

Introducción

Este manual contiene información sobre los sistemas de recubrimiento de estanques utilizando **la Geomembrana de caucho EPDM de Firestone**. Además de las recomendaciones generales para la instalación de la Geomembrana, también da información sobre la preparación del terreno y de los trabajos de excavación.

A primera vista, el diseño y la ejecución de un proyecto hidráulico puede parecer simple. Por esta razón, el contratista, el proyectista y el constructor pueden quedar desagradablemente sorprendidos si no se han tenido en cuenta todos los parámetros ligados al diseño y a la ejecución.

Generalmente, para proyectos simples, el diseño lo puede llevar a cabo el propio responsable de la obra o incluso el instalador. No obstante, en el caso de grandes estanques los problemas con frecuencia son considerablemente más complejos, y el constructor debe solicitar la ayuda de una oficina técnica especializada en trabajos hidráulicos. La oficina técnica del estudio ha de poder solventar cuestiones precisas sobre la excavación y movimiento de tierras, drenaje, protección de la Geomembrana, etc.

Antes de iniciar cualquier proyecto, se debería llevar a cabo un estudio con el propósito de obtener información correcta acerca de:

- *la naturaleza del subsuelo*
- *presencia de cavidades (rocas calcáreas, creta,...)*
- *cota del nivel freático y su variación*
- *presencia de gases en el suelo (turba, materias orgánicas,...)*
- *riesgo de asentamientos diferenciales (suelos mal asentados, terraplenados recientes,...)*
- *riesgo de erosión interna (suelos cársticos, filtraciones, arenas,...)*

En cualquier caso, es obligatorio seguir los principios y las leyes de la mecánica de los suelos, para el diseño del proyecto, con el fin de asegurar la estabilidad del soporte y en consecuencia un recubrimiento del estanque duradero. Todos estos puntos se tratan en la primera parte de este manual.

La segunda parte de este documento trata de los trabajos de instalación del sistema impermeabilizante con Geomembrana de Firestone. En esta sección veremos la preparación del emplazamiento, la compactación de la base, la instalación de los drenajes, la instalación de la Geomembrana, uniones, juntas y ejecución de los detalles.

Finalmente, el manual se complementa con 3 anexos que se refieren respectivamente a:

- *Anexo 1: Las fichas técnicas de los materiales*
- *Anexo 2: Herramientas necesarias*
- *Anexo 3: Tabla de resistencias químicas*

La instalación de la Geomembrana de Firestone la debe realizar un instalador homologado por Firestone de acuerdo con las especificaciones de Firestone. Al mismo tiempo es imprescindible que se cumplan todas las especificaciones que se contemplan.

1 • Diseño

1.1 Campos de aplicación

Las recomendaciones de este documento se aplican principalmente a estanques decorativos y ornamentales, estanques agrícolas, canales y otras aplicaciones del agua.

Se excluyen las aplicaciones en las se puedan generar gases o una contra-presión hidrostática que pudiera comprometer la función de la Geomembrana, así como las instalaciones que contengan sustancias químicas que pudieran afectar a la Geomembrana.

1.2 Elección de la Geomembrana

La Geomembrana de Firestone es una membrana de caucho sintético. Para limitar al máximo la realización de juntas en obra, los paneles se han soldado en fábrica antes de su vulcanización. Las membranas de caucho se presentan plegadas y enrolladas sobre ánimas de 3,3 m de largo.

Cada rollo lleva una etiqueta con la marca, el espesor, las dimensiones, la fecha y el lote de fabricación, así como una flecha que indica el sentido para desenrollarlo.

