



**GUARDIAN®
GLASS**

See what's possible™

Guardian Glasstime

Manual Técnico

GlasTime

Manual Técnico

Editor: Guardian Europe S.à r.l.

Bertrange/Luxemburgo

Edición: 2022

See
what's
possible®



| | |
|---|-----------|
| Prólogo | 3 |
| Hitos | 5 |
| 1. Vidrio base | 8 |
| 1.1 Historia | 8 |
| 1.2 Vidrio float | 8 |
| 1.2.1 Coloración | 10 |
| 1.2.2 Propiedades | 11 |
| Densidad Módulo de elasticidad (módulo de Young) Emisividad Resistencia a la compresión Resistencia a la tracción y flexión Resistencia al choque térmico Rango de temperaturas de transformación Temperatura de reblandecimiento Coeficiente lineal de expansión térmica (dilatación térmica) Capacidad calorífica específica Coeficiente de transmisión de calor (valor U) Resistencia al ácido Resistencia alcalina Resistencia al agua Sustancias alcalinas frescas agresivas | |
| 1.3 Capas del vidrio float | 13 |
| 1.3.1 Proceso pirolítico | 14 |
| 1.3.2 Proceso de magnetron sputtering | 14 |
| Ensamblaje típico de una capa magnetrónica | |
| 2. Vidrio aislante | 18 |
| 2.1 General | 18 |
| 2.2 Producción | 18 |
| 2.3 Sellado de cantos | 19 |
| 2.3.1 Sistemas de sellado | 19 |
| Sellante primario Sellante secundario | |
| 2.3.2 Espaciador | 20 |
| Acero inoxidable Combinaciones de metal y plástico Sistemas termoplásticos (TPS) | |
| 2.4 Punto de rocío y condensación | 21 |
| 2.4.1 Condensación en la cámara | 21 |
| 2.4.2 Condensación en la superficie interna de la unidad de vidrio aislante | 21 |
| 2.4.3 Condensación en la superficie externa de la unidad | 22 |
| 2.5 Índice de reproducción de color | 24 |
| 2.6 Fenómenos de interferencias | 24 |
| 2.7 Efecto del vidrio aislante: cargas climáticas | 25 |

| | | |
|-----------|---|----|
| 3. | Luz, energía y calor | 30 |
| 3.1 | Energía solar | 30 |
| 3.2 | Luz visible | 32 |
| 3.3 | Calor | 32 |
| 3.4 | Radiación UV | 32 |
| 4. | Aislamiento térmico | 36 |
| 4.1 | Economía | 36 |
| 4.2 | Ecología | 37 |
| 4.3 | Confort | 37 |
| 4.4 | Pérdida de calor | 38 |
| 4.5 | Emisividad | 40 |
| 4.6 | Valor U | 40 |
| 4.6.1 | Valor U_g | 41 |
| | Valor U_g para superficies de vidrio inclinadas | |
| 4.6.2 | Valor U_f | 41 |
| 4.6.3 | Factor Ψ | 42 |
| 4.6.4 | Valor U_w | 42 |
| 4.7 | Gama de productos de Guardian para el aislamiento térmico | 42 |
| 5. | Control solar | 46 |
| 5.1 | Economía | 46 |
| 5.2 | Ecología | 46 |
| 5.3 | Confort | 46 |
| 5.4 | Flujo de energía solar a través del vidrio | 47 |
| 5.5 | Factor solar (valor g) | 48 |
| 5.6 | Coeficiente de sombra (factor b) | 48 |
| 5.7 | Selectividad espectral | 48 |
| 5.8 | Control de ganancia de calor en verano | 49 |
| 5.9 | Protección solar usando vidrio | 51 |
| 5.10 | Vidrio de control solar como elemento de diseño | 52 |
| 5.11 | Vidrio de control solar SunGuard® | 52 |

| | | |
|-----------|--|----|
| 6. | Control acústico | 56 |
| 6.1 | Aspectos humanos | 56 |
| 6.2 | Características de las ondas de sonido | 56 |
| 6.2.1 | Límites | 56 |
| 6.2.2 | Percepción del sonido: clasificación del sonido | 57 |
| 6.3 | Clasificaciones acústicas en edificios | 58 |
| 6.3.1 | Índice global de reducción acústica | 58 |
| 6.3.2 | Factores de corrección | 59 |
| 6.4 | Rendimiento acústico del acristalamiento | 60 |
| 6.4.1 | Peso de los paneles de vidrio | 61 |
| 6.4.2 | Configuración del vidrio aislante | 61 |
| 6.4.3 | Llenado de gas | 62 |
| 6.4.4 | Rigidez del acristalamiento (desacople de los elementos individuales del vidrio) | 62 |
| 6.5 | Vidrio de control acústico de Guardian | 65 |
| | | |
| 7. | Seguridad y protección | 68 |
| 7.1 | Vidrio templado | 68 |
| 7.1.1 | Producción | 68 |
| 7.1.2 | Características físicas | 70 |
| 7.1.3 | Resistencia a impactos y choques | 70 |
| 7.1.4 | Resistencia a la tracción y flexión | 70 |
| 7.1.5 | Resistencia a impactos de bolas | 70 |
| 7.1.6 | Influencia térmica y resistencia al choque térmico | 71 |
| 7.1.7 | Anisotropía (patrón de tensiones) | 71 |
| 7.1.8 | Calidad óptica | 71 |
| 7.1.9 | Película de condensación en el vidrio templado | 72 |
| 7.1.10 | Identificación | 72 |
| 7.2 | Vidrio con "heat soak" | 72 |
| 7.3 | Vidrio termoendurecido | 74 |
| 7.3.1 | Producción | 74 |
| 7.3.2 | Patrón de rotura | 74 |
| 7.3.3 | Capacidad de carga residual como componente del vidrio laminado | 74 |
| 7.3.4 | Resistencia a la tracción y flexión (EN 1863-1) | 75 |
| 7.3.5 | Resistencia al choque térmico (EN 1863-1) | 75 |
| 7.4 | Vidrio laminado de seguridad | 75 |
| 7.4.1 | Producción | 76 |
| 7.4.2 | Características físicas | 77 |
| 7.4.3 | Nomenclatura del vidrio laminado | 77 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 7.4.4 | Características de seguridad del vidrio laminado | 78 |
| | Protección contra lesiones/prueba de impacto de péndulo (EN 12600) - seguridad pasiva Resistencia a impactos contra ataques manuales (EN 356) - seguridad activa Prueba de caída de cuerpo duro (caída de bola) Prueba del hacha Resistencia a las balas (EN 1063) - seguridad activa Resistencia a la explosión (EN 13541) - seguridad activa | |
| 7.5 | Seguridad con vidrio y mediante el vidrio | 81 |
| 7.5.1 | Barreras acristaladas (acristalamiento para impedir la caída de personas) | 81 |
| | Acristalamiento de planta a planta sin soporte vertical (categoría A) Parapetos o balastradas de vidrio con sujeción lineal en la base (categoría B) Barreras acristaladas combinadas con vigas de transfe- rencia de carga (categoría C) Acristalamiento con soporte lineal con resistencia a impactos probada | |
| 7.5.2 | Acristalamiento inclinado | 85 |
| 7.5.3 | Acristalamiento pisable | 85 |
| 7.5.4 | Acristalamiento pisable para fines de limpieza y mantenimiento | 86 |
| 7.5.5 | Rendimiento tras la rotura del vidrio/resistencia residual | 88 |
| 7.6 | Recomendaciones para aplicaciones concretas | 88 |
| 7.6.1 | Acristalamiento vertical sin protección frente a caídas | 89 |
| 7.6.2 | Acristalamiento horizontal/inclinado | 90 |
| 7.6.3 | Acristalamiento para proteger a las personas frente a caídas | 91 |
| 7.6.4 | Acristalamiento en edificios utilizados para fines especiales | 94 |
| 7.6.5 | Acristalamiento para trabajos en el interior sin protección frente a caídas | 96 |
| 7.6.6 | Vidrios de seguridad especiales | 97 |
| 7.6.7 | Construcción de vidrio estructural | 99 |
| 8. | Construir con vidrio | 102 |
| 8.1 | Fachadas | 102 |
| 8.1.1 | Funciones de las fachadas | 102 |
| | Fachada caliente Fachada fría Fachada de doble piel: sistemas ventilados Tipos de fachadas ventiladas Sistemas interactivos (pasivos) Vidrio de control solar en el panel externo Condensación | |
| 8.1.2 | Construcciones de fachadas | 109 |
| | Fachada sistema Stick (sistema de montantes y travesaños) Acristalamiento estructural Definiciones Tipos de acristalamiento estructural Estándares europeos pertinentes para el acristalamiento estructural Vidrio de capa en aplicaciones de acristalamiento estruc- tural Fachada con soporte puntual Fachada de membrana | |

| | | |
|------------|---|-----|
| 8.2 | Impresión cerámica en el vidrio | 117 |
| 8.2.1 | Métodos de esmaltado | 118 |
| | Capas con rodillo Serigrafía Impresión digital | |
| 8.2.2 | Vidrio de antepecho | 119 |
| 8.2.3 | Esmaltado perimetral: Guardian System TEA | 121 |
| 8.2.4 | Impresión decorativa | 122 |
| 8.3 | Vidrio de diseño | 124 |
| 8.3.1 | Impresión mediante transferencia en el vidrio | 124 |
| 8.3.2 | Vidrio laminado de seguridad de diseño | 125 |
| 8.3.3 | Intercalarios de color en el vidrio laminado | 125 |
| 8.3.4 | Vidrio laminado decorativo | 126 |
| 8.4 | Vidrio arquitectónico curvado | 126 |
| 8.4.1 | Curvado por gravedad | 127 |
| 8.4.2 | Vidrio curvado y templado | 128 |
| 8.4.3 | Formas de curvado | 128 |
| 8.4.4 | Requisitos | 129 |
| 8.4.5 | Tipos de vidrio adecuados | 129 |
| 8.4.6 | Determinación de la forma | 130 |
| 8.4.7 | Especificaciones | 131 |
| | Distorsiones ópticas locales Precisión del contorno Torsión (desviación de torsión) Desplazamiento de cantos Uniones tangenciales | |
| 8.4.8 | Especificaciones estáticas | 132 |
| 8.4.9 | Curvado en frío | 133 |
| 8.5 | Ascensores de vidrio | 135 |
| 8.6 | Interacción con radiaciones de onda larga | 136 |
| 8.6.1 | Acrilamiento atenuador de la reflexión de radar | 136 |
| | Atenuación de la reflexión de radar con el vidrio de capa SunGuard® RD | |
| 8.6.2 | Amortiguamiento de la radiación electromagnética de alta frecuencia/contaminación eléctrica | 139 |
| 8.7 | Acrilamiento antirreflectante | 141 |
| 8.8 | Acrilamiento bird-friendly (respetuoso con las aves) | 143 |
| 8.8.1 | ¿Cuál es el problema? | 143 |
| 8.8.2 | Evaluación de soluciones bird-friendly (respetuosas con las aves) | 143 |
| 8.8.3 | Soluciones de vidrio que ofrecen una mejor visibilidad a las aves | 144 |
| 9. | Estándares y guías | 150 |
| 9.1 | Normas relevantes del vidrio | 150 |

| | | |
|------------|---|-----|
| 9.2 | Tolerancias para requisitos estandarizados | 152 |
| 9.2.1 | Vidrio base | 152 |
| 9.2.2 | Corte | 152 |
| | General Posible rotura del vidrio float Ángulo agudo del vidrio templado, el vidrio laminado de seguridad y el recorte de la UVA (zona que no se debe evaluar) Longitud, ancho y perpendicularidad | |
| 9.2.3 | Procesado | 154 |
| | Cualidades del pulido de cantos Tolerancias estándar Tolerancias especiales Formas especiales Pulido de cantos Procesado (recortes, muescas) Corte de esquinas, aristada < 100 x 100 mm Recorte de esquinas, aristada Recorte de cantos, aristado Desviación estándar para el procesado manual: dimensiones de corte Desviación estándar para el procesado CNC: dimensiones de corte Corte de esquinas, pulido industrial Corte de esquinas, pulido: centro de procesado CNC Estándar Desviación especial Corte de esquinas, pulido industrial Estándar Desviación especial Corte de esquinas, pulido: centro de procesado CNC Estándar Desviación especial Corte de cantos, pulido industrial o pulido brillo: centro de procesado CNC Desviación estándar Desviación especial Perforaciones Diámetros de los agujeros perforados Limitación y posición del agujero perforado Desviaciones en las posiciones de perforación Posiciones del agujero perforado Diámetros del agujero perforado avellanado Agujeros perforados avellanados en el vidrio laminado de seguridad | |
| 9.2.4 | Vidrio templado, vidrio templado “heat soak” y vidrio termoendurecido | 161 |
| | Distorsión general: vidrio float no recubierto Distorsión local (ondulaciones de rodillo): vidrio float no recubierto Espesor mínimo recomendado del vidrio según las dimensiones del vidrio | |
| 9.2.5 | Unidades de vidrio aislante (UVA) | 162 |
| | Sellado de cantos Tolerancias de espesor en la zona de los cantos de la unidad de vidrio aislante Tolerancia de dimensión/desviación | |
| 9.2.6 | Vidrio laminado de seguridad | 163 |
| | Tolerancias dimensionales Tolerancia de desplazamiento (desviación) Tolerancia de espesor | |
| 9.3 | Cantos del vidrio | 165 |
| 9.3.1 | Tipos de cantos | 165 |
| 9.3.2 | Pulido de cantos | 166 |
| 9.3.3 | Geometrías de los cantos y aplicaciones típicas | 167 |
| 9.4 | Esquinas y uniones de vidrio | 167 |
| 9.4.1 | Junta de vidrio con sellante y burletes para vidrio aislante doble | 168 |
| 9.4.2 | Junta de vidrio con junta sellante y de estanquidad para vidrio aislante triple | 168 |
| 9.4.3 | Junta de vidrio con sellante y junta preformada para vidrio aislante doble | 168 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 9.4.4 | Junta de vidrio con sellante y junta preformada para vidrio aislante triple | 168 |
| 9.4.5 | Esquina de vidrio con triple acristalamiento de doble decalado | 168 |
| 9.4.6 | Esquina de vidrio con triple acristalamiento de triple decalado | 169 |
| 9.4.7 | Esquina de vidrio con junta preformada para el vidrio aislante doble con cantos decalados | 169 |
| 9.4.8 | Esquina de vidrio con junta preformada para vidrio aislante triple con cantos decalados | 169 |
| 9.5 | Dimensionamiento del espesor del vidrio | 170 |
| 9.6 | Daño en la superficie del vidrio | 170 |
| 9.7 | Guías para evaluar la calidad visual del vidrio en edificios | 171 |
| 9.7.1 | Calidad visual del vidrio de capa | 171 |
| | Detección de defectos Condiciones de examen General Defectos de uniformidad y manchas Defectos puntuales Criterios de aceptación para los defectos del vidrio de capa | |
| 9.7.2 | Calidad visual de las unidades de vidrio aislante (UVA) | 173 |
| | Condiciones de observación UVA formada por dos paneles de vidrio monolítico Fallos puntuales Residuos Defectos lineales / extendidos UVA distintas de las compuestas por dos paneles de vidrio monolítico UVA que contienen vidrio tratado térmicamente Defectos de los cantos Tolerancia en la rectitud del espaciador UVA curvadas Otros aspectos visuales de las unidades de vidrio aislante Color inherente Diferencias en el color de la unidad de vidrio aislante Efecto de interferencia Efecto específico debido a las condiciones barométricas Reflejos múltiples Anisotropía (iridiscencia) Condensación en la superficie externa de la UVA Formación de condensación en las superficies de vidrio Evaluación de la sección visible del sellado de cantos de la unidad de vidrio aislante UVA con barrotillos internos | |
| 9.8 | Rotura del vidrio | 179 |
| 9.8.1 | Rotura térmica/estrés térmico | 180 |
| | General Roturas térmicas Factores que influyen en la rotura térmica Factores que influyen en la resistencia del vidrio y el riesgo de rotura térmica Cálculo y evaluación del riesgo de roturas térmicas | |
| 9.8.2 | Patrón de fractura habitual del vidrio | 183 |
| 9.9 | Cualificación CE | 186 |
| 9.10 | Compatibilidad de materiales | 187 |
| 9.10.1 | Compatibilidad del sellante del vidrio de capa | 188 |
| | Vidrio aislante estándar Capas Guardian SunGuard en el acristalamiento estructural | |

| | | |
|------------|---|-----|
| 9.10.2 | Esmaltado cerámico en el vidrio de capa | 190 |
| | Requisitos sobre esmaltado de SunGuard para aplicaciones de ante- pecho monolítico Impresión de pintura cerámica con el Sistema Ferro 140 SunGuard HD en combinación con impresión cerámica en la cara n.º 1 | |
| 9.10.3 | Capas para arquitectura en el vidrio laminado | 194 |
| 9.11 | Limpieza del vidrio | 196 |
| 9.11.1 | Introducción | 196 |
| 9.11.2 | Tipos de limpieza | 196 |
| | Durante la fase de construcción Durante el uso | |
| 9.11.3 | Instrucciones de limpieza del vidrio | 197 |
| | General Vidrio con acabados especiales y vidrio recubierto en caras exteriores Notas adicionales | |
| 9.12 | Transporte y almacenamiento | 199 |
| 10. | Selector de productos | 202 |
| 10.1 | Vidrio float | 202 |
| 10.2 | Vidrio aislante térmicamente | 204 |
| 10.3 | Vidrio de control solar | 206 |
| 10.4 | Acristalamiento antirreflectante | 223 |
| 10.5 | Vidrio de control acústico | 224 |
| 10.6 | Vidrio de seguridad | 229 |
| 11. | Búsqueda | 236 |
| 11.1 | Oferta de servicios | 236 |
| 11.1.1 | Herramienta en línea Guardian Glass Analytics | 236 |
| | Calculadora de rendimiento de Guardian Visualizador de vidrio de Guardian Asistente acústico de Guardian | |
| 11.1.2 | Sitio web de Guardian Possibilities | 237 |
| 11.1.3 | Cálculos relacionados con el vidrio y su aplicación | 237 |
| 11.1.4 | Servicios técnicos al cliente | 238 |
| 11.1.5 | Transferencia de competencias | 239 |
| 11.2 | Índice de materias | 240 |
| 11.3 | Abreviaturas habituales | 246 |
| 11.4 | Símbolos griegos | 251 |

1

Vidrio base

2

Vidrio aislante

3

Luz, energía y calor

4

Aislamiento térmico

5

Control solar

6

Control acústico

7

Seguridad y protección

8

Construir con vidrio

9

Estándares y guías

10

Selector de productos

11

Búsqueda

[Historia](#) | [Vidrio float](#) | [Coloración](#) | [Propiedades](#) | [Capas del vidrio float](#) | [Proceso pirolítico](#) | [Proceso de magnetron sputtering](#)

[General](#) | [Producción](#) | [Sellado de cantos](#) | [Sistemas de sellado](#) | [Espaciador](#) | [Punto de rocío y condensación](#) | [Condensación en la cámara](#) | [Condensación en la superficie interna de la unidad de vidrio aislante](#) | [Condensación en la superficie externa de la unidad](#) | [Índice de reproducción de color](#) | [Fenómenos de interferencias](#) | [Efecto del vidrio aislante: cargas climáticas](#)

[Energía solar](#) | [Luz visible](#) | [Calor](#) | [Radiación UV](#)

[Economía](#) | [Ecología](#) | [Confort](#) | [Pérdida de calor](#) | [Emisividad](#) | [Valor U](#) | [Valor \$U_g\$](#) | [Valor \$U_f\$](#) | [Factor \$\Psi\$](#) | [Valor \$U_w\$](#) | [Gama de productos de Guardian para el aislamiento térmico](#)

[Economía](#) | [Ecología](#) | [Confort](#) | [Flujo de energía solar a través del vidrio](#) | [Factor solar \(valor g\)](#) | [Coeficiente de sombra \(factor b\)](#) | [Selectividad espectral](#) | [Control de ganancia de calor en verano](#) | [Protección solar usando vidrio](#) | [Vidrio de control solar como componente de diseño](#) | [Vidrio de control solar SunGuard®](#)

[Aspectos humanos](#) | [Características de las ondas de sonido](#) | [Límites](#) | [Percepción del sonido: clasificación del sonido](#) | [Clasificaciones acústicas en edificios](#) | [Índice global de reducción acústica](#) | [Factores de corrección](#) | [Rendimiento acústico del acristalamiento](#) | [Peso de los paneles de vidrio](#) | [Configuración del vidrio aislante](#) | [Llenado de gas](#) | [Rigidez del acristalamiento \(desacople de los elementos individuales del vidrio\)](#) | [Vidrio de control acústico de Guardian](#)

[Vidrio templado](#) | [Vidrio con "heat soak"](#) | [Vidrio termoendurecido](#) | [Vidrio laminado de seguridad](#) | [Seguridad con vidrio y mediante el vidrio](#) | [Recomendaciones para aplicaciones concretas](#)

[Fachadas](#) | [Impresión cerámica en el vidrio](#) | [Vidrio de diseño](#) | [Vidrio arquitectónico curvado](#) | [Ascensores de vidrio](#) | [Interacción con radiaciones de onda larga](#) | [Acristalamiento antirreflectante](#) | [Acristalamiento bird-friendly \(respetuoso con las aves\)](#)

[Normas relevantes del vidrio](#) | [Tolerancias de requisitos estandarizados](#) | [Cantos del vidrio](#) | [Esquinas y uniones del vidrio](#) | [Dimensionamiento del espesor del vidrio](#) | [Daño en la superficie del vidrio](#) | [Guías para evaluar la calidad visual del vidrio en edificios](#) | [Rotura del vidrio](#) | [Cualificación CE](#) | [Compatibilidad de materiales](#) | [Limpieza del vidrio](#) | [Transporte y almacenamiento](#)

[Vidrio float](#) | [Vidrio aislante térmicamente](#) | [Vidrio de control solar](#) | [Acristalamiento antirreflectante](#) | [Vidrio de control acústico](#) | [Vidrio de seguridad](#)

[Oferta de servicios](#) | [Herramienta en línea de Guardian Glass Analytics](#) | [Sitio web de Guardian Possibilities](#) | [Cálculos relacionados con el vidrio y su aplicación](#) | [Servicios técnicos al cliente](#) | [Transferencia de competencias](#) | [Índice de materias](#) | [Abreviaturas habituales](#) | [Símbolos griegos](#)



Elbphilharmonie Hamburg, Hamburgo, Alemania
SunGuard® HD Light Blue 52 | Vidrio aislante laminado, con impresión cerámica, curvado por gravedad tridimensional
Arquitecto: Herzog & De Meuron, Basilea | Foto: © Cordelia Ewerth



Sin vidrio,
el mundo termina en el muro.



La Casa del Desierto, Gorafe, España | SunGuard® SNX 60
Arquitecto: OFIS architects | Foto: © Gonzalo Botet



Prólogo / **Guus Boekhoudt**

Vicepresidente de Flat Glass Europe
y director general de Guardian Europe S.à r.l.

Es imposible imaginar nuestro mundo sin vidrio. La invención del proceso del vidrio float a mediados del siglo pasado llevó el uso del vidrio a todas las áreas imaginables. La arquitectura moderna actual aprovecha de una forma especial este material de edificación, usándolo para crear oasis residenciales y comerciales que ofrecen protección con transparencia, amplitud y acceso al exterior. Realmente, el vidrio es un producto que mejora las vidas de las personas.

La necesidad creciente de la luz solar, seguridad y protección, así como la importancia del ahorro energético, se traducen en un aumento del uso del vidrio en los hogares y en las envolventes de los edificios. Los diseñadores de interiores también aprovechan cada vez más este material para dar más peso a la luz en sus proyectos y reflejar nuestro moderno estilo de vida.

Las puertas, muebles, particiones y accesorios de vidrio son ampliamente aceptados y forman parte del entorno vital y laboral de esta generación. Los elementos interactivos como pantallas, las superficies de vidrio para elementos de control y comunicación y los elementos solares, térmicos y fotovoltaicos constituyen un amplio espectro de componentes que actualmente dan forma a nuestro mundo, y lo seguirán haciendo en el futuro. No se vislumbra un final para los usos innovadores de este dinámico producto.

El material básico suele ser vidrio float fabricado industrialmente, que posteriormente se recubre o se procesa para su uso en innovadores edificios y otras soluciones. Vivimos en la “Era del Vidrio”, o “Glass Time”, y es un camino que empezó hace más de 7000 años y para el que no se vislumbra un final.

Para continuar este camino, nos encanta compartir nuestros conocimientos del vidrio, los productos de vidrio y las posibilidades del vidrio mediante este manual técnico. No nos limitamos a mencionar aspectos del vidrio fabricado en nuestra empresa, sino que destacamos los aspectos esenciales de este material versátil en sus múltiples formas procesadas.

Esta edición, sin duda, no puede abarcar todas las cuestiones relacionadas con el vidrio en profundidad, pero ofrece respuestas a muchas preguntas relacionadas con el vidrio, fiel al título GlassTime.

1 Guardian Luxguard I / Bascharage

Inicio: 1981

2 Guardian Llodio

Inicio: 1984

3 Guardian Orosháza

Inicio: 1991

4 Guardian Tudela

Inicio: 1993

5 Guardian Flachglas Bitterfeld-Wolfen

Inicio: 1996

6 Guardian Czeszochowa

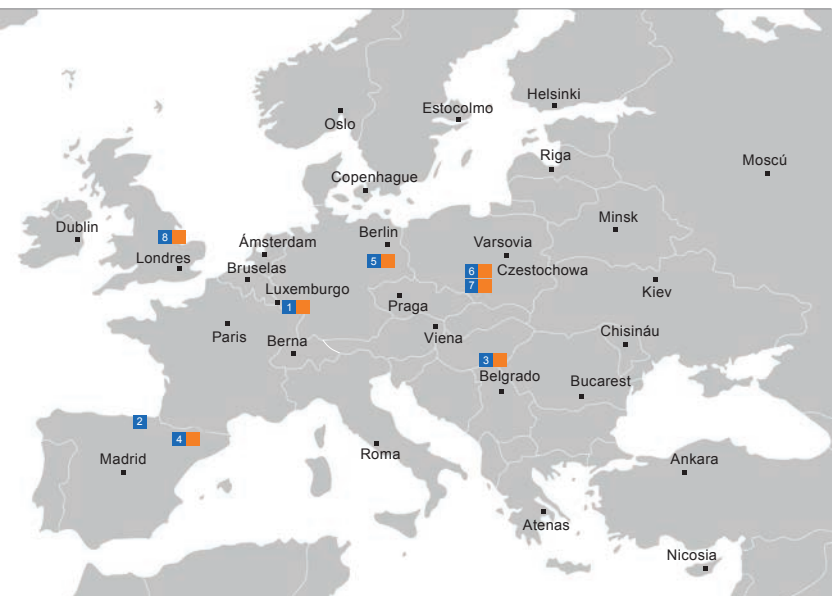
Inicio: 2002

7 Guardian Czeszochowa II

Inicio: 2020

8 Guardian Goole, Reino Unido

Inicio: 2003



■ Líneas de vidrio float

■ Coater de vidrio

Fecha: 2022

Hitos / Desde unos comienzos humildes hasta la presencia global

Guardian Industries empezó como Guardian Glass Company en 1932. Por aquel entonces, fabricábamos parabrisas para la industria del automóvil. Actualmente, Guardian Industries es una empresa global con sede en Auburn Hills, Michigan. Cuenta con una plantilla de 18 000 personas y tiene instalaciones en Norteamérica, Europa, Sudamérica, África, el Oriente Medio y Asia. Las empresas de Guardian fabrican productos de alto rendimiento de vidrio float, vidrio de capa y vidrio transformado para aplicaciones arquitectónicas, residenciales, de interiores, de transporte y de carácter técnico, así como componentes de plástico cromados y pintados para los sectores de la automoción y los camiones comerciales. La visión de Guardian es crear valor para sus clientes y la sociedad a través de la constante innovación con un uso menor de los recursos. Guardian es una empresa subsidiaria con 100 % de participación accionarial de Koch Industries, Inc.

En 1970, abrimos nuestra primera planta de vidrio en Carleton, Michigan, y empezamos a fabricar vidrio float, un producto obtenido mediante el flotado de vidrio fundido en un baño de estaño líquido. En ese momento, fuimos la primera empresa en entrar en el sector del vidrio primario de EE. UU. en casi 50 años. Actualmente contamos con 22 líneas de vidrio flotado y 13 plantas de fabricación de vidrio en todo el mundo.

Con el cambio de siglo, pusimos nuestra atención en la innovación de productos con valor añadido. Para abordar esta necesidad, en el año 2000 Guardian abrió su Centro de Ciencia y Tecnología en Carleton, Michigan. Ha permitido ampliar y mejorar nuestro espectro de productos en los segmentos comercial, residencial, de interiores, electrónico y de la automoción.

Con centenares de nuevas patentes, numerosos nuevos productos, instalaciones de última generación y un equipo de profesionales dedicados en todo el mundo, Guardian está listo para afrontar los retos de las próximas décadas. Nuestros productos y sistemas completan hogares, edificios y automóviles en todo el mundo. Lograr tanto en tan poco tiempo e identificar y dominar las demandas y requisitos más recientes es un reto y una oportunidad constante.

La extensa red europea de Guardian de instalaciones de fabricación de vidrio y automoción y de operaciones de venta y distribución nos permite estar siempre cerca para abordar las necesidades de los clientes. Desde que comenzamos en Europa en 1981 con nuestra primera planta de vidrio flotado en Bascharage, Luxemburgo, Guardian ha expandido sus operaciones a seis países de Europa para servir mejor a los segmentos de vidrio comercial y residencial y a la industria del automóvil.

Hoy, Guardian opera 8 líneas de vidrio flotado en Europa y fabrica productos de vidrio de capa de alta calidad con maquinaria de vidrio de última generación en seis ubicaciones en toda Europa.



Tour Incity, Lyon, Francia | SunGuard® HD Silver 70
Arquitecto: Valode & Pistre | Foto: © Stanislas Ledoux

| | | |
|--------------|---|----|
| 1. | Vidrio base | 8 |
| 1.1 | Historia | 8 |
| 1.2 | Vidrio float | 8 |
| 1.2.1 | Coloración | 10 |
| 1.2.2 | Propiedades | 11 |
| | Densidad Módulo de elasticidad (módulo de Young) Emisividad Resistencia a la compresión Resistencia a la tracción y flexión Resistencia al choque térmico Rango de temperaturas de transformación Temperatura de reblandecimiento Coeficiente lineal de expansión térmica (dilatación térmica) Capacidad calorífica específica Coeficiente de transmisión de calor (valor U) Resistencia al ácido Resistencia alcalina Resistencia al agua Sustancias alcalinas frescas agresivas | |
| 1.3 | Capas del vidrio float | 13 |
| 1.3.1 | Proceso pirolítico | 14 |
| 1.3.2 | Proceso de magnetron sputtering | 14 |
| | Ensamblaje típico de una capa magnetronica | |



1.1 Historia

La historia de la producción de vidrio se remonta a aproximadamente el 5000 a.C. Las cuentas de vidrio descubiertas en el Antiguo Egipto y en los primeros yacimientos romanos dan testimonio de una larga tradición de técnicas de extracción y moldeado utilizadas en la producción de vidrio. Sin embargo, durante siglos, la artesanía individual dominó los procesos de fabricación, que abarcaban desde el uso de sopletes y las técnicas de moldeado de cilindro soplado hasta el método del vidrio en corona. Con estos métodos de producción manual, se obtenían pequeñas cantidades y paneles de ventana pequeños, que se usaban casi exclusivamente en los vitrales de las iglesias.

