórtico motrices automáticos.

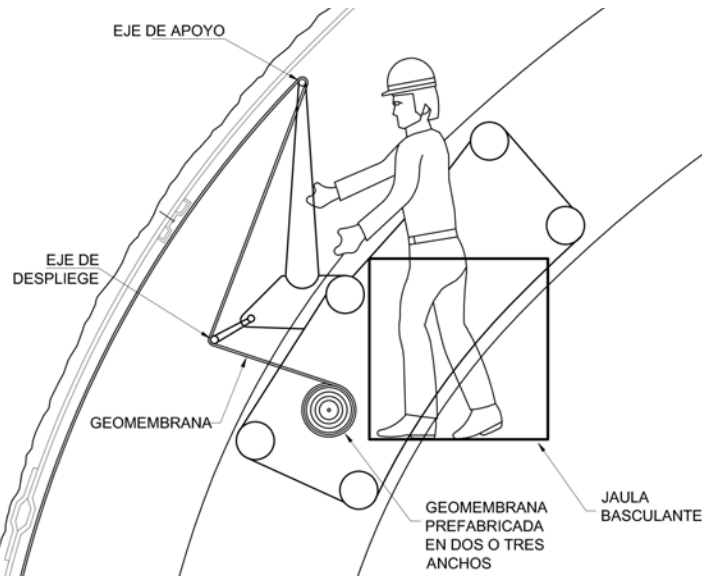


Figura 12.12. Colocación de geomembrana.

12.3.5. Pruebas de hermeticidad

El control de cada soldadura se efectuará mediante ensayo con aire comprimido a 2 ATM de presión, durante 5 minutos, aceptando una pérdida de presión del 10% debido a la flexibilidad de la membrana (Norma UNE 104-481/3-3). El 100% de las soldaduras deberán ser comprobadas con este método.

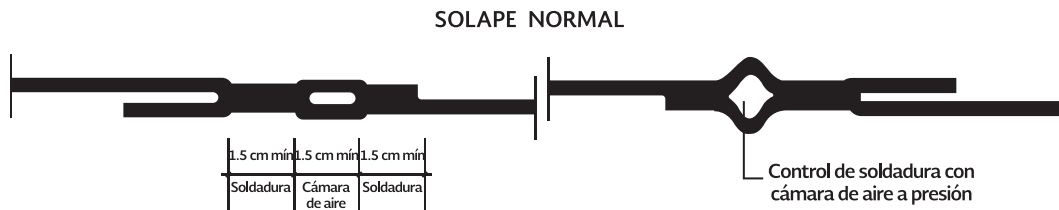


Figura 12.13. Solape normal entre láminas.



Figura 12.14. Solape especial con canal central.

En los casos de uniones ortogonales con encuentros de varias membranas, y donde no sea posible un control con aire comprimido, se podrá utilizar puntualmente una campana de vacío si la superficie de trabajo así lo permite. Efectuando un vacío de **0.5 bar** sobre el punto a controlar, provocará la formación de burbujas fácilmente observables, cuando exista un defecto de soldadura o en la propia membrana. Un resultado de vacío sin burbujas será considerado como aceptable.

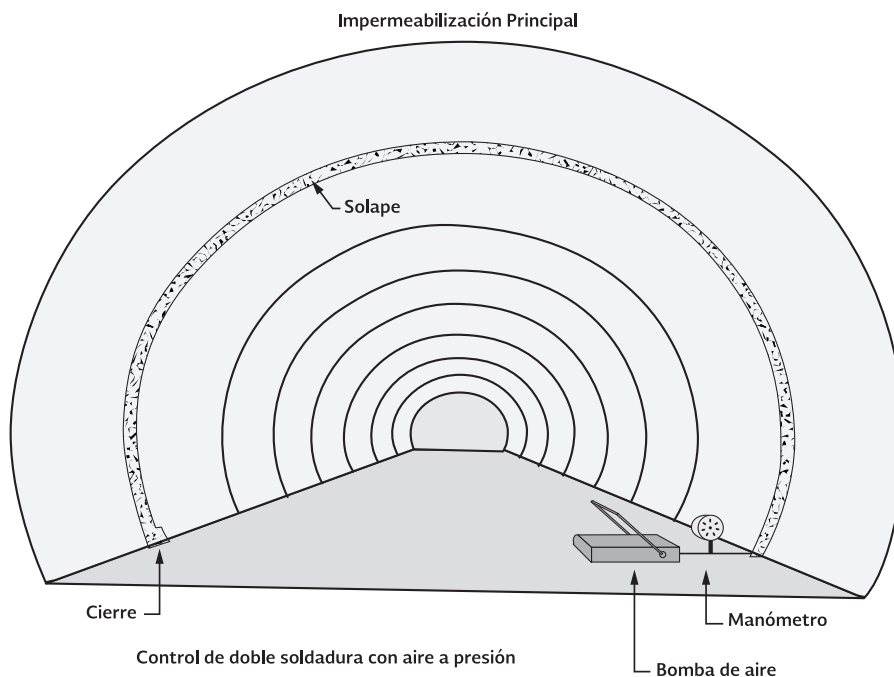


Figura 12.15. Control de soldadura.

12.4. DRENAJE INTERIOR

12.4.1. Drenes en túnel

Las láminas impermeables se colocan entre el terreno y el revestimiento definitivo, recogiendo las infiltraciones hasta los tubos perforados longitudinales al túnel situados en ambos lados, al final de la lámina impermeable. Las filtraciones se conducen desde estos a un colector general o principal por medio de tubos transversales. El sistema de drenaje longitudinal conduce el agua al exterior del túnel; el agua proviene principalmente de:

- Agua de la calzada, captada mediante bocas de tormenta colocadas en las banquetas.

- Agua procedente de los afloramientos y de las filtraciones del terreno y que es encauzada mediante el sistema de impermeabilización del túnel
- Agua que circula por las cunetas y entra al túnel al no poder evacuarse por otros lados.