Las membranas están disponibles en los siguientes tamaños:

- *espesor (mm)* : 1,02 - 1,14 - 1,52
- *ancho (m)* : 3,05 - 6,10 - 7,62 - 9,15 - 12,20 y 15,25
- *longitud (m)* : 30,50 - 45,75 y 61,00

La Geomembrana de caucho EPDM de 1,02 mm de espesor se utiliza específicamente para aplicaciones en embalses decorativos. Se comercializa bajo la marca registrada: **Firestone Pond Liner™**. Debido a su formulación específica y proceso de producción, solamente **la membrana Firestone Pond Liner está garantizada para ser compatible con la vida acuática** de acuerdo con los ensayos publicados por el Centro de Investigación del Agua (Water Research Center) en Inglaterra.

1.3 Elección del emplazamiento

La elección del lugar de instalación de un estanque se debe hacer teniendo en cuenta muchos elementos a fin de asegurar la duración a lo largo del tiempo del sistema de recubrimiento y para evitar futuros problemas. La elección del emplazamiento es responsabilidad de un ingeniero especializado.

La siguiente lista nos permite tener una aproximación realista de los parámetros a tener en cuenta:

1.3.1 Naturaleza de los suelos

Hay que realizar una investigación a fondo en el lugar del emplazamiento con el fin de asegurar la estabilidad del suelo ante cualquier situación.

Es preciso conocer la naturaleza, la permeabilidad y el espesor de las capas geológicas bajo la impermeabilización. Esta tabla le permite al instalador evaluar los riesgos asociados con los tipos de suelo en general:

Tipo de Suelo	Riesgos	Soluciones
<ul style="list-style-type: none"> Suelos comprimibles (turba, arena fina,...) 	<ul style="list-style-type: none"> Desprendimiento de gases considerable Contra-presión bajo la Geomembrana 	<ul style="list-style-type: none"> Drenaje de gases La pendiente del fondo se debe adaptar para facilitar el drenaje
<ul style="list-style-type: none"> Rellenos poco firmes 	<ul style="list-style-type: none"> Asentamiento Excesiva compactación de los materiales aportados 	<ul style="list-style-type: none"> Compactación apropiada
<ul style="list-style-type: none"> Suelos conteniendo materias orgánicas (antiguas balsas de industrias azucareras, papeleras, vertederos,...) 	<ul style="list-style-type: none"> Fermentación Contra-presión por bolsas de gas originadas debajo de la Geomembrana 	<ul style="list-style-type: none"> Drenaje de gases
<ul style="list-style-type: none"> Suelos donde es posible una erosión interna (terraplenes con residuos de derribos, suelos calcáreos, cretas, yesos) 	<ul style="list-style-type: none"> Disolución del terreno por el líquido almacenado en caso de fugas Hundimiento causado por corriente de agua erosionante 	<ul style="list-style-type: none"> Cambio de emplazamiento estudio geológico a fondo de las cavidades Compactado especial o doble impermeabilización
<ul style="list-style-type: none"> Suelos volcánicos (arcillas esponjosas, limos comprimibles) 	<ul style="list-style-type: none"> Poder absorbente Asentamientos diferenciales causando desgarros en las entregas de la Geomembrana 	<ul style="list-style-type: none"> Lecho intermedio Drenaje específico y compactado especial en los puntos singulares

1.3.2 Nivel freático

Si el nivel de la capa freática es superior al nivel que presenta el agua del fondo, el sistema de revestimiento estará sujeto a presiones hidrostáticas. Además, fruto de la subida y bajada del nivel de la capa freática, puede quedar aire retenido y crear contra-presiones.

En consecuencia es preciso conocer el nivel de la capa freática (valores medios y extremos). Si el nivel de la capa freática supera el nivel de la Geomembrana existe el riesgo de levantamiento de la Geomembrana y el sistema de drenaje de gases se puede ver perturbado. En este caso es necesario prever un sistema de drenaje apropiado. Los sistemas de drenaje de las aguas freáticas los debe diseñar el ingeniero del proyecto.

