

	TRATAMIENTOS DE IMPERMEABILIZACIÓN Y DRENAJE CON MEMBRANAS GEOSINTÉTICAS Y GEOCOMPUESTOS DRENANTES EN TÚNELES.	Página: 1 de 14
Fecha: Enero 2016	Carlos Ferrero Cortés	

NOTA TECNICA

SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN CON MEMBRANAS GEOSINTÉTICAS Y GEOCOMPUESTOS DRENANTES TIPO ENKADRAIN EN TUNELES.

Madrid, 04 de enero 2016.

CARLOS FERRERO
TECNICOS EN GEOSINTETICOS
 Jacobinia, 8
 E28047 Madrid
 Tel.: +34 914 627 279
 Móvil.: +34 609 074 741
 Web: www.geosinteticosferrerosoto.com
 Mail: carlosferrerocortes@hotmail.com – carlos.fc57@gmail.com

INDICE:

1. INTRODUCCIÓN.

2. SELECCIÓN DEL SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN.

2.1. CRITERIOS PARA LA ELECCIÓN DE MEMBRANAS Y POSIBLES MEDIDAS ADICIONALES.

2.2. MODELO ADOPTADO COMO SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN. CRITERIO N° 2.

3. IMPERMEABILIZACIÓN Y DRENAJE CON GEOSINTÉTICOS. COLOCACIÓN EN SÁNDWICH.

3.1. DEFINICIÓN DE MATERIALES.

3.1.1. Geocompuesto de drenaje ENKADRAIN (Geodren).

3.1.2. Geomembranas de PVC o POLIOLEFINAS.

3.1.3. Medias cañas en solera (Método Oberhasli).

3.1.4. Juntas de compartimentación Waterstop.

3.1.5. Pipetas de inyección.

3.1.6. Accesorio Trumpet.

3.2. PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN.

3.2.1. Puesta en obra del geodren.

3.2.2. Puesta en obra de la geomembrana.

3.2.3. Soldaduras por termofusión.

3.2.4. Comprobación de soldaduras.

4. BIBLIOGRAFÍA.

1. INTRODUCCIÓN.

Funcionalidad, durabilidad, seguridad, conservación, y en definitiva, **calidad y menores gastos de mantenimiento durante la explotación**; son algunas de las razones que justifican la instalación de sistemas de impermeabilización y drenaje durante la ejecución de nuevas infraestructuras.

Todo ello, con el fin de impedir filtraciones de agua que puedan afectar al hormigón estructural, disgregando su masa por procesos de gelifración, carbonatación y/o cristalización de las sales disueltas; así como evitar la corrosión de instalaciones por reacciones electroquímicas y de oxidación.

El presente documento recoge las exigencias mínimas que se deben seguir para la elección, instalación y verificación de un sistema de impermeabilización y drenaje de túneles, mediante el empleo de una membrana geosintética y geodren, confinada entre el anillo de dovelas existente y un nuevo anillo de revestimiento de hormigón en masa puesto en obra mediante el empleo de carro con encofrado circular, quedando en “*Sándwich*”; con el objeto de captar, conducir y drenar las filtraciones de agua impidiendo que afloren al interior del túnel. Abarcando las características de los materiales de impermeabilización, así como la metodología de aplicación.

2. SELECCIÓN DEL SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN.

La selección del sistema de impermeabilización más adecuado para una obra subterránea dependerá de factores tales como: parámetros hidrogeológicos, tipo de terreno, estado del agua, uso del túnel, grado de estanqueidad, etc.; que deberán ser objeto de estudio previo a su elección. Sin olvidar que es esencial que cada sistema esté seleccionado y planificado con el fin de representar la solución óptima conforme a los requisitos establecidos relativos a su uso previsto, por una parte, y las posibilidades técnicas y económicas por la otra.

El túnel puede ser construido como una estructura drenante. En este caso, el túnel drenará el agua subterránea existente de modo permanente, evacuándola por los tubos de drenaje y colectores dispuestos en la base de los hastiales y contrabóveda. De este modo se mantendrá aliviada la presión hidrostática del agua.

