RENOLIT

Rely on it.

# Impermeabilización de **túneles a cielo abierto**




Obras enterradas

RENOLIT ALKORGEO

# Obras enterradas




**RENOLIT Belgium N.V.**
Industriepark de Bruwaan 9
9700 Oudenaarde | Belgium
Phone BELGIUM: +32.55.33.98.24
Phone NETHERLANDS: +32.55.33.98.31
Fax: +32.55.318658
E-Mail: renolit.belgium@renolit.com

**RENOLIT Polska Sp.z.o.o**
ul.Szeligowska 46 | Szeligi
05-850 Ozarow  Mazoviecki | Poland
Phone: +48.22.722.30.87
Fax: +48.22.722.47.20
E-Mail: renolit.polska@renolit.com

**RENOLIT France SASU**
5 rue de la Haye BP10943
95733 Roissy CDG Cedex | France
Phone: +33.141.84.30.28
Fax: +33.149.47.07.39
E-Mail: renolitFrance-geniecivil@renolit.com

**RENOLIT Hungary Kft.**
Hegyalja út 7-13
1016 Budapest | Hungary
Phone: +36.1.457.81.62
Fax: +36.1.457.81.60
E-Mail: renolit.hungary@renolit.com

**RENOLIT India PVT. Ltd**
9, Vatika Business Centre, Vatika Atrium, III Floor
Block- B, Sector 53, Golf  Course Road
Gurgaon 122002 | India
Phone: +91.124.4311267
Fax: +91.124.4311100
E-Mail: renolit.india@renolit.com

**RENOLIT Italia S.r.L**
Via Uruguay 85
35127 Padova | Italy
Phone: +39.049.099.47.00
Fax: +39.049.870.0550
E-Mail: renolit.italia@renolit.com

**RENOLIT Portugal Ltda.**
Parque Industrial dos Salgados da Póvoa
Apartados 101
2626-909 Póvoa de Santa Iria | Portugal
Phone: +351.219.568.306
Fax: +351.219.568.315
E-Mail: renolit.portugal@renolit.com

**RENOLIT Iberica S.A.**
Ctra. del Montnegre, s/n
08470 Sant Celoni | Spain
Phone: +34.93.848.4013
Fax: +34.93.867.5517
E-Mail: renolit.iberica@renolit.com

**OOO RENOLIT-Rus**
BP "Rumyantsevo"bld.2, block V, office 414 V
142784 Moscow region, Leninskiy district | Russia
Phone: +7.495.995.1404
Fax: +7.495.995.1614
E-Mail: renolit.russia@renolit.com

**RENOLIT Nordic K/S**
Naverland 31
2600 Glostrup | Denmark
Phone: +45.43.64.46.33
Fax: +45.43.64.46.39
E-Mail: renolit.nordic@renolit.com

**RENOLIT Export department**
Ctra. del Montnegre, s/n
08470 Sant Celoni | Spain
Phone: +34.93.848.4272
Fax: +34.93.867.5517
E-Mail: tiefbau@renolit.com

**RENOLIT SE**
Horchheimer Str. 50
67547 Worms | Germany
Phone: +34.93.848.4272
Fax: +34.93.867.5517
E-Mail: tiefbau@renolit.com



## Geomembrana recomendada

El **Grupo RENOLIT** fabrica y comercializa una completa gama de geomembranas de PVC-P, PE o PP en respuesta a una amplia variedad de aplicaciones. La experiencia ha demostrado que la geomembrana de PVC-P es la más adecuada para la impermeabilización de túneles a cielo abierto por sus excelentes propiedades mecánicas, manejo y durabilidad.
Su alta resistencia al punzonamiento es valiosa para poder soportar la agresión mecánica causada por la aplicación del relleno para resistir la alta presión que se lleva a cabo en la geomembrana por el peso de la construcción: **RENOLIT** ALKORPLAN 35034 - 35036 - 35041.

# Concepción del sistema de impermeabilización

## Losa de cimentación

→ Hormigón liso
→ Geotextil de 500 g/m²
→ PVC-P geomembrana de 2,0 mm (1,5 mm)
→ Geotextil de 500 g/m²
→ PE lamina de 0,25 mm como capa deslizante
→ Hormigón protector

Con el fin de controlar y utilizar los sistemas de reparación, se instalan water stops y tuberías de inyección.
La superficie de las áreas de control no deben superar los 100m² en la losa de cimentación. La losa de cimentación tiene que ser separada a través de water stops de la sección de la pared.

## Paredes Verticales

**Paredes Verticales con espacio para trabajar**

→ Geotextil 500 g/m²
→ PVC-P geomembrana 2,0 mm (1,5 mm)
→ Geotextil 500 g/m²
→ Capa protectora (bloques de hormigón, etc.)
→ Relleno

**Pared Vertical sin espacio para trabajar**

→ Muro de contención
→ Capa separadora (ej. Styrofoam de 4 cm o similar)
→ Geotextil 500 g/m²
→ PVC-P geomembrana 2,0 mm (1,5 mm)
→ Geotextil
→ Pared de hormigón

Se usa el mismo sistema de control y reparación que en la losa. Los water stops se colocan en la articulación o simplemente cerca de la articulación entre la losa y la pared. La superficie de las áreas de control tienen que ser determinadas siguiendo la situación en el terreno.





