

# 2

## Diseño del Sistema

La elección del Sistema para una impermeabilización es técnicamente aceptable solamente si se cumplen todas las condiciones y requerimientos señalados en esta sección asumiendo las instrucciones del buen hacer y las normativas nacionales que a su vez se complementan con las especificaciones de instalación.

La información incluida en este capítulo puede ayudar al diseñador y al contratista para decidir cual de los Sistemas de Impermeabilización de Firestone es el más adecuado para aplicar en cada cubierta en particular. También puede ayudarle para identificar el criterio para el diseño-base de cada Sistema de impermeabilización. Este capítulo contiene los apartados siguientes:

2.1	Aplicación del Sistema	3
2.2	Elección del Sistema	4
2.3	Capacidad de Carga	9
2.4	Pendiente / Forma de la Cubierta	10
2.5	Consideraciones sobre el Soporte	12
2.6	Consideraciones sobre la Reimpermeabilización	14
2.7	Juntas de Dilatación	16
2.8	Barrera de Vapor	17
2.9	Aislamiento	18
2.10	Anclaje del Aislamiento	22
2.11	Membrana	23
2.12	Fijación de la Membrana	24
2.13	Especificaciones de los Anclajes	26
2.14	Cargas del Viento	30
2.15	Interferencias en la Cubierta	31
2.16	Sellado de los Salientes	32
2.17	Cuidados y Mantenimiento	33
2.18	Reparaciones de la Membrana	34

Los mismos principios de instalación dados en este capítulo se pueden aplicar para la utilización de los componentes del Sistema o en técnicas desarrolladas por otros distribuidores. En este caso se pueden completar con las instrucciones que al respecto proceden del fabricante. La responsabilidad por la elección de los productos elaborados por otros fabricantes y su efectividad son exclusivamente del proyectista y del fabricante del componente utilizado.

Las cubiertas sujetas a condiciones especiales y cuyas especificaciones de diseño no se encuentren en este capítulo se pueden concretar con el Departamento Técnico de Firestone.



## 2.1 Aplicación del Sistema

Los Sistemas de Impermeabilización con membranas de caucho EPDM de Firestone que se describen en este manual son aplicables en instalaciones de impermeabilización en edificios comerciales, industriales, edificaciones residenciales y de la administración.

La información incluida en esta publicación no es apropiada para:

- Aplicaciones en cubiertas no continuas como pérgolas, sótanos, recubrimientos, etc.
- Aplicación en cubiertas cuyas condiciones estructurales no soportan la carga del sistema completo y/o otras cargas incluidas por el diseñador.

Los Sistemas de Impermeabilización con membranas de caucho EPDM de Firestone no se pueden aplicar sin autorización expresa del Departamento Técnico de Firestone en:

- Cubiertas sujetas a la emisión de productos químicos
- Cubiertas sujetas a presión positiva, tales como cubiertas con infiltración de aire, toldos, aleros, etc.
- Edificios con grandes aberturas en una pared, (mayor del 10 % del vano), que accidentalmente puedan quedar abiertas durante una tormenta, tales como hangares de aviación, terminales de carga, etc.
- Edificios localizados en zonas muy concretas, que no estén citadas en estas especificaciones y requieran una atención especial, tales como declives montañosos, etc.

Para cubiertas sujetas a códigos de requerimiento nacional y/o local o a regulaciones especiales que no se han citado en esta sección, contactar con los Organismos Oficiales de la Construcción locales y con el Departamento Técnico de Firestone.

## 2.2 Elección del Sistema

La elección de un Sistema impermeabilizante válido no siempre es sencillo, requiere por parte del diseñador y/o del contratista el conocimiento de las características y las condiciones de aplicación de todos los componentes del sistema.

Cada vez es más difícil para los fabricantes de membranas impermeabilizantes poder suministrar croquis de diseño sencillos, la razón principal es que actualmente en la realización de las cubiertas se ofrecen un gran abanico de opciones para estructuras del forjado, sistemas de aislamiento, membranas, sistemas de anclaje y otros accesorios. Como resultado, es posible la aparición de multitud de soluciones, aunque no todas ellas sean técnicamente aceptables.

Para simplificar el proceso de diseño Firestone ha recopilado las combinaciones con membranas de caucho EPDM que se aplican con mayor frecuencia en la impermeabilización de cubiertas. Estas composiciones las presentamos en cuatro "Tablas-Selección", partiendo de la estructura de la cubierta. Las siguientes tablas de esta sección detallan: Hormigón en masa, Hormigón prefabricado, Cubiertas metálicas y Cubiertas de madera, y suministran información para determinar el Sistema de Impermeabilización de Firestone más adecuado.

Consultando la tabla correspondiente el proyectista y/o el contratista encontrarán información general sobre varias soluciones estructurales del edificio: cubierta, capacidad de carga, pendiente y también especificaciones técnicas para las capas bajo-membrana (aislamiento térmico, sustratos).

Códigos que se han utilizado para los distintos materiales aislantes:

- EPS : Poliéstireno Expandido
- XPS : Poliéstireno Extrusionado
- PUR : Poliuretano
- PIR : Poli-isocianurato
- MW : Lana Mineral (Mineral Wool)
- IPB : Paneles de Perlita
- ICB : Paneles de Corcho

Para una información más específica de materiales aislantes, consideraciones sobre sustratos, fijación de las membranas, reimpermeabilizaciones y anclaje del aislamiento, acudir al apartado correspondiente que se encuentra más adelante en esta misma sección.

La instalación de un Sistema de Impermeabilización de Firestone sobre forjados estructurales y paneles aislantes o cualquier otro de los mencionados en los cuadros siguientes, solamente son aceptables solamente después de la aprobación por el Departamento Técnico de Firestone.

## Cubierta Estructural

**HORMIGON EN MASA (1)**

## Aislamiento Térmico

## Sistemas de Firestone

EPS	XPS	PUR/PIR	MW	IPB	ICB	Sin/Aplicación Directa
Lastrado (2,3,4)	Lastrado (2,3)	Lastrado (2,3)	Lastrado (2,3,6)	Lastrado (2,3)	Lastrado (2,3,6)	Lastrado (2,3,8)
Adherido (5)	Invertida (2,3,8)	Adherido (7)	Adherido (5)	Adherido (5)	Adherido (6)	Adherido (9)
R.M.A. (3,4)		R.M.A. (3)	R.M.A. (3,6)	R.M.A. (3)	R.M.A. (3,6)	R.M.A. (3,8)
S.A.M. (3,4)		S.A.M. (3)	S.A.M. (3,6)	S.A.M. (3)	S.A.M. (3,6)	S.A.M. (3,8)
S.A.M.S. (3,4)		S.A.M.S. (3)	S.A.M.S. (3,6)	S.A.M.S. (3)	S.A.M.S. (3,6)	S.A.M.S. (3,8)

## Criterios de Diseño

**Condiciones Estructurales**

- (1) El hormigón ha de ofrecer suficiente solidez estructural.
- (2) Se requiere una capacidad de carga mínima.
- (3) La pendiente de la cubierta es limitada.

**Aislamiento Térmico**

- (4) Se requiere una densidad mínima.
- (5) Se requiere un recubrimiento adecuado.
- (6) Resistencia a la compresión alta.
- (7) El acabado de la cara vista debe ser compatible y garantizar una adherencia suficiente.

*Nota: El proyectista determinará si se instala una barrera de vapor.*

**Sustrato**

- (8) Sobre estratos rugosos se requiere la instalación de un geotextil de protección (lana de poliéster mínimo de 200 gr./m<sup>2</sup>).
- (9) Si la superficie es lisa (acabado en madera tratada), limpia, seca, libre de aristas cortantes, rebabas, materiales extraños sueltos, aceite, grasa u otros productos que puedan dañar la membrana.