La demanda de vidrio subió durante el siglo XVII, porque no solo los maestros constructores de las iglesias utilizaban el vidrio en las ventanas de las iglesias, sino que, además, los constructores de los castillos y casas señoriales también estaban descubriendo cómo utilizar el vidrio para cerrar espacios. Los vidrieros franceses fueron pioneros en el desarrollo de un proceso de estirado del vidrio que permitía producir paneles de 1,20 x 2 m, un tamaño que hasta el momento había parecido imposible. La producción de vidrio no se industrializó hasta el siglo XX, cuando empezaron a producirse en masa y a gran escala hojas de vidrio de 12 x 2,50 m mediante los métodos de producción de Lubbers y Fourcault y se avanzó hacia las técnicas más recientes desarrolladas por Libbey-Owens y Pittsburgh.

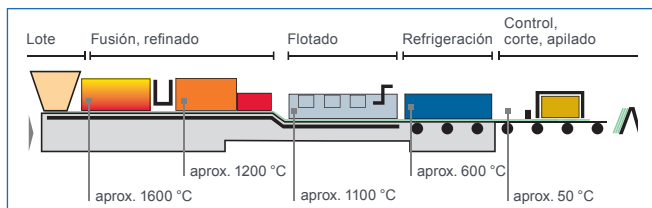
Todos estos métodos tenían un inconveniente claro: los paneles de vidrio manufacturados debían esmerilarse y pulirse por ambos lados para obtener un espejo sin distorsión y ópticamente perfecto, un proceso que era sumamente lento y costoso.

1.2 Vidrio float

El vidrio industrial, que en la actualidad correspondería al vidrio usado en las industrias del automóvil y la construcción, se fabricó en un principio mediante un sistema conocido como vidrio float. Este proceso, que alcanzó su máximo esplendor en 1959, revolucionó los métodos de producción de vidrio. Hasta el desarrollo del proceso del vidrio float, los paneles de vidrio se producían mediante la extracción o el moldeado de vidrio fundido, que posteriormente se pulía.

Este nuevo método permite que el vidrio “flote”, con lo que el vidrio fundido se distribuye uniformemente sobre la superficie de un baño de estaño líquido. Debido a la tensión superficial inherente del estaño líquido y al hecho de que el vidrio es la mitad de denso que el estaño, el vidrio fundido no se hunde en el baño de estaño, sino que flota en la superficie, por lo que se moldea a sí mismo de manera uniforme y toma la forma de la superficie de estaño líquido.

Este método crea un paralelismo plano total, lo que garantiza la ausencia de distorsión y una transparencia cristalina. Al reducir la temperatura del baño de estaño de unos 1000 °C a unos 600 °C, la masa viscosa de vidrio fundido se convierte en una hoja de vidrio sólido que se puede levantar de la superficie del baño de estaño al final del proceso de flotado.



Proceso de flotado (representación esquemática)

El estaño es ideal para dar forma al vidrio, ya que permanece líquido durante todo el proceso de moldeo y no se evapora debido a su baja presión de vapor. Para evitar que el estaño se oxide, el proceso de flotado se lleva a cabo en una atmósfera gaseosa protectora de nitrógeno con un aditivo de hidrógeno. El proceso de fundición precede el moldeo mediante el flotado del vidrio en un baño de estaño. Este proceso comienza con una proporción exacta de las materias primas: aproximadamente un 60 % de cuarzo, un 20 % de sosa y sulfato y un 20 % de piedra caliza y dolomita. Estos materiales se pulverizan en agitadores enormes y se procesan para obtener una mezcla. Una combinación de aproximadamente el 80 % de esta mezcla y el 20 % de fragmentos de vidrio reciclado se introduce en el horno y se funde a unos 1600 °C. El resultado es un vidrio de sosa, cal y sílice conforme a la norma EN 572-2.

Tras gasificar la mezcla fundida (en un proceso conocido como refinado), el vidrio fundido se introduce en el estanque de acondicionamiento y se deja enfriar a unos 1200 °C antes de fluir por un bajante refractario hasta el baño de flotado. Esta mezcla se introduce, o se “flota”, constantemente a la superficie de estaño, un método que puede asemejarse a un tubo que desagua debido a la entrada constante de agua. Al final del baño de flotado, se levanta de la superficie una cinta de vidrio infinita de unos 3,50 m de ancho.



Baño de estaño



En este punto, la cinta de vidrio está a unos 600 °C y se enfría a la temperatura ambiente mediante un procedimiento muy preciso en el canal de refrigeración de rodillo para garantizar que no quede ningún estrés permanente en el vidrio. Esta operación es sumamente importante para un procesamiento sin problemas. La cinta de vidrio sigue estando a unos 50 °C al final de la línea de refrigeración de 250 metros y un láser inspecciona el vidrio para detectar defectos como inclusiones, burbujas y cables. Los defectos se registran automáticamente y se desechan cuando se precortan los blancos.

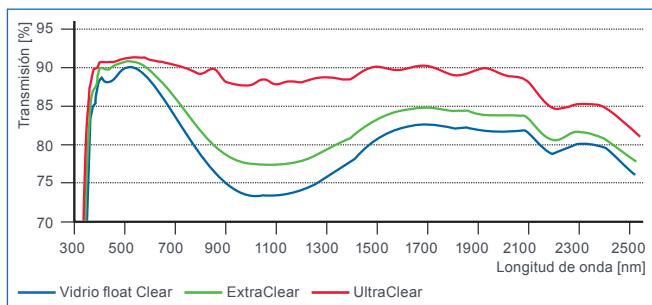
Los precortes se realizan normalmente a intervalos de 6 metros o menos, y el vidrio se corta perpendicularmente a la cinta sin fin. También se recortan ambos extremos de la cinta, con lo que generalmente se producen paneles de vidrio float de 3,21 x 6 m, que se procesan inmediatamente o se almacenan en marcos para su procesamiento posterior.

También se producen láminas más largas de 7 m o más. Una línea de vidrio float tiene una longitud media de 600 m y una capacidad diaria de aproximadamente 70 000 m² de vidrio plano de un espesor de 4 mm.

1.2.1 Coloración

El vidrio float normal tiene un matiz ligeramente verdoso. Esta coloración se ve principalmente al canto del vidrio y se debe al óxido de hierro presente de forma natural en las materias primas. Mediante la selección de materias primas que contengan una cantidad extremadamente baja de óxido de hierro o mediante un proceso de blanqueamiento químico, el material fundido se puede convertir en un vidrio extrablancos de color neutro.

Guardian produce este tipo de vidrio bajo la marca Guardian UltraClear™. Los interiores y los productos solares especiales son las principales áreas de aplicación. Con el producto estándar Guardian ExtraClear®, Guardian ofrece un vidrio base al mercado con bajo contenido en hierro. En términos de color (matiz verde) y propiedades espectrales, este vidrio se encuentra entre el float blanco UltraClear y el float Clear estándar. Debido a su interesante combinación de propiedades, el Float ExtraClear es ideal como material de base para capas de baja emisividad KlimaGuard® y las capas de control solar SunGuard®. Esto mejora la selectividad y la neutralidad del color, independientemente de las capas concretas, especialmente para el vidrio que se utiliza en las fachadas.



Tipos de vidrio float claro

Además de estas tres versiones de vidrio float, se puede producir vidrio tintado mediante una masa coloreada. Los aditivos de la mezcla permiten la producción de vidrio coloreado verde, gris, azul, rojizo y bronce durante determinados períodos de producción de la línea de flotado. El cambio del color del vidrio en el tanque conlleva, por supuesto, un esfuerzo considerable y un incremento en el coste, debido a los restos y la pérdida de productividad. Por ello, solo se produce para campañas especiales.

1.2.2 Propiedades

La mayoría de la producción actual de vidrio es vidrio float, con espesores que suelen ir de los 2 mm a los 25 mm y un tamaño estándar de 3,21 x 6 m, que se usa para el procesado posterior. El vidrio tiene las siguientes propiedades físicas:

1.2.2.1 Densidad

La densidad del material viene determinada por la proporción masa-volumen y se indica mediante la notación “ ρ ”. El vidrio float tiene un factor de $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$. Esto significa que el peso de un metro cuadrado de vidrio float con un espesor de 1 mm es de 2,5 kg.

1.2.2.2 Módulo de elasticidad (módulo de Young)

El módulo de elasticidad es una característica de los materiales que describe la correlación entre la tensión y la expansión al deformar un componente sólido con propiedades elásticas lineales. Se indica mediante el símbolo de fórmula “E”. Cuánto más resista la deformación un material, mayor será el valor del módulo E. El vidrio float tiene un valor de $E = 7 \times 10^{10} \text{ Pa}$ según la norma EN 572-1.



1.2.2.3 Emisividad

La emisividad (ϵ) mide la capacidad de una superficie para liberar el calor absorbido como radiación. Como base para esta relación se usa un “cuerpo negro” definido con exactitud. La emisividad normal del vidrio float es de $\epsilon = 0,89$, lo que significa que un 89 % del calor absorbido se vuelve a emitir como radiación (→ capítulo 4.5).

1.2.2.4 Resistencia a la compresión

Como indica el término, este indicador muestra la resistencia de un material al esfuerzo de compresión. El vidrio es extremadamente resistente a la presión, como demuestra su valor de MPa de 700-900. El vidrio float puede soportar una carga compresiva 10 veces mayor que la carga de tracción.

1.2.2.5 Resistencia a la tracción y flexión

La resistencia a la tracción y flexión de un vidrio no es un parámetro específico de los materiales, sino un valor indicado que, como en todos los materiales frágiles, se ve influenciado por la composición de la superficie sujeta a la tensión de tracción. Las infracciones en la superficie reducen este valor indicado, motivo por el que el valor de la resistencia a la flexión solo se puede definir mediante un valor estadísticamente fiable para la probabilidad de fractura. Esta definición afirma que la probabilidad de fractura de una tensión de flexión de 45 MPa para el vidrio float (EN 572-1) según la lista de normativas de edificación alemana puede ser de un máximo del 5 % de media, en base a una probabilidad del 95 % según lo determinado por los métodos de cálculo estadístico. $\sigma = 45$ MPa según los cálculos realizados con el método del doble anillo en EN 1288-2.

1.2.2.6 Resistencia al choque térmico

La resistencia del vidrio float a las diferencias de temperatura (ΔT) sobre la superficie del panel de vidrio es de 40 K (Kelvin) según el estándar EN 572. Esto significa que una diferencia de temperatura de hasta 40 K sobre el panel de vidrio no tiene ningún efecto. Diferencias mayores pueden ocasionar un esfuerzo peligroso en la sección transversal del vidrio, lo que puede provocar su rotura. Por consiguiente, los dispositivos de calefacción deben mantenerse a una distancia de al menos 30 cm del acristalamiento. Si esta distancia no puede mantenerse, se recomienda la instalación de vidrio templado (→ capítulo 9.8.1). Lo mismo se aplica al sombreado sólido, permanente y parcial del acristalamiento, debido, por ejemplo, a elementos estáticos del edificio o a la proximidad de plantas.

1.2.2.7 Rango de temperaturas de transformación

Las propiedades mecánicas del vidrio float varían dentro de un rango de temperaturas definido. Este rango es de entre 520-550 °C y no debe compararse con la temperatura de pretemplado y moldeado, que es unos 100 °C superior.

Vidrio base

1.2.2.8 Temperatura de reblandecimiento

La transición vítrea o temperatura de reblandecimiento del vidrio float es de unos 600 °C.

1.2.2.9 Coeficiente lineal de expansión térmica (dilatación térmica)

Este valor indica el cambio de longitud mínimo del vidrio float cuando aumenta la temperatura. Es sumamente importante para la unión a otros materiales: $9 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ según ISO 7991 A 20-300 °C. Este valor da la expansión de un borde de vidrio de 1 m cuando la temperatura aumenta en 1 K.

1.2.2.10 Capacidad calorífica específica

Este valor determina el aumento de calor necesario para calentar 1 kg de vidrio float en 1 K: $C = 800 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

1.2.2.11 Coeficiente de transmisión de calor (valor U)

Este valor se calcula según la norma EN 673. El valor para el vidrio float con un espesor de 4 mm es de 5,8 W/m²K (→ capítulo 4.6).

1.2.2.12 Resistencia al ácido

Gráfico: clase 1 según DIN 12116

1.2.2.13 Resistencia alcalina

Gráfico: clase 1-2 según ISO 695

1.2.2.14 Resistencia al agua

Gráfico: clase hidrolítica 3-5 según ISO 719

1.2.2.15 Sustancias alcalinas frescas agresivas

Estas sustancias incluyen los restos de cemento, que no se han endurecido completamente y, al entrar en contacto con el vidrio, atacan la estructura de ácido de sílice que forma parte de la estructura del vidrio. Esto cambia la superficie a medida que los puntos de contacto son más duros. Este efecto se produce cuando las sustancias alcalinas líquidas se secan y finaliza después de que el cemento se haya solidificado completamente. Por este motivo, las sustancias alcalinas lixiviantes nunca deben entrar en contacto con el vidrio y cualquier punto de contacto debe eliminarse inmediatamente aclarándolo con agua limpia (→ capítulo 9.11).

1.3 Capas del vidrio float

Las capas del vidrio float se producen en grandes cantidades, principalmente mediante dos técnicas. Una es el proceso de pirólisis química, también conocido como “capa dura”. La segunda es un proceso físico denominado deposición al vacío o magnetron sputtering.

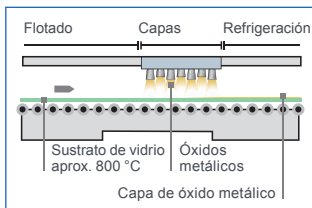


En función de la capa utilizada, en ambos métodos los materiales adquieren un aspecto neutro o colorido, en el que los efectos de coloración son menos obvios al ver el vidrio frontalmente y más fáciles de percibir al mirar los reflejos en la superficie del vidrio. Estas dos tecnologías se aplican al vidrio base, y no deben confundirse con la capa superficial aplicada mediante procesos de pulverización, aplicación con rodillo o impresión (→ capítulo 8.2).

1.3.1 Proceso pirolítico

Este tipo de proceso de añadir capas de vidrio se produce en línea durante la producción del vidrio en la línea de flotado. En este punto, la superficie del vidrio todavía está a varios centenares de grados Celsius cuando se pulverizan óxidos metálicos en ella. Estos óxidos se hornean permanentemente en la superficie y son sumamente duros

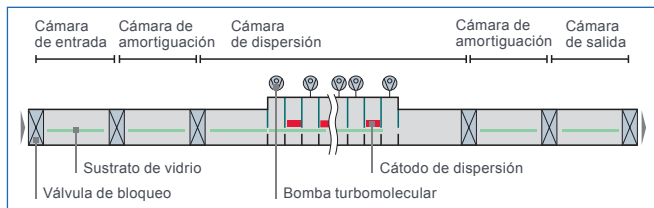
(“capas duras”) y resistentes, pero sus propiedades son muy limitadas debido a su estructura simple. Para cumplir los requisitos más elevados que suelen solicitarse en la actualidad, se usan sistemas de vidrio multicapa. Se producen fuera de línea, en un ambiente al vacío, en el proceso de magnetron sputtering. Por ello, Guardian se centra exclusivamente en la tecnología de capa descrita a continuación.



Proceso pirolítico (en línea)

1.3.2 Proceso de magnetron sputtering

El proceso de deposición magnetrónica tiene muchas denominaciones, una de las cuales surgió al comienzo de esta tecnología, cuando este proceso se conocía como “capa blanda”, en lugar de “capa dura”. Actualmente, esta definición es errónea, ya que actualmente existen películas de magnetron sputtering sumamente resistentes que, en todos los casos, se componen de capas ultrafinas. Ninguna otra tecnología es capaz de recubrir el vidrio de una forma tan ligera y con unas propiedades ópticas y térmicas tan destacables.



Sección transversal de una línea de capa magnetrónica

El material (es decir, el cátodo, que es una lámina metálica) que se deposita en la superficie del vidrio se monta en un electrodo con un potencial eléctrico elevado. El electrodo y el cátodo se aíslan eléctricamente de la pared de la cámara de vacío. El potente campo eléctrico (electrones rápidos) ioniza el gas de dispersión, argón.

Los iones de argón acelerados son capaces de romper el material del cátodo chocando contra él y, a continuación, esto entra en contacto con el vidrio y se deposita en la superficie. Los metales y aleaciones se dispersan con o sin gases reactivos adicionales (O_2 o N_2). Ahora es posible depositar metales, óxidos metálicos y nitruros metálicos.

1.3.2.1 Ensamblaje típico de una capa magnetrónica

Capa inferior y superior:

- Los materiales dieléctricos influyen en la reflexión, la transmisión y el color de la capa
- Garantizan una alta durabilidad mecánica

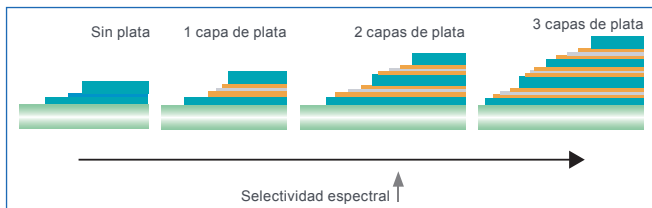
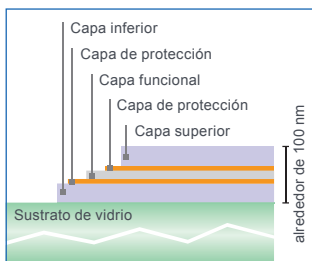
Capa funcional:

- P. ej., plata u otros metales o aleaciones
- Responsable de la reflexión de radiación de onda larga y/o corta
- Fuerte influencia en la transmisión de calor (valor U), la transmisión de energía (g) y la transmisión luminosa.

Capa de protección:

- Protección de la capa funcional (plata) frente a las influencias mecánicas y químicas

Para mejorar la selectividad de las capas de control solar, la capa funcional de plata se puede dividir (capas de plata doble y triple) mediante la dispersión de capas dieléctricas entre ellas. Esto mejora la relación de luz visible y transmisión de energía solar aumentando la transparencia.





W Hotel La Vela, Barcelona, España | SunGuard® HP Silver 43/31
Arquitecto: Ricardo Bofill Taller de Arquitectura | Foto: © courtesy of Ricardo Bofill

| | | |
|-----------|---|----|
| 2. | Vidrio aislante | 18 |
| 2.1 | General | 18 |
| 2.2 | Producción | 18 |
| 2.3 | Sellado de cantos | 19 |
| 2.3.1 | Sistemas de sellado | 19 |
| | Sellante primario Sellante secundario | |
| 2.3.2 | Espaciador | 20 |
| | Acero inoxidable Combinaciones de metal y plástico Sistemas termoplásticos (TPS) | |
| 2.4 | Punto de rocío y condensación | 21 |
| 2.4.1 | Condensación en la cámara | 21 |
| 2.4.2 | Condensación en la superficie interna de la unidad de vidrio aislante | 21 |
| 2.4.3 | Condensación en la superficie externa de la unidad | 22 |
| 2.5 | Índice de reproducción de color | 24 |
| 2.6 | Fenómenos de interferencias | 24 |
| 2.7 | Efecto del vidrio aislante: cargas climáticas | 25 |



Varios factores y reglas físicas definen las características del vidrio aislante en su uso en aplicaciones de aislamiento térmico y protección solar

2.1 General

Para lograr las propiedades de aislamiento térmico, deben combinarse varios paneles de vidrio float con al menos una capa de baja emisividad para crear una unidad de vidrio aislante.

Dos o más paneles del mismo tamaño se alinean el uno con el otro a una distancia definida y se encolan. La cámara herméticamente sellada resultante se llena con un gas inerte termoaislante especialmente eficaz. No se genera vacío, al contrario de lo que se puede pensar.

El ancho de la cámara depende del gas inerte que se utilice. El que se utiliza con más frecuencia es el argón, mientras que el criptón se usa más raramente. Para alcanzar su eficacia termoaislante óptima, el argón necesita una cámara de entre 15 y 18 mm; el criptón solo necesita de 10 a 12 mm para lograr unos resultados aislantes mejores. La tasa de llenado de gas suele ser de alrededor del 90 %. El criptón es mucho más caro que el argón, ya que es menos frecuente.

El espaciador que separa permanentemente los vidrios ejerce cierta influencia sobre el aislamiento y, por consiguiente, sobre el punto de rocío al canto del acristalamiento (→ capítulo 2.4). En las últimas décadas, el estándar del sector han sido los espaciadores de aluminio. En la actualidad, estos se están reemplazando por sistemas con una menor conductividad térmica (tecnología de canto caliente).

2.2 Producción

Los paneles de vidrio aislante se encolan mediante el sistema de barrera dual, en el que se utiliza un espaciador para mantener separados los dos paneles y se aplica un cordón continuo de butilo adhesivo alrededor de los cantos del espaciador para mantener encolados ambos paneles de vidrio. El espacio que se crea se llena con un desecante que mantiene la cámara permanentemente seca. Durante el proceso de encolado, es importante que el lado que lleva la capa del panel de vidrio esté en contacto con la cámara y que el adhesivo se aplique a este lado. Algunos tipos de capas deben eli-

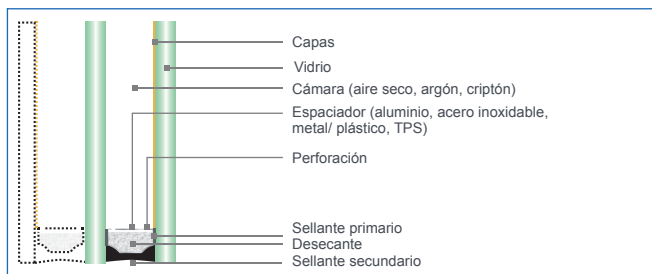


minarse mecánicamente para poder aplicar correctamente el adhesivo. Al eliminar la capa antes de aplicar el adhesivo, se aumenta la fuerza de adherencia y la protección frente a la corrosión (→ capítulo 9.10.1).

La capa funcional ahora está sellada herméticamente y protegida de forma permanente. El sellante de butilo adhesivo, también denominado sellante primario o primer sellante, impide que se forme de vapor de agua y que el gas inerte escape. Tras unir los dos paneles de vidrio, se utiliza una prensa de presión de gas para retirar parte del aire entre los paneles y reemplazarlo por una cantidad definida de gas inerte.

Por último, el vidrio aislante recibe su sellante secundario adhesivo mediante el llenado del hueco entre los espaciadores instalados y los cantos externos de los paneles. Los materiales utilizados con más frecuencia son el polisulfuro y el poliuretano.

Como alternativa a estos materiales, se utiliza silicona resistente a la radiación UV en instalaciones especiales en las que los cantos de vidrio aislante están expuestos o en las que requieren una funcionalidad estructural (→ capítulo 8.1.2.2).



Configuración típica del vidrio aislante

2.3 Sellado de cantos

2.3.1 Sistemas de sellado

El sellado de cantos de las unidades aislantes consiste típicamente en un sistema de dos barreras:

2.3.1.1 Sellante primario

- “Cadena de encolado” extruida en ambos lados de los espaciadores
- Material: poliisobutileno (butilo)
- Buena adhesión al vidrio y al espaciador
- Evita la penetración de la humedad y las fugas del gas de llenado
- Es el sellante principal, responsable de la durabilidad de la unidad de vidrio aislante



El material del sellante primario, el butilo, ofrece los niveles más bajos de permeabilidad del gas ($< 0,002 \text{ g/m}^2\text{h}$) y de permeabilidad de la humedad ($< 0,1 \text{ g/m}^2\text{d}$), según la norma EN 1279-4.

2.3.1.2 Sellante secundario

- Conexión encolada entre el vidrio y el espaciador
- Resistencia mecánica del sellado de cantos
- Protección del sellante primario
- Barrera de difusión adicional

Los materiales que se utilizan con más frecuencia como sellantes secundarios son los siguientes:

- Polisulfuro (polímero orgánico de 2 componentes)
- Poliuretano (polímero orgánico de 2 componentes)
- Fusión en caliente (polímero orgánico de 1 componente)
- Silicona (de 1 o 2 componentes)

La permeabilidad del gas y la humedad de los polímeros orgánicos son muy inferiores en comparación con la silicona.

Los sellantes secundarios basados en polímeros orgánicos no resisten la radiación UVA y deben protegerse. Cualquier unidad aislante que tenga los cantos expuestos a la radiación UV debería equiparse con silicona como sellante secundario. Debido a una resistencia más elevada, las siliconas resisten el impacto de la radiación UV.

2.3.2 Espaciador

Las propiedades térmicas del vidrio aislante se refieren al área central del vidrio, sin ninguna influencia de los cantos del mismo.

Hasta hace poco, la mayoría del vidrio aislante se producía mediante espaciadores de aluminio. Debido a una mayor exigencia en los requisitos, se han creado alternativas térmicamente mejores que están ganando terreno en la producción de vidrio aislante. Mientras tanto, los espaciadores de aluminio se reemplazan cada vez más por otros materiales mediante la denominada “tecnología de canto caliente”.

Con el coeficiente de transferencia de calor lineal (valor Ψ), el material del espaciador influye directamente en el coeficiente de transmisión de calor del valor U de la ventanaw (\rightarrow capítulos 4.6.3 y 4.6.4).

2.3.2.1 Acero inoxidable

La alternativa más común son los perfiles de acero inoxidable extremadamente finos con una conductividad térmica considerablemente reducida en comparación con el aluminio. Sin embargo, son parecidos al aluminio en cuanto a su estabilidad mecánica y su capacidad de difusión.

Vidrio aislante

2.3.2.2 Combinaciones de metal y plástico

Otra opción son los espaciadores de plástico, que ofrecen un aislamiento térmico excelente pero no tienen una densidad de difusión de gas suficiente para garantizar el ciclo de vida de un vidrio aislante. Por consiguiente, existen combinaciones de plástico con películas de acero inoxidable o aluminio impermeables al gas.

2.3.2.3 Sistemas termoplásticos (TPS)

El metal convencional se sustituye por una sustancia plástica extruida caliente especial, que se coloca entre dos paneles de vidrio durante la producción de vidrio aislante y que garantiza la resistencia mecánica necesaria, así como la densidad de difusión de gas después del enfriamiento. Se incorpora el desecante. En la actualidad, existen una gran variedad de alternativas desechables que ofrecen reducciones importantes del valor Ψ , el coeficiente de transferencia de calor lineal de la zona perimetral, cuando se comparan directamente unas con otras (→ capítulo 4.6.3).

2.4 Punto de rocío y condensación

2.4.1 Condensación en la cámara

Se produce con muy poca frecuencia con los vidrios aislantes actuales, puesto que se sellan herméticamente y se llenan con gases secos. La condensación en el espacio de las unidades de vidrio aislante indica un defecto en el sellado de cantos, la ausencia de desecante o una fabricación incorrecta.

2.4.2 Condensación en la superficie interna de la unidad de vidrio aislante

Se produce en ventanas con un aislamiento térmico deficiente o con ventanas de un solo acristalamiento. El aire cálido se enfría de repente y transfiere humedad a la superficie interna fría (en invierno, la temperatura a menudo se encuentra por debajo del punto de rocío del aire ambiente). Hoy en día, la hoja interna del vidrio aislante se mantiene caliente durante más tiempo, por lo que raramente se produce condensación.

Si la humedad relativa del aire es muy elevada, por ejemplo al cocinar, al lavar o cerca de una piscina, los vidrios pueden condensarse más a menudo. Una forma de corregirlo es realizar una ventilación breve y directa.

La temperatura exterior a la que el acristalamiento del lado interno se condensa (= formación de agua de condensación = punto de rocío) se puede determinar mediante el gráfico del punto de rocío.

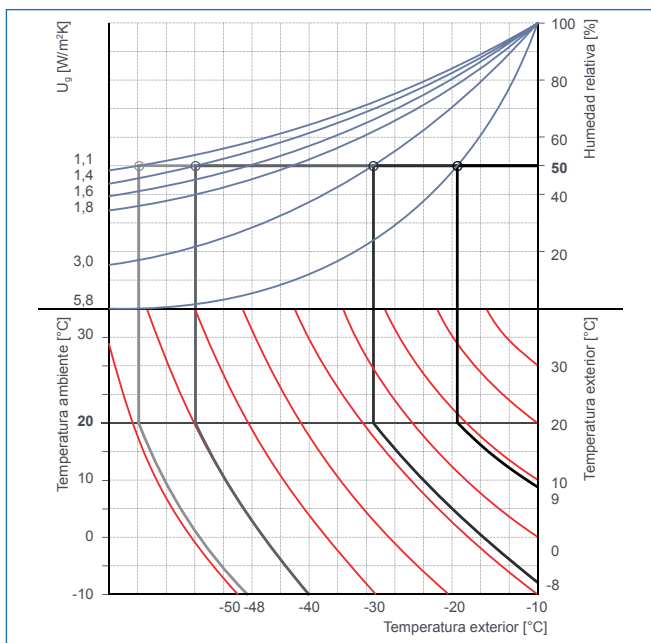


Gráfico del punto de rocío

Ejemplos registrados

(véase el gráfico del punto de rocío):

- Temperatura ambiente 20 °C
- Humedad ambiente 50 %
- Temperatura exterior 9 °C

Puntos de rocío a*:

- $U_g = 5,8 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow 9 \text{ °C}$
- $U_g = 3,0 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow -8 \text{ °C}$
- $U_g = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow -40 \text{ °C}$
- $U_g = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow -48 \text{ °C}$

* Condensación formada a la temperatura mostrada

2.4.3 Condensación en la superficie externa de la unidad

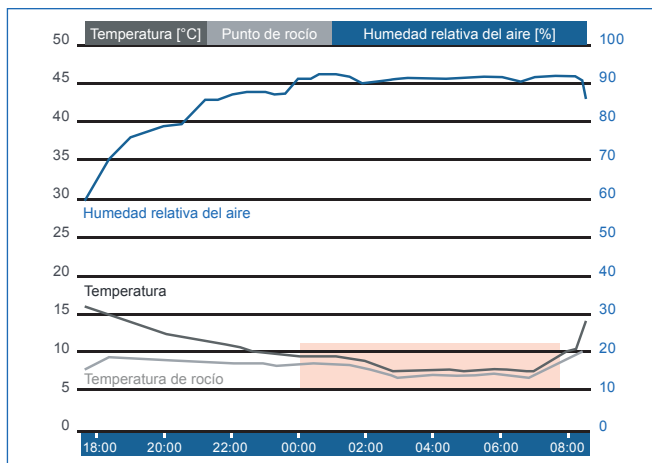
Este efecto surge con la aparición del vidrio aislante moderno, y es especialmente visible durante las primeras horas de la mañana, cuando el contenido húmedo del aire exterior ha aumentado rápidamente durante la noche.

