



**Manual de Uso de Selladores de Silicona  
Estructural en Cerramientos Vidriados de  
Edificaciones**

**Diciembre de 2021**

## **Agradecimientos**

El desarrollo de este Manual ha sido posible gracias a las siguientes personas, a quienes Achival agradece muy sinceramente por su permanente cooperación y excelente disposición:

- |                        |                 |
|------------------------|-----------------|
| - Alberto Chiavarini   | Dow Corning     |
| - Héctor Calbucura     | Glasstech       |
| - Pablo Del Solar      | Euclid Chemical |
| - René Henríquez       | Wintec          |
| - Yamil Gorayeb        | Soluex          |
| - José Manuel Carrasco | Tesa Tape       |
| - Guillermo Silva      | Achival         |

## Parte 1 – Generalidades, aplicación, requisitos, métodos de ensayo y mantención

### Indice

<b>1</b>	<b>Alcance</b>	<b>8</b>
	Alcance de la Parte 1	8
	Alcance de la Parte 2	8
<b>2</b>	<b>Referencias normativas</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Términos y definiciones</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>Requisitos</b>	<b>12</b>
	4.1 Generalidades	12
	4.2 Carpintería metálica	12
	4.3 Perfiles	12
	4.4 Elementos de cierre pegados que componen el muro cortina	13
	4.4.1 Elementos de cierre de ACM	13
	4.4.2 Elementos de cierre de aluminio	14
	4.4.3 Elementos de cierre de acero inoxidable	14
	4.5 Calzo de apoyo, burletes elastoméricos y accesorios	15
	4.6 Sellador de silicona estructural	15
	4.6.1 Dimensionamiento de la junta de silicona estructural para los elementos de cierre usados en carpinterías	15
	4.6.2 Dimensionamiento de la profundidad del sello secundario en DVH	16
	4.7 Soporte mecánico para el elemento de cierre	19
	4.8 Deflexión de los elementos de cierre	19
	4.9 Vidrios	19
	4.10 DVH	19
<b>5</b>	<b>Aplicación del sellador</b>	<b>20</b>
	5.1 Área de aplicación	20
	5.2 Limpieza de los elementos de cierre y de los perfiles	21
	5.3 Aplicación del sellador de silicona estructural	22

5.4 Almacenamiento de los módulos durante la cura del sellador de silicona estructural	23
5.5 Pegado estructural del ACM con sellador de silicona estructural	23
5.6 Nivelación de los elementos de cierre con diferentes espesores	24
5.7 Pegado de elementos de cierre en techos y lucarnas	24
5.8 Pegado de elementos de cierre en barandas	25
<b>6 Verificación</b>	<b>25</b>
6.1 Verificación de la adhesión y compatibilidad de los sustratos en laboratorio	25
6.2 Verificación de la ejecución del pegado estructural	26
6.2.1 Adhesión en perfiles de aluminio – ensayo in situ	26
6.2.2 Ensayo de homogeneidad – ensayo de la mariposa	26
6.2.3 Ensayo de tiempo elastomérico	27
6.2.4 Ensayo de tirar el cordón de sellante en la estructura	27
6.2.5 Ensayo de despegado total (deglacing)	27
6.2.6 Ensayo de verificación de la bomba aplicadora	28
<b>7 Mantención</b>	<b>28</b>
7.1 Limpieza del muro cortina	28
7.2 Programa de evaluación periódica del pegado estructural en muros cortina	29
7.3 Sustitución de elementos de cierre en condiciones especiales	29
<b>Anexo A Método de ensayo de adhesión “Peel”</b>	<b>31</b>
A1 Principio	31
A2 Materiales	31
A3 Equipamiento	31
A4 Condiciones del ensayo	31
A5 Preparación de las muestras	32
A6 Procedimiento	32
A7 Resultado	32
A8 Aceptación	33

<b>Anexo B Ensayo de compatibilidad en laboratorio</b>	34
B1 Principio	34
B2 Materiales	34
B3 Aparatos	35
B4 Condiciones del ensayo	35
B5 Preparación de las muestras	35
B6 Procedimiento	35
B7 Resultado	37
B8 Aprobación	37
<b>Anexo C Peel test - Ensayo in situ</b>	38
C1 Principio	38
C2 Materiales	38
C3 Condiciones del ensayo	38
C4 Preparación de las muestras	38
C5 Procedimiento	38
C6 Resultado	39
C7 Aprobación	39
<b>Anexo D Ensayo de homogeneidad – ensayo de la mariposa</b>	40
D1 Principio	40
D2 Materiales	40
D3 Condiciones del ensayo	40
D4 Procedimiento	40
D5 Resultado	40
D6 Aprobación	41

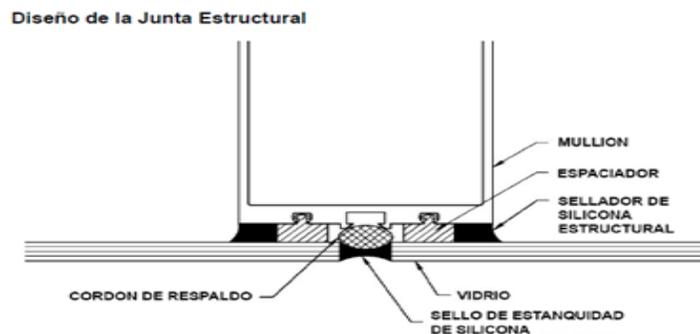
<b>Anexo E Ensayo de tiempo de precura – vaso</b>	42
E1 Principio	42
E2 Materiales	42
E3 Condiciones del ensayo	42
E4 Procedimiento	42
E5 Resultado	43
E6 Aprobación	44
<b>Anexo F Pool test de la junta estructural en los cuadros</b>	45
F1 Principio	45
F2 Materiales	45
F3 Condiciones del ensayo	45
F4 Procedimiento	45
F5 Resultados	46
F6 Aprobación	46
<b>Anexo G Ensayo de despegado total – Deglazing</b>	47
G1 Principio	47
G2 Materiales	47
G3 Preparación de la muestra	47
G4 Procedimiento	47
G5 Resultado	48
G6 Aprobación	48
<b>Anexo H Ensayo de verificación de la bomba aplicadora – ensayo de la culebra</b>	49
H1 Principio	49
H2 Materiales	49
H3 Condiciones del ensayo	49
H4 Procedimiento	49
H5 Frecuencia	50

H6 Resultado	50
H7 Aprobación	50
<b>Anexo I Pegado de elementos de cierre en condiciones especiales, arreglos y pegado in situ en la estructura</b>	<b>51</b>
I1 Consideraciones para la sustitución de elementos de cierre en condiciones especiales y pegado in situ	51
I2 Procedimiento de sustitución de elementos de cierre en condiciones especiales y reparaciones en la estructura	53
I3 Procedimiento de pegado del elemento de cierre in situ en la estructura	55

## Introducción

El acristalamiento estructural con silicona es un método que utiliza un sellador de silicona estructural para fijar paneles de vidrio u otros materiales al muro cortina de un edificio. Las cargas del viento y otras cargas sobre el muro cortina se transfieren desde el vidrio o panel, a través de la silicona estructural, a la estructura del edificio. La silicona estructural debe mantener su integridad adhesiva y cohesiva mientras el muro cortina está sometido a la carga del viento y tensiones térmicas.

El acristalamiento estructural supone una aplicación de altas prestaciones y no todos los selladores de silicona estructural son adecuados para tal aplicación. Sólo deben utilizarse siliconas estructurales desarrolladas y probadas específicamente para las aplicaciones en acristalamiento estructural



## 1 Alcance

### Alcance de la parte 1

- A. Este Manual especifica los requisitos de desempeño, aplicación, verificación y métodos de ensayo de pegado con sellador de silicona estructural en carpintería metálica con elementos de cerramiento en vidrio, paneles de aluminio compuesto (ACM), paneles metálicos de aluminio con tratamiento superficial y de acero inoxidable u otros elementos de cierre.
- B. Este Manual no considera la fijación mecánica de la estructura metálica a la edificación.

### Alcance de la parte 2

- A. Este Manual establece el método de cálculo para el dimensionamiento de la junta estructural del proceso de pegado con sellador de silicona estructural en

carpinterías metálicas con elementos de cierre fabricados, principalmente pero no exclusivamente, en vidrio, ACM, paneles metálicos de aluminio con tratamiento de superficie y acero inoxidable.

- B. Este Manual no considera la fijación mecánica de la estructura metálica en la edificación.

## **2. Referencias normativas**

NCh 2434 Doble vidriado hermético – Características de diseño y construcción

NCh 523 Carpintería de aluminio – Puertas y ventanas – Requisitos

NCh 446 Arquitectura y construcción – Puertas y ventanas – Terminología y clasificación

NCh 904 Ensayos de corrosión en atmósferas artificiales – Ensayos a niebla salina

NCh 432 Cálculo de la acción del viento sobre las construcciones

NCh 3613 Arquitectura y construcción – Barandas – Barandas de cristal – Ensayos

ASTM C794 Standard Test Method for Adhesion-in-Peel of Elastomeric Joint Sealants

ASTM C1087 - Standard Test Method for Determining Compatibility of Liquid-Applied Sealants with Accessories Used in Structural Glazing Systems

ASTM C1184, Standard specification for structural silicone sealants

ASTM C1135, Standard Test Method for Determining Tensile Adhesion Properties of Structural Sealants

ASTM 1392, Standard Guide for Evaluating Failure of Structural Sealant Glazing

ASTM 1394, Standard Guide for In-Situ Structural Silicone Glazing Evaluation

ASTM 1401, Standard Guide for Structural Sealant Glazing

ASTM C1487, Standard Guide for Remediating Structural Silicone Glazing

### 3. Términos y definiciones

**3.1 Bite:** es la profundidad mínima o superficie de contacto mínima del sellador de silicona con el panel de vidrio (u otro material de cierre) y con el marco. La profundidad estructural es directamente proporcional a la carga del viento sobre el edificio y a las medidas del vidrio. A mayor carga de viento de diseño y mayor tamaño del cristal, mayor será la profundidad estructural requerida. La profundidad estructural debe ser dimensionada de forma tal que permita que la carga de viento sobre el panel se transfiera a la estructura (ver Figura 3.1 y Figura 3.2).

**3.2 Catalizador:** producto químico que acelera el proceso de cura.

**3.3 DVH:** composición vidriada, compuesta por dos o más hojas de cristal separadas entre sí por un perfil separador perimetral, formando una cámara hermética de aire deshidratado.

**3.4 Elemento de cierre:** parte destinada al cierre, constituida por los siguientes materiales: vidrio; ACM; panel de aluminio o acero inoxidable. El elemento de cierre puede estar constituido por otros materiales que cumplan lo indicado en este Manual y con las normas específicas correspondientes a estos tipos de materiales.

**3.5 Espaciador perimetral:** elemento que determina el ancho y el espesor de la junta, permitiendo la aplicación y el espatulado del sellador de silicona estructural.

**3.6 Espesor:** ver Figura 3.1

**3.7 Falla adhesiva:** desprendimiento de la silicona estructural del sustrato cuando se somete a un esfuerzo de tracción.

**3.8 Falla cohesiva:** rotura de la silicona estructural cuando se somete a un esfuerzo de tracción, manteniendo la adhesión al sustrato.

**3.9 Interviniente:** cualquier participante envuelto en la realización del proyecto.

**3.10 Muestra representativa:** representa una parte del lote producido.

**3.11 Paneles de aluminio compuesto (ACM):** panel metálico compuesto, siendo las planchas externas de aluminio pintadas y el núcleo de un material diferente al aluminio.

**3.12 Pegado estructural:** forma de fijación química del elemento de cierre, utilizando sellador de silicona estructural.

**3.13 Reparar:** acto de intervención amplia en el muro cortina para corregir defectos presentados, tales como: falta de estanqueidad; defectos de fabricación de los elementos de cierre; fallas en los sustratos metálicos; fallas de mano de obra en la aplicación; falla adhesiva del sellador de silicona estructural o cualquier otro que implique posibles riesgos.

**3.14 Sellador de silicona estructural:** material que posee la función de fijación entre el elemento de cierre y el muro cortina, con el fin de acomodar los movimientos y transferir las cargas aplicadas a la estructura soportante.

**3.15 Sellador de silicona estructural bicomponente:** producto formulado en dos partes, base y catalizador. El proceso de cura se da por la acción del catalizador, no dependiendo directamente de la humedad del aire.

**3.16 Sellador de silicona estructural monocomponente:** producto formulado en un solo componente. Depende de la humedad relativa del aire para el proceso de cura.

**3.17 Sellador de silicona estructural de sello secundario de DVH:** producto que se aplica como sello secundario en la fabricación de DVH, con la función de sellar y actuar como un elemento estructural para mantener los vidrios del DVH unidos entre sí.

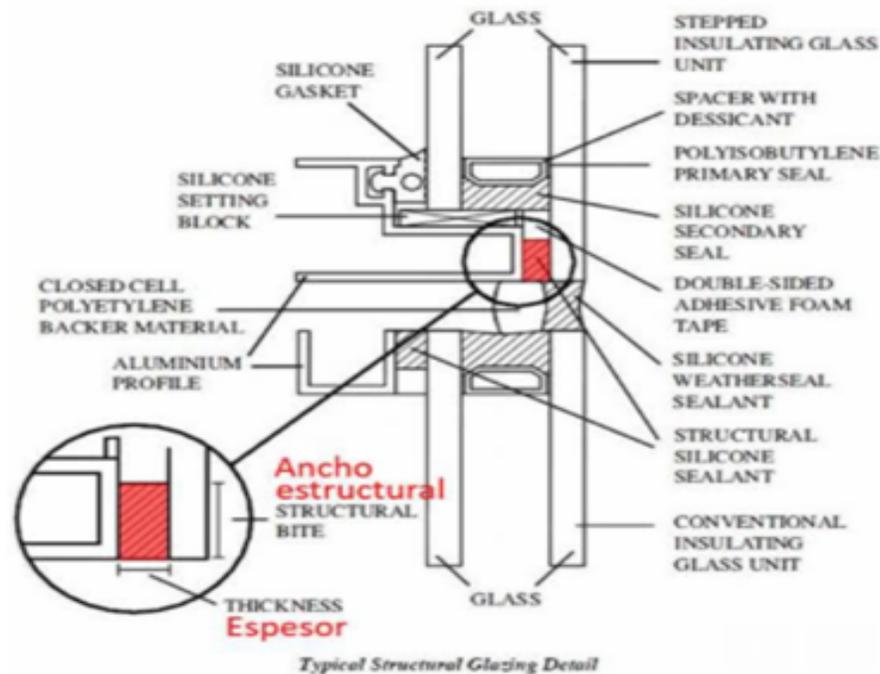


Figura 3.1

## Diseño de Acristamiento Estructural



Figura 3.2

### 4. Requisitos

#### 4.1 Generalidades

Para que la adhesión ocurra, todos los componentes del proceso de pegado deben cumplir con las normas específicas y deben estar adecuadamente preparados.

Los materiales utilizados en la fabricación del muro cortina deben cumplir con las exigencias de sus normas específicas.

Sólo pueden emplearse perfiles de aluminio con tratamiento superficial o bien de acero inoxidable que cumpla con la norma AISI 304 o 316. La aleación especificada para cada proyecto depende de la localización del proyecto.

Actualmente existen materiales de cierre diferentes de los especificados en el Alcance de este Manual, que pueden ser considerados para aplicaciones en el pegado estructural con silicona. El uso de estos elementos debe ser analizado durante el proyecto del sistema, para asegurarse que tendrán las características de desempeño necesarias para su aplicación en pegado estructural con silicona, teniendo como base los requisitos mínimos y principios establecidos en este Manual, como también en las normas específicas de esos materiales.

#### 4.2 Carpintería metálica

La carpintería metálica (aluminio) que recibirá el pegado con el sellador de silicona estructural, debe cumplir con la NCh 523.

#### 4.3 Perfiles

El fabricante del muro cortina deberá recoger del proveedor muestras de todos los perfiles a ser empleados en el pegado estructural, para realizar los ensayos de análisis de adhesión y compatibilidad que debe realizar el fabricante del sellador de silicona estructural.

#### 4.3.1 Perfiles de aluminio anodizado

Estos perfiles deben cumplir con NCh 523.

#### 4.3.2 Perfiles pintados

Estos perfiles deben cumplir con NCh 523.

#### 4.3.3 Perfiles de acero inoxidable

Estos perfiles deben cumplir con AISI 304 o 316, dependiendo de la localización del proyecto.



### 4.4 Elementos de cierre pegados que componen el muro cortina

Conviene que los elementos de cierre del módulo sean fabricados con alguno de los siguientes materiales: vidrio; acero inoxidable; aluminio o ACM.

No deben ser utilizados elementos de cierre metálicos sin tratamiento superficial, excepto para acero inoxidable.

Eventualmente otros materiales podrían utilizarse siempre que cumplan integralmente lo dispuesto en este Manual, las normas específicas de cada material, así como los principios que guían este Manual.

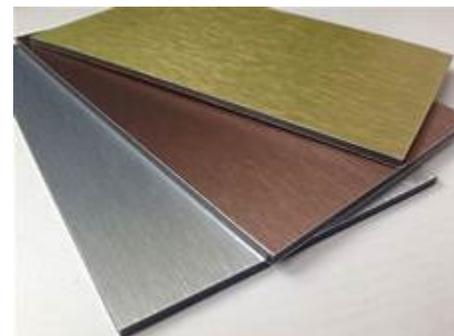
El fabricante del elemento de cierre con un producto diferente de los mencionados debe participar en el proyecto de desarrollo del sistema de pegado estructural con silicona y estar de acuerdo con el uso de su material en esa aplicación.

Esos materiales deben tener sus características mecánicas y su superficie de pegado evaluadas y aprobadas, de acuerdo con los requisitos de desempeño de este Manual. También deben tener la durabilidad necesaria para el uso externo, considerándose las condiciones de intemperie y otros efectos inherentes a la aplicación en muros cortina.

El fabricante del muro cortina deberá recoger, del proveedor, muestras de todos los elementos de cierre a ser empleados en el pegado estructural, para realizar los ensayos de análisis de adhesión y compatibilidad que debe realizar el fabricante del sellador de silicona estructural

#### 4.4.1 Elemento de cierre de ACM

El ACM, para ser pegado estructuralmente, debe estar debidamente identificado para este uso. Debe poseer una codificación específica y contener etiquetas en cada uno de los paneles o en los embalajes colectivos y descrito en la Nota de Despacho de envío del producto.



Se debe realizar una inspección visual garantizando la inexistencia de defectos en la pintura, tales como rayas, rugosidad, manchas y falta de homogeneidad en la pintura que pueda caracterizarse como defecto en la aplicación del revestimiento.