## CUBIERTA METALICA (1)

Cubierta Estructural

Aislamiento Térmico

Sistemas de Firestone

EPS	PUR/PIR	MW	IPB	ICB
Lastrado (2,3,4)	Lastrado (2,3)	Lastrado (2,3,6)	Lastrado (2,3)	Lastrado (2,3,6)
Adherido (5)	Adherido (7)	Adherido (5)	Adherido (5)	Adherido (6)
R.M.A. (3,4)	R.M.A. (3)	R.M.A. (3,6)	R.M.A. (3)	R.M.A. (3,6)
S.A.M. (3,4)	S.A.M. (3)	S.A.M. (3,6)	S.A.M. (3)	S.A.M. (3,6)
S.A.M.S. (3,4)	S.A.M.S. (3)	S.A.M.S. (3,6)	S.A.M.S. (3)	S.A.M.S. (3,6)

Criterios de Diseño

### Condicionantes Estructurales

- (1) Las cubiertas metálicas tendrán un espesor mínimo de 0,75 mm.
- (2) Se requiere una capacidad de carga mínima.
- (3) La pendiente de la cubierta es limitada.

### Aislamiento Térmico

- (4) Se requiere una densidad mínima.
- (5) Se requiere un recubrimiento homologado.
- (6) Resistencia a la compresión alta.
- (7) El acabado de la cara vista ha de ser compatible y garantizar una adherencia suficiente.

*Nota: El diseñador puede exigir la incorporación de una barrera de vapor.*

## Cubierta Estructural

**CUBIERTA PREFABRICADA DE HORMIGON (1)**

## Aislamiento Térmico

## Sistemas de Firestone

EPS	XPS	PUR/PIR	MW	IPB	ICB	Sin/Aplicación Directa
Lastrado (2,3,4)	Lastrado (2,3)	Lastrado (2,3)	Lastrado (2,3,6)	Lastrado (2,3)	Lastrado (2,3,6)	Lastrado (2,3,8)
Adherido (5)	Invertido (2,3,8)	Adherido (7)	Adherido (5)	Adherido (5)	Adherido (6)	Adherido (9)
R.M.A. (3,4)		R.M.A. (3)	R.M.A. (3,6)	R.M.A. (3)	R.M.A. (3,6)	R.M.A. (3,8)
S.A.M. (3,4)		S.A.M. (3)	S.A.M. (3,6)	S.A.M. (3)	S.A.M. (3,6)	S.A.M. (3,8)
S.A.M.S. (3,4)		S.A.M.S. (3)	S.A.M.S. (3,6)	S.A.M.S. (3)	S.A.M.S. (3,6)	S.A.M.S. (3,8)

## Criterios de Diseño

**Condicionantes Estructurales**

- (1) Las cubiertas prefabricadas son de hormigón denso o ligero, curado en autoclave.  
Las juntas entre las piezas de la cubierta se pueden rellenar con mortero de cemento y arena.
- (2) Exigen una capacidad de carga mínima.
- (3) La pendiente de la cubierta está limitada.

**Aislamiento Térmico**

- (4) Se exige una densidad mínima.
- (5) Se requiere un recubrimiento homologado.
- (6) Resistencia a la compresión alta.
- (7) El acabado de la cara vista debe ser compatible y asegurar una adherencia suficiente.

*Nota: El diseñador puede exigir la inclusión de una barrera de vapor.*

**Sustrato**

- (8) Sobre sustratos rugosos se requiere la instalación de un geotextil de protección (lana de poliéster de 200 gr/m<sup>2</sup>, mínimo).
- (9) Se requiere la instalación de un panel protector o la de un aislante homologado.

*Nota: El anclaje mecánico sobre cubiertas prefabricadas de hormigón requiere un sistema de tornillería apropiado.*

## CUBIERTAS DE MADERA (1)

Cubierta Estructural

Aislamiento Térmico

Sistemas de Firestone

EPS	XPS	PUR/PIR	MW	IPB	ICB	Sin/Aplicación Directa
Lastrado (2,3,4)	Lastrado (2,3)	Lastrado (2,3)	Lastrado (2,3,6)	Lastrado (2,3)	Lastrado (2,3,6)	Lastrado (2,3,8)
Adherido (5)	Invertido (2,3,8)	Adherido (7)	Adherido (5)	Adherido (5)	Adherido (6)	Adherido (9)
R.M.A. (3,4)		R.M.A. (3)	R.M.A. (3,6)	R.M.A. (3)	R.M.A. (3,6)	R.M.A. (3,8)
S.A.M. (3,4)		S.A.M. (3)	S.A.M. (3,6)	S.A.M. (3)	S.A.M. (3,6)	S.A.M. (3,8)
S.A.M.S. (3,4)		S.A.M.S. (3)	S.A.M.S. (3,6)	S.A.M.S. (3)	S.A.M.S. (3,6)	S.A.M.S. (3,8)

Criterios de Diseño

### Condiciones Estructurales

- (1) Tablero de madera (bien curado, machihembrado), esp. mínimo 19 mm. Contraplacados tipo exterior esp. mínimo 16 mm.
- (2) Exige una capacidad mínima de carga.
- (3) La pendiente de la cubierta es limitada.

### Aislamiento Térmico

- (4) Se requiere una densidad mínima.
- (5) Se requiere un recubrimiento adecuado.
- (6) Resistencia a la compresión alta.
- (7) El acabado de la cara vista debe ser compatible y garantizar una adherencia suficiente.

*Nota: El proyectista determinará si se instala una barrera de vapor.*

### Sustrato

- (8) Sobre estratos rugosos se requiere la instalación de un geotextil de protección (poliéster mínimo de 200 gr./m<sup>2</sup>).
- (9) Aceptable sobre contraplacado si la superficie es lisa (acabado en madera tratada), limpia, seca, libre de aristas cortantes, rebabas, materiales extraños sueltos, aceite, grasa u otros productos que puedan dañar la membrana. Los pisos de madera requieren la instalación de un panel homologado recuperable.

## 2.3 Capacidad de Carga de la Cubierta

El forjado de la cubierta sirve como soporte primario de los sistemas impermeabilizantes. Estructuralmente transfiere el peso de las cargas móviles y estáticas a las viguetas, juntas y jácenas. Las cargas móviles incluyen la nieve, lluvia, equipos de instalación móviles y viento. Las cargas estáticas (o peso muerto) incluyen los pararrayos, antenas, impermeabilización, aislamiento térmico, membrana y lastrado.

La flecha de la cubierta se puede limitar cuanto se desee, según las normativas locales para adaptar la fatiga de las cargas, ya sean centradas y/o uniformes.

Cuando se ha determinado la capacidad de la estructura de la cubierta para soportar las cargas de la instalación completa, el diseñador debe considerar el peso adicional del lastre para cumplir las exigencias de la fuerza de succión del viento local. Los Sistemas Lastrado e Invertido, requieren en condiciones normales, un sobrepeso de, como mínimo, 50 kg/m<sup>2</sup> en las zonas centrales de la cubierta y en ciertos casos más de 100 kg/m<sup>2</sup> en las zonas perimetrales y/o en las esquinas.

Cuando se vayan a instalar pavimentos de losas de hormigón, su peso y el de la instalación se han de calcular como parte de las cargas estáticas de la cubierta. Hay que tener mucho cuidado cuando se descarga el lastre sobre la cubierta, antes de su distribución definitiva, depositar solamente el lastre y/o las baldosas que se puedan colocar durante la jornada. No almacenar el material de lastre en montones.

Finalmente Firestone no asume ninguna responsabilidad sobre el análisis de la estructura; pero recomienda encarecidamente consultar con un ingeniero de estructuras, antes de cerrar las especificaciones de la cubierta y del inicio del trabajo.

## 2.4 Pendiente

### 2.4.1 Drenaje Positivo

La cubierta se ha de diseñar de forma que permita un buen escurrido y evitar el encharcamiento de agua alrededor de los desagües y de las tuberías. El criterio de Firestone para definir un “escurrido inadecuado” es una condición en la zona donde el encharcamiento de agua permanece durante más de 48 horas después de la precipitación.

La pendiente final mínima eficaz estará de acuerdo con los códigos de la construcción de cada lugar.

El escurrido se puede formar en la estructura o incorporando grosores sobre el soporte.