Los diámetros de los drenes laterales y el colector o los colectores principales serán determinados en la etapa de proyecto tomando en cuenta el caudal esperado. La separación mínima entre bajadas al colector principal será de 5.0 m entre una y otra. En todos los casos los drenes, colectores, bajadas y conexiones serán de polietileno de alta densidad corrugado de pared sencilla, que cumplan con Clase II debido a su gran resistencia y a que se adaptan a cualquier condición geométrica del túnel.

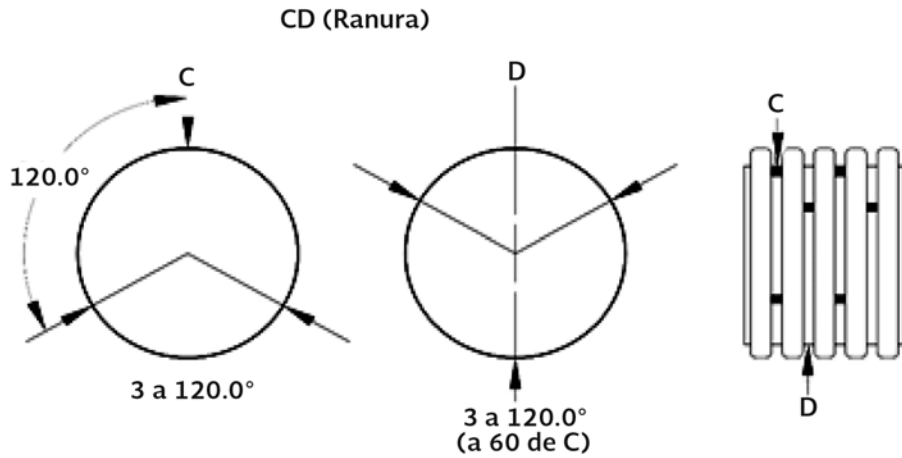


Figura 12.16. Configuración de las perforaciones Clase II.

Para determinar la ubicación, el número de drenes y las bajadas al colector (o colectores) principal (es) se deberá tomar en cuenta el alineamiento horizontal y vertical del túnel. El proyectista deberá hacer todas las consideraciones necesarias para garantizar el adecuado desalajo del agua hacia el exterior del túnel.



Figura 12. 17. Bajada a dren colector principal.



Figura 12.18. Impermeabilización de bajada a dren colector principal.

Se requiere de Tees del mismo material de la tubería para conducir el agua captada en los hastiales hacia las arquetas de drenaje. El número de tees y la distancia entre ellas se establecen por la cantidad de flujo de agua para la que está diseñado el drenaje.

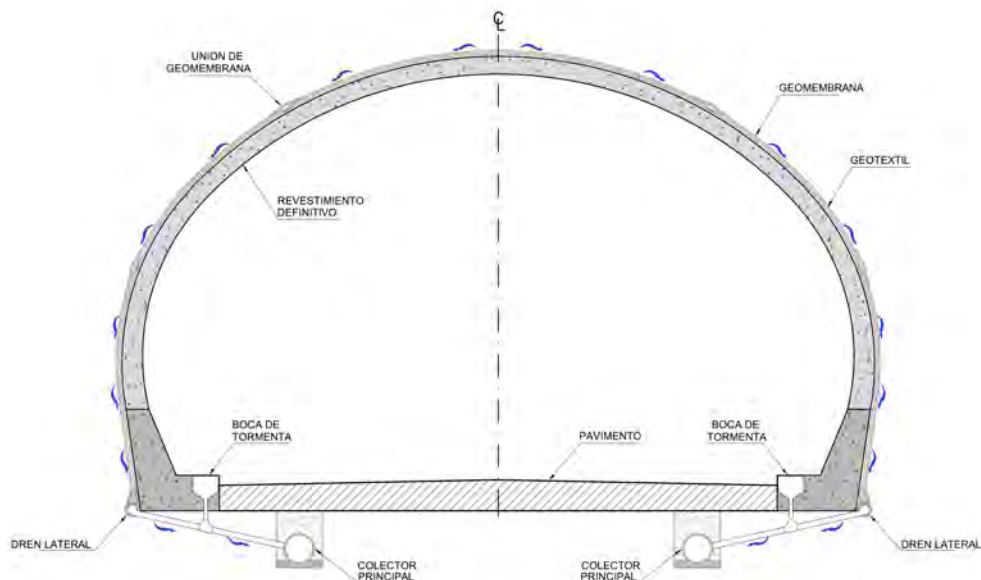


Figura 12.19. Impermeabilización de bajada a dren colector principal.

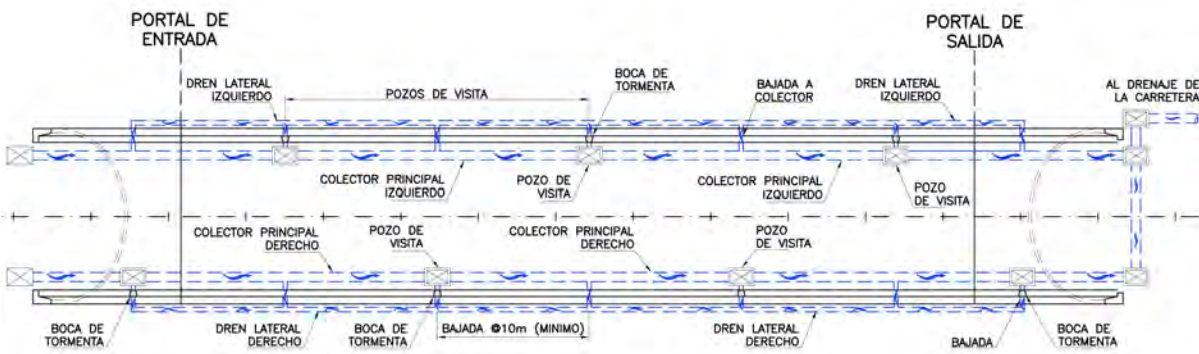


Figura 12.20. Planta de drenaje tipo (tangente).