Se debe realizar un ensayo para determinar la resistencia a la corrosión por exposición a niebla salina acética, de acuerdo con NCh 904, considerando que se entiende que el ensayo de resistencia a la corrosión por exposición a niebla salina, en atmósfera neutral, no es adecuado.

Los criterios de aceptación para el ensayo de resistencia a la corrosión por niebla salina están en la Tabla 1.

Los defectos en las muestras no pueden exceder a 4 mm para cualquier lado de la incisión. El resultado debe cumplir con la Tabla 1.

**Tabla 1 – Resultado del ensayo de niebla salina acética**

<b>Nivel</b>	<b>Número de muestras aprobadas</b>	<b>Resultado</b>
A	3	Aprobado
B	2	Repetir el ensayo. Si el resultado de este segundo ensayo fuera A, el lote es considerado aprobado; caso contrario, es considerado rechazado
C	1	Rechazado
D	0	Rechazado

#### **4.4.2 Elementos de cierre de aluminio**

El elemento de cierre fabricado con aluminio que recibirá el pegado estructural con el sellador de silicona estructural debe estar de acuerdo – según el tipo de terminación superficial – con:

- a) Anodizado: NCh 523
- b) Pintura: NCh 523 o la sección 4.4.1 de este Manual

#### **4.4.3 Elementos de cierre de acero inoxidable**

Los elementos de cierre de acero inoxidable con estructura austenítica deben cumplir con la ABNT NBR 10821-2 subsección 4.4.2.2 o con AISI 304 o 316.

#### **4.5 Calzos de apoyo, burletes elastoméricos y accesorios**

Todo material que esté en contacto directo con la junta de silicona estructural debe ensayarse de acuerdo con el Anexo B de este Manual y será rechazado en caso de alteración del color del sellador de silicona inmediatamente después del ensayo, no pudiendo ser utilizado.

Los proveedores de materiales y accesorios deben entregar, al fabricante de la estructura, muestras representativas de los espaciadores, burletes elastoméricos, apoyos y otros productos que serán efectivamente utilizados en el proyecto, para la evaluación de compatibilidad y adhesión por el fabricante del sellador.



#### **4.6 Sellador de silicona estructural**

Los selladores de silicona estructural deben cumplir con ASTM C1184.

Los proveedores de selladores de silicona estructural tienen la responsabilidad de realizar los ensayos de compatibilidad con, entre otros, los espaciadores, burletes elastoméricos, calzos de apoyo y otros selladores ; ensayo de adhesión del sellador estructural a la superficie de los perfiles y a los elementos de cierre de metal con terminación superficial, al elemento de cierre de acero inoxidable o de vidrio; revisar las dimensiones de la junta definida en el proyecto de la estructura; recomendar el sellador ideal para el pegado estructural y para el sellado, así como, si es necesario, la utilización de promotores de adhesión a los sustratos evaluados.

El sellador de silicona estructural debe ser utilizado dentro de su vida útil y almacenado de acuerdo con las instrucciones del fabricante

##### **4.6.1 Dimensionamiento de la junta de silicona estructural para los elementos de cierre usados en carpinterías**

El dimensionamiento de la junta estructural con el sellador de silicona estructural considerado en este Manual, debe tener en cuenta la presión de viento, el peso propio del elemento de cierre y las dilataciones diferenciales derivadas de los cambios de temperatura en los elementos de cierre y del muro cortina. En caso de que existan otras cargas, tales como, por ejemplo, sismos, cargas lineales, impactos, movimiento de la estructura resistente o cargas de nieve y hielo, también deben ser consideradas en el dimensionamiento de la junta estructural del sellador de silicona estructural.

La tensión admisible del sellador de silicona estructural para el dimensionamiento del bite mínimo de la junta estructural para las carpinterías, debe ser:

- a) Para cargas variables como, por ejemplo, presión de viento: 138 kPa o 14 000 kgf/m<sup>2</sup>
- b) Para cargas estáticas (peso propio): 6.9 kPa o 700 kgf/m<sup>2</sup>

Nota: en casos especiales, como por ejemplo la geometría de la junta, se deben discutir entre los intervinientes del proyecto para usar valores diferentes a estos requisitos.

La relación proporcional entre el bite y el espesor de la junta estructural puede variar entre 1:1 y pudiendo llegar hasta 5:1, dependiendo de la capacidad de llenado total de la junta, con un mínimo de 6 mm, tanto para el ancho como para el espesor.

La variación de la dimensión de la junta estructural del sellador de silicona debido a las cargas secundarias, principalmente por los movimientos de los elementos de cierre y módulos derivados de las deformaciones térmicas, no puede superar en más de un 15 % al espesor inicial definido en la fabricación o 3.3 veces la deformación total esperada (módulo de elasticidad transversal).

El proyecto debe indicar, al fabricante del sellador, la dimensión de la junta de silicona estructural para su verificación.

Para determinar/verificar el dimensionamiento de la junta del sellador de silicona estructural, el proveedor de ésta deberá informar/documentar lo siguiente:

- a) Corte horizontal y vertical inferior, mostrando el soporte de apoyo, cuando exista; la posición del burlete elastomérico en cuanto al contacto con la junta de silicona estructural.
- b) La presión de viento conforme NCh 432. Si existe ensayo en túnel de viento, la presión de viento obtenida por ese ensayo debe ser la usada, prevaleciendo el valor mayor.
- c) La presión de seguridad, de acuerdo con ABNT NBR 10821-2. Si existe ensayo en túnel de viento, la presión de viento obtenida por ese ensayo debe ser la usada, prevaleciendo el valor mayor.
- d) Las dimensiones, peso, espesor y tipo de todos los elementos de cierre.
- e) La inclinación, grado positivo o negativo en relación con la vertical (90°), la indicación de lados a ser retenidos, indicando cuáles lados y cuántos.
- f) La existencia o no de soportes para absorber la totalidad del peso propio del elemento de cierre.



#### 4.6.2 Dimensionamiento de la profundidad del sello secundario en DVH

El bite mínimo de la junta del sello secundario con sellador de silicona estructural debe ser de 6 mm. Este bite se debe calcular de acuerdo con el principio de distribución de cargas conforme a lo descrito en la Parte 2 de este Manual.

Los vidrios, externo e interno, deben apoyarse en un soporte mecánico capaz de absorber la totalidad del peso de la unidad de DVH, con excepción de los DVH donde el vidrio externo de la unidad traspasa el vidrio interno (over-lap), estando este vidrio externo pegado al módulo, haciendo el papel de pegar la unidad de DVH al módulo.

El sistema over-lap se usa comúnmente en ventanas proyectantes, donde el pegado estructural de la unidad de DVH al módulo se da en el vidrio externo tras pasante. En estas configuraciones, el bite de la junta del sello secundario se deberá calcular tomando en cuenta sólo la carga de viento definida en el proyecto y sus particularidades, de acuerdo con la Parte 2 de este Manual.



Cuando exista over-lap y éste no está apoyado o pegado al módulo con el sellador de silicona estructural, el fabricante del DVH debe calcular el bite del sello secundario del sellador estructural necesario para resistir la carga de viento y sus particularidades (espesores de los vidrios del DVH) y el peso del vidrio externo de esta unidad.

Para otro tipo de configuración, donde el pegado estructural del DVH al módulo sea por el vidrio interno de la unidad, el fabricante del DVH deberá calcular el bite de la junta del sello secundario basado en la carga de viento del proyecto y sus particularidades más el peso del vidrio externo que no está apoyado.

Los DVH deben cumplir con la norma NCh 2434/1.

Para los DVH utilizados en aplicaciones de pegado estructural en construcción civil, el sello secundario del DVH deberá ser de silicona estructural, de acuerdo con este Manual.

En este Manual se está considerando solamente DVH compuestos por dos vidrios y una única cámara. Otras configuraciones (como por ejemplo triple vidriado hermético), no son consideradas.

En el caso de los DVH, si ambos vidrios tienen el mismo espesor, entonces es posible considerar que la carga de viento en los dos vidrios se distribuirá en partes iguales, o sea, cada vidrio soportará la mitad de la carga. En este caso, el bite utilizado en el sello secundario del DVH será la mitad del bite calculado para el pegado del DVH en el muro cortina, de acuerdo con la Parte 2 de este Manual, siendo el mínimo 6 mm.

Si el vidrio interno tuviera un espesor mayor al externo, la distribución de cargas ya descrita también sería válida.

Sin embargo, si el vidrio externo tuviera mayor espesor que el interno, la distribución de 50/50 de la carga ya no es válida, siendo necesario calcular la distribución de carga entre los dos vidrios, teniendo en cuenta la rigidez relativa de cada vidrio. Se pueden utilizar

las Tablas de la ASTM C1300 como referencia para la determinación de la carga entre los vidrios que componen el DVH.

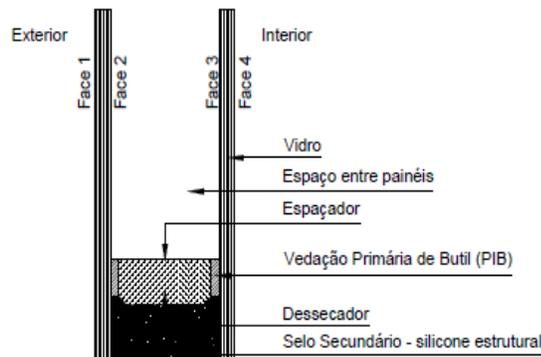
Adicionalmente y, dependiendo del tamaño y formato de los vidrios, es posible que algunos factores climáticos (como temperatura y presión) y de altura puedan influir en la presión interna de la cámara. Esta condición debe ser evaluada por el fabricante del DVH. En este caso, para el cálculo del bite del sello secundario del DVH, será necesario determinar también la carga debida a factores climáticos y combinarla con la presión del viento (carga combinada + presión de viento + factores climáticos). En la Parte 2 de este Manual se entrega una sugerencia de cálculo para este caso.

En el pegado estructural del DVH se exige la utilización de soportes mecánicos para soportar el peso muerto del DVH. El soporte debe abarcar todo el espesor del DVH, soportando el peso de ambos vidrios del DVH. La única excepción es el caso de vidrio doble over-lap, cuando el vidrio externo es más grande que el interno y el pegado estructural al perfil de aluminio se hará por el vidrio externo. En estas condiciones, se acepta que solamente el vidrio interno esté mecánicamente apoyado, con la condición de que el DVH tenga un sello secundario calculado para soportar el vidrio externo.

El material de los calzos debe ser de un material con dureza entre 70 y 80 Shore D. Todos los materiales que pudieran entrar en contacto con el sello secundario del DVH (calzos, burletes, sellos, etc...), deben tener su compatibilidad previamente ensayada. El ensayo de compatibilidad está descrito en el Anexo B de este Manual.

Para la verificación del dimensionamiento del sello secundario del sellador de silicona estructural, se requieren los siguientes documentos y/o informaciones:

- Corte horizontal y vertical inferior, mostrando el soporte de apoyo y si el vidrio externo también está siendo apoyado cuando este vidrio es de tipo over-lap.
- El corte horizontal y vertical debe mostrar la posición del burlete con relación a su contacto o no con el sello secundario y la junta estructural.
- Dimensiones y tipos de los vidrios. Espesor del vidrio interno y externo que componen el DVH.
- Inclinación, grado positivo o negativo con relación a la vertical.
- Indicar cómo el DVH está pegado estructuralmente al módulo, por sistema over-lap o por el vidrio interno del DVH.

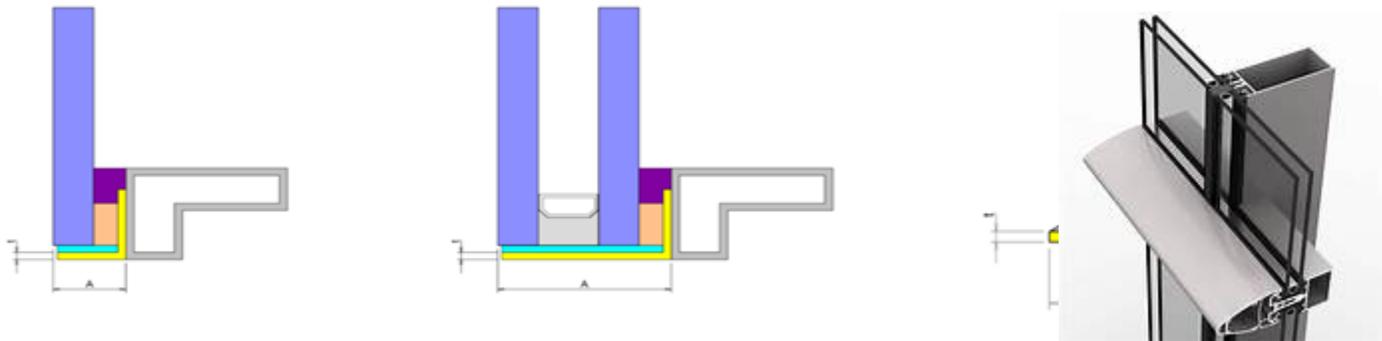


#### 4.7 Soporte mecánico para el elemento de cierre

Debe ser capaz de soportar la totalidad del peso del elemento de cierre.

Al soportar el peso de los elementos de cierre, la capacidad de tensión admisible del metal del soporte metálico, no se puede sobrepasar.

No se puede generar corrosión galvánica en los perfiles de aluminio de los módulos.



#### 4.8 Deflexión del elemento de cierre

De acuerdo con la NCh 3651-2, la deflexión máxima de cualquier elemento de cierre debe ser de  $L/175$  y, en el caso de DVH, de  $L/225$  siendo L la distancia entre apoyos.

#### 4.9 Vidrios

Para los casos de vidrios con revestimiento, tanto para control solar como para otros tipos de revestimientos, como por ejemplo pinturas y serigrafía, cuyo revestimiento quede en el área donde se realizará el pegado con el sellador de silicona estructural, el fabricante de la estructura y el proveedor del vidrio deben asegurar la adhesión al vidrio, su resistencia mecánica y durabilidad bajo las cargas involucradas (estática y dinámica). En el caso de que estos tipos de revestimientos no sean adecuados, es necesario removerlos (desbaste de bordes) del área de pegado.

Para asegurar las condiciones técnicas y visuales del revestimiento para control solar, se deben respetar las instrucciones de procesamiento establecidos en ABNT NBR 16673 ABNT NBR 16023 referidas a los requisitos del vidrio y a su clasificación.

#### 4.10 DVH

Los DVH deben cumplir con la norma NCh 2434. La dimensión del bite del sello secundario obedece a lo descrito en el punto 4.6.2 de este Manual.

Para el sello secundario, en los DVH en fachadas estructurales, sólo se puede utilizar sellador de silicona estructural.

El proyecto de estructura con DVH debe determinar el bite de las juntas estructurales del sello secundario donde la resistencia mecánica de diseño del sellador de silicona estructural debe ser de 138 kPa o de 14000 kgf/m<sup>2</sup> y de 6.9 kPa o de 700 kgf/m<sup>2</sup> para carga estática.

## **5 Aplicación del sellador**

El fabricante de la estructura debe asegurarse de que la aplicación del sellador de silicona estructural y las dimensiones de las juntas calculadas en el proyecto sean respetadas:

- El llenado adecuado de la junta
- Inexistencia de espacios vacíos y/o burbujas de aire
- Cumplimiento de las recomendaciones de limpieza de los sustratos
- Aplicación del promotor de adhesión cuando es especificado por el fabricante del sellador

Durante el proceso de pegado, el fabricante del muro cortina debe ejecutar y evaluar los ensayos de verificación, tal como están descritos en este Manual (Anexos C,D,E,F,G y H), y mantener los equipos de aplicación de silicona en buenas condiciones de uso, siguiendo la revisiones indicadas por el fabricante de esos equipos.

Solamente los módulos aprobados, de acuerdo con lo descrito en la sección 6 de este Manual, pueden ser instalados en el muro cortina.

El fabricante del muro cortina debe proveer, siempre, muestras representativas de los sustratos utilizados en la fabricación del muro cortina para que el fabricante del sellador de silicona pueda hacer una evaluación de la adhesión y compatibilidad.

El pegado estructural debe realizarse después de que el proveedor del sellador de silicona realice los ensayos descritos en este Manual y apruebe el uso del sellador (Anexos A y B). Solamente materiales compatibles pueden entrar en contacto con la junta de silicona estructural (burletes, espaciadores, calzos, etc.).

El sellado con silicona estructural debe respetar las directrices descritas en este Manual, de acuerdo con la sección 5.

Nota: el Anexo L “Check List”, puede usarse como guía para iniciar la discusión de la ejecución del pegado estructural.

### **5.1 Área de aplicación**

El área asignada para la aplicación del sellador estructural debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Aislado del tránsito de personas, maquinarias y equipamiento que puedan generar materias en suspensión. Debe dedicarse exclusivamente a este efecto.
- El área de pegado no puede estar expuesta al área externa, donde pueda haber movimiento de máquinas o vehículos que levanten polvo u otros tipos de materiales en suspensión.
- La temperatura ambiente no debe superar el máximo permitido por el proveedor del sellador.
- En caso de resultar necesario, se debe proveer de ventilación/extracción mecánica para garantizar que haya remoción de los vapores de los solventes y subproductos de la cura del sellador.
- El uso de ventilación forzada o natural no puede generar partículas en suspensión como polvo u otros residuos provenientes de otros ambientes, tanto externos como internos.
- El piso debe tener una terminación lisa para no acumular polvo y debe poder limpiarse con facilidad. Se recomienda mantenerlo húmedo.
- El área de pegado se debe mantener limpio y ordenado.
- Debe tener una iluminación acorde con la Norma Lumínica para áreas de trabajo.
- Debe ser un local que permita con facilidad la logística: recepción de materiales; pegado; almacenaje de los módulos pegados durante la cura de la silicona para, en seguida, llevarlas al lugar de montaje en la fachada.

## **5.2 Limpieza de los elementos de cierre y de los perfiles**

La limpieza de los elementos de cierre debe hacerse separada e inmediatamente antes del pegado.

Los perfiles de aluminio o de acero inoxidable deben limpiarse previamente con un solvente orgánico, siendo el más común alcohol isopropílico al 99 % o lo que indique el proveedor del sellador. En caso de ser necesario, se podrán utilizar solventes con mayor poder de limpieza, como, por ejemplo, xileno, tolueno u otros similares.

Para la limpieza de los vidrios, use alcohol isopropílico al 99 % u otro indicado por el fabricante del sellador. No utilice etanol ni detergentes.

Para la limpieza de los perfiles y elementos de cierre, se debe usar la técnica de dos paños y proceder como sigue:

- a) Colocar el módulo en un soporte adecuado (caballete, mesa u otro), de modo que quede totalmente apoyado.
- b) Utilice gasa, paño blanco, limpio y seco, que no suelte hilachas u otro material debidamente aprobado para este fin. No se debe utilizar paños lavados previamente o con pigmentos, los que pueden liberarse con el solvente de limpieza.

