

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	3
<b>1.1. General</b> .....	3
<b>1.2. Productos RENOLIT</b> .....	3
<b>1.3. Requisitos de los materiales de impermeabilización</b> .....	3
<b>1.3.1. Estanqueidad</b> .....	3
<b>1.3.2. Flexibilidad</b> .....	3
<b>1.3.3. Resistencia química</b> .....	4
<b>2. GEOMEMBRANAS RENOLIT</b> .....	4
<b>2.1. Geomembranas RENOLIT ALKORPLAN</b> .....	4
<b>2.1.1. Referencias de Geomembrana RENOLIT ALKORPLAN</b> .....	4
<b>2.1.2. Propiedades</b> .....	4
<b>2.1.3. Características</b> .....	5
<b>2.2. Geomembranas RENOLIT ALKORTOP</b> .....	5
<b>2.2.1. Referencias de Geomembranas RENOLIT ALKORTOP</b> .....	5
<b>2.2.2. Propiedades</b> .....	5
<b>2.2.3. Características</b> .....	5
<b>2.3. Geomembranas RENOLIT ALKORTENE</b> .....	5
<b>2.3.1. Referencias de Geomembranas AKLORTENE</b> .....	6
<b>2.3.2. Propiedades</b> .....	6
<b>2.3.3. Características</b> .....	6
<b>2.4. Accesorios</b> .....	6
<b>2.5. RENOLIT Producción</b> .....	7
<b>2.6. Geomembrana recomendada</b> .....	7
<b>3. CONCEPTO DEL SISTEMA DE IMPERMEABILIDAD</b> .....	8
<b>3.1. Losa de cimentación</b> .....	8
<b>3.2. Paredes Verticales</b> .....	8
<b>3.2.1. Paredes verticales con espacio para trabajar</b> .....	8
<b>3.2.2. Parámetros verticales, sin espacio de trabajo</b> .....	9
<b>4. INSTALACION DEL SISTEMA DE IMPERMEABILIDAD</b> .....	9
<b>4.1. Impermeabilización con espacio de trabajo</b> .....	9
<b>4.1.1. Recubrimiento de la losa inferior</b> .....	9
<b>4.1.2. Revestimiento entre losa y muro</b> .....	11
<b>4.1.3. Revestimiento de paredes verticales</b> .....	11
<b>4.2. Impermeabilización sin espacio de trabajo</b> .....	12
<b>4.2.1. Recubrimiento de la losa inferior</b> .....	12
<b>4.2.2. Revestimiento de las paredes verticales</b> .....	12
<b>4.3. Sistema de compartimento</b> .....	14
<b>4.4. Sistema de doble capa para aplicaciones especiales</b> .....	15
<b>4.4.1. Prefabricación</b> .....	16
<b>4.4.2. Control y sistema de inyección:</b> .....	17
<b>4.4.3. Conexión de los elementos prefabricados en situ</b> .....	18
<b>4.4.4. Reparación</b> .....	19
<b>5. Material</b> .....	20

<b>5.1. Geomembrana</b> .....	<u>20</u>
<b>5.1.1.</b> Sistema con signal layer (capa señalizadora) .....	<u>20</u>
<b>5.1.2.</b> Sistema translúcido .....	<u>20</u>
<b>5.1.3.</b> Resistencia de la membrana de PVC-P RENOLIT ALKORPLAN bajo presión: .....	<u>21</u>
<b>5.2. Geotextil</b> .....	<u>22</u>
<b>5.2.1.</b> Producto .....	<u>22</u>
<b>5.2.2.</b> Datos Técnicos .....	<u>22</u>
<b>5.3. Water stops</b> .....	<u>22</u>
<b>5.3.1.</b> Water stop para las juntas de dilatación .....	<u>23</u>
<b>5.3.2.</b> Water stop para juntas normales .....	<u>23</u>
<b>5.4. Dispositivos de inyección</b> .....	<u>23</u>
<b>5.4.1.</b> Tubería de inyección .....	<u>24</u>
<b>5.4.2.</b> Tubo de inyección .....	<u>25</u>
<b>5.5. Herramientas de soldadura</b> .....	<u>25</u>
<b>5.5.1.</b> Maquina de soldar de cuña caliente .....	<u>25</u>
<b>5.5.2.</b> Maquina automática de soldadura de aire caliente .....	<u>26</u>
<b>5.5.3.</b> Soldador manual .....	<u>27</u>
<b>6. CONTROL Y PRUEBA DE LA IMPERMEABILIDAD</b> .....	<u>27</u>
<b>6.1. Control de la doble soldadura a través de la presión del aire</b> .....	<u>27</u>
<b>6.2. Control de soldadura manual</b> .....	<u>28</u>
<b>7. CONCLUSION</b> .....	<u>29</u>

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. General

El uso de geomembranas sintéticas como impermeabilización de cimientos es una tecnología sofisticada y segura para proteger la construcción contra la influencia destructiva del agua

Dependiendo de la apariencia del agua (humedad, presión temporal de agua, presión de agua permanente) el sistema de impermeabilización deberá adaptarse. Esto se expresa en el espesor de la geomembrana y en un sistema de control y reparación. Bajo la influencia de la presión de agua permanente se debería usar un espesor mínimo de lámina de 2,0 mm.

Esta descripción técnica explica el uso de membranas RENOLIT para la impermeabilización.

### 1.2. Productos RENOLIT

RENOLIT presenta una amplia oferta de láminas de plástico adecuadas para llevar a cabo la impermeabilización de los cimientos:

- o RENOLIT ALKORPLAN PVC-P geomembrana
- o RENOLIT ALKORTOP PP geomembrana
- o RENOLIT ALKORTENE PE geomembrana

### 1.3. Requisitos de los materiales de impermeabilización

La calidad de la impermeabilización depende de:

o la elección de la geomembrana

o sistema de impermeabilización, incluida la preparación del terreno

o como de llevar a cabo el trabajo (suelo, drenaje, sistema de impermeabilización y protección).

#### 1.3.1. Estanqueidad

Depende de la definición de la geomembrana (grupo de productos, espesores) con el fin de resistir todas las influencias (presión, estado del suelo, etc.).

#### 1.3.2. Flexibilidad

Esta pregunta tiene que ser tomada en cuenta durante el proyecto.

La membrana tiene que ser elegida dependiendo de la forma, los ángulos y los asentamientos de la construcción.

### 1.3.3. Resistencia química

Contaminación del suelo y de las aguas subterráneas.

## **2. GEOMEMBRANAS RENOLIT**

### **2.1. Geomembranas RENOLIT ALKORPLAN**

El RENOLIT ALKORPLAN tipo representa a todas las geomembranas flexibles, homogéneas o reforzadas de PVC-P.

#### **2.1.1. Referencias de Geomembrana RENOLIT ALKORPLAN**

- 35041, geomembrana no-reforzada, opaca, gris oscuro con una capa delgada señalizadora en color amarilla (bi-color) para prevenir de cualquier daño mecánico.  
Conforme a las especificaciones SIA V280, RVS 8T, DS 853, HEFT 365.
- 35034, geomembrana no-reforzada, opaca, verde claro (de un solo color).  
Conforme a las especificaciones RVS 8T, HEFT 365;
- 35036, geomembrana no-reforzada, translúcida (>70%).  
Conforme a las especificaciones capítulo 67 título III CETE Lyon, NEAT ;
- 35020, capa protectora de PVC-P no-reforzada  
Conforme a las especificaciones capítulo 67 título III CETE Lyon.
- 35038, geomembrana no-reforzada, opaca, gris oscuro, resistente contra las influencias temporales de hidrocarburos; se puede aplicar directamente en contacto con el betún.