La excelente calidad aislante de estas superficies vítreas impide que el calor se transfiera al exterior, por lo que el panel externo permanece extremadamente frío. Cuando los rayos solares empiezan a calentar el aire exterior más rápidamente que la temperatura del panel, puede producirse condensación, en función de la orientación del edificio y el entorno.

No se trata de un defecto, sino de una demostración de la excelente capacidad de aislamiento térmico de la unidad de vidrio aislante.

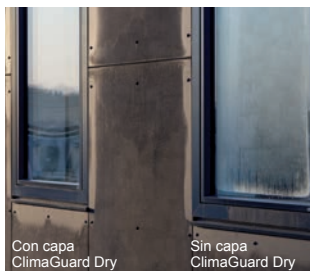
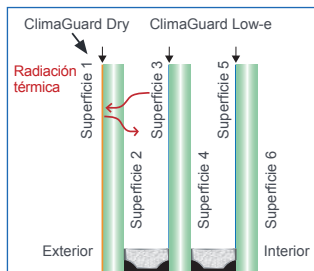
Los acristalamientos triples y las claraboyas tienen una tendencia mucho más alta a la condensación de la superficie externa en zonas frías con una humedad elevada.

El gráfico muestra una situación típica. En la zona crítica se encuentra la temperatura ambiental cerca del punto de rocío (zona roja).



Con **ClimaGuard Dry**, Guardian ofrece una capa especial (antivaho) que garantiza una visión nítida a través del acristalamiento incluso durante la mañana (→ capítulo 4.7).

La radiación térmica reflejada en la capa n.º 1 (capa **ClimaGuard Dry**) de vuelta a la UVA deriva en un aumento de la temperatura del panel externo y una reducción significativa de la tendencia a la condensación.





2.5 Índice de reproducción de color

La reproducción de color no solo es pertinente para la percepción fisiológica del observador, sino también por razones estéticas y psicológicas. La luz solar que pasa a través de un objeto o es reflejada por él se modifica en función de la naturaleza del objeto (→ capítulo 3.2).

El índice de reproducción de color (valor de R_a) describe en qué medida cambia el color de un objeto cuando se observa a través del acristalamiento. Define la calidad espectral del vidrio en la transmisión, y el valor puede ir de 0 a 100. Cuanto mayor sea el índice de reproducción de color, más naturales parecerán los colores reflejados. Un valor de R_a de 100 significa que el color del objeto que se observa a través del acristalamiento es idéntico al color original.

Un índice de reproducción de color superior a 90 se considera muy bueno y un índice superior a 80 se considera bueno. El vidrio arquitectónico basado en el vidrio float nítido tiene por lo general un valor de R_a superior a 90, y el vidrio coloreado en masa suele tener un valor de R_a de entre 60 y 90.



Vista a través de vidrio tintado (azul)



Vista original

El índice de reproducción de color se determina según la norma EN 410.

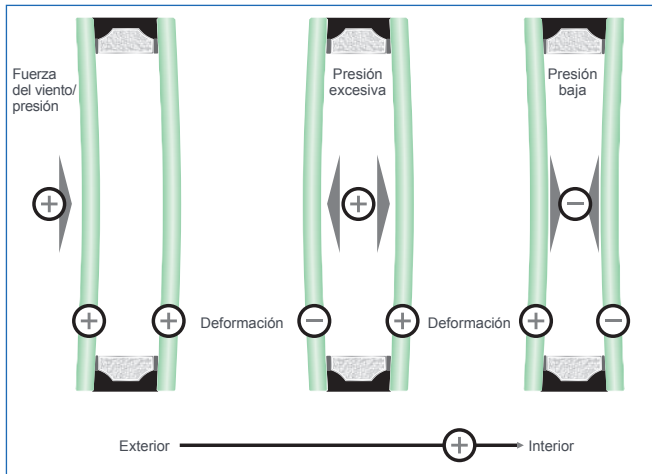
2.6 Fenómenos de interferencias

Cuando existen varios paneles de vidrio float paralelos, unas condiciones de iluminación muy concretas pueden causar la aparición de fenómenos ópticos en la superficie del vidrio. Estos fenómenos pueden ser puntos parecidos a arcoíris, franjas o anillos que cambian de posición al presionar el acristalamiento, fenómenos conocidos también como anillos de Newton. Estas interferencias son de naturaleza física y se deben a la refracción de la luz y al solapamiento espectral. Raramente se producen al mirar a través del acristalamiento, pero sí en la reflexión desde el exterior. Estas interferencias no son motivo de queja, sino una prueba de calidad del paralelismo absoluto del vidrio float instalado (→ capítulo 9.7.2.8.3).

2.7 Efecto del vidrio aislante: cargas climáticas

Un componente de todos los vidrios aislantes es al menos un espacio cerrado herméticamente: la cámara. Dado que este espacio se llena con aire o con gas, los vidrios reaccionan como membranas que se contraen o expanden como reacción a la presión de aire cambiante del aire envolvente.

En condiciones meteorológicas extremas, pueden aparecer distorsiones inevitables, a pesar de que el acristalamiento tenga un paralelismo absoluto. Esto también puede producirse debido a cambios extremos en la presión del aire, y algunos factores influyentes incluyen el tamaño y la geometría del panel de vidrio, el ancho de la cámara y la estructura de la propia hoja de vidrio. En caso de vidrio aislante triple, el vidrio del medio permanece casi plano, motivo por el que el impacto en los dos vidrios externos es mayor que en el acristalamiento aislante doble. Los dos huecos del acristalamiento triple tienen el mismo efecto que un hueco grande del mismo espesor general. Estas deformaciones desaparecen sin ningún efecto una vez que la presión del aire se normaliza y, lejos de ser un defecto, son una muestra de la densidad del sellado de cantos (→ capítulo 9.7.2.8.4).

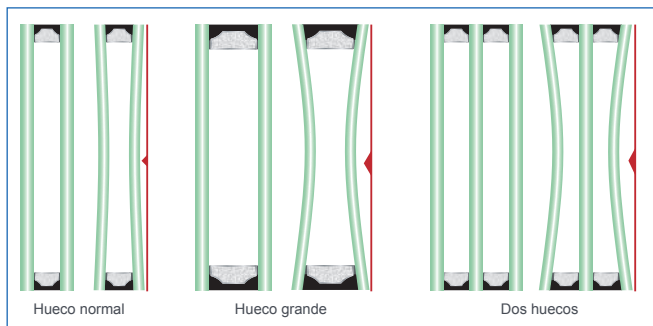


Efecto del vidrio aislante



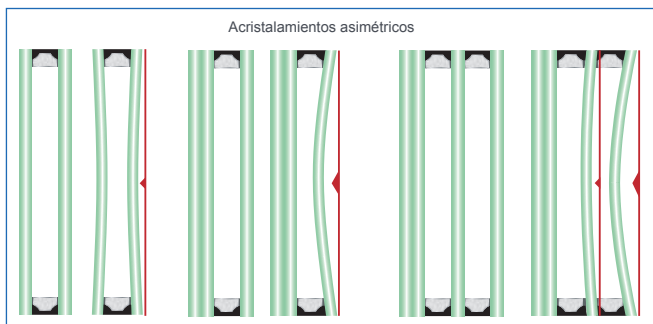
Le Cristallin, Boulogne-Billancourt, Francia
SunGuard® HD Silver 70 | Sistema ventilado, capa en el panel de impacto
Arquitecto: AZC - Atelier Zündel Cristea | Foto: © Sergio Grazia

Las desviaciones causadas por diferencias de presión altas (cargas climáticas) pueden producir cargas mecánicas elevadas en los paneles de vidrio de la unidad de vidrio aislante, pero también en la zona del espaciador. Son especialmente críticas las configuraciones asimétricas, en las que el vidrio más fino desvía más que el vidrio grueso o el vidrio laminado, y en unidades pequeñas, en las que el vidrio no puede absorber el cambio de volumen del gas de llenado.



Guardian recomienda un análisis de las cargas climáticas para el acristalamiento triple con cámaras amplias, dimensiones desfavorables y configuraciones asimétricas.

En el caso de escenarios con cargas críticas, el vidrio debe someterse a un tratamiento térmico. También es recomendable consultar la profundidad del sellante para garantizar la resistencia mecánica necesaria del sellante de cantos secundario de la unidad de vidrio aislante.





Oliphant, Ámsterdam, Países Bajos | SunGuard® SNX 50
Arquitecto: OZ Architect | Foto: © Georges De Kinder

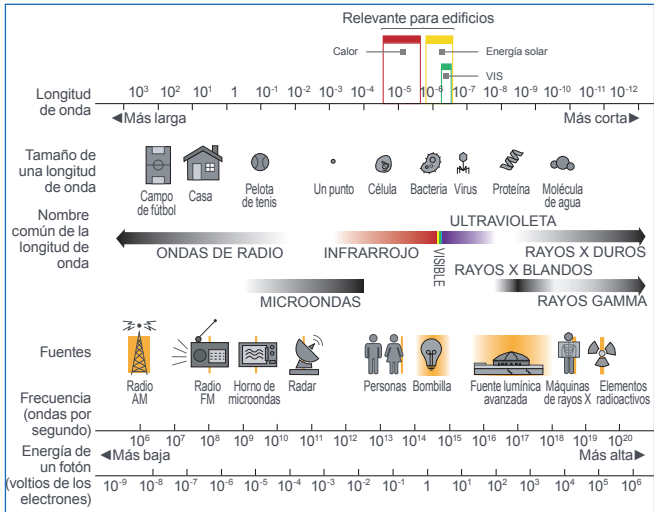
| | | |
|-----|----------------------------|----|
| 3. | Luz, energía y calor | 30 |
| 3.1 | Energía solar | 30 |
| 3.2 | Luz visible | 32 |
| 3.3 | Calor | 32 |
| 3.4 | Radiación UV | 32 |



Las definiciones físicas de luz, energía y calor describen regiones definidas del espectro electromagnético.

La región relevante para el vidrio arquitectónico en conexión con la luz y la energía solar se encuentra en el rango de longitudes de onda de entre 300 y 2500 nm (0,0003-0,0025 mm) y se considera como una radiación de onda corta. El calor es una radiación de onda larga y se encuentra en un rango de longitudes de onda de entre 5000 y 50 000 nm (0,005-0,05 mm).

Las longitudes de onda más largas se conocen como ondas de radar, micro y radio, mientras que las longitudes de onda más cortas se denominan rayos X de alta energía y radiación gamma.



El espectro electromagnético

3.1 Energía solar

La radiación que emite el sol y que llega a la Tierra se denomina energía solar. Este rango de longitudes de onda se ha definido mediante la estandarización internacional (EN 410) como comprendido entre 300-2500 nm e incluye:

- Radiación ultravioleta (UV) 300 a 380 nm
- Radiación de la luz visible (VIS) 380 a 780 nm
- Radiación infrarroja cercana (IR) 780 a 2 500 nm

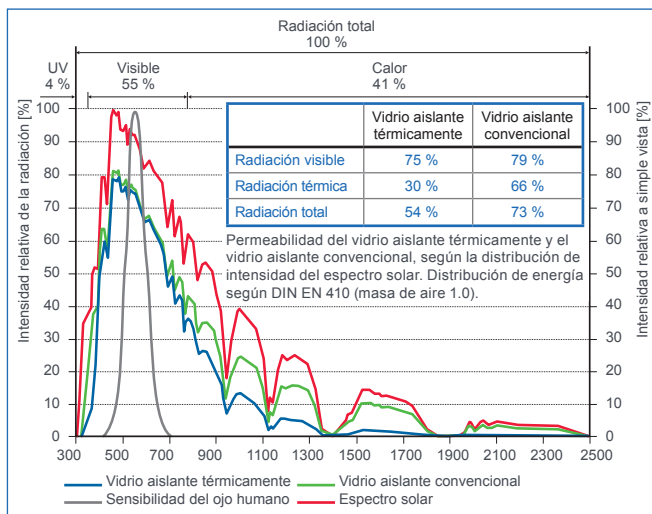


Se considera que la energía solar se encuentra en el rango de onda corta.

La curva de distribución de la radiación global mundialmente aceptada (según la publicación n.º 20 de CIE) muestra la intensidad de la radiación solar total en sus respectivos rangos de onda. Un 52 % de estas longitudes de onda son visibles y un 48 % son invisibles.

Cuanto más corta es la longitud de onda, más energía transporta. Esto significa que hay una cantidad considerable de energía en la fracción visible de la radiación. Por este motivo, la luz y la energía no se pueden dissociar. Esto es un aspecto crítico en el uso y la mejora del vidrio arquitectónico.

Las propiedades importantes que son críticas para caracterizar la naturaleza del vidrio arquitectónico como la transmisión, reflexión y absorción de energía solar, así como la transmisión total de energía, se pueden derivar de la energía solar en el rango de longitudes de onda de radiación global (300-2500 nm) y sus interacciones con el vidrio (→ capítulo 5).



Curva de distribución de la radiación global (publicación n.º 20 de CIE)



3.2 Luz visible

La pequeña región del espectro solar que es visible para el ojo humano se denomina luz (visible). El rango espectral se define en el estándar europeo EN 410 como comprendido entre 380 nm y 780 nm.

La luz (visible) no quebrantada que llega al ojo humano se percibe como luz blanca. Sin embargo, se compone de un espectro lumínico en el que varias longitudes de onda (cada una de las cuales representa una energía definida) fluyen unas en otras:

| Color | Longitud de onda [nm] |
|----------|-----------------------|
| Violeta | 380-420 |
| Azul | 420-490 |
| Verde | 490-575 |
| Amarillo | 575-585 |
| Naranja | 585-650 |
| Rojo | 650-780 |

Cuando la luz golpea un objeto, el objeto absorbe parte del espectro energético. No obstante, el vidrio transmite la luz y refleja el resto de la energía. Dependiendo de la naturaleza del objeto, determinadas longitudes de onda se reflejan, mientras que otras se absorben. El ojo humano percibe el color reflejado como el color del objeto.

La luz artificial puede provocar una mala interpretación del color a causa de la ausencia de rangos de longitudes de onda. Un ejemplo conocido es el de las lámparas de vapor de sodio de baja presión. Puesto que no tienen las longitudes de onda azul, verde y roja, todos los objetos parecen tener tonos amarillos monocromáticos.

3.3 Calor

El calor o la radiación térmica son un rango de longitudes de onda que no forma parte del espectro solar. La radiación térmica tiene longitudes de onda mucho más largas y se encuentra en el rango infrarrojo lejano. El rango espectral se define en el estándar europeo EN 673 como comprendido entre 5000 y 50 000 nm.

Su interacción con el calor define las características de aislamiento del vidrio arquitectónico y se ve influido por la radiación térmica, la conducción térmica y la convección. El valor U_g (coeficiente de transmisión de calor) es la característica fundamental para evaluar la capacidad de aislamiento térmico del material de construcción del vidrio (→ capítulo 4).

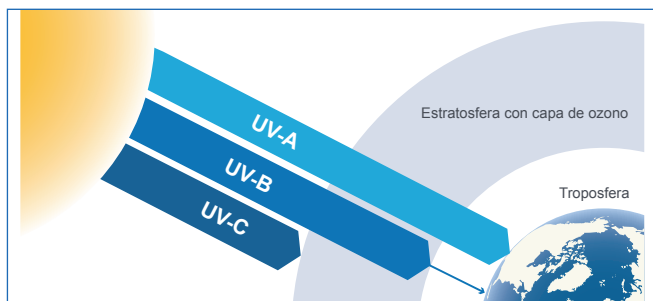
3.4 Radiación UV

La radiación UV es radiación de alta energía y se separa en tres rangos:

UV-C: 100 ... 280 nm (bloqueada por la capa de ozono de la atmósfera).

UV-B: 280 ... 315 nm (bloqueada por los productos de vidrio float).

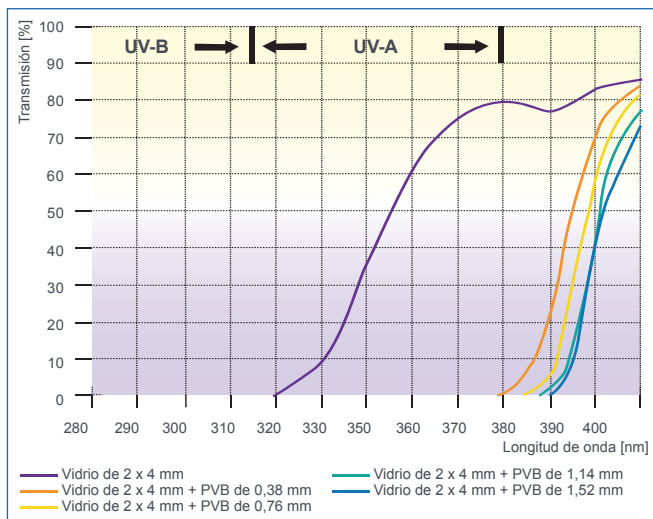
UV-A: 315 ... 380 nm (transmitida a través del acristalamiento hasta cierto grado).



Si el impacto de la radiación UV es demasiado fuerte, esta radiación no solo tiene un impacto perjudicial en la piel, sino también en muchos otros materiales orgánicos (pinturas, muebles, sellantes, etc.). El vidrio aislante normal con dos hojas de vidrio reduce la transmisión de UV en más del 50 %, y, cuando se combina con vidrio laminado de seguridad (→ capítulo 7.4), la radiación se filtra casi por completo.

| Acristalamiento | Transmisión UV ISO 9050 [%] |
|-------------------------------------|-----------------------------|
| Vidrio de 2 x 4 mm | 43 |
| Vidrio de 2 x 4 mm + PVB de 0,38 mm | 2,4 |
| Vidrio de 2 x 4 mm + PVB de 0,76 mm | 0,5 |
| Vidrio de 2 x 4 mm + PVB de 1,14 mm | 0,07 |
| Vidrio de 2 x 4 mm + PVB de 1,52 mm | 0,02 |

El vidrio laminado con entrecapa de PVB es capaz de bloquear la radiación UV





Alpine Shelter, Skuta, Eslovenia | SunGuard® SN 70/37
Arquitecto: OFIS architects | Foto: © Anže Cokl

| | | |
|-------|---|----|
| 4. | Aislamiento térmico | 36 |
| 4.1 | Economía | 36 |
| 4.2 | Ecología | 37 |
| 4.3 | Confort | 37 |
| 4.4 | Pérdida de calor | 38 |
| 4.5 | Emisividad | 40 |
| 4.6 | Valor U | 40 |
| 4.6.1 | Valor U_g | 41 |
| | Valor U_g para superficies de vidrio inclinadas | |
| 4.6.2 | Valor U_f | 41 |
| 4.6.3 | Factor Ψ | 42 |
| 4.6.4 | Valor U_w | 42 |
| 4.7 | Gama de productos de Guardian para el aislamiento térmico | 42 |



El ahorro energético sigue siendo un tema de actualidad en todo el mundo y el aislamiento térmico de las envolventes de los edificios es una parte importante de la arquitectura contemporánea. Aun así, los avances en la transparencia del vidrio, un logro arquitectónico alcanzado durante las tres últimas décadas, no deberían detenerse en favor del ahorro energético. El “aislamiento transparente” se desarrolló y diseñó específicamente para ofrecer no solo unas ventajas económicas y medioambientales únicas, sino también para garantizar la comodidad y practicidad para los ocupantes del edificio.

4.1 Economía

Los avances tecnológicos de los últimos 30 años han producido sistemas y equipos que pueden recubrir el vidrio con capas de alta tecnología neutra, finas como una cuchilla. Esto ha permitido que la emisividad “ε” del vidrio aislante térmicamente pueda alcanzar valores tan bajos como 0,02 e incluso más bajos, mientras que para el vidrio float no recubierto el valor de ε es de 0,89.

Sin embargo, desde una perspectiva económica, este desarrollo y su aplicación en edificios nuevos es solo el primer paso. El siguiente paso debería ser integrar esta nueva tecnología del vidrio en los millones de metros cuadrados de zonas acristaladas de ventanas y fachadas nuevas y existentes. Actualmente, este proceso es casi automático para los edificios nuevos. Pero los edificios existentes representan un reto mucho más importante, y hay mucho trabajo que hacer en términos de educación, explicación y persuasión para poder alcanzar los objetivos ecológicos, económicos y climáticos.

En una época en la que los costes energéticos están experimentando un aumento constante, este beneficio económico representa un argumento persuasivo. El mero hecho de realizar un cambio simple como el acristalamiento implica un período de amortización bastante corto y también ofrece a los ocupantes mejoras notables en cuanto a la comodidad y el confort (→ capítulo 4.3).

Con la fórmula siguiente puede calcular el ahorro energético potencial proporcionado al reemplazar el vidrio obsoleto por un acristalamiento aislante térmico:

$$E = \frac{(U_a - U_n) \cdot F \cdot G \cdot 1,19 \cdot 24}{H \cdot W} = \frac{I}{HP}$$

| | |
|-------|--|
| E | Ahorro |
| U_a | Valor U de su acristalamiento existente |
| U_n | Valor U de su futuro acristalamiento |
| F | (Área de acristalamiento en m ²) |
| G | Número del grado de calentamiento durante el día según VDI 4710 |
| 1,19 | Conversión de kilogramos a litros: 1 kg = 1,19 litros de aceite combustible |
| H | Valor térmico del combustible: aceite combustible ligero a unos 11,8 kWh/kg |
| W | Eficiencia del sistema de calefacción: radiador de aceite a 0,85 |
| I | Litros |
| HP | Temporada de calefacción |

Aislamiento térmico

4.2 Ecología

Cada litro de combustible o cada metro cúbico de gas natural que puede ahorrarse mediante el uso del acristalamiento avanzado reduce las emisiones de CO₂ y beneficia al medio ambiente. También pueden ahorrarse combustibles fósiles reduciendo su consumo y, además, casi todos los tipos de vidrio son cien por cien reciclables porque se elaboran a partir de materias primas naturales. Debido a sus ingredientes naturales y a sus propiedades superiores de equilibrio energético, no debe descartarse el vidrio como material viable en programas de certificación de edificios sostenibles y respetuosos con el medio ambiente mundialmente reconocidos.

El Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental (LEED, por sus siglas en inglés) es un sistema líder en este campo. Otros sistemas incluyen DGNB o BREEAM. Los edificios construidos de conformidad con estos sistemas utilizan recursos de una forma más eficiente que las técnicas convencionales, ya que tienen en cuenta cada fase del ciclo de vida de un edificio, desde el diseño y la construcción hasta la reforma y, finalmente, la demolición y el desecho del mismo.

4.3 Confort

Además de sus aspectos económicos y ecológicos, otro objetivo importante de la construcción con vidrio son las mejoras tangibles en los entornos habitacionales y laborales. El vidrio float de capa instalado en el vidrio aislante (→ capítulo 5.3) aumenta la temperatura de la superficie del lado de la habitación del acristalamiento, lo que minimiza los flujos de aire desagradables en las zonas acristaladas.

| Tipos de vidrio | Temperatura del aire exterior [°C] | | | |
|--|------------------------------------|-----|-----|-----|
| | 0 | -5 | -11 | -14 |
| Vidrio monolítico, $U_g = 5,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ | +6 | +2 | -2 | -4 |
| Vidrio aislante de doble acristalamiento, $U_g = 3,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ | +12 | +11 | +8 | +7 |
| Vidrio aislante de capa con doble acristalamiento, $U_g = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ | +17 | +16 | +15 | +15 |
| Vidrio aislante de dos capas con triple acristalamiento, $U_g = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ | +18 | +18 | +17 | +17 |

Temperatura de la superficie a 20 °C de temperatura ambiente

El vidrio aislante térmicamente de última generación aumenta esta temperatura casi a niveles de temperatura ambiente y mejora significativamente el nivel de confort de un hogar. El factor decisivo en la comodidad es la diferencia térmica entre el aire ambiente y las superficies de las paredes y ventanas contiguas. La mayoría de las personas creen que una habitación es especialmente cómoda cuando la diferencia térmica entre la pared (vidrio) y el aire ambiente no es superior a 5 °C y la diferencia entre la altura de los pies y de la cabeza no es superior a 3 °C.

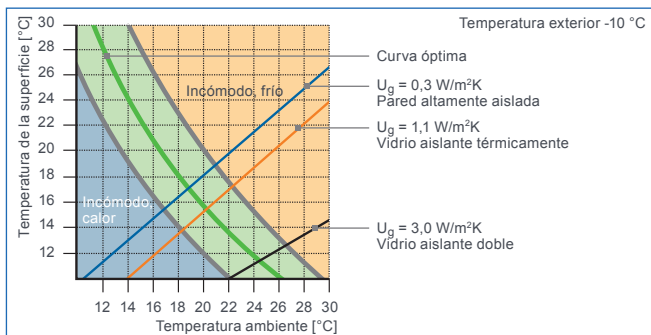
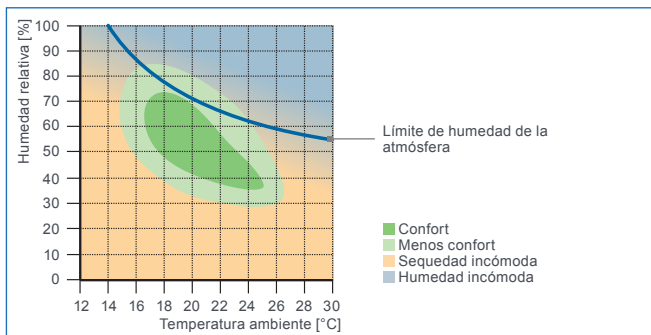


Gráfico de confort según Bedford y Liese

El diagrama anterior muestra el rango en el que el aire ambiente es más confortable. La humedad siempre debe considerarse como un factor dependiente de la temperatura ambiente. Cuando la temperatura ambiente es más fría, la humedad debe ser superior para que el espacio sea confortable. Cuando la temperatura ambiente es más alta, la humedad debe ser inferior.



Confort como función de la temperatura ambiente y la humedad

4.4 Pérdida de calor

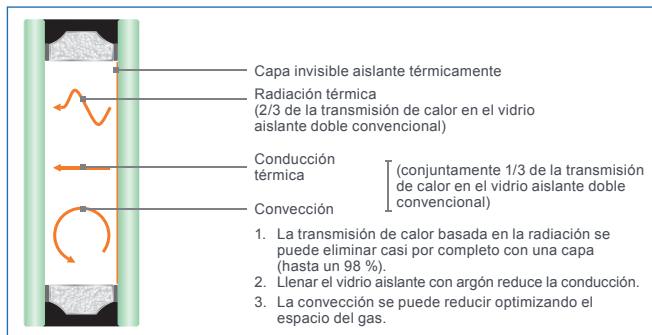
La pérdida de calor se ve influenciada por tres mecanismos: la radiación, la conducción y la convección.

La radiación térmica electromagnética de onda larga que emite cada objeto debido a su temperatura transfiere energía térmica sin transmitir la propia entidad o medio.

La conductividad térmica es el flujo de calor dentro de un medio causado por la diferencia térmica. En este caso, la energía siempre fluye en la dirección de la temperatura inferior.

La convección es un flujo de partículas de gas en la cámara debido a la diferencia térmica entre los vidrios interno y externo del vidrio aislante. Las partículas caen a la superficie más fría y vuelven a subir en el lado más cálido. Por consiguiente, el gas circula y crea un flujo térmico de cálido a frío.

El vidrio aislante formado por solo vidrios float sin capa y con la cámara llena de aire pierde unos dos tercios del calor que tendría la habitación debido a la pérdida de radiación entre los dos vidrios y un tercio debido a la conductividad térmica y la convección térmica del aire exterior.



Pérdida de calor en un vidrio aislante doble

En el caso de las unidades de vidrio aislante más antiguas sin capa, esto resulta en una diferencia térmica extrema entre el vidrio interno y el aire ambiente más cálido en las estaciones más frías del año, lo que conlleva una pérdida de calor significativa debida a la transferencia de calor del vidrio interno al vidrio externo. La mayoría de los vidrios aislantes actuales constan de un mínimo de un vidrio float equipado con una capa low-e. Estas capas pueden tener valores de emisividad inferiores a los 0,02 (2 %) y reflejar más del 98 % de la radiación térmica de onda larga incidente, por lo que la pérdida de radiación se elimina casi por completo. Esto representa una mejora de aproximadamente el 66 % en comparación con las unidades de vidrio aislante sin capa. La conductividad y la convección térmicas no se ven afectadas por las capas. Sin embargo, la conductividad térmica puede reducirse mediante el uso de un gas inerte como el argón. Los gases inertes tienen una conductividad térmica significativamente inferior al aire, con lo que reducen el flujo térmico a través del sistema de vidrio aislante. La convección se minimiza cuando el espacio del gas es uno determinado, que depende del gas de llenado. Por ejemplo, este espacio es de unos 16 mm en el caso del aire, de 15-18 mm para el argón y de 10-12 mm para el criptón.



4.5 Emisividad

Según el estándar EN 12898, la emisividad es la ratio de la energía emitida por una superficie específica a una temperatura determinada con respecto a la de un emisor perfecto (es decir, un cuerpo negro con una emisividad normal y corregida de 1,0) a la misma temperatura.

En la práctica, la emisividad corregida se usa para describir el intercambio de radiación entre las superficies de vidrio adyacentes de un acristalamiento múltiple y las superficies de vidrio que dan a una habitación.

La emisividad normal ε_n se determina midiendo la reflectancia espectral normal R_n con fotospectrómetros en 30 pasos dentro del rango de la radiación infrarroja (IR) de onda larga de $\lambda = 5$ y $50 \mu\text{m}$ según la ecuación siguiente:

$$R_n = \frac{1}{30} \sum_{i=1}^{i=30} R_n(\lambda_i)$$

La emisividad normal viene dada por:

$$\varepsilon_n = 1 - R_n$$

Para determinar la emisividad corregida ε del vidrio float y el vidrio float con capa, que se usa para calcular el valor U_g del acristalamiento, se multiplica la emisividad normal ε_n por un ratio dado en el estándar EN 12898. La emisividad corregida del vidrio float es de 0,837 (EN 673).

4.6 Valor U: coeficiente de transmisión de calor

Este valor caracteriza la pérdida de calor a través de un componente determinado. Indica cuánto calor pasa por 1 m^2 de un componente cuando hay una diferencia térmica de 1 K entre los dos lados contiguos; por ejemplo, entre una habitación y una pared exterior. Cuanto menor sea este factor, mejor será el aislamiento térmico.

El valor U se indica en vatios por metro cuadrado Kelvin $[\text{W}/(\text{m}^2\text{K})]$.

Según el estándar EN 673, el rango espectral de la radiación térmica en cuestión es el infrarrojo de onda larga de entre 5000 y $50\,000 \text{ nm}$ (5 a $50 \mu\text{m}$).

Cabe destacar que los factores U europeos son diferentes de los factores americanos. Esto debe tenerse en cuenta al realizar comparaciones internacionales.