2.1. CRITERIOS PARA LA ELECCIÓN DE MEMBRANAS Y POSIBLES MEDIDAS ADICIONALES.

Los criterios para la selección de membranas geosintéticas para la impermeabilización de túneles, dependerán de si tenemos un túnel drenado o no drenado, y por tanto sabremos si estaremos expuestos a presión hidrostática. Al mismo tiempo nos indicará si es suficiente con impermeabilizar la bóveda o requiere hacer un tratamiento completo de la sección. Por supuesto también dependerá de si tenemos agua subterránea químicamente agresiva. A continuación, vemos una tabla donde se relacionan todos los factores mencionados, en la parte izquierda; con

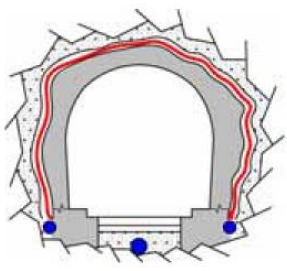
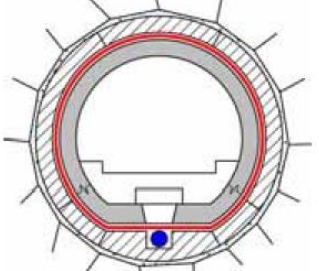
los distintos tipos de láminas y sus combinaciones, así como posibles medidas adicionales a adoptar.

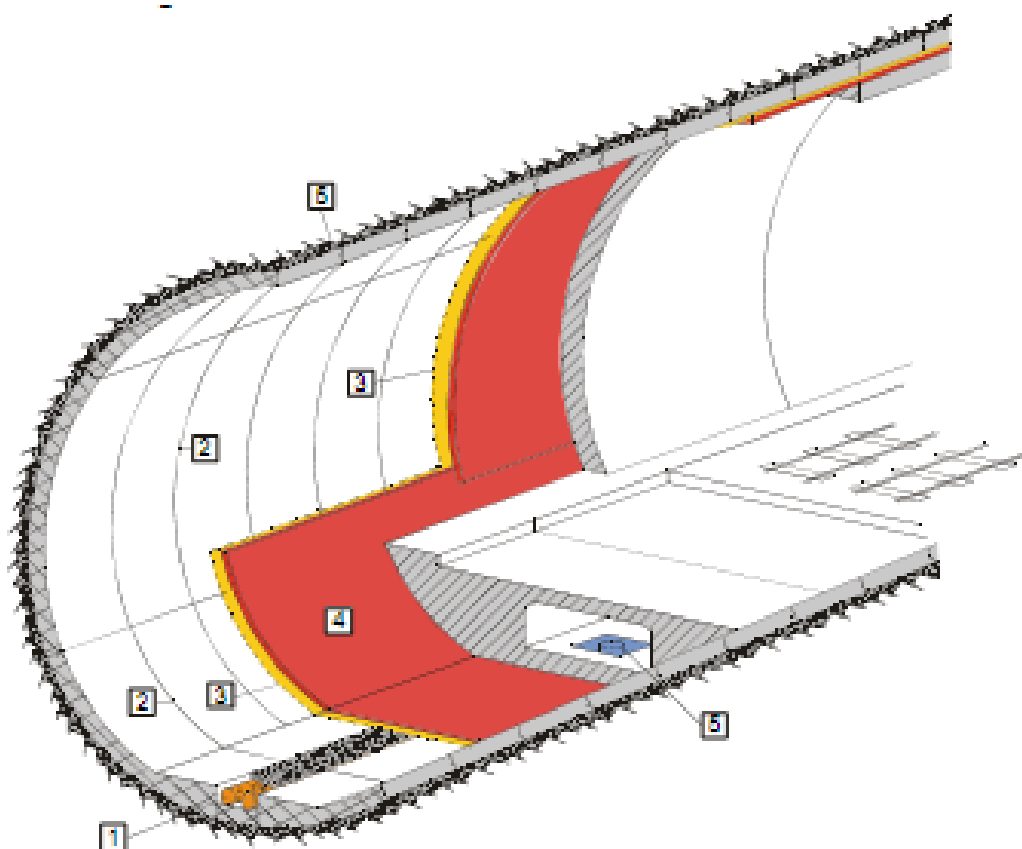
Nº	Concepto Drenaje	Presión Hidrostática	Sistema de Sellado	Agresividad del Agua		Medidas Adicionales		Cantidad y espesor de membrana (mm)
				Baja	Alta	Barreras Waterbars	Pipetas de Inyección	
1	Drenaje Permanente	Sin presión	Bóveda o Sección Completa	☑		No	No	Sencilla 1,5
2					☑	Si	No	Sencilla 2
3	NO Drenaje	< 30 mca	Sección completa	☑		Si	No	Sencilla 2
4		30 a 60 mca			☑	Si	Si	Doble 2 + 1,5
5		> 60 mca		☑		Si	Si	Doble 3 + 2