Las geomembranas mencionadas anteriormente también se pueden producir:

- Reforzadas (malla de poliéster o fibras de vidrio).
- Geotextil doblado con PES (poliéster) o PP (polipropileno).

Las características mecánicas pueden cambiar debido al refuerzo y/o al doblado del geotextil.

#### **2.1.2. Propiedades**

Son membranas de PVC-P flexible, calandradas o extrusionadas, enrolladas, con un ancho de 2,05 m.

- Después de la elongación bajo tensión, el PVC-P es capaz de relajarse y adaptarse al terreno.
- Alto rendimiento sobre la deformación bi-direccional debido a su elasticidad (> 170%).
- Elevada resistencia a los punzonamientos hidrostáticos (> 950 kPa / mm).
- Resistencia a la perforación.
- Buena resistencia frente a productos químicos como las bases de los ácidos y sales, el envejecimiento, las raíces y las influencias ambientales.

- Las geomembranas de PVC-P resisten el contacto permanente de los niveles de pH entre 2 y 10.
- Las geomembranas sin protección UV pueden resistir un mes en exposición directa a la radiación UV, sin perder sus características mecánicas. Las geomembranas con protección a los rayos UV, pueden ser utilizadas para su exposición permanente.
- Excelente capacidad de soldadura, ya sea con un soldador manual de aire caliente, (tipo Triac) o máquina automática (tipo cuña caliente y / o aire caliente), incluso después de muchos años de uso, conservando un elevado rango de la temperatura y velocidad.
- Dilatación térmica limitada:  $1.5 \cdot 10^{-4} \text{ cm / cm / } ^\circ\text{C}$

### 2.1.3. Características

Ver fichas técnicas.

## **2.2. Geomembranas RENOLIT ALKORTOP**

Este tipo de geomembrana esta hecha de polipropileno flexible.

### 2.2.1. Referencias de Geomembranas RENOLIT ALKORTOP

- 35080, geomembrana homogénea, gris, 2.05 m de ancho.

### 2.2.2. Propiedades

Geomembranas realizadas de PP flexible, homogéneas o reforzadas.

- FPP es menos flexible que el PVC-P.
- Se observa un limite de elasticidad después de la elongación en algunos de los materiales (+ -40%).
- Las geomembranas homogéneas muestran un buen rendimiento sobre la deformación bi-direccional debido a su relativa flexibilidad, especialmente a bajas temperaturas.
- Buena resistencia química.
- Resistencia media al punzonado hidráulico (600 kPa / mm).
- FPP se puede soldar con aire caliente ya sea con máquinas automáticas de cuña caliente o soldador manual de aire caliente, con un estrecho rango de temperatura.

### 2.2.3. Características

Ver fichas técnicas.

## **2.3. Geomembranas RENOLIT ALKORTENE**

Este tipo de geomembrana está hecho de polietileno (PE)

## 2.3.1. Referencias de Geomembranas RENOLIT ALKORTENE

- 00251, geomembrana HDPE, negra
- 00274, geomembrana LDPE, negra

## 2.3.2. Propiedades

Geomembranas fabricadas en PE, extrusionadas y en color negras.

- Elevada resistencia contra la influencia de sustancias químicas, especialmente carbonatos hidráulicos, ácidos y bases.
- Baja resistencia contra el oxígeno activo.
- La capacidad de deformación se reduce debido a su poca flexibilidad, especialmente en superficies irregulares y rugosas.  
Para iniciar una elongación del material, se tiene que aplicar una gran fuerza debido a su rigidez. Después de un alargamiento de aproximadamente 8% (en una dirección) se alcanza el punto de rendimiento y el material comienza a fluir. La elongación ocurre en el punto más débil del material hasta que se rompe. Durante su estado de fluidez el polietileno de alta densidad es muy sensible a cualquier influencia mecánica.
- Resistencia media al punzonado hidráulico (675 kPa / mm).
- Angulo de fricción pobre (+ - 18 °)
- Elevada dilatación térmica (+ - 2.6 4.10 cm / cm / ° C)
- PE-HD tiene que ser soldado por aire caliente o con máquinas de soldadura con cuña de gran presión. Los puntos singulares tienen que ser soldados por extrusión con aporte de material. No es posible soldar este material con soldador manual de aire caliente.

## 2.3.3. Características

Ver fichas técnicas.

## **2.4. Accesorios**

Las geomembranas son la parte más importante de un sistema de impermeabilización. Para que funcione de forma correcta diferentes accesorios complementan todo el sistema, dependiendo del tipo de construcción que se vaya a impermeabilizar.

Todos los accesorios tienen que ser compatibles con la geomembrana a instalar:

- Capa protectora (geotextil, lamina de plástico, ...)
- Elementos de fijación (chapa laminada, water stop, placas de metal inoxidable, anclajes, etc.)

- Compartimentos y elementos de fijación para controlar y reparar la impermeabilidad después de verter el cemento (water stops, tuberías de inyección,...)

## 2.5. RENOLIT Producción

El proceso completo de producción, incluyendo la gestión y la compra de materias primas tiene que ajustarse a las exigencias de la ISO 9001.

El control de la producción se inicia con el suministro de la materia prima antes de pasar al laboratorio encargado de la mezcla del compuesto, y luego continuara a través de la producción, el departamento de logística, y también por el equipo de gestión.

Después de pasar por la unidad de mezcla y fusión del compuesto, se transporta hasta la calandra o la unidad de extrusión, pasando en el primer caso la membrana por los numerosos tambores de la calandra, controlado por diferentes dispositivos electrónicos ya sea tanto para el espesor, el calor o la velocidad. Para finalizar se extrae la membrana y se enrolla.

La geomembrana opaca señalizadora (35041) se fabrica en la maquina de extrusión/laminación donde la capa fina (señalizadora) se lamina sobre una membrana de color gris oscuro. El calor y la presión exacta es importante para recibir un laminado perfecto entre las 2 capas de membranas.

## 2.6. Geomembrana recomendada

El grupo RENOLIT fabrica y comercializa una gama muy amplia de geomembranas en PVC-P PE o PP afin de cubrir una gran variedad de aplicaciones. La experiencia del pasado ha demostrado que el PVC-P es el producto más adecuado para el revestimiento de fundaciones siempre en referencia a las características mecánicas, manipulación, resistencia a la radiación UV y su durabilidad.

las Laminas RENOLIT ALKORPLAN 35034-35036-35041 están preparadas para resistir grandes presiones sujetas al peso del edificio.

El sistema de estanqueidad con geomembranas PVC-P RENOLIT ALKORPLAN ofrece una máxima seguridad frente al asentamiento diferencial y el riesgo de perforación debido a la instalación de la armadura del hormigón.

En caso de daño de la geomembrana, disponemos de un sistema que permite reparar la estanqueidad, después del vertido del hormigón, sin necesidad de perforación.

## 3. CONCEPTO DEL SISTEMA DE IMPERMEABILIDAD

### 3.1. Losa de cimentación

- Hormigón liso
- geotextil de 500 g/m<sup>2</sup>
- PVC-P geomembrana de 2,0 mm (1,5 mm)
- Geotextil de 500 g/m<sup>2</sup>
- PE lámina de 0,25 mm como capa deslizante
- Hormigón de protección



Como control y sistema de reparación se instalan water stops y tubos de inyección. La superficie de las áreas de control no debe ser mayor de 100 m<sup>2</sup> en la losa de cimentación.