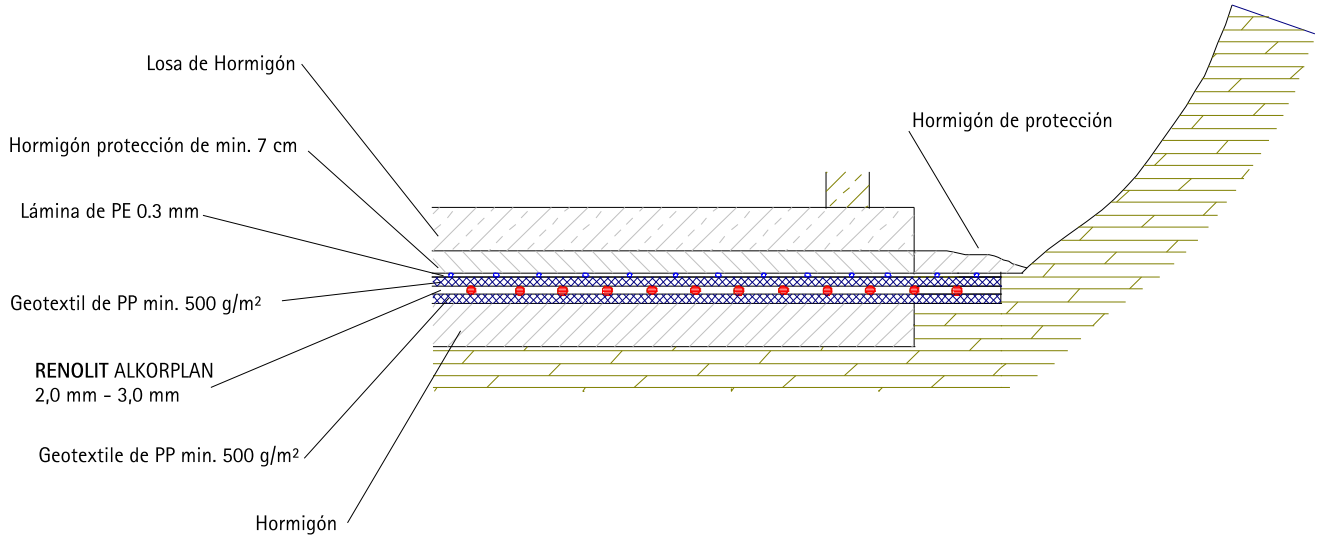
# Instalación del sistema de impermeabilización

## Impermeabilización con espacio de trabajo



**Recubrimiento de la losa inferior**
Una vez se vierte el hormigón, se instala el sistema de estanqueidad, que consiste de:

→ Geotextil PP mínimo 500 g/m²,
→ Geomembrana de PVC-P de un espesor mínimo de 2,0 mm
→ Capa protectora que puede ser una lámina de PVC-P de 1,5 mm a 2,0 mm o un geotextil de un mínimo de 500 g/m². Es absolutamente recomendable colocar una lámina de PE en la parte superior del geotextil en el caso de que este material sea elegido como una capa de protección, para lograr un deslizamiento entre el cemento y la losa de hormigón. Además la lámina de PE evita que el cemento líquido penetre en el geotextil. Esta capa protectora se instala fuera de los water-stops (si los hay), que deben permanecer libres.
→ Como una última capa de protección se vierte el hormigón. En caso de utilizar water stops se tiene que evitar vertir el hormigón encima de ellos, de lo contrario el sistema de compartimentación no funcionaría.