1.4 Geometría del proyecto

1.4.1 Fondo del estanque

Se recomienda una pendiente del 2% para:

- El buen funcionamiento del sistema de drenaje
- Facilitar el mantenimiento del estanque (si no está protegido)
- Facilitar la evacuación de los gases

La pendiente será tanto o más necesaria si la superficie del estanque es grande y se deberá adaptar al nivel de asentamiento calculado.

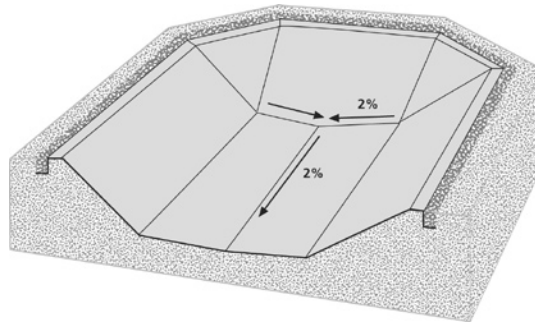


Fig. 1 : Pendientes del fondo del estanque

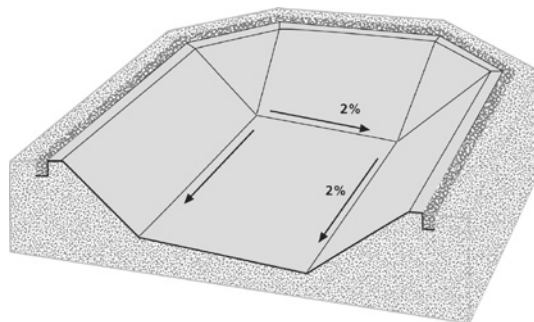


Fig. 2 : Pendientes en el fondo del estanque

1.4.2 Taludes

La estabilidad de las pendientes es un problema de geotécnica. La presencia de la capa freática y la naturaleza del suelo juegan un papel importante en la estabilidad de los taludes. La Geomembrana de Firestone no puede tener ninguna función estabilizadora con respecto a las pendientes.

El estudio de la estabilidad ha de tener en cuenta:

- La estabilidad del sistema de drenaje en distintos regímenes y la de las otras capas que se encuentran entre el fondo conformado y la impermeabilización
- El efecto del oleaje
- Las consecuencias de un vaciado rápido
- Las consecuencias de una fuga
- La estabilidad de una eventual protección de la Geomembrana
- La facilidad de trabajo

Si no se lleva a cabo un estudio de la estabilidad del terreno, el constructor deberá prever una pendiente mínima de 2/1. Si la altura del talud referida a la cota de fondo del estanque se sitúa entre 5 y 10 metros se recomienda una pendiente de 3/1.

A título indicativo se pueden utilizar los valores de la tabla siguiente. Estos pocos valores dependen de la naturaleza del suelo. Estos valores se deben utilizar con la mayor prudencia por todas las razones mencionadas con anterioridad.

Naturaleza del suelo	Pendiente
Suelo arcilloso	2,5 H/1 V
Suelo areno-arcilloso	2-3 H/1 V
Suelo arenoso-gravoso	2 H/1 V
Roca "tierna" (nueva)	1,5 H/1 V

1.4.3 Cumbreras de talud

La cresta del talud debe tener una anchura mínima de:

- 1,0 m para la realización del anclaje
- 3,0 m en el caso de que exista una circulación de vehículos durante la construcción de la obra o durante la explotación del estanque

Cuando este dimensionado no sea posible será preciso acudir a otros sistemas de anclaje. Además también es aconsejable prever una suave pendiente del 1% hacia el exterior de la obra para el escurrido.

1.4.4 Longitud máxima de la obra

El oleaje creado por el viento o las embarcaciones causa un impacto en los taludes laterales. La acción de las olas será más importante cuando la longitud mayor del estanque esté en la misma dirección por la que soplan los vientos más fuertes y cuanto mayor sea la pendiente de los taludes.