Aislamiento térmico

4.6.1 Valor U_g

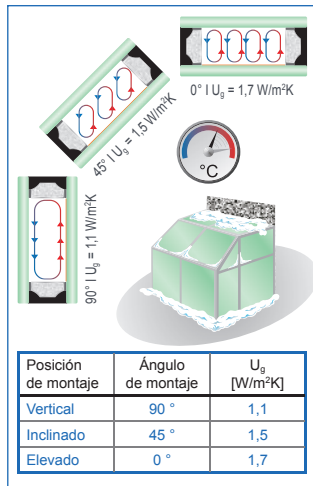
El valor U_g es el coeficiente de transmisión de calor para el acristalamiento. Según el estándar europeo EN 673, caracteriza la transferencia de calor a través de la parte central del acristalamiento, es decir, sin influencia del perímetro, y expresa la densidad de estado estacionario de la velocidad de transferencia de calor por diferencia de temperatura entre las temperaturas ambientales en cada lado.

Puede calcularse según EN 673 o determinarse por medición según EN 674 (método de la placa caliente guardada) en condiciones de contorno estandarizadas. Este valor se ve determinado por cuatro factores: la emisividad de la capa, que el fabricante del vidrio de capa determina y publica; la distancia del espacio de gas entre los vidrios; el gas de llenado y la velocidad de llenado cuando se usan gases inertes.

(Para averiguar el valor asignado para el uso en la vida real, deben tenerse en cuenta los estándares nacionales; DIN 41408-4 se aplica en Alemania).

4.6.1.1 Valor U_g para superficies de vidrio inclinadas

El valor U_g que se define y publica con más frecuencia se refiere al acristalamiento instalado verticalmente (90°). El acristalamiento instalado en ángulo cambia la convección de la cámara y deteriora el valor U_g . Cuanto menor sea el ángulo del acristalamiento, más rápida será la circulación en la cámara y más alta será la transmisión de calor del vidrio interno al externo. Esto puede empeorar el valor U_g en hasta $0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ para el vidrio aislante doble.



Efecto de la posición de montaje en el valor U_g del acristalamiento

4.6.2 Valor U_f

El valor U_f es el coeficiente de transmisión de calor del marco, cuyo valor nominal se puede determinar de tres maneras diferentes:

- Medición según EN ISO 12412-2.
- Cálculo según EN ISO 10077-2.
- Uso de la definición de EN ISO 10077-1, apéndice D.

El valor nominal, así como las adiciones debidas a las regulaciones nacionales, determinan el valor asignado para el uso en la vida real.



4.6.3 Factor Ψ

El factor Ψ (factor Psi) es el coeficiente de pérdida de puente térmico lineal de un componente. En cuanto a las ventanas, describe la interacción de las dimensiones del vidrio aislante, el espaciador y el material del marco y define los puentes térmicos del componente. El factor Ψ se puede ver influenciado por el material de la barra espaciadora. Las tecnologías denominadas de canto caliente que usan acero inoxidable, combinaciones de metal y plástico o sistemas termoplásticos pueden reducir el factor Ψ significativamente. El propio vidrio aislante no tiene factor Ψ ya que solo se aplica al elemento constructivo en el que se integra.

4.6.4 Valor U_w

El vidrio aislante normalmente se utiliza en ventanas. El valor U_w describe la conductividad térmica de la ventana del elemento constructivo. A partir del valor U_g , se puede determinar mediante tres métodos diferentes:

- Utilizando un valor determinado en EN ISO 10077-1, Tabla F1.
- Midiéndolo según EN ISO 12567-1.
- Calculándolo según EN ISO 10077-1 con la siguiente fórmula:

$$U_w = \frac{A_f \cdot U_f + A_g \cdot U_g + \sum(I_g \cdot \Psi)}{A_f + A_g}$$

| | |
|----------|---|
| U_w : | Transmisión térmica de la ventana |
| U_f : | Transmisión térmica del marco (valor de valoración) |
| U_g : | Transmisión térmica del acristalamiento (valor nominal) |
| A_f : | Superficie del marco |
| A_g : | Superficie del vidrio |
| I_g : | Periferia del acristalamiento |
| Ψ : | Transmisión térmica lineal del canto del vidrio |

La pérdida de calor en la zona del canto es más importante que la pérdida en el centro del acristalamiento, motivo por el que cada vez son más importantes los espaciadores mejorados térmicamente.

4.7 Gama de productos de Guardian para el aislamiento térmico

Guardian ofrece una amplia gama de capas aislantes térmicamente de última generación, que normalmente se aplican al vidrio float ExtraClear® y que permiten a nuestros clientes fabricar unidades de vidrio aislantes térmicamente.

Hay disponibles los siguientes productos aislantes térmicamente:

- **ClimaGuard® Premium2**

Es el producto de vidrio aislante térmicamente estándar actual de Guardian para acristalamiento doble y triple. Este vidrio aislante ofrece un aislamiento térmico excelente y una mejor eficiencia solar y lumínica. En una unidad de vidrio aislante doble estándar con argón, ClimaGuard Premium2 ofrece un valor U_g de $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$, y de hasta $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ en el acristalamiento triple, combinado con una alta transparencia para maximizar la luz solar natural y una ganancia de calor solar elevada para obtener energía solar pasiva. Con ClimaGuard Premium2 T, Guardian ofrece una versión templable y curvable.

- **ClimaGuard® 1.0+**

Con un valor U_g de $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ para un vidrio aislante doble llenado con argón, ClimaGuard 1.0+ ofrece el máximo físico en términos de aislamiento térmico, pero sin usar el costoso gas criptón como gas de relleno. Con ClimaGuard 1.0+ T, se ofrece una versión templable y curvable.

- **Guardian Sun®**

(donde sea apropiado según el clima)

Un producto optimizado para el cambio de las estaciones. Posee un aislamiento térmico excelente durante la época de frío y una protección solar excelente para los meses de verano. Guardian Sun T es la versión tratable térmicamente.

- **ClimaGuard® Neutral 70**

(donde sea apropiado según el clima y/o las normas de edificación)

Este resistente producto tiene unos requisitos bajos de procesamiento y se desarrolló principalmente para regiones en las que no solo es importante la facilidad de manipulación, sino donde la protección solar y del calor son vitales. ClimaGuard Neutral 70 es templable y curvable.

- **ClimaGuard® Dry**

ClimaGuard Dry es una capa diseñada especialmente para la cara n.º 1 (externa) que minimiza permanentemente la condensación (capa antivaho) de la superficie externa del acristalamiento (→ capítulo 2.4.3), o en el interior del vidrio exterior monolítico de los sistemas ventilados (→ capítulo 8.1.1.3.4). Los valores espectrofotométricos casi no se ven afectados.

La capa debe templarse para activarse.

Consulte el capítulo 10 para obtener más detalles sobre todos los productos y sus valores pertinentes.



Novartis Gehry Building, Basilea, Suiza | SunGuard® HP Neutral 60/40
Arquitecto: Gehry Partners LLP | Foto: © Hans Ege

| | | |
|------|---|----|
| 5. | Solar control | 46 |
| 5.1 | Economía | 46 |
| 5.2 | Ecología | 46 |
| 5.3 | Confort | 46 |
| 5.4 | Flujo de energía solar a través del vidrio | 47 |
| 5.5 | Factor solar (valor g) | 48 |
| 5.6 | Coeficiente de sombra (factor b) | 48 |
| 5.7 | Selectividad espectral | 48 |
| 5.8 | Control de ganancia de calor en verano | 49 |
| 5.9 | Protección solar usando vidrio | 51 |
| 5.10 | Vidrio de control solar como componente de diseño | 52 |
| 5.11 | Vidrio de control solar SunGuard® | 52 |



La arquitectura moderna actual se caracteriza por la amplitud y la transparencia. Elementos de vidrio cada vez más grandes, utilizados en la envolvente exterior de los edificios, consiguen fusionar el exterior con el interior. Este fenómeno se observa en todo el mundo en edificios de oficinas y administrativos construidos en las últimas dos décadas, pero también en las viviendas privadas con atrios, frentes y jardines de invierno acristalados con vidrios cada vez más grandes. Este estilo de construcción solo ha sido posible con el desarrollo de los vidrios de protección solar. Estos tipos de vidrio reducen el efecto invernadero que se produce principalmente en los meses de verano debido a que las habitaciones se calientan hasta tal punto que no resulta agradable permanecer en ellas.

5.1 Economía

Las grandes superficies de las ventanas y fachadas permiten que mucha luz penetre en el interior del edificio, con lo que se evita el uso excesivo de iluminación artificial. A pesar de esta penetración de luz, una ventaja decisiva del uso del vidrio de protección solar es el gran número de opciones disponibles actualmente para minimizar la cantidad de energía térmica que penetra en un edificio, con lo que se limitan los importantes costes asociados con los aires acondicionados, ya que enfriar el interior de un edificio cuesta mucho más que calentarlo.

5.2 Ecología

Siempre que se ahorra energía, ya sea reduciendo la cantidad de potencia de refrigeración usada o la iluminación artificial, el medio ambiente también se ve beneficiado. En este contexto, es lógico que estos tipos de productos de vidrio de protección solar ayuden a certificar edificios según, por ejemplo los sistemas LEED, BREEAM, DGNB, u otros sistemas de certificación para la construcción sostenible mundialmente aprobados (→ capítulo 4.2).

5.3 Confort

Tanto los interiores muy fríos como las habitaciones sobrecalentadas son entornos incómodos en los que estar. Cuando las habitaciones se sobrecalientan, puede deberse a la entrada de demasiada energía solar (→ capítulo 4.3). El suelo, las paredes y los muebles absorben energía solar y la reflejan como radiación térmica de onda larga. Por este motivo, hay que esforzarse para mantener esta energía fuera de las habitaciones interiores con el fin de lograr un ambiente interior agradable, sin aire acondicionado. Anteriormente, esto se lograba construyendo edificios con componentes opacos que solo contaban con pequeñas aperturas en las paredes.

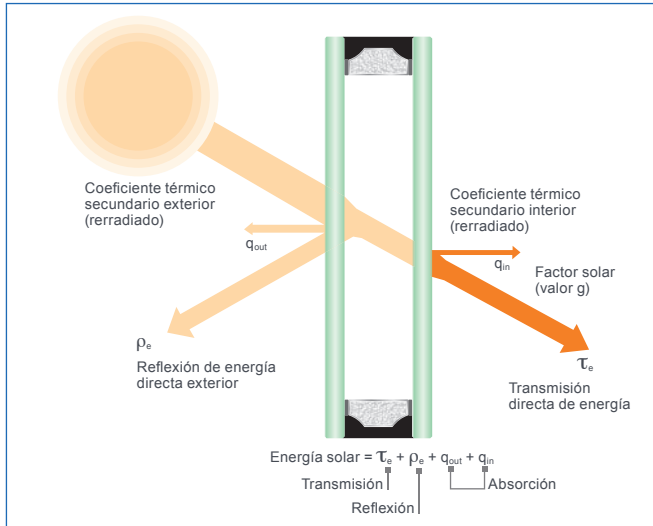
Control solar

La arquitectura actual, que se esfuerza por crear entornos habitacionales y laborales más próximos a la naturaleza con una sensación de amplitud y apertura, ha cambiado de este modo constructivo opaco hacia la transparencia. Por ello, es esencial comprender los parámetros importantes implicados en la protección solar mediante el vidrio para crear un interior funcional y confortable y, a la vez, cumplir otros requisitos como las especificaciones físicas de los edificios y lograr la eficiencia energética.

5.4 Flujo de energía solar a través del vidrio

Cuando la radiación solar incide en una ventana, se produce una interacción: una parte de la radiación se refleja de nuevo hacia el entorno, otra parte pasa sin obstáculos y el resto se absorbe. La suma de estas tres partes siempre es el 100 %.

$$\text{transmisión} + \text{reflexión} + \text{absorción} = 100 \%$$



Prestación solar del vidrio



5.5 Factor solar (valor g)

El grado de transmisión total de energía (factor solar o valor g) define la permeabilidad del vidrio aislante a la radiación solar. El vidrio de protección solar minimiza el valor g mediante la selección adecuada del vidrio y las capas. El valor g del vidrio aislante térmicamente y transparente es preferiblemente alto para utilizar las ganancias de energía solar pasiva y así reducir los costes de calefacción durante las estaciones frías.

El factor solar (g) se calcula sumando la transmisión de energía solar directa (radiación de onda corta) τ_e y la radiación de onda larga rerradiada hacia el interior (causada por la absorción de energía solar) q_{in} según EN 410 (2011).

$$g = \tau_e + q_{in}$$

5.6 Coeficiente de sombra (factor b)

Este valor no dimensional, también conocido como factor b, ayuda a calcular la carga de refrigeración de un edificio. Describe la ratio entre el valor g de un acristalamiento concreto y el del vidrio float de 3 mm con un valor g del 87 %.

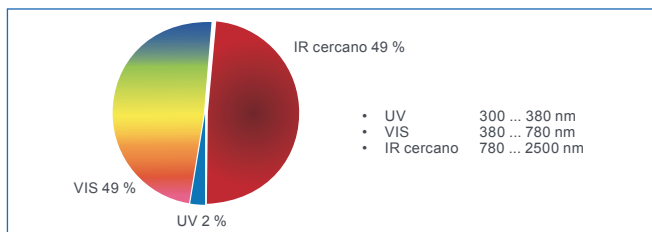
Según EN 410 (2011):

$$b = \frac{g_{EN\ 410}}{0,87}$$

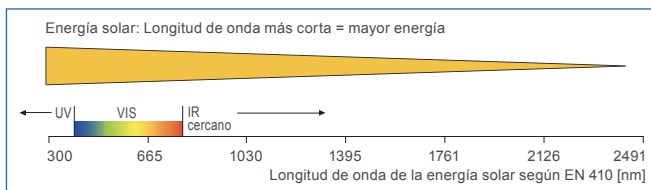
5.7 Selectividad espectral

El vidrio de control solar minimiza la ganancia de energía solar y, a la vez, maximiza la cantidad de luz que penetra en el edificio. El parámetro de selectividad "S" representa la ratio entre la transmisión de luz y el factor solar (valor g) de un acristalamiento. Cuanto mayor es este valor, más eficiente es el acristalamiento.

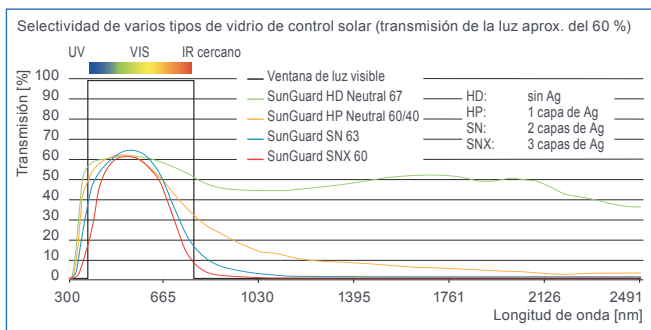
$$S = \frac{\text{transmisión de luz } \tau_v}{\text{valor g}}$$



Dado que la luz visible (VIS) forma parte de la energía solar y representa casi el 50 % de la energía de onda corta, la proporción entre la alta transmisión de luz visible por un lado y la baja transmisión de energía solar por el otro es limitada.



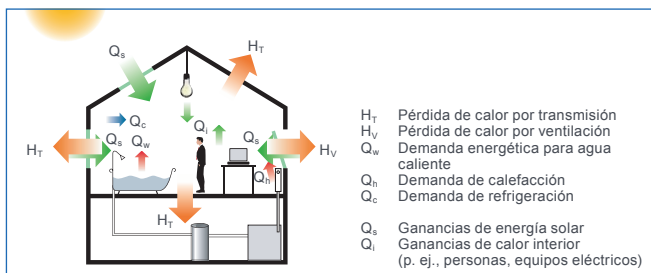
La última generación de vidrio de control solar de Guardian, SunGuard SNX, ya supera una ratio de 2:1, que durante mucho tiempo se ha considerado el máximo valor posible.



5.8 Control de ganancia de calor en verano

El vidrio aislante moderno permite que la radiación solar de onda corta pase a través sin obstáculos, y al mismo tiempo que la mayor parte de la radiación térmica de onda larga interior se refleje de nuevo hacia dentro. Esto resulta en una ganancia de calor solar en las estaciones frías. Sin embargo, en verano esta radiación solar puede conllevar un sobrecalentamiento.

Además de otras fuentes de energía (véase la figura siguiente), la posición y el tamaño del acristalamiento son críticas. Por lo general, las ventanas o fachadas con grandes zonas acristaladas orientadas al este, al oeste y, sobre todo, al sur deben equiparse con un acristalamiento de protección solar adecuado.



Pérdidas de calor y ganancias de energía

Deben cumplirse requisitos especiales para prevenir el sobrecalentamiento que puede producirse por las grandes superficies de vidrio, empezando por el factor de entrada solar S.

Por lo general, se aplica la siguiente regla de acuerdo con DIN 4108:

$$S_{\text{existentes}} \leq S_{\text{admisible}}$$

El factor de entrada solar admisible resulta de los factores de entrada proporcionales.

$$S_{\text{admisible}} = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 + S_6$$

Los factores de entrada proporcionales dependen de:

- S_1 : Utilización del edificio (residencial/comercial, zona climatizada, tipo de construcción, refrigeración nocturna); véase la tabla 8 de DIN 4108-2.
- S_2 : Porcentaje de la superficie de ventana.
- S_3 : Vidrio de control solar.
- S_4 : Inclinación del acristalamiento.
- S_5 : Orientación del acristalamiento.
- S_6 : Refrigeración pasiva del edificio.

El factor de entrada solar existente resulta de la siguiente ecuación:

$$S_{\text{existente}} = \frac{\sum_j A_{w,j} \cdot g_{\text{tot},j}}{A_G}$$

| | |
|----------------------|--|
| $A_{w,j}$: | Superficie acristalada en m ² |
| A_G : | Superficie de suelo de la habitación en m ² |
| $g_{\text{tot},j}$: | Factor solar (total) incluyendo el sombreado mecánico |
| | - EN ISO 52022-1 |
| | - EN ISO 52022-2 |
| | - Based on EN 410 |
| | - Especificación del fabricante |

La determinación de g_{tot} se lleva a cabo mediante la ecuación siguiente:

$$g_{\text{tot}} = g \cdot F_c$$

g: Factor solar del acristalamiento
F_c: Factor de reducción para dispositivos de sombreado

La reducción generalizada del factor F_c para los sistemas de sombra fijos instalados se puede obtener de la tabla 7 de DIN 4108-2.

Existe un método detallado para determinar g_{tot} disponible según EN ISO 52022-2. Este método tiene en cuenta las propiedades físicas concretas y las interacciones de una sombra y un acristalamiento definidos. Los cálculos deben realizarse mediante herramientas de software especiales.

El Servicio Técnico de Guardian puede ofrecer asistencia con los cálculos relacionados.

5.9 Protección solar usando vidrio

La primera producción de vidrio de protección solar se basaba en componentes de vidrio coloreado. En comparación con el vidrio transparente, el vidrio coloreado aumenta la absorción de radiación solar, pero también tiene un efecto importante sobre la luz visible transmitida. Como vidrio monolítico, reduce la transferencia de energía aproximadamente al 60 % y, en una unidad de vidrio aislante combinada con un vidrio float transparente normal, reduce la transmisión de energía solar aproximadamente al 50 % cuando el espesor del vidrio coloreado es de 6 mm. Cuanto más grueso es el vidrio, mayor es la absorción de energía y menor la transmisión. El vidrio coloreado que se utiliza con más frecuencia es el verde, el gris y el bronce.

Debido a su coloración inherente, pueden cambiar significativamente la forma en que se perciben los colores del interior. Los avances en la tecnología de capas de vidrio han desarrollado una gama mucho más amplia de colores que también son más neutros en cuanto al efecto que tienen sobre los colores del interior.

El acristalamiento de protección solar actual se basa en el vidrio de capa y no en el vidrio coloreado, y se produce mediante el proceso de magnetron spluttering (→ capítulo 1.3.2). Se puede usar una amplia gama de capas disponibles para satisfacer los requisitos de cada aplicación concreta. Guardian se centra en esta tecnología de capas y desarrolla nuevos vidrios para una gran variedad de requisitos de proyecto.

Además de la protección solar real, que se perfecciona constantemente, se invierten muchos esfuerzos de investigación y desarrollo en optimizar el tiempo de almacenamiento, el procesado y la resistencia a los ataques mecánicos. Otro requisito típico con respecto a las capas es proporcionar versiones que puedan laminarse, templarse y curvarse. Solo proporcionando estas opciones y parámetros se puede abordar correctamente el amplio espectro de requisitos de la arquitectura moderna.



Las capas de protección solar se utilizan normalmente en el vidrio externo y se orientan hacia la cámara de aire (cara 2 del vidrio aislante). De forma habitual se usa un vidrio externo de 6 mm de espesor. Un vidrio interior más fino reduce la distorsión óptica causada por los cambios de presión climática (→ capítulo 2.7). Si la cámara de aire tiene un ancho superior a 16 mm debido a elementos internos (barrotillos) o por motivos de aislamiento acústico, este efecto debe tenerse en cuenta durante el diseño. Los requisitos estáticos a menudo exigen el uso de un vidrio más grueso.

5.10 Vidrio de control solar como elemento de diseño

La tendencia actual avanza hacia fachadas orientadas al diseño, que requieren nuevos diseños del vidrio de control solar.

Se puede fabricar vidrio con baja reflexión exterior, según la capa que se utilice. Se pueden construir fachadas de vidrio para neutralizar las fronteras visibles entre el interior y el exterior y, a la vez, mantener la eficiencia energética. Por otro lado, existen capas reflectantes o con reflexión de efecto cromático que permiten cierta libertad arquitectónica, como la realización de conceptos de diseño poco convencionales. Otros elementos acristalados con aspecto estético similar de color, por ejemplo, amplían el rango del vidrio de control solar (→ capítulo 8.2.2).

Estos creativos diseños con vidrio están generalmente relacionados con un proyecto arquitectónico y son viables si se tienen en cuenta todas las reglas de la construcción adecuadas. Existen tecnologías de impresión digital o serigráfica, combinables también con vidrio laminado de seguridad. Consulte el capítulo 8.3 para obtener más información.

5.11 Vidrio de control solar SunGuard

Independientemente de los requisitos arquitectónicos o de los requisitos físicos del edificio, la amplia gama de vidrios SunGuard® puede ofrecer una solución transparente óptima.

- **SunGuard® eXtra Selective (SNX)**

SunGuard® ofrece una simbiosis excelente de transparencia, aislamiento térmico y protección solar. La atención se centra en una selectividad (ratio entre luz y transmisión de energía solar) extremadamente alta. El término “SNX” se refiere a la última generación de capas de control solar con una selectividad superior a 2. Todos los valores técnicos se aproximan a la viabilidad física.

Con “SNX-HT” también se ofrecen versiones curvables y tratables térmicamente.

- **SunGuard® SuperNeutral® (SN)**

Además de la alta selectividad, la característica más importante de esta línea de productos, basada en vidrio float ExtraClear® es su aspecto neutro combinado con una reflexión mínima. En el vidrio aislante doble, se alcanzan factores U_g tan bajos como $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ con diferentes valores de transmisión de la luz.

Todos los tipos SunGuard® SuperNeutral® están disponibles como "SN-HT", una versión curvable y tratable térmicamente.

- **SunGuard® High Durable (HD)**

SunGuard® HP es una línea de productos de capas multifuncionales selectivos con una amplia variedad de colores y grados de reflexión. Todos estos vidrios se pueden templar, curvar e imprimir mediante un proceso cerámico.

Debido a la resistencia de las capas, muchas variantes de SunGuard® HP son compatibles con una gran variedad de sellantes para las aplicaciones estándar del vidrio aislante. En una unidad de vidrio aislante doble, los factores U_g se encuentran entre $1,5$ y $1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ sin ningún vidrio de aislamiento térmico adicional interior, los valores τ_L se encuentran entre el 60 y el 30 % y los valores de factor solar entre el 50-20 % aproximadamente, en función de la intensidad del color y el grado de reflexión.

- **SunGuard® High Durable (HD)**

SunGuard® HD es la serie de capas de control solar y ofrece la flexibilidad más elevada de uso y de procesado. Todo el espectro de procesos imaginables, como el laminado, el templado o el curvado, se pueden realizar mediante el vidrio SunGuard® HD. Resiste casi todos los sellantes y materiales de acristalamiento. En vidrio aislante doble y con un vidrio interior ClimaGuard® Premium2, la serie SunGuard® HD ofrece un valor U_g de $1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ con valores τ_L de alrededor del 10-64 % y valores de factor solar desde < 10 hasta aproximadamente el 50 %.

La elevada resistencia permite que la gama SunGuard® HD se use en aplicaciones monolíticas (estando la capa orientada al lado interior del edificio).

- **SunGuard® Solar**

Con SunGuard® Solar, Guardian ofrece un vidrio de protección solar pura con un abanico de colores especiales. Estas capas se pueden templar, curvar o imprimir con pintura cerámica.

Consulte el capítulo 10 para obtener más detalles sobre todos los productos y sus valores pertinentes.



InterContinental Ljubljana, Ljubljana, Eslovenia | SunGuard® SN 70/35
Arquitecto: OFIS architects | Foto: © OFIS Arhitekti d.o.o

| | | |
|-----------|--|----|
| 6. | Control acústico | 56 |
| 6.1 | Aspectos humanos | 56 |
| 6.2 | Características de las ondas de sonido | 56 |
| 6.2.1 | Límites | 56 |
| 6.2.2 | Percepción del sonido: clasificación del sonido | 57 |
| 6.3 | Clasificaciones acústicas en edificios | 58 |
| 6.3.1 | Índice global de reducción acústica | 58 |
| 6.3.2 | Factores de corrección | 59 |
| 6.4 | Rendimiento acústico del acristalamiento | 60 |
| 6.4.1 | Peso de los paneles de vidrio | 61 |
| 6.4.2 | Configuración del vidrio aislante | 61 |
| 6.4.3 | Llenado de gas | 62 |
| 6.4.4 | Rigidez del acristalamiento (desacople de los elementos individuales del vidrio) | 62 |
| 6.5 | Vidrio de control acústico de Guardian | 65 |



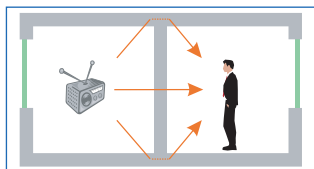
6.1 Aspectos humanos

En las últimas décadas, nuestro entorno se ha vuelto mucho más ruidoso debido a la movilidad y la industrialización. Desde entonces, este desarrollo se ha convertido en un problema grave para muchas personas.

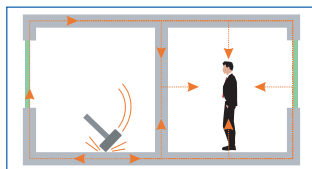
En 2011, la OMS (Organización Mundial de la Salud) publicó un estudio con el título “Carga de enfermedad del ruido ambiental” con datos basados en varias investigaciones a gran escala y a largo plazo (período de 10 años) sobre el ruido ambiental en Europa Occidental. El estudio aporta pruebas de la relación entre los problemas de salud y el ruido. Estos problemas pueden incluir enfermedades cardiovasculares, discapacidad cognitiva, alteraciones del sueño, zumbidos, irritación...

6.2 Características de las ondas de sonido

El ruido es una mezcla de diferentes ondas de sonido que se producen en materiales sólidos, líquidos o gaseosos (aire). En función de la manera como se transmiten, estas ondas se conocen como ruido aéreo o ruido propagado por estructuras sólidas.



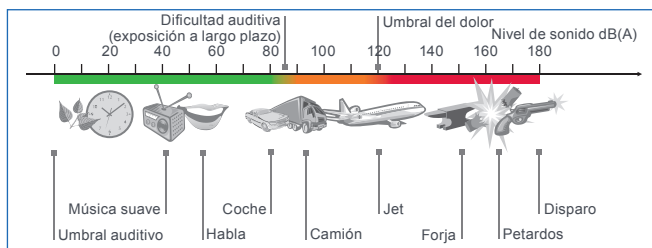
Ruido aéreo



Ruido propagado por estructuras sólidas

6.2.1 Límites

El sonido normalmente se transporta a través del aire y de objetos sólidos. La intensidad de las fluctuaciones de presión se denomina presión acústica y se mide en decibelios (dB), y puede variar significativamente desde el tictac de un reloj hasta la explosión de un disparo.

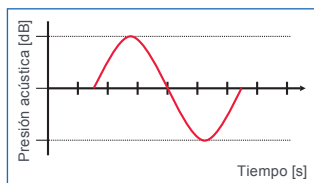


Escala de decibelios

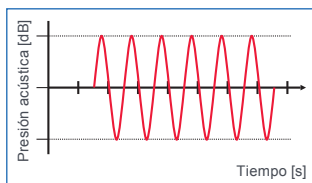
| Fuente de sonido | Distancia [m] | Nivel de sonido dB(A) |
|--------------------|---------------|-----------------------|
| Hoja crujendo | 1 | 10 |
| Tictac de un reloj | 1 | 20 |
| Música suave | 1 | 40 |
| Habla normal | 1 | 50 - 60 |
| Coche | 7 | 80 |
| Camión pesado | 7 | 90 |
| Martillo neumático | 7 | 90 - 100 |
| Sirena de policía | 10 | 110 |
| Jet | 20 | 120 - 130 |
| Forja | 5 | 150 |
| Petardos | 0 | 170 |
| Disparo | 0 | 180 |

Fuente de ruido y nivel de sonido

La frecuencia es el número de ondas o vibraciones por segundo y se mide en hercios (Hz). El sonido o ruido se compone de muchas ondas de frecuencias diferentes. Los tonos graves representan las frecuencias bajas, mientras que los agudos representan las frecuencias altas.



Tonos bajos (graves)



Tonos altos (agudos)

6.2.2 Percepción del sonido: clasificación del sonido

La mezcla de estas frecuencias en un sonido se puede representar como un espectro de frecuencias. El espectro de frecuencias de sonidos que el oído humano puede percibir se encuentra entre los 20 y los 20 000 Hz. Solo el rango más alto, que se sitúa en torno a los 4 kHz y luego se disipa rápidamente en ambas direcciones, es relevante para la protección frente al ruido propagado por estructuras sólidas. Por este motivo, las clasificaciones del aislamiento acústico tienen en cuenta principalmente el rango entre 100 y 5000 Hz. Además, dado que el oído humano percibe las frecuencias altas con más sensibilidad que las frecuencias bajas, se tiene especialmente en cuenta esta sensación auditiva, una capacidad que se expresa en términos de dB(A), donde "A" significa "ajustado" a este respecto. La definición de la atenuación acústica no sigue un patrón lineal, sino que es una función logarítmica. Por ejemplo, dos fuentes de sonido de 80 dB cada una no sumarán 160 dB, sino solo 83 dB. Por tanto, el oído humano percibe una diferencia de ± 10 dB como una duplicación o una reducción a la mitad del volumen.