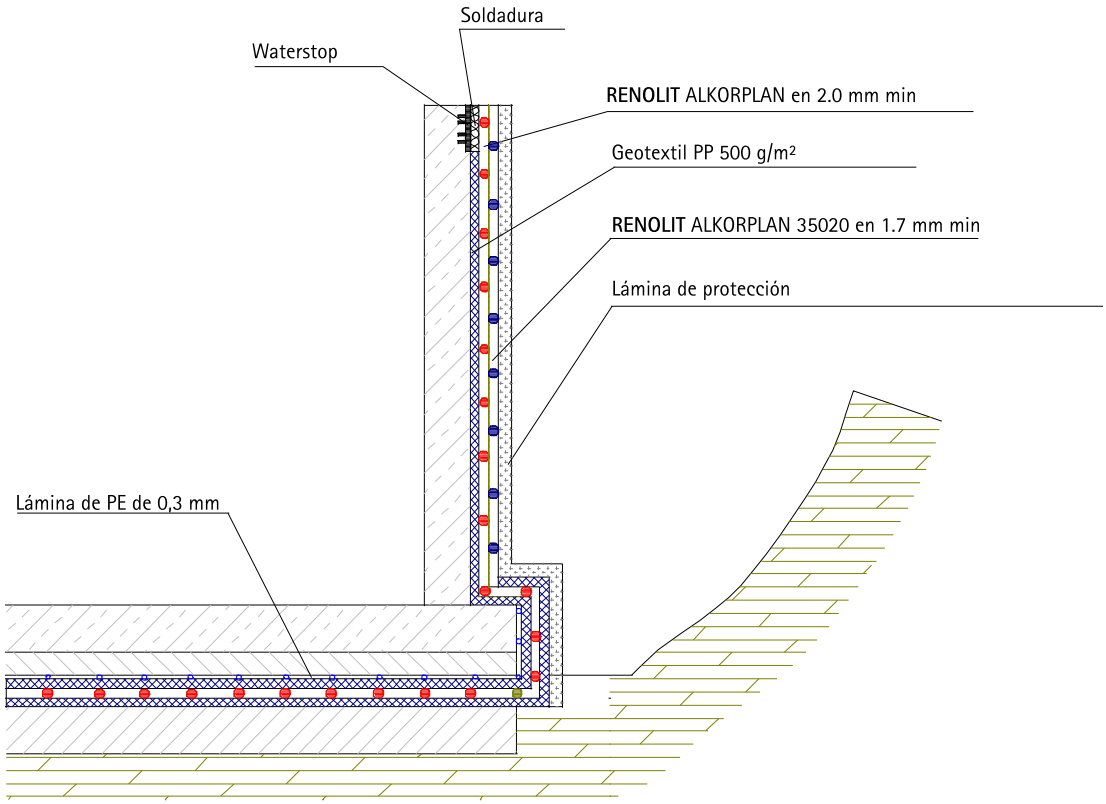

*Impermeabilización de la losa inferior con espacio para trabajar*



**Estanqueidad entre la losa y la pared**
El sistema de aislamiento sobresale de la losa de hormigón por cada lado con el fin de conectar la impermeabilización con la pared.
El sistema de impermeabilización de la losa inferior tiene que ser protegido (por ejemplo, hormigón poroso) hasta que se construyan las paredes. Dependiendo de la altura de la pared, esta se construirá en etapas sucesivas. Una vez finalizadas las obras de hormigonado de la pared (primera sección), el hormigón de protección (como se muestra en el dibujo de arriba) será eliminado. La conexión entre el sistema de impermeabilización de la losa y la pared se podrá ejecutar.
El revestimiento entre la losa y la pared es un punto muy sensible dado por las presiones locales en las esquinas, causantes de un gran estrés, por lo tanto es muy importante trabajar en estas áreas con gran cuidado.

**Estanqueidad de las Paredes Verticales**
La fijación en la parte superior de la pared se puede ejecutar de diversas maneras. Existe la posibilidad de colocar un water stop en la parte superior del encofrado. Después del hormigonado se retira el encofrado, se limpia el water stop y se suelda la membrana al water stop. Esta es una buena solución técnica que, además, crea un sistema de compartimentación.

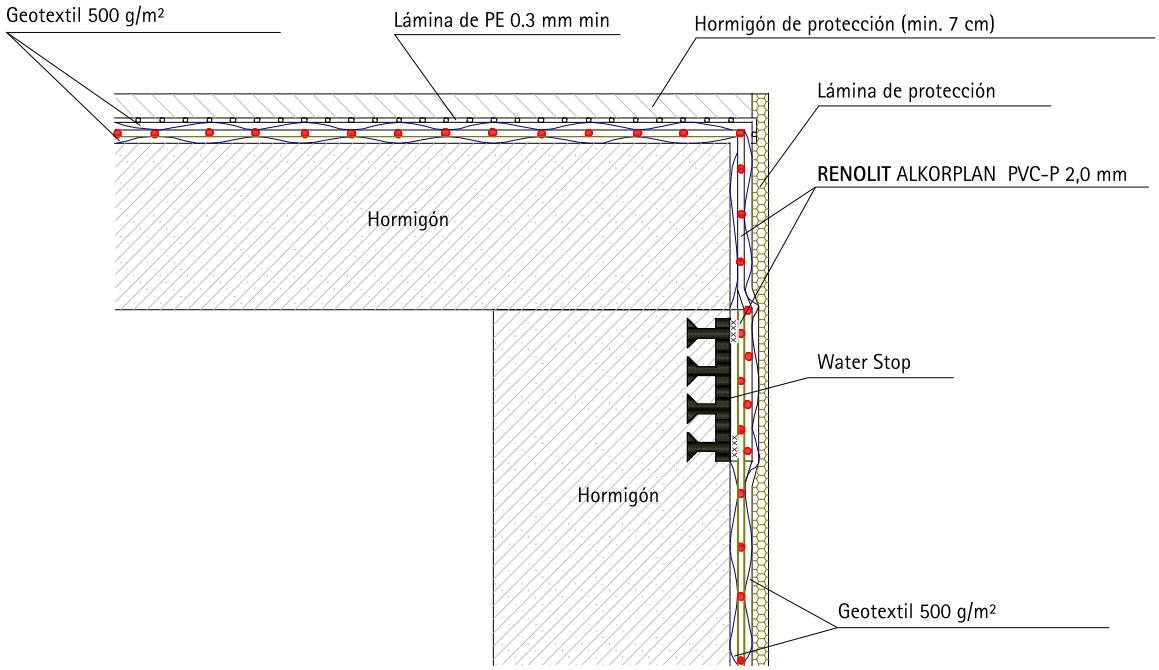
En el caso de que se construya la pared paso a paso y la excavación es llevada a un nivel correcto, la impermeabilización se realizará después de las obras de hormigón. Se tiene que fijar temporalmente hasta que se termine la siguiente sección de la pared. Este procedimiento continuará hasta que la obra proyectada se haya terminado. La fijación final al nivel más alto (cota cero o superior) se puede realizar con la ayuda de un water stop o una fijación mecánica.




