RENOLIT

Rely on it.

Impermeabilización de **túneles bajo filtraciones de agua**



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** tiene diferentes tipos de geomembranas, es decir que para cada aplicación existe un producto adecuado. Las membranas de túneles pueden ser homogéneas de PVC-P o TPO y se pueden laminar con un geotextil de PP (hasta 700 gr/m^2) para aplicaciones encoladas. Las excelentes características mecánicas y la buena capacidad de soldadura de las membranas de PVC-P la convierten en una de las mejores opciones de impermeabilización, estando su durabilidad en concordancia con el periodo de vida para la obra en cuestión: **RENOLIT** ALKORPLAN 35034-35036-35041. El sistema de impermeabilización con la geomembrana **RENOLIT** ALKORPLAN ofrece un máximo de seguridad frente a los asentamientos y el riesgo de perforación debido a la armadura del hormigón. Además, disponemos de un sistema de reparación para sanear la geomembrana en caso de escape sin tener que perforar la losa de hormigón.

Sistema de impermeabilización

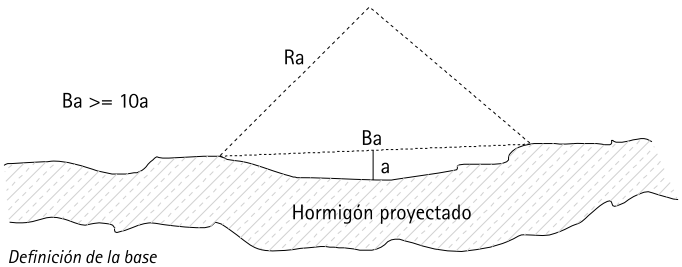
Componentes

→ Geotextil mínimo 500 g/m^2 Polipropileno (no Poliéster), dependiendo de la superficie.
→ Membrana, homogénea termoplástica, material tipo PVC-P, TPO; >2.0 mm de espesor, transparente (tipología francesa), o con una capa señalizadora (Signal Layer).
→ Elementos de fijación.
→ Tiras de refuerzo para proteger a la membrana en el área donde se acaba el encofrado.
→ Geomembrana protectora (tipología francesa)
→ Anclajes, si son necesarios, para soportar el refuerzo del interior del soporte del hormigón.
→ Water stops (principalmente para túneles bajo presión de agua)
→ Dispositivo de inyección (principalmente para túneles bajo presión del agua)

Soporte

La superficie del soporte es decisiva para la construcción del túnel, por lo tanto tiene que ser lo más plana posible, el granulado utilizado no deberá ser mayor a 16 mm. Se debe seguir la geometría de la superficie (Ba ≥ 10 a) para evitar la posibilidad de que la geomembrana se pliegue después de verter el hormigón (ver detalle de la geometría recomendada por los estándares Austriacos HEFT 365).
La superficie es un elemento muy importante, ya que es el responsable para que el sistema de impermeabilización se adapte bien a la misma después de verter el hormigón. En el caso de que la superficie sea muy irregular, se producirán pliegues en la membrana. En los túneles donde hay presión del agua estos pliegues pueden producir fallos en la membrana.





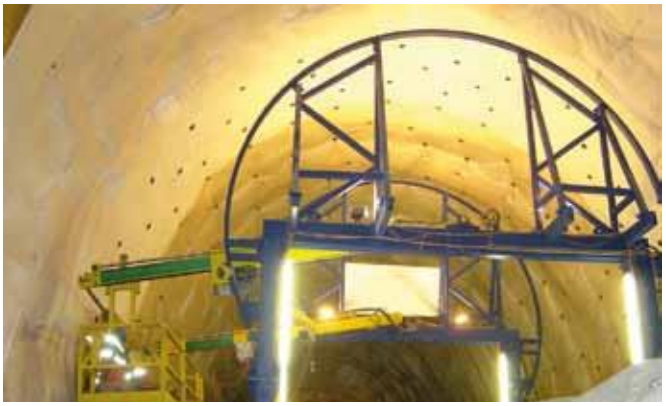
Definición de la base

Instalación del drenaje del fondo

Los túneles tipo paraguas (impermeabilización solo en la bóveda – sin presión de agua) necesitan drenaje en el fondo del túnel para evacuar la filtración del agua o del agua temporal.
Una buena solución técnica tiene que garantizar que el agua no se filtre entre el sistema de impermeabilización y el interior de la placa de hormigón.