Por lo general, se aplican las siguientes clasificaciones según una correlación logarítmica:

| Aislamiento | Reducción del ruido [%] |
|-------------|-------------------------|
| 10 dB | 50 |
| 20 dB | 75 |
| 30 dB | 87,5 |
| 40 dB | 93,75 |

$$R_w = 10 \log P_1 / P_2$$

P_1 : Sonido entrante
 P_2 : Sonido saliente

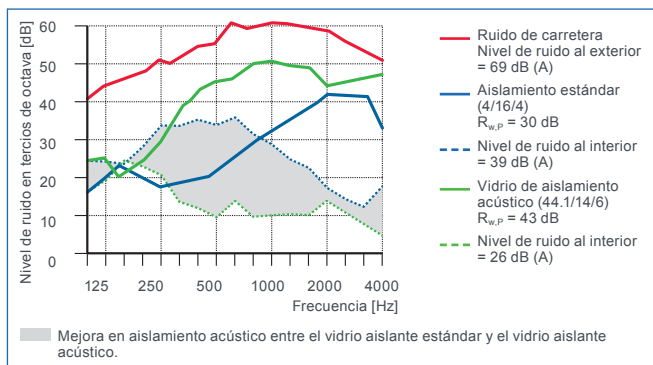
Dado que un gran porcentaje del vidrio de aislamiento acústico instalado actualmente proporciona un aislamiento de unos 40 dB, este tipo de vidrio solo permite que aproximadamente un 6 % del ruido externo penetre en el interior de un edificio.

6.3 Clasificaciones acústicas en edificios

Un componente de un edificio (p. ej. el vidrio) con un índice de capacidad de insonorización de 40 dB reducirá un nivel de 70 dB de ruido exterior a 30 dB en el interior del edificio, una reducción destacable que es aproximadamente un 5 % del nivel del ruido exterior. Al trabajar con edificios, no es posible tener en cuenta el edificio individual en términos de nivel de ruido. Debe tenerse en cuenta toda la periferia del edificio para calcular la cantidad total de dB que se puede reducir.

6.3.1 Índice global de reducción acústica (R_w)

El ruido para objetos sólidos se define según EN 20140, EN ISO 717 y EN ISO 140 y se expresa como R_w en dB. Esto se lleva a cabo realizando mediciones y comparaciones con una curva de referencia. R_w representa un aislamiento acústico sobre las frecuencias relevantes.



Comparación del aislamiento acústico entre vidrio aislante estándar y vidrio aislante acústico

Aquí, la curva de referencia se desplaza verticalmente, hasta que la desviación no supere los 2 dB. El exceso no se tiene en cuenta. El valor de las ordenadas de la curva de referencia desplazada en la frecuencia de 500 Hz determina entonces el valor de aislamiento acústico promedio R_w . Además, particularmente en Alemania, debe tenerse en cuenta la norma DIN 4109.

Esta define la nomenclatura siguiente:

R_w = Índice de reducción acústica en dB sin transferencia de ruido a través de los componentes adyacentes (solo el valor neto del vidrio, por ejemplo)

R'_w = Índice de atenuación acústica ponderado en dB con transmisión de sonido a través de los componentes estructurales adyacentes (por ejemplo, las ventanas)

$R'_{w, res}$ = Índice de atenuación acústica resultante en dB de todo el componente estructural (es decir, toda la pared, incluidas las ventanas formadas por marcos con vidrio y conexiones estructurales)

$R_{w,P}$ = Índice de atenuación acústica ponderado en dB, determinado en laboratorio de ensayos

$R_{w,R}$ = Índice de atenuación acústica ponderado en dB, valor calculado

$R_{w,B}$ = Índice de atenuación acústica ponderado en dB, valores medidos in situ

6.3.2 Factores de corrección (C , C_{tr})

Esta correlación se puede utilizar para comparar y calcular componentes acústicos individuales a fin de llegar al nivel de sonido total. No obstante, en las aplicaciones reales se ha demostrado que, dependiendo de la fuente del ruido en estos índices promedio R_w , deben tenerse en cuenta factores de corrección, que también se definen en la norma EN 717-1.



| Fuente del ruido | Valor de adaptación del espectro |
|--|----------------------------------|
| Niveles de ruido de frecuencia normal, como hablar o escuchar música, radio y TV | C |
| Niños jugando | |
| Trenes moviéndose a velocidad media y alta* | |
| Tráfico de una autopista desplazándose a más de 80 km/h* | |
| Aviones con propulsión de jet desde una distancia corta | |
| Plantas de producción, que emiten predominantemente ruido de frecuencia media a alta | Espectro 1 |
| Ruido de las calles de un centro urbano | C _{tr} |
| Sonido de tren desplazándose a una velocidad baja | |
| Aviones de propulsión | |
| Aviones que usan propulsión de jet desde una distancia grande | |
| Música disco | |
| Empresas manufactureras con emisión de ruido de frecuencia predominantemente baja | Espectro 2 |

Valor de adaptación del espectro

* En varios países de la UE, hay métodos informáticos para establecer los niveles de sonido en bandas de octava para el ruido del tráfico rodado y ferroviario. Se pueden utilizar para la comparación con los espectros de 1 y 2.

Estos factores de corrección, es decir, los valores de adaptación del espectro C y C_{tr}, reducen el índice de atenuación acústica R_w del componente si las fuentes causantes del ruido son conformes a la lista definida en la norma EN.

Esto significa para un acristalamiento típico de R_w (C, C_{tr}) = 42 (-1; -5)

$$R_w = 42 \text{ dB}$$

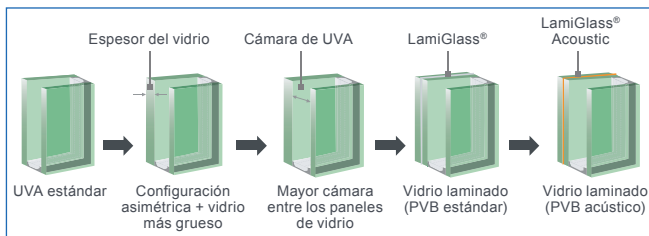
$$R_w + C = 42 - 1 = 41 \text{ dB}$$

$$R_w + C_{tr} = 42 - 5 = 37 \text{ dB}$$

Las correcciones se basan en los espectros de sonido ponderados A (→ capítulo 6.2.2).

6.4 Rendimiento acústico del acristalamiento

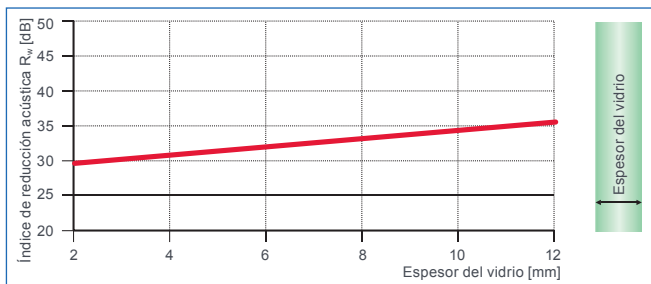
El rendimiento acústico del acristalamiento se ve influenciado por muchos parámetros.



Optimización del aislamiento acústico

6.4.1 Peso de los paneles de vidrio

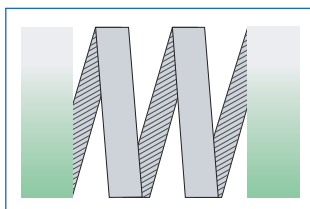
Por norma general cuanto más grueso es el panel por unidad de superficie, mayor es la reducción del ruido. Por tanto, la eficiencia aislante aumenta a medida que aumenta el espesor del vidrio.



El rendimiento del aislamiento es una función del espesor del vidrio

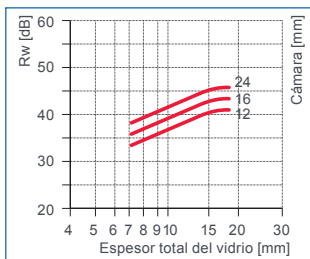
6.4.2 Configuración del vidrio aislante

Las unidades de acristalamiento doble o triple se comportan como un sistema masa-muelle-masa. Ambos paneles externos (masas) se separan el uno del otro mediante el aire o gas que llena la cámara interior. El sonido se transmite casi en su totalidad por resonancia del panel 1 al panel 2 si ambos tienen el mismo espesor. Por tanto, la mejora que se obtiene de pasar de un único vidrio a un vidrio aislante formado por paneles de vidrio del mismo espesor es mínima.



Vidrio aislante como sistema masa-muelle-masa (vidrio - espacio de gas - vidrio)

La cámara de aire modifica las vibraciones del panel externo antes de que lleguen al segundo panel interno, y por regla general cuanto mayor es la cámara, más eficaz es la reducción del sonido. Pero esto es posible solo hasta cierto punto, ya que una cámara grande reduce el aislamiento térmico (→ capítulo 4.4) y aumenta la carga climática.



Influencia de la cámara del vidrio aislante en R_w



A fin de optimizar el rendimiento acústico del acristalamiento, la composición del vidrio aislante debe ser lo más asimétrica posible. Esto minimiza los efectos de resonancia debido a las diferencias de espesor de los componentes de vidrio.



Construcciones de vidrio aislante

6.4.3 Llenado de gas

En el pasado, el gas de llenado también se consideraba un método para mejorar el rendimiento acústico de las unidades de vidrio aislante. Se utilizaban mezclas especiales de gases pesados con SF_6 cuando los requisitos de reducción acústica eran elevados. Sin embargo, se reconoció que estos gases eran perjudiciales para el medio ambiente y, desde el año 2007 se prohíbe su uso en ventanas en la UE.

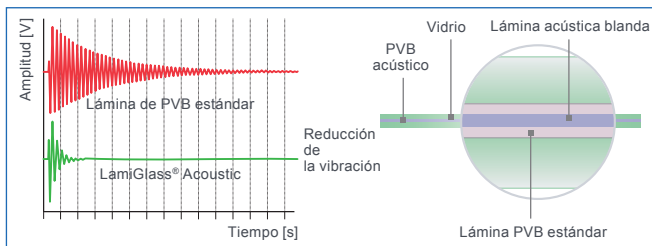
Según la norma EN 12758, los datos experimentales de rendimiento acústico de configuraciones con argón o aire se pueden utilizar indistintamente para ambas configuraciones de vidrio. Desde 2018, la versión preliminar de este estándar también tiene en cuenta el criptón como gas de llenado.

Hay que tener en cuenta las diferencias en cuanto al aislamiento térmico de los gases de llenado mencionados.

6.4.4 Rigidez del acristalamiento (desacople de los elementos individuales del vidrio)

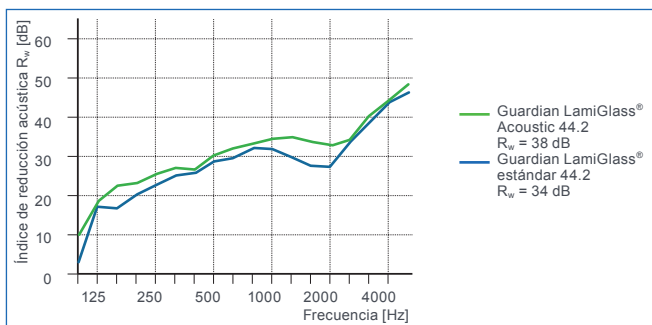
El efecto de reducción acústica del vidrio más grueso y pesado se puede optimizar todavía más mediante el uso de vidrio laminado con una lámina flexible (PVB) que conecta dos hojas de vidrio individuales. Con esta solución, el espesor y el peso por área de unidad no varían. El panel en su conjunto, sin embargo, se vuelve más “blando”, por lo que aumenta su aislamiento acústico al desacoplar y amortiguar las vibraciones de los paneles de vidrio generadas por las ondas de sonido.

Existen láminas especiales de PVB acústico para mejorar aún más las capacidades de aislamiento acústico del vidrio. Éstas consisten en una configuración multicapa en la que se usa PVB estándar con un núcleo acústico más blando.



Desacoplamiento de los paneles individuales

Esta composición permite mantener las prestaciones de seguridad y protección y, a la vez, mejorar notablemente el aislamiento acústico.



Comparación entre Guardian LamiGlass® estándar y Guardian LamiGlass® Acoustic

El rendimiento acústico del vidrio laminado (particularmente con láminas acústicas) depende en gran medida de las temperaturas ambientales. La lámina de PVB se vuelve muy rígida a bajas temperaturas y más blanda a temperaturas más altas. Cuanto más rígido sea el PVB, peor será su comportamiento de amortiguación y desacoplamiento del sonido. Las mediciones de laboratorio de R_w según el estándar EN 10140-2 requieren una temperatura de muestra de $20\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$. Las mediciones in situ en el edificio según EN 140-5 (R'_w) no están reguladas en términos de temperatura y dimensiones del vidrio. Obviamente, esto puede ocasionar diferencias importantes en los resultados, en comparación con los valores de rendimiento acústico certificados basados en las mediciones de laboratorio estandarizadas.

$T < T_{\text{estándar}} \rightarrow$ peor aislamiento acústico

$T > T_{\text{estándar}} \rightarrow$ mejor aislamiento acústico



Elbphilharmonie Hamburg, Hamburgo, Alemania
SunGuard® HD Light Blue 52 | Vidrio aislante laminado, con impresión cerámica,
curvado por gravedad tridimensional
Arquitecto: Herzog & De Meuron, Basel | Foto: © Cordelia Ewerth

| Dimensiones [mm] | 44 dB | | | 50 dB | | |
|------------------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|
| | 5 °C | 20 °C* | 40 °C | 5 °C | 20 °C* | 40 °C |
| 1230 x 1480* | 42 | 44 | 46 | 44 | 50 | 52 |
| 640 x 1600 | 39 | 44 | 45 | 42 | 47 | 51 |
| 1620 x 1620 | 40 | 41 | 43 | 43 | 45 | 49 |

Influencia de la temperatura y las dimensiones en el rendimiento acústico del vidrio laminado de atenuación acústica

* Temperatura estándar y dimensiones estándar

Data: gbd, A-6850 Dornbirn

6.5 Vidrio de control acústico de Guardian

Guardian ha certificado el rendimiento acústico de una variedad de configuraciones de vidrio simple y vidrio aislante formadas por vidrio float Guardian, LamiGlass o LamiGlass Acoustic (→ capítulo 10.5).

Además, Guardian ofrece el software de estimación acústica “Acoustic Assistant”, que permite estimar el rendimiento acústico del acristalamiento a partir de los datos certificados existentes y una modelización específica. El software está disponible en la web <https://glassanalytics.guardian.com>.



SAP Frankfurt, Frankfurt, Alemania | SunGuard® HD Diamond 66 | Fachada de doble piel
Arquitecto: KSP/Frankfurt | Foto: © pierer.net

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 7. | Seguridad y protección | 68 |
| 7.1 | Vidrio templado | 68 |
| 7.1.1 | Producción | 68 |
| 7.1.2 | Características físicas | 70 |
| 7.1.3 | Resistencia a impactos y choques | 70 |
| 7.1.4 | Resistencia a la tracción y flexión | 70 |
| 7.1.5 | Resistencia a impactos de bolas | 70 |
| 7.1.6 | Influencia térmica y resistencia al choque térmico | 71 |
| 7.1.7 | Anisotropía (patrón de tensiones) | 71 |
| 7.1.8 | Calidad óptica | 71 |
| 7.1.9 | Película de condensación en el vidrio templado | 72 |
| 7.1.10 | Identificación | 72 |

| | | |
|-------|--|----|
| 7.2 | Vidrio con “heat soak” | 72 |
| 7.3 | Vidrio termoendurecido | 74 |
| 7.3.1 | Producción | 74 |
| 7.3.2 | Patrón de rotura | 74 |
| 7.3.3 | Capacidad de carga residual como componente del vidrio laminado | 74 |
| 7.3.4 | Resistencia a la tracción y flexión (EN 1863-1) | 75 |
| 7.3.5 | Resistencia al choque térmico (EN 1863-1) | 75 |
| 7.4 | Vidrio laminado de seguridad | 75 |
| 7.4.1 | Producción | 76 |
| 7.4.2 | Características físicas | 77 |
| 7.4.3 | Nomenclatura del vidrio laminado | 77 |
| 7.4.4 | Características de seguridad del vidrio laminado | 78 |
| | Protección contra lesiones/prueba de impacto de péndulo (EN 12600) - seguridad pasiva Resistencia a impactos contra ataques manuales (EN 356) - seguridad activa Prueba de caída de cuerpo duro (caída de bola) Prueba del hacha Resistencia a las balas (EN 1063) - seguridad activa Resistencia a la explosión (EN 13541) - seguridad activa | |
| 7.5 | Seguridad con vidrio y mediante el vidrio | 81 |
| 7.5.1 | Barreras acristaladas (acristalamiento para impedir la caída de personas) | 81 |
| | Acrilamiento de planta a planta sin soporte vertical (categoría A) Parapetos o balaustradas de vidrio con sujeción lineal en la base (categoría B) Barreras acristaladas combinadas con vigas de transferencia de carga (categoría C) Acrilamiento con soporte lineal con resistencia a impactos probada | |
| 7.5.2 | Acrilamiento inclinado | 85 |
| 7.5.3 | Acrilamiento pisable | 85 |
| 7.5.4 | Acrilamiento pisable para fines de limpieza y mantenimiento | 86 |
| 7.5.5 | Rendimiento tras la rotura del vidrio/resistencia residual | 88 |
| 7.6 | Recomendaciones para aplicaciones concretas | 88 |
| 7.6.1 | Acrilamiento vertical sin protección frente a caídas | 89 |
| 7.6.2 | Acrilamiento horizontal/inclinado | 90 |
| 7.6.3 | Acrilamiento para proteger a las personas frente a caídas | 91 |
| 7.6.4 | Acrilamiento en edificios utilizados para fines especiales | 94 |
| 7.6.5 | Acrilamiento para trabajos en el interior sin protección frente a caídas | 96 |
| 7.6.6 | Vidrios de seguridad especiales | 97 |
| 7.6.7 | Construcción de vidrio estructural | 99 |

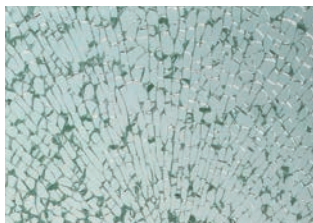


Un componente debe ser fiable para que sea seguro utilizarlo. Los fabricantes de vidrio identificaron este hecho hace más de 100 años y aplicaron este principio, en primer lugar, al acristalamiento de vehículos. Hay una gran variedad de vidrios de seguridad disponibles que se utilizan individualmente o bien en combinación con otros tipos de vidrio en la construcción de edificios.

En cada aplicación, independientemente de si se trata de puertas, duchas, piezas o muebles totalmente acristalados o bien de grandes acristalamientos en zonas públicas, el vidrio no debe aplicarse de forma que pueda resultar en fragmentos afilados, que podrían ocasionar lesiones graves en caso de rotura o desprendimiento del vidrio. Por este motivo, los tipos de vidrio laminado de seguridad o tratado térmicamente se ofrecen en configuraciones diferentes, en función de su uso previsto.

7.1 Vidrio templado

Este tipo de vidrio se puede fabricar a partir del vidrio float o de prácticamente cualquier vidrio plano, impreso, ornamental y fundido conocido. En este proceso, el vidrio básico se trata térmicamente (templado), lo que le aporta tres características destacables. La resistencia a la tracción es de cuatro a cinco veces superior que la del vidrio recocido

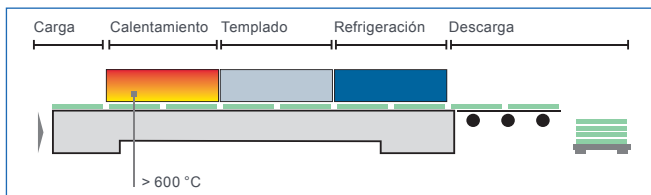


Fragmentación del vidrio templado

del mismo espesor, lo que le permite soportar fuerzas de succión o impactos muy superiores. El templado también hace que el vidrio sea más resistente a variaciones rápidas de temperatura, además, mejora su capacidad de soportar diferencias de temperatura grandes dentro del propio panel de vidrio. Sin embargo, en caso de producirse una rotura por sobrecarga, el vidrio se fracturará en una masa de piezas con canto romo ligeramente conectadas que conllevan un riesgo de lesión mucho menor que los fragmentos afilados que produce un vidrio recocido roto.

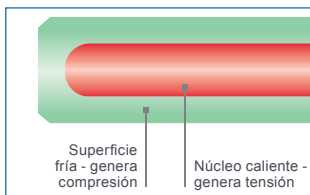
7.1.1 Producción

Los paneles de vidrio que se preparan para el proceso de templado provienen del corte de hojas de vidrio base. Estos vidrios se miden con precisión, tienen los cantos ya trabajados y se ha realizado en ellos taladros y muescas si así lo precisa su uso final. Estos vidrios se calientan a aproximadamente 600 °C mediante un calentamiento controlado y uniforme y, posteriormente, se proyecta aire para enfriar rápidamente las superficies, seguido de un enfriamiento adicional con aire para alcanzar la temperatura ambiente.



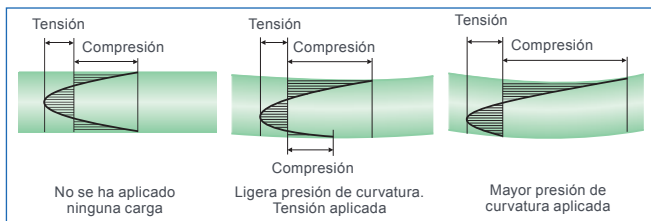
Proceso de fabricación del vidrio templado (representación esquemática)

Este proceso de enfriamiento rápido, o temple, hace que la superficie del vidrio se enfríe más rápidamente que el centro del vidrio, lo que crea un perfil de estrés permanente en el vidrio. El estrés de compresión de las superficies de vidrio sometidas a fuerzas de tracción aumenta con respecto al núcleo de la sección transversal del vidrio.

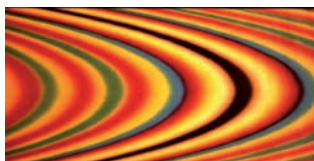


Endurecimiento térmico del vidrio

Este perfil de estrés da al vidrio sus características destacables y también explica el motivo por el que todo el mecanizado del vidrio debe llevarse a cabo con antelación. Si, por ejemplo, se realizan taladros en el vidrio después de templarlo, todo el vidrio se fragmentará, ya que la perforación rompe, o interrumpe, la estructura de tensión, lo que provoca que el vidrio se rompa. Las zonas en tensión y compresión son visibles bajo la luz polarizada y se pueden ver desde ciertos ángulos como efectos ópticos coloreados.



Distribución de la resistencia a la tracción



Dinámica de tensión: visible



7.1.2 Características físicas

La conductividad térmica, la transmisión de luz y energía, la expansión térmica, la resistencia a la compresión y los módulos elásticos permanecen idénticos a los del vidrio base, como también lo hacen el peso, las características de aislamiento acústico y las propiedades químicas. Sin embargo, hay otros parámetros que varían considerablemente.

7.1.3 Resistencia a impactos y choques

El vidrio totalmente templado es resistente a los choques de objetos blandos y deformables como el cuerpo humano, y cumple con el estándar EN 12600 (prueba de impacto de péndulo para vidrio en edificación). El campo de aplicación correspondiente determina el espesor necesario del vidrio.

7.1.4 Resistencia a la tracción y flexión

El vidrio totalmente templado puede elaborarse a partir de varios tipos básicos de vidrio y frecuentemente se recubre con pinturas cerámicas. Así pues, la resistencia a la tracción y flexión debe clasificarse según el diseño:



- Vidrio templado elaborado a partir de vidrio float
 $\sigma = 120 \text{ MPa}$
- Vidrio templado elaborado a partir de vidrio impreso
 $\sigma = 90 \text{ Mpa}$
- Vidrio templado elaborado a partir de vidrio esmaltado, en el que
- el lado esmaltado se encuentra bajo tensión de tracción
 $\sigma = 75 \text{ Mpa}$

7.1.5 Resistencia a impactos de bolas

Un vidrio totalmente templado de 6 mm de espesor es especialmente adecuado para su uso en aplicaciones de grandes superficies de vidrio en gimnasios y centros deportivos, como es típico en países como Alemania (según DIN 18032 “Prueba de seguridad contra el lanzamiento de bolas” (→ capítulo 10.6).



7.1.6 Influencia térmica y resistencia al choque térmico

El vidrio totalmente templado es capaz de resistir temperaturas que superan los 300 °C durante períodos de tiempo cortos, y temperaturas que superan los 250 °C durante períodos de tiempo más amplios. La resistencia a las diferencias de temperatura (ΔT) en un panel de vidrio templado, por ejemplo entre el centro y el canto del panel, es muy alta, de 200 Kelvin (K), en comparación con los 40 K del vidrio float.

7.1.7 Anisotropía (patrón de tensiones)

Son formaciones de iridiscencia típicas en el vidrio templado térmicamente debidas a la distribución interna del estrés de cada panel. Las boquillas de aire durante el templado proyectan aire con un movimiento fijo u oscilante. El patrón de la proyección de aire (diferencias de estrés) es visible típicamente bajo la luz polarizada como matrices de puntos o líneas iridiscentes. En algunas condiciones de iluminación, estos patrones se pueden ver con la luz normal. Las anisotropías se consideran efectos visibles, no defectos, según el estándar EN 12150-1.

Sin embargo, los hornos de templado de última generación son capaces de limitar el efecto de las anisotropías considerablemente mediante ajustes en el horno y la zona de templado. Además, actualmente existen tecnologías de medición para supervisar la resistencia superficial y la tendencia a las anisotropías.

7.1.8 Calidad óptica

Habitualmente, el vidrio templado posee las cualidades ópticas básicas del vidrio recocido.

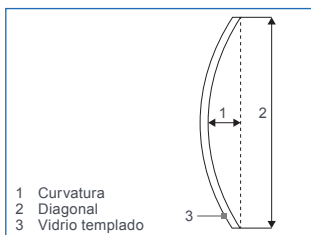
En el vidrio templado, pueden producirse pequeñas desviaciones de la superficie, ya que oscila en rodillos durante la fase de calentamiento. Estas pequeñas desviaciones de la superficie se conocen como “ondulaciones de rodillo” y, hasta cierto punto, son inevitables. No obstante, las líneas de templado modernas tienen la capacidad de minimizar ese efecto. En casos excepcionales, esta oscilación en los rodillos puede causar también marcas puntuales en la superficie inferior en contacto con los rodillos y pueden verse en condiciones de iluminación desfavorables.

El estándar europeo EN 12150-1 para el vidrio templado describe los requisitos concretos para las distorsiones ópticas:

Curvatura general:

Las condiciones de estrés inducidas pueden producir una ligera curvatura.

Las tolerancias máximas permitidas son $\leq 3,0$ mm/m (0,3 % de la distancia medida)

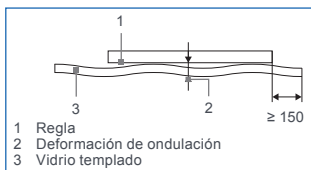




Ondulaciones de rodillo:

El vidrio que se pasa horizontalmente por un horno puede contener una ondulación muy pequeña en la superficie causada por el contacto con los rodillos. El motivo es el reblandecimiento del vidrio al final del tiempo de calentamiento.

Las tolerancias máximas permitidas son de $\leq 0,3$ mm en una distancia de 300 mm



- 1 Regla
- 2 Deformación de ondulación
- 3 Vidrio templado



7.1.9 Película de condensación en el vidrio templado

La humectabilidad de la superficie puede variar debido a la presión de los rodillos, las ventosas, los componentes de pulido o los lubricantes. Durante la formación posterior de una película húmeda en la superficie del vidrio, esta humectabilidad cambiante en la superficie de un vidrio es visible pero no indica ningún defecto.

7.1.10 Identificación

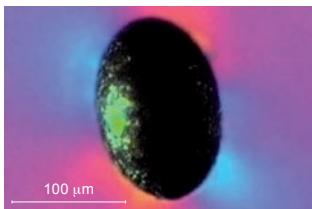
Cada pieza de vidrio templado debe marcarse de forma clara y permanente según EN 12150.



Identificación del vidrio templado

7.2 Vidrio con “heat soak”

Todo vidrio base contiene cantidades muy bajas de cristales de sulfuro de níquel (NiS), que se introducen inevitablemente en el vidrio a través de las materias primas. En el vidrio float recocido normal o el vidrio impreso, estos cristales no tienen ninguna relevancia.



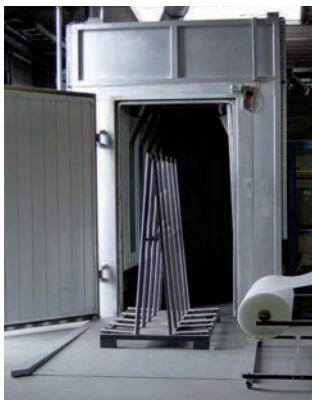
Sulfuro de níquel - partícula del vidrio float con estrés mecánico

El período de enfriamiento extremadamente rápido del proceso de templado “congela” estas partículas de NiS en un estado cristalino de alta temperatura.

Al aplicar calor posteriormente, por ejemplo, a través de la absorción de energía solar, esta estructura cristalina puede cambiar debido a que cambia el volumen de los cristales (es decir, aumenta), lo que puede ocasionar que el vidrio rompa de repente en el momento en que las partículas superen un tamaño crítico.

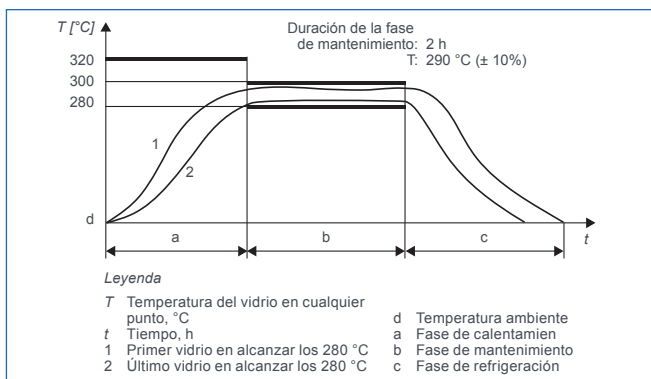
Por tanto, todos los acristalamientos y vidrios templados con aplicaciones de seguridad, como los vidrios de fachadas, que se exponen a altas fluctuaciones de temperatura, deben someterse a una prueba adicional de Heat-Soak.

Esta prueba se lleva a cabo según EN 14179 y debe documentarse adecuadamente. Esta prueba hace que los cristales de NiS que puedan estar presentes reaccionen rápidamente. Los paneles de vidrio que tienen estos cristales invisibles se destruyen de forma intencionada durante esta prueba.



Horno usado para prueba de Heat-Soak

Para este propósito, los paneles de vidrio templado se calientan a una temperatura definida de $290\text{ °C} \pm 10\%$ durante al menos 2 horas.



Este proceso suelen supervisarlos controladores internos y externos y debe documentarse permanentemente para cada panel suministrado (obligatorio en Alemania). Además, estos paneles deben marcarse de forma visible con una marca de vidrio templado Heat-Soak.