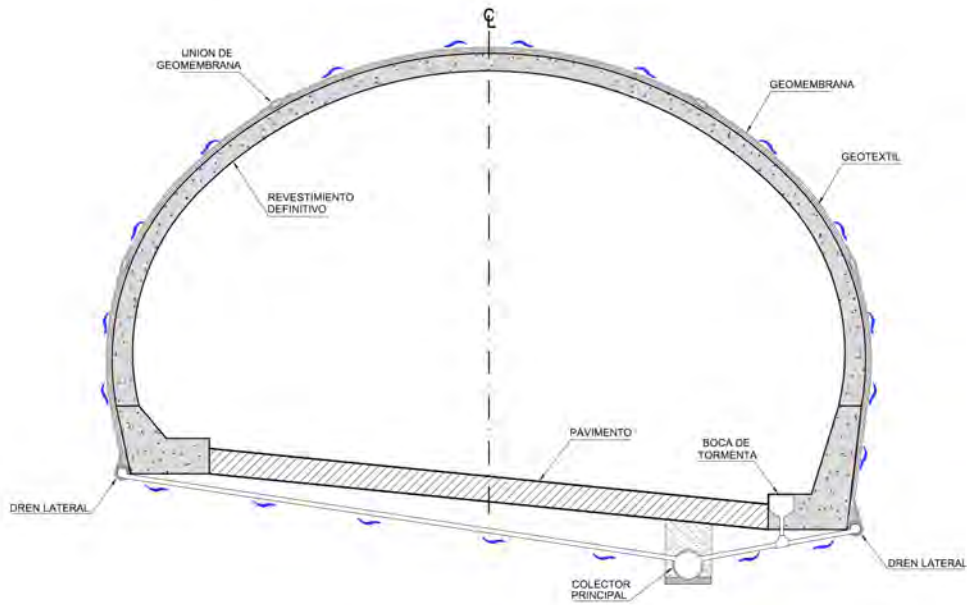


Figura 12.21. Sección tipo de drenaje en curva.

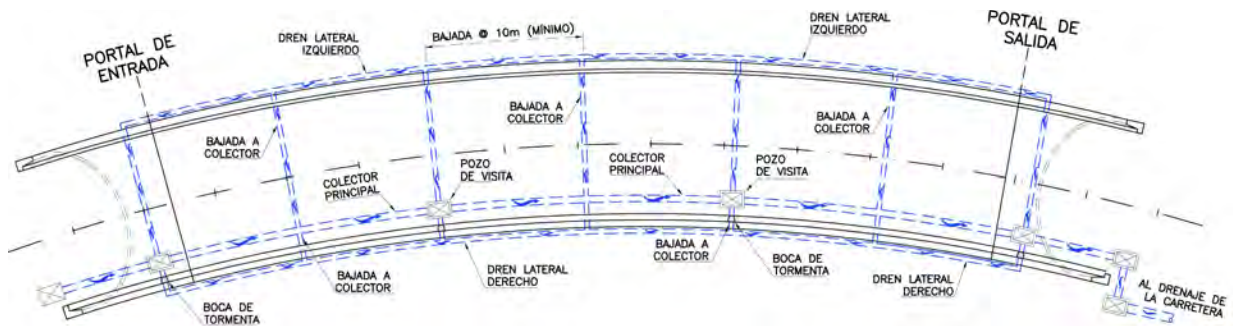


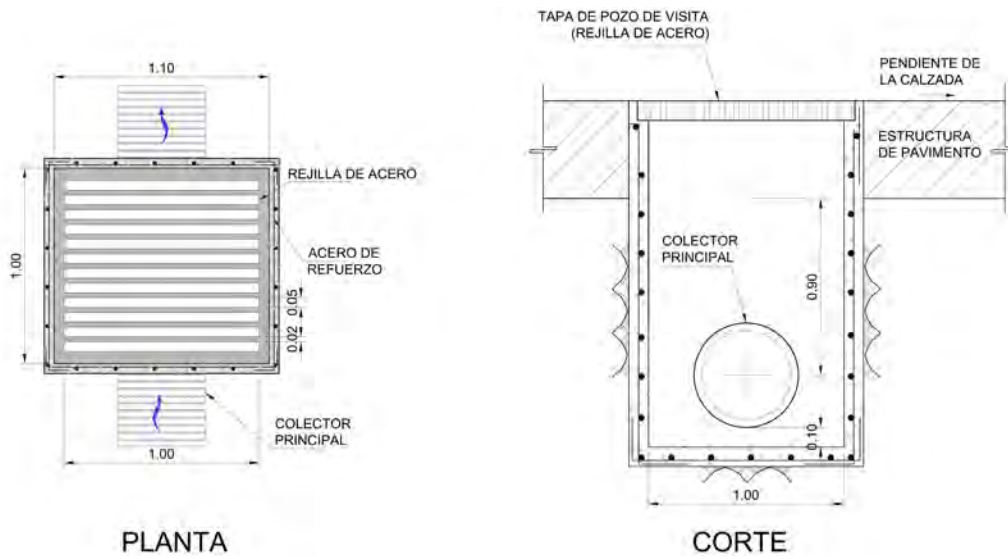
Figura 12.22. Planta de drenaje tipo (curva).

12.4.2. Subdrenaje incluyendo pozos de visita

12.4.2.1. Pozos de visita

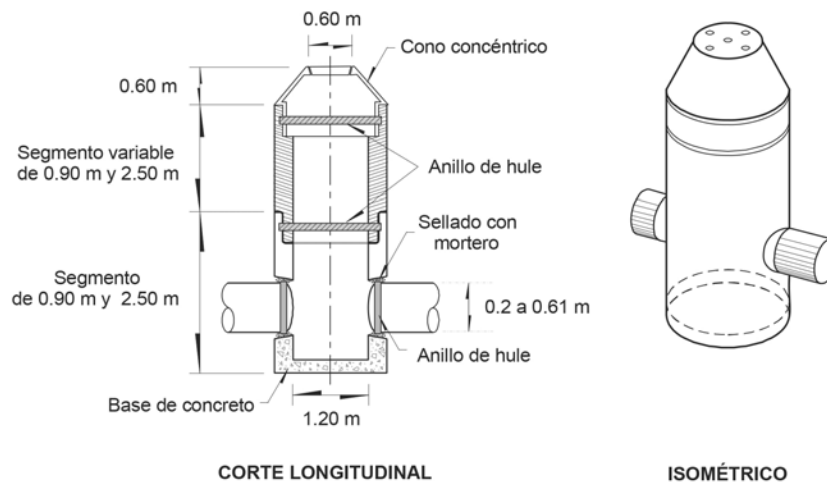
Son estructuras construidas sobre el colector principal que tiene acceso por la superficie para facilitar las labores de mantenimiento, limpieza y en algunos casos para realizar algún cambio de dirección. Se fabrican según las necesidades del proyecto considerando la profundidad, diámetro, posición de las conexiones y con las dimensiones suficientes para realizar un mantenimiento periódico.