Nota: 10 mca (metros de columna de agua) = 1 kg/cm².

2.2. MODELO ADOPTADO COMO SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN. CRITERIO N° 2.

- **TÚNEL DRENANTE EXCAVADO CON TBM.** Evacuación (drenaje) de agua subterránea. Sin presión de agua. Sección completa. Con medidas adicionales.

Excavation	Drill-and-blast	TBM (with tubings)
Method		
Drainage	Drainage system • Drainage mats • Drainage gravel layers • Drainage pipes • Inspection manholes	Drainage system • Tubing joints • Drainage pipes • Inspection manholes



- 1 Tubos de drenaje y medias cañas en solera.
- 2 Juntas anillos dovelas (afloramiento de agua)
- 3 ENKADRAIN, Geodren de protección y drenaje
- 4 Lámina de impermeabilización flexible (Protegida en contrabóveda)
- 5 Registros para inspección y limpieza
- 6 Juntas Waterstop - Waterbars
- 7 Pipetas de Inyección

3. IMPERMEABILIZACIÓN Y DRENAJE CON GEOSINTÉTICOS. COLOCACIÓN EN SÁNDWICH.

3.1. DEFINICIÓN DE MATERIALES.

Los materiales utilizados en este tipo de impermeabilización pueden ser divididos en dos grandes grupos:

- Principales:
 - Geocompuesto de drenaje ENKADRAIN (Geodren).
 - Geomembrana impermeabilizante de PVC o POLIOLEFINAS.
- Complementarios:
 - Medias cañas en solera (Método Oberhasli).
 - Juntas de compartimentación Waterstop.
 - Pipetas de inyección.

3.1.1. Geocompuesto de drenaje ENKADRAIN (Geodren).

En casos de túneles drenantes, el agua acumulada en la línea de contacto entre el sostenimiento (anillo de dovelas) y el sistema de impermeabilización debe ser evacuada rápidamente hasta los drenes longitudinales, para evitar su acumulación, y posibles problemas de sobrepresión en el anillo de revestimiento por aumento de la altura de la columna de agua (subida de nivel freático). Considerando además que, si el túnel se diseñó como drenante, probablemente su revestimiento no está preparado para soportar el aumento de presión. Pudiendo verse afectado en su integridad (con aparición de grietas, fisuras, micro fisuras,...). Este problema puede quedar resuelto mediante la colocación de un geocompuesto de drenaje o también llamado geodren.

Durante la impermeabilización de túneles el geodren asume las siguientes funciones:

Protección, evita la perforación de la geomembrana con las aristas y puntos salientes, y facilita el deslizamiento de la misma cuando se pone en carga durante el proceso de hormigonado del revestimiento.