Instalación del sistema de impermeabilización

Antes de iniciar la instalación, el instalador tiene que confirmar que la superficie del soporte sigue la especificación técnica.
El andamiaje para la instalación del sistema de impermeabilización se puede construir sobre la losa del túnel. Dependiendo del tipo de andamios, el geotextil y la geomembrana se instalarán de un lado del túnel a otro (uso de andamios hidráulicos) o desde el punto más alto del túnel a ambos lados (andamios manuales).
El andamio hidráulico es costoso, pero hace que las condiciones de trabajo sean más cómodas para el instalador. Tiene que ajustarse siguiendo la geometría del túnel.
El geotextil se coloca en la barra de acero de la canasta movible, donde se despliega automáticamente al levantar la misma. El geotextil se fija con las arandelas de fijación a las que se soldará la geomembrana en la segunda vuelta de la canasta. Después de haber fijado los dos elementos, los andamios se pueden mover y poner en posición para la siguiente instalación del sistema de impermeabilización.
El uso de andamios convencionales significa trabajo duro. En primer lugar los rollos de geotextil se llevan al nivel más alto de los andamios, y se fijan a la superficie de hormigón proyectado con las arandelas. Luego la geomembrana se desenrolla en la parte superior de los andamios, se sueldan por puntos a las arandelas de fijación a partir del punto más alto de la bóveda.
Las geomembranas se sueldan entre sí mediante máquinas de soldadura automáticas produciendo doble soldadura con canal de comprobación.



Andamios hidráulicos sobre ruedas



Andamios para la instalación manual

Instalación del Geotextil

El geotextil se fijará mediante arandelas, dos arandelas por m² en las paredes y tres arandelas por m² en la bóveda. Los elementos de fijación deben ser instalados en los puntos mas profundos de la superficie del hormigón para evitar alargamientos de la geomembrana durante el llenado del hormigón (la geomembrana se soldara a las arandelas de fijación).
El geotextil se eleva hasta el andamio, se desenrolla y se fija con las arandelas a la superficie del hormigón. El geotextil debe tener una superposición de un mínimo de 10 cm. El geotextil se fija completamente sobre la superficie de la obra proyectada en el día. En las áreas de irregularidades importantes, se recomienda doblar el geotextil.



Fijación del geotextil

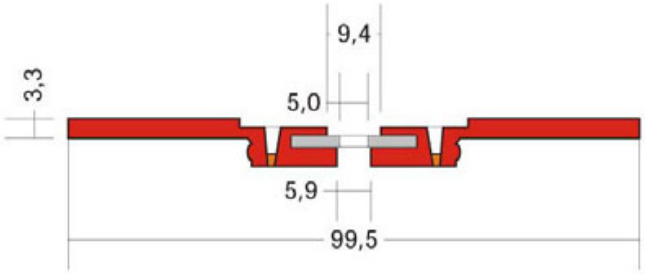


Fijación de la geomembrana con soldadura directa

Arandelas de fijación

La tarea de la fijación de la arandela se realiza por un lado, para sujetar el geotextil a la superficie del hormigón proyectado mediante clavos de disparo, y por el otro lado servirá como superficie de soldadura con el fin de fijar la geomembrana al túnel. La arandela esta compuesta por el mismo material que la geomembrana para asegurar la compatibilidad entre los materiales.
Se recomienda el uso de "knock-out", arandelas, en el caso poco frecuente de presión debido a la filtración del agua.

Ejemplo de una arandela plana de PVC-P con sistema " knock-out" o de desprendimiento, con arandela de acero en el interior.