La losa de cimentación tiene que ser separado a través de water stops de la sección de la pared.

### 3.2. Paredes Verticales

#### 3.2.1. Paredes verticales con espacio para trabajar

- geotextil 500 g/m<sup>2</sup>
- PVC-P geomembrana 2,0 mm (1,5 mm)
- geotextil 500 g/m<sup>2</sup>
- capa protectora (cartón, bloques de hormigón)
- relleno



### 3.2.2. Parámetros verticales, sin espacio de trabajo

- Muro de contención
- Capa de separación (por ejemplo, poliestireno de 4 cm o similar)
- geotextil 500 g/m<sup>2</sup>
- PVC-P geomembrana 2,0 mm (1,5 mm)
- Geotextil
- Pared de hormigón



El mismo sistema de control y reparación se utiliza para la losa. Los water stops se colocan en la junta o cerca de la junta de la losa y la pared. La superficie de las áreas de control tiene que ser determinada siguiendo la situación sobre el terreno.

## **4. INSTALACION DEL SISTEMA DE IMPERMEABILIDAD**

### **4.1. Impermeabilización con espacio de trabajo**

#### **4.1.1. Recubrimiento de la losa inferior**

Una vez el hormigón liso ha sido derramado, el sistema de revestimiento tiene que ser instalado, que consta de:

- Geotextil PP mínimo 500 g/m<sup>2</sup>,
- Geomembrana de PVC-P de un grosor de un mínimo de 2.0 mm
- Capa protectora, que puede ser una lamina de PVC-P de 1,5 mm a 2,0 mm o un geotextil mínimo 500 g/m<sup>2</sup>.

Es absolutamente recomendable poner una lámina PE en la parte superior del geotextil en el caso de que este material sea elegido como capa de protección,

para lograr un deslizamiento entre el hormigón y la losa de cemento. Además la lámina de PVC-P evita la penetración de cemento líquido en el geotextil.

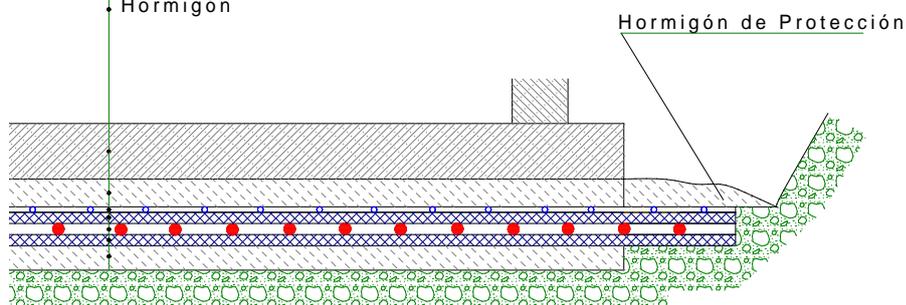
- Al final una última capa de hormigón de protección ha de ser derramada. En caso de utilizar water stops no se debe derramar el hormigón sobre ellos, de lo contrario el sistema de compartimentación no funcionará.



Ejecución del hormigón de protección

## Impermeabilización de la Losa Inferior con Espacio para Trabajar

- Losa de Hormigón
- Hormigón de Protección min. 7 cm
- Lamina de PE 0,3mm
- Geotextil PP min. 500 g/m<sup>2</sup>
- ALKORPLAN 2,0 mm - 3,0 mm
- Geotextil PP min. 500 g/m<sup>2</sup>
- Hormigón



*Excavación con espacio de trabajo*

**4.1.2. Revestimiento entre losa y muro**

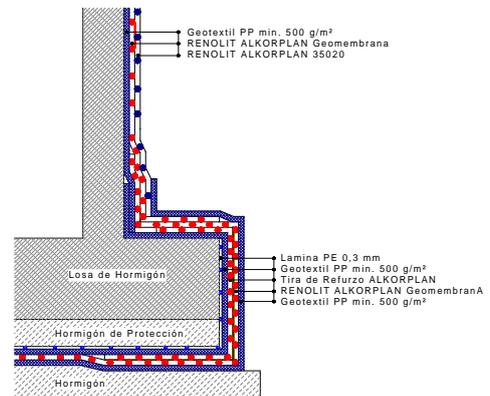
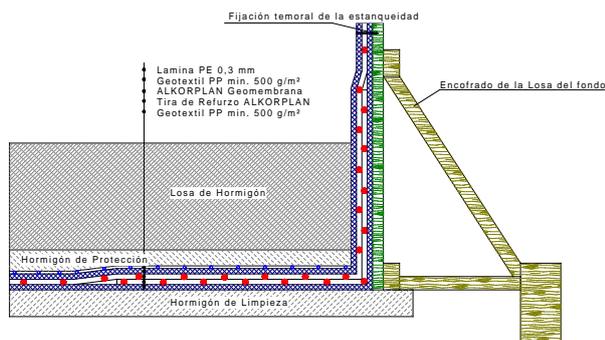
El sistema de aislamiento pasa por encima de la losa de cemento en cada lado, con el fin de conectar el sistema de impermeabilización con la pared. El sistema de impermeabilización – que pasa por encima de la losa inferior - tiene que ser protegida (hormigón poroso, por ejemplo) hasta que las paredes se construyen.

Dependiendo de la altura de la pared, se construirá en etapas sucesivas. Después de terminar las obras de hormigón 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 puede ejecutar.

El revestimiento entre la losa y la pared es un punto muy sensible dado por las presiones locales causantes de un gran estrés, por lo tanto es muy importante colocar el revestimiento con gran cuidado

Detalle Lateral de una Cimentación

Impermeabilización de Cimentaciones con Espacio para Trabajar



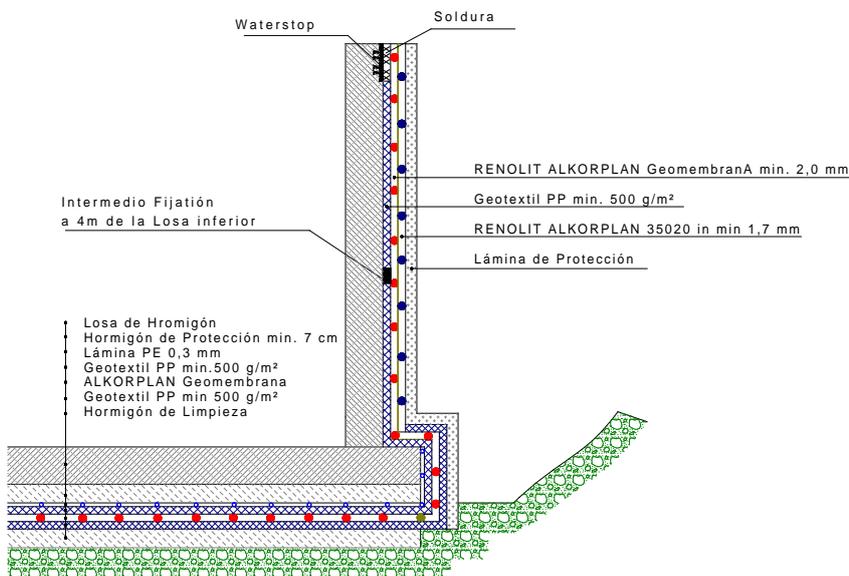
Esquina en dos capas

**4.1.3. Revestimiento de paredes verticales**

La fijación en la parte superior de la pared se puede hacer de diferentes maneras. Existe la posibilidad de colocar un water stop en la parte superior del encofrado. Después del hormigonado el encofrado se retira, se limpia el water stop y se deja la membrana soldada al water stop. Esto es una buena solución técnica y además crea un sistema de compartimentación.