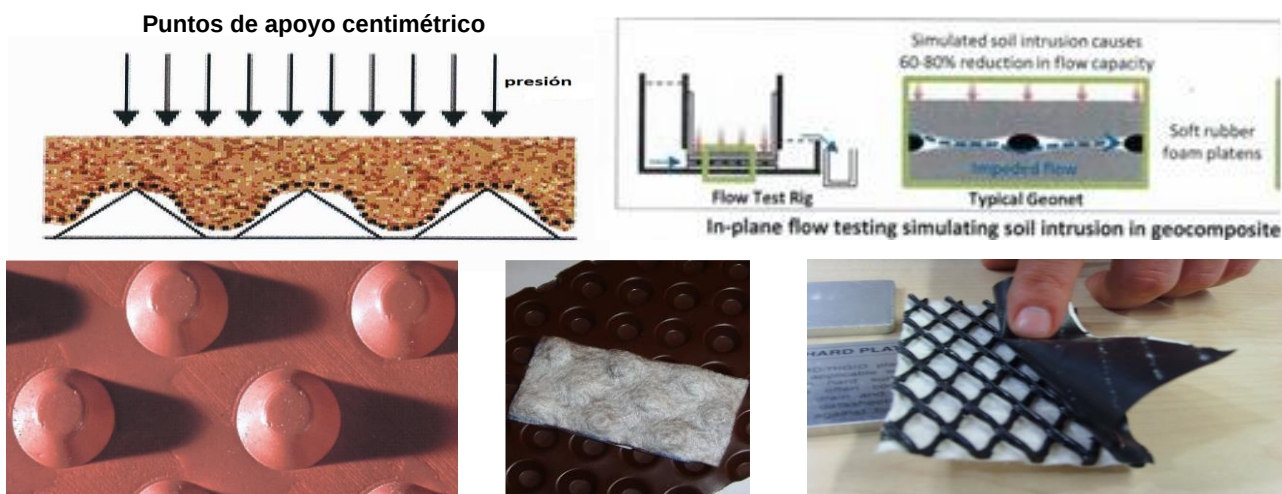
Drenaje, evacua el agua en su plano para evitar la formación de supresión; así como el aire hacia el drenaje longitudinal durante el proceso de hormigonado del revestimiento.

Los criterios para seleccionar un geodren adecuado para aplicación en túneles serán:

- Flexibilidad
 - Capacidad para adaptarse a sección circular de túneles.
- Características Hidráulicas
 - Capacidad de drenaje. Sin presión y también sometido a presión (kN/m²).
- Características Mecánicas
 - Comportamiento y resistencia del material frente a las cargas a las que va a estar sometido.
- Durabilidad
 - Comportamiento de los materiales a lo largo del tiempo, o cuando se instala en ambientes agresivos, que puedan afectar a la capacidad de drenaje.

Preferiblemente se seleccionarán geodrenes con núcleo compresible, frente a otros con núcleos rígidos (con separación entre nódulos-tetones de + de 1cm y georredes...). Debido a que éstos tienen baja deformabilidad al someterlos a cargas y grandes empujes, y la rotura del núcleo del dren se produce por colapso frágil de la estructura, “no avisa”. Estos grandes empujes sí dan lugar al denominado “**efecto puenteo**” entre el geotextil y el núcleo. El geotextil que es un material muy deformable tiende a rellenar los huecos que se dan entre los puntos de apoyo del filtro y el núcleo.

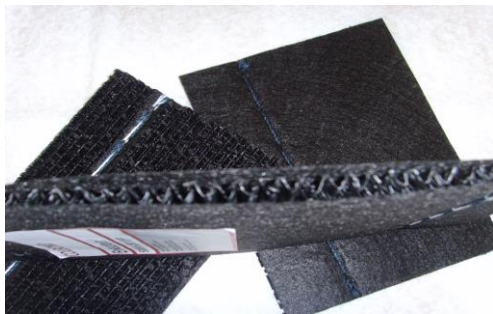
Cuanto más deformable sea el geotextil y más separación haya entre los puntos de apoyo, más capacidad de drenaje se perderá en el tiempo. (**mallas rómbicas y hueveras con separaciones entre hilos, nódulos-tetones de más de 1cm.**)



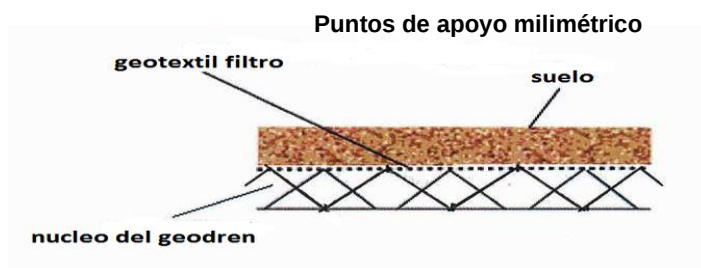
Los geodrenes formados por núcleos compresibles o deformables, se comprimen bajo presión a diferencia de los rígidos, y no tienen rotura frágil, sino que es la propia deformación del material la que soporta las tensiones a las que se somete el dren.