- c) Mojar la gasa o el paño en el solvente indicado para la limpieza, retirando el exceso si fuera necesario. No se debe sumergir el paño en el recipiente con el solvente, para no contaminarlo.
- d) Presione firmemente y frote en el lugar del pegado.
- e) Luego, con otro paño de iguales características, limpio y seco, friccione la región antes de que el solvente se evapore por completo.
- f) Verifique si los sustratos están limpios, en caso contrario realice nuevamente la operación de los pasos c) a e).
- g) Cambie los paños con frecuencia, de modo de utilizar siempre paños limpios en el proceso.
- h) Aplique el promotor de adhesión en caso de que haya sido especificado por el proveedor del sellador, esperando que éste reaccione entre 5 a 10 minutos antes de aplicar el sellador.

### **5.3 Aplicación del sellador de silicona estructural**

- La aplicación del sellador de silicona estructural se debe hacer inmediatamente después de la limpieza de los sustratos, con el módulo en posición horizontal. En caso de que esto no ocurra, el procedimiento debe repetirse, de acuerdo con lo descrito en la sección 5.2. En casos especiales o para casos de reposición de vidrios, cuando el módulo no se encuentra en posición horizontal, se debe consultar al proveedor del sellador.

- Con los sustratos debidamente limpios y el promotor de adhesión aplicado, cuando corresponda, se debe instalar el espaciador perimetral en su posición tal como especifica el proyecto.

- Posicionar y centralizar el elemento de cierre en el módulo.

- Con el uso del elemento aplicador, iniciar la aplicación del sellador en la cavidad de la junta.

- Con la ayuda de una espátula, presionar el sellador para dentro de la junta para así eliminar las burbujas de aire y llenar la totalidad de la junta.

- No usar ningún producto para ayudar en el espatulado, como: detergentes; solventes u otros tipos de materiales.

- Retirar el exceso de sellador del elemento de cierre y del módulo.

- No aplicar detergente o cualquier otro tipo de producto que facilite el espatulado del cordón antes de la aplicación y cura del sellador, ya que éstos productos pueden contaminar la superficie de los sustratos.

- Los burletes, calzos y cualquier otro material accesorio en contacto con la junta de silicona, deberá haber demostrado ser compatible con el sellador a utilizar, de acuerdo con el Anexo B de este Manual.

- Los módulos se deben identificar, después del pegado con un código de identificación y con la fecha del pegado u otro medio. Este dato podrá ser utilizado en el mapeo de la instalación de la fachada, permitiendo el seguimiento del posicionamiento de los módulos en el muro cortina.

Nota: se recomienda el uso de etiquetas, QR, código de barras, etc.

#### **5.4 Almacenamiento de los módulos durante la cura del sellador de silicona estructural**

Durante la cura del sellador, los módulos deben estar colocados en un lugar de acceso controlado, ventilado y cubierto. No se permite exponer los módulos al sol o a ambientes calientes antes de que el sellador esté totalmente curado, por el riesgo de aparición de burbujas.

Los módulos deben reposar en posición horizontal, pudiendo estar sobrepuestos siempre que haya un espacio, sin transferir el peso de uno para el otro. Deben utilizarse soportes para transferir el peso para el piso.

El tiempo de cura del sellador de silicona estructural varía de acuerdo con su tipo (mono o bicomponente), humedad relativa y temperatura ambiente. Evalúe su cura según el Anexo F. En caso de que la cura se haya completado, los módulos pueden ser colocados en otra posición, como la vertical, para maximizar el espacio de stock.

Solamente después de la cura del sellador, los módulos de la fachada - una vez aprobados los ensayos de acuerdo con los Anexos C, D, E, F y G de verificación realizados por el fabricante del muro cortina - pueden ser llevados para ser instalados.

#### **5.5 Pegado estructural del ACM con sellador de silicona estructural**

Normalmente, el ACM se fresa para doblar sus bordes y así proteger el núcleo contra la delaminación. Al ejecutar el fresado, el núcleo de este material puede quedar expuesto en el área de pegado. Como el sellador no adhiere a la mayoría de los materiales usados en el núcleo del ACM, es necesario agregar un ancho que compense a la región en la que se realizó el fresado con el fin de mantener el ancho original especificado de la junta. Este ancho adicional puede ser eliminado en caso de que el material del núcleo tenga buena adhesión a la silicona y tenga la suficiente cohesividad para soportar las cargas a que estará sometido, o el tipo de fresado no exponga el núcleo, así como no dañe el tratamiento superficial del material.

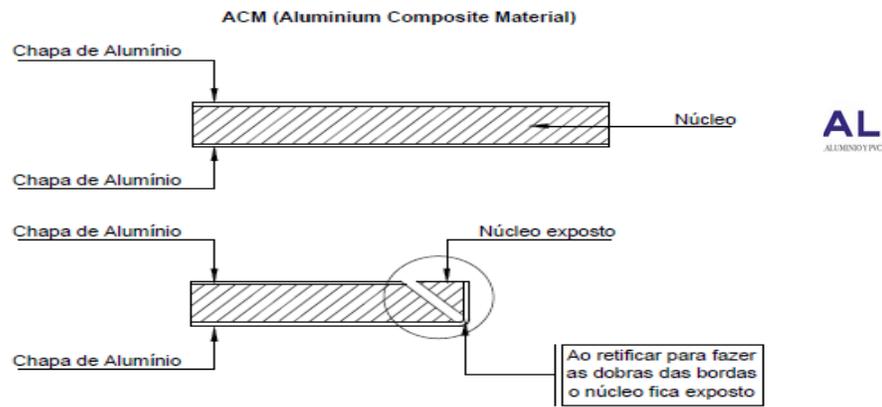


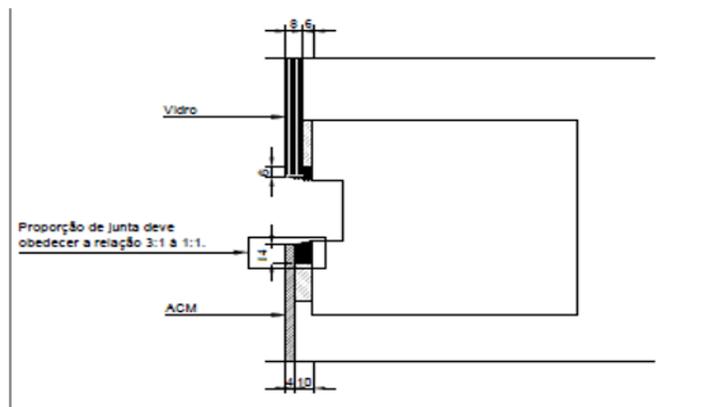
Figura xx. Usinagem do ACM

### 5.6 Nivelación de los elementos de cierre con diferentes espesores

Cuando la estructura está compuesta por elementos de cierre de diferentes espesores, generalmente requieren ser nivelados.

El espesor de la junta del elemento de cierre debe obedecer la relación de proporcionalidad de 3:1 hasta 1:1 (bite: espesor), o sea, la junta del sellador no puede poseer un espesor mayor que su bite. El diseñador podrá superar el rango de 3:1 siempre que asegure el llenado de la junta.

En caso de que el elemento de cierre de menor espesor fuera el ACM, se deben considerar las particularidades, de acuerdo con lo expuesto en el ítem 5.5.



Ejemplo de nivelación de elementos de cierre con diferentes espesores

### 5.7 Pegado de elementos de cierre en techos y lucarnas

En el caso de techos y lucarnas, el proyecto debe prever el escurrimiento de agua, nieve o hielo (cuando corresponda).

El pegado estructural de los elementos de cierre usados en este tipo de sistemas se debe ejecutar y verificar de la misma forma como se describe en las secciones 5 y 6.

Posteriormente, estos sistemas se deben fijar mecánicamente a una subestructura ya debidamente fijada a la construcción.

### **5.8 Pegado de elementos de cierre en barandas**

Las barandas, cuyos elementos de cierre sean pegadas con selladores de silicona estructural, deben cumplir con los requisitos de la norma NCh 3612.

El dimensionamiento de la junta estructural debe constar en el proyecto, independientemente si el pegado se hará en dos lados (generalmente los verticales) o en los cuatro lados.

En este Manual se considera el dimensionamiento de la junta tomando en cuenta la presión de viento, el peso propio del elemento de cierre y las dilataciones térmicas. Las demás cargas combinadas, tales como: carga lineal e impacto, también deben considerarse.

En condiciones especiales, cuando no resulta posible cumplir con lo dispuesto en la sección 5, el pegado de los elementos de cierre in situ en barandas, debe cumplir lo dispuesto en el Anexo J.

## **6 Verificación**

Todos los ensayos de verificación realizados durante el proceso de pegado deben registrarse en un Cuaderno de Pegado, el que puede ser impreso o digital.

El fabricante del muro cortina y/o la constructora, deben guardar este Cuaderno y el Plano de Instalación y entregar una copia al mandante de la edificación, permitiendo la trazabilidad para posibles reevaluaciones, reparaciones, mantención o investigación de cualquier problema que pudiera presentarse.

### **6.1 Verificación de la adhesión y compatibilidad de los sustratos en laboratorio**

El fabricante del muro cortina o de las ventanas, debe identificar todos los elementos/materiales que entrarán en contacto con la silicona y enviar muestras representativas de cada uno de esos elementos para ser ensayados por el proveedor de silicona estructural, para la verificación de adhesión y compatibilidad de los sustratos.

El fabricante del sellador o su representante tendrán la responsabilidad de validar, mediante ensayos de laboratorio, respecto de adhesión y compatibilidad, de acuerdo con los Anexos A y B, respectivamente, de este Manual.

## **6.2 Verificación en la ejecución del pegado estructural**

El fabricante del muro cortina debe realizar, evaluar, registrar y aprobar las pruebas de verificación durante el proceso de pegado.

Al ensayar los cuadros pegados en un día y/o lote determinado y, en caso de que se produzca una falla del adhesivo de acuerdo con las subsecciones 6.2.1, 6.2.2 y 6.2.3, la evaluación debe extenderse a un mayor número de cuadros de muestreo, duplicando el mínimo para el día del pegado y/o lote en cuestión. Si se observa una falla en las nuevas muestras, todos los cuadros que se pegaron en un determinado día y/o lote de cuadros, deben ser rechazados.

### **6.2.1 Adhesión en perfiles de aluminio (ensayo in situ)**

El ensayo se realiza de acuerdo con el Anexo C. Sirve para verificar la adhesión del sellador de silicona estructural al perfil de aluminio y debe realizarse durante el proceso de pegado.

Este ensayo se debe realizar en una muestra del mismo perfil de aluminio que se está utilizando en la fabricación del muro cortina o de la estructura.

El ensayo de adherencia se debe hacer después de que el sellador haya alcanzado el tiempo mínimo de curado, de acuerdo con las instrucciones del proveedor del sellador.

Después de tirar la tira del sellador de silicona, se debe verificar el tipo de falla, adhesiva o cohesiva. Sólo es aceptable la falla cohesiva.

#### **Frecuencia del ensayo**

En selladores monocomponentes, este ensayo se debe realizar, a lo menos, una vez por semana o a cada cambio de lote del sellador.

En selladores bicomponentes, se debe realizar diariamente antes del inicio del pegado y a cada cambio del lote de perfiles.

### **6.2.2 Ensayo de homogeneidad (ensayo de la mariposa)**

Este ensayo se realiza de acuerdo con el Anexo D.

Verifica la homogeneidad de la mezcla de los selladores bicomponentes de silicona durante el proceso de pegado.

Debe realizarse cada vez que la bomba comience a funcionar y después de la purga del sistema de la bomba después de paradas cortas o largas.

Nota: se recomienda consultar con el fabricante del equipo mezclador para los procedimientos de mantención, dado que muchas veces posibles problemas pueden resolverse con limpieza o cambio del sistema de mezcla, mangueras de aplicación, pistola o válvulas de retención.

### **6.2.3 Ensayo de tiempo elastomérico**

Este ensayo se realiza de acuerdo con el Anexo E.

Este ensayo verifica el tiempo de pre curado y la homogeneidad de la mezcla de los selladores bicomponentes de silicona durante el proceso de pegado.

La presencia de exceso de burbujas de pequeño diámetro puede indicar la presencia de aire retenido en el sistema de presurización del producto, debido a una deficiente purga de aire durante el cambio del kit y/o entrada de aire por sellos y juntas de la máquina aplicadora.

Este ensayo debe realizarse cada vez que se enciende la máquina.

Se debe evaluar si el tiempo de pre curado está de acuerdo con lo que el proveedor indica y comparar con el histórico del tiempo obtenido durante el proceso de pegado; si existen desvíos significativos de tiempo, puede significar una proporción de la mezcla entre la base y el catalizador del sellador fuera de lo especificado.

### **6.2.4 Ensayo de tirar el cordón de sellante en la estructura**

Este ensayo se realiza de acuerdo con el Anexo F.

Con este ensayo se verifica la adhesión del sellador al cuadro y al elemento de cierre, la dimensión del bite y la cura, así como la presencia de burbujas y fallas de llenado de la junta estructural.

El tirado se debe realizar después de que el sellador llega a su tiempo mínimo de cura, de acuerdo con las instrucciones del proveedor.

Después de tirar el cordón de sellador, se debe verificar el tipo de falla, adhesiva o cohesiva, Sólo se acepta la falla cohesiva.

Hacer este ensayo una vez por cada turno.

Se debe dejar registro en el Cuaderno de Producción.

### **6.2.5 Ensayo de despegado total (deglaicing)**

Este ensayo se realiza de acuerdo con el Anexo G.

Sirve para verificar la adhesión del sellador al cuadro y al elemento de cierre, las dimensiones de la junta, la cura, la presencia de burbujas y las fallas de llenado de la junta estructural.

Este ensayo evalúa la junta de silicona estructural en la totalidad de su perímetro.

El ensayo se debe realizar después que el sellador ha llegado al tiempo mínimo de cura, de acuerdo con las instrucciones del proveedor.

Después de tirar el cordón de sellador, se debe verificar el tipo de falla, adhesiva o cohesiva. Sólo se acepta falla cohesiva.

**Frecuencia del ensayo:** cada vez que se enciende la máquina.

**Muestras:**

Muestra 1: una para los 10 primeros cuadros.

Muestra 2: una para el cuadro 50.

Muestra 3: una para el cuadro 100.

Después de la Muestra 3: una para cada 100 cuadros fabricados.

### **6.2.6 Ensayo de verificación de la bomba aplicadora**

Este ensayo se realiza de acuerdo con el Anexo H.

Sirve para verificar la homogeneidad de la mezcla de los selladores de silicona bicomponente en un determinado volumen de mezcla.

Se debe realizar cada vez que se cambia el kit del sellador o cada vez que se haga necesario. Se recomienda una vez por semana como mínimo.

## **7 Mantenimiento**

En caso de mantenimiento o sustitución de los elementos de cierre, el propietario de la edificación debe, al contratar el servicio de mantenimiento, exigir que el Contrato cumpla con los procedimientos de cambio de elementos de cierre, contenidos en este Manual.

El propietario de la edificación debe registrar en forma precisa y mantener un registro de las intervenciones realizadas en la estructura. Esta información debe ser entregada por la empresa de mantenimiento.

### **7.1 Limpieza del muro cortina**

En caso de limpieza del muro cortina, ya sea después de la construcción o de la mantención periódica, los productos y métodos de limpieza no pueden interferir en el desempeño e integridad de las juntas estructurales de silicona, así como en los otros sustratos presentes en la estructura.

Le corresponde a la empresa de limpieza el uso de métodos y productos que sean compatibles con los materiales que constituyen la estructura del muro cortina, así como de los elementos de cierre. El método y el producto de limpieza escogido no puede comprometer, en ningún momento, el desempeño de la junta estructural de silicona.

En general, los productos de limpieza utilizados deben ser neutros. Se sugiere la consulta con el fabricante de la estructura.

Debe usarse el Anexo I para evaluar el efecto de interacción entre el producto de limpieza y la junta estructural de silicona. El método no sustituye a otros métodos y normas conocidas para este propósito, pudiendo usarse como complemento en caso de existir.

### **7.2 Programa de evaluación periódica del pegado estructural en muros cortina**

Se recomienda desarrollar un programa de monitoreo pos-instalación del muro cortina para asegurar el desempeño y duración a largo plazo.

Se recomienda la inspección del muro cortina, después de terminado, en forma periódica, después de un desastre natural o cualquier otro evento extremo no previsto en el proyecto.

Le corresponde al profesional que haga la inspección determinar el período de las siguientes inspecciones, así como determinar las acciones correctivas en caso de observarse alguna anomalía.

Un informe debe formar parte de los registros de las inspecciones y mantenerse para futuras consultas.

El monitoreo se puede basar en la ASTM C1392, Anexos F y G.

### **7.3 Sustitución de elementos de cierre en condiciones especiales**

Se aplica a la necesidad puntual de cambio de un elemento de cierre debido a su quiebre o daños. No se aplica a fallas sistémicas.

En caso de que el sistema constructivo permita la retirada del cuadro, éste debe sustituirse por otro que posea el elemento de cierre que haya sido pegado siguiendo las directrices y

procedimientos descritos en la Sección 5, así como verificado de acuerdo con lo descrito en la Sección 6.

En caso de que el sistema no permita la retirada del cuadro, el método de cambio se debe analizar y discutir con quienes intervinieron en el proyecto, para verificar la viabilidad de usar el procedimiento descrito en el Anexo J.

En caso de reparaciones o intervenciones mayores en la estructura, se debe desarrollar un plan de reparación. Este, entre otros aspectos, debe considerar los riesgos posibles y la factibilidad de ejecución de la reparación. Fijaciones adicionales (mecánicas) de los elementos de cierre pueden considerarse en conjunto con la fijación química (pegado con sellador de silicona estructural) con la intención de dar seguridad al proyecto.

Las informaciones contenidas en esta Sección, subsección y Anexo J, no deben considerarse como una única referencia. Deben ser usadas en conjunto con una amplia discusión y análisis entre los profesionales que intervinieron en el proyecto.

La causa subyacente de la falla sistémica: falla de adhesión del sellador, tratamiento de superficie de los metales, defecto en el elemento de cierre, entre otros, debe entenderse al momento de desarrollar el plan de reparación, antes de su implementación, de lo contrario la falla podría repetirse.

Siempre que resulte posible, al sustituir el elemento de cierre, se deben mantener las características originales del proyecto.

## **Anexo A**

### **Método de ensayo de adhesión Peel**

(Normativo)

#### **A.1 Principio**

Este ensayo determina la resistencia y características de adhesión entre el sellador de silicona estructural y los sustratos (elementos de cierre y perfiles) usados en el pegado estructural.

Consiste en aplicar una carga sobre un cordón de silicona aplicado a los sustratos.