El impacto del oleaje se puede paliar del modo siguiente:

- Diseñando un estanque más pequeño pero más profundo.
- Diseñándolo de modo que la dimensión en la dirección de los vientos dominantes sea la mínima.
- Diseñar varios estanques más pequeños en lugar de uno grande.

Según la altura específica de las olas, la naturaleza del terreno y la pendiente de los taludes, les recomendamos lo siguiente:

- Una protección de la Geomembrana adaptada a la pendiente (hormigón, grava, arena).
- Un anclaje de la Geomembrana adecuado.
- Una buena estabilización del soporte.
- Un geotextil de protección debajo de la Geomembrana de revestimiento del estanque.

1.4.5 **Altura máxima del nivel del líquido**

Cuanto mayor sea la altura del líquido contenido en el estanque mayor será la presión hidrostática, en consecuencia los riesgos de hundimiento del terreno y los riesgos de rotura por reventón de la Geomembrana son mayores. A pesar de la gran capacidad de alargamiento a la rotura de la Geomembrana de Firestone es posible que el terreno presente cavidades que puedan causar un reventón de la Geomembrana por presión hidráulica, especialmente sobre terrenos pedregosos. Con el fin de evitar estos riesgos es muy aconsejable colocar un lecho intermedio de regulación suficientemente grueso de arena o de tierra limpia y/o la instalación de un geotextil.

1.5 **Acondicionamiento del soporte**

1.5.1 **Terreno natural**

El soporte (superficie de contacto con la Geomembrana impermeabilizante) debe presentar una superficie limpia, lisa, compacta, libre de asperezas agresivas, de piedras y de pequeñas cavidades. Esta superficie debe facilitar igualmente el reparto de asentamientos diferenciales y facilitar la instalación del sistema de drenaje cuando se requiera.

La preparación del terreno se puede realizar de distintas formas:

- *Excavando la base después de quitar las piedras, la vegetación, etc., se acondiciona con una regulación y un posterior compactado.*
- *Con aporte de un lecho, generalmente de arena, de granulometría controlada y con un posterior compactado.*

Vegetación

Se han de quitar todos los elementos vegetales del fondo del estanque antes del compactado, con el fin de evitar todo posible desprendimiento de gases producidos por su descomposición provocando contra presiones en el subsuelo. Se aconseja aplicar un herbicida duradero. El herbicida debe ser compatible con la Geomembrana.

Compactado

El soporte debe estar bien compactado (con una densidad entre el 85 y 95 % Proctor normal óptimo) ya sea por consolidación natural o bien por compactación mecánica. La compactación de la cunbrera del talud debe ser particularmente cuidadosa.

(Nota: El Proctor normal óptimo corresponde a un estado de equilibrio del suelo entre la consolidación y el hinchamiento.)

Geotextiles

Siempre es aconsejable la interposición de un geotextil entre el soporte y la Geomembrana. Es absolutamente necesario en los taludes y cunbreras en los que la colocación de una capa reguladora normalmente es difícil de realizar. Según el tipo de terreno el gramaje del geotextil puede variar entre los 200 y los 500 gr/m².

Ya que el geotextil debe asegurar también un papel drenante, es preciso comprobar si su transpirabilidad es suficiente. En tales casos se deben usar geotextiles drenantes. Consultar las características con el fabricante de los geotextiles.

1.5.2 **Soportes duros (hormigón, suelos tratados,..)**

Sobre un suelo duro como hormigón, generalmente es necesaria y aconsejable la interposición de un geotextil protector, salvo en el caso en que la Geomembrana esté totalmente adherida al soporte. Sobre cualquier soporte bituminoso (hormigón asfáltico, suelos estabilizados con emulsiones asfálticas) es preciso utilizar igualmente un geotextil de por lo menos 300 gr/m².