En caso de que se construya la pared pasa 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. se haya terminado. La fijación final a nivel mas alto (cota cero o superior) se puede realizar con la ayuda de un water stop o una fijación mecánica.

## Impermeabilización del Muro



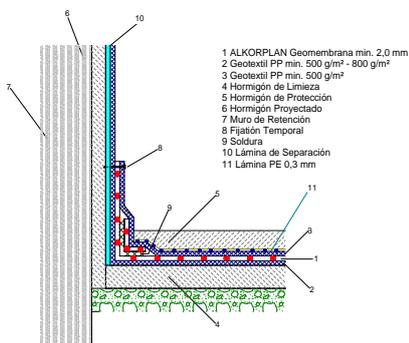
*Sistema de la pared*

## 4.2. Impermeabilización sin espacio de trabajo

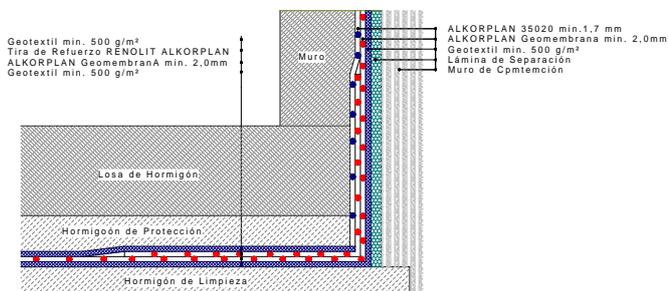
### 4.2.1. Recubrimiento de la losa inferior

La colocación de la losa inferior sin espacio de trabajo es similar a la de con espacio de trabajo, además del punto de conexión para el revestimiento de la pared. La impermeabilización se debe fijar temporalmente al muro de contención a una determinada altura (min.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.

Diseno Standard Losa Fundación-Muro



Impermeabilización sin Espacio para Trabajar

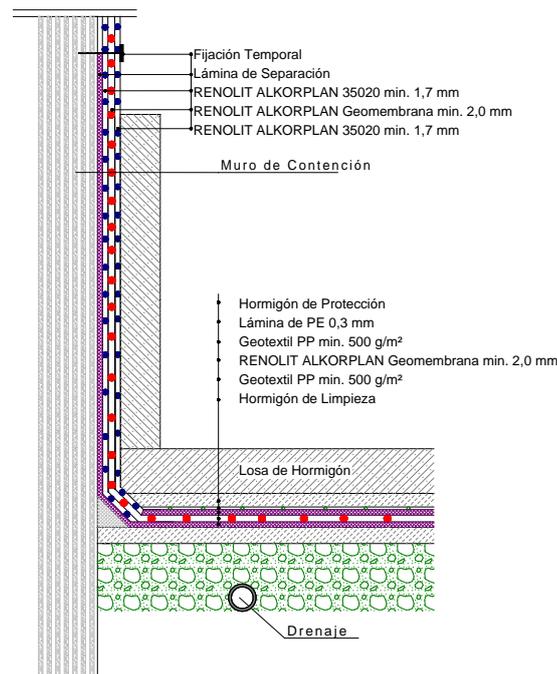


*La ejecución del sistema de recubrimiento entre la losa y muro*

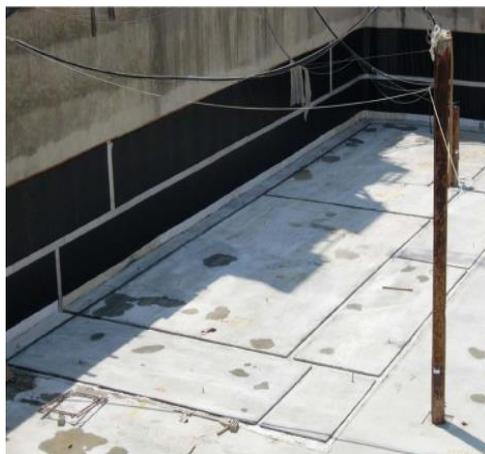
## 4.2.2. Impermeabilización de las paredes verticales

Los trabajos de impermeabilización se llevan a cabo antes de verter el hormigón en las paredes de la obra. 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 colocada sobre la superficie vertical de la sección siguiente. En el caso de que la construcción continúe de la misma forma, el método descrito se repetirá (Esquema sin water stops).

Impermeabilización sin Espacio para Trabajar



*Fijación intermedia de la impermeabilización*



## 4.3. Sistema de compartimentación

Este sistema ayuda a reducir los trabajos de reparación en caso de daños. Los water stops, soldados a la geomembrana, dividen el sistema de revestimiento en los compartimientos que limita la extensión de la infiltración de agua. La superficie de un compartimento no debería ser superior a 100 m<sup>2</sup>.

Los anclajes de los water stops tienen que estar bien integrados en el hormigón con el fin de evitar que el agua se propague de un compartimento a otro.

Los water stops de PVC-P se han soldado a la geomembrana (con soldadura automatizada para superficies horizontales).

A través de estos compartimentos se puede determinar la zona de fuga con precisión a una superficie limitada.

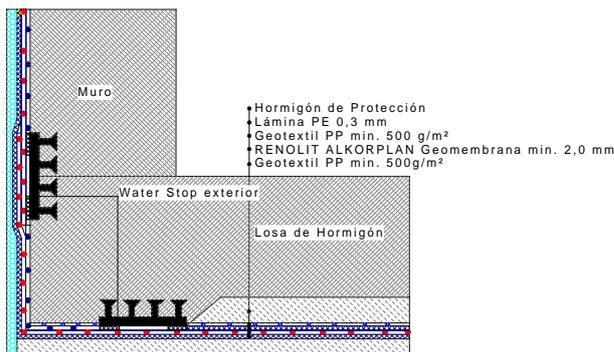
En combinación con un sistema de inyección, la reparación de una fuga de un compartimento puede llevarse a cabo sin dañar la geomembrana, así como mantener el coste a un nivel razonable.

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.



*Losa protegida con Water Stops expuestos*

Cimentación Losa-Muro



*Ejecución del sistema de revestimiento con water stops externos*



*Peligros del impacto mecánico al sistema de impermeabilización*

**4.4. Sistema de doble capa para aplicaciones especiales**

Construcciones hechas donde hay gran presión de las aguas subterráneas necesitan una impermeabilización muy segura. Estos edificios pueden ser las centrales nucleares, hospitales, el almacenamiento de materiales de isótopos, los bancos con cajas de seguridad, las cubiertas del parque y también túneles a profundidades importantes.

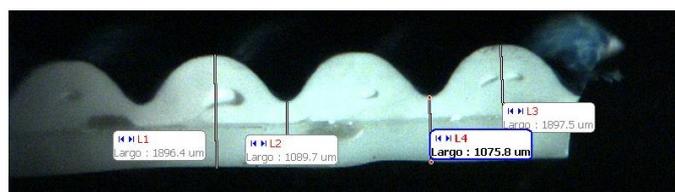
Para estos edificios una impermeabilización de una sola capa puede no ser suficiente, ya que se tiene que tener en cuenta que la membrana de impermeabilización podría ser dañada durante el refuerzo y obras de construcción. Por lo tanto, se recomienda instalar un sistema de impermeabilización controlable y que se puede reparar, en estos casos.