Los ensayos se realizan por separado, en los perfiles de aluminio y en las muestras de los elementos de cierre.

La superficie expuesta se debe examinar luego del término del ensayo para verificar si existe falla cohesiva o adhesiva. El ensayo se declara como aprobado en caso de que la falla sea cohesiva.

Este método se basa en la norma ASTM C794.

#### **A.2 Materiales**

- solvente orgánico, alcohol isopropílico al 99 % u otro indicado por el fabricante del sellador, de acuerdo con el tipo de acabado superficial del perfil de aluminio
- cinta metálica de acero inoxidable, malla 20 mesh, de 12 x 300 mm aproximadamente
- gasa o paño limpio y seco
- sustratos a ser ensayados

#### **A.3 Equipamiento**

- dinamómetro, que debe funcionar a una velocidad de desplazamiento de 50.8 mm/min
- cubo para sumergir las muestras en agua

#### **A.4 Condiciones del ensayo**

- temperatura ambiente controlada de 25°C +/- 2°C y humedad relativa de 50 % +/- 5 %
- la temperatura del agua usada en la inmersión de las muestras debe ser de 25°C +/- 2°C

#### **A.5 Preparación de las muestras**

- limpiar ambos sustratos, elementos de cierre y el perfil, usando la técnica de dos paños estando el primero mojado en alcohol y el segundo seco
- aplicar el promotor de adhesión en ambos sustratos cuando lo especifique el fabricante del sellador. Espere el tiempo necesario para que el promotor de adhesión se evapore
- aplicar un cordón de sellador sobre los sustratos que serán analizados. Con la ayuda de un espaciador metálico, extienda el cordón retirando el exceso de sellador para formar un cordón rectilíneo y homogéneo de aproximadamente 15 mm de ancho por 3 mm de espesor
- aplicar la cinta metálica sobre el cordón, haga una leve presión sobre la cinta para que entre en contacto con el sellador
- aplicar un nuevo cordón de sellador sobre la cinta metálica. Con la ayuda de un espaciador metálico, extienda este cordón retirando el exceso de sellador para formar un rectilíneo y homogéneo de aproximadamente 20 mm de ancho por 3 mm de espesor
- mantener los sustratos nivelados para la cura del sellador por un período de 21 días, a 25°C +/- 2°C y con una humedad del 50 % +/- 5 %

#### **A.6 Procedimiento**

El ensayo de Peel se realiza doblando la cinta metálica en 180° para someterla a tracción con el dinamómetro.

Después de 21 días de cura del sellador, se someten las muestras al ensayo de tracción del dinamómetro, se reporta el tipo de falla (adhesiva o cohesiva) y la carga de falla.

Se sumergen las muestras en agua y se mantienen a una temperatura controlada de 25°C +/- 2°C.

Después de un día de inmersión en agua, se retiran las muestras. Se vuelve a sumergir las muestras en agua.

Después de 6 días de inmersión, se retiran las muestras del agua y se reporta el tipo de falla (adhesiva o cohesiva) y la carga obtenida.

#### **A.7 Resultado**

Se informa el tipo de falla: adhesiva o cohesiva.

### A.8 Aceptación

Se aprueba el ensayo sólo si la falla es cohesiva.

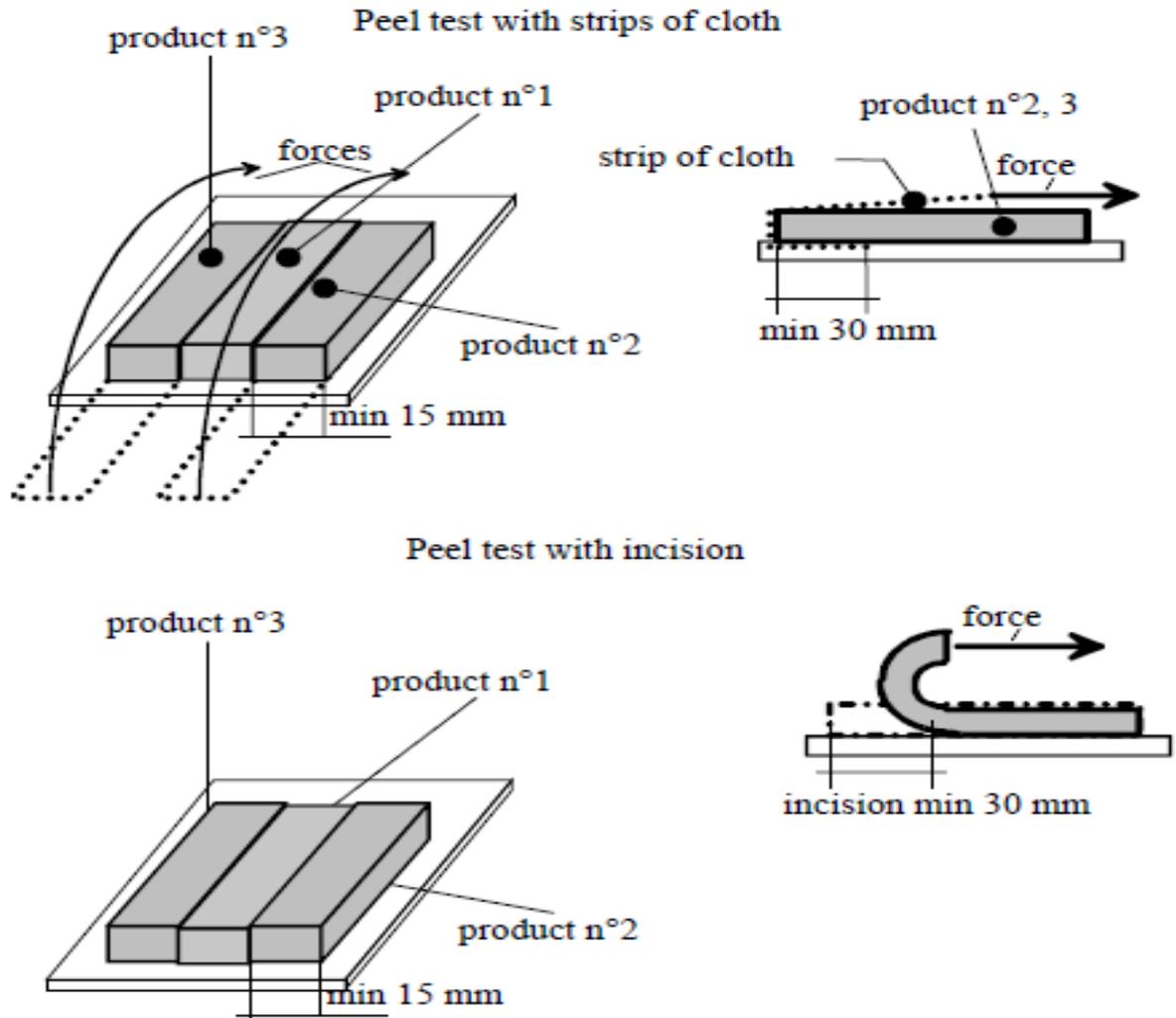


Figure 11 - Peel test - alternatives

## Anexo B

### Ensayo de compatibilidad en laboratorio

(Normativo)

#### B.1 Principio

Este método determina la compatibilidad del sellador de silicona estructural con los demás componentes del vidriado con los que tiene contacto, después de la exposición a los rayos UV.

Los componentes del vidriado que sean incompatibles químicamente pueden causar cambio de color en el sellador y/o pérdida de adhesión al sustrato. Estos componentes deben ser plenamente compatibles con la silicona estructural.

Para asegurarse de la adecuación del producto o ensayo de compatibilidad, se debe usar la norma ASTM C1087.

Para cada sellador a ser ensayado, se debe entregar una muestra de, mínimo, 50 mm de largo, espaciador y calzo o cuerpo de apoyo. El supervisor de la obra debe prever los tiempos de espera derivados de estos ensayos.

Este ensayo solamente evalúa el impacto que estos accesorios puedan tener en el desempeño del sellador y no influye en la compatibilidad o desempeño con otros productos usados en la estructura, por ejemplo: DVH, panel laminado, revestimientos de vidrio, espaciadores, etc., en contacto con el sellador.

NOTA 1: Con base en ensayos anteriores, la mayoría de los burletes elastoméricos fabricados exclusivamente con elastómero de silicona, son compatibles para contacto total con los sellantes de silicona estructural. Se recomiendan para aplicaciones de pegado estructural con sellador de silicona estructural. El uso de estos burletes elastoméricos u otros accesorios de silicona que entren en contacto con el sellador de silicona estructural, no elimina la necesidad de realizar el ensayo de compatibilidad.

#### B.2 Materiales

Alcohol isopropílico al 99 % para limpieza del vidrio.

Sellador de color blanco o incoloro de la misma composición química o similar y el mismo tipo de cura del sellador a ser evaluado.

Burletes elastoméricos, calzo de apoyo, etc.

### B.3 Aparatos

Termómetro con rango de lectura de 29°C a 100°C.

Ampolletas ultravioleta UVA-340.

Cámara para colocar las ampolletas, las que se deben colocar a 254 mm de la superficie de +/- 2°C en la región de las muestras a 48°C +/- 2°C. Se pueden usar otros dispositivos para lograr esa temperatura.

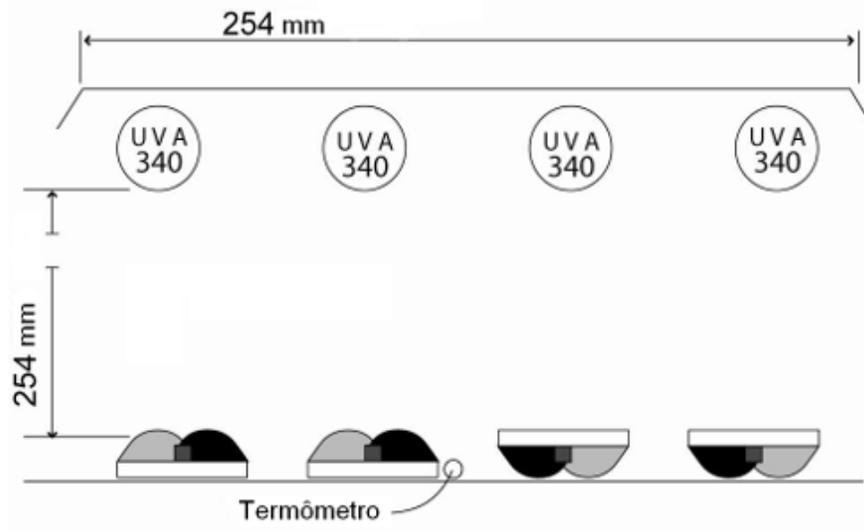


Figura B.1 – Disposición de las ampolletas UVA-340 Y distribución de las muestras en la cámara UV

### B.4 Condición del ensayo

Mantener la temperatura interna de la cámara en 48°C.

### B.5 Preparación de las muestras

Preparar 4 muestras de vidrio con los selladores, el evaluado y el de color blanco o incoloro, de aproximadamente 76 x 51 x 6 mm de tamaño, dos con espaciador/empaquetadura para evaluación y dos sin espaciador/empaquetadura sólo como testigo.

### B.6 Procedimiento

A temperatura ambiente, limpiar las muestras de vidrio con el alcohol, secarlas con un paño limpio y seco antes de que el alcohol se evapore.

En 2 muestras, cortar el accesorio a ser evaluado, con un largo de 50 mm, colocándolo en el centro de cada muestra de vidrio.

Aplicar el sellador de silicona estructural a ser evaluado a un lado del accesorio y el sellador de color blanco o incoloro al otro lado, llenando la muestra de vidrio. Los selladores deben aplicarse de forma que queden en total contacto con la muestra del accesorio. El sellador debe estar adherido al vidrio y tener un espesor de 3.0 mm +/- 0.2 mm por cima del accesorio.

Preparar 2 muestras de ensayo aplicando el sellador de silicona estructural a usar en el proyecto y el de color blanco o incoloro sobre el vidrio, sin utilizar el accesorio a ser ensayado.

Acondicionar las muestras a 25°C +/- 2°C con una humedad relativa de 50 % +/- 5 % por 7 días.

Tomando como referencia la luz UV, exponer 2 muestras de modo que los rayos UV incidan directamente en el lado donde se colocaron los selladores y otras 2 muestras al lado del vidrio. Para cada posición, seleccionar una muestra donde la silicona esté en contacto con el accesorio y otro sin el accesorio, de acuerdo a la Figura B.1. Mantener las muestras en la cámara de UV durante 21 días.

Mantener la temperatura de la cámara en el lugar de la muestra a 48°C +/- 2°C. Se recomienda verificar semanalmente la temperatura.

Para que la radiación en la cámara sea uniforme, intercambiar de lugar las ampollitas cada dos semanas, de acuerdo con el esquema de la Figura B.2.

Luego de los 21 días, retirar las muestras y dejar a temperatura ambiente durante 4 horas aproximadamente para enfriar.

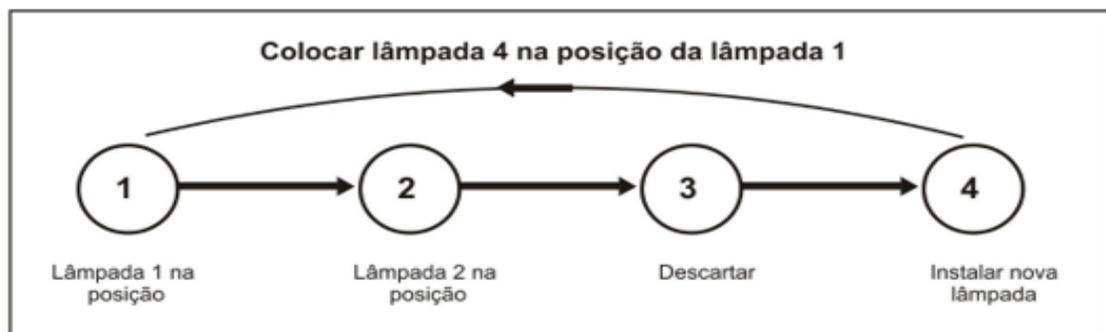


Figura B.2 – Esquema para intercambio de ampollitas

### **B.7 Resultado**

Registrar la alteración de color observada en las muestras.

### **B.8 Aprobación**

Cambios en el color del sellador de silicona, tanto en la de color blanco o incolora o con el sellador estructural a usar en el proyecto, reprueba al sustrato (accesorio).

## **Anexo C**

### **Peel test – Ensayo in situ**

(Normativo)

#### **C.1 Principio**

Este ensayo es un procedimiento manual para la verificación de la adhesión inicial del sellador en los perfiles de aluminio. Demuestra la homogeneidad del sellador estructural, en los lotes de perfiles usados durante el proceso de pegado.

#### **C.2 Materiales**

Alcohol isopropílico al 99 % u otro tipo de solvente indicado por el fabricante del sellador.

Cinta adhesiva antiadherente.

#### **C.3 Condiciones del ensayo**

Temperatura ambiente.

#### **C.4 Preparación de las muestras**

Limpiar la superficie a ser evaluada con el alcohol y aplicar el promotor de adhesión, en caso de que fuera indicado por el proveedor del sellador.

Pegar un pedazo de cinta adhesiva antiadherente en una parte de la superficie.

Aplicar un cordón de sellador de aproximadamente 200 mm de largo por 25 mm de ancho y 3 mm de espesor, de acuerdo con la Figura C.1.

#### **C.5 Procedimiento**

Después de la cura del sellador, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante, tirar perpendicularmente a 90° con relación al sustrato hasta que falle (adhesiva o cohesiva).

## C.6 Resultado

Falla adhesiva = el cordón se desprende de la superficie del perfil sin romperse.

Falla cohesiva = el cordón se rompe al ser tirado sin presentar falla adhesiva.

Se registra el tipo de falla del sellador de acuerdo con la Figura C1.

## C.7 Aprobación

Falla adhesiva = ensayo rechazado.

Falla cohesiva = ensayo aprobado.

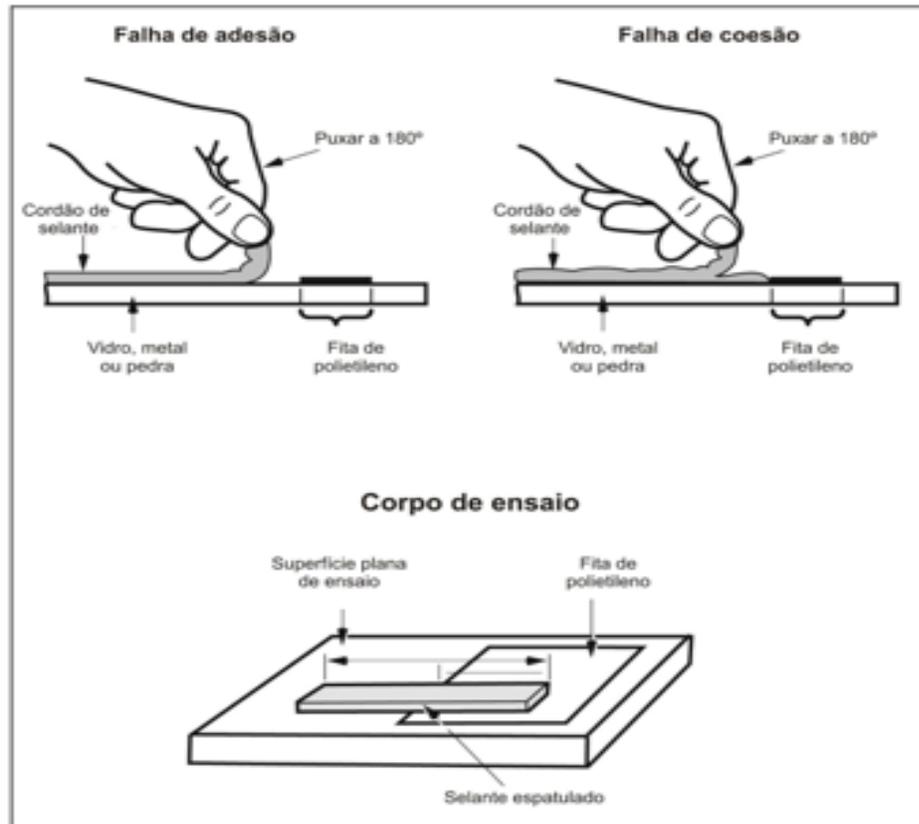


Figura C.1 – Ensayo inicial de adhesión y forma de falla del sellador

## **Anexo D**

### **Ensayo de homogeneidad – ensayo de la mariposa**

Ensayo para sellador bicomponente

(Normativo)

#### **D.1 Principio**

Este ensayo verifica la homogeneidad de la mezcla de dos componentes de base y el catalizador extruido por la bomba de aplicación de materiales bicomponentes a través de la visualización de la aplicación del sellador en papel o en film de plástico transparente.