1.5.3 Superficies alrededor de estructuras de hormigón

La Geomembrana fijada contra la obra de hormigón debe absorber toda tensión que se genere causada por movimientos del terreno. Por otro lado, la compactación del terreno alrededor de estas estructuras se debe ejecutar con ciertos cuidados especiales, acercándose al límite de compacidad tanto como sea posible. El material aportado alrededor de la obra debe estar compactado con un Proctor del 95%.

1.6 Sistema de drenaje

La necesidad de un sistema de drenaje depende de las condiciones locales como la presencia de arcilla en el terreno. En todos los casos en los que existe la posibilidad que gases o líquidos puedan producir alguna inestabilidad del terreno, es conveniente reducir la presencia del gas y/o del agua en el terreno. Esto se puede conseguir con un sistema específico de drenaje, o eventualmente por una doble impermeabilización con capa drenante entre las dos Geomembranas.

1.6.1 Criterios de aplicación

Si la permeabilidad del soporte es superior a 10^{-4} m/s o si no se tienen contra-presiones, no es necesaria una capa drenante. No obstante, en numerosos casos, la existencia de un drenaje permite descubrir rápidamente una pérdida accidental del efluente.

Es imprescindible un drenaje agua/gas en las siguientes situaciones:

- Cuando existe la posibilidad de flujos de agua bajo la Geomembrana, es decir en terrenos en los que es posible la erosión (terrenos cársticos,...)
- Cuando el terreno contiene materiales orgánicos (generación de gas)
- Cuando los taludes contienen arcilla (estabilidad después de vaciado,...)
- Siempre que se pueda prever una variación del nivel freático
- Siempre que la membrana de revestimiento no esté fijada y se pueda mover (viento,...)
- Cuando el estanque contenga materias orgánicas

El dibujo siguiente resume las causas principales de contra-presión bajo una Geomembrana.

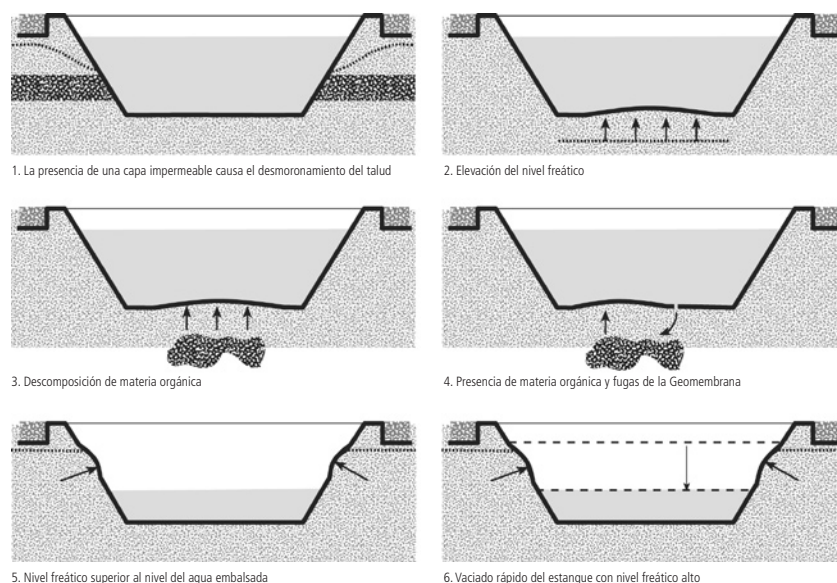


Fig. 3: Algunas causas de contra-presión

1.6.2 Drenaje de aguas

El drenaje de aguas y el drenaje de gases a menudo van asociados. Por ello, se aconseja dar una pendiente del 1 al 2% al fondo del estanque hacia los taludes.

El drenaje de agua se puede realizar por medio de uno de los sistemas siguientes:

- *Una capa de material permeable con un espesor mínimo de 10 cm.*
- *Un producto geosintético permeable.*
- *Una red de desagües drenantes conectados cubiertos por un geotextil permeable o una capa delgada de material permeable.*

Para evitar la obstrucción del drenaje hay que colocar un filtro natural o sintético entre el terreno y la capa drenante. Se han de respetar las reglas de la filtración. Las aguas deben ser recogidas por una red de colectores situados en los puntos bajos de la obra. En obras más grandes, se recomienda compartimentar la recogida de los drenajes para facilitar la localización de posibles fugas.