La pendiente en la estructura se puede lograr por:

- Ajustando la altura de las vigas y/o de las jácenas
- Con soportes en cuña
- Instalación de piezas de abeto debajo de la cubierta

La pendiente encima de la cubierta se puede lograr por:

- Hormigón ligero
- Aislamiento en cuña

Se ha de poner especial atención en la altura del recubrimiento de los remontes en los mimbeles y salientes cuando se ha variado la pendiente existente.

Los desagües se colocarán en los puntos más bajos de la cubierta y no al lado de columnas o muros de carga. La cantidad y el diámetro de los desagües estarán de acuerdo con las Normas Locales vigentes.

## 2.4.2 Pendiente Máxima

El cuadro siguiente permite la elección del Sistema de Firestone en función de la forma y de la pendiente de la cubierta:

Pendiente/Forma		Sistema		
		Lastrado / Invertida	Adherido	R.M.A. / S.A.M. / S.A.M.S.
Pendiente 0 - 10%	< 6°	A*	A	A
Pendiente 10 - 33%	≥ 6° - < 19°	NA	A	A
Pendiente > 33%	>19°	NA	A	A**
Forma Curva y/o Abovedada		NA	A	A

A : Aceptable.

NA : No aceptable.

A\* : En caso de pendientes superiores al 5%, se tomarán precauciones adicionales para evitar el desplazamiento del lastrado. Ello se puede lograr por:

- Aumentando el tamaño o el peso de la grava
- Colocando baldosines (espesor mínimo de 50 mm) en los puntos bajos del lastre para proteger los canalones y los desagües.

A\*\* : Aplicable solo bajo conformidad específica del Departamento Técnico de Firestone.

## 2.5 Consideraciones sobre el Soporte

Antes de la colocación del Sistema Impermeabilizante, el instalador ha de inspeccionar la superficie de la cubierta. Es responsabilidad del instalador asegurar que el acabado del sustrato es aceptable para recibir el sistema de instalación de la membrana de caucho EPDM de Firestone elegido por la Dirección de la obra.

La tabla siguiente puede ayudarle identificando los requerimientos básicos del sustrato para la aplicación directa de los Sistemas con membrana de caucho EPDM.

Requisitos generales	Descripción específica
<b>Liso</b>	Libre de aristas cortantes, rebabas. Todas las rugosidades que puedan dañar la membrana y los materiales auxiliares de sellado han de estar convenientemente protegidas con una capa de nivelación (geotextil antipunzonante, paneles de recubrimiento o aislantes). <i>Nota: Para asegurar al máximo la vida útil de las membranas de caucho EPDM de Firestone es preciso separarlas de las superficies agresivas tales como el mortero rugoso, hormigón con cantos rodados, contraplacado, paneles aglomerados, losas de virutas y acero galvanizado. Firestone recomiendan el uso de un geotextil de poliéster (mínimo 200 gr/m<sup>2</sup>).</i>
<b>Seco</b>	En las zonas de trabajo se ha de evitar la presencia de agua encharcada, nieve, escarcha o hielo.
<b>Compatible</b>	No se debe permitir ningún contacto entre los materiales de caucho EPDM y los productos incompatibles como: grasas, sebos animales, alquitrán, derivados del aceite (de origen vegetal o mineral), ácidos concentrados y asfaltos. Contactar con el departamento Técnico de Firestone para una información más amplia.
<b>Sin Oquedades</b>	Todas las oquedades del soporte mayores de 5mm se han de nivelar convenientemente con un material de relleno aceptable o sobreponerle un aislante.
<b>Sin Superficies Calientes</b>	Evitar el contacto continuado entre los materiales de caucho EPDM y las fuentes de calor o vapor con una temperatura media superior a los 82°C.
<b>Limpio</b>	Se han de quitar todos los desechos y materiales sueltos con una escoba dura.

Además de la información anteriormente citada, los siguientes tipos de cubierta requieren también otras especificaciones:

- **Cubiertas metálicas (acero o aluminio)**

Se da por supuesto que la cubierta se ha calculado de forma que pueda ofrecer un soporte adecuado para el aislamiento en todos los perímetros y/o puntos singulares. Hay que vigilar también la dirección de las acanaladuras de la chapa de la cubierta para reducir al máximo el riesgo de que durante la instalación quedara agua encharcada bajo de la impermeabilización.

- **Hormigón en masa**

La superficie del acabado debe quedar tan lisa como sea posible, en todo caso habrá que recubrirla con cemento en polvo o con tableros de madera. Tanto la masa de hormigón como la capa de enlucido contienen considerables cantidades de agua. El agua de amasado se han de eliminar con un drenaje temporal por la parte inferior del forjado. Las chapas de enlucido no son aceptables para recibir cualquier Sistema con anclajes mecánicos.

- **Hormigón prefabricado**

Todas las juntas en el soporte se han de rellenar con mortero de cemento y arena. Las juntas cerradas reducen al mínimo las presiones interiores del aire.

- **Cubiertas de madera (contraplacado - aglomerado)**

Las cubiertas se han de asegurar a la estructura con tornillos que presenten una cabeza con perfil plano. La utilización de clavos no está permitida. Se pueden utilizar paneles tratados, asegurándose que en su tratamiento no se hayan utilizado fosfatos amónicos. Cuando se emplean planchas de madera, solamente se pueden aceptar las previamente curadas. Es recomendable utilizar tableros machiembrados.

## 2.6 Consideraciones sobre la Reimpermeabilización

En el caso de trabajos de renovación, el comportamiento del Sistema nuevo depende de la calidad de la cubierta existente. Aparte de los comentarios ya descritos anteriormente, es necesario tomar otras medidas complementarias ante la eventual adaptación, cubrición y/o reemplazo del sistema existente.

Se estudiará cada proyecto para evaluar la cantidad de humedad contenida en la cubierta antigua, para identificar los defectos conceptuales y para determinar los factores limitativos que podrán influir el diseño del nuevo sistema. La inspección tendrá en cuenta el estado de la cubierta, del aislamiento y de la membrana impermeabilizante.

Se comprobará la estructura de la cubierta con el fin de determinar su capacidad para aceptar una carga suplementaria durante la instalación de la nueva impermeabilización, incluyendo el almacenamiento de los materiales sobre la cubierta. El instalador debería examinar también el estado de la cubierta.

Las cubiertas metálicas están limitadas por su flexión, además es preciso valorar su resistencia al arrancamiento. De los soportes de madera, o de otros materiales degradables siempre se debería comprobar exhaustivamente su calidad (sequedad,...), y la resistencia al arrancamiento. Cualquier zona saturada de humedad o defectuosa se debe reemplazar con materiales nuevos antes de instalar el sistema nuevo.

Los paneles aislantes que contengan humedad o estén degradados se deben reemplazar. Es necesario comprobar la fijación de estos paneles sobre el soporte. Se ha de considerar también que no existan incompatibilidades entre el aislante nuevo y el sistema antiguo.

Cuando mantengamos la impermeabilización antigua, hemos de tener en cuenta la posibilidad de interponer una eventual capa separadora. En este caso la membrana existente debe estar en buen estado, sin degradaciones, no saturada de agua y en el caso de aplicar el Sistema Totalmente Adherido, también ha de estar libre de ampollas. La tabla de la página siguiente nos proporciona los requerimientos para las aplicaciones de re-impermeabilización de Firestone.

La altura del recubrimiento puede ser limitada. Los detalles del edificio (p.e. puertas, ventanas,...) pueden no estar suficientemente despejados para proporcionar una entrega correcta por encima del nivel potencial de agua. Considerar detalladamente sobre estos puntos puede ser crítico para la integridad del sistema impermeabilizante.