#### **D.2 Materiales**

Hoja de papel blanco liso o film de plástico transparente.

#### **D.3 Condiciones de ensayo**

Temperatura ambiente

#### **D.4 Procedimiento**

Doblar al medio, longitudinalmente, la hoja de papel blanco, liso, tamaño A4 o un film plástico transparente.

Aplicar un cordón de sellador de, mínimo, 150 a 200 mm de largo y 10 mm de ancho en el doblez del papel o film.

Doblar el papel o el film, apretando el cordón hasta que se esparza, formando un film fino.

Abrir el papel e inspeccionar visualmente la mancha de sellador que se formó, de acuerdo con la Figura D.1.

#### **D.5 Resultado**

La presencia de estrías blancas o mezcla de color ceniza indica falla en la mezcla.

Una mezcla homogénea, sin embargo, con mucho brillo y superficie quebradiza, puede indicar exceso de sellador.

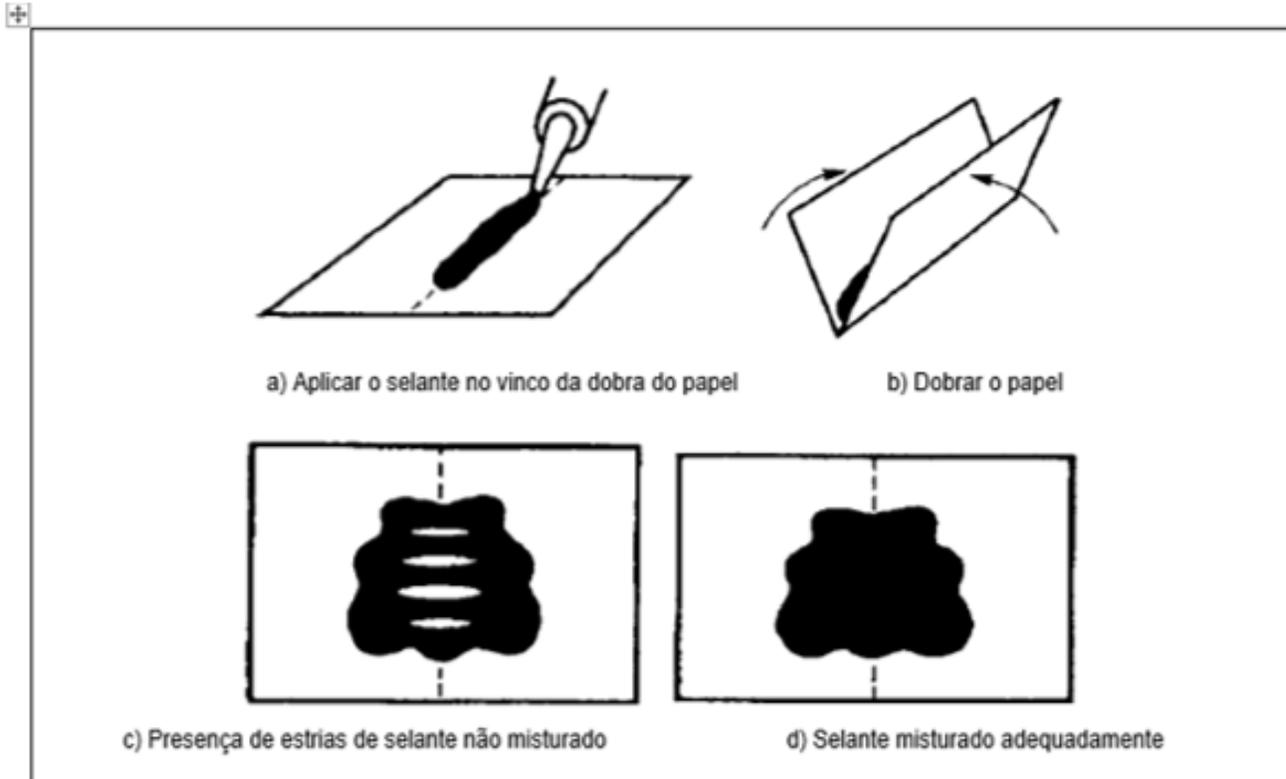


Figura D.1 – Pasos para realizar el ensayo de la mariposa

## D.6 Aprobación

La mezcla debe ser homogénea y libre de burbujas.

Se debe purgar el sistema hasta que se consiga una mezcla homogénea y libre de aire.

Si el problema persiste, el pegado se debe suspender hasta su corrección.

En caso de que la evaluación indique exceso de catalizador, el pegado se debe suspender y se debe evaluar el lote pegado en estas condiciones.

## **Anexo E**

### **Ensayo de tiempo de pre-cura (vaso)**

Ensayo para sellador bicomponente

(Normativo)

#### **E.1 Principio**

Este método se realiza después del ensayo de la mariposa, Anexo D, para verificar la proporción de la mezcla de los componentes de base y el catalizador. La tasa de cura del sellador provee una indicación del tiempo de trabajo y cura de la sesión. El objetivo de este ensayo es evaluar si la proporción base/catalizador está de acuerdo con lo especificado, así como evaluar la presencia de burbujas que pueden ser una indicación de la presencia de aire en el sistema de la bomba de aplicación del sellador bicomponente.

Este ensayo también verifica cual es la mezcla adecuada de los componentes de base y el catalizador. Tanto la falta como el exceso de catalizador son perjudiciales para el pegado: la falta podrá interferir en el curado del material (juntas de baja resistencia mecánica y de baja dureza), su exceso puede aumentar el módulo, haciendo la junta rígida y pudiendo comprometer la adhesión.

También se podrá observar la presencia de aire en la bomba, lo que podría generar puntos de disminución de la resistencia mecánica de la junta y la discontinuidad de adhesión.

#### **E.2 Materiales**

Un vaso pequeño, de aproximadamente 50 ml, de plástico.

Un palito tipo helado.

#### **E.3 Condiciones del ensayo**

Temperatura ambiente.

Seguir los procedimientos de la operación de la bomba aplicadora.

#### **E.4 Procedimiento**

Con la pistola aplicadora, llene el vaso con el sellador.

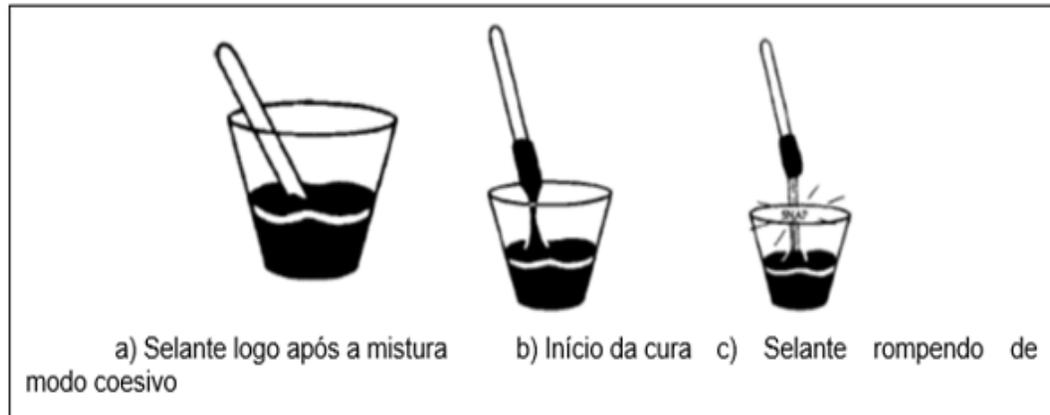
Inserte el palito en el sellador.

Luego de 15 minutos, retire gradualmente el palito a cada 5 minutos, de acuerdo con la Figura F.1.

Si el sellador no se rompe de modo cohesivo cuando se retira el palito, el sellador todavía muestra pre curado. El tiempo que el sellador lleva para romperse de modo cohesivo cuando se retira el palito, se denomina “tiempo de pre curado”.

Se recomienda que el ensayo sea realizado siempre por la misma persona, con el fin de garantizar un padrón de velocidad de tirado y que este tirado se haga de una forma constante, sin paradas y con una velocidad controlada.

Realizar el ensayo diariamente.



## E.5 Resultado

El tiempo de curado puede estar influenciado por la temperatura ambiente y la cantidad de catalizador. Entonces, con base en las especificaciones del proveedor y el histórico de tiempo de curado durante el pegado, se deben definir los tiempos límite, mínimo y máximo.

Un tiempo de curado menor indica exceso de catalizador.

Un tiempo de curado mayor indica falta de catalizador.

Los tiempos deben ser los indicados por el proveedor del sellador.

Una mezcla heterogénea o color ceniza indica una proporción catalizador/base en desacuerdo con lo especificado.

Dureza baja indica falta de catalizador.

Dureza alta indica exceso de catalizador.

Presencia de exceso de burbujas indica aire en el sistema.

### **E.6 Aprobación**

Sólo se aprueban las muestras de color homogéneo, dureza y tiempo de curado dentro de los límites.

La presencia de exceso de burbujas puede indicar aire disperso en el sistema de bombeado. Se debe hacer una purga hasta la corrección de estos problemas.

En caso de que los problemas continúen, el pegado debe ser suspendido y los lotes de cuadros producidos deben ser reevaluados.

## **Anexo F**

### **Pool test de la junta estructural en los cuadros**

(Normativo)

#### **F.1 Principio**

Este método verifica la calidad de la aplicación del sellador en la junta estructural detectando problemas de aplicación, limpieza inadecuada, aplicación inadecuada del promotor de adhesión o configuración incorrecta de la junta. El ensayo de adhesión se debe realizar en el lugar del pegado, después del curado completo del sellador, que normalmente demora de 7 a 21 días para los sellantes monocomponentes y 1 día para los bicomponentes.

#### **F.2 Materiales**

Un cuchillo o similar.

Un lápiz marcador.

#### **F.3 Condiciones del ensayo**

Temperatura ambiente.

#### **F.4 Procedimiento**

Luego de la cura del sellador, haga un corte perpendicular a la junta.

Haga dos cortes longitudinales a la junta de 50 mm, uno pegado al elemento de cierre y otro pegado al perfil. A partir del final del corte, haga un nuevo corte a 25 mm pegado al perfil, retire la punta del cordón del sellador en un ángulo de 90° perpendicular al plano, asegure firmemente el cordón y tire fuerte de él hasta que falle, cohesiva o adhesivamente.

Repita este procedimiento, sin embargo, ahora el corte de 25 mm en la junta debe estar pegado al elemento de cierre.

En caso de que se estén pegando sustratos diferentes, revisar la adhesión del sellador en cada sustrato separadamente. Esto debe realizarse extendiendo el corte vertical a lo largo de la lateral de un lado de la junta, verificando la adhesión del lado opuesto y después repitiendo para la otra superficie.

El ensayo debe realizarse diariamente al 10 % de los cuadros pegados.

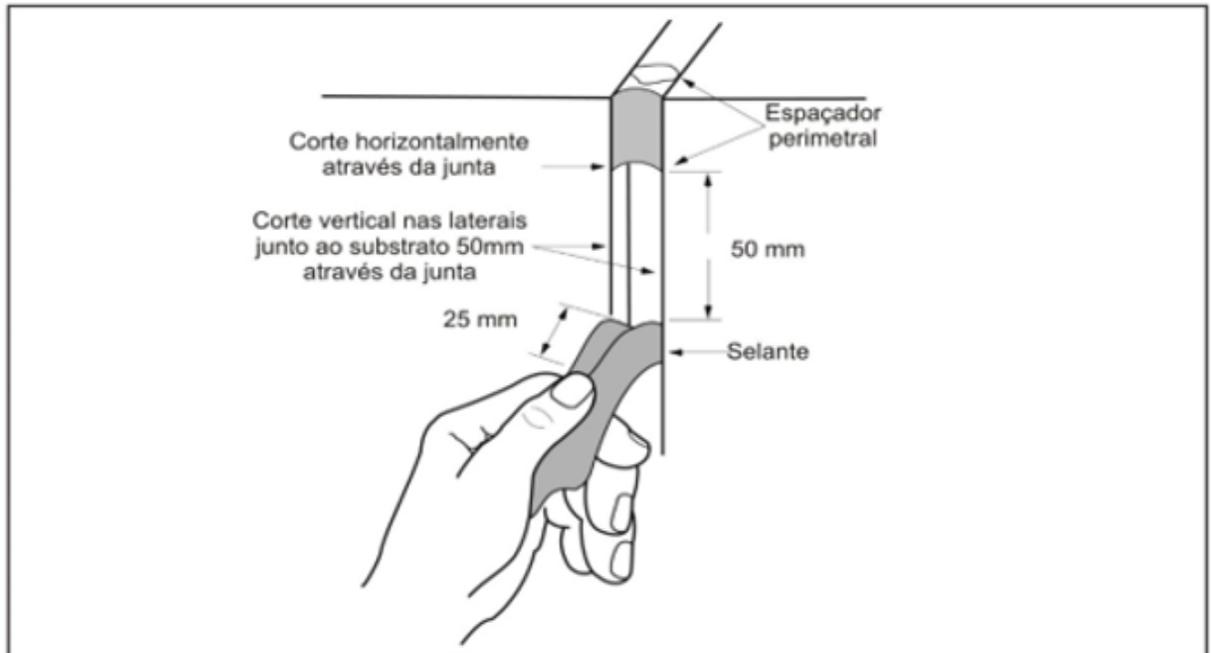


Figura F.1 – Ensayo de adhesión in situ

## F.5 Resultados

Los resultados deben quedar registrados en el Cuaderno de Pegado.

Falla cohesiva = al tirar la junta de la cavidad, el sellador se rompe sin presentar falla adhesiva

Falla adhesiva = al tirar la junta de la cavidad, el sellador se desprende de las superficies de los sustratos evaluados sin que se rompa el sellador.

## F.6 Aprobación

Falla adhesiva = el ensayo se reprueba.

Falla cohesiva = el ensayo se aprueba.

Cuando ocurra una falla adhesiva, se debe extender la evaluación para un mayor número de cuadros, al menos el doble, y realizar más ensayos, conforme Anexo G, para el lote en cuestión. Si se observa esta falla en otras muestras, se deben rechazar todos los cuadros que fueron pegados en el día.

## **Anexo G**

# **Ensayo de despegado total – Deglazing**

## **Normativo**

### **G.1 Principio**

Este método evalúa el perímetro de la junta en un cuadro. Proporciona una visión clara y general de la confección de una junta estructural. Evalúa la adhesión de la silicona estructural en ambos substratos, la presencia de aire y fallas en el llenado de las juntas.

### **G.2 Materiales**

Un estilete o hilo de acero.

### **G.3 Preparación de la muestra**

Temperatura ambiente.

### **G.4 Procedimiento**

Después de la cura completa del sellador estructural, corte todo el sellador y remueva el elemento de cierre.

Haga dos tipos de corte, uno horizontal y uno vertical (formando una L) pegado al del vidrio. Esto permite que la masa de la junta quede adherida al perfil, para realizar los ensayos de adherencia para verificar la adhesión en este sustrato.

Medir las dimensiones de la junta, ancho y espesor. Comparar con la memoria de cálculo de la junta estructural.

Observar la presencia de burbujas de aire y llenado a lo largo del perímetro.

Observar la homogeneidad del color de la junta.

Evaluar la adhesión en ambos substratos. Evalúe la adhesión en varios segmentos de la junta a lo largo de la totalidad de su longitud, haga una evaluación de su adhesión.

Haga un corte perpendicular a la junta y otro longitudinal de aproximadamente 10 cm pegado al sustrato que está siendo evaluado. Tire la punta de este segmento en ángulo

de 90° y tensiónelo hasta que falle: cohesiva cuando el sellador se rompe (rasga) o adhesiva cuando el sellador se desprende del sustrato sin romperse.

**Atención:** al realizar el corte con el estilete en dirección al perfil, se debe tener cuidado para no dañar la preparación de la superficie en caso de pinturas o anodizado, porque estos daños pueden generar futuras corrosiones en el sustrato.

### **G.5 Resultado**

Falla cohesiva = el sellador se rompe al ser tensionado

Falla adhesiva = el sellador se desprende del sustrato sin romperse

Informar la presencia de burbujas, dimensión y apariencia de la junta

### **G.6 Aprobación**

El ensayo se aprueba sólo con falla cohesiva.

Reportar presencia de burbujas.

La junta debe estar completamente llena y con la dimensión requerida por el proyecto.

El color debe ser homogéneo sin presencia de puntos blancos o grises.

## **Anexo H**

# **Ensayo de aplicación de la bomba aplicadora (ensayo de la culebra)**

### **Normativo**

#### **H.1 Principio**

Cuando los sellos del cilindro se desgastan o la regulación de las proporciones de la base y del catalizador no están correctamente ajustadas, dará como resultado la inconsistencia de esas proporciones, conforme a lo especificado por el proveedor del sellador.

#### **H.2 Materiales**

Hoja de papel.

Espátula de acero inoxidable.

Guantes de látex o similar.

#### **H.3 Condiciones del ensayo**

Temperatura ambiente.

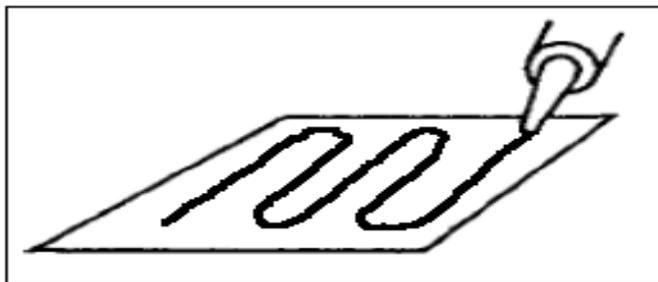
#### **H.4 Procedimiento**

Prender la bomba y aplicar un cordón continuo sobre un pedazo de cartulina. Haga movimientos de va y ven.

Deje que la bomba drene por el tiempo que sea suficiente para que se completen 2 ciclos enteros del cilindro del catalizador para las bombas tipo 4 vías y tipo regla.

Luego de aproximadamente 15 minutos, verificar el cordón presionando levemente con el dedo sobre la superficie a cada 20 cm aproximadamente, para verificar si el cordón de sellador está sufriendo el proceso de cura en todo su largo.

Figura H1 – cordão de selante aplicado



### H.5 Frecuencia

Este ensayo debe repetirse cada 10 kits de aplicación o cada 30 días.

### H.6 Resultado

Observar si la cura del sellador se da en forma homogénea a lo largo del perímetro del cordón formado.

Puntos blancos o alteraciones de color indican que la bomba presenta inconsistencias en las proporciones de la mezcla.

### H.7 Aprobación

Se aprueba el ensayo sólo si el cordón presenta un aspecto homogéneo presentando una cura inicial de forma consistente.

Reprobado: el pegado debe suspenderse hasta que el problema haya sido resuelto.