Un Sistema de "doble estanqueidad" es un sistema controlable y reparable que esta constituido por dos geomembranas colocadas encima la una de la otra, soldadas mutuamente afín de crear compartimientos cerrados.

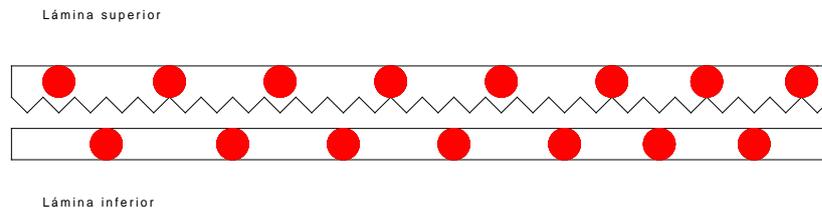
El vacío de la compartimentación permite controlar una perfecta estanqueidad. Este sistema de doble estanqueidad se compone de una membrana normal y de una membrana estructurada lo que permite un espacio libre entre las dos capas. En caso de fuga de una de las geomembranas, el vacío será inexistente.

Gracias a la geomembrana estructurada, la inyección de un producto líquido de estanqueidad para reparar la fuga se distribuirá con facilidad en toda la superficie entre las dos capas.

Imagen de la membrana de estructura que permite un espacio vacío entre las dos capas



Sistema de Impermeabilización de doble Lámina



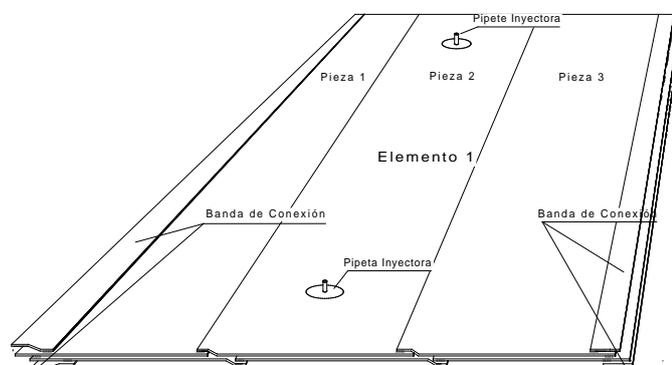
## Ventajas

- Mediante el uso de dos capas de geomembrana se reduce el riesgo de daños. En caso de daños, en la mayoría de los casos sólo una sola capa se verá afectada, por lo que todavía queda capa restante que está en pleno funcionamiento.
- En el peor de los casos donde ambas geomembranas están dañadas, todavía existe la posibilidad de hacer una reparación a través del sistema de inyección con material impermeabilizante líquido (PU, Acrylat).
- El sistema de control y de inyección permite examinar el funcionamiento del sistema de doble capa, en caso de cualquier fallo, la reparación de llevará a cabo mediante la inyección de resina impermeabilizante líquido. Esto se puede hacer sin destruir el cemento.

### 4.4.1. Prefabricación

Dependiendo del tamaño de la construcción de elementos prefabricados, que consiste en una geomembrana superior y una geomembrana inferior normal, estos se sueldan entre sí en un ambiente limpio y seco. La geomembrana superior se colocará a una distancia de unos 20 cm paralela a la geomembrana inferior. Esta superposición es necesaria para crear la conexión a la siguiente pieza de doble capa.

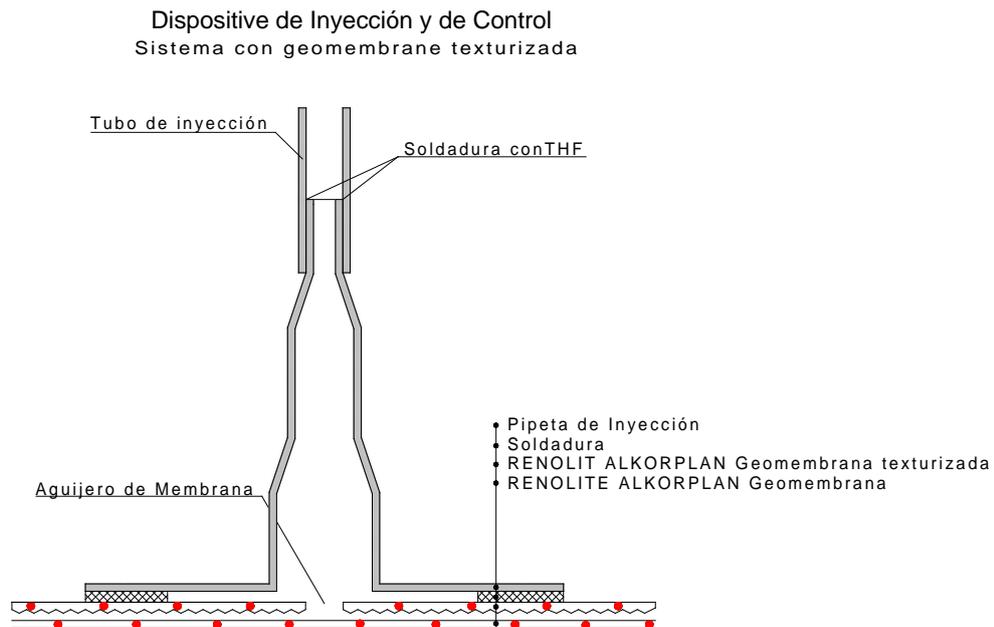
Hay que asegurarse de que también el área de conexión de los elementos se puede controlar e inyectar. Por esta razón, las tiras de la geomembrana tienen que ser soldadas en la geomembrana en ambos lados del elemento prefabricado.



En el caso de que los elementos tengan que estar conectados a ambos lados de la cabeza de un elemento prefabricado, la membrana superior se colocará a una distancia de 20 cm hacia el interior desde el lado de la cabeza del elemento inferior.

#### 4.4.2. Control y sistema de inyección:

Este sistema ayuda a controlar la calidad de la soldadura y detectar fugas. Al mismo tiempo se puede utilizar como un sistema de reparación.



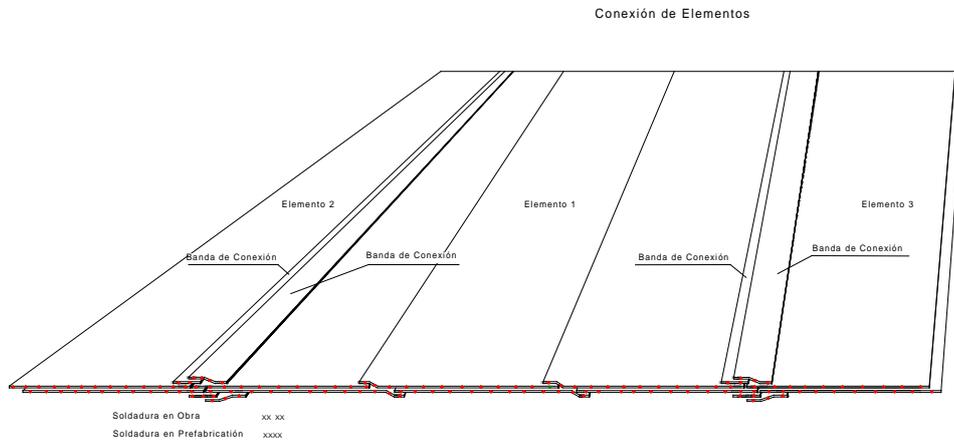
El tubo de inyección puede tener diferentes formas dependiendo del producto.