*Impermeabilización del muro*

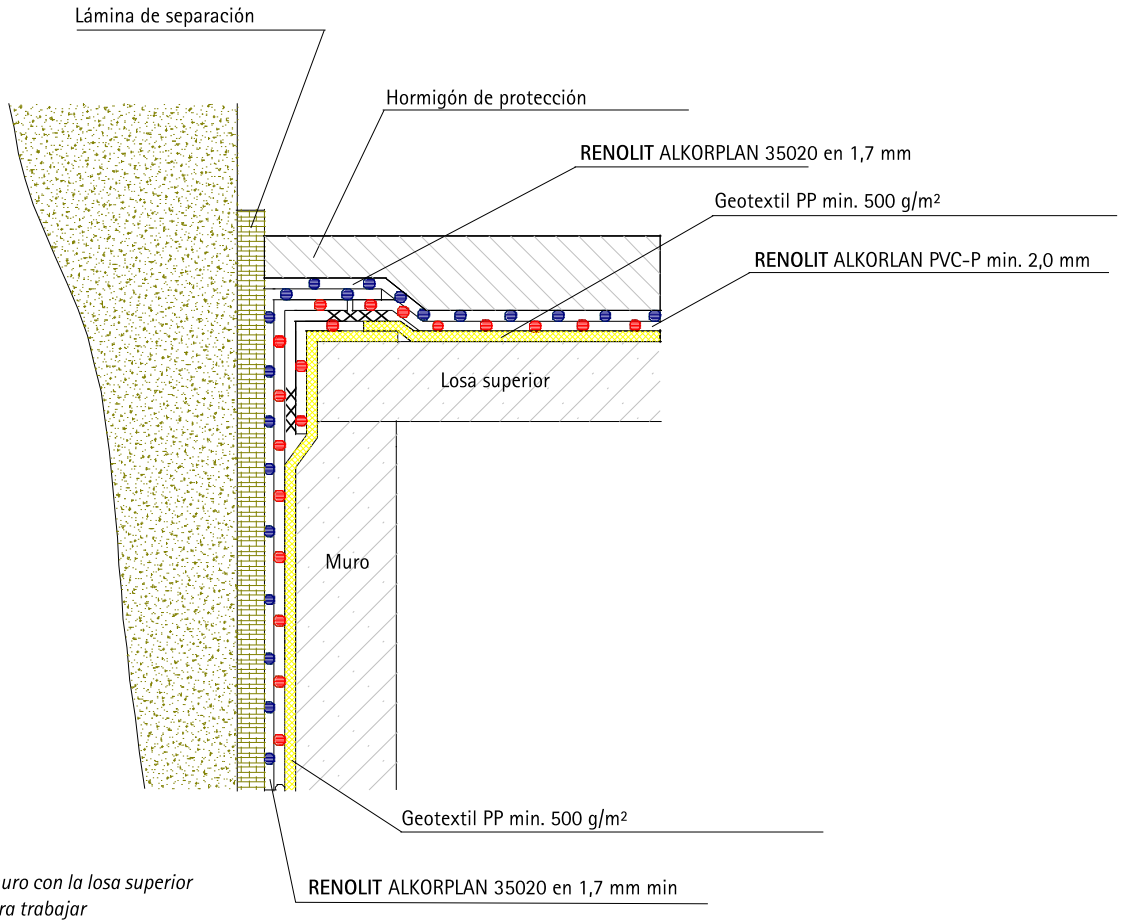


**Impermeabilización de la losa superior**
La unión entre la pared y la losa superior se puede ejecutar de diversas formas. Una buena solución técnica consiste en utilizar un water stop para fijar la geomembrana a la pared y hacer allí la unión de la impermeabilización horizontal de la losa superior.




La superficie del exterior soporte superior tiene que estar limpia y libre de escombros y piedras.
El sistema de impermeabilización es idéntico a la balsa.