Se debe definir un plan de evaluación de los lotes producidos en el período entre las evaluaciones de la bomba.

## **Anexo I**

# **Pegado de elementos de cierre en condiciones especiales, arreglos y pegado in situ en la estructura**

## **Normativo**

### **I.1 Consideraciones para la sustitución de elementos de cierre en condiciones especiales y pegado in situ**

I.1.1 La junta de silicona estructural no puede hacerse sobre sustratos contaminados por polvo, agua/humedad, grasa/aceite, detergentes y cualquier otro tipo de contaminante que pueda interferir en la adhesión del sellador a los sustratos.

I.1.2 Una limpieza adecuada resulta fundamental para la seguridad del proyecto. Se deben usar guantes tipo de látex para no contaminar las superficies de los sustratos ya limpios.

I.1.3 El sellador de silicona no puede ser aplicado bajo la incidencia directa del sol y calor. La temperatura en la superficie de los sustratos (perfil y elemento de cierre) no puede superar los 50 °C durante la aplicación y cura del sellador.

I.1.4 Cuando el cambio se deba realizar durante o luego de lluvia o de humedad relativa del aire superior al 80 % o en condiciones de temperatura en que pueda presentarse condensación, se debe tener la seguridad de que las superficies de aplicación del sellador, espaciadores y calzos de apoyo estén secos y libres de humedad.

I.1.5 El uso de sellador de silicona estructural bicomponente, reduce el tiempo de la intervención y los riesgos asociados al proceso de cambio del elemento de cierre, como la generación excesiva de burbujas. En el caso de que se utilice un sellador mono componente, el encargado de ejecutar el cambio del elemento de cierre directamente en la estructura debe contar con elementos de sombra o similares para asegurar que no se sobrepase la temperatura de 50 °C en los sustratos durante el período de cura para evitar la formación de burbujas en la junta.

I.1.6 El tiempo total de cura de la silicona puede variar en función de la humedad relativa, temperatura y el tipo de cura (mono o bicomponente) del sellador. Para verificar la cura de la junta del sellador se debe usar el método descrito en el Anexo F.

I.1.7 La sustitución de cualquier elemento de cierre directamente en la fachada y pegado del elemento de cierre in situ, exige fijación mecánica temporal capaz de soportar todas las cargas involucradas durante la aplicación y el período de cura del sellador. La fijación mecánica temporal sólo puede retirarse después de la verificación de la adherencia total del sellador, de acuerdo con el método descrito en el Anexo F.

En este caso, es aconsejable consultar con el fabricante del sellador.

I.1.8 En caso de que sea necesaria la sustitución del calzo de apoyo, espaciador y burletes elastoméricos, se deben sustituir con productos con las mismas características y dimensiones usadas en el proyecto original. Estos deben ser compatibles con el sellador, de acuerdo con lo descrito en el Anexo B.

I.1.9 En caso de que se utilicen nuevos sustratos (vidrio, perfil, elemento de cierre, burletes u otros), éstos deben ser ensayados en laboratorio de acuerdo con lo descrito en los Anexos A y B.

I.1.10 Cuando, por motivos técnicos, sea posible el pegado in situ, los sustratos usados deben ser chequeados en laboratorio de acuerdo con los Anexos A y B.

I.1.11 Durante el proceso de pegado, se deben realizar los ensayos de verificación descritos en la Sección 6, subsecciones 6.2.1 a 6.2.6 de acuerdo con el tipo de sellador: mono o bi componente.

I.1.12 En caso de usar sellador de silicona bi componente en cartucho, se debe realizar el ensayo de verificación descrito en el anexo C.

## **I.2 Procedimiento de sustitución de elemento de cierre en condiciones especiales y reparaciones en la estructura**

I.2.1 Instalar la fijación mecánica temporal para soportar el nuevo elemento de cierre, durante la aplicación y cura total del sellador.

I.2.2 Usar un sistema de ventosas para evitar la caída del elemento de cierre durante el retiro y el recambio.

I.2.3 Con la ayuda de las herramientas apropiadas, corte la antigua junta de silicona lo más cerca posible del elemento de cierre que será sustituido.

I.2.4 Con las herramientas adecuadas, remueva la antigua junta. El tratamiento de superficie del perfil/cuadro no puede ser dañada al sacar la junta antigua. Se debe dejar una capa de 0.5 a 2.0 mm de la antigua junta de silicona en el perímetro del perfil, siempre que ésta muestre adhesión (falla cohesiva) al perfil de aluminio, de acuerdo con lo descrito en el Anexo F. También se debe ensayar la adhesión entre la capa residual de silicona con el nuevo sellador estructural aplicado, después de su cura total, de acuerdo con lo descrito en el Anexo F.

I.2.5 En caso de que se retire totalmente el residuo de la antigua junta, se necesita evaluar el uso o no de un promotor de adhesión en el perfil de aluminio, de acuerdo con lo especificado por el proveedor de la silicona.

I.2.6 La limpieza del elemento de cierre y del perfil se debe realizar inmediatamente antes del pegado.

I.2.7 La limpieza del elemento de cierre se debe realizar de acuerdo con lo descrito en 5.2.

I.2.8 Em caso de que sea necesario limpiar el residuo de la antigua junta, usar alcohol isopropílico al 99 %. Usar la técnica de los dos paños de acuerdo con 5.2. Verificar si no quedan hilachas del paño usado durante la limpieza y sáquelas.

I.2.9 Con el elemento de cierre ya limpio y, si es necesario, tratado con promotor de adhesión, posicione en el cuadro.

I.2.10 Si se ha usado promotor de adhesión y el pegado no se realiza antes de 10 minutos, el proceso de limpieza y aplicación del promotor de limpieza debe rehacerse. No aplique promotor en exceso, sólo una mano. No aplique el promotor sobre la antigua junta.

I.2.11 Aplicar el sellador de silicona estructural de acuerdo con 5.3.

I.2.12 Realice los ensayos de verificación durante el proceso de pegado de acuerdo con 6.2.1 a 6.2.3.

I.2.13 Después del período de cura del sellador, se debe hacer el ensayo de tirado, Anexo F. En caso de que el sellador haya demostrado adhesión en ambos sustratos se puede realizar la retirada de las fijaciones mecánicas temporales. Al retirarlas, se deben sellar las perforaciones dejadas por los tornillos, con sellador de silicona neutra.

I.2.14 En caso de reparaciones en la estructura, se deben hacer los ensayos de verificación para evaluar el trabajo ejecutado, de acuerdo con los Anexos F y G. La forma de muestreo, así como la cantidad de elementos de cierre a ser inspeccionados, se deben discutir entre los intervinientes.

I.2.15 Si los ensayos de verificación, conforme Anexos F y G, indiquen desviaciones, se debe discutir un nuevo plan de muestreo y evaluaciones para determinar la extensión del problema y definir el nuevo trabajo de pegado o alternativas en caso de que sea necesario.

### **I.3 Procedimiento de pegado del elemento de cierre in situ en la estructura**

I.3.1 El dimensionamiento de la junta estructural con el sellador de silicona estructural debe obedecer las instrucciones de este Manual.

# **Manual de Uso de Selladores de Silicona Estructural en Cerramientos Vidriados de Edificaciones**



**ACHIVAL**  
ASOCIACIÓN GREMIAL CHILENA DEL VIDRIO, ALUMINIO Y PVC

**diciembre de 2021**

## Parte 2 - Cálculos

### INDICE

<b>Alcance</b>	60
<b>1 Referencias normativas</b>	60
<b>2 Términos y definiciones</b>	60
<b>3 Método de cálculo para juntas de silicona estructural</b>	60
<b>3.1 Cálculo del bite de la junta de silicona estructural para elementos de cierre de 4 lados pegados en todos sus lados</b>	60
3.1.1 Vertical con soporte al peso propio del elemento de cierre	61
3.1.2 Vertical sin soporte al peso propio del elemento de cierre	62
3.1.3 Inclinado en hasta 15° de la vertical con soporte al peso propio del elemento de cierre	62
3.1.4 Inclinado en hasta 15° de la vertical sin soporte al peso propio del elemento de cierre	63
<b>3.2 Ejemplos de cálculo del ancho de la junta de silicona estructural del elemento de cierre en formato de rectángulo pegado en los 4 lados</b>	63
3.2.1 Vertical con soporte al peso propio del elemento de cierre	64
3.2.2 Vertical sin soporte al peso propio del elemento de cierre	64
3.2.3 Inclinado en hasta 15° de la vertical con soporte al peso propio del elemento de cierre	64
3.2.4 Inclinado en hasta 15° de la vertical sin soporte al peso propio del elemento de cierre	65
<b>3.3 Cálculo del bite de la junta estructural para elementos de cierre con forma de rectángulo pegado sólo en 2 lados paralelos entre sí</b>	65
3.3.1 Elemento de cierre con forma de rectángulo, pegados sólo en 2 lados paralelos	

entre sí.	66
3.3.1.1 Elemento de cierre con soporte al peso propio y fijación vertical	66
3.3.1.2 Elemento de cierre sin soporte al peso propio y fijación vertical	66
3.3.1.3 Elemento de cierre con soporte al peso propio y fijación horizontal	67
3.3.1.4 Elemento de cierre sin soporte al peso propio y fijación horizontal	67
<b>3.4 Ejemplo de cálculo para elemento de cierre con forma de rectángulo, pegado sólo en 2 lados paralelos entre sí</b>	<b>67</b>
3.4.1 Elemento de cierre con forma de rectángulo, pegados sólo en 2 lados paralelos entre sí	67
3.4.1.1 Elemento de cierre con soporte al peso propio y fijación vertical	67
3.4.1.2 Elemento de cierre sin soporte al peso propio y fijación vertical	67
3.4.1.3 Elemento de cierre con soporte al peso propio y fijación horizontal	68
3.4.1.4 Elemento de cierre sin soporte al peso propio y fijación horizontal	68
<b>3.5 Altura de la junta teniendo en cuenta la dimensión del elemento de cierre debido a las variaciones de temperatura</b>	<b>68</b>
3.5.1 Ejemplo de cálculo del espesor de la junta teniendo en cuenta la dimensión del elemento de cierre debido a variaciones de temperatura	69
<b>3.6 Cálculo del bite de la junta estructural para el sello secundario de DVH</b>	<b>70</b>
3.6.1 Método I	70
3.6.1.1 DVH apoyado totalmente en un soporte mecánico, consideraciones relativas a los espesores de los vidrios que lo componen	70
3.6.1.2 Configuración de DVH con vidrio over lap, con todos los vidrios apoyados en un soporte mecánico	71
3.6.1.3 DVH con vidrio over lap, donde sólo el vidrio interno está apoyado con un soporte mecánico o pegado estructuralmente al cuadro	72

<b>3.7 Ejemplo de cálculo de la junta estructural para el sello secundario del DVH</b>	<b>73</b>
3.7.1 Método I	73
3.7.2 DVH con ambos vidrios del mismo espesor y apoyados	73
3.7.3 DVH con vidrio el externo de mayor espesor que el interno, ambos vidrios apoyados y el vidrio externo traspasante pegado estructuralmente al cuadro	73
3.7.4 DVH con ambos vidrios del mismo espesor, configuración con over lap, apoyado en soporte mecánico y el vidrio traspasante está pegado estructuralmente al cuadro	73
3.7.5 DVH con vidrio traspasante, ambos vidrios del mismo espesor, sólo el vidrio interno está apoyado, vidrio interno pegado estructuralmente al cuadro	74
3.7.6 DVH con vidrio traspasante, vidrio externo de mayor espesor que el interno, sólo el vidrio interno está apoyado, vidrio interno pegado estructuralmente al cuadro	75
<b>3.8 Anexo informativo para que el soporte mecánico pueda soportar el peso del elemento de cierre</b>	<b>76</b>
<b>3.9 Ejemplo de soporte mecánico para soportar el peso del elemento de cierre</b>	<b>79</b>
3.9.1 Ejemplo donde se usa una aleación de aluminio en el perfil ángulo de menor resistencia mecánica, aleación 6060 T5 (tensión admisible de 7 kg/mm <sup>2</sup> )	79
3.9.2 Ejemplo donde se usó una aleación de aluminio en el perfil ángulo de mayor resistencia mecánica, 6063 T6 (tensión admisible de 10 kg/mm <sup>2</sup> ) y aumentó el tamaño del largo del perfil ángulo	79

### **Alcance**

Este Manual especifica el cálculo de la junta estructural, los procedimientos, la ejecución, los requisitos, y métodos de ensayos, verificación y la mantención del proceso de pegado con sellador estructural de silicona en estructuras.

Es importante considerar que los cálculos deban realizarse utilizando unidades de medida compatibles.

Este Manual no se aplica a la fijación mecánica de la estructura en la edificación.

Este Manual no se aplica al pegado con sellador de silicona estructural en estructuras con elementos de cierre fabricados en placas laminadas por alta presión, cerámicas, porcelanatos y similares.

## **1 Referencias normativas**

ASTM C1184 Standard specification for structural silicone sealants

ABNT NBR 15575-1

## **2 Términos y definiciones**

Para los efectos de este documento, se aplican los términos y definiciones que constan en la Parte 1 de este Manual.

## **3 Método de cálculo para juntas de silicona estructural**

Las informaciones para el cálculo de la junta estructural del sellador de silicona deben estar descritas de acuerdo con ABNT NBR 15737-1.

Este método de cálculo no se aplica a los elementos de cierre con un grado de inclinación mayor a 15° de la vertical, situación III y IV (Figura 1). Cuando este ángulo sea mayor de 15° se debe considerar la totalidad de la masa del elemento de cierre en los cálculos para dimensionamiento de la junta de sellador de silicona estructural.

Para un grado de inclinación comprendido entre  $> 90^\circ$  y  $< 180^\circ$  (grado positivo de inclinación), el bite de la junta de silicona estructural está determinado por la situación I y II, conforme a lo descrito en la sección 3.1.1 y 3.1.2.

### **3.1 Cálculo del bite de la junta de silicona estructural, para elementos de cierre de 4 lados pegados en todos sus lados**

Para las situaciones II, III y IV, prevalece, siempre, la junta de mayor bite obtenida en los cálculos, donde este resultado es la composición de las cargas impuestas al elemento de cierre bajo la carga de viento y la estática.

Cuando los valores del bite de la junta obtenidos por los cálculos fueran valores con decimales, se debe aproximar al entero superior.

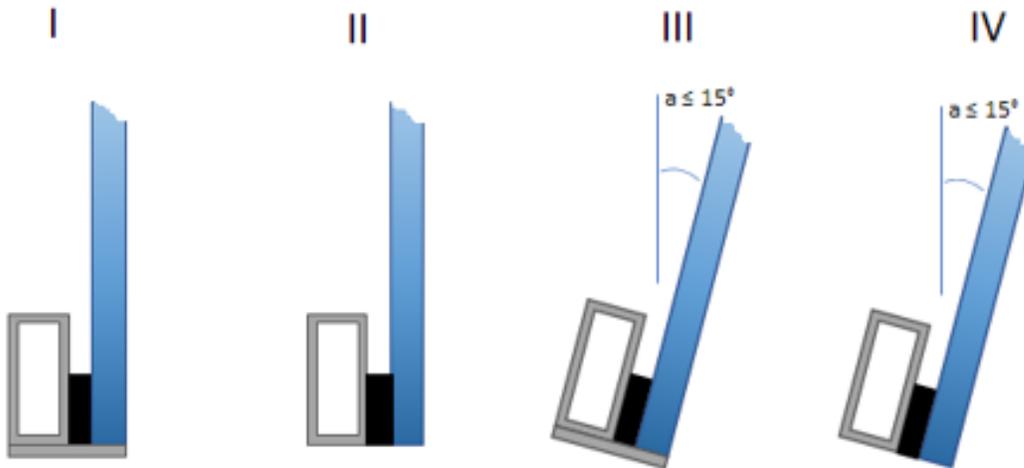


Figura 1. Situaciones para el Pegado Estructural

- I Vertical con soporte al peso propio del elemento de cierre
- II Vertical sin soporte al peso propio del elemento de cierre
- III Inclinado en hasta 15° de la vertical, con soporte al peso propio del elemento de cierre
- IV Inclinado en hasta 15° de la vertical, sin soporte al peso propio del elemento de cierre

### 3.1.1 Vertical con soporte al peso propio del elemento de cierre

Cálculo para la situación I: 
$$b \geq \frac{0,5 \times lm \times CV}{Rcd}$$

Donde:

- b bite de la junta estructural de silicona
- lm lado menor del elemento de cierre
- CV carga de viento, expresado en kPa o kgf/m<sup>2</sup>
- Rcd resistencia de proyecto de la silicona bajo carga de viento, valor de 138 kPa ó 14000 kgf/m<sup>2</sup>

### 3.1.2 Vertical sin soporte al peso propio de elemento de cierre

Cálculo para la situación II: 
$$b \geq \frac{0,5 \times lm \times CV}{Rcd} \quad \& \quad b' \geq \frac{P \times 1000}{lc \times Rce}$$

Se debe utilizar, siempre, el resultado mayor de las dos ecuaciones.

Donde:

b ó b'	bite de la junta estructural de silicona
lm	lado menor del elemento de cierre
lc	longitud pegada (longitud de la junta estructural), expresado en m
Cv	carga de viento, expresado en kPa o kgf/m <sup>2</sup>
P	peso del elemento de cierre, expresado en kgf o kgN
1000	factor de multiplicación para obtener el valor del ancho de la junta en mm
Rcd	resistencia de proyecto de la silicona bajo carga de viento, valor de 138 kPa o 14 000 kgf/m <sup>2</sup>
Rce	resistencia de proyecto de la silicona bajo carga estática, valor de 700 kgf/m <sup>2</sup> o 6.9 kPa

### 3.1.3 Inclinado en hasta 15° de la vertical, con soporte al peso propio del elemento de cierre

Cálculo para la situación III:  $b \geq \frac{(0,5 \times lm) \times (CV + Pua \times \text{sen } \alpha)}{Rcd}$  &  $b' \geq \frac{(P \times \text{sen } \alpha) \times 1000}{lc \times Rce}$

Se debe utilizar, siempre, el resultado mayor de las dos ecuaciones.

Donde:

b ó b'	bite de la junta estructural de silicona
lm	lado menor del elemento de cierre
lc	longitud pegada (longitud de la junta estructural), expresado en m
Cv	carga de viento, expresado en kPa o kgf/m <sup>2</sup>
Pua	peso por unidad área, expresado en kPa ó kgf/m <sup>2</sup>
sen a	seno del ángulo de inclinación
1000	factor de multiplicación para obtener el valor del ancho de la junta en mm
Rcd	resistencia de proyecto de la silicona bajo carga de viento, valor de 138 kPa o 14 000 kgf/m <sup>2</sup>

Rce resistencia de proyecto de la silicona bajo carga estática, valor de 700 kgf/m<sup>2</sup> o 6.9 kPa

### 3.1.4 Inclinado hasta 15° de la vertical, sin soporte al peso propio del elemento de cierre

Cálculo para la situación IV: 
$$b \geq \frac{0,5 \times (Cv + Pua) \times lm}{Rcd} \quad \& \quad b' \geq \frac{P \times 1000}{lc \times Rce}$$

Se debe utilizar, siempre, el resultado mayor de las dos ecuaciones.