Identificación del vidrio templado con prueba de Heat-Soak



7.3 Vidrio termoendurecido

7.3.1 Producción

La producción es la misma que para el vidrio totalmente templado, pero el proceso de enfriamiento es más lento, lo que significa que las diferencias de estrés del vidrio son inferiores. El vidrio termoendurecido se podría clasificar entre el vidrio float y el vidrio totalmente templado. Los valores de resistencia al choque térmico y la resistencia a la flexión y tracción son una prueba de ello.

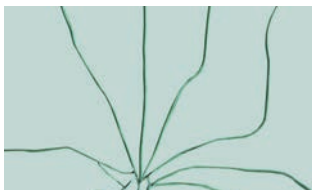
El enfriamiento más lento durante el proceso de producción reduce enormemente el riesgo potencial de rotura espontánea del vidrio que contiene inclusiones de sulfuro de níquel.

7.3.2 Patrón de rotura

El patrón de fragmentación después de producirse una rotura es parecido al de un vidrio float. La fractura se extiende al exterior desde el punto donde se ha producido el impacto o fractura hacia los cantos del panel. Por lo general, deben evitarse las “islas” (fragmentos más grandes) y las “partículas” (fragmentos pequeños) ajustando los parámetros del proceso para garantizar que el vidrio permanezca en el marco después de la rotura.

Los procedimientos de prueba y las limitaciones en las “islas” y “fragmentos” se definen en EN 1863-1.

Nota importante: el vidrio termoendurecido monolítico no es un vidrio de seguridad.

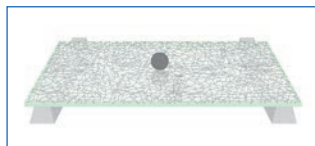


Fragmentación del vidrio termoendurecido

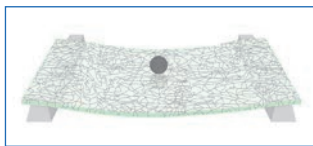
7.3.3 Capacidad de carga residual como componente del vidrio laminado

Debido a las características de fractura del vidrio termoendurecido, que son diferentes de las del vidrio templado, un vidrio laminado de seguridad elaborado a partir de vidrio termoendurecido tiene unas propiedades de carga residual excelentes.

En caso de fallo en ambos paneles termoendurecidos del vidrio laminado de seguridad, solo se produce una pequeña deformación, a diferencia del desplome que se puede producir en el vidrio de seguridad laminado elaborado a partir de vidrio templado. Por este motivo, cada vez más se utiliza vidrio termoendurecido en lugar de vidrio templado en el vidrio laminado cuando se requiere una mayor resistencia a la flexión y tracción y una resistencia térmica alta.



Vidrio laminado de seguridad formado por 2 vidrios templados - panel superior roto



Vidrio laminado de seguridad formado por 2 vidrios templados - ambos paneles rotos



Vidrio laminado de seguridad formado por 2 vidrios termoendurecidos - panel superior roto



Vidrio laminado de seguridad formado por 2 vidrios termoendurecidos - ambos paneles rotos

7.3.4 Resistencia a la tracción y flexión (EN 1863-1)

- Vidrio termoendurecido elaborado a partir de vidrio float
 $\sigma = 70 \text{ MPa}$
- Vidrio termoendurecido elaborado a partir de vidrio impreso
 $\sigma = 55 \text{ MPa}$
- Vidrio termoendurecido elaborado a partir de vidrio esmaltado en el cual el lado esmaltado se encuentra en tensión de tracción
 $\sigma = 45 \text{ MPa}$

7.3.5 Resistencia al choque térmico (EN 1863-1)

La resistencia a rotura de un vidrio termoendurecido frente a los cambios de temperatura (ΔT) dentro de un panel de vidrio es de 100 K (vidrio float recocido: 40 K). Esto hace que el vidrio termoendurecido sea adecuado para cualquier aplicación en la que haya un mayor riesgo de rotura inducida térmicamente (\rightarrow capítulo 9.8.1).

7.4 Vidrio laminado de seguridad

Desde su invención en 1909, y después de más de un siglo de mejora continua, el vidrio de laminado seguridad es un componente clave en la realización de la arquitectura moderna. La unión permanente de dos o más paneles de vidrio con láminas adhesivas, elásticas y altamente resistentes a los desgarros hace que el vidrio sea un elemento multifuncional, capaz de resistir fuerzas estáticas altas y tareas constructivas además de su transparencia inherente. Cualquier tipo de placa de vidrio imaginable se puede laminar para obtener un vidrio laminado de seguridad, independientemente de si se trata de vidrio float o vidrio impreso estructural plano, vidrio de capa o esmaltado. El efecto protector del vidrio laminado de seguridad se basa en una resistencia a la tracción extremadamente alta de la lámina y



su adhesión excelente a la superficie de vidrio. En el caso de un choque mecánico, un impacto o la influencia de otras fuerzas que rompan el vidrio, los fragmentos quedan adheridos a la lámina, de modo que el vidrio laminado de seguridad generalmente conservará su estabilidad cuando se someta a una carga.

Esto hace que la apertura del acristalamiento permanezca cerrada, lo que reduce enormemente el riesgo de lesión debido a los fragmentos. Dependiendo del uso del vidrio laminado de seguridad, pueden colocarse varias láminas entre los dos vidrios para cumplir requisitos de protección más altos.

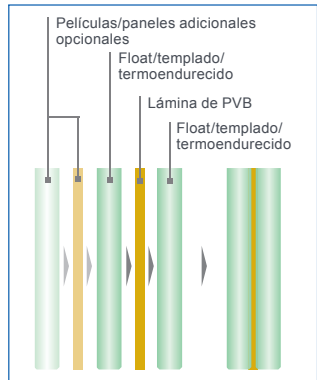
El tipo de lámina que se utiliza con más frecuencia es el PVB (butiral depolivinilo). Se fabrica mediante una reacción química de 3 pasos en la que todos los productos de reacción intermedios están presentes en la lámina de PVB final. Concretamente, los grupos OH- del alcohol de polivinilo son esenciales para permitir la adherencia a la superficie de vidrio float mediante puentes H+. Mediante la cantidad de alcohol de polivinilo, el fabricante de PVB puede ajustar la adherencia entre la lámina de PVB y el vidrio. Esto es vital para el comportamiento frente a rotura del vidrio laminado final. Los plastificantes adicionales influyen en la rigidez y, por tanto, en el rendimiento mecánico y acústico.

Otros tipos de lámina utilizados son las de tipo ionoplástico y EVA (etil-vinil-acetato).

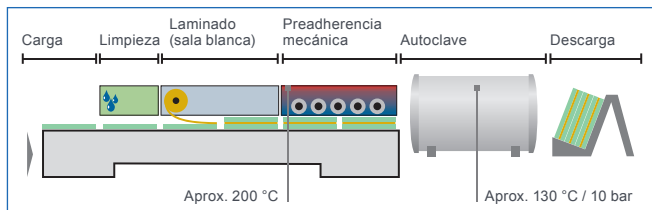
7.4.1 Producción

El vidrio laminado de seguridad se produce según se establece en EN 14449. Dos o más paneles de vidrio lavados minuciosamente, con una o más láminas de PVB, se ensamblan uno sobre el otro en una sala blanca. Este sándwich se prelamina en un horno de calandrado a unos 200 °C. De esta forma se consigue una adherencia previa al laminado final.

El vidrio pre-laminado, todavía translúcido, se traslada junto a muchos otros a un bastidor para introducirlo en un autoclave, una instalación que permite aplicar temperatura y alta presión, donde el vidrio prelamado translúcido se somete a unos 10 bares de presión y se calienta a 130 °C, con lo que se produce un vidrio laminado de seguridad totalmente transparente.



Configuración de vidrio laminado de seguridad



Proceso de producción del vidrio laminado de seguridad (representación esquemática)



Producción de vidrio laminado de seguridad: sala blanca

7.4.2 Características físicas

La resistencia a la compresión, la conductividad térmica, la expansión térmica, el módulo de elasticidad y masa por área de unidad y las características químicas son parecidas a las propiedades del vidrio base monolítico. La transmisión de luz también resulta de los valores del vidrio base procesado y las láminas de PVB.

Dependiendo del espesor del conjunto, la transmisión de luz es de entre el 90 y el 70 %. La transmisión de luz y el índice de rendimiento de color, especialmente cuando el vidrio laminado es muy grueso y contiene varias hojas de vidrio y láminas, pueden mejorarse utilizando Float GuardianE-extraClear® y principalmente Float Guardian UltraClear™.

7.4.3 Nomenclatura del vidrio laminado

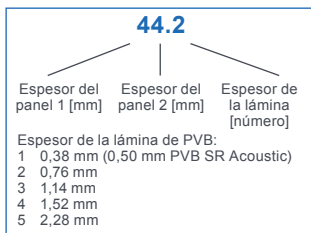
La nomenclatura del vidrio laminado describe la configuración teniendo en cuenta el número y el espesor de los paneles de vidrio utilizados y el grosor de las láminas.



Ejemplo:

Guardian LamiGlass 44.2

Las adiciones, como “SR” para la lámina acústica (p. ej., 44.2 SR) describen propiedades adicionales.



7.4.4 Características de seguridad del vidrio laminado

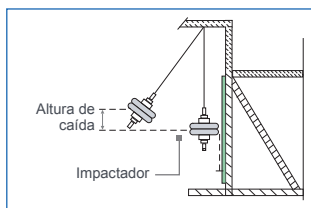
7.4.4.1 Protección contra lesiones/prueba de impacto de péndulo (EN 12600) - seguridad pasiva

Para simular el impacto de un cuerpo humano, el estándar europeo estipula una prueba de péndulo para el vidrio destinado a edificios. Cumplir con estos requisitos es una condición necesaria del vidrio laminado de seguridad.

| Clasificación | Altura de caída [mm] |
|---------------|----------------------|
| 3 | 190 |
| 2 | 450 |
| 1 | 1200 |

Clasificación de la rotura: α (β) φ

- α : Altura de caída más alta - sin rotura, o rotura según las cláusulas 4a o 4b "Requisitos de ensayo"
- β : Comportamiento de rotura (A = típico del vidrio recocido, B = típico del vidrio laminado, C = típico del vidrio templado)



φ : Altura de caída más alta - sin rotura, o rotura según las cláusulas 4a "Requisitos de ensayo"

Clasificación más alta: 1(B)1 → para el laminado 33.2 o 55.1 o más grueso

Los acristalamientos probados según EN 12600 se enumeran en la tabla 22 del capítulo 10.6.

7.4.4.2 Resistencia a impactos contra ataques manuales (EN 356) - seguridad activa

7.4.4.2.1 Prueba de caída de cuerpo duro (caída de bola)

El vidrio resistente a impactos se ensaya con una bola de acero de 4 kg de peso y 10 cm de diámetro. Para distinguir entre las diferentes clases de resistencia, esta bola se deja caer en caída libre desde diferentes alturas y varias veces en el mismo vidrio. Esta prueba da como resultado las siguientes clasificaciones:



| Clase de resistencia según EN 356 | Altura de caída (golpes) [mm] | Vidrio laminado adecuado |
|-----------------------------------|-------------------------------|--|
| P1 A | 1500 (3) | 44.1. 44.1 SR. 55.1. ... |
| P2 A | 3000 (3) | 33.2. 33.2 SR. 44.2. 44.2 SR. 66.2. 66.2 SR. ... |
| P3 A | 6000 (3) | 44.3. ... |
| P4 A | 9000 (3) | 33.4. 44.4. 44.4 SR. 66.4. 66.4 SR. ... |
| P5 A | 9000 (9) | 44.6. 44.6 SR. 55.6. 66.6. ... |

La lista de configuraciones de vidrio laminado adecuadas muestra que el espesor de la lámina define por sí solo el nivel de seguridad del acristalamiento.

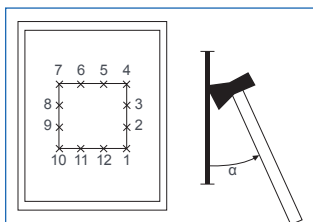
Los acristalamientos ensayados según EN 356 (caída de bola) se enumeran en la tabla 23 del capítulo 10.6.

7.4.4.2.2 Prueba del hacha

Para satisfacer la creciente demanda de protección frente a penetración y el acristalamiento antirrobo, se utiliza otro método de ensayo. Dependiendo de la clase de resistencia, el vidrio de prueba debe resistir un número de golpes definidos en el mismo vidrio con un hacha mecánica de 2 kg. Después de alcanzar el número definido de golpes, el tamaño máximo permitido de las aperturas es $\leq 400 \times 400$ mm.



| Clase de resistencia según EN 356 | Número de golpes por hacha | Vidrio laminado adecuado |
|-----------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| P6 B | 30 | 44.8, 66.8 |
| P7 B | 51 | Laminados multicapa |
| P8 B | 70 | |



Los acristalamientos probados según EN 356 (prueba del hacha) se enumeran en la tabla 24 del capítulo 10.6.



7.4.4.3 Resistencia a las balas (EN 1063) - seguridad activa

El estándar EN 1063 especifica la seguridad de las personas y los bienes en caso de fuego directo con distintas armas y calibres desde varias distancias. A cada panel de prueba se le dispara tres veces en un patrón de impacto predefinido a temperatura ambiente. En esta prueba, el proyectil no debe atravesar el vidrio. Cuando hay personas directamente detrás de este tipo de acristalamiento en caso de un ataque, se hace una distinción entre “astillamiento” (S) y “no astillamiento” (NS), que también se conoce como esquirlas y anti-esquirlas.



| Calibre | Tipo de proyectil | | Peso [g] | Clase de disparo | | Distancia de disparo [m] | Velocidad [m/s] |
|--------------|-------------------|---|--------------|------------------|------------------|--------------------------|-----------------|
| | | | | Astillamiento | No astillamiento | | |
| .22 LR | L/RN | Bala de plomo de cabeza redonda | 2,6 ± 0,10 | BR1-S | BR1-NS | 10 | 360 ± 10 |
| 9 mm x 19 | VMR/Wk | Bala encamisada de cabeza plana con núcleo blando | 8,0 ± 0,10 | BR2-S | BR2-NS | 5 | 400 ± 10 |
| .357 Magn. | VMKS/Wk | Bala encamisada de punta cónica con núcleo blando | 10,25 ± 0,10 | BR3-S | BR3-NS | 5 | 430 ± 10 |
| .44 Magn. | VMF/Wk | Bala encamisada de cabeza plana con núcleo blando | 15,55 ± 0,10 | BR4-S | BR4-NS | 5 | 440 ± 10 |
| 5,56 x 45 | FJ/PB/SCP 1 | Bala encamisada en punta con núcleo de plomo con inserción de acero | 4,0 ± 0,10 | BR5-S | BR5-NS | 10 | 950 ± 10 |
| 7,62 x 51 | VMS/Wk | Bala encamisada en punta con núcleo blando | 9,45 ± 0,10 | BR6-S | BR6-NS | 10 | 830 ± 10 |
| 7,62 x 51 | VMS/Hk | Bala encamisada en punta con núcleo duro | 9,75 ± 0,10 | BR7-S | BR7-NS | 10 | 820 ± 10 |
| Rifle 12/70* | Brenneke | | 31,0 ± 0,50 | SG1-S* | SG1-NS* | 10 | 420 ± 20 |
| Rifle 12/70 | Brenneke | | 31,0 ± 0,50 | SG2-S | SG2-NS | 10 | 420 ± 20 |

* La prueba se lleva a cabo con un único disparo

Todos los tipos de vidrio de laminado seguridad utilizados en esta aplicación tienen ensamblajes asimétricos laminados y proporcionan una prevención a la penetración excelente.

Los acristalamientos probados según EN 1063 (a prueba de balas) se enumeran en la tabla 25 del capítulo 10.6.

7.4.4.4 Resistencia a la explosión (EN 13541) - seguridad activa

Este requisito europeo especifica las cualificaciones y los métodos para los productos de acristalamiento de seguridad resistentes a la explosión para aplicaciones en edificios. La clasificación se aplica solo a la dimensión de un vidrio de ensayo de alrededor de 1 m². Aquí, el objetivo es también lograr una resistencia a la penetración excelente paralela a la de los tipos de vidrio suministrados.

| Número de clasificación | Características de una onda de compresión plana | | |
|-------------------------|---|---|--|
| | Valores mínimos para la | | |
| | Pos. máx. de compresión de la onda de choque reflejada (Pr) [kPa] | Pos. específica del impulso (i+) [kPa x ms] | Pos. en el período de la fase de presión (t+) [ms] |
| ER 1 | $50 \leq Pr < 100$ | $370 \leq i+ < 900$ | ≥ 20 |
| ER 2 | $100 \leq Pr < 150$ | $900 \leq i+ < 1500$ | ≥ 20 |
| ER 3 | $150 \leq Pr < 200$ | $1500 \leq i+ < 1500$ | ≥ 20 |
| ER 4 | $200 \leq Pr < 250$ | $2200 \leq i+ < 3200$ | ≥ 20 |

Según EN 13541

Los acristalamientos ensayados según EN 13541 (resistente a la explosión) se enumeran en la tabla 26 del capítulo 10.6.

7.5 Seguridad con vidrio y mediante el vidrio

7.5.1 Barreras acristaladas (acristalamiento para impedir la caída de personas)

La instalación de elementos de vidrio en zonas en las que existe un riesgo de caída se rige por parámetros normativos claros. Estas zonas van desde barandillas y barreras sencillas hasta acristalamientos totales instalados aproximadamente a más de un metro por encima del suelo firme. En Alemania, se aplica la parte 4 del estándar DIN 18008. Esta norma DIN se basa en estándares europeos unificados que todos los países de la UE deberán implementar a corto o medio plazo. Esta especificación legal regula detalladamente el tipo de vidrio y ensamblaje en función de su zona de aplicación. Por supuesto, se permiten acristalamientos que se desvían de esta especificación legal, pero deben inspeccionarse y ensayarse en cada caso individual y ser aprobados por las autoridades correspondientes (→ capítulo 7.6).



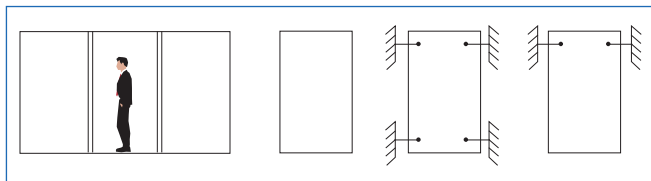
Las barreras acristaladas según DIN 18008-4 se clasifican en varias categorías (A, B y C) según el tipo de construcción.

Los requisitos principales del diseño son los siguientes:

- La construcción depende de la categoría de la barrera acristalada.
- Acristalamientos con diferentes configuraciones y dimensiones debe ensayarse para verificar la resistencia a choques (las configuraciones de vidrio con resistencia a choques ensayada se enumeran en la tabla B.1 de la DIN 18008); véase el capítulo 7.5.1.4.
- La norma general para el vidrio laminado es que el espesor de los paneles individuales no debe diferir uno del otro en un factor superior al 1,7 (p. ej., 4 mm + 6 mm, 5 mm + 8 mm, 6 mm + 10 mm, etc.).

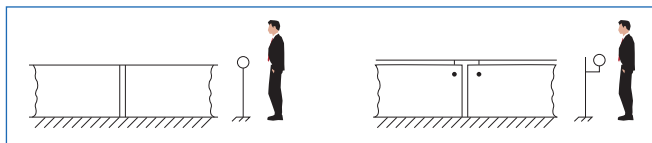
7.5.1.1 Acristalamiento de planta a planta sin soporte vertical (categoría A)

- **El vidrio simple** debe ser vidrio laminado de seguridad.
- **El lado del impacto** del vidrio aislante debe ser **vidrio laminado de seguridad, vidrio templado o vidrio laminado formado por vidrio templado**.
- Como mínimo **un panel** de una **UVA** debe ser **vidrio laminado de seguridad**.
- Triple acristalamiento: se puede utilizar vidrio float detrás del vidrio templado en el lado de impacto si el vidrio templado no se rompe en una prueba de impacto de péndulo.



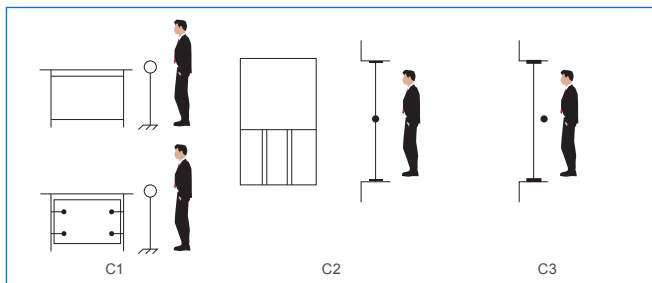
7.5.1.2 Parapetos o balaustradas de vidrio con sujeción lineal en la base (categoría B)

- Los paneles de vidrio individuales están conectados mediante un pasamanos.
- El pasamanos se puede colocar en el canto superior o fijarse mediante soportes (soporte puntual) según DIN 18008-3.
- En caso de fallo, la carga se transfiere a los vidrios adyacentes.
- Solo debe utilizarse vidrio laminado de seguridad.



7.5.1.3 Barreras acristaladas combinadas con vigas de transferencia de carga (categoría C)

- El cerramiento se realiza debajo o detrás de la viga.
- Todos los lados de los acristalamientos con soporte lineal de las categorías C1 y C2 pueden ser vidrio templado monolítico; en todos los demás casos es obligatorio el vidriolaminado de seguridad.
- UVA de las categorías C1 y C2: Para el lado de impacto, se aplican las mismas reglas que para la categoría A; los demás paneles según DIN 18008 parte 2 (reglas para vidrios soportados linealmente) y 3 (acristalamiento con soporte puntual).
- La categoría C3 debe tratarse como la categoría A en lo que se refiere a los tipos de vidrio permitidos.





7.5.1.4 Acristalamiento con soporte lineal con resistencia a impactos probada

Las configuraciones de vidrio que se enumeran a continuación pueden utilizarse sin ensayos adicionales. Para el triple acristalamiento, pueden utilizarse hojas adicionales de vidrio templado o vidrio templado heat-soak para las combinaciones que se indican en las filas 1, 2, 3, 4, 7, 8, 20 y 28.

| Categoría | Tipo | Soporte lineal | Ancho [mm] | | Alto [mm] | | Configuración de vidrio desde el lado del impacto al lado de la caída | Fila | |
|-----------|----------------------------|------------------------------|------------------------------|------|-----------|------|---|--------------------------------|----|
| | | | mín. | máx. | mín. | máx. | | | |
| A | Vidrio aislante | Todos los lados | 500 | 1300 | 1000 | 2500 | 8 templado + 4 float/0,76 PVB/4 float | 1 | |
| | | | 1000 | 2000 | 500 | 1300 | 8 templado + 4 float/0,76 PVB/4 float | 2 | |
| | | | 900 | 2000 | 1000 | 3000 | 8 templado + 5 float/0,76 PVB/5 float | 3 | |
| | | | 1000 | 2500 | 900 | 2000 | 8 templado + 5 float/0,76 PVB/5 float | 4 | |
| | | | 1100 | 1500 | 2100 | 2500 | 5 float/0,76 PVB/5 float + 8 templado | 5 | |
| | | | 2100 | 2500 | 1100 | 1500 | 5 float/0,76 PVB/5 float + 8 templado | 6 | |
| | | | 900 | 2500 | 1000 | 4000 | 8 templado + 6 float/0,76 PVB/6 float | 7 | |
| | | | 1000 | 4000 | 900 | 2500 | 8 templado + 6 float/0,76 PVB/6 float | 8 | |
| | | | 300 | 500 | 1000 | 4000 | 4 templado + 4 float/0,76 PVB/4 float | 9 | |
| | | | 300 | 500 | 1000 | 4000 | 4 float/0,76 PVB/4 float + 4 templado | 10 | |
| | Acristalamiento monolítico | Todos los lados | 500 | 1200 | 1000 | 2000 | 6 float/0,76 PVB/6 float | 11 | |
| | | | 500 | 2000 | 1000 | 1200 | 6 float/0,76 PVB/6 float | 12 | |
| | | | 500 | 1500 | 1000 | 2500 | 8 float/0,76 PVB/8 float | 13 | |
| | | | 500 | 2500 | 1000 | 1500 | 8 float/0,76 PVB/8 float | 14 | |
| | | | 1000 | 2100 | 1000 | 3000 | 10 float/0,76 PVB/10 float | 15 | |
| | | | 1000 | 3000 | 1000 | 2100 | 10 float/0,76 PVB/10 float | 16 | |
| | | | 300 | 500 | 500 | 3000 | 6 float/0,76 PVB/6 float | 17 | |
| C1 y C2 | Vidrio aislante | Todos los lados | 500 | 2000 | 500 | 1100 | 6 templado + 4 float/0,76 PVB/4 float | 18 | |
| | | | 500 | 1500 | 500 | 1100 | 4 templado + 4 float/0,76 PVB/4 float | 19 | |
| | | 2 lados, superior e inferior | 1000 | bel. | 500 | 1100 | 6 templado + 5 float/0,76 PVB/5 float | 20 | |
| | Acristalamiento monolítico | Todos los lados | 500 | 2000 | 500 | 1100 | 5 float/0,76 PVB/5 float | 21 | |
| | | | 2 lados, superior e inferior | 1000 | bel. | 500 | 800 | 6 float/0,76 PVB/6 float | 22 |
| | | | | 800 | bel. | 500 | 1100 | 5 templado/0,76 PVB/5 templado | 23 |
| | | | | 800 | bel. | 500 | 1100 | 8 float/1,52 PVB/8 float | 24 |
| | | | 2 lados, derecho e izquierdo | 500 | 800 | 1100 | 1100 | 6 float/0,76 PVB/6 float | 25 |
| | | | | 500 | 1100 | 800 | 1100 | 6 templado/0,76 PVB/6 templado | 26 |
| | | | | 500 | 1100 | 800 | 1100 | 8 float/1,52 PVB/8 float | 27 |

| Categoría | Tipo | Soporte lineal | Ancho [mm] | | Alto [mm] | | Configuración de vidrio desde el lado del impacto al lado de la caída | Fila |
|-----------|---------------------------|-----------------|------------|------|-----------|------|---|------|
| | | | mín. | máx. | mín. | máx. | | |
| C3 | Vidrio aislante | Todos los lados | 500 | 1500 | 1000 | 3000 | 6 templado + 4 float/0,76 PVB/4 float | 28 |
| | | | 500 | 1300 | 1000 | 3000 | 4 float/0,76 PVB/4 float + 12 templado | 29 |
| | Acrisolamiento monolítico | Todos los lados | 500 | 1500 | 1000 | 3000 | 5 float/0,76 PVB/5 float | 30 |

Tabla B1 (DIN 18008-4): configuraciones de vidrio con resistencia a choques probada

7.5.2 Acrisolamiento inclinado

Cualquier acrisolamiento instalado a una inclinación de $\pm 10^\circ$ relativa a la vertical se considera acrisolamiento inclinado. Además de tener que resistir los tipos de fuerzas habituales, como el viento, las condiciones meteorológicas cambiantes y la nieve, el vidrio debe poder resistir bajo su propia carga de construcción. Por tanto, estos tipos de vidrios deben tratarse de una forma diferente de los que se instalan verticalmente. Es vital garantizar que, en caso de fallo, este tipo de acrisolamiento superior no desprenda astillas, fragmentos o piezas puntiagudas de vidrio. Actualmente, la parte 2 de DIN 18008 cubre estos tipos de instalaciones en Alemania. Esta norma DIN es una norma nacional, pero se basa en los estándares europeos designados que deben implementarse a medio plazo en todos los países de la UE.

Es una norma general que todo el acrisolamiento inclinado actual debe estar formado exclusivamente por vidrio laminado de seguridad, con un mínimo de 0,76 mm de PVB para el panel inferior. Es posible que los requisitos estáticos exijan estándares más elevados.

7.5.3 Acrisolamiento pisable

Se trata de acrisolamientos adecuados para que las personas puedan andar sobre ellos de forma permanente. Las cargas admisibles típicas son las cargas personales. Los requisitos se definen en la parte 5 de DIN 18008.

Las aplicaciones típicas son las escaleras, plataformas, puentes de vidrio o las cubiertas de pozos.

Los tipos de vidrio permitidos con resistencia a choques probada semuestran en la tabla B.1 (parte 5 de DIN 18008).



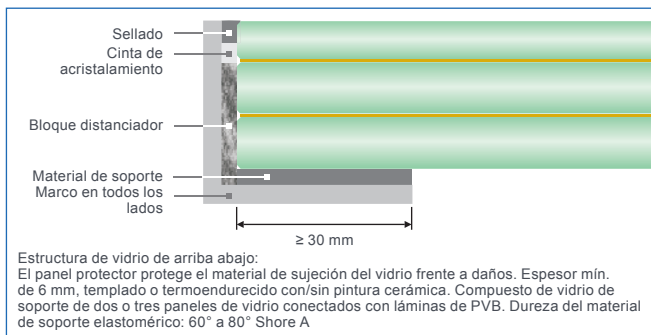
| Longitud máx. [mm] | Ancho máx. [mm] | Configuración del vidrio laminado ^a | Profundidad del soporte mín. [mm] |
|--------------------|-----------------|--|-----------------------------------|
| 1500 | 400 | 8 HSG ^c /1,52 PVB/10 FG ^b /1,52 PVB/10 FG ^b | 30 |
| 1500 | 750 | 8 HSG ^c /1,52 PVB/12 FG ^b /1,52 PVB/10 FG ^b | 30 |
| 1250 | 1250 | 8 HSG ^c /1,52 PVB/10 HSG ^c /1,52 PVB/10 HSG ^c | 35 |
| 1500 | 1500 | 8 HSG ^c /1,52 PVB/12 HSG ^c /1,52 PVB/12 HSG ^c | 35 |
| 2000 | 1400 | 8 HSG ^c /1,52 PVB/15 FG ^b /1,52 PVB/10 FG ^b | 35 |

a Desde arriba
b Vidrio float
c Vidrio termoendurecido

Tabla B1 (DIN 18008-5): acristalamiento accesible ordinario con soporte lineal en todos los lados, resistencia a choques probada y capacidad de carga residual

Los requisitos principales en el diseño son los siguientes:

- La superficie del vidrio debe tener características antideslizantes.
- La posición debe ser fija (que no se mueva ni se eleve por succión).
- Configuración del vidrio: vidrio laminado triple como mínimo.
- Límite de carga para el paso de personas en un uso habitual y carga vertical: máx. 5 kN/m².
- Subestructura rígida curvada.
- Material de soporte de elastómero con 60-80 de dureza Shore A.
- Profundidad mínima del soporte de 30 mm.



7.5.4 Acristalamiento pisable para fines de limpieza y mantenimiento

Se trata de acristalamientos adecuados para el acceso esporádico de personal formado específicamente para fines de limpieza y mantenimiento. Los requisitos se definen en la parte 6 de DIN 18008 y se aplican típicamente a construcciones con soporte lineal y puntual.

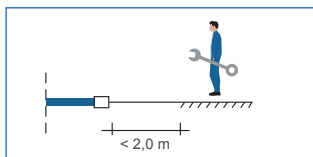
La construcción debe:

- Evitar que las personas caigan a través del acristalamiento intacto.
- Evitar que las personas caigan a través del acristalamiento dañado.
- Evitar el peligro para las personas que se encuentren debajo del acristalamiento dañado.