Los pozos de visita podrán ser prefabricados de concreto o de concreto hidráulico con acero de refuerzo; la losa de la parte superior de los pozos puede ser prefabricada o construida en el lugar, su espesor y tapa deberán ser suficientes para soportar el tráfico pesado del túnel; en todos los casos deberá de adaptarse a las condiciones finales del pavimento.

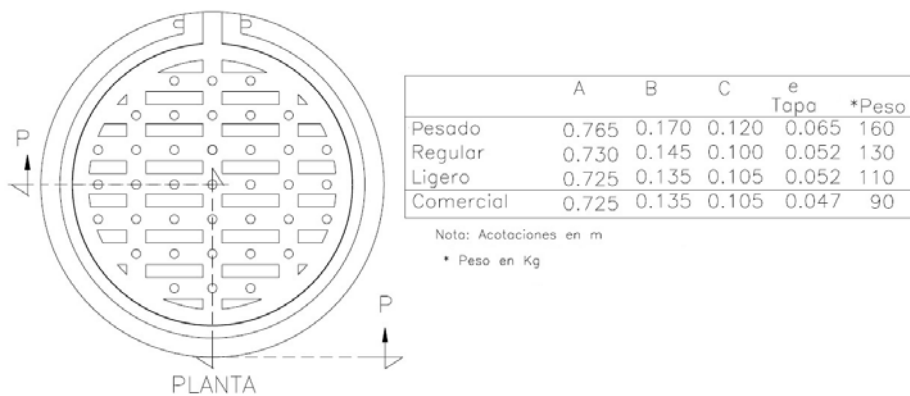


PLANTA CORTE
 Figura 12.23. Pozo de visita colado en obra (tapa rectangular)

TIPO DE POZO	DIÁMETRO INTERIOR (m)	DIÁMETRO DE TUBERÍA (m)	H RANGO (m)
COMÚN	1.20	0.20 a 0.61	Segmentos de 0.90 y 2.50



CORTE LONGITUDINAL ISOMÉTRICO
 Figura 12.24. Pozo de visita prefabricado de concreto (tapa circular).



PLANTA
 Figura 12.25.a Tapa circular de Pozo de visita (Planta).

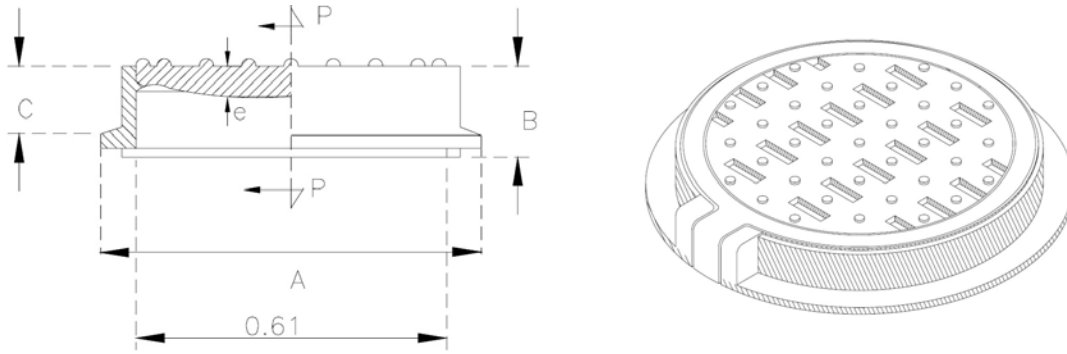


Figura 12.25.b Tapa circular de Pozo de visita (corte).

La separación máxima entre pozos de visita, debe ser la adecuada para facilitar las operaciones de inspección y limpieza. De acuerdo a las normas para obras de alcantarillado sanitario y pluvial se recomiendan las siguientes distancias:

- En tubos de 0.20 a 0.61m de diámetro, la distancia recomendable es 125m
- En tubos de 0.76 a 1.22m de diámetro, la distancia recomendable es 150m
- En tubos de 1.52 a 2.44m de diámetro, la distancia recomendable es 175m

La tapa deberá ser hermética y fabricada de un material capaz de resistir las cargas puntuales máximas esperadas durante la vida útil del túnel.

Los factores que deben ponderarse para elegir los brocales con tapa para pozos de visita son:

- Seguridad, de modo que las tapas no se separen del brocal
- Facilidad de reparación y sustitución, requerida por la intensidad del tráfico
- Resistencia suficiente para soportar el peso de vehículos pesados
- Que no produzcan ruidos ni trepiden al paso de los vehículos
- Se ajusten al desnivel del pavimento
- Apariencia uniforme
- Protección mediante dispositivos de cierre que eviten que pueda abrirse sin control

12.4.2.2. Bocas de tormenta

Independientemente que el sistema de impermeabilización debe mantener el interior del túnel libre de agua; es necesario colocar bocas de tormenta en la zona de las banquetas del túnel para recoger el agua producto de la limpieza de la calzada por el derrame de residuos tóxicos, combustibles, aceites etc. Estas estructuras de captación deberán conducir el agua hasta el colector principal más cercano y deberán estar provista de una tapa para realizar el mantenimiento periódico.

Las bocas de tormenta deberán colocarse a cada 50m ubicadas del lado bajo de la calzada; en una sección en tangente se podrán colocar dos bocas de tormenta.

Las bocas de tormenta pueden ser de fierro fundido o de polietileno siempre y cuando cumplan con las dimensiones, características y calidad establecidas en el proyecto ejecutivo.