## Criterios aplicables al soporte en caso de reimpermeabilizaciones

Revestimiento Existente	Sistema		
	Lastrado/ Cub. Invertida	Adherido	R.M.A. / S.A.M. / S.A.M.S.
Tela asfáltica / grava	3	3	3
Tela asfáltica / acabado mineral	2	1	2/3
Tela asfáltica / lisa	1	1	1
Betún asfáltico	4	4	4
Alquitrán	3	3	3
Otros sistemas monocapas	4	4	4

1. *Aplicación directa, cuando el soporte responde a los criterios generales de aplicación.*
2. *El piso de la cubierta requiere la instalación de un geotextil de protección (lana de poliéster de 200 gr/m<sup>2</sup>, mínimo).*
3. *El piso de la cubierta requiere la instalación de un panel de recubrimiento o aislante aprobado.*
4. *Consultar con el Departamento Técnico de Firestone.*

*Nota: El Sistema Totalmente Adherido se puede instalar directamente sobre un revestimiento asfáltico liso, que no se haya restaurado ni regenerado y en la medida de que el punto de reblandecimiento del asfalto sea superior a los 85 °C. Comprobar que el revestimiento existente esté firmemente adherido al soporte y que la adhesión entre capas sea la adecuada y continua.  
Los recubrimientos asfálticos, y si la adhesión entre capas no es adecuada ni continua, no es aconsejable re-utilizarlos y es necesario arrancarlos.*

## 2.7 Juntas de Dilatación

Es potestad del Arquitecto director del proyecto determinar la necesidad de abrir juntas de dilatación, así como el tipo, su colocación y posición. Esta necesidad se tendrá en cuenta principalmente en situaciones donde:

- ya existan juntas de dilatación o contracción previstas en la estructura del edificio.
- elementos marco estructurales como jácenas, viguetas o cubierta metálica cambian de dirección.
- en la unión entre distintos tipos de materiales de la cubierta, p.ej.: acero y hormigón, lindantes con otros.
- las ampliaciones conectadas con edificios existentes.
- se puede anticipar un movimiento entre las paredes verticales y la cubierta.
- distancias superiores a los 60 m, en cualquier dirección.

Se ha de tener en consideración la conveniencia de juntas de dilatación cuando cambian las condiciones térmicas internas, como zonas calientes colindantes con espacios no calentados.

En los Sistemas de Impermeabilización Lastrados y de Cubierta Invertida, las membranas de caucho EPDM se pueden instalar sin ninguna precaución especial sobre las juntas de dilatación simples, siempre y cuando los movimientos se prevean en un solo plano. La elasticidad de las membranas de caucho EPDM le permiten absorber tales movimientos sin problema. Sin embargo hay que tener en cuenta la posibilidad de que existan otros materiales en la cubierta que no posean la misma elasticidad que la membrana y posiblemente requieran una atención especial.

Para mayor información referente a la instalación de juntas de dilatación dirigirse al Departamento Técnico de Firestone. En algunos casos puede ser necesario colocar un relleno (de material aislante) entre los bordes de los paneles aislantes para crear un puente entre la barrera de vapor y/o la membrana.

## 2.8 Barrera de Vapor

Cuando la humedad interior del edificio es alta puede ser necesaria la instalación de una barrera de vapor para la protección de ciertos elementos de la cubierta o para evitar la condensación interna en la propia cubierta. En ciertos casos, y en los edificios con presión positiva una barrera de vapor puede servir también como barrera al aire.

Las especificaciones de la barrera de vapor, así como su tipo, instalación y situación serán determinadas por el proyectista director de la obra. Se aconseja la utilización de una barrera de vapor cuando se presentan las situaciones siguientes:

- Cuando el proyecto está situado en una zona donde se espera que la temperatura media en enero sea inferior a los 5°C y cuando se prevé que la humedad relativa en el interior del edificio pueda ser del 45% o superior.
- Edificios con condiciones de humedad interna alta, tales como piscinas, hilaturas textiles, alimentación y ciertos procesos industriales de secado. Estos edificios generalmente tienen una temperatura ambiente superior a los 20 °C y una humedad relativa superior al 70%.
- Cuando los elementos constructivos generan humedad una vez instalada la cubierta de la obra. Como por ejemplo la albañilería, los forjados de hormigón, enlucidos interiores, hormigón ligero para las pendientes, estufas, calentadores, calderas, etc.

Dado que las especificaciones y las condiciones climáticas varían en cada país, el proyectista consultará las Normativas Nacionales para recomendar la utilización de barreras de vapor.

Las membranas de caucho EPDM de Firestone presentan una resistencia al vapor de agua relativamente baja. Para mayor información respecto a las características de la membrana, consultar la ficha técnica correspondiente.

Como barrera de vapor se utilizan habitualmente películas de materiales sintéticos (polietileno, PVC, etc.). También se pueden utilizar telas asfálticas, incluso con acabado metálico, procurando que no haya contacto directo entre la membrana de caucho EPDM y un asfalto nuevo que presente un punto de reblandecimiento inferior a los 85°C.

En el caso de soportes que contengan gran cantidad de agua de construcción (hormigón de estructura, chapa para formar la pendiente, etc.) antes de instalar la barrera de vapor estos soportes deberán estar adecuadamente fraguados y secos. La presencia de una barrera de vapor impediría el secado. En este caso tendríamos que hacer unas perforaciones para drenar el agua por la cara inferior de la cubierta hasta que se haya secado.

## 2.9 Aislamiento

La función de aislamiento térmico en una cubierta es compleja. El aislamiento se emplea para reducir las pérdidas de calor y para limitar la condensación interior. También se usa para proporcionar un sustrato que sea:

- firme y compatible con la membrana.
- capaz de proporcionar un anclaje resistente a las fuerzas del viento.
- estable para reducir al mínimo las tensiones de la membrana.
- con suficiente capacidad de compresión para resistir, sin estropearse, el tráfico y las cargas puntuales durante la construcción de la cubierta.

Dado que las especificaciones sobre aislamiento térmico varían de país en país, (normativa sobre el fuego, niveles de aislamiento), el proyectista se referirá a las Normativas Nacionales para su recomendación.

Debido a la gran cantidad de tipos de aislamiento disponibles, no es posible establecer un listado completo de todos los aislantes para usar como sustratos compatibles con los Sistemas de Impermeabilización con membranas de caucho EPDM de Firestone. De todas formas, en la página siguiente les ofrecemos una tabla con un breve resumen y la descripción de los materiales más comunes empleados como aislamiento. Si el producto que vamos a utilizar no cumple las especificaciones técnicas citadas en esta tabla será necesario consultar con el Departamento Técnico de Firestone, para su aprobación.

La tabla nos ofrece también información con vistas a aplicar los materiales aislantes con cada Sistema de Impermeabilización de Firestone.

Para conocer los datos específicos de cada material aislante deberán consultar también las fichas técnicas de cada fabricante.

Aislamiento Térmico				Sistema de Impermeabilización			
Tipo de Aislamiento	Conductividad Térmica W/mK	Densidad kg/m <sup>3</sup>	Resistencia a la Compresión kN/m <sup>2</sup>	Lastrado	Cubierta Invertida	Adherida	R.M.A. / S.A.M. / S.A.M.S.
Poliestireno Expandido	0,034	Min. 20	Min. 100 (10% compresión)	1	NA	2	1
Poliestireno Extrusionado	0,026	Min. 33	Min. 300	1	1	NA	NA
Poliuretano	0,023	Min. 30	Min. 100 (10% compresión)	1	NA	1	1
Poli-Isocianuro	0,023	Min. 30	Min. 100 (10% compresión)	1	NA	1	1
Perlita	0,047	155	Min. 300 (10% compresión)	1	NA	2	1
Lana Mineral	0,036	165-200	Class III UEAtc	3	NA	2, 3	3
Corcho	0,044	Min. 120	Min. 100 (10% compresión)	1	NA	1	1
Vidrio Celular	0,042	120	Min. 600	4	NA	4	NA

Nota: 1: *Instalación Directa.*

2: *Capa separadora obligatoria.*

3: *Requiere paneles de alta densidad.*

4: *Consultar con el Departamento Técnico de Firestone.*

N/A: *No Aplicable*



Todo material aislante que se vaya a utilizar en los Sistemas de Impermeabilización de Firestone debe ser conforme con una o más de las especificaciones técnicas mencionadas a continuación:

■ **Resistencia a la compresión**

Se ha de tener en cuenta la resiliencia a largo plazo del panel aislante. Debe poder resistir durante su instalación el tráfico normal de la cubierta.

Algunos paneles comprimibles, como los de lana mineral, no resisten un tráfico ilimitado ni cargas permanentes sin sufrir daños. Igualmente ciertos paneles celulares, con una excelente capacidad aislante al estar constituidos por células con paredes relativamente delgadas, se pueden romper fácilmente con el tráfico a través de la cubierta.