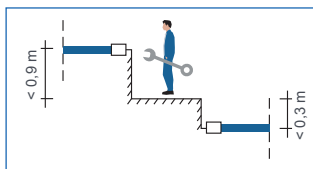
Los requisitos distinguen entre pisable para permanecer en él y no pisable, pero porque se necesita una protección frente a caídas por la inclinación.

El acristalamiento vertical o inclinado situado al mismo nivel que la plataforma de trabajo o la pasarela debe tener protección frente a caídas. Deben tenerse en cuenta los escenarios siguientes:

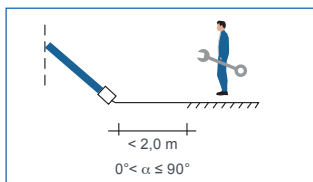
- Distancia al vidrio < 2 m



- Acristalamiento elevado:
< 0,9 m por encima y hasta
0,3 m por debajo



- Vidrio inclinado:



Los tipos de vidrio aprobados (conformes al acristalamiento horizontal según la parte 2 de DIN 18008) son los siguientes:

- Vidrio laminado de seguridad formado únicamente por tipos de vidrio que se rompan en fragmentos grandes (vidrio float o vidrio termoendurecido)
- ¡El vidrio armado no se considera como seguro frente a caídas!
- El vidrio superior del vidrio aislante (lado del impacto) debe ser seguro en caso de rotura (solo vidrio laminado de seguridad o vidrio totalmente templado)

Para los cálculos del diseño estructural, debe tenerse en cuenta una carga puntual de 150 kg aplicada en una zona de 10 cm x 10 cm (= 1,5 kN/m²) en el centro del panel.



7.5.5 Rendimiento tras la rotura del vidrio/resistencia residual


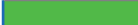


La estabilidad residual es la característica de un elemento de vidrio instalado de permanecer en posición original por un período de tiempo limitado definido sin ejercer ninguna carga. Esta característica solo se aplica al acristalamiento vertical. La capacidad residual del acristalamiento inclinado se refiere a que, en caso de fallo, el vidrio debería soportar su propio peso durante un período de tiempo definido. Los requisitos y las situaciones de instalación siempre determinan el tipo de acristalamiento correspondiente que debe utilizarse. Los gráficos siguientes (→ capítulo 7.6) ofrecen una visión amplia de este tipo de implementación.

7.6 Recomendaciones para aplicaciones concretas

Las especificaciones detalladas para las construcciones de vidrio y el dimensionamiento del vidrio se basan en las normas correspondientes y no se indican con detalle en este apartado. Si, por ejemplo, existen especificaciones adicionales, protección contra el fuego o requisitos específicos del proyecto, también deben cumplirse.

Es posible que las recomendaciones siguientes excedan parcialmente los requisitos legales, según la experiencia práctica.

Leyenda de las tablas siguientes






| Color | Explicación |
|---|---------------------------------|
|  | Tipo de vidrio mínimo requerido |
|  | Tipo de vidrio recomendado |
|  | Tipo de vidrio alternativo |
|  | Tipo de vidrio inadmissible |

Colores



| Abreviatura | Explicación |
|-------------|---|
| Mon. | Vidrio monolítico |
| UVA | Unidad de Vidrio Aislante |
| abZ | Aprobación general por una entidad de supervisión de construcción |
| ZiE | Aprobación en cada caso individual |
| TG | Vidrio templado |
| TG-H | Vidrio templado con "heat soak" |
| HS | Vidrio termoendurecido |
| LSG | Vidrio laminado de seguridad |

Abreviaturas utilizadas

7.6.1 Acristalamiento vertical sin protección frente a caídas




| Aplicación | Float | TG ¹ | TG-H | LSG compuesto de | | | Nota |
|---|-------|-----------------|------|------------------|-----------------|----|---|
| | | | | Float | TG ² | HS | |
| Ventana por encima de la altura de la barandilla  | | | | | | | |
| Ventana de tienda/escaparate  | | | | | | | Se recomienda un vidrio laminado de seguridad con un espesor mínimo del vidrio de 12 mm debido a la ausencia de normativa correspondiente. Enmienda en DIN 18008-1: el acristalamiento vertical accesible libre de hasta 0,8 m debe contener vidrio con comportamiento seguro ante roturas en el lado del impacto. |
| Nivel de acristalamiento ³  | | | | | | | p. ej., cristaleras, puertas de entrada (para el acristalamiento resistente a robos, véase la sección "Vidrio protector específico"). Enmienda en DIN 18008-1: el acristalamiento vertical accesible libre de hasta 0,8 m debe contener vidrio con comportamiento seguro ante roturas en el lado del impacto. |
| Muro para aislamiento acústico  | | | | | | | DIN 18008-2, ZTV-Lsw 06 El vidrio termoendurecido monolítico debe contar con soporte en los 4 lados. |
| Sistema de puertas enteramente de vidrio  | | | | | | | Requisitos de "Puntos de venta" de la Ejecutiva de Salud y Seguridad en el Trabajo (BGR 202) y/o Directiva de puestos de trabajo (ArbStättV), ASR 10/5, ASR 1.6. |
| Capas de paredes externas  | | | | | | | DIN 18516-4 Aplicación de vidrio laminado de seguridad solo con aprobación general (abZ) o aprobación técnica específica (ZIE). |


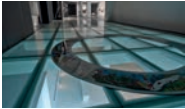



| Aplicación | | Float | TG ¹ | TG-H | LSG compuesto de | | | Nota |
|---|---------|-------|-----------------|------|------------------|-----------------|----|--|
| | | | | | Float | TG ² | HS | |
| | | | | | | | | |
| Acristamiento estructural³  | Interno | | | | | | | ETAG 002 "Sistemas de sellante estructural de acristamiento (SSGS)" |
| | Externa | | | | | | | |
| Fachada con soporte puntual  | Mon. | | | | | | | Según abZ o ZIE Importante: Según DIN 18008-3, solo vidrio laminado de seguridad elaborado con vidrio templado o termoendurecido. |
| | UVA | | | | | | | |

- Importante** Según DIN 18008-2: el vidrio protector templado sin "heat soak" solo debe utilizarse para una altura de instalación por encima de la zona pública < 4 m y en la que ninguna persona permanezca directamente debajo del acristamiento; de lo contrario, debe utilizarse vidrio templado con heat soak test.
- Importante** El vidrio laminado de seguridad elaborado con 2 vidrios templados no tiene capacidad de carga residual. En concreto, deben tenerse en cuenta los requisitos de la instalación.
- Tiene prioridad el vidrio utilizado de conformidad con el capítulo "Acristamiento en edificios utilizados para fines especiales"


7.6.2 Acristamiento horizontal/inclinado

| Aplicación | | Float | TG ¹ | TG-H | LSG compuesto de | | | Nota |
|--|----------|-------|-----------------|------|------------------|-----------------|----|--|
| | | | | | Float | TG ² | HS | |
| | | | | | | | | |
| Lucernarios  | | | | | | | | Solo para pisos y habitaciones de tipo de uso similar (p. ej., habitaciones de hotel y oficinas) con una superficie de luz (dimensión del marco interno) < 1,6 m ² ; de lo contrario, véase acristamiento horizontal. |
| Acristamiento horizontal  | Superior | | | | | | | DIN 18008 |
| | Inferior | | | | | | | Se pueden utilizar otros vidrios siempre que la caída de grandes fragmentos de vidrio en zonas públicas se evite con las medidas adecuadas (p. ej., redes con abertura de malla ≤ 40 mm) |
| Techo de vidrio saliente  | | | | | | | | DIN 18008-2 DIN 18008-3: solo vidrio laminado de seguridad elaborado con vidrio templado o vidrio termoendurecido. DIN 18008-5: No se permite sujeción con pinzas. |




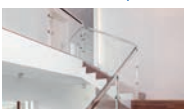

| Aplicación | Float | TG ¹ | TG-H | LSG compuesto de | | | Nota |
|---|-------|-----------------|------|------------------|-----------------|----|--|
| | | | | Float | TG ² | HS | |
| | | | | | | | |
| Lamas de vidrio  | | | | | | | DIN 18008-2 DIN 18008-3: solo vidrio laminado de seguridad elaborado con vidrio templado o vidrio termoendurecido. DIN 18008-5: No se permite sujeción con pinzas. |
| Vidrio pisable  | | | | | | | DIN 18008-5 Panel superior de los 3 paneles realizado con vidrio templado o vidrio termoendurecido; debe garantizarse una resistencia frente a la resbaladidad suficiente; diseños distintos: aprobación técnica específica (ZiE) |
| Vidrio pisable de forma no permanente  | | | | | | | Generalmente se requiere ZiE, con requisitos inferiores en comparación con el vidrio pisable |

- Importante** Según DIN 18008-2: el vidrio protector templado sin "heat soak" solo debe utilizarse para una altura de instalación por encima de la zona pública < 4 m y en la que ninguna persona permanezca directamente debajo del acristalamiento; de lo contrario, debe utilizarse vidrio templado con heat soak test.
- Importante** El vidrio laminado de seguridad elaborado con 2 vidrios templados no tiene capacidad de carga residual. En concreto, deben tenerse en cuenta los requisitos de la instalación.

7.6.3 Acristalamiento para proteger a las personas frente a caídas

| Aplicación | Mon. | Float | TG ¹ | TG-H | LSG compuesto de | | | Nota |
|--|------|-------|-----------------|------|------------------|-----------------|---|------|
| | | | | | Float | TG ² | HS | |
| | | | | | | | | |
| Acristalamiento suelo a techo  (categoría A según DIN 18008-4) | | | | | | | DIN 18008-4 Aplica al panel de vidrio del lado de impacto o lado que, con mayor probabilidad, absorberá el impacto; panel en el lado que no recibe el impacto variable; si se utiliza vidrio de seguridad laminado en el lado de no impacto, se debe utilizar vidrio templado o vidrio laminado de seguridad en el lado de impacto | |



| Aplicación | Float | TG ¹ | TG-H | LSG compuesto de | | | Nota |
|--|-------|-----------------|------|------------------|-----------------|----|---|
| | | | | Float | TG ² | HS | |
| | | | | | | | |
| <p>Balaustradas totalmente de vidrio con barandilla instalada</p>  <p>(categoría B según DIN 18008-4)</p> | | | | | | | DIN 18008-4 Vidrio laminado de seguridad elaborado con vidrio float con abZ o ZIE |
| <p>Balaustrada con vidrio soportado linealmente</p>  <p>(categoría C1 según DIN 18008-4)</p> | | | | | | | DIN 18008-4 Si no existe soporte lineal en todos los lados, debe usarse vidrio laminado de seguridad. Los cantos libres deben protegerse frente a choques involuntarios con la estructura de la balaustrada o los paneles contiguos. |
| <p>Balaustrada con sujeción de vidrio mediante pinzas</p>  <p>(categoría C1 según DIN 18008-4)</p> | | | | | | | DIN 18008-4 No es necesaria la protección de los cantos. |
| <p>Balaustrada con sujeción de vidrio mediante pinzas</p>  <p>(no regulado según DIN 18008-4)</p> | | | | | | | Conforme a abZ o ZIE Los cantos libres deben protegerse frente a choques involuntarios con la estructura de la balaustrada o los paneles contiguos. Se puede utilizar vidrio templado si existe aprobación de abZ. |
| <p>Acrilamiento debajo de barras transversales</p>  <p>(categoría C2 según DIN 18008-4)</p> | Mon. | | | | | | DIN 18008-4; si no existe soporte lineal en todos los lados, debe usarse vidrio laminado de seguridad. |
| | UVA | | | | | | Se aplica al panel de vidrio del lado de impacto o lado que, con mayor probabilidad, absorberá el impacto; panel en el lado de no impacto variable; si se utiliza vidrio de seguridad laminado en el lado de no impacto, se debe utilizar vidrio templado o vidrio laminado de seguridad en el lado de impacto. |

| Aplicación | | Float | TG ¹ | TG-H | LSG compuesto de | | | Nota |
|--|----------------------|-------|-----------------|------|------------------|-----------------|----|---|
| | | | | | Float | TG ² | HS | |
| | | | | | | | | |
| Acristalamiento de planta a planta con soporte lineal  (categoría C3 según DIN 18008-4) | Mon. | | | | | | | Soporte a la altura necesaria según los requisitos del edificio. |
| | LVA | | | | | | | Se aplica al panel de vidrio del lado de impacto o lado que, con mayor probabilidad, absorberá el impacto; panel en el lado de no impacto variable; si se utiliza vidrio de seguridad laminado en el lado de no impacto, se debe utilizar vidrio templado o vidrio laminado de seguridad en el lado de impacto. |
| Fachada de doble piel  | Interna ³ | | | | | | | En el caso de fachadas internas sin protección frente a caídas, se recomienda consultar con las autoridades de control de edificación locales. |
| | Externa | | | | | | | La fachada externa como protección frente a caídas, DIN 18008-4 según la categoría A o C. |
| Ascensores  | | | | | | | | DIN 18008-4 y EN 81 |
| Balcón francés ³  | | | | | | | | El componente del edificio en el lado opuesto al impacto del acristalamiento actúa completamente como protección frente a caídas. |

¹ **Importante** Según DIN 18008-2: el vidrio protector templado sin "heat soak" solo debe utilizarse para una altura de instalación por encima de la zona pública < 4 m y en la que ninguna persona permanezca directamente debajo del acristalamiento; de lo contrario, debe utilizarse vidrio templado con heat soak test.



² **Importante** El vidrio laminado de seguridad elaborado con 2 vidrios templados no tiene capacidad de carga residual. En concreto, deben tenerse en cuenta los requisitos de la instalación.

³ Tiene prioridad el vidrio utilizado de conformidad con el capítulo "Acristalamiento en edificios utilizados para fines especiales".



7.6.4 Acristalamiento en edificios utilizados para fines especiales


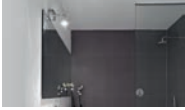




| Aplicación | Float | TG ¹ | TG-H | LSG compuesto de | | | Nota |
|---|-------|-----------------|------|------------------|-----------------|----|---|
| | | | | Float | TG ² | HS | |
| Oficinas, paredes o puertas de vidrio  | | | | | | | Directiva de puestos de trabajo (ArbStättV) GUV-I 8713. ASR 1.6 |
| Vestibulos/recibidores  | | | | | | | Se rigen por la Ejecutiva de Salud y Seguridad en el Trabajo (BGR 202) y/o la Directiva de puestos de trabajo (ArbStättV) con ASR 10/5 ASR 1.6 |
| Escuelas  | | | | | | | GUV-SR 2002; vidrio protector hasta una altura de 2,00 m o barandilla suficiente. |
| Guarderías  | | | | | | | GUV-SR 2002; vidrio protector hasta una altura de 1,50 m o barandilla suficiente. |
| Hospitales/centros sanitarios  | | | | | | | Según la Ordenanza que rige los Edificios Hospitalarios (KhBauVO) para zonas concretas (p. ej., en cajas de escalera) y para fines especiales (p. ej., cuidado de niños) BGI/GUV-I 8681 |
| Centros comerciales  | | | | | | | Reglamento de "Puntos de venta" de la Ejecutiva de Salud y Seguridad en el Trabajo (BGR 202) |
| Tiendas  | | | | | | | Reglamento de "Puntos de venta" de la Directiva de puestos de trabajo (ArbStättV) de la Ejecutiva de Salud y Seguridad en el Trabajo (BGR 202) o barandilla suficiente. |

| Aplicación | Float | TG ¹ | TG-H | LSG compuesto de | | | Nota |
|--|-------|-----------------|------|------------------|-----------------|----|--|
| | | | | Float | TG ² | HS | |
| | | | | | | | |
| Aparcamientos  | | | | | | | Directiva de puestos de trabajo (ArbStättV), anexo 1.7 (4); ASR 8/4 y ASR 10/5 |
| Paradas de autobús  | | | | | | | Directiva de puestos de trabajo (ArbStättV), anexo 1.7 (4); ASR 8/4 y ASR 10/5 |
| Piscinas  | | | | | | | GUV-R 1/111, DIN 18361; vidrio protector hasta una altura de 2 m o barandilla suficiente. En el caso de una piscina deportiva, seguridad adicional contra el lanzamiento de bolas (waterpolo) según DIN 18032-3 |
| Gimnasios  | | | | | | | DIN 18032-1; vidrio plano, cerrado e inastillable hasta una altura de 2 m; seguridad contra el lanzamiento de bolas según DIN 18032-3 |
| Pistas de squash  | | | | | | | Las partes de vidrio de la pared posterior deben ser de vidrio templado de 12 mm como mínimo. |

- Importante** Según DIN 18008-2: el vidrio protector templado sin "heat soak" solo debe utilizarse para una altura de instalación por encima de la zona pública < 4 m y en la que ninguna persona permanezca directamente debajo del acristalamiento; de lo contrario, debe utilizarse vidrio templado con heat soak test.
- Importante** El vidrio laminado de seguridad elaborado con 2 vidrios templados no tiene capacidad de carga residual. En concreto, deben tenerse en cuenta los requisitos de la instalación.








7.6.5 Acristalamiento para trabajos en el interior sin protección frente a caídas

| Aplicación | Float | TG ¹ | TG-H | LSG compuesto de | | | Nota |
|---|-------|-----------------|------|------------------|-----------------|----|---|
| | | | | Float | TG ² | HS | |
| | | | | | | | |
| Vidrio pisable/ escaleras de vidrio  | | | | | | | ZIE obligatorio. DIN 18008-2, lista de regulaciones técnicas de edificación; tensiones admisibles según el acristalamiento horizontal de conformidad con DIN 18008-2; vidrio laminado de seguridad con láminas de PVB de un espesor nominal mínimo = 1,5 mm |
| Paredes de ducha  | | | | | | | EN 14428/A1 |
| Puertas totalmente de vidrio  | | | | | | | Directiva de puestos de trabajo (ArbStättV) con ASR 10/5, reglamento de "Puntos de venta" de la Ejecutiva de Salud y Seguridad en el Trabajo (BGR 202), si es necesario. |
| Puertas  | | | | | | | Directiva de puestos de trabajo (ArbStättV) con ASR 10/5, regla "Puntos de venta" de la Ejecutiva de Salud y Seguridad en el Trabajo (BGR 202), si es necesario. |
| Muros de separación/partición de oficinas  | | | | | | | ASR 8/4 |
| Recepciones  | | | | | | | Reglamento de "Puntos de venta" de la Ejecutiva de Salud y Seguridad en el Trabajo (BGR 202) y/o Directiva de puestos de trabajo (ArbStättV) con ASR 10/5 |

¹ **Importante** Según DIN 18008-2: el vidrio protector templado sin "heat soak" solo debe utilizarse para una altura de instalación por encima de la zona pública < 4 m y en la que ninguna persona permanezca directamente debajo del acristalamiento; de lo contrario, debe utilizarse vidrio templado con heat soak test.

² **Importante** El vidrio laminado de seguridad elaborado con 2 vidrios templados no tiene capacidad de carga residual. En concreto, deben tenerse en cuenta los requisitos de la instalación.

7.6.6 Vidrios de seguridad especiales

| Aplicación | Float | TG ¹ | TG-H | LSG compuesto de | | | Nota |
|---|-------|-----------------|------|------------------|-----------------|----|----------------------------------|
| | | | | Float | TG ² | HS | |
| | | | | | | | |
| Resistencia a robos  | | | | | | | EN 1627 |
| Resistencia a impacto y penetración  | | | | | | | EN 356 Regulación 2163 de VdS |
| Resistencia a rotura  | | | | | | | EN 356 y/o regulación EH VdS |
| Resistencia a las balas/disparos  | | | | | | | EN 1063, EN 1522 |
| Resistencia a la explosión  | | | | | | | EN 13541, EN 13123 |




¹ **Importante** Según DIN 18008-2: el vidrio protector templado sin "heat soak" solo debe utilizarse para una altura de instalación por encima de la zona pública < 4 m y en la que ninguna persona permanezca directamente debajo del acristalamiento; de lo contrario, debe utilizarse vidrio templado con heat soak test.

² **Importante** El vidrio laminado de seguridad elaborado con 2 vidrios templados no tiene capacidad de carga residual. En concreto, deben tenerse en cuenta los requisitos de la instalación.



Hounslow Civic Centre, Londres, Reino Unido | SunGuard® SNX 60
Arquitecto: Sheppard Robson Architects | Foto: © Rubin & Sampford Photography

7.6.7 Construcción de vidrio estructural

| Aplicación | Float | TG ¹ | TG-H | LSG compuesto de | | | Nota |
|---|-------|-----------------|------|------------------|-----------------|----|-----------------|
| | | | | Float | TG ² | HS | |
| | | | | | | | |
| Contrafuertes de vidrio, soportes de vidrio  | | | | | | | ZiE obligatorio |
| Estructuras totalmente de vidrio  | | | | | | | ZiE obligatorio |
| Estructuras de vidrio especiales  | | | | | | | ZiE obligatorio |

¹ **Importante** Según DIN 18008-2: el vidrio protector templado sin "heat soak" solo debe utilizarse para una altura de instalación por encima de la zona pública < 4 m y en la que ninguna persona permanezca directamente debajo del acristalamiento; de lo contrario, debe utilizarse vidrio templado con heat soak test.

² **Importante** El vidrio laminado de seguridad elaborado con 2 vidrios templados no tiene capacidad de carga residual. En concreto, deben tenerse en cuenta los requisitos de la instalación.

Los vidrios y combinaciones de vidrios Guardian adecuados para estas áreas de aplicación se encuentran en el capítulo 10.



Universidad de Innsbruck - Facultad de Arquitectura, Innsbruck, Austria
SunGuard® HD Light Blue 52 | Sistema ventilado, capa en el panel de impacto
Arquitecto: ATP Architects and Engineers | Foto: © pierer.net

| | | |
|--------------|---|-----|
| 8. | Construir con vidrio | 102 |
| 8.1 | Fachadas | 102 |
| 8.1.1 | Funciones de las fachadas | 102 |
| | Fachada caliente Fachada fría Fachada de doble piel: sistemas ventilados Tipos de fachadas ventiladas Sistemas interactivos (pasivos) Vidrio de control solar en el panel externo Condensación | |
| 8.1.2 | Construcciones de fachadas | 109 |
| | Fachada sistema Stick (sistema de montantes y travesaños) Acristalamiento estructural Definiciones Tipos de acristalamiento estructural Estándares europeos pertinentes para el acristalamiento estructural Vidrio de capa en aplicaciones de acristalamiento estructural Fachada con soporte puntual Fachada de membrana | |
| 8.2 | Impresión cerámica en el vidrio | 117 |
| 8.2.1 | Métodos de esmaltado | 118 |
| | Capas con rodillo Serigrafía Impresión digital | |
| 8.2.2 | Vidrio de antepecho | 119 |
| 8.2.3 | Esmaltado perimetral: Guardian System TEA | 121 |
| 8.2.4 | Impresión decorativa | 122 |

| | | |
|------------|---|-----|
| 8.3 | Vidrio de diseño | 124 |
| 8.3.1 | Impresión mediante transferencia en el vidrio | 124 |
| 8.3.2 | Vidrio laminado de seguridad de diseño | 125 |
| 8.3.3 | Intercalarios de color en el vidrio laminado | 125 |
| 8.3.4 | Vidrio laminado decorativo | 126 |
| 8.4 | Vidrio arquitectónico curvado | 126 |
| 8.4.1 | Curvado por gravedad | 127 |
| 8.4.2 | Vidrio curvado y templado | 128 |
| 8.4.3 | Formas de curvado | 128 |
| 8.4.4 | Requisitos | 129 |
| 8.4.5 | Tipos de vidrio adecuados | 129 |
| 8.4.6 | Determinación de la forma | 130 |
| 8.4.7 | Especificaciones | 131 |
| | Distorsiones ópticas locales Precisión del contorno Torsión (desviación de torsión) Desplazamiento de cantos Uniones tangenciales | |
| 8.4.8 | Especificaciones estáticas | 132 |
| 8.4.9 | Curvado en frío | 133 |
| 8.5 | Ascensores de vidrio | 135 |
| 8.6 | Interacción con radiaciones de onda larga | 136 |
| 8.6.1 | Acrilamiento atenuador de la reflexión de radar | 136 |
| | Atenuación de la reflexión de radar con el vidrio de capa SunGuard® RD | |
| 8.6.2 | Amortiguamiento de la radiación electromagnética de alta frecuencia/contaminación eléctrica | 139 |
| 8.7 | Acrilamiento antirreflectante | 141 |
| 8.8 | Acrilamiento bird-friendly (respetuoso con las aves) | 143 |
| 8.8.1 | ¿Cuál es el problema? | 143 |
| 8.8.2 | Evaluación de soluciones bird-friendly (respetuosas con las aves) | 143 |
| 8.8.3 | Soluciones de vidrio que ofrecen una mejor visibilidad a las aves | 144 |



Durante siglos, las personas han utilizado el vidrio para tapar “huecos de luz” en paredes externas sólidas. Sin embargo, esto ha cambiado drásticamente en las últimas tres décadas. Actualmente, el propio vidrio configura y conforma el espacio y delimita habitaciones, con lo que crea una arquitectura transparente que permite a las personas sentirse cerca de la naturaleza. Los expertos utilizan el término genérico “fachada” para describir toda construcción arquitectónica externa que sirve como protección contra los fenómenos meteorológicos y los peligros de cualquier tipo.

Además de la ciencia, la investigación y la tecnología, el arte y la arquitectura en concreto han dado pie a un sinfín de posibilidades en relación con las fachadas de vidrio. La estética, la funcionalidad y la construcción son los aspectos más importantes del uso del vidrio como elemento arquitectónico, y todos estos factores deben definirse con precisión al inicio del proyecto. El acabado de un vidrio en una fachada siempre influye en sus propiedades reflectantes, que pueden ir desde una reflectancia elevada, el reflejo de un color global o una reflectancia baja. El cambio de la luz natural debido a las condiciones meteorológicas, la posición cambiante del sol en el cielo, el color del cielo y el cambio estacional de la vegetación influyen en la reflectancia, y las condiciones de la luz interior también afectan la forma en que se ve el vidrio desde el exterior. Por lo general, las fachadas de vidrio están formadas por zonas transparentes y opacas que pueden fabricarse de modo que los espacios interiores sean visibles o bien se “neutralicen ópticamente” y se hagan “invisibles” mediante un tipo concreto de vidrio. Las reflexiones durante el día también influyen en si una persona que esté en la calle puede ver el interior del edificio.

La correspondencia de color entre una ventana transparente y una zona opaca solo es posible hasta cierto punto, ya que la impresión de color del panel transparente siempre se ve afectada por la habitación que hay detrás del panel y sus condiciones de iluminación. Además de la función original de una fachada de proporcionar protección, también hay que centrarse en otros criterios decisivos relacionados con la funcionalidad, especialmente para las fachadas de vidrio. No solo existe la posibilidad de obtener energía de la fachada, sino que también hay que tener en cuenta la protección contra el calor en verano (→ capítulo 5). Con respecto a la periferia constructiva de hormigón, acero o aluminio, siempre debe garantizarse que, además de las cargas estáticas causadas por el viento, la succión y la nieve, también se tiene en cuenta el peso del vidrio.

8.1 Fachadas

Por lo general, las fachadas de vidrio deben mirarse desde dos perspectivas: la función y la construcción.

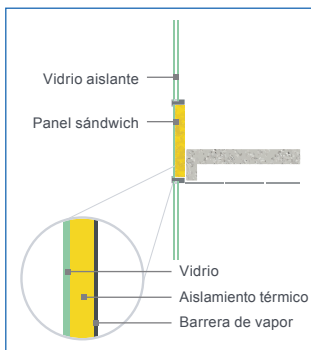
8.1.1 Funciones de las fachadas

La función de la fachada describe el modo de operación de la envoltura del edificio. Generalmente hay tres posibilidades:

8.1.1.1 Fachada caliente

La fachada caliente describe un sistema de una única envoltura en el que el aislamiento térmico con una barrera de vapor interna se conecta a un panel de vidrio (panel tipo sándwich). Este sistema de una envoltura se ubica detrás de un panel opaco de vidrio que lo protege de los fenómenos meteorológicos.

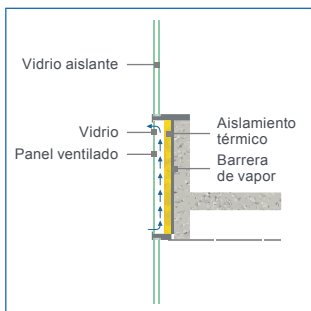
Este panel tipo sándwich se instala en la construcción de fachada como un todo por debajo del vidrio aislante transparente y se acopla mediante bandas de fijación. La resistencia a la difusión del vapor se logra aplicando un sellante en los cantos. De este modo, los elementos opacos y transparentes no solo sirven para cerrar la habitación y protegerla del clima, sino también para proteger la habitación del calor excesivo y del ruido y, si es necesario, para impedir que el fuego penetre en la habitación. Estos paneles opacos necesitan un marco de sujeción a cuatro lados.



Los tipos de vidrio adecuados son el vidrio float esmaltado o un acristalamiento simple SunGuard HD (→ capítulo 10, tabla 17).

8.1.1.2 Fachada fría

La construcción física y las funciones técnicas se consiguen mediante una estructura de dos capas. La envoltura externa se utiliza para la protección contra los fenómenos meteorológicos así como para el diseño visual. Está diseñada con un acristalamiento ventilado para poder eliminar el calor atrapado y la humedad. Este panel suele elaborarse con vidrio transparente o de control solar y frecuentemente esmaltado, con correspondencia de color con la ventana transparente. Las opciones de instalación pueden ser de sujeción a cuatro lados, a dos lados o mediante sistemas de sujeción puntuales, que permiten un espectro amplio de diseños. Debajo de las ventanas de vidrio aislante transparente, el aislamiento térmico del muro se consigue mediante paneles aislantes colocados detrás de la capa externa de vidrio.



Un tipo de vidrio típico es el vidrio float esmaltado (→ capítulo 10, tabla 17).



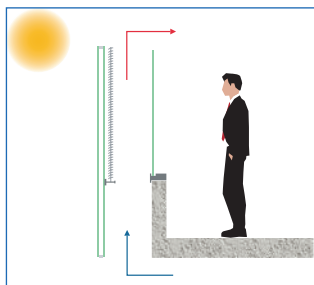
8.1.1.3 Fachada de doble piel: sistemas ventilados

Las fachadas ventiladas son muy innovadoras. Tienen varias ventajas, así como otras muchas características. Estas incluyen, concretamente, la optimización con respecto a la gestión de energía, el aislamiento térmico y, sobre todo, la selectividad dinámica relacionada con la incorporación de protección solar mecánica situada en la cámara ventilada, el aislamiento acústico y, por último, la posibilidad de proporcionar ventilación y más confort.