Consideramos que la mejor opción disponible pasa por la elección del geocompuesto de drenaje **ENKADRAIN®**, consistente en una malla tridimensional hecha a base de monofilamentos de polipropileno con un 95 % de huecos y configuración en V, óptima para soportar altas presiones, cosida en una o ambas caras a un fieltro geotextil no tejido de polipropileno de 110 g/m². Proporcionándole una gran capacidad de drenaje bajo presión y sin riesgo de colmatación del sistema por arrastre de posibles finos.



TIPOS 5004F y 5006H



3.1.2. Geomembranas de PVC o POLIOLEFINAS.

En este sistema de impermeabilización se emplearán geomembranas homogéneas sin armar, hechas a partir de PVC (Cloruro de Polivinilo) o Poliolefinas. Pudiendo ser estas últimas del tipo LLDPE (Polietileno Lineal) o VLDPE (Polietileno de muy baja densidad). Ambas pertenecientes a la familia de los termoplásticos, obtenidas por calandrado o extrusión.

Las Poliolefinas son láminas de nueva generación, con apariencia similar a PVC, mismo procedimiento de instalación, mismo control de calidad, y comparativamente con el PVC:

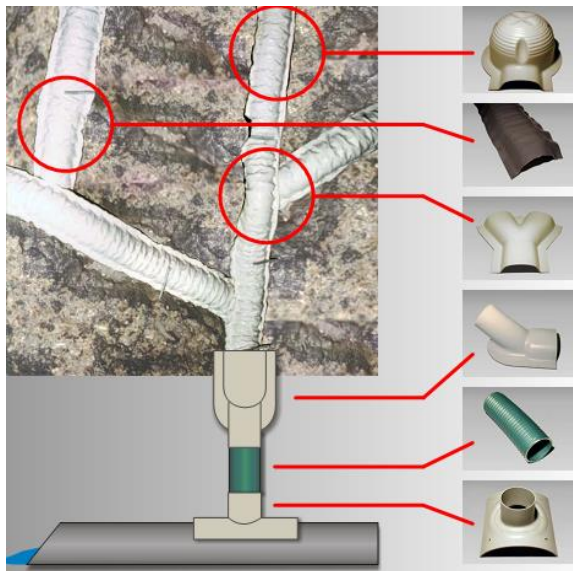
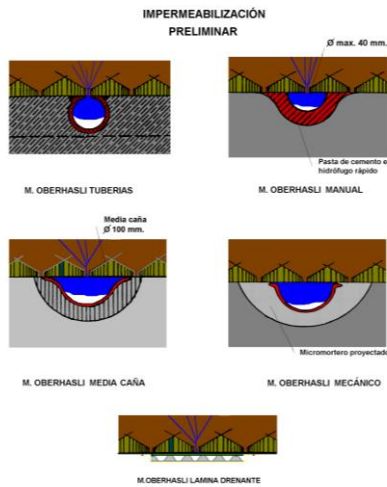
- Mayor durabilidad: la poliolefina no cambia en el tiempo sus propiedades al ser una sola molécula, y no un compuesto químico como el PVC-P. Es flexible de manera natural, y no por medio de plastificantes. Lo que en definitiva es determinante en su capacidad de no rigidizarse en el tiempo por pérdida de plastificante y experimentar fisuras.
- Mejor comportamiento al fuego: menor emisión de humos ante un incendio, aspecto cada vez más importante en túneles en caso de una evacuación durante la construcción. Y no genera humos tan nocivos (PVC = Cloro).

Las dimensiones del rollo deberán ser, siempre que sea posible, de longitud similar al perímetro del túnel a impermeabilizar, de forma que se reduzcan al mínimo el número de soldaduras realizadas en obra.

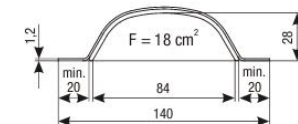
Consideramos que la mejor opción pasa por seleccionar una lámina de PVC o Poliolefina de espesor a determinar en función de la obra.