Instalación de la Geomembrana

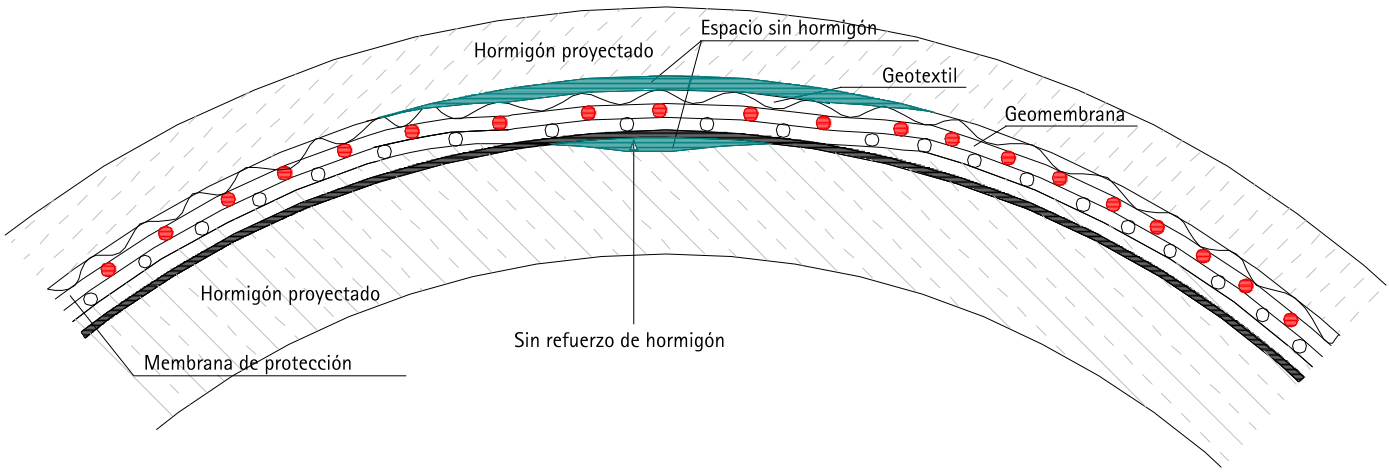
El fabricante de la lámina tiene que fabricar la longitud correcta de la geomembrana siguiendo las indicaciones del instalador. Además de la longitud indicada se aplicará una marca en el medio de la bobina, así como el marcado de una línea en un lado de la membrana a una distancia de 5 a 8 cm. La marca del centro de la bobina muestra al instalador donde ha de fijar la membrana al punto más alto de la bóveda (andamio manual) y la línea lateral indica la superposición necesaria para la soldadura.
El instalador desenrolla la geomembrana en la parte superior de los andamios, y la suelda a las arandelas en el punto más alto de la bóveda y sigue hacia abajo, con este trabajo hasta que toda la geomembrana instalada en el dia quede fijada a las arandelas.
A continuación las membranas recién fijadas se soldaran entre si, quedando el sector finalizado.
Las soldaduras entre láminas se realizaran con maquinas automáticas, produciéndose una doble soldadura con canal de comprobación.
El instalador tiene que tener cuidado de que la máquina está bien ajustada con referencia a la temperatura, velocidad y presión. Por lo tanto, es importante ajustar la máquina a través de pruebas de soldaduras todos los días antes de comenzar los trabajos.

Tira de refuerzo

Las unidades del encofrado para el interior del hormigón estarán entre los 8 y 12m. Al final de la unidad del encofrado se tendrá que instalar lo que se llama cabeza de encofrado. La colocación de este encofrado, que esta compuesto por tablas, pone en peligro al sistema de impermeabilización. Durante la fijación de dichas tablas la geomembrana puede ser dañada.
Por lo tanto, se coloca una franja de protección de lámina de PVC-P de unos 50 cm sobre la geomembrana en la parte final de la unidad de encofrado con el fin de fortalecer el sistema de impermeabilización.

Hormigón para la bóveda

El procedimiento de verter el cemento causa tensión en la geomembrana, haciendo que esta se alargue debido al peso del cemento. Experiencias en el pasado han demostrado que, en función de la superficie del hormigón y la forma en que está instalado el sistema de impermeabilización podrán aparecer pliegues cuando se vierta el hormigón. Una superficie lisa del hormigón proyectado garantiza menos pliegues en la geomembrana.
La parte superior de la bóveda tiene que ser tratado con mucho cuidado. Después de verter el hormigón, este empieza a asentarse y deja un hueco en la parte superior de la bóveda. Se deben adoptar precauciones para cerrar esta brecha mediante la inyección de cemento después que se haya fraguado el hormigón. Las barras de acero tienen que ser integradas completamente en el hormigón, así como los anclajes de los water stops (si existen).