Donde:

b ó b'	bite de la junta estructural de silicona
lm	lado menor del elemento de cierre
lc	longitud pegada (longitud de la junta estructural), expresado en m
Cv	carga de viento, expresado en kPa o kgf/m <sup>2</sup>
Pua	peso por unidad área, expresado en kPa ó kgf/m <sup>2</sup>
1000	factor de multiplicación para obtener el valor del ancho de la junta en mm
P	peso del elemento de cierre expresado en kgf o kgN
Rcd	resistencia de proyecto de la silicona bajo carga de viento, valor de 138 kPa o 14 000 kgf/m <sup>2</sup>
Rce	resistencia de proyecto de la silicona bajo carga estática, valor de 700 kgf/m <sup>2</sup> o 6.9 kPa

## 3.2 Ejemplos de cálculo del bite de la junta de silicona estructural del elemento de cierre en formato de rectángulo, pegado en los 4 lados

Los valores de carga de viento, espesor del vidrio, dimensiones, etc., son referencias hipotéticas, usadas en los ejemplos sólo para permitir el cálculo y las comparaciones de las juntas estructurales con silicona. No se pueden usar como referencia al proyectar una fachada. Consulte las normas específicas al proyectar o ejecutar una fachada

### 3.2.1 Vertical con soporte al peso propio del elemento de cierre

Vidrio con apoyo al peso propio, 3000 x 1200 mm, carga de viento de 1 kPa, pegado en la

vertical (sin inclinación), pegado en los 4 lados, con una masa de 93.75 kg.

$$b \geq \frac{0,5 \times lm \times CV}{Rcd} = b \geq \frac{0,5 \times 1200 \times 1}{138} = 4.35 \text{ mm (bite mínimo 6.0 mm)}$$

### 3.2.2 Vertical sin soporte al peso propio del elemento de cierre

a) Vidrio sin apoyo al peso propio, 3000 x 1200 mm, carga de viento de 1 kPa, sin inclinación, pegado en los 4 lados y con espesor de vidrio de 10 mm y masa de 90 kg.

$$b \geq \frac{0,5 \times lm \times CV}{Rcd} \quad \& \quad b' \geq \frac{P \times 1000}{lc \times Rce}$$

$$b \geq \frac{0,5 \times 1200 \times 1}{138} = 4.3 \text{ mm} \quad \& \quad b' \geq \frac{90 \times 1000}{8 \times 700} = 16.07 \text{ mm}$$

Prevalece la junta de mayor ancho. La junta debe ejecutarse con 17 mm de ancho.

Nota: es un típico ejemplo donde la tensión generada por la carga estática (peso), impuesta a la junta estructural de silicona es mayor que la carga de viento.

b) Vidrio sin apoyo al peso propio, 2500 x 1500 mm, carga de viento 3.75 kPa, sin inclinación, pegado en los 4 lados, espesor del vidrio 10 mm y peso de 93.75 kg.

$$b \geq \frac{0,5 \times lm \times CV}{Rcd} \quad \& \quad b' \geq \frac{P \times 1000}{lc \times Rce}$$

$$b \geq \frac{0,5 \times 1500 \times 3,75}{138} = 21 \text{ mm} \quad \& \quad b' \geq \frac{93,75 \times 1000}{8 \times 700} = 17 \text{ mm}$$

Prevalece la junta de mayor ancho. La junta se debe ejecutar con 21 mm de ancho.

Nota: típico ejemplo donde la tensión generada por la carga de viento impuesta a la junta de silicona estructural es mayor que la carga estática (peso del vidrio).

### 3.2.3 Inclinado hasta 15° de la vertical, con soporte al peso propio del elemento de cierre

Vidrio con apoyo al peso propio, inclinado hasta un ángulo de 15° negativos, carga de viento de 2 kPa, espesor del vidrio de 10 mm con masa de 93.75 kg. Pegado en los 4 lados.

$$b \geq \frac{(0,5 \times lm) \times (CV + Pua \times \text{sen } \alpha)}{Rcd} \quad \& \quad b' \geq \frac{(P \times \text{sen } \alpha) \times 1000}{lc \times Rce}$$

$$b \geq \frac{(0,5 \times 1500) \times (2 + 0,245 \times \text{sen } 15^\circ)}{138} = b \geq 11,21 \text{ mm} \rightarrow 12 \text{ mm}$$

$$b' \geq \frac{(93,75 \times \text{sen } 15^\circ) \times 1000}{8 \times 700} = b' \geq 4,33 \text{ mm} \rightarrow 6 \text{ mm (ancho mínimo debe ser de 6 mm)}$$

Prevalece la junta de mayor ancho. La junta se debe hacer de 12 mm.

### 3.2.4 Inclinado hasta -15° de la vertical, sin soporte al peso propio del elemento de cierre

Vidrio sin apoyo al peso propio, inclinado hasta 15° negativos, carga de viento de 2 kPa y vidrio de 10 mm de espesor con peso de 93.75 kg. Pegado en los 4 lados.

$$b \geq \frac{0,5 \times (CV + Pua) \times lm}{Rcd} \quad \& \quad b' \geq \frac{P \times 1000}{lc \times Rce}$$

$$b \geq \frac{0,5 \times (2 + 0,245) \times 1500}{138} \quad b \geq 12,2 \text{ mm} \rightarrow 13 \text{ mm}$$

$$b' \geq \frac{93,75 \times 1000}{8 \times 700} = b' \geq 16,7 \text{ mm} \rightarrow 17 \text{ mm}$$

Prevalece la junta de mayor ancho. La junta se debe hacer de 17 mm.

### 3.3 Cálculo del bite de la junta estructural para elementos de cierre con forma de rectángulo pegado sólo en dos lados paralelos entre sí

Cuando sólo dos lados del elemento de cierre están pegados, se podrá generar una mayor tensión en la junta estructural del sellador de silicona estructural. En esta sección se analizarán las particularidades de este tipo de pegado.

Este tipo de pegado se emplea, generalmente, en partes específicas de un proyecto arquitectónico, debido a esto, los cálculos y ejemplos se restringirán a elementos de cierre sin inclinación. Para situaciones donde los elementos de cierre se instalen con inclinación, se debe consultar con el proveedor de la silicona.

Estas consideraciones son válidas para elementos de cierre con forma de rectángulo, donde los cuatro lados pueden ser o no iguales. Para vidrios con otra forma, se debe consultar al proveedor de la silicona.

El proyecto debe prever la estanqueidad del sistema cuando sólo dos lados del elemento de cierre están pegados, así como también debe considerarse que el elemento de cierre cumpla con los diferentes requisitos de cargas.

#### 3.3.1 Elemento de cierre con forma de rectángulo, pegados sólo en dos lados paralelos entre sí

##### 3.3.1.1 Elemento de cierre con soporte al peso propio y fijación vertical

$$b \geq \frac{0,5 \times l \times CV}{Rcd}$$

Donde:

- b bite de la junta estructural de silicona
- l lado pegado del elemento de cierre
- Cv carga de viento expresada en kPa o kgf/m<sup>2</sup>
- Rcd resistencia de diseño de la silicona bajo carga de viento, valor de 138 kPa o 14 000 kgf/m<sup>2</sup>

### 3.3.1.2 Elemento de cierre sin soporte al peso propio y fijación vertical

$$: \quad b \geq \frac{0,5 \times l \times CV}{Rcd} \quad \& \quad b' \geq \frac{P \times 1000}{lc \times Rce}$$

Prevalece la junta de mayor bite.

Donde:

- b ó b' bite de la junta estructural de silicona
- l lado pegado del elemento de cierre
- lc longitud pegada (longitud de la junta estructural), en metros
- Cv carga de viento, expresada en kPa o kgf/m<sup>2</sup>
- P peso del elemento de cierre kgf o kgN
- 1000 factor de multiplicación para obtener el valor del bite de la junta en mm
- Rcd resistencia de diseño de la silicona bajo carga de viento, valor de 138 kPa o 14 000 kgf/m<sup>2</sup>
- Rce resistencia de diseño de la silicona bajo carga estática, valor de 700 kg/m<sup>2</sup> o 6.9 kPa

### 3.3.1.3 Elemento de cierre con soporte al peso propio y fijación horizontal

$$b \geq \frac{0,5 \times l \times CV}{Rcd}$$

Donde:

- b bite de la junta estructural de silicona
- l lado pegado del elemento de cierre
- Cv carga de viento expresada en kPa o kgf/m<sup>2</sup>
- Rcd resistencia de diseño de la silicona bajo carga de viento, valor de 138 kPa o 14 000 kgf/m<sup>2</sup>

### 3.3.1.4 Elemento de cierre sin soporte al peso propio y fijación horizontal

$$: \quad b \geq \frac{0,5 \times l \times CV}{Rcd} \quad \& \quad b' \geq \frac{P \times 1000}{lc \times Rce}$$

Prevalece la junta de mayor bite

Donde:

- b ó b' bite de la junta estructural de silicona
- l lado pegado del elemento de cierre
- lc longitud pegada (longitud de la junta estructural) en metros
- Cv carga de viento, expresada en kPa o kgf/m<sup>2</sup>
- P peso del elemento de cierre kgf o kgN
- 1000 factor de multiplicación para obtener el valor del bite de la junta en mm
- Rcd resistencia de diseño de la silicona bajo carga de viento, valor de 138 kPa o 14 000 kgf/m<sup>2</sup>
- Rce resistencia de diseño de la silicona bajo carga estática, valor de 700 kg/m<sup>2</sup> o 6.9 kPa

### 3.4 Ejemplo de cálculo para elementos de cierre con forma de rectángulo, pegados sólo en dos lados paralelos entre sí

#### 3.4.1 Elemento de cierre con forma de rectángulo, pegados sólo en dos lados paralelos entre sí

##### 3.4.1.1 Elemento de cierre con soporte al peso propio y fijación vertical

Vidrio con apoyo al peso propio, 1500 x 1500 mm, carga de viento de 1 kPa, pegado en la vertical (sin inclinación), espesor del vidrio 10 mm y peso de 56.25 kg, pegado en dos lados.

$$b \geq \frac{0,5 \times l \times CV}{Rcd}$$

$$b \geq \frac{0,5 \times 1500 \times 1}{138} = 5.43 \quad 6.00 \text{ es el valor mínimo}$$

##### 3.4.1.2 Elemento de cierre sin soporte al peso propio y fijación vertical

Vidrio sin apoyo al peso propio, 1500 x 1500 mm, carga de viento de 1 kPa, pegado en la vertical (sin inclinación), espesor del vidrio 10 mm y peso de 56.25 kg, pegado en dos lados.

$$: \quad b \geq \frac{0,5 \times l \times CV}{Rcd}$$

$$\& \quad b' \geq \frac{P \times 1000}{lc \times Rce}$$

$$: \quad b \geq \frac{0,5 \times 1500 \times 1}{138} = 5.43 \text{ mm}$$

$$\& \quad b' \geq \frac{56.25 \times 1000}{3 \times 700} = 11.02 \text{ mm}$$

Prevalece la junta de mayor bite, es decir debe ser de 11 mm

##### 3.4.1.3 Elemento de cierre con soporte al peso propio y fijación horizontal

Vidrio con apoyo al peso propio, 2500 x 1500 mm, carga de viento de 1 kPa, pegado en dos lados, espesor del vidrio de 10 mm, peso de 93.75 kg.

$$a^2 + b^2 = c^2$$

$$b \geq \frac{0,5 \times l \times CV}{Rcd}$$

$$b \geq \frac{0,5 \times 2500 \times 1}{138} = 9.06 \text{ mm}$$

#### 3.4.1.4 Elemento de cierre sin soporte al peso propio y fijación horizontal

Vidrio sin apoyo al peso propio, 2500 x 1500 mm, carga de viento de 1 kPa, pegado en dos lados, espesor del vidrio de 10 mm, peso de 93.75 kg.

$$: \quad b \geq \frac{0,5 \times 2500 \times 1}{138} = 9.06 \text{ mm} \quad \& \quad b' \geq \frac{93.75 \times 1000}{3 \times 700} = 44.64 \text{ mm}$$

Prevalece el bite mayor, 45 mm

#### 3.5 Altura de la junta teniendo en cuenta la dimensión del elemento de cierre debido a las variaciones de temperatura

Debido a las variaciones de temperatura que sufre un muro cortina, es necesario tener en cuenta el efecto de las dilataciones/contracciones de los elementos de cierre y de los perfiles que componen el cuadro bajo la junta de silicona estructural.

Todos los paneles están sometidos a sucesivas expansiones y contracciones debido a las variaciones de temperatura. El espesor de la junta estructural debe estar adecuadamente proyectada para acomodarse a tales movimientos.

Los movimientos térmicos se pueden calcular para cualquier panel o estructura conociéndose el largo del material, tipo de material (aluminio, vidrio, etc..) y el coeficiente de dilatación térmica (CTE) de los materiales utilizados.

El movimiento de una junta, para un determinado panel, se puede calcular de la siguiente forma:

$$\text{Movimiento (mm)} = \text{largo del panel (mm)} \times \text{CTE (mm/mm/}^\circ\text{C)} \times \text{diferencia de temperatura (}^\circ\text{C)}$$

Donde:

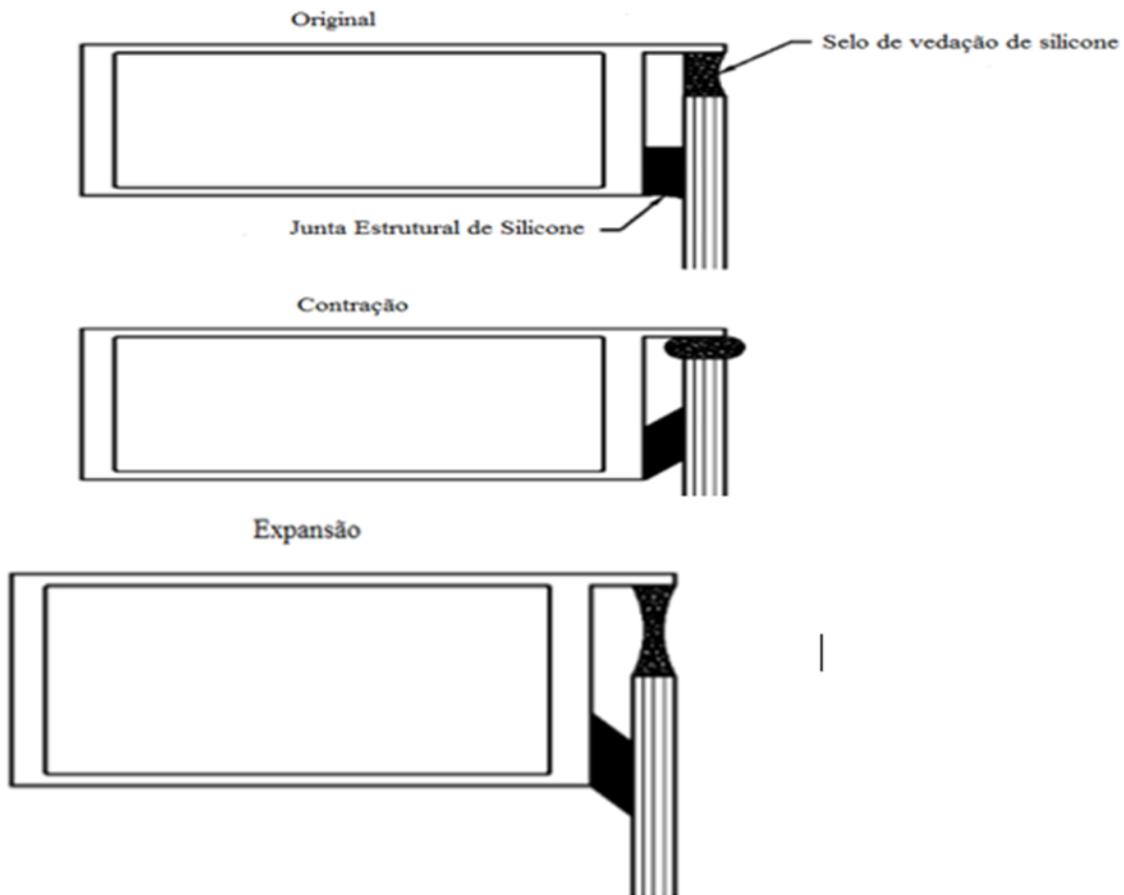
- a espesor original de la junta estructural
- b movimiento de la junta después de la variación de temperatura
- c nuevo espesor de la junta después del movimiento de la junta

$$\text{extensión de la junta (\%)} = [ (\text{nuevo espesor} / \text{espesor original}) - 1 ] \times 100$$

La deformación máxima de la junta no debe superar el 15 % del espesor original.

### 3.5.1 Ejemplo de cálculo del espesor de la junta teniendo en cuenta la dimensión del elemento de cierre debido a variaciones de temperatura.

Una lámina de vidrio debidamente apoyada en soportes mecánicos, que mide 2 500 x 1 500 mm, pegada estructuralmente a un cuadro de aluminio con una junta de silicona de 6 mm de espesor,



sufre una alteración térmica de 80 °C.

Sabiendo que el CTE del vidrio es de  $9.2 \times 10^{-6}$  y el del aluminio es de  $23.8 \times 10^{-6}$

Presentarán un movimiento máximo (verticalmente) de 1.8 mm y 4.76 mm respectivamente.

La diferencia de movimiento entre el vidrio y el aluminio es de 4.74- 1.80 = 2.96 mm

Calculando:

$$a^2 + b^2 = c^2 \rightarrow c = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$c = \sqrt{6^2 + 2,96^2}$$

$$c = 6,69$$

$$\begin{aligned} \text{Extensión de la junta en \%} &= [(nuevo \text{ espesor} / \text{espesor original}) - 1] \times 100 \\ &= [(6.69/6) - 1] \times 100 \\ &= 11.5 \end{aligned}$$

Se aprueba el espesor de la junta, porque atiende el criterio de variación máxima de 15 %.