■ **Compatibilidad**

Las membranas de caucho EPDM de Firestone son químicamente inertes y por lo tanto compatibles con todos los componentes básicos de los paneles aislantes. A veces es necesario tomar algunas medidas específicas para la puesta en obra de ciertos aislantes. Los materiales de poliestireno no pueden entrar en contacto con adhesivos, imprimaciones y productos de limpieza. Los disolventes utilizados en estos productos son agresivos con el poliestireno.

En este caso Firestone recomienda colocar una banda de polietileno debajo de las uniones entre membranas colindantes y debajo de la banda perimetral armada instalada en la base de los remotes.

■ **Paneles de revestimiento**

La mayor parte de los paneles de fibras minerales no son utilizables en los Sistemas Totalmente Adheridos ya que no ofrecen una capacidad de agarre suficiente entre la membrana de caucho EPDM y la cara superior del panel. Algunos paneles están acabados con revestimientos no compatibles para la adhesión, (p.ej. hoja de aluminio, etc ...). Para mayor información consultar con el Departamento Técnico de Firestone. En un Sistema Totalmente Adherido se pueden utilizar paneles de poliuretano y de poli-isocianato revestidos por la cara superior con tejido de fibra de vidrio o acabados con fieltros impregnados con asfalto.

Para el cálculo del espesor necesario del panel aislante nos puede ayudar la tabla siguiente. En la primera columna, encontramos las distintas etapas individuales del método de cálculo. En la segunda columna de la tabla encontramos un ejemplo.

Metodo de Cálculo	Ejemplo
Determinar el valor necesario de U (U = Conductividad térmica) – (Remitirse a la Normativa Oficial)	$U = 0,40 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
Calcular la resistencia térmica R1 necesaria (valor inverso de U)	$R1 = 1/0,4 = 2,5 \text{ m}^2 \text{ K/W}$
Calcular R2, la resistencia térmica de la cubierta no aislada (Suma de resistencias térmicas de cada capa, más un incremento de 0,15 m <sup>2</sup> K/W para las resistencias externa e interna)	$R2 = 0,0012/0,06 + 0,15/1,4 + 0,15$ $= 0,28 \text{ m}^2 \text{ K/W}$
Calcular R3, la resistencia térmica según la normativa local. $R3 = R1 - R2$	$R3 = 2,5 - 0,28 = 2,22 \text{ m}^2 \text{ K/W}$
Calcular d = el espesor necesario de aislamiento (Multiplicar R3 por la conductividad térmica del material)	$d = 2,22 \times 0,036$ $= 0,07992 \text{ m}$ $= 80 \text{ mm}$

*Nota: el valor U (W/m<sup>2</sup>K) expresa la cantidad de energía perdida a través de una estructura.*

Para el ejemplo anterior, se han utilizado los materiales y valores siguientes.

Material	Espesor (m)	Valor $\lambda$ (W/mK)
Membrana de caucho EPDM	0,0012	0,06
Lana mineral	0,08	0,036
Baldosa de cemento	0,15	1,4

El valor U se ha calculado invirtiendo la suma de las resistencias térmicas de todas las capas del sistema de impermeabilización. La resistencia térmica de cada capa individual se calcula dividiendo el espesor de la capa por la conductividad térmica (valor  $\lambda$ ) del material. Los valores calculados arriba indican el espesor mínimo del aislante dejado flotante sobre el soporte. Cuando el aislante se coloca sobre una cubierta metálica, consultar con el fabricante del aislante con el fin de comprobar la anchura máxima de las canales.

## 2.10 Anclaje del Aislamiento

### 2.10.1 Requisitos generales de instalación

El aislamiento ha de entregarse a todos los salientes de la cubierta, proyecciones, remotes, etc. Hay que procurar de no instalar más aislamiento que el que se pueda cubrir con la membrana de caucho EPDM e impermeabilizarlo antes de finalizar cada jornada laboral o ante posibles inclemencias del tiempo.

### 2.10.2 Requerimientos específicos

**Sistemas Lastrado y Cubierta Invertida**, estos Sistemas no requieren la fijación del aislamiento. Cuando se prescriba la fijación; se podrán utilizar placas de plástico homologadas con cavidad para el tornillo y que inmovilice la cabeza. Los paneles de poliestireno expandido no se pueden fijar.

**Sistemas Totalmente Adheridos**, es preciso que el aislamiento sea instalado de acuerdo con el número de fijaciones y el esquema de distribución de acuerdo con las especificaciones de Firestone y/o el fabricante del aislamiento. Firestone no recomienda la fijación del aislante con asfalto en caliente. Sin embargo si el Diseñador del proyecto elige este sistema de fijación, se deberán respetar los puntos siguientes:

- El aislamiento propuesto será compatible con el sustrato de soporte, con el tipo de asfalto elegido y con las especificaciones del Sistema.
- Se podrán usar asfaltos con la temperatura de reblandecimiento superior a los 85 °C.
- Está prohibida la fijación directa del aislante sobre una cubierta de acero.
- Los paneles de poliestireno extruido o expandido no se pueden fijar con asfalto.
- Antes de instalar la membrana debemos retirar el exceso de asfalto que rebosa de las juntas entre paneles contiguos

**Sistemas Anclados Mecánicamente (R.M.A. / S.A.M. / S.A.M.S)** El esquema de fijación del aislamiento se diseña independiente del de la membrana. El aislamiento se ha de instalar con la proporción de puntos de fijación y esquema de distribución según las especificaciones de Firestone y/o del fabricante del aislante. El número de anclajes puede variar en función del cumplimiento de las normas (p.ej. más anclajes en las zonas de las esquinas, ...). Contactar con el Departamento Técnico de Firestone para mayor información sobre las normativas locales.

## 2.11 Membrana

El tipo y espesor de la membrana pueden variar en función de las especificaciones que requiera cada aplicación. En la tabla siguiente encontramos las membranas más apropiadas.

Membrana	Sistema			
	Lastrado/ Invertido	Adherido	R.M.A./ S.A.M.	S.A.M.S.
No-Armada 1,14 - 1,52	A	A	A	A
No-Armada 2,28	A*	A*	NA	NA
Armada 1,14 - 1,52	NA	A	NA	A

A: *Aplicable*

A\*: *Cuando se especifique esta membrana, se ha de contactar con el Departamento Técnico de Firestone para los detalles específicos necesarios para su instalación.*

N/A: *No aconsejamos esta utilización*

Todas las membranas mencionadas en la tabla anterior son del tipo standard. Se puede suministrar un tipo de membrana FR (retardante al fuego) para aquellas aplicaciones que exijan una resistencia al fuego. Contactar con la sección Técnica de Firestone para una información más específica.

El tamaño de las mantas puede variar en relación con el Sistema elegido y según las condiciones de la edificación. Vean en la tabla siguiente las recomendaciones acerca de la anchura de la membrana a utilizar

Sistema	Lastrado/Invertido	Adherido	R.M.A. / S.A.M.	S.A.M.S. (1)
<b>Ancho (m)</b>	3,05-6,10-9,15- 12,20-15,25	3,05-5,08-6,10	6,10-9,15-12,20	2,28-3,05

Notas:

1: *La anchura de las mantas está sujeta a la separación entre barras de anclaje solera y al tipo de membrana (armada – no armada).*

2: *Las anchuras señaladas arriba se deben ajustar en función de las condiciones de la obra tales como: número tipo y separación de las interrupciones en la cubierta, del tamaño del edificio, acción del viento etc.*

## 2.12 Fijación de la Membrana

Hay tres Sistemas para la fijación de la membrana contra el soporte: Lastrado, Anclaje Mecánico con tornillería y Adherido Totalmente, con adhesivo de soporte. La siguiente información esboza las distintas opciones para la fijación de la membrana en obra.

### 2.12.1 Lastrado

El Proyectista es el responsable del diseño y elección del tipo de lastrado en cada edificación en particular. El lastre ha de tener el tamaño y el peso adecuados para proporcionar una protección suficiente ante la fuerza de levantamiento del viento.