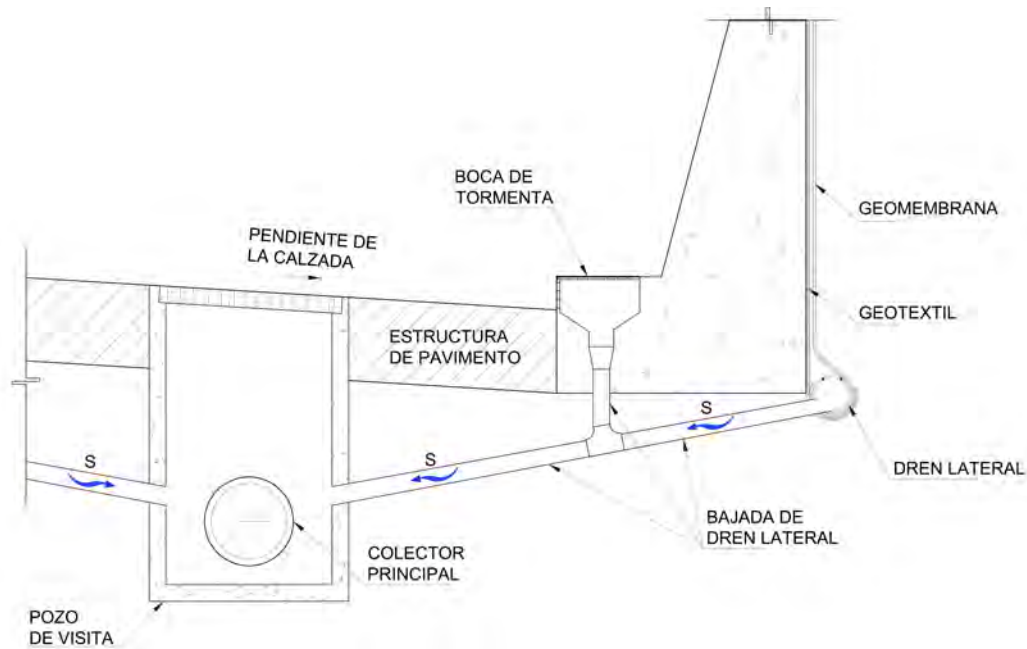


Figura 12.26. Ubicación e instalación de bocas de tormenta.

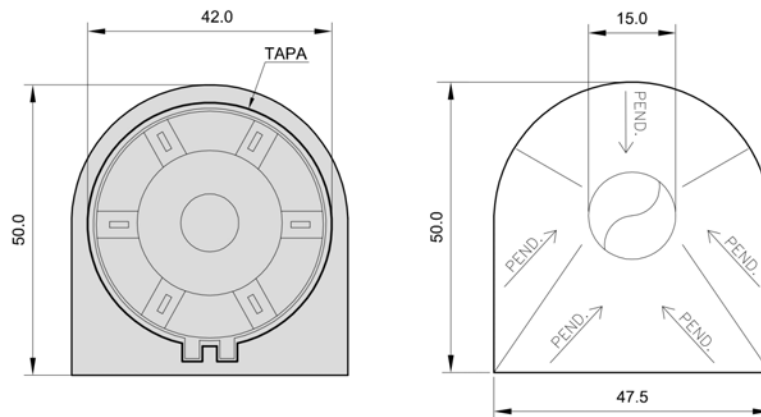


Figura 12.27. Planta de bocas de tormenta tipo.

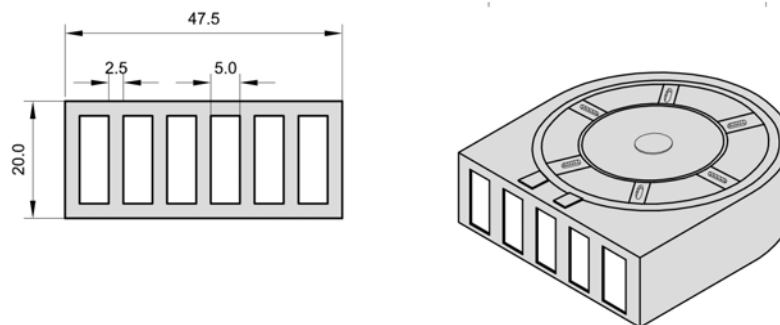


Figura 12.28. Vista e isométrico de boca de tormenta tipo.

12.5. DRENAJE EXTERIOR

El drenaje exterior en túneles es el conjunto de obras complementarias que contribuyen a encauzar las aguas superficiales fuera de la zona de taludes y así evitar serios daños por problemas de estabilidad.

Para lograr un sistema de drenaje efectivo se requiere tomar en cuenta la geología de la zona, la topografía, el clima y la hidrología; ya que el objetivo básico para una obra de drenaje es la preservación de la vía; es así que la ubicación y el diseño de las obras de drenaje tendrá una gran importancia en el proyecto del túnel.