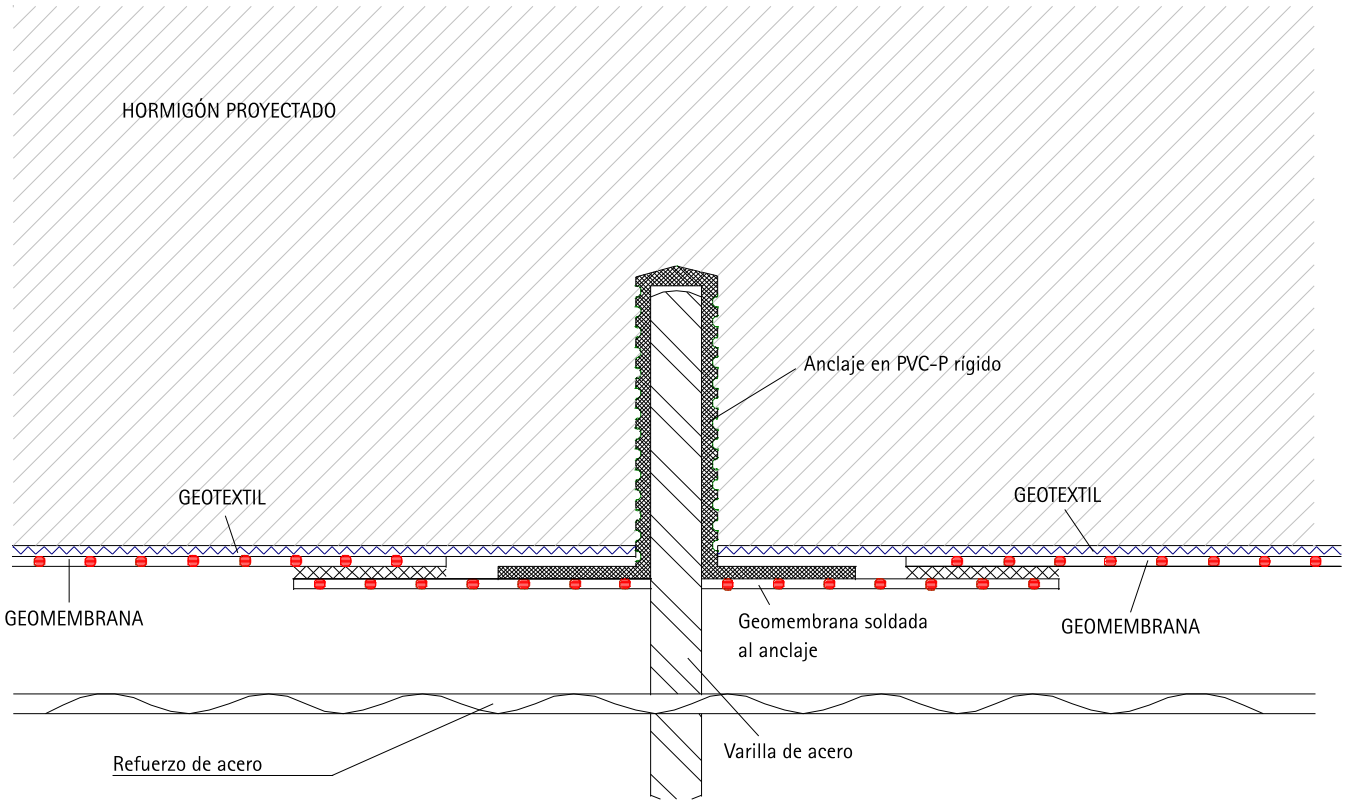


Parte superior de la bóveda
Sistema francés de impermeabilización

Anclajes para los refuerzos de acero

La instalación del acero de refuerzo es uno de los peligros más importantes para el sistema de impermeabilización. En la bóveda la geomembrana no suele estar protegida y por lo tanto está expuesta al peligro de ser perforada durante los trabajos de refuerzo. Las barras de acero tienen que ser colocadas a una cierta distancia del sistema de impermeabilización. En el caso de que no haya un refuerzo propio, se recomienda usar anclajes donde las barras de refuerzo ya van fijadas, a la distancia correspondiente. Tales anclajes pueden soportar cargas de más de 30 kN dependiendo de la calidad del hormigón proyectado.

Este tipo de anclaje es un sistema completamente cerrado, el agua no puede entrar entre el sistema de impermeabilización y el interior de la placa de hormigón.
El anclaje consiste de un tubo rígido de PVC-P con una brida, en la que la geomembrana de PVC-P está soldada.
Después de haber instalado la geomembrana, se perfora con un agujero en el hormigón a través de la geomembrana. El tubo de PVC-P se adhiere en la perforación. La pestaña de PVC-P se suelda a la geomembrana.
En el tubo de PVC-P se introduce un perno de acero con el fin de fijar el acero de refuerzo del interior de la placa de hormigón.