La siguiente tabla puede ayudarnos en la selección del material de lastre a utilizar y las especificaciones de protección de la membrana de caucho EPDM. Hay que consultar las Normas de Edificación locales para el cumplimiento de las exigencias en la impermeabilización.

Material de Lastrado	Descripción	Especificaciones de Protección
Canto rodado lavado	Uniforme, zahorra de río, lavado, con los cantos y las esquinas romos, sin piezas rotas tamaño nominal 20/40 mm. Peso mínimo de 50 Kg/m <sup>2</sup>	Sin requerimientos especiales
Grava de machaca	Grava machacada, libre de fracturas excesivas, arena o sustancias extrañas Peso mínimo de 50 Kg/m <sup>2</sup>	Protección con geotextil de fibra de poliéster de 200 gr/m <sup>2</sup> mínimo
Pavimentos de hormigón	Espesor de 50 mm. con acabado fino a la llana. Separación máxima entre piezas: 10 mm.	Protección con geotextil de fibra de poliéster de 200 gr/m <sup>2</sup> mínimo

### 2.12.2 Totalmente Adherido

La membrana de caucho EPDM se encolará totalmente (100%) a un sustrato seco y limpio con el Adhesivo de Soporte (Bonding Adhesive), de Firestone aplicado a las dos superficies encaradas, el sustrato y la cara inferior de la membrana.

### 2.12.3 Anclaje Mecánico

Hay tres sistemas de anclaje mecánico disponibles para asegurar la membrana a un sustrato conveniente. La distribución de los anclajes se determinará de acuerdo con la potencia calculada del viento y la resistencia al arrancamiento del sistema fijación-cubierta.

En el sistema no-perforante R.M.A., QuickSeam R.M.A. Strips (cintas Autoadhesivas R.M.A.) se fijan mecánicamente utilizando barras de anclaje o placas y tornillería. Posteriormente la membrana se adhiere a estas cintas utilizando las técnicas convencionales de unión.

En el sistema S.A.M. las mantas de caucho EPDM se fijan al sustrato con líneas de barras de anclaje continuas sobre la membrana, las cuales se cubrirán luego con una QuickSeam Batten Cover Strip (Banda Cubre Listón Autoadhesiva)

En los sistemas de S.A.M.S. los paneles de caucho se han de fijar al sustrato con una línea continua de barras de anclaje centradas en el centro de los solapos laterales. Cuando sea necesario, y para cumplir con la distribución de anclajes requerida, las barras adicionales se pueden colocar encima de la membrana.

Como alternativa al anclaje mecánico, la zona perimetral de la cubierta puede estar totalmente adherida. El sustrato al que se vaya a adherir debe presentar las mismas características que la zona con el anclaje mecánico. Esta zona se instalará de acuerdo con las especificaciones del Sistema Totalmente Adherido. La zona perimetral totalmente adherida se ha de separar del resto de la zona central por una línea continua de Barras de Anclaje, en los sistemas S.A.M. y S.A.M.S. o una QuickSeam R.M.A. (cinta Autoadhesiva R.M.A.) en el sistema R.M.A.

#### 2.12.4 Anclajes en la Base

En los montajes en obra de todos los Sistemas de Impermeabilización de Firestone y para aumentar su seguridad, se requiere un anclaje mecánico de la membrana en todos aquellos lugares donde termina dicha membrana, o gira con un ángulo superior al 15 %, como en las aristas de la cubierta, en curvas, en las entregas a paredes interiores, etc. Se hace una excepción para las tuberías con diámetros inferiores a los 125 mm o bien con salientes rectangulares inferiores a los 100 x 100 mm.

Para las instalaciones residenciales más pequeñas, (<100 m<sup>2</sup>) en los sistemas lastrado y totalmente adherido, la especificación del anclaje mecánico en la base se puede sustituir por una especificación alternativa:

**Sistema Lastrado:** la especificación de la entrega en la base anclada mecánicamente se puede sustituir adhiriendo la membrana unos 20 cm en horizontal e instalando dos hileras de pequeñas baldosas de cemento (25 x 25 cm) o una hilera de piezas de cemento mayores (50 x 50 cm). El montante vertical necesita, por supuesto también, que esté totalmente adherido y rematado correctamente en la parte superior con un modelo aprobado por Firestone (pieza metálica, de cerámica,...).

**Sistema Totalmente Adherido:** la membrana se adhiere totalmente a ambos, sustrato y montante y se remata correctamente en la parte superior con un diseño aprobado por Firestone.

Ningún sistema de anclaje mecánico, independiente de la superficie de la cubierta, requiere la instalación de una entrega en la base anclada mecánicamente.

Las salidas en desagües laterales se pueden fijar directamente a la cubierta con anclajes homologados, colocados cada 100 mm. entre centros y con un mínimo de 8 anclajes (2 por cada lado).

## 2.13 Especificaciones de los Anclajes

La siguiente tabla puede ayudar en la elección del anclaje adecuado para la fijación de la membrana utilizando el Sistema de Anclaje Mecánico. El anclaje ha de ser compatible con las Barras de Anclaje de Firestone, con las Barras de Anclaje Final o con los perfiles de acabado y con sus especificaciones de instalación. La siguiente tabla nos ofrece también informaciones relativas al valor mínimo de arranque de los anclajes, a su penetración mínima en el sustrato, así como los datos para el cálculo de la cantidad, tipos y dimensiones de los anclajes y de las Barras de Anclaje a utilizar.

Aplicación	Sustrato	Tornillos	Penetración (P) Empotramiento (E) (mm)	Arranque mínimo (kN)	Factor de seguridad sugerido	Valor de cálculo (kN)
Membrana	Acero (1,3) Min 0,75 mm	Firestone AP Buildex HRG	15 (P)	1.8	3 (Y)	0,6
Membrana	Contraplac (1) Min. 16 mm	Firestone AP Buildex HRG	25 (E) 38 (E)	4.5	X	-
Membrana	Madera (1) Min. 19 mm	Firestone AP Buildex HRG	25 (E) 38 (E)	4.5	X	-
Membrana	Hormigón (2)	Firestone HD Hammerplug Ø 8 mm	30 (E)	3.0	X	-
Membrana	Hormigón (2) Ligero	-	-	2.4	Z	-
Membrana	Aluminio (2) Min. 0,9 mm	Peel Rivet	32 (P)	1.3	Z	-
Anclaje en base	Hormigón Vertical (2)	Firestone HD Hammerplug Ø 8 mm	30 (E)	0,9	X	-
Anclaje en base	Mampostería (2,4)	Firestone HD Hammerplug Ø 8 mm	30 (E)	0,9	X	-

- Notas: 1. Utilizar las Barras de Anclaje Poliméricas para el anclaje contra este tipo de superficies.  
 2. Usar las Barras de Anclaje metálicas para el anclaje contra este tipo de solera.  
 3. Comprobar la capacidad de arranque de la solera cuando se fija contra perfiles delgados (p.ej. estructuras chapadas).  
 4. Consultar con Firestone cuando el anclaje es contra ladrillos huecos o aligerados.  
 X. Para determinar la calidad del sustrato es preciso realizar un ensayo de arrancamiento, tanto en proyectos de obra nueva como en rehabilitación. De acuerdo con los resultados se calculará el factor de seguridad.  
 Y. Solamente en los casos de rehabilitación y para determinar la calidad del sustrato se realizará un ensayo de arrancamiento. De acuerdo con los resultados se determinará el factor de seguridad.  
 Z. Consultar con el Departamento Técnico de Firestone para encontrar una solución adecuada.



Fig 2.13.1: Tornillo Firestone A.P.



Fig 2.13.2: Tornillo Buildex H.R.G.

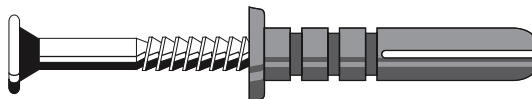


Fig. 2.13.3: Con taco

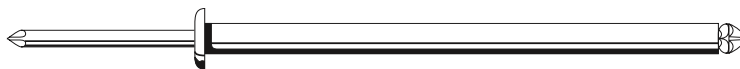


Fig. 2.13.4: Remache enfundado

Los Tornillos AP (todo uso) standard de Firestone se pueden sustituir por los de "altas prestaciones" para cualquier Sistema de Impermeabilización que requiera unas prestaciones superiores a las normales.