3.1.3. Medias cañas en solera (Método Oberhasli).

Para evitar que el agua aflore en el contacto entre la dovela base y la solera de túnel, proponemos colocar unos canales de drenaje en forma de espina de pez conectando las distintas arquetas y el colector, conforme indica el método de drenaje *Oberhasli*, con el empleo de tubos o medias cañas, sobre los que se hormigonará la solera definitiva.



Form W



Resistant

Synthetic channel with mesh reinforcement for easy sprayed coverage.



3.1.4. Juntas de compartimentación Waterstop.

Las juntas de compartimentación serán cintas flexibles de 350 a 400 mm de ancho, fabricadas a partir de PVC o PE. Con una configuración de 4 aletas por una cara, y plana por la otra; por la que será soldada por termofusión por puntos sobre la geomembrana de impermeabilización.

Su función primordial es asegurar la estanqueidad en el inicio y final de cada puesta de revestimiento. De este modo se creará una compartimentación de diferentes tramos a lo largo de la longitud del túnel, acotándonos un posible punto de ruptura, razón que nos beneficiará en el

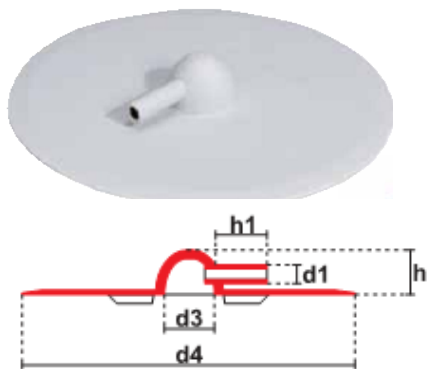


Juntas Waterstop

caso de ser necesarias labores de impermeabilización posteriores (reparaciones mediante inyección de resinas reactivas al agua).

Así mismo protegerá la geomembrana de impermeabilización ante posibles punzonamientos accidentales durante las labores de ejecución del taper del carro de revestimiento.

3.1.5. Pipetas de inyección.



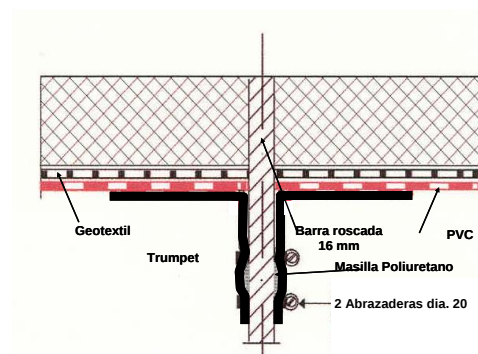
Pipeta de Inyección

Los dispositivos de inyección se fabrican a partir de PVC o PE. De forma y dimensiones diferentes en función de su fabricante.

Estas piezas con forma plana circular y un tubo estarán unidas por termosoldadura a la membrana, para permitirnos en cualquier momento tener acceso al trasdos del hormigón de revestimiento, y caso necesario realizar labores de reparación, mediante la inyección de resinas reactivas al agua.

3.1.6. Accesorio Trumpet.

Para sellar elementos pasantes a través de la geomembrana, tales como barras ancladas para la sujeción de armaduras, conectores, se aplicará el accesorio TRUMPET, termosoldado sobre la membrana y sellados en sus extremos mediante la aplicación de masilla de poliuretano, a fin de recuperar la estanqueidad del sistema de impermeabilización.



3.2. PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN.

Consistirá en la colocación de láminas cubriendo la totalidad de la sección. El recubrimiento realizado será doble, mediante una lámina porosa para protección y drenaje de filtraciones, situada en contacto con el anillo de dovelas, y una segunda lámina de impermeabilización propiamente dicha de PVC o POLIOLEFINA colocada a continuación, así como los elementos complementarios descritos anteriormente.

3.2.1. Puesta en obra del geodren.



Colocación de geodren.

El geodren será fijado al hormigón de la dovela por medio de clavos de fijación directa con arandela. Serán aplicados los clavos necesarios para adaptarlo a la geometría del soporte.

Los paños serán colocados de manera transversal al eje del túnel. Tras la aplicación del primer paño, el segundo quedará solapado sobre el anterior en 10 cm, solo el geotextil filtro, quedando el núcleo drenante en contacto con el anterior.