Anclaje estanco de PVC-P rígido

Sistema de compartimentación

Los Water stops se usan principalmente en túneles con presión de agua.
Los water stops dividen el sistema de impermeabilización en compartimentos lo cual limita la expansión del agua filtrante
En combinación con un sistema de inyección se puede hacer una reparación de una fuga en un compartimiento sin dañar la geomembrana y manteniendo el coste a un nivel razonable.





Sistema encolado

El último desarrollo en la impermeabilización de túneles es el empleo de sistemas encolados. Los túneles en general son cada vez más largos debido al desarrollo de trenes de alta velocidad. Estos túneles se construyen con máquinas TBM, donde la geología lo permite y donde el perfil de la zona excavada es regular. Las dovelas se colocan sobre el hormigón proyectado y hacen una superficie perfecta para unir la geomembrana a ellos. Para este tipo de aplicación la geomembrana con un fieltro de geotextil laminado de PP es el material correcto para lograr una estanqueidad en construcción.

Se han desarrollado máquinas especiales para la instalación de la geomembrana.
Tienen una unidad de limpieza, cepillado y una unidad de encolado y se puede manejar con sólo tres personas. El rendimiento con esta maquina instaladora es mucho mayor que con un método de instalación convencional.
RENOLIT es capaz de ofrecer la geomembrana adecuada para esta aplicación.



Aplicación mecánica con sistema encolado

Material

Geomembrana

La elección de la geomembrana se debe fabricar según la función que debe 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 fallas y fugas a través de una capa muy delgada. 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 producir de dos maneras:
→ por calandra, una capa señalizadora con un espesor inferior a 0.2 mm laminada a una geomembrana
→ por impresión



Sistema con lámina translúcida
El uso de una membrana translúcida permite tener buen control visual de la soldadura (continuidad y combustión).