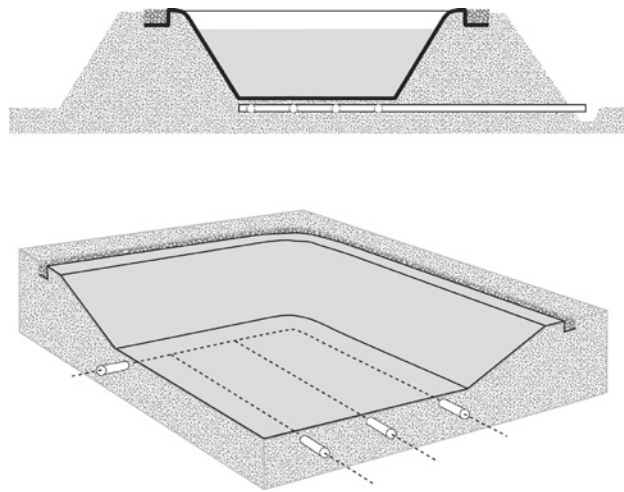


Fig. 4: Drenaje de aguas

Las dimensiones y la pendiente del sistema de drenaje son función de los siguientes factores:

- *Caudal de fugas admisible*
- *Caudal de aguas provenientes del exterior*
- *La sub-presión máxima admisible debajo de la Geomembrana*

Para obras más pequeñas, se recomienda el uso de tubos perforados de drenaje de 6 cm de diámetro o placas de drenaje. Para obras más importantes, se deben calcular cuidadosamente las dimensiones y el tramado de la red, así como la resistencia de los tubos de drenaje al aplastamiento (durante su colocación o en servicio). Consultar las características al fabricante.

1.6.3 Drenaje de gases

En terrenos poco permeables para el drenaje de gases se recomienda la utilización de tubos perforados. También aconsejamos colocar entre los tubos una cama de arena (o un material similar), un geotextil, o cualquier otro material geosintético permeable colocado entre los tubos.

Se pueden utilizar también placas de drenaje sintéticas.

Se debe evitar todo contacto directo entre la Geomembrana y las superficies abrasivas del sistema de drenaje.

Las salidas de los gases estarán siempre colocadas en los puntos altos que a su vez se deben proteger con un capuchón.

El drenaje de gases se ha de diseñar siempre de tal modo que sea imposible de inundar. Todos los sistemas de drenaje de gases deben ir asociados a un drenaje de aguas.

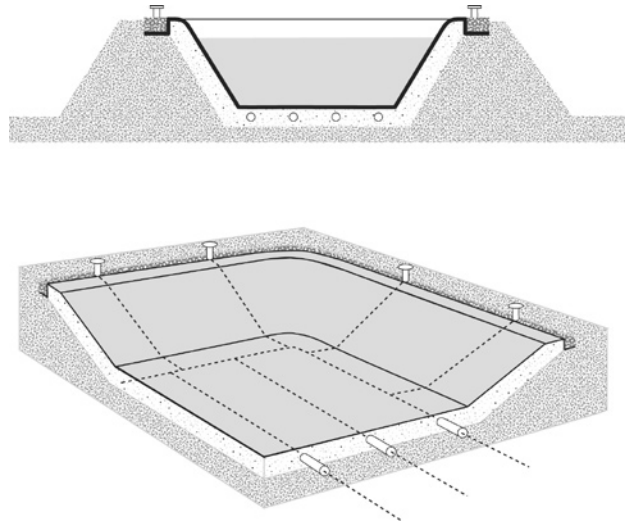


Fig. 5: Drenaje de gases