### 3.6 Cálculo del bite de la junta estructural para el sello secundario de DVH

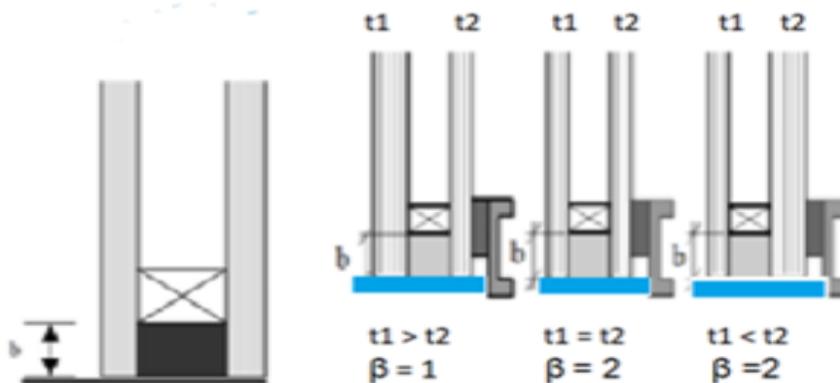
#### 3.6.1 Método I

##### 3.6.1.1 DVH apoyado totalmente en un soporte mecánico, consideraciones relativas a espesores de los vidrios que lo componen.

Figura 2. DVH – Consideraciones sobre el espesor de los vidrios internos y externos

$$b \geq \frac{0,5 \times l_m \times CV}{Rcd \times \beta}$$

Donde:



- b bite de la junta estructural del sellador de silicona del sello secundario en mm
- l<sub>m</sub> lado menor de la unidad de DVH, en mm

CV presión de viento de diseño, en kPa o kgf/m<sup>2</sup>. Usar la presión de seguridad del proyecto.

Rcd resistencia de diseño de la silicona estructural, en kPa o kgf/m<sup>2</sup>

β coeficiente relativo en función de los espesores de los vidrios

Para un cálculo más detallado del coeficiente β, con relación a la distribución de cargas de viento de ambos vidrios, se recomienda referirse a la Tabla 5 de la norma ASTM E 1300

### 3.6.1.2 Configuración de over lap, con todos los en un soporte mecánico

### DVH con vidrio vidrios apoyados

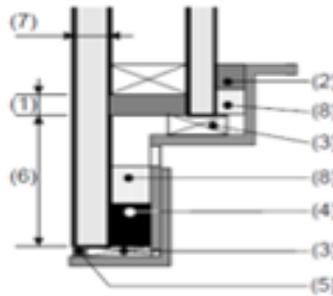


Figura 3. DVH – configuración de vidrio externo trasapante (over lap) con apoyo al peso propio

Donde:

1 = sello secundario con sellador de silicona estructural

2 = sello (burlete o silicona de sello)

3 = cuerpo de apoyo compatible con el sellador de silicona estructural del sello secundario

4 = junta estructural del sellador de silicona estructural

5 = sello con sellador de silicona de sello

6 = distancia entre el vidrio interno y el externo (trasapante)

7 = espesor del vidrio externo

8 = espaciador compatible con el sellador de silicona estructural

Se aplican las mismas consideraciones descritas en la sección 4.6.1

$$b \geq \frac{0,5 \times l_m \times CV}{Rcd \times \beta}$$

Donde:

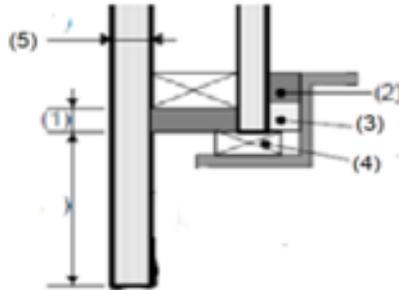
b bite de la junta estructural del sellador de silicona del sello secundario, en mm

l<sub>m</sub> lado menor de la unidad de DVH, en mm

CV presión de viento de diseño, en kPa o kgf/m<sup>2</sup>. Usar la presión de seguridad del proyecto

Rcd resistencia de diseño de la silicona estructural, en kPa o kgf/m<sup>2</sup>  
 β coeficiente relativo en función de los espesores de los vidrios

### 3.6.1.3 DVH con sólo el vidrio interno soporte mecánico o al cuadro



vidrio over lap, donde está apoyado con un pegado estructuralmente

Figura 4. DVH con over lap. Sólo vidrio interno apoyado con soporte mecánico

Donde:

- 1 ancho del sello secundario del sellador de silicona estructural
- 2 junta estructural del sellador de silicona estructural
- 3 espaciador compatible con el sellador de silicona estructural
- 4 cuerpo de apoyo compatible con el sellador de silicona estructural
- 5 espesor del vidrio externo del DVH

$$b \geq \frac{0,5 \times lm \times Cv}{Rcd \times \beta} \quad \& \quad b' \geq \frac{Pve \times 1000}{lc \times Rce}$$

Donde:

- b o b' bite de la junta estructural de silicona
- l lado pegado del elemento de cierre (horizontal o vertical)
- lc longitud pegada (longitud de la junta estructural), m
- Cv carga de viento, expresada en kPa o en Kgf/m<sup>2</sup>
- Pve peso del vidrio externo, kg
- 1000 factor de multiplicación para obtener el valor del ancho de la junta, en mm
- Rcd resistencia de diseño de la silicona bajo carga de viento, valor de 138 kPa o 14 000 kgf/m<sup>2</sup>
- Rce resistencia de diseño de la silicona bajo carga estática, valor de 700 kg/m<sup>2</sup> o 6.9 kPa

## 3.7 Ejemplo de cálculo de la junta estructural para el sello secundario del DVH

### 3.7.1 Método I

### 3.7.2 DVH con ambos vidrios del mismo espesor y apoyados

La dimensión del DVH es de 1250 x 1800 mm, con vidrios del mismo espesor. El DVH se instalará en una región donde el proyectista especificó una carga de viento de 2 kPa. Ambos vidrios están debidamente apoyados en un soporte mecánico. El DVH está pegado en los 4 lados en el cuadro del muro cortina e instalados en la vertical.

$$b \geq \frac{0,5 \times lm \times CV}{Rcd \times \beta}$$

$$b \geq \frac{0,5 \times 1250 \times 2.5}{138 \times 2}$$

$$b = 5.66$$

El ancho del sello secundario debe ser de 6 mm.

### 3.7.3 DVH con el vidrio externo de mayor espesor que el interno, ambos vidrios apoyados y el vidrio externo trasapante pegado estructuralmente al cuadro.

La dimensión del DVH es de 1250 x 1800 mm, con el vidrio externo de mayor espesor. El DVH se instalará en una región donde el proyectista especificó una carga de viento de 2.5 kPa. Ambos vidrios están debidamente apoyados en un soporte mecánico. El DVH está pegado en los 4 lados en el cuadro del muro cortina e instalados en la vertical.

$$b \geq \frac{0,5 \times lm \times CV}{Rcd \times \beta}$$

$$b \geq \frac{0,5 \times 1250 \times 2.5}{138 \times 1}$$

$$b = 12 \text{ mm}$$

El ancho del sello secundario debe ser de 12 mm.

### 3.7.4 DVH con ambos vidrios del mismo espesor, configuración con over lap, apoyado en soporte mecánico y el vidrio trasapante está pegado estructuralmente al cuadro.

La dimensión del DVH es de 1250 x 1800 mm y se compone de 2 vidrios de igual espesor. Su configuración es de vidrio trasapante pegado estructuralmente al cuadro. El DVH se

instalará en una región donde el proyectista especifica una carga de viento de 2.5 kPa. Ambos vidrios están apoyados en un soporte mecánico. El DVH está pegado en sus 4 lados en la vertical.

$$b \geq \frac{0,5 \times lm \times CV}{Rcd \times \beta}$$

$$b \geq \frac{0,5 \times 1250 \times 2.5}{138 \times 2}$$

$$b = 5.66 \text{ mm}$$

El ancho del sello secundario debe ser de 6 mm

### **3.7.5 DVH con vidrio traspasante, ambos vidrios del mismo espesor, sólo el vidrio interno está apoyado, vidrio interno pegado estructuralmente al cuadro.**

La dimensión del DVH es de 1250 x 1800 mm con vidrios de 10 mm cada uno. El DVH se instalará en una región donde el proyectista especificó una carga de viento de 2.5 kPa. Sólo el vidrio interno está apoyado. El DVH está pegado en sus 4 lados en la vertical.

$$b \geq \frac{0,5 \times lm \times CV}{Rcd \times \beta} \quad \& \quad b' \geq \frac{Pve \times 1000}{lc \times Rce}$$

$$b \geq \frac{0,5 \times lm \times CV}{Rcd \times \beta}$$

$$b \geq \frac{0,5 \times 1250 \times 2.5}{138 \times 2}$$

$$b = 5.66 \text{ mm}$$

$$b' \geq \frac{Pve \times 1000}{lc \times Rce}$$

$$b \geq \frac{56,25 \times 1000}{6,1 \times 700}$$

$$b = 18 \text{ mm}$$

El ancho del sello secundario debe ser de 18 mm.

**3.7.6 DVH con vidrio traspasante, vidrio externo de mayor espesor que el interno, sólo el vidrio interno está apoyado, vidrio interno pegado estructuralmente al cuadro.**

La dimensión del DVH es de 1250 x 1800 mm, vidrio externo de 10 mm y el interno de 6 mm. El DVH se instalará en una región donde el proyectista especificó una carga de viento de 2,5 kPa. El DVH está pegado en sus 4 lados en la vertical.

$$b \geq \frac{0,5 \times lm \times CV}{Rcd \times \beta} \quad \& \quad b' \geq \frac{Pve \times 1000}{lc \times Rce}$$

$$b \geq \frac{0,5 \times lm \times CV}{Rcd \times \beta}$$

$$b \geq \frac{0,5 \times 1250 \times 2,5}{138 \times 1}$$

$$b = 12 \text{ mm}$$

$$b' \geq \frac{Pve \times 1000}{lc \times Rce}$$

$$b \geq \frac{56,25 \times 1000}{6,1 \times 700}$$

$$b = 13,17 \text{ mm}$$

El ancho del sello secundario debe ser de 14 mm.

## Anexo Informativo

### **3.8 Anexo Informativo para que el soporte mecánico pueda soportar el peso del elemento de cierre**

Este cálculo y sus ejemplos sólo se enfocan en el soporte mecánico para soportar el peso del elemento de cierre, sin llevar en consideración la resistencia mecánica y dimensional de los otros componentes del muro cortina, como tornillos, anclajes, perfiles, etc.

Los ejemplos usados son casos hipotéticos y no deben usarse para calcular o proyectar un muro cortina.

Cuando un elemento de cierre está apoyado, la junta de silicona estructural se calculará considerando sólo las solicitaciones por cargas de viento, siendo así, los soportes mecánicos de apoyo deben ser capaces de soportar la totalidad del peso del elemento de cierre.

Es responsabilidad del proyectista calcular y determinar el soporte mecánico de apoyo al peso propio del elemento de cierre.

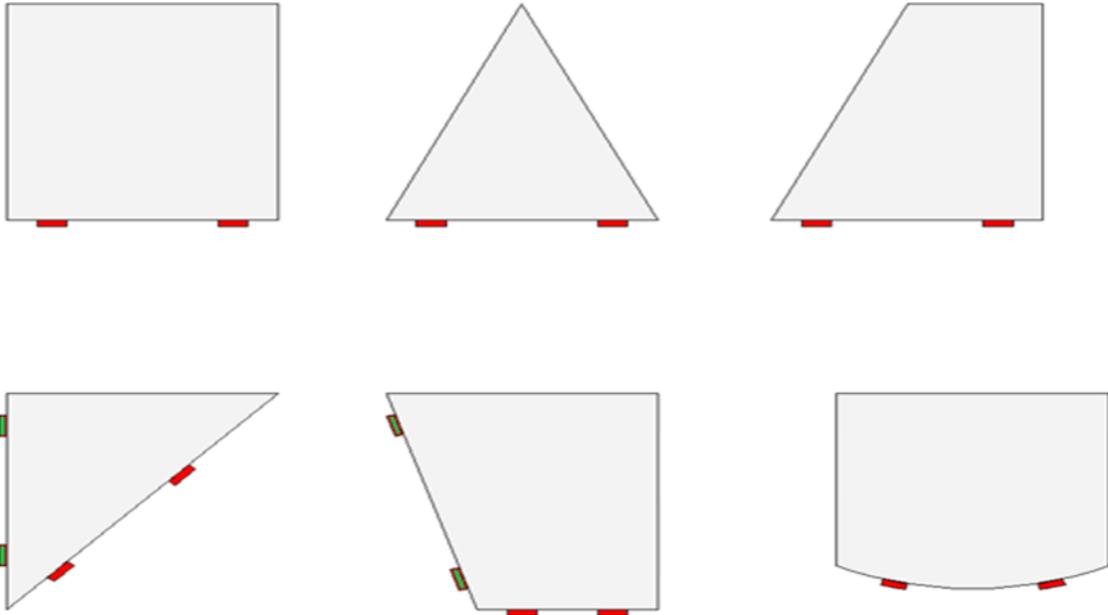
Para elementos de cierre de grandes dimensiones y particularidades del proyecto, se debe considerar la existencia de una flecha (deformación).

Debido a que el vidrio posee un peso específico mayor que los otros elementos citados en este documento, los criterios usados se han enfocado en los vidrios.

Consideraciones:

- 1 Vidrios con aplicación vertical e inclinados positiva o negativamente en 15° máximo.
- 2 Entre el apoyo mecánico y el vidrio debe colocarse un calzo de un material compatible con la silicona estructural.
- 3 El perfil de apoyo mecánico y los tornillos deben soportar el peso de todos los componentes del DVH.
- 4 Los vidrios sujetos a desplazamiento lateral deben poseer apoyos de estabilidad.
- 5 Cada pieza de vidrio debe tener sólo dos apoyos.
- 6 Pueden usarse más de dos puntos de apoyo, sin embargo, todos los apoyos deben estar alineados para mantener su efectividad. En caso de que un alineamiento exacto no sea factible, el proyectista debe prever soportes de apoyo de mayores dimensiones para soportar el peso del vidrio.

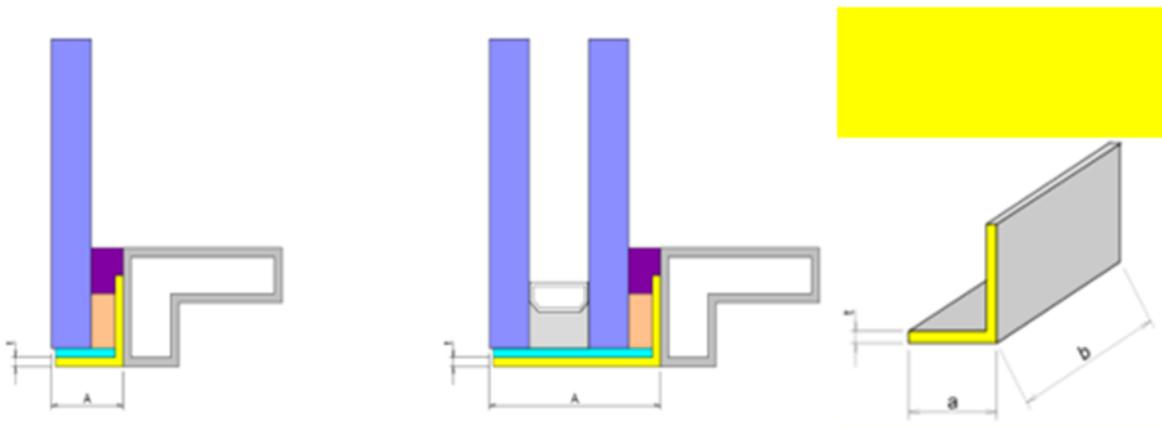
- 7 Los soportes de apoyo no pueden interferir en la continuidad de la junta de silicona estructural, es decir, la junta debe ser continua para no interferir en su capacidad de soportar las cargas, así como preservar la estanqueidad.



En rojo, los soportes mecánicos efectivos (soportan el peso del vidrio).

En verde los calzos de apoyo complementarios, de desplazamiento.

### Condición de apoyo del vidrio



- a) Ancho efectivo del apoyo mecánico del vidrio, mm
- b) Largo del apoyo mecánico del vidrio, mm
- t) Espesor del apoyo mecánico del vidrio, mm

### Cálculo del peso del vidrio

$$P = A \times e \times \gamma$$

Donde:

- P peso de la pieza de vidrio, kg
- a área del vidrio, m<sup>2</sup>
- e espesor del vidrio, mm
- $\gamma$  peso específico del vidrio (2.5)

### Cálculo de la capacidad de soporte del apoyo del vidrio

$$t = \sqrt{\frac{P \times a}{n \times b \times Cs}}$$

t = espesor del soporte mecánico del vidrio, mm

P = peso del vidrio, kgf o kgN

a = ancho efectivo del apoyo mecánico del vidrio, mm

b = largo del soporte mecánico, mm

n = cantidad de soportes mecánicos efectivos del vidrio

Cs = capacidad de carga del soporte mecánico

### Capacidad de carga admisible del material (Cs)

MATERIAL	LIGA	CS
ALUMINIO	6060 T5	1.17
	6063 T6	1.67
	6351 T6	2.5

### 3.9 Ejemplo de soporte mecánico para soportar el peso del elemento de cierre

3.9.1 Ejemplo donde se usa una aleación de aluminio en el perfil ángulo de menor resistencia mecánica, aleación 6060 T5 (Tensión admisible de 7 kg/mm<sup>2</sup>)

Se considera un vidrio que mide 2 500 x 1 500 x 14 mm y pesa 131.25 kg.

En cálculos previos se determinó 8 mm de espesor para la junta de silicona estructural. Con el fin de soportar el peso de este vidrio se definió el uso de dos perfiles ángulo de aluminio de aleación 6060 T5 de 100 mm de ala. Debido al espesor del vidrio y de la junta de silicona, se hace necesario el uso de soportes de apoyo, tipo ángulo, con 22 mm de ancho (14 + 8 mm).

$$t = \sqrt{\frac{P x a}{n \times b \times C s}} \quad \rightarrow \quad t = \sqrt{\frac{131,25 \times 22}{2 \times 100 \times 1,17}} = 3,51 \text{ mm}$$

### 3.9.2 Ejemplo donde se usó una aleación de aluminio en la cantonera de mayor resistencia mecánica, 6063 T6 (Tensión admisible 10 kg/mm<sup>2</sup>) y aumentó el tamaño del largo del perfil ángulo

Se considera un vidrio que mide 2500 x 1500 x 14 mm y peso 131.25 kg. En cálculos previos se determinó 8 mm de espesor para la junta de silicona estructural. A fin de soportar el peso de este vidrio se definió el uso de dos perfiles ángulo de aluminio de aleación 6063 T6 de 150 mm de largo.

Debido al espesor del vidrio y de la junta de silicona se hace necesario el uso de un soporte de apoyo, tipo ángulo, de 22 mm de ancho (14 + 8 mm).

$$t = \sqrt{\frac{P x a}{n \times b \times C S}} \quad \rightarrow \quad t = \sqrt{\frac{131,25 \times 22}{2 \times 150 \times 1,67}} = 2,40 \text{ mm}$$