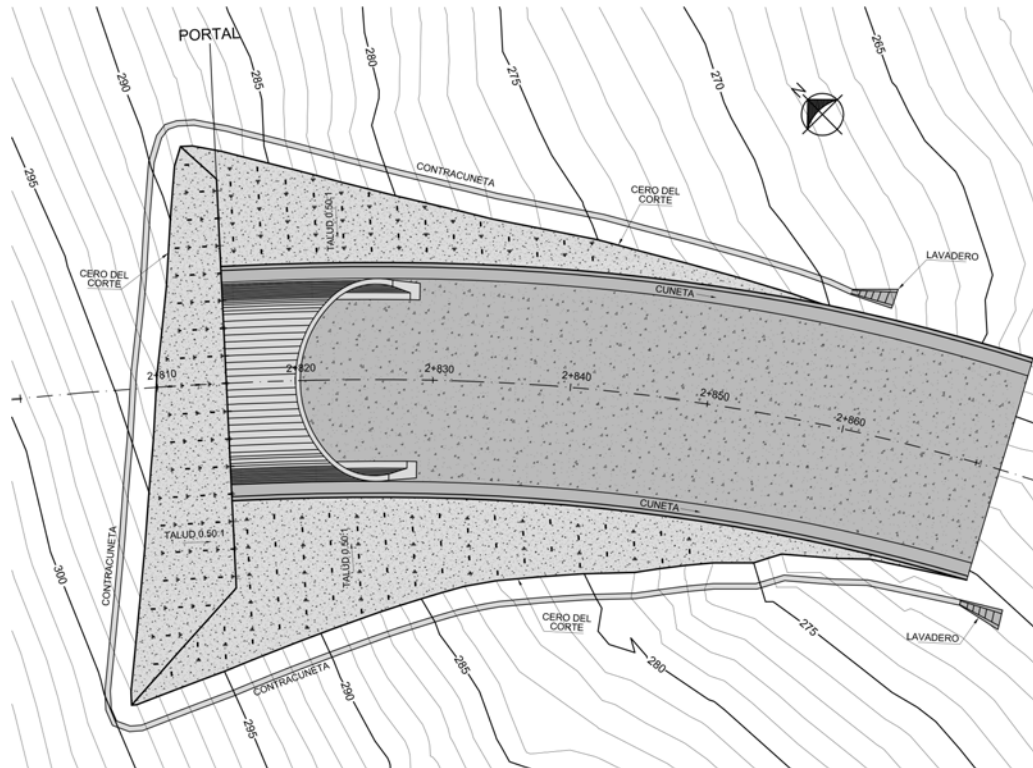


Figura 12. 29. Tajo de acceso con obras de drenaje exterior.

El correcto diseño y ejecución de las obras de drenaje buscará permitir el libre escurrimiento protegiendo de una manera óptima la infraestructura, drenando con la eficiencia necesaria el agua que llega al derecho de vía, en la medida de lo posible, a un escurrimiento natural o a una obra de drenaje de la carretera.

Con la información histórica acerca de las lluvias de la región y con su proyección a futuro tomando en cuenta la vida útil del túnel, se tendrá un estimado del agua que hay que drenar y así poder diseñar las canalizaciones necesarias para tal propósito. El resultado de estos estudios y cálculos para saber la cantidad de agua o gasto probable son tomados por la proyectista para dimensionar adecuadamente las obras de drenaje.

Se requiere una topografía precisa del sitio; de esta manera la proyectista ubicará las obras de drenaje con el fin de obtener el buen funcionamiento de todo el sistema. Sin una topografía precisa no es posible diseñar obras de drenaje efectivas. Sin embargo, durante la construcción se podrán hacer las adecuaciones necesarias o construir las obras de drenaje no contempladas en la etapa de proyecto. Cada Portal se deberá analizar de manera individual tomando en cuenta las características particulares de cada una de las entradas del túnel.

12.5.1. Cunetas y contracunetas en portales

12.5.1.1. Cunetas

Las cunetas son zanjas que se construyen adyacentes a los hombros de la corona en uno o en ambos lados, con el objetivo de interceptar el agua que escurre sobre la superficie de la corona, de los

taludes de los cortes o del terreno contiguo, conduciéndola a un sitio donde no haga daño a la carretera o a terceros.²

La pendiente longitudinal mínima que debe existir en una cuneta es de 0.5%, regularmente será coincidente con la pendiente adoptada por la vía.

Las cunetas se construyen generalmente en sección trapezoidal o triangular siendo la sección triangular la más frecuente, el talud hacia la vía es como mínimo 3:1 y del lado del corte sigue sensiblemente la inclinación natural del talud. La sección triangular es la más conveniente y fácil de construir, se conforma al terminar la capa subrasante.

Las cunetas deberán ser de concreto reforzado con malla electrosoldada de 10cm de espesor; la resistencia del concreto y el tipo de armado serán definidos en la etapa de proyecto tomando en cuenta las necesidades específicas de cada proyecto.

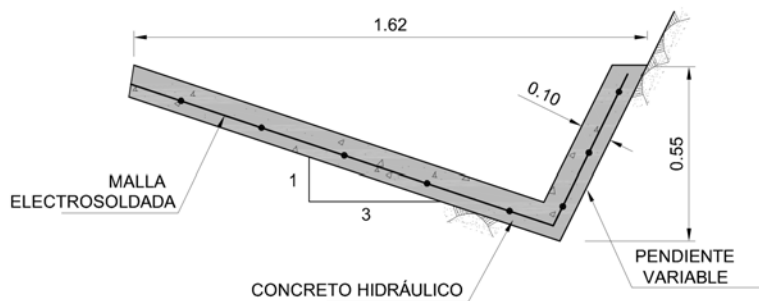


Figura 12.30. Sección tipo de cuneta.

12.4.1.2. Contracunetas

Las contracunetas son zanjas o bordos que se construyen en la laderas localizadas aguas arriba de los taludes de los cortes o cerca de estos con el objetivo de interceptar el agua que escurre sobre la superficie del terreno natural, conduciéndola a una cañada inmediata a una parte baja del terreno para evitar el saturamiento hidráulico de la cuneta y el deslave o erosión del corte.³

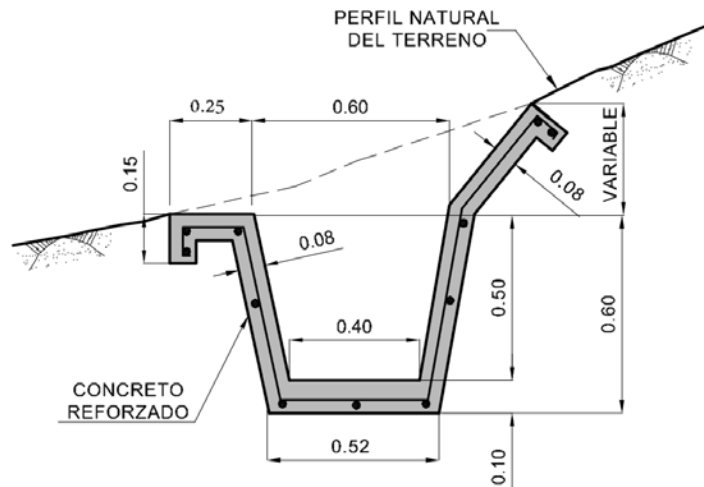


Figura 12.31. Sección tipo de contracuneta.

² N.CTR.CAR.1.03.003/00 (CTR. CONSTRUCCIÓN. CAR. Carreteras. 1. CONCEPTOS DE OBRA. 03. Drenaje y Subdrenaje-. 003 Cunetas).