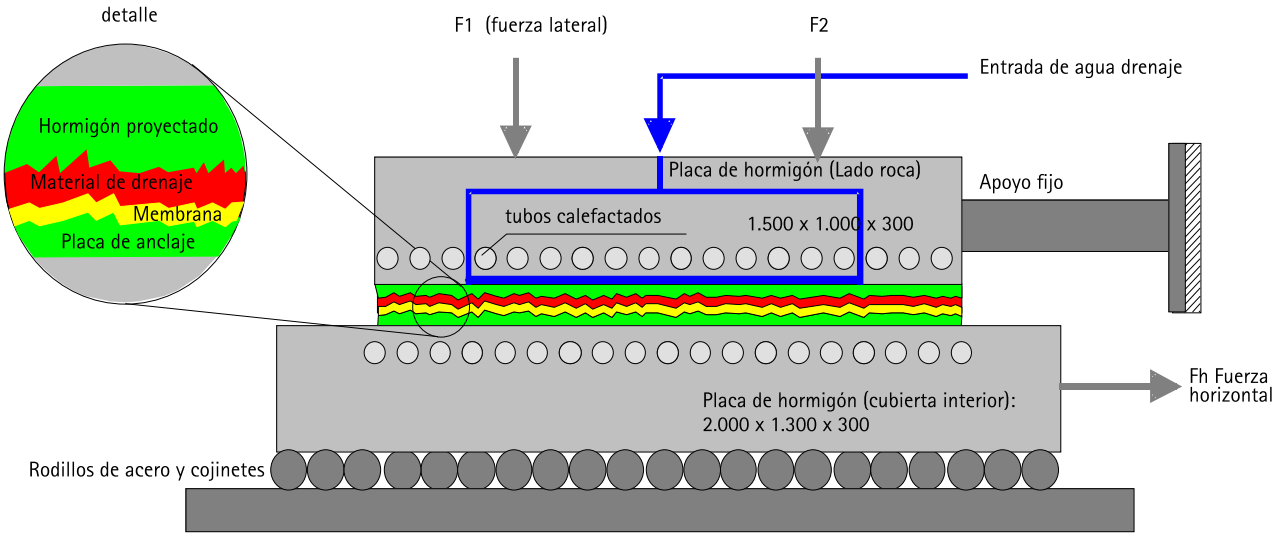


Esta imagen muestra visualmente que la soldadura es de buena calidad. La soldadura es más transparente que el área del canal de prueba; pero a la vez las marcas negras al principio de la soldadura demuestran que, o bien la temperatura era muy alta, o que no se había limpiado adecuadamente la cuña caliente. 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 verían.
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 para el túnel de St. Gotthard en Suiza (Proyecto de NEAT) muestran su alta resistencia a la cizalladura / y a 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 2mm de espesor tenía un comportamiento excelente bajo presión. (EN ISO 604):
- → Estrés de compresión, a 20% de compresión, es de 13.3MPa, cuando el mínimo requerido es de 2.5MPa;
- → Compresión a 2.5MPa esfuerzo de compresión, es de 7.5% cuando se requiere un 20% máximo.

→ 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 2.0 mm ofrece una resistencia a la perforación dinámica superior a 8.5J (capitulo 67 titulo III de C.C.T.G.)

Geotextil

Producto
El geotextil debe ser de fibras de polipropileno, fibras cortas fijadas mecánicamente o fibras largas. El geotextil de poliéster tiene que ser evitado debido a la hidrólisis del poliéster a causa de la alcalinidad del hormigón. El hormigón 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 túnel 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 stop para juntas normales
Se usan para crear el sistema de compartimentación.

Dispositivos de inyección

Hay dos tipos de sistemas diferentes de inyección disponibles:
→ Tubería de inyección
→ Tubos de inyección soldados puntualmente a la geomembrana.

Andamios

Andamio simple
En general, los andamios simples se utilizan, sobre rieles o sobre ruedas. El andamiaje consiste en elementos estables que se pueden transportar fácilmente y que permite las adaptaciones a las dimensiones del túnel.

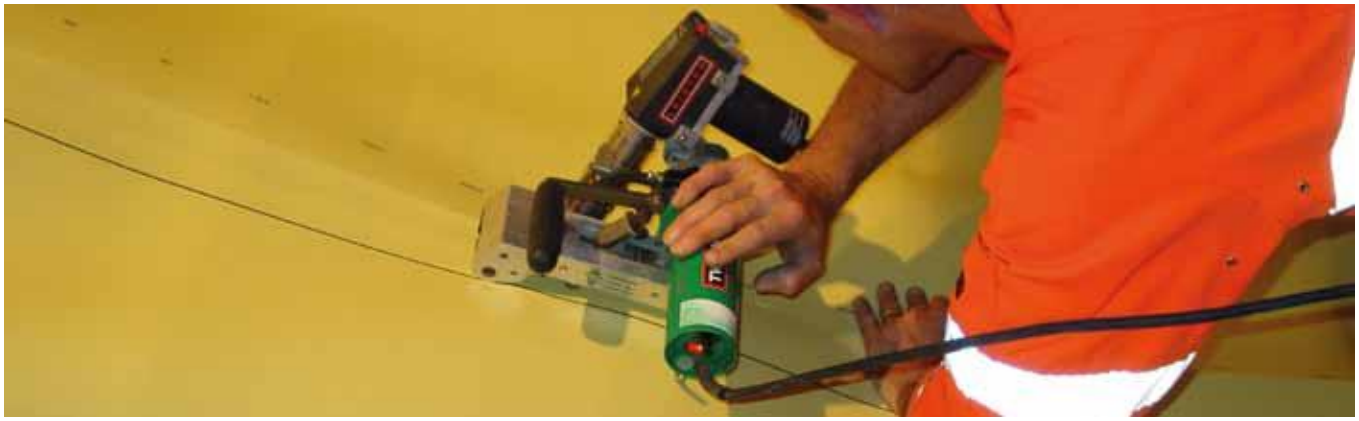
Andamio hidráulico
Es un andamiaje mas sofisticado el cual esta compuesto por una cesta hidráulica que gira de un lado al otro.

Herramientas de soldadura

Maquina de soldar de cuña caliente
Este tipo de máquina trabaja con una cuña térmica eléctrica. Por encima y por debajo de la cuña hay dos rodillos de presión que trabajan de forma independiente.
La cuña caliente se guía entre las membranas superpuestas; los dos rodillos de presión hacen avanzar la maquina a una velocidad determinada. Temperatura, presión y velocidad se ajustan antes de ejecutar la soldadura final.
La máquina está 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.

Maquina automática de soldadura 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 utiliza aire caliente y es indispensable para proyectos enterrados. Todos los detalles constructivos se deberán soldar con esta tipología de maquina.





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