Un pequeño agujero se corta en la geomembrana superior en el cual se solda un tubo de inyección. Tuberías de inyección se pueden soldar a los elementos ya en prefabricación, y también en el sitio - dependiendo de la estructura que se alinea.

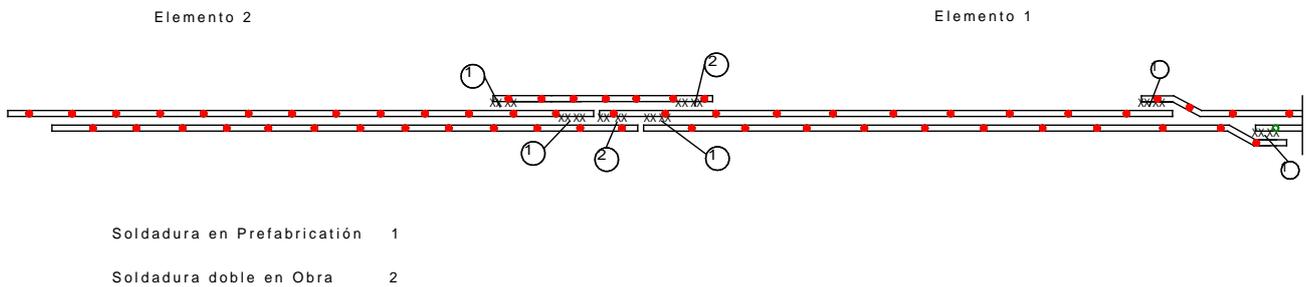
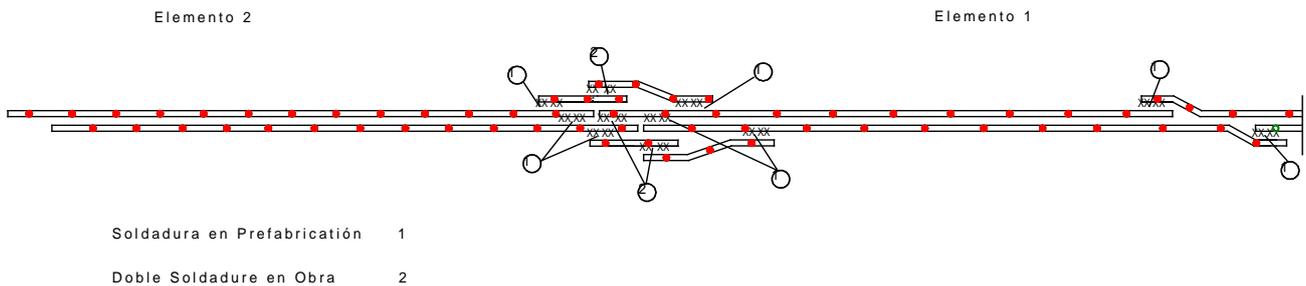
Cuando se apliquen dichos sistemas en túneles, se recomienda la instalación de las tuberías de inyección durante la prefabricación, a continuación, la prueba de vacío tiene que ser ejecutado para controlar todas las soldaduras. En el caso de que una soldadura no esté correcta, no será posible crear el vacío. Debido al vacío, ambas geomembranas se adhieren entre sí y los elementos se pueden instalar en la bóveda como un sistema de una sola capa. En situ los tubos de inyección están soldados a la tubería de inyección con THF.

### 4.4.3. Conexión de los elementos prefabricados en situ

Los elementos prefabricados se colocan en la posición correcta en situ y soldados entre sí. Todas las soldaduras en situ, aparte de los detalles deben ser soldadas con una maquina de aire caliente.



### Detalle de conexión entre elementos:



Después de la conexión de todos los elementos se puede verter el cemento sobre el sistema de impermeabilización.

Los tubos de inyección pueden ser guiados a una caja central conectada a medidores de vacío con el fin de controlar el funcionamiento de cada elemento.



#### 4.4.4. Reparación

En el caso de un fallo el vacío de los elementos se descompone. Puede suceder cuando una sola capa de las 2 geomembranas está dañada o si la soldadura se despegas. Con las tuberías de inyección se puede controlar si las dos capas están dañadas ya que aparecerá agua a través de los tubos de inyección.

En caso de fuga en una de las capas, el agua no entrará, pero el vacío se romperá. Esto significa que la impermeabilización sigue funcionando, pero sólo con una capa de geomembrana y por lo tanto no hay ninguna razón para hacer una reparación.

Si las dos capas están dañadas, se tiene que reparar el espacio entre las dos capas de geomembrana. La reparación, en general, se realiza mediante la inyección de acrilato, PU o cemento endurecido con agua.

Los trabajos de inyección son muy delicados y deben ser realizados por un especialista. La mezcla ideal (viscosidad), la fuerza de la presión y la velocidad de la inyección deben ser coordinadas con cuidado.

De un lado, el líquido de inyección debe circular con facilidad entre las dos capas para arreglar los daños y por otra parte no debe ser demasiado líquido para no ser arrastrado por el agua entrante. La viscosidad del material de inyección debe ser determinada con gran precisión.

## 5. MATERIAL

### 5.1. Geomembrana

La elección de la geomembrana se debe hacer según la tarea 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 más adecuado para este sector tan importante de impermeabilización.

#### 5.1.1. Sistema con 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 puede 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

La lámina "señal layer " puede fabricarse de dos maneras :

- con una lamina calandrada fina de hasta 0.2 mm para ser doblada con la geomembrana
- por impresión

#### 5.1.2. Sistema con lámina translúcida

El uso de una membrana translúcida permite tener buen control visual de la soldadura (continuidad y acabado).

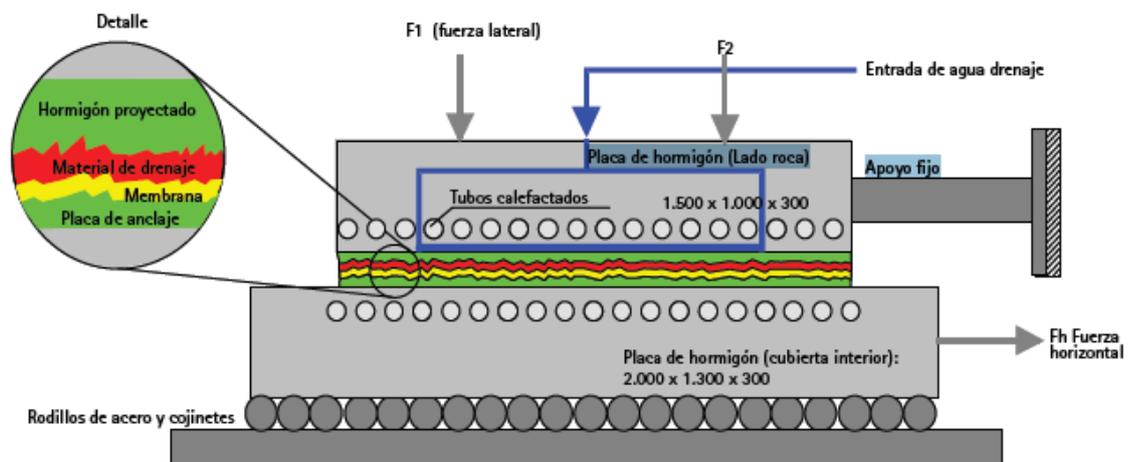


Esta imagen muestra visualmente que la soldadura es de buena calidad. La soldadura es más transparente que el área del canal de prueba; pero a la vez las marcas negras al principio de la soldadura demuestran que, o bien la temperatura era muy alta, o que no se había limpiado la cuña caliente adecuadamente. 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 del aire, así como con líquidos de colores. La ventaja de este método consiste en detectar de inmediato el lugar donde la soldadura ha fallado.