*Conexión del muro con la losa superior*
*Con espacio para trabajar*

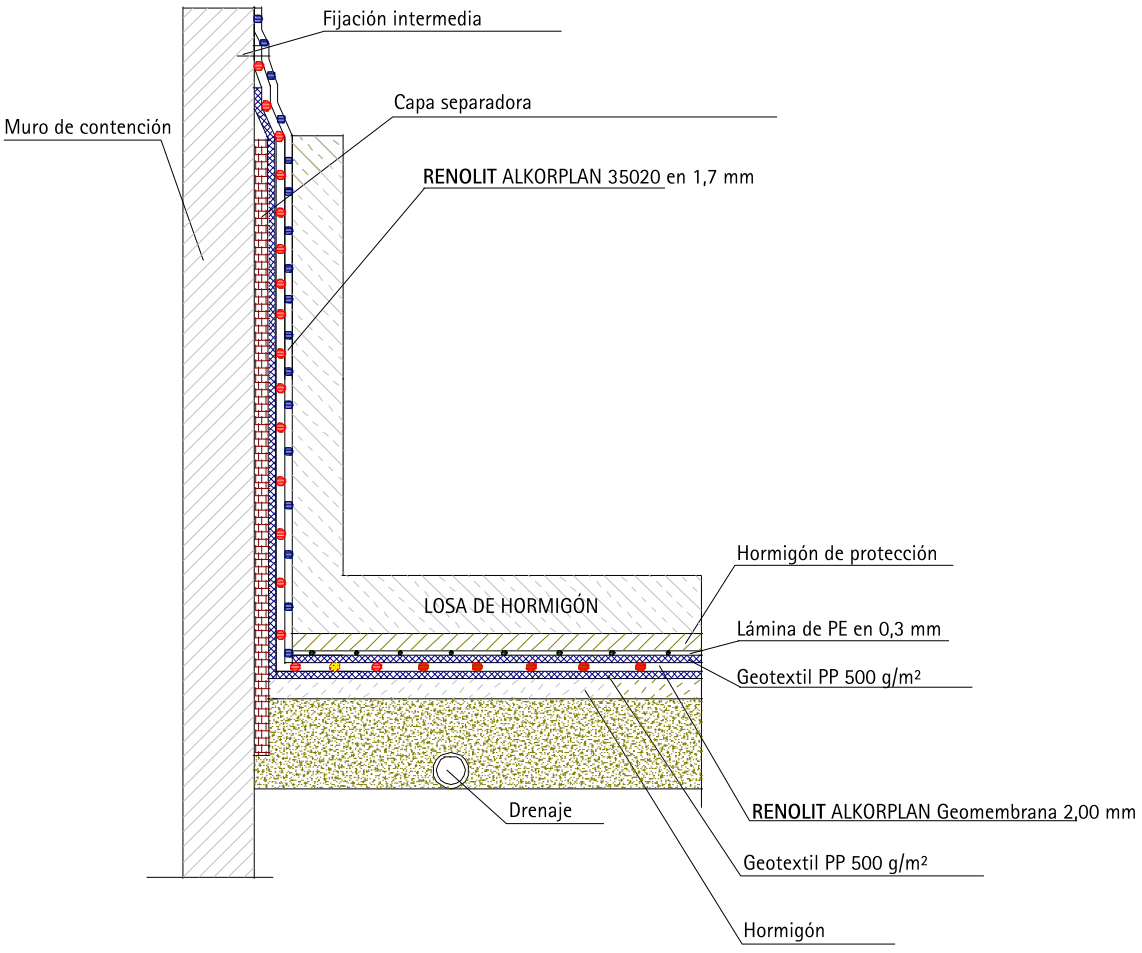


# Impermeabilización sin espacio para trabajar

**Impermeabilización de la losa**
La colocación de la impermeabilización de la losa inferior sin espacio de trabajo es similar a la de con espacio de trabajo, además del punto de conexión para la impermeabilización de la pared. La impermeabilización se debe fijar temporalmente al muro de contención a una determinada altura (mínimo 30 cm) para garantizar una conexión segura con la impermeabilización de la pared. La fijación temporal tiene que ser retirada antes de continuar con el hormigonado de las paredes verticales. Se debe instalar un geotextil entre el muro de contención y la geomembrana.

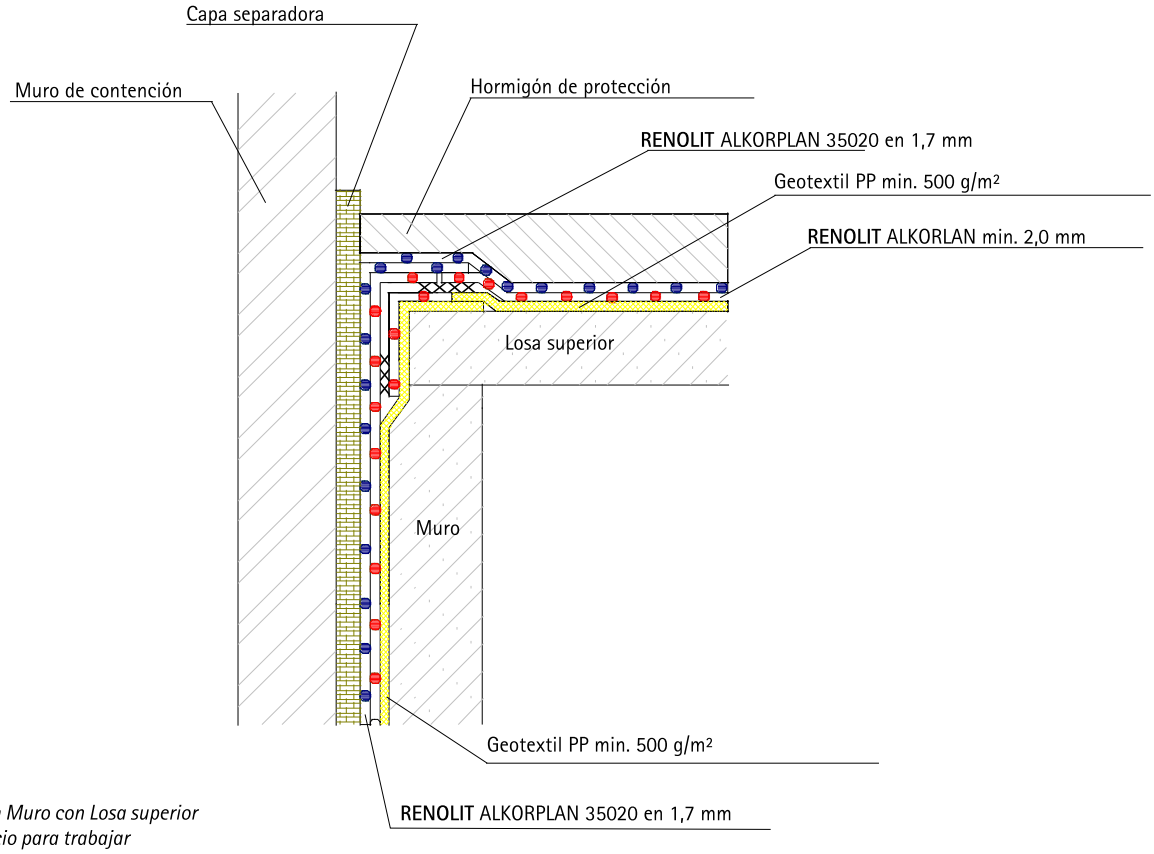
**Impermeabilización de las paredes verticales**
Los trabajos de impermeabilización se llevan a cabo antes de verter el hormigón en las paredes de las obras. La impermeabilización debe ser llevada a la altura de la siguiente sección de hormigón de las paredes y a continuación se fija en este nivel intermedio. Cuando las obras de Impermeabilización continúen, la fijación temporal será retirada, la siguiente parte del sistema de impermeabilización se suelda a la membrana y se coloca sobre la superficie vertical de la sección siguiente. En el caso de que la construcción continúe de la misma forma, se repetirá el método descrito (esquema sin water stops).