3.2.2. Puesta en obra de la geomembrana.

Previamente se colocarán los discos de PVC o PE. La cantidad a aplicar tendrá una densidad promedio de 1 a 2 uds/m², siendo mayor la densidad en la zona de clave, que en los hastiales.



Colocación de discos.

Estas fijaciones están diseñadas para, por un lado, resistir el propio peso del sistema de impermeabilización, así como el peso de pequeñas bolsas de agua que eventualmente puedan quedar retenidas; y por otro lado para que se suelten en caso de puesta en carga total de la membrana durante el hormigonado del revestimiento, y que la membrana pueda desplazarse solidariamente con las irregularidades del soporte. No debe olvidarse que la fijación definitiva del sistema la lleva a cabo el propio anillo de revestimiento.

La aplicación de la geomembrana se efectuará colocando los paños de unos 2 metros de ancho, transversalmente al eje del túnel, sujetos a los discos anteriormente colocados por termofusión, con aire caliente.

La geomembrana deberá quedar sin tensión, de manera que pueda desplazarse y soportar

las tensiones durante el hormigonado de revestimiento, sin romper.



La aplicación de los sucesivos paños se hará de manera similar, garantizando un solape entre ellos de 8 centímetros. Para asegurar una buena ejecución de la soldadura posterior.

3.2.3. Soldaduras por termofusión.



Soldadura por Termofusión.

La técnica empleada es conocida como soldadura doble por termofusión con canal central para pruebas, mediante cuña o aire caliente (superior a 400 °C) y con presión mediante rodillos para la obtención de junta estanca. En las zonas particulares de remates o detalles, donde técnicamente no es posible realizar soldadura doble, se utilizará soldadura en banda (sencilla) con un ancho mínimo de 4 centímetros.

3.2.4. Comprobación de soldaduras.

Serán comprobadas un 10% de las soldaduras inyectando aire a presión por el canal de pruebas, previamente cerrado en sus extremos, a 2 Bar, durante 5 minutos, permitiendo durante el ensayo una pérdida del 10%, debido a la flexibilidad de la geomembrana, según Norma UNE 104.481.



Comprobación de soldadura

4. BIBLIOGRAFÍA.

- ADUVIRE, OSVALDO (1997): Manual de Túneles y Obras Subterráneas. Cap. 16. Ed. Carlos López Jimeno. Madrid.
- COMITÉ TÉCNICO AEN/CTN 104 (1994): Norma Española UNE 104 481. Comprobación de la estanqueidad de las uniones entre láminas impermeabilizantes. Ed. AENOR. Madrid.
- COMITÉ TÉCNICO AEN/CTN 104 (2000): Norma Española UNE 104 424. Sistemas de impermeabilización de túneles y galerías con láminas termoplásticas prefabricadas de PVC-P. Ed. AENOR. Madrid.
- JUSTO, JOAO LOURENÇO (1998): Manual do impermeabilidade em túneis. Sotecnisol, Lda. Lisboa.
- JUSTO, JOAO LOURENÇO (2004): Instalação do sistema de impermeabilização e drenagem com geossintéticos em túneis em escavação. Tesis Doctoral. Lisboa.
- RIVAS DE LA RIEGA, JOSÉ LUIS (1998): Jornadas Técnicas SIKA "Túneles y Obras Subterráneas". Madrid.
- RIVAS DE LA RIEGA, JOSÉ LUIS (2000): Ingeotúneles. Libro 3. Cap. 11. Ed. Carlos López Jimeno. Madrid.
- SIKA SCHWEIZ, AG Tunneling & Mining (2003): Documentación técnica y comercial: "Tunnel Waterproofing". Zürich.
- COLBOND (2005): Documentación técnica y Comercial: "Drained Tunnel Sealing with Enkadrain".

CARLOS FERRERO

TECNICOS EN GEOSINTETICOS

Jacobinia, 8

E28047 Madrid

Tel.: +34 914 627 279

Móvil.: +34 609 074 741

Web: www.geosinteticosferrerosoto.com

Mail: carlosferrerocortes@hotmail.com – carlos.fc57@gmail.com