³ N.CTR.CAR.1.03.004/00 (CTR. CONSTRUCCIÓN. CAR. Carreteras. 1. CONCEPTOS DE OBRA. 03. Drenaje y Subdrenaje-. 004. Contracunetas).

La contracuneta se construye a una distancia variable del coronamiento del corte de tal manera que no quede un área susceptible de generar escurrimientos no controlados de importancia.

El desarrollo de la contracuneta debe ser sensiblemente paralelo al propio corte, de esta manera el canal se va desarrollando con pendiente longitudinal, la cuneta debe conducir el agua captada a cañadas o cauces naturales, o ligarse a otra obra de drenaje (Lavaderos).

Las contracunetas deberán ser de concreto reforzado; el espesor, la resistencia del concreto, el tipo de armado y la capacidad hidráulica de la sección serán definidos en la etapa de proyecto tomando en cuenta las necesidades específicas de cada proyecto.

El criterio para definir la construcción de una contracuneta deberá basarse en consideraciones topográficas y de la naturaleza de los materiales que forman los cortes, los taludes y el terreno natural de la zona; el levantamiento topográfico definirá en mucho los escurrimientos que se deberán esperar sobre el talud.

12.5.2. Lavaderos en portales

Los lavaderos son canales que conducen y descargan el agua recolectada por los bordillos. Cunetas y guarniciones a lugares donde no cause daño a la estructura del pavimento, Los lavaderos pueden ser de mampostería o concreto hidráulico o metálicos. Si se construyen con mampostería o concreto hidráulico, generalmente tienen sección triangular, con el propósito de lograr una depresión en su intersección con el acotamiento, para facilitar la entrada del agua al lavadero.⁴

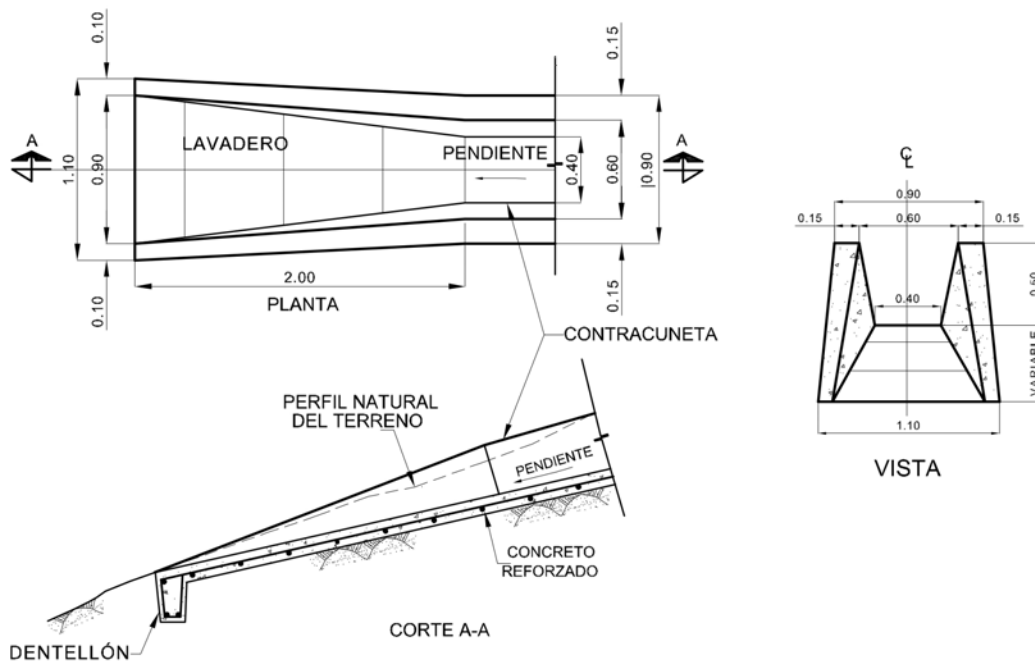


Figura 12.32. Sección tipo de un lavadero triangular.

Debido a las fuertes velocidades con que el agua baja por el lavadero en algunos casos específicos, se hace necesaria el diseño y la construcción de una caja disipadora de energía en el pie del mismo con el objeto de evitar erosiones del propio lavadero al pie, de igual manera para amortiguar la energía adquirida por el agua en la bajada se puede dar rugosidad a la plantilla del lavadero o colocando piedras ahogadas parcialmente en el concreto, regularmente los lavaderos se colocan como elementos de salida hacia un cauce natural del agua captada por las cunetas y contracunetas; por lo que la zona

⁴ N.CTR.CAR.1.03.006/00 (CTR. CONSTRUCCIÓN. CAR. Carreteras. 1. CONCEPTOS DE OBRA. 03. Drenaje y Subdrenaje-. 006. Lavaderos).

de unión deberá ser amplia y sin quiebres con el fin de evitar la erosión y cualquier riesgo de falla, por lo que el lavadero deberá tener un dentellón de entrada para protegerlo del efecto de filiación; dicho dentellón puede tener una profundidad tan pequeña como de unos 30 o 50 centímetros.

Los materiales que se utilicen en la construcción de todas las obras de drenaje exterior deberán cumplir con las normatividad vigente de la SCT y deben ser autorizados por la supervisión de obra.

12.5.3. Alcantarillas

Una alcantarilla en carreteras es un conducto colocado en una o varias líneas a través de un terraplén para dar paso libre al agua de un lado al otro de la vialidad. Según el terreno donde se construyan, pueden ser en zanja, en zanja con terraplén o en terraplén; según su ubicación se clasifican en normal y esviada.

En lo que respecta a túneles, las alcantarillas se utilizarán para conducir el agua captada por las obras de drenaje exterior (cunetas, contracunetas y lavaderos) y darle paso por debajo de la carretera hacia un cauce natural de manera que no afecte los taludes de acceso.

Actualmente las alcantarillas se pueden construir con tubos de concreto, lamina corrugada de acero o de polietileno de alta densidad. La ubicación, diámetro, material, eficiencia hidráulica y estructural, serán responsabilidad del proyectista quien deberá tomar en cuenta el gasto esperado, la topografía y las necesidades de la obra.