*Fijación intermedia del sistema de impermeabilización*

**Impermeabilización de la losa superior**
La superficie de la losa superior tiene que estar sin agujeros, limpia de escombros y piedras.
El sistema de impermeabilización es idéntico a la balsa.

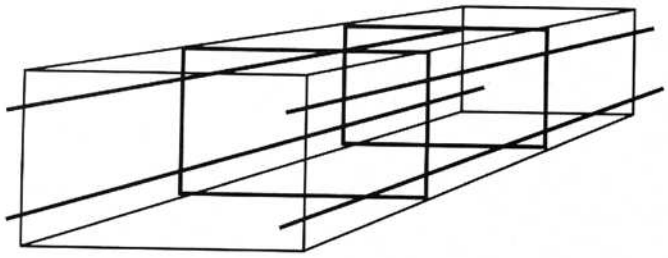



*Conexión Muro con Losa superior*
*Sin espacio para trabajar*



# Sistema de compartimentación

Este sistema ayuda a reducir los trabajos de reparación en caso de daños. El water stop, soldado a la geomembrana, divide el sistema de impermeabilización en los compartimentos que limitan la extensión de la filtración del agua. La superficie de un compartimiento no debería superar los 100 m².
Los anclajes de los water stops tienen que estar bien integrados en el hormigón con el fin de detener cualquier propagación de un compartimiento a otro. Los water stops de PVC-P se han soldado a la geomembrana (con soldadura automática para superficies horizontales). A través de esta compartimentación se puede determinar con precisión la zona de fuga a una cierta superficie limitada. En combinación con un sistema de inyección, la reparación de una fuga en un compartimiento se puede llevar a cabo sin dañar la geomembrana, lo cual también mantiene el coste a un nivel razonable. En función de las juntas (juntas de trabajo o juntas de dilatación) se tiene que usar un water stop externo o una expansión del water stop.



*Esquema de compartimentación en túneles de a cielo abierto*



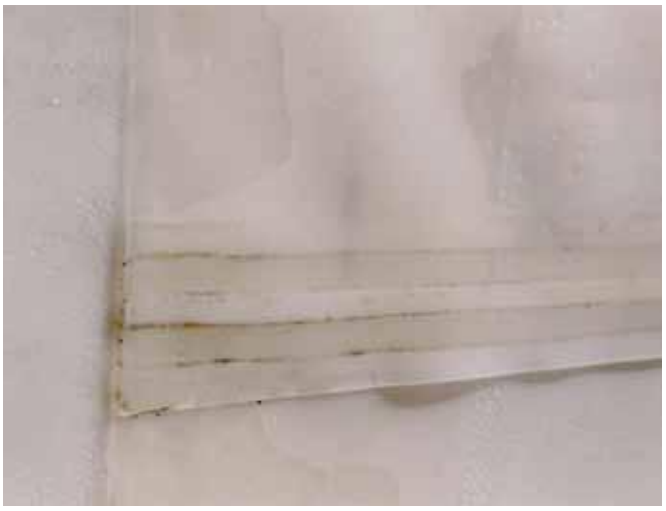
*Instalación de waters stops*

# Material

## Geomembrana

La elección de la geomembrana se debe hacer según la tarea que deba cumplir la geomembrana (PVC-P, PP o PE).
Las geomembranas de PVC-P son el material más adecuado para la impermeabilización de túneles y cimentaciones, debido a su excelente rendimiento mecánico y su buena resistencia química.
Durante los últimos 40 años se han formulado todo tipo de membranas de PVC-P, y debido a las normas existentes en Europa dos tipos finalmente conquistaron este difícil mercado.
En los países de habla alemana la membrana "signal layer" (capa señalizadora bicolor) se convirtió en la elegida.
En Francia y otros países mediterráneos la membrana translúcida fue elegida como el material mas adecuado para este sector tan importante de impermeabilización.

**Sistema con lámina signal layer (capa señalizadora)**
El objetivo de la membrana "signal layer" es detectar filtraciones y daños causados a la lámina mientras se realizan los trabajos de colocación de la armadura y encofrado del hormigón de manera que se pueda reparar antes de verter el hormigón. La capa señalizadora debe ser la cara superior de la membrana con un color fuerte brillante, y a su vez muy delgado (menos de 0,2 mm en el DS 853) para que el color oscuro de la membrana de debajo se pueda ver en el caso de un impacto mecánico. Las dos capas tienen que estar fabricadas con la misma materia prima, para evitar cualquier deslaminación.
La capa señalizadora se puede fabricar de dos formas:
→ Por calandra una capa de señal de 0.2 mm laminada en la geomembrana
→ Mediante impresión