Para utilizar anclajes con otros sustratos, contactar con el Departamento Técnico de Firestone.

Determinar la longitud de los tornillos AP (todo uso) utilizando la tabla siguiente.

Longitud mínima de los anclajes en relación con el espesor de la cubierta						
Espesor de la cubierta (mm.)	Acero Firestone A.P.		Madera Firestone A.P.		Hormigón HPS-Hilti	
	Longitud mín. requerida (mm)	Tipo de anclaje (Pulg.)	Longitud mín. requerida (mm)	Tipo de anclaje (Pulg.)	Longitud mín. requerida (mm)	Tipo de anclaje
0	15	1 1/4"	25	1 1/4"	30	HPS 8/5
10	25	1 1/4"	35	1 5/8"	40	HPS 8/12
15	30	1 1/4"	40	1 5/8"	45	HPS 8/12
20	35	1 5/8"	45	2 1/4"	48	HPS 8/25
25	40	1 5/8"	50	2 1/4"	53	HPS 8/40
30	45	2 1/4"	55	2 1/4"	58	HPS 8/40
40	55	2 1/4"	65	2 7/8"	68	HPS 8/60
50	65	2 7/8"	75	3 1/4"	88	HPS 8/60
60	75	3 1/4"	85	3 3/4"	98	HPS 8/60
70	85	3 1/4"	95	3 3/4"	110	HPS 8/80
80	95	3 3/4"	105	4 1/2"	120	HPS 8/80
100	115	4 1/2"	125	5"	125	NA
120	135	6"	145	6"	145	NA
150	165	7"	175	7"	175	NA

N.A.: No aplicable, consultar con Firestone para una solución alternativa.

Cualquier sustrato (cubierta o pared) que vaya a recibir un Sistema de Impermeabilización con anclaje mecánico debe poseer una resistencia mínima al arrancamiento por anclaje tal como se indica en la tabla anterior. Si el sustrato no puede garantizar este valor mínimo de arrancamiento, contactar con Firestone para encontrar un sistema de distribución de los anclajes alternativo de acuerdo con la capacidad de arranque de este caso en particular.

Para determinar los valores reales de la resistencia al arrancamiento y debido a la gran variedad de condiciones físicas y ambientales que pueden influir en dicha resistencia al arrancamiento, recomendamos que los ensayos en obra para determinar el valor actual de arrancamiento sean dirigidos por un técnico de Firestone o una organización de ensayos independiente. Ver la tabla anterior para determinar las cubiertas que precisen este ensayo de arrancamiento. Se deberán ensayar todas aquellas zonas del sustrato cuya integridad sea cuestionada. Las zonas a ensayar incluirán las esquinas y los perímetros.

El número mínimo de ensayos a realizar depende del tamaño de la cubierta, tal como se indica en la tabla siguiente:

Tamaño de la cubierta (m <sup>2</sup> )	Número mínimo de ensayos
<1000	6
1000 - 5000	10
5000 - 10000	20
>10000	1 cada 500 m <sup>2</sup>

Cuando en una construcción nueva es imposible hacer ensayos preliminares en obra, el constructor de la cubierta debería facilitar los valores estimados del arrancamiento con el fin del diseño y cálculo. Antes de iniciar la instalación se deberá confirmar en obra la verificación de la capacidad de arrancamiento.



## 2.14 Cargas del Viento

Cuando el viento circula por encima de la cubierta de un edificio, con su velocidad se crean presiones positivas y negativas. Estas presiones actúan sobre cada uno de los constituyentes de la cubierta que han de resistir individualmente para que resista todo el sistema. Como resultado, hay un nivel de viento que crea una fuerza de succión en toda la cubierta, esfuerzo que será diferente en áreas localizadas como los perímetros, cumbreras, pasadizos, áticos, etc.

Además, en algunos casos el aire puede entrar dentro del edificio ya sea a través del propio revestimiento alrededor de aberturas (ventanas, puertas, ...) y causa de presiones internas en la membrana, cuando la cubierta es permeable al aire (cubierta metálica, madera, ...).

Las cubiertas impermeables, como las de hormigón impiden las presiones internas adicionales.

El Arquitecto será el responsable del diseño del sistema. Los cálculos para definir los anclajes deberán tener en cuenta los siguientes factores:

- la velocidad del viento
- la localización del edificio (topografía de los alrededores)
- las dimensiones del edificio (altura, anchura y longitud)
- sustrato de la cubierta (permeable, impermeable)
- detalles en la cubierta (aberturas, ...)
- seguridad

Los sistemas de cálculo difieren en cada país, Firestone no pueden ofrecer un método uniformemente válido. Hay que acudir a los métodos de cálculo locales para estimar las velocidades máximas y potencia de los vientos así como las zonas eólicas.

Para los Sistemas Lastrado e Invertido la cobertura del lastre ha de ser como mínimo de 50 kg/m<sup>2</sup>. En el caso de utilizar una Barra de Drenaje Perimetral-Paragravillas, su altura por encima de la impermeabilización de la cubierta ha de ser como mínimo de 50 mm y superior cuando además ha de sostener el lastre.

Para una mayor información referente al acabado con lastre deberán dirigirse a las Normativas Nacionales o a los diseños de los Sistemas de Impermeabilización Monocapa Lastrados.

En los Sistemas con Anclaje Mecánico: R.M.A. - S.A.M. - S.A.M.S. la proporción de anclajes y la separación entre las Barras de Anclaje / Cinta R.M.A. Autoadhesiva (QuickSeam R.M.A. strip) depende de los siguientes factores:

- la fuerza de los vientos reinantes en la zona
- la resistencia al arrancamiento de los anclajes
- el coeficiente de seguridad

Las zonas perimetrales y las esquinas deben estar completamente adheridas para resistir la presión de los vientos fuertes.

En los Sistemas Totalmente Adheridos los ensayos realizados de acuerdo con la Normativa Europea nos indican que en sustratos con fuerza de cohesión alta, la adherencia del sistema ha de ser suficiente para resistir los efectos de succión del viento con presiones negativas superiores a los 3,5 kN/m<sup>2</sup>, con un factor de seguridad de 2, siempre que el sustrato está suficientemente anclado y la membrana colocada convenientemente.

## 2.15 Perforaciones en la Cubierta

### 2.15.1 Lucernarios

Las pestañas de los lucernarios se han de asegurar firmemente al sustrato con anclajes homologados y cada 300mm (máximo). No está permitido el abombamiento entre las fijaciones de la pestaña. En obra, la membrana se ha de fijar mecánicamente a la base. Los apoyos del lucernario se han de sellar con otra membrana, con bandas de caucho EPDM, o con FormFlash / QuickSeam FormFlash (Banda Moldeable / Banda Autoadhesiva Moldeable).

### 2.15.2 Tuberías

Siempre que sea posible, todas las tuberías que emergen: redondas, rígidas y con un diámetro exterior de 25 a 175 mm. se revestirán con los QuickSeam Pipe Flashing (Sombretes Prefabricados Autoadhesivos). Las perforaciones rígidas más pequeñas abarcando tamaños desde 13 a 64 mm se pueden revestir utilizando los QuickSeam Conduit Flashing (Conductos Prefabricados Autoadhesivos). En el caso en que no sea posible la instalación de las piezas prefabricadas en las tuberías debido a malas condiciones (acceso difícil,...), Firestone recomienda el uso de FormFlash/QuickSeam FormFlash (Banda Moldeable / Banda Autoadhesiva Moldeable) de acuerdo con los detalles expuestos en el capítulo siguiente.

Los QuickSeam Pipe Flashing (Sombretes Prefabricados Autoadhesivos) no se pueden cortar y recomponer para poder adaptarlos mejor a las tuberías emergentes. Las piezas pre-moldeadas y el FormFlash/QuickSeam FormFlash no se deben instalar alrededor de tuberías calientes (temperaturas superiores a los 82°C). Las tuberías calientes requieren la instalación previa de un forro aislante. Las tuberías emergentes, rígidas con un diámetro superior a los 175 mm. se han de recubrir con FormFlash de acuerdo con los detalles de Firestone.