La excavación para alcantarillas se hace dejando una holgura de cincuenta (50) centímetros a cada lado de la tubería, para permitir la compactación del material de relleno, hasta una profundidad de quince (15) centímetros mayor que la profundidad de desplante de los tubos, para alojar la plantilla.

En el fondo de la excavación, en todo su ancho, se colocará una capa de cimentación de veinte (20) centímetros de espesor formada con material para subrasante compactada al noventa (90) por ciento de su masa volumétrica seca máxima obtenida en la prueba AASHTO estándar.

Sobre el fondo de la excavación o, en su caso, sobre la capa de cimentación se colocará una plantilla de apoyo de quince (15) centímetros en todo el ancho de la excavación; la plantilla se formará con un material para subbase compactada al noventa (90) por ciento de su masa volumétrica seca máxima obtenida en la prueba AASHTO estándar y cumpla con las características especificadas en la normativa SCT.

El relleno de protección que se coloque a los costados (acostillado) y arriba de los tubos se acomodará simétricamente a ambos lados de los tubos en capas no mayores de quince (15) centímetros hasta una altura igual al diámetro exterior de los tubos y se compactara al noventa (90) por ciento de su masa volumétrica seca máxima obtenida en la prueba AASHTO estándar.

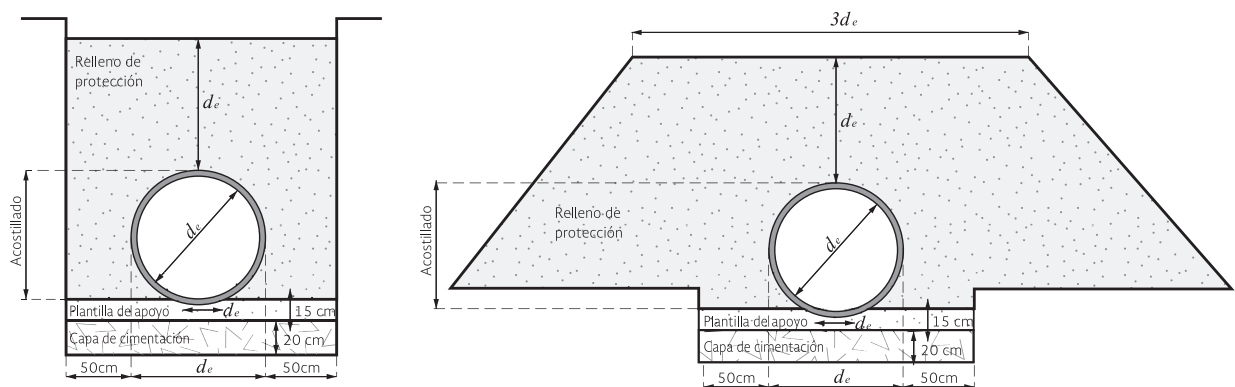


Figura 12.33. Excavación y relleno en alcantarillas.

12.5.4. Drenes profundos en taludes

Los drenes profundos en taludes constituyen un sistema de subdrenaje que consiste en tuberías horizontales, ranuradas e insertadas transversalmente en los taludes de cortes o rellenos para aliviar la presión de poro, en la mayor parte de los casos extrayendo agua de los suelos o rocas.

En la etapa de proyecto se determinará el diámetro, la longitud, distribución e inclinación de los drenes en el talud. Generalmente se utilizarán tubos de cloruro de polivinilo (PVC) ranurados en toda su longitud y recubierta de un geosintético que funcionará como filtro. Es recomendable dejar en el extremo de los drenes de 30 a 50cm fuera del talud para que drenen libremente.

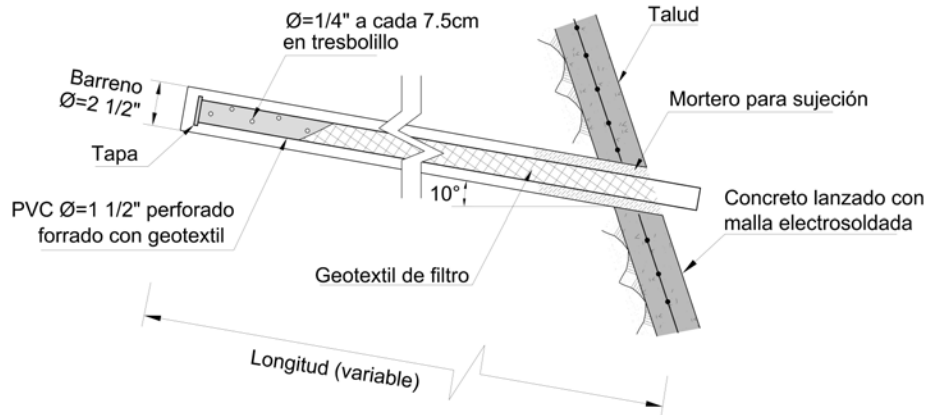


Figura 12.34. Dren profundo en taludes.

REFERENCIAS

- 1 Norma Española UNE 104424. Materiales Sintéticos, Puesta en Obra, Sistemas de Impermeabilización de Túneles y Galerías con Láminas Termoplásticas Prefabricadas de PVC-P, 2000.
- 2 Secretaría de Comunicaciones y Transportes. N.CTR.CAR.1.03.003/00 (CTR. CONSTRUCCIÓN. CAR. Carreteras. 1. CONCEPTOS DE OBRA. 03. Drenaje y Subdrenaje-. 003 Cunetas).
- 3 Secretaría de Comunicaciones y Transportes. N.CTR.CAR.1.03.004/00 (CTR. CONSTRUCCIÓN. CAR. Carreteras. 1. CONCEPTOS DE OBRA. 03. Drenaje y Subdrenaje-. 004. Contracunetas).
- 4 Secretaría de Comunicaciones y Transportes. N.CTR.CAR.1.03.006/00 (CTR. CONSTRUCCIÓN. CAR. Carreteras. 1. CONCEPTOS DE OBRA. 03. Drenaje y Subdrenaje-. 006. Lavaderos).