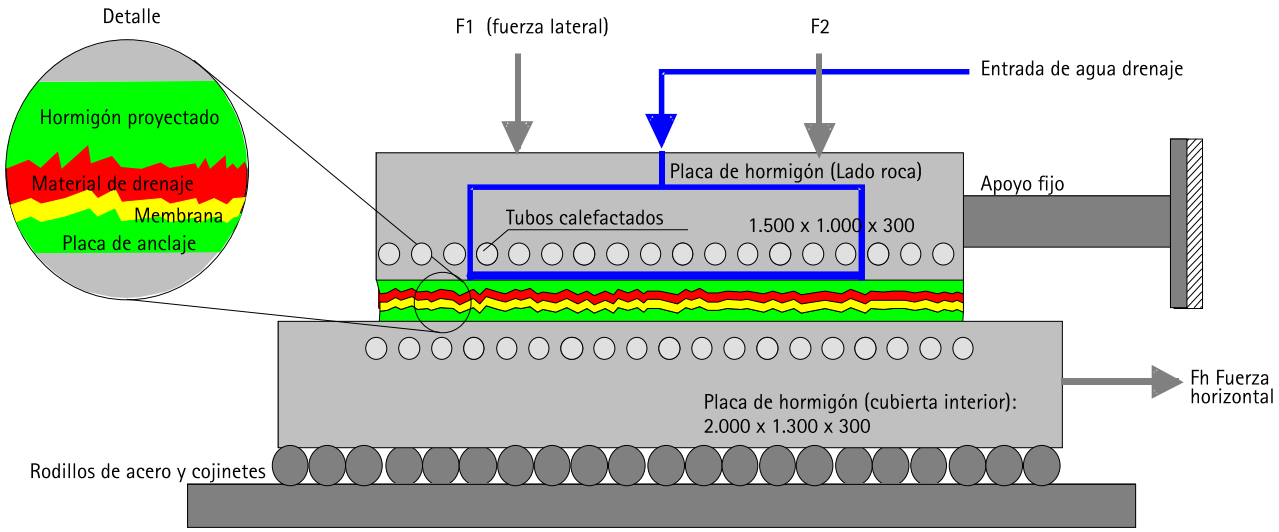


*Soldadura doble con canal de comprobación*

**Sistema con lámina translúcida**
El uso de una membrana translúcida permite tener buen control visual de la soldadura (continuidad y acabado).
Esta imagen muestra visualmente que la soldadura es de buena calidad. La soldadura es más transparente que el área del canal de prueba; pero a la vez las marcas negras al principio de la soldadura demuestran que, o bien la temperatura era muy alta, o que no se había limpiado adecuadamente la cuña caliente. En tal caso, una investigación especial sobre la calidad de la soldadura en esta área se puede realizar inmediatamente. Con una membrana opaca estos defectos no se observarían.
La doble soldadura puede ser controlada con presión de aire, así como con líquidos de colores. La ventaja de este método consiste en detectar de inmediato el lugar donde la soldadura ha fallado.

**Resistencia de la membrana de PVC-P RENOLIT ALKORPLAN bajo presión**

→ Intensas pruebas realizadas en el túnel de St. Gotthard en Suiza (Proyecto de NEAT) muestran la alta cizalladura / y la resistencia a la compresión de la membrana de PVC-P **RENOLIT** ALKORPLAN 35036 translúcida con un espesor de 2 mm, incluso bajo alta presión:
→ Carga de 2Mpa
→ Movimiento horizontal de 3 mm




Esquema del corte del dispositivo de compresión / desgarro con la posibilidad de calentar y drenar, la placa superior (fija) corresponde al hormigón proyectado del soporte del tunel.

Fuente: The Sealing of Deep-seated Swiss Alpine Railway Tunnels – New Evaluation
Procedure for Waterproofing Systems – NEAT AlpTransit

→ El laboratorio alemán SKZ demuestra que la membrana de PVC-P **RENOLIT** ALKORPLAN 35036 traslucida de 2 mm de espesor tiene un comportamiento excelente bajo presión. (EN ISO 604):
  → Esfuerzo de compresión, a 20% de compresión, es de 13.3MPa, cuando el mínimo requerido es de 2.5MPa;
  → Una compresión de 7.5% es alcanzada con una presión de 2.5Mpa cuando el requisito mínimo de la norma admite una compresión hasta un 20%
→ El instituto francés CETE demuestra que el sistema de impermeabilidad compuesto de geotextil 700g/m² + geomembrana **RENOLIT** ALKORPLAN 35036 2 mm + capa protectora **RENOLIT** ALKORPLAN 35020 2.0mm ofrece una resistencia a la perforación dinámica superior a 8.5J (capitulo 67 titulo III de C.C.T.G.)



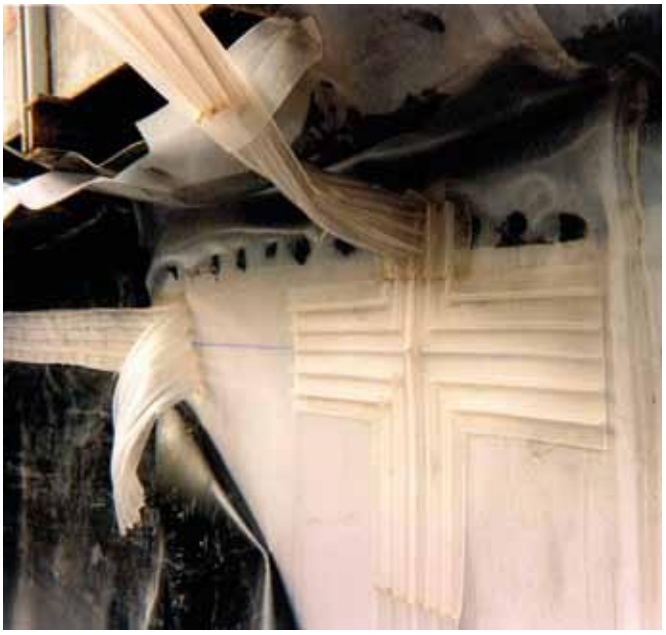
## Geotextil

El geotextil debe ser de polipropileno. El geotextil de poliéster tiene que ser evitado debido a la hidrólisis del poliéster. El cemento recién aplicado ataca al geotextil de poliéster y después de cierto tiempo el mismo se disuelve completamente.

## Water stops

**Water stops para las juntas de dilatación**
Este water stop se pone en todas las juntas de dilatación en la construcción de túneles o cimentaciones. En caso de movimientos importantes en la construcción, la burbuja del medio es capaz de romper en la parte delgada del fondo siguiendo el movimiento sin perder estanqueidad.