### 2.15.3 Otros Salientes

En las situaciones siguientes se requiere la instalación de un encofrado alrededor del saliente:

- Tuberías rígidas con un diámetro exterior inferior a 13 mm
- conducciones flexibles
- manojos de conducciones
- configuraciones no usuales, tales como vigas, canalones, etc.

Firestone recomienda dejar un espacio libre de, como mínimo, 25 mm entre conducciones, etc. en todas las direcciones del encofrado, con el objeto de disponer de espacio suficiente para la aplicación del sellante.

### 2.15.4 Desagües

Firestone recomienda que en estas situaciones y para la conexión con la membrana impermeabilizante se puede usar cualquiera de los sistemas a base de pletina o incorporando una pieza de conexión. Se exige un sellado final con la aplicación del Water Block Sealant (Sellante de Soporte).

Para conectar los drenajes se pueden utilizar los siguientes materiales: Caucho EPDM, zinc, PVC flexible, acero galvanizado, acero inoxidable. La base de la pletina deberá ser lisa y en obra se ha de recubrir con un recubrimiento de banda autoadhesiva hecho en obra siguiendo las indicaciones que se ilustran en las especificaciones de Firestone.

## 2.16 Recubrimiento de Salientes

Cuando sea posible, prever el diseño de un recubrimiento con la altura mínima requerida por la normativa de edificación local para todos los remates verticales. Esta cota será suficientemente alta como para cubrir el nivel potencial máximo de agua que se podría alcanzar como resultado de la obstrucción del sistema de desagüe. Es necesaria la instalación de una Firestone Termination Bar (Barra de Anclaje Final) siempre que el acabado vertical sea de 125 mm o menor. No hay que recubrir por encima del sellado de juntas existentes, en bocas de desagüe ni en rebosaderos laterales.

Si las impermeabilizaciones asfálticas existentes deben permanecer, hay que comprobar que se encuentren convenientemente adheridas contra el sustrato y presentan una adhesión entre capas adecuada y continua. Los recubrimientos existentes se pueden revestir totalmente con FormFlash/QuickSeam FormFlash (Banda Moldeable/Banda Autoadhesiva Moldeable) o con membrana de caucho EPDM. El acabado se debe hacer directamente contra el sustrato vertical y no sobre la impermeabilización existente. En el caso de una rehabilitación sobre impermeabilizaciones asfálticas existentes, se deben recubrir con un panel adecuado, resistente a la intemperie que pueda ser anclado como exige la integridad de la estructura.

Cuando se aplica un Sistema con acabado sobrepuesto (Termination Bar, recubrimiento en delantal,...) hay que asegurarse que la entrega presente una junta continua en el muro sellada con Water Block Sealant (Sellante de Soporte) y que la superficie superior a la impermeabilización también sea impermeable.

El estucado, la obra de ladrillería, los paneles de metal corrugado o cualquier superficie desigual no son soportes aptos para ser revestidos. Estas superficies se han de preparar para ofrecer un acabado aceptable ya sea instalando un panel adecuado tipo: calidad exterior, o una placa aislante homologada.

El instalador deberá sellar cuidadosamente los goterones, albardillas y otros acabados metálicos colocados en perímetros y/o en salientes. Hay que vigilar cuidadosamente para asegurar que la membrana no esté en contacto con filos o cantos cortantes, y que no vuele sobre espacios vacíos superiores a los 5 mm.

## 2.17 Cuidados y Mantenimiento

Ni las membranas de caucho de Firestone ni las bandas no vulcanizadas requieren protección alguna contra la intemperie, los rayos U.V., la luz o el ozono.

Todos los componentes del Sistema de Impermeabilización con caucho EPDM se han de proteger ante derrames de productos tales como derivados del petróleo, grasas, aceites (minerales y/o vegetales), disolventes orgánicos, sebos animales y asfalto fresco. Se debe evitar el contacto directo con vapor, o con fuentes de calor, cuya temperatura de servicio sea superior a los 82°C.

En aquellos Sistemas de Impermeabilización en los que la membrana queda al aire (Totalmente Adherido o con anclajes mecánicos S.A.M. y S.A.M.S.), se la debe proteger de las agresiones exteriores. Objetos con los bordes afilados o rugosos tales como tornillos, arandelas metálicas, clavos, etc., pueden ser la causa del deterioro de la membrana y se han de retirar de la cubierta al acabar la instalación o durante las revisiones anuales. Utilizar una tabla de madera o de aislante siempre que se utilicen escaleras encima del Sistema de Impermeabilización de Firestone para proteger la membrana y/o el aislamiento de cualquier desperfecto.

Las cubiertas de Firestone pueden soportar un tráfico razonable y limitado para mantenimiento, pero no están diseñadas para resistir un tráfico frecuente. El propietario del edificio es el responsable del mantenimiento de pasillos en aquellas zonas críticas como puntos de acceso a la cubierta (puertas, escaleras, ...) y en aquellas cubiertas en las que el tráfico sea superior a una vez al mes.

En los Sistemas con Anclaje Mecánico, Firestone recomienda utilizar las Firestone Walkway Pads (Losetas Pisables), no está permitido el uso de los pavimentos de hormigón. En todos los Sistemas Lastrados con grava e Invertidos, Firestone recomienda sustituir las Firestone Walkway Pads (Losetas Pisables) por pavimentos de hormigón, dentro de los 3 metros del borde de la cubierta.

Cuando, como sustrato inmediato inferior se utilizan placas de poliestireno extruido o expandido, Firestone recomienda la colocación de una capa protectora debajo de la membrana en todos aquellos puntos en los que se instalen las Walkway Pads (Losetas Pisables) para reducir la transmisión de calor.

Desagües, rebosaderos y canalones se pueden taponar por lo que se han de revisar anualmente para asegurar que el drenaje es capaz de realizar la función para la que fue diseñado.

Por razones estéticas se puede aplicar una pintura del tipo Acrylitop o gylastic sobre la membrana de caucho EPDM o sobre las superficies recubiertas. La mayoría de estas pinturas requieren un mantenimiento para evitar la degradación de sus valores estéticos.

La incorporación de nuevos complementos a la cubierta como: iluminaciones, sumideros, ventiladores, extractores, etc. requerirán un ajuste del sistema existente de protección de la cubierta. Aconsejamos utilizar instaladores homologados por Firestone de acuerdo con las especificaciones de "Instalador Homologado".

La superficie de la membrana (muy especialmente en las pendientes) se puede volver resbaladiza cuando queda cubierta por el agua, nieve o hielo. Hay que tener mucho cuidado cuando se camina por encima de estas membranas para evitar accidentes personales.

## 2.18 Reparaciones de la Membrana

Si aparece algún desperfecto en el Sistema de Impermeabilización con caucho EPDM de Firestone, se debe reparar rápidamente, generalmente con un parcheo será suficiente para devolverle su función inicial de condición impermeable.

Los materiales no vulcanizados deben ser reparados con productos no vulcanizados. La membrana de caucho EPDM se puede reparar con un trozo de la misma membrana o bien con FormFlash/QuickSeam FormFlash (Banda Moldeable/Banda Autoadhesiva Moldeable), dependiendo de la naturaleza del desperfecto. Los desperfectos pequeños como pinchazos y cortes inferiores a los 50 mm se pueden parchear con FormFlash. Los desperfectos mayores se han de reparar con membrana vulcanizada. No se permite hacer ninguna reparación con materiales de otra procedencia que no sea la de Firestone .

Antes de iniciar cualquier reparación hay que quitar el agua que hubiera podido filtrarse a través de la zona estropeada de la membrana. La humedad residual en muchos casos se evaporará a través de la membrana de caucho EPDM. La zona alrededor del desperfecto ha de estar limpia y seca. Limpiar la zona a reparar minuciosamente con Splice Wash (Líquido Limpiador). Para limpiezas más generales, se puede utilizar agua caliente jabonosa. Instalar el parche de acuerdo con las especificaciones de instalación de Firestone.