### 5.1.3. Resistencia de la membrana de PVC-P RENOLIT ALKORPLAN PVC-P bajo presión:

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



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 túnel

Fuente: The Sealing of Deep-seated Swiss Alpine Railway Tunnels  
New Evaluation Procedure for Waterproofing Systems  
P. Flüeler, Ch. Löwe, M. Farshad, P. Zwicky, H. Böhni

- 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):
- Esfuerzo de compresión, a 20% de compresión, es de 13.3MPa, cuando el mínimo requerido es de 2.5MPa;

- Una c del 7.5 % es alcanzada con una presión de 2.5MPa cuando el requisito mínimo de la norma admite hasta un 20%.
- El instituto francés CETE demuestra que el sistema de impermeabilidad compuesto de geotextil 700g/m<sup>2</sup> + geomembrana RENOLIT ALKORPLAN 35036 2mm + capa protectora RENOLIT ALKORPLAN 35020 2.0 mm ofrece una resistencia a la perforación dinámica superior a 8.5J (capítulo 67 título III de C.C.T.G.)

## 5.2. Geotextil

### 5.2.1. Producto

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

### 5.2.2. Datos Técnicos

Características	NORMAS	UNIDAD	Especificaciones
Peso de superficie	(EN ISO 9864)	g/m <sup>2</sup>	500 +-10%
Espesor Nominal bajo 20kPa	(EN ISO 9863-1)	mm	≥ 3.0 +-20%
Fuerza de tracción L&T	(EN ISO 10319)	kN/m	≥ 32 -10%
Alargamiento a carga máxima	(EN ISO 10319)	%	≥ 80% +-20%
Prueba de punción estática (CBR)	(EN ISO 12236)	kN	>= 6.2 -10%
Prueba Dinámica de punción (ensayo caída de cono)	(EN 918)	mm	4 +20%
Resistencia a la oxidación	(EN ISO 13438)	<b>Pronóstico de durabilidad mínima de 25 años para todas las aplicaciones en terreno natural con 4&lt;pH&lt;9 y la temperatura del suelo &lt;25°C</b>	

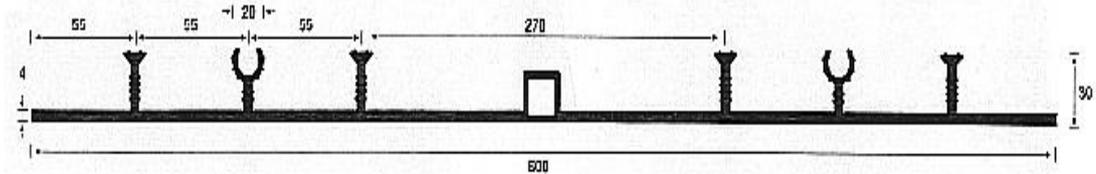
## 5.3. Water stops

Es aconsejable el uso de water stops con tubos de inyección integrados para asegurar la estanqueidad en las juntas.

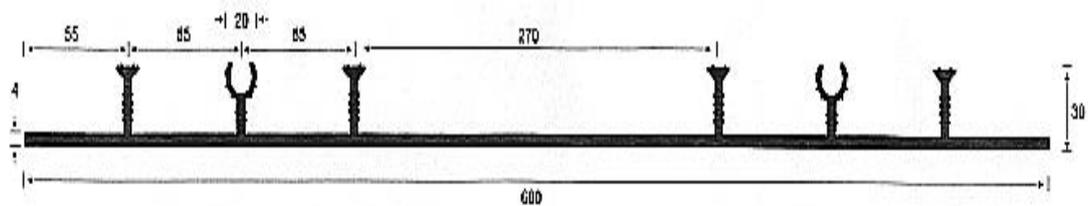


### 5.3.1. Water stop para las juntas de dilatación

Este water stop se pone en todas las juntas de dilatación en la construcción. 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.



### 5.3.2. Water stop para juntas normales



## 5.4. Dispositivos de inyección

Además de los water stops, se soldaran puntualmente dispositivos de inyección a la membrana. La tarea de dichos dispositivos de inyección es la de ofrecer la posibilidad de inyectar material impermeabilizante líquido con el fin de cerrar la fuga 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 presionado 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 infiltración del agua.

Hay dos tipos de sistemas diferentes de inyección disponibles:

- Tubería de inyección
- Tubo de inyección



*Tubería de inyección*



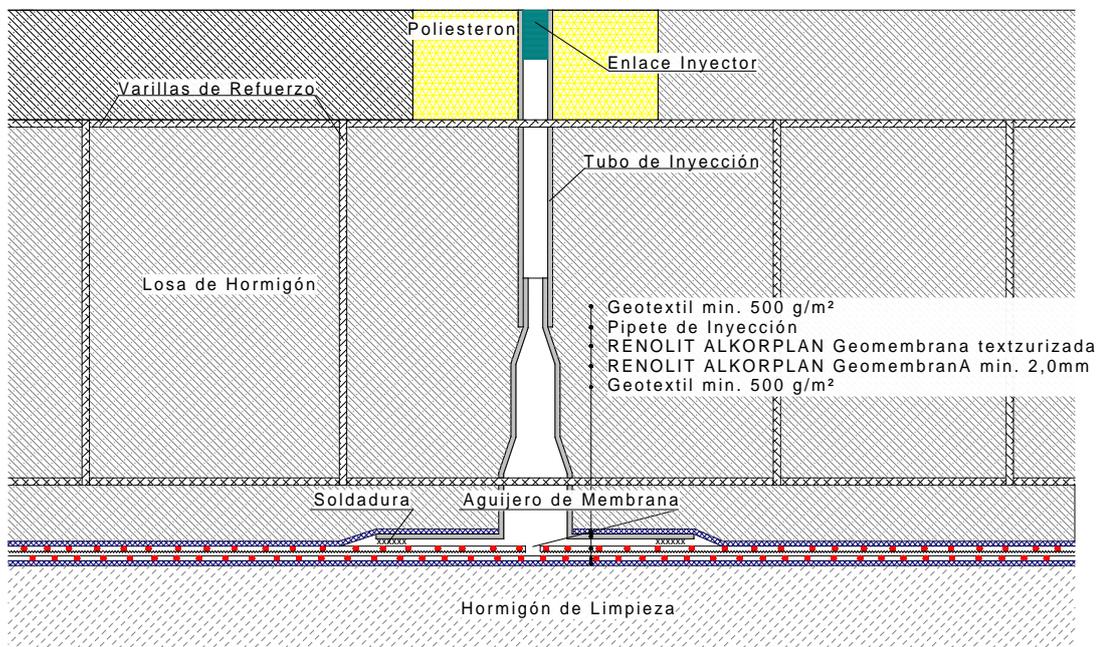
*Tubo de inyección*

### 5.4.1. Tubería de inyección

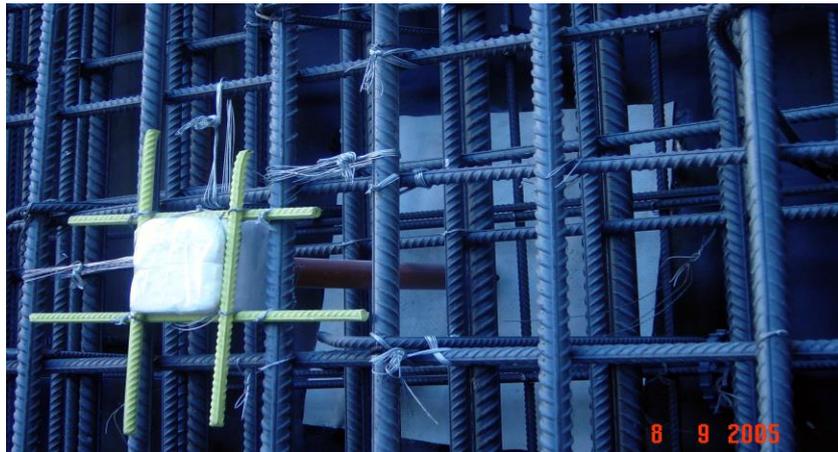
El tubo de inyección es una manguera a la que se suelda un tubo de PVC-P a través de THF. El tubo tiene que resistir una presión de al menos 6 a 8 bares. La conexión entre la tubería está asegurada a través de una soldadura homogénea con THF. No se usará ningún dispositivo metálico para evitar el peligro 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.

### Sistema de Inyección



*Tubería de inyección soldada en un punto concreto de la membrana*



*Entrada protegida de la tubería de inyección*

## **5.4.2. Tubo de inyección**

Tubos de inyección soldados puntualmente a la geomembrana



## **5.5. Herramientas de soldadura**

### **5.5.1. 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 guía entre las membranas superpuestas; los dos rodillos de presión avanzan la máquina a una velocidad determinada. Temperatura, presión y velocidad se ajustan antes de ejecutar la soldadura final. La máquina está completamente guiada electrónicamente. A consecuencia de los cambios de temperatura, la guía electrónica ajustará 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%.

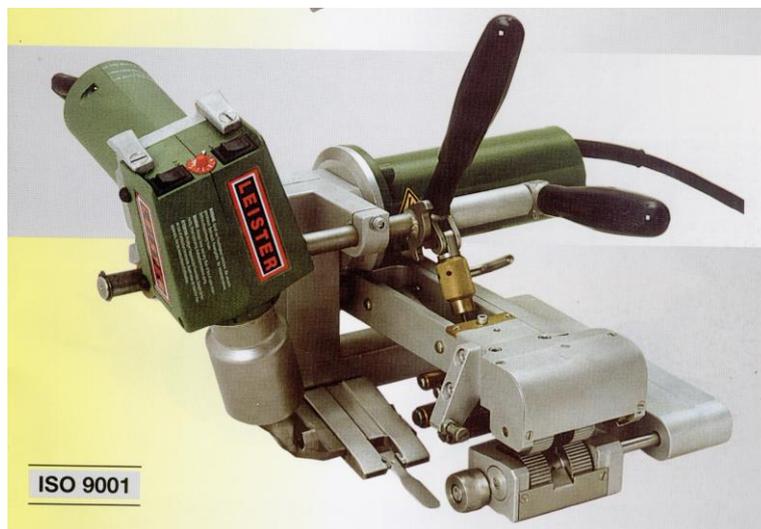


*Maquina automática de soldadura de cuña caliente*

### 5.5.2. Maquina automática de soldadura de aire caliente

La máquina es una combinación de cuña caliente / una maquina de soldadura de aire caliente.

La temperatura de aire caliente, la presión y la velocidad de soldadura son ajustables y se controlan electrónicamente.



*Maquina automática de soldadura de aire caliente*

### 5.5.3. Soldador manual

El soldador manual usa aire caliente y es indispensable para proyectos debajo de la tierra. Todos los detalles constructivos se deberán soldar con esta tipología de maquina.



## **6. CONTROL Y PRUEBA DE LA IMPERMEABILIDAD**

Los trabajos de impermeabilización tienen que ser controlados con cuidado, ya que la menor fuga puede causar graves problemas en el futuro, por lo tanto, todas las uniones ejecutadas in situ o en prefabricación tienen que pasar unas pruebas.

### **6.1. Control de la doble soldadura a través de la presión del aire**

La soldadura con máquina automática produce un canal de comprobación. Después de terminar el trabajo de soldadura las uniones tienen que ser probadas a través de la presión del aire, o por medio de un líquido de color que también tiene que ser introducido a presión en dicho canal.

El canal de aire está cerrado en ambos lados de la membrana. Una aguja de prueba (por ejemplo, del tipo Leister) se introduce en el canal de comprobación. La aguja tiene una forma cónica para evitar la evacuación del aire bajo presión. La presión tiene que ser de 2 bares y no se puede reducir más del 20% debido a la capacidad de elongación del material de PVC-P, en 15 minutos, y con una temperatura exterior de 30 ° C.

En el caso de un fallo la presión disminuye.

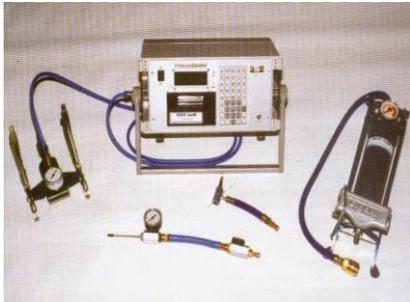
En el caso de pruebas con líquidos de colores, la fuga de la soldadura se puede detectar inmediatamente, ya que se derramará a través de la soldadura.

En el caso de una soldadura defectuosa, esta tiene que ser reparada cuidadosamente con soldadura manual.

Después de hacer una prueba con éxito, se suelda un trozo de PVC-P sobre el agujero de penetración de la aguja de prueba.

Cada trabajo de soldadura se tiene que comprobar de esta manera anotando la hora, fecha y la presión al principio y al final de la prueba.

Esta información se transcribe en un protocolo diario, que se firma por el ingeniero de control, el contratado y el instalador.



*Dispositivos de control*



*Control con líquido de color*



*Prueba de Soldadura*

## 6.2. Control de soldadura manual

Un tubo de acero conectado a un compresor con un diámetro de 3 a 4 mm se traza a lo largo de la unión bajo una presión de 5 bares.

Las fugas se detectan inmediatamente a través de la burbuja de aire en desarrollo debido a la presión del aire aplicado.



## 7. CONCLUSION

La instalación de sistemas de impermeabilización en cimientos es una sofisticada pieza de ingeniería. Sólo una instalación precisa puede llevar al éxito. El más mínimo error permitiría que entre el agua, entre la geomembrana y entre la capa de hormigón en el interior.

El instalador no puede ser el único responsable para garantizar el éxito de un sistema de impermeabilización en tales circunstancias, hay demasiados riesgos de daños después de que haya culminado su trabajo.

El contratista tiene la obligación de ejecutar las obras de la misma manera profesional y cuidado que el instalador para ofrecer una cimentación seca.

Esta es una tarea difícil y por consiguiente pueden suceder fallos en el sistema de estanqueidad. Por lo tanto, un sistema de reparación está previsto desde el principio a través de la integración del sistema de compartimentación con tuberías de inyección.

Se ofrece una oportunidad real para cerrar las fugas en el sistema de impermeabilización.



*Instalación de Water Stops y ejecución del cemento protector*