**Water stops para juntas normales**
Este tipo de water stop es utilizado para crear un sistema de compartimentación.



## Dispositivos de inyección

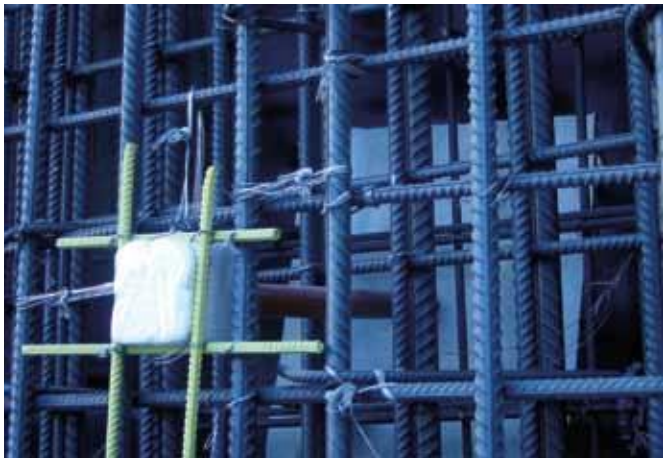
Además de los water stops, se soldaran puntualmente dispositivos de inyección a la membrana. La tarea dichos dispositivos de inyección es la de ofrecer la posibilidad de inyectar material impermeabilizante líquido con el fin de cerrar las filtraciones o fugas de la membrana. Estos líquidos o resinas se basan principalmente en dos componentes de acrílico o poliuretano. Los dispositivos de inyección pasan por la capa de hormigón y están siempre accesibles en caso de fallo del sistema de estanqueidad.
El trabajo de inyección es una tarea difícil y tiene que ser llevada a cabo por expertos. La inyección de resina tiene que ser aplicada a través de las tuberías de inyección entre la geomembrana y el interior del hormigón. Muy importante es la mezcla de la resina de dos componentes, ya que tiene que permanecer líquida el tiempo suficiente para extenderse sobre toda la superficie del compartimiento, por un lado, y por otro lado tiene que endurecer rápidamente para que no se evacue por la filtración del agua.

Hay dos tipos de sistemas diferentes de inyección disponibles:

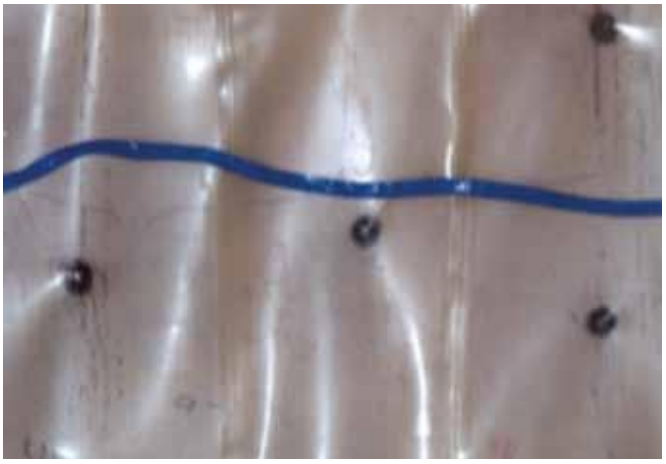
→ Tubería de inyección
→ Tubo de inyección

**Tubería de inyección**
El tubo de inyección es una manguera a la que se suelda un tubo de PVC-P a través de THF. El tubo tiene que resistir una presión de al menos 6 a 8 bares. No se usará ningún dispositivo metálico para evitar el peligro de perforación de la membrana.
La pieza de salida del tubo de inyección tiene que estar integrada en un dispositivo seguro, de la superficie del hormigón.

**Tubo de inyección**
Dispositivo de inyección alternativo: tubos de inyección soldados en puntos específicos de la geomembrana.



*Entrada protegida de la tubería de inyección*



*Tubo de inyección soldado a la geomembrana*







## Herramientas de soldadura

**Maquina de soldar de cuña caliente**
Este tipo de máquina trabaja con una cuña de calor eléctrica. Encima y debajo de la cuña hay dos rodillos de presión que trabajan de forma independiente. La cuña caliente se desliza entre las membranas superpuestas; los dos rodillos de presión hacen avanzar la maquina a una velocidad determinada. Temperatura, presión y velocidad se ajustan previamente de ejecutar la soldadura final.

La máquina está antes (después de previamente) guiada electrónicamente. A consecuencia de los cambios de temperatura, la guía electrónica ajustara la temperatura dependiendo de las condiciones. Las pruebas han demostrado que la soldadura ejecutada por una maquina de cuña caliente ofrece un resultado de casi un 100% de efectividad.



*Máquina automática de soldadura de cuña caliente*





*Máquina automática de soldadura de aire caliente*

**Máquina automática de soldar de aire caliente**
La máquina es una combinación de cuña caliente y máquina de soldadura de aire caliente.
La temperatura de aire caliente, la presión y la velocidad de soldadura son ajustables y se controlan electrónicamente.

**Soldador manual**
El soldador manual usa aire caliente y es indispensable para proyectos enterrados. Todos los detalles constructivos se deberán soldar con este tipo de máquina.

RENOLIT

Rely on it.

**RENOLIT Iberica, S.A.**
Carretera del Montnegre, s/n
08470 Sant Celoni (Barcelona)
Spain
Phone: +34.93.848.4000
Fax: +34.93.867.5517
renolit.iberica@renolit.com
www.alkorgeo.com

vinyl plus



**RENOLIT** ALKORGEO