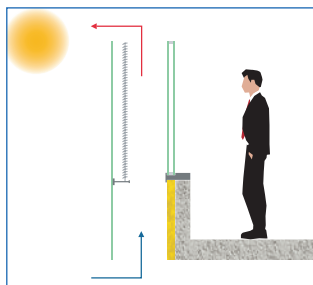


Süddeutscher Verlag, Múnich, Alemania
SunGuard® HD Neutral 67 | Fachada de doble piel, capa dentro del laminado
Arquitecto: GKK | Foto: © GKK+Architekten, Oliver Kuhn; Foto: Claus Graubner

8.1.1.3.1 Tipos de fachadas ventiladas



Sistema activo



Sistema interactivo

Hay dos sistemas: el activo y el interactivo (pasivo). Los sistemas activos tienen una capa exterior de vidrio aislante frente a la cámara ventilada. El intercambio de aire se produce artificialmente y se realiza dentro del edificio mediante intercambiadores de calor. En invierno, esto tiene la ventaja de que se puede ahorrar la energía necesaria para la calefacción mediante la recuperación de calor. Para la capa externa de vidrio aislante pueden emplearse los tipos de vidrio habituales.

Un tipo especial de sistema ventilado es la denominada “fachada de cámara cerrada” (CCF). Proporciona un espacio de aire encapsulado entre las capas interna y externa pero no está sellado herméticamente. Aire seco y limpio se introduce constantemente en la cámara para evitar la formación de condensación. La ventaja de este sistema es el coste significativamente reducido en la limpieza y el mantenimiento.

8.1.1.3.2 Sistemas interactivos (pasivos)

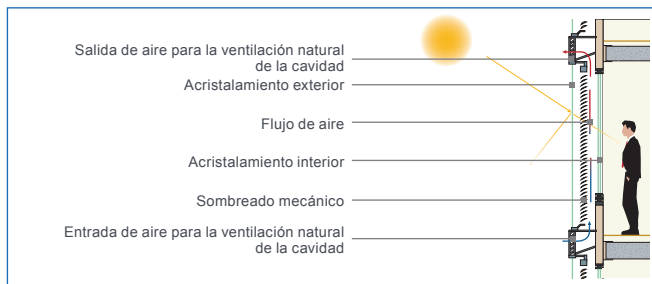
En cuanto a los sistemas de fachadas ventiladas, los sistemas interactivos son, de lejos, los más habituales. El intercambio de aire tiene lugar entre la cámara y el entorno exterior. Se crea una convección natural a través de aberturas definidas que normalmente se encuentran por encima y por debajo del vidrio externo. También son posibles las fachadas de vidrio suspendidas frente a una construcción convencional, así como las fachadas con ventanas de tipo caja que tienen un vidrio externo fijo o practicable.

El objetivo es reflejar una parte de la energía solar de onda corta directamente en el vidrio externo para que la acumulación de calor en la cámara se reduzca y, a su vez, la carga térmica. El uso de capas es especialmente beneficioso en combinación con una protección luminosa y solar adicional en la cámara.

También se alcanzan valores g aceptables cuando las persianas se enrollan por completo o se dejan en un estado intermedio. La selectividad dinámica que se puede lograr de esta manera hace que el sistema ventilado sea particularmente atractivo.



Mientras que el acristalamiento interno de un sistema pasivo es un doble o triple vidrio aislante convencional, para el acristalamiento externo monolítico se suele utilizar un vidrio laminado de seguridad (a menudo compuesto de vidrio termoendurecido). Su capacidad de carga residual garantiza la máxima seguridad en caso de rotura.



Construcción interactiva (pasiva)

8.1.1.3.3 Vidrio de control solar en el panel externo

La aplicación de una capa de control solar transparente en el panel externo ventilado puede reducir notablemente el factor solar general del sistema, al reflejar una parte de la radiación solar de onda corta ya en el componente más externo antes de entrar en el sistema. Puede reducirse el uso de sombreado mecánico o incluso pueden dejarse las persianas totalmente enrolladas, en comparación con otras soluciones que no cuentan con una capa de protección solar. Por tanto, el usuario tiene la oportunidad de utilizar la protección solar de una manera más eficaz (ya sea abierta o en estados intermedios) sin correr el riesgo de un calor excesivo. Como resultado, puede entrar más luz natural en la habitación y el usuario puede disfrutar de una vista sin obstáculos desde el interior hacia el exterior durante más tiempo. Esto puede contribuir significativamente a mejorar el factor de confort.

Si se utiliza la capa en contacto con el espacio de aire ventilado, debe ser resistente y adecuada para aplicaciones monolíticas, como la serie SunGuard HD (High Durable, "alta resistencia"). Esto ofrece muchas posibilidades con varios tipos de láminas, como SentryGlas o EVA, sin limitaciones relacionados con el rendimiento estructural, la compatibilidad o la clasificación de seguridad.

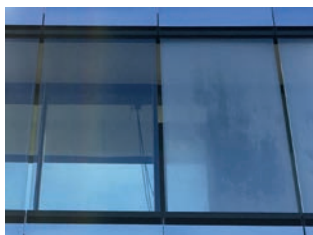
Si están en contacto con la lámina del vidrio laminado, las capas deben ser compatibles con el material de la lámina y, si se requiere vidrio protector, deben tener la certificación según los estándares pertinentes.

Los motivos para usar SunGuard HD en contacto con la lámina pueden ser la menor reflectancia exterior y la mayor transmisión de luz, que conlleva un aumento de la selectividad. La combinación de SunGuard HD con láminas de PVB de absorción solar puede mejorar todavía más el rendimiento de control solar y, en concreto, la selectividad del panel externo ventilado.

Para consultar combinaciones adecuadas de vidrio laminado para sistemas ventilados utilizando la gama SunGuard HD y la entrecapa de PVB, consulte el selector de productos (→ capítulo 10).

8.1.1.3.4 Condensación

Dependiendo de la posición del edificio y de las condiciones climáticas adversas, la condensación puede producirse en el lado interno del panel de vidrio exterior de las construcciones con ventilación pasiva. Son especialmente críticas las horas de la mañana en primavera y otoño. Esto puede alterar notablemente la visión desde el interior.

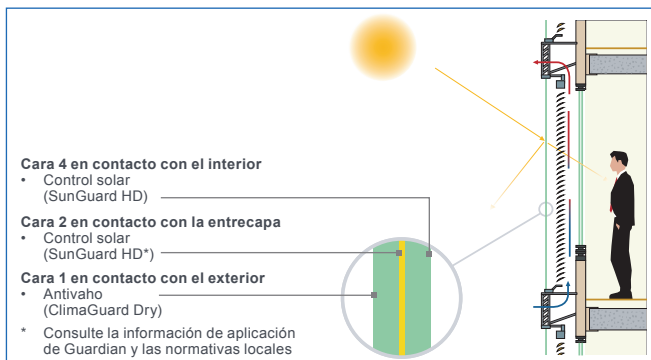


Lado izquierdo: Con capa anticondensación, ClimaGuard Dry. Lado derecho: Condensación normal en el lado interno del panel exterior de un sistema ventilado.

Las soluciones contra este fenómeno natural son las capas anticondensación como Guardian “ClimaGuard Dry”. Una capa extrarresistente diseñada especialmente se aplica en el panel de vidrio externo, lo que reduce la condensación. Es fundamental considerar el uso de este vidrio en la etapa de planificación del proyecto, ya que no es posible aplicar dichas capas después de la instalación.

La capa antivaho debe instalarse en la cara n.º 1 (en contacto con el exterior) del acristalamiento secundario para garantizar la mejor funcionalidad posible.

Las pruebas realizadas en condiciones reales de construcción han demostrado que esta solución proporciona temperaturas superficiales ligeramente superiores en comparación con una superficie externa sin capa. Esta diferencia de temperatura reduce significativamente la aparición de condensación. Mientras que el acristalamiento secundario sin capa muestra condensación durante muchas horas, en las mismas condiciones, el vidrio recubierto permanece transparente y libre de gotas de agua.



Uso de capas funcionales en el panel externo de las construcciones interactivas (pasivas)



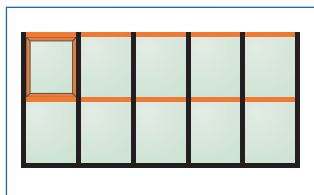
BGL BNP Paribas, Luxemburgo, Luxemburgo
ClimaGuard® Dry | Fachada de doble piel, capa anticondensación en la superficie exterior
Arquitecto: M3 Architectes | Foto: © Frank Weber

8.1.2 Construcciones de fachadas

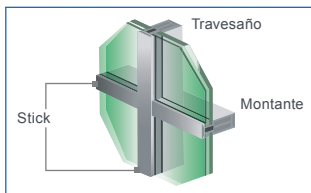
La sujeción del vidrio al edificio y la envoltura es tan importante como la propia función.

8.1.2.1 Fachada sistema Stick (sistema de montantes y travesaños)

La mayoría de las fachadas actuales siguen estando formadas por postes y vigas. Aquí, los postes de carga se extienden desde el bajo hasta el tejado del edificio de una manera fija y estéticamente agradable y a una distancia entre ellos determinada estáticamente y técnicamente viable. Estos postes se anclan a la estructura del edificio y le transfieren todas las cargas aplicadas. Así, todas las reacciones mecánicas en la parte superior se cruzan con un número definido de vigas horizontales que soportan el peso del vidrio y lo transfieren a los postes. Después de instalar el vidrio y colocar con precisión los calzos de acristalamiento, se fijan tapetas de compresión mediante tornillos, tanto en los postes como en las vigas. Las tapetas de compresión sujetan y sellan los elementos de vidrio. A fin de evacuar la humedad acumulada causada por el agua de condensación en la zona inferior, se instala un drenaje interno con una abertura al exterior. La terminación se suele realizar con tapetas decorativas, que se fijan mediante clipaje y están disponibles en casi todos los colores de anodizado o lacado. Estas tapetas influyen principalmente en el aspecto estético externo. Las fachadas con sistema Stick suelen ir equipadas con una junta seca (perfiles de goma).



Fachada de sistema Stick



Una fachada Stick consiste en un travesaño o poste (barra vertical entre los paneles de vidrio) y un montante o viga (barra horizontal entre los paneles de vidrio).

Hay numerosos sistemas disponibles en el mercado, que pueden ser extremadamente finos o muy gruesos, según la función de la fachada y el aspecto visual de la misma que se quiera lograr. Por lo general, los perfiles extremadamente finos no tienen una función obvia como ventana y se instalan en edificios ventilados o con aire acondicionado para no interrumpir el sofisticado diseño en cuadrícula. Las construcciones de montantes y travesaños son sistemas aprobados y, en la mayoría de los casos, pueden utilizarse sin ninguna restricción legal.



Burj Khalifa, Dubái, Emiratos Árabes Unidos | SunGuard® HD Silver 20 |
Aplicación de sellante estructural
Arquitecto: Skidmore, Owings & Merrill LLP

8.1.2.2 Acristalamiento estructural

8.1.2.2.1 Definiciones

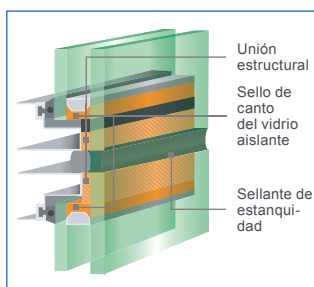
Una fachada de acristalamiento estructural está diseñada como un marco de aluminio al que se adhiere una unidad de vidrio aislante especial mediante siliconas de acristalamiento estructural. Este sistema de aluminio y vidrio se encuentra suspendido en una construcción de muro cortina convencional. Desde el lado exterior, solo son visibles el vidrio y, en función del sistema, el sellante de estanquidad.

Características principales:

- Técnica de unión adecuada para el material involucrado
- No hay cambios microestructurales en los componentes (p. ej., soldadura)
- Función de transferencia de carga
- No hay picos de estrés locales debidos a la transferencia fuerzas a través de la zona adhesiva plan
- Estabilidad de la silicona a lo largo del tiempo (adhesión, resistencia UV, resistencia térmica)
- Seguridad en cargas mecánicas extremas (terremotos, ciclones tropicales, explosiones, etc.)

Una unión de acristalamiento estructural típica consta de lo siguiente:

- Unión estructural que proporciona una conexión estática eficaz
- Sellado de cantos del vidrio aislante dimensionado según carga de viento y peso propio.
- Sellante de estanquidad



Las siliconas estructurales proporcionan un módulo de cizalla y un módulo de Young elevados para la compensación o la transferencia mecánica

- Cargas dinámicas (succión del viento, presión del viento, cargas de uso)
- Cargas estáticas (peso propio y de nieve)
- Diferencias en las dilataciones térmicas de los materiales involucrados, como el vidrio y el aluminio



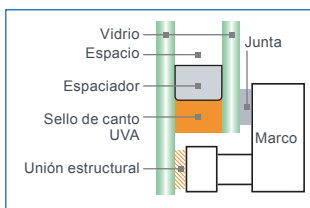
Dado que los sistemas de acristalamiento estructural suelen encontrarse delante de las subestructuras de muro cortina, los materiales sellantes no están protegidos mediante ningún perfil ni se protegen de la radiación UV. Por este motivo, los requisitos de resistencia UV son muy elevados. Los sellantes de vidrio aislante normales basados en polímeros orgánicos como el polisulfuro o el poliuretano, que se componen de enlaces carbono-carbono y carbono-oxígeno, no resisten la radiación en el rango UV-A. Los enlaces se destruyen y los sellantes pierden su rendimiento mecánico y químico. Los enlaces silicio-oxígeno de las siliconas tienen una energía de unión mucho más elevada que corresponde a la energía de la radiación UV-C. Esta radiación no llega a la superficie de nuestro planeta en condiciones normales.

En comparación con los sellantes poliméricos orgánicos, las siliconas también son hidrofóbicas y ofrecen una mayor flexibilidad.

8.1.2.2.2 Tipos de acristalamiento estructural

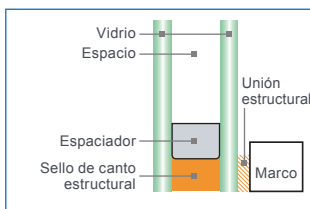
Vidrio (aislante) decalado estructural

- Unión estructural entre el vidrio y la subestructura: metal (p. ej., aluminio o acero inoxidable) u otros materiales del panel
- Siliconas de alto módulo
- Funcionalidad estructural y transferencia de carga en el panel externo



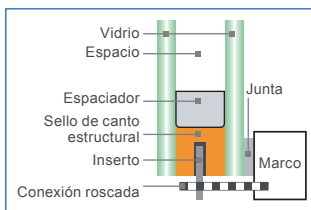
Vidrio aislante estructural

- Unión estructural entre el vidrio y la subestructura
- Sellantes del vidrio aislante estructural
- Siliconas de alto módulo
- Las siliconas del UVA estructural nunca deben usarse como adhesivos de acristalamiento estructural.
- Funcionalidad estructural y transferencia de carga en el panel externo e interno



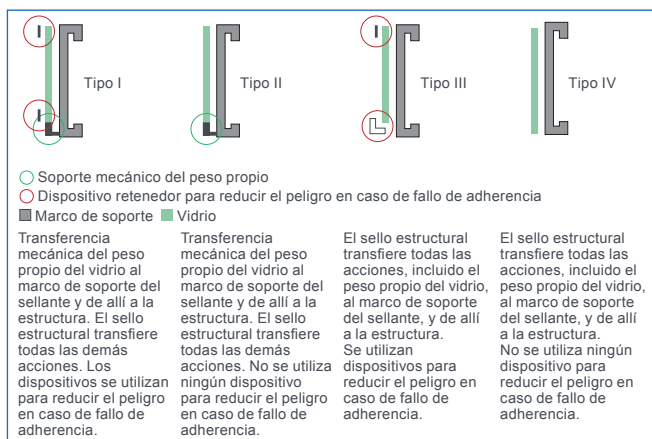
Sistema de insertos

- Sellantes del vidrio aislante estructural
- conexión atornillada entre el sellado del canto (perfil en U) y la subestructura
- Siliconas de alto módulo
- Funcionalidad estructural y transferencia de carga a través del sellado del canto



8.1.2.2.3 Estándares europeos pertinentes para el acristalamiento estructural

- ETAG 002 Guía para la Aprobación Técnica Europea de Unidades de Sellante Estructural de Acristalamiento
- EN 13022 Vidrio en la construcción: Acristalamiento con sellante estructural
 - Parte 1: Productos de vidrio para sistemas de acristalamiento con sellante estructural para acristalamientos monolíticos y múltiples con y sin soporte
 - Parte 2: Reglas de ensamblaje
- EN 15434 Vidrio en la construcción: estándar de producto para sellante estructural y/o resistente a la radiación ultravioleta (para el uso con sellante estructural de acristalamiento o unidades de vidrio aislante con sellantes expuestos).
- EN 1279 Vidrio aislante
- DIN 18008 Vidrio en la construcción: reglas de diseño y construcción



Categorías de acristalamiento estructural según ETAG 002

8.1.2.2.4 Vidrio de capa en aplicaciones de acristalamiento estructural

Según ETAG 002-1, el vidrio multifuncional (sin la aprobación de un organismo notificado para aplicaciones monolíticas como SunGuard HP, SunGuard SN y SunGuard SNX o el vidrio aislante térmicamente low-E como ClimaGuard) no es adecuado para el acristalamiento estructural sobre la capa. En consecuencia, en este caso, se debe eliminar la capa en las zonas de contacto con el sellante estructural. Algunas capas de la gama de productos SunGuard HD que son adecuadas para aplicaciones monolíticas pueden utilizarse en acristalamiento estructural.

Normalmente, las aplicaciones con unión estructural deben ensayarse y aprobarse. Si se requiere una certificación europea para el acristalamiento estructural de acuerdo con ETAG 002-1, póngase en contacto con Guardian para obtener información detallada sobre los tipos de vidrio adecuados y las combinaciones de capa-sellante ensayadas que cumplen con los requisitos de ETAG 002-1.

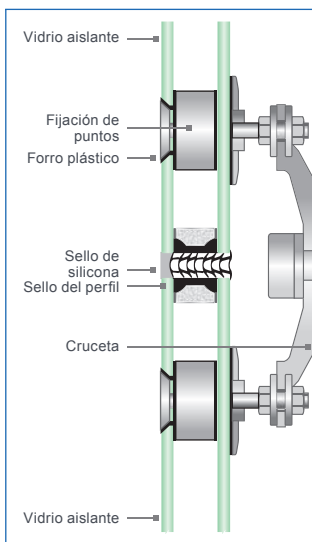
Otra opción cuando se usa vidrio arquitectónico de capa de alto rendimiento (SunGuard SN, SNX o HP) en aplicaciones estructurales es "Guardian System TEA". Se trata de un sistema de esmaltado especial que puede aplicarse directamente a la superficie de capa. Tras el tratamiento térmico, la capa se disuelve por completo y solo queda vidrio y esmalte. Este sistema ha sido ensayado y aprobado para la mayoría de las capas SunGuard tratables térmicamente de Guardian. El esmalte es muy estable mecánica y químicamente, y la superficie ópticamente homogénea ofrece una adhesión fiable para aplicaciones estructurales. Guardian System TEA se ha ensayado y certificado para varios sellantes estructurales según ETAG 002-1. Para obtener información detallada, póngase en contacto con Guardian. (→ capítulo 8.2.3)

8.1.2.3 Fachada con soporte puntual

Esta técnica de fachada se basa en conexiones de carga puntuales como únicos soportes. En este sistema, las cargas activas sobre el acristalamiento se transmiten a los anclajes puntuales que habitualmente admiten movimientos de giro, de esta forma las cargas son transferidas a través de conexiones metálicas a la estructura principal.

En el método convencional, los herrajes puntuales de anclaje atraviesan el vidrio, estos se cubren con un material elástico para evitar el contacto entre el vidrio y el metal y se fijan con contra tuercas. Estos elementos de sujeción sobresalen de la superficie del vidrio. Una alternativa son taladros cilindro-cónicos, que permiten la sujeción mediante herrajes cónicos especiales que amordazan el vidrio en la zona de los cantos de los taladros. Este método permite obtener superficies de fachada uniformes sin ningún elemento saliente. Otro desarrollo son los anclajes puntuales, que se colocan al nivel de las láminas de PVB y, así, forman un vidrio laminado de seguridad en el que el panel externo es plano y el panel posterior tiene roscas de conexión salientes para el montaje. Las dimensiones del acristalamiento para este tipo de construcción tienen en cuenta la deformación admisible de los paneles y la flexibilidad de los accesorios. El estrés mecánico generado por las cargas se transmite a través de los soportes puntuales sin ninguna restricción en la construcción de carga.

Las uniones entre los elementos de la fachada de vidrio individuales se sellan con sistemas de cierre resistentes a la radiación UV. De esta manera, pueden construirse fachadas adicionales mediante vidrios monolíticos, así como fachadas acristaladas aislantes. En el último caso, la zona baja del vidrio se ventila mediante sistemas adecuados para drenar el agua de condensación.



Fachada con soporte puntual



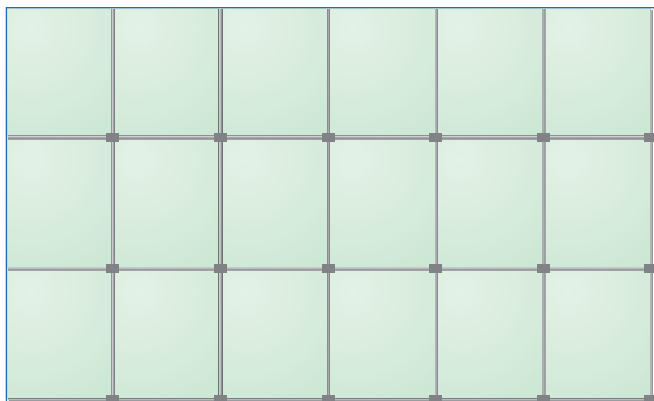
Fachada con soporte puntual
Intersección: impresión visual



En países como Alemania, las fachadas con soporte puntual no son productos de construcción regulados (en términos de normativa legal de construcción) y, por tanto, deben aprobarse para la construcción en cada caso concreto.

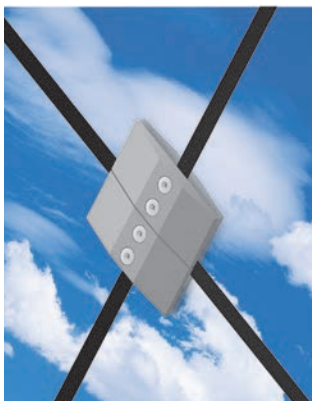
8.1.2.4 Fachada de membrana

En los últimos años, se ha desarrollado una variante de la fachada con soporte puntual con orificios perforados en el acristalamiento. Como si se tratara de una raqueta de tenis, toda la fachada se encuerda con una red de cables de acero en una dimensión de cuadrícula de los paneles de vidrio.



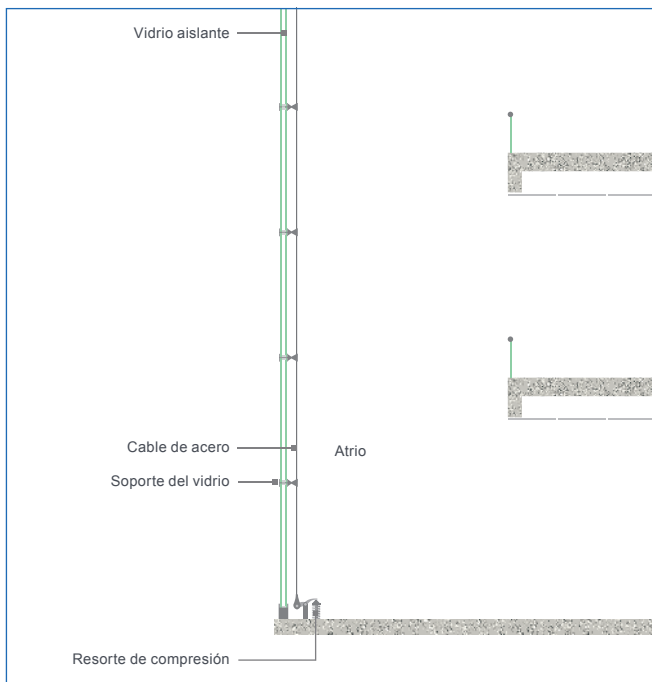
Fachada de membrana desde el lado de la construcción

Las uniones de los cables horizontales y verticales se fijan mediante sujeciones, que al mismo tiempo sirven como accesorios para el vidrio de la fachada en las cuatro esquinas correspondientes. Las cargas que afectan la fachada se transfieren a través de estos accesorios a los cables, desde donde se conducen a la construcción del marco de carga. Debido al sellado de las juntas, parecido al del diseño de soporte puntual, la red de cables desaparece ópticamente detrás de los cantos del vidrio, lo que ofrece una perspectiva libre de elementos constructivos a través de la fachada.



Fachada de membrana
Intersección: impresión visual

El posicionamiento de los elementos de sujeción en las esquinas sin perforaciones aumenta las concentraciones de estrés y permite una mayor libertad dimensional.



Fachada de membrana

El pretensado de las cuerdas se logra garantizando que toda la zona pueda deformarse bajo carga y que todas las funciones se mantengan antes de transmitir los picos de carga a través de las cuerdas verticales a la base y al marco del tejado. Esta construcción requiere la aprobación en cada caso individual.

8.2 Impresión cerámica en el vidrio

Los esmaltes para vidrio se han desarrollado cuidadosamente para imprimirse y vitrificarse sobre vidrio float sódico-cálcico normal. Durante el proceso de templado del vidrio, estos esmaltes se funden y se fusionan permanentemente con la superficie del vidrio para formar una capa cerámica de color.



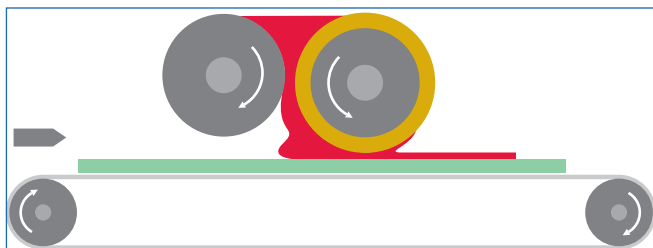
Un esmalte típico consiste en una mezcla de frita de vidrio y pigmentos de color junto con solventes de base acuosa o de aceite y diluyente. Según el método de aplicación, la composición puede variar significativamente. Una pintura cerámica (esmalte) puede aplicarse con varias técnicas: serigrafía, aplicación con rodillo, impresión digital, pulverizado, aplicación de cortina o manualmente.

Después de un proceso de secado especial, el esmalte se funde durante el templado a 500 ... 650 °C y se fusiona con el sustrato. El resultado es una capa cerámica resistente a la radiación UV y estable mecánicamente y químicamente.

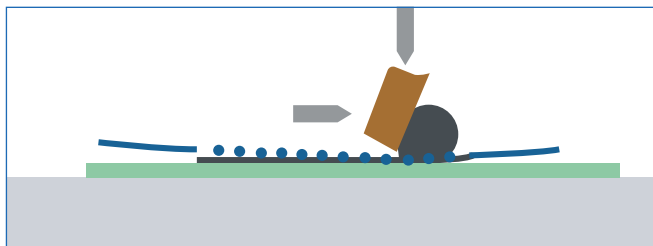
8.2.1 Métodos de esmaltado

8.2.1.1 Capas con rodillo

El esmaltado con la técnica de rodillo permite aplicar la pintura de una manera uniforme y ajustable con precisión. Debido al aumento del espesor del esmalte, garantiza una densidad visual alta y un aspecto homogéneo. Esta tecnología se utiliza para cubrir zonas grandes (como antepechos) o para el esmaltado de cantos y es ideal para grandes cantidades.



8.2.1.2 Serigrafía



La impresión serigráfica de un color realizada directamente en el vidrio tiene una larga tradición. El esmalte se presiona a través de las partes abiertas de la malla con un raspador. En primer lugar, la malla se prepara técnicamente en secciones abiertas (que se imprimirán) y secciones cerradas (que no se imprimirán). Las secciones abiertas forman el motivo que se imprimirá con ayuda del color. La impresión mediante la técnica serigráfica permite la aplicación de patrones de diseño especiales en una superficie de vidrio, pero también la posibilidad de cubrir zonas más grandes. El espesor del esmalte se puede ajustar con precisión según los parámetros serigráficos y el consumo de esmalte es menor en comparación con otras técnicas. Esta tecnología es ideal para grandes volúmenes y adecuada para la impresión de diseño y de cantos. Un inconveniente es el coste de fabricación comparativamente alto de las pantallas de serigrafía.

8.2.1.3 Impresión digital

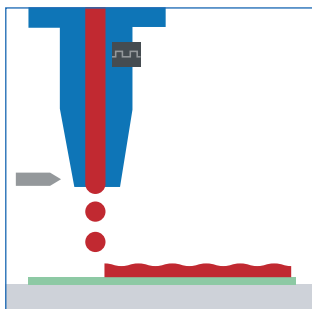
La impresión digital es una técnica relativamente nueva para aplicar imágenes o patrones de diseño a la superficie de vidrio. Esta tecnología implica el uso de una impresora de vidrio digital, tinta cerámica digital y, por lo general, también software de procesamiento de imágenes.

La impresora cuenta con cabezales de impresión con boquillas y fijación de tinta (secado inmediato de las gotas), lo que permite un proceso de un solo pase incluso en diseños multicolor. Un emisor de pulsos piezoeléctrico libera gotitas de tinta individuales de una manera muy precisa. La tinta de impresión digital se adapta al hardware de la impresora con boquillas muy finas.

Las ventajas son la alta flexibilidad de diseño y que no hay costes de pantalla de serigrafía.

8.2.2 Vidrio de antepecho

El vidrio de antepecho es el vidrio que oculta los componentes estructurales del edificio, como columnas, suelos, sistemas de aire acondicionado, cableado eléctrico, tuberías, etc. El vidrio de antepecho normalmente se encuentra entre los vidrios de visión en cada piso de un edificio.

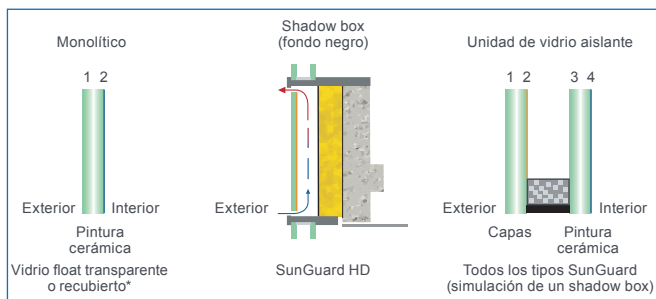




Los muros cortina y los diseños de acristalamiento estructural a menudo requieren el uso de vidrio de antepecho para lograr la visión del diseñador del proyecto final. Las aplicaciones de vidrio de antepecho pueden ser complementarias o de contraste de color en comparación con la apariencia del vidrio de visión. Por lo general, el vidrio de antepecho debe tratarse térmicamente para evitar la rotura por estrés térmico debida a la elevada absorción de energía (→ capítulo 9). Guardian tiene experiencia con aplicaciones de vidrio de antepecho y puede ayudar a los arquitectos y propietarios de edificios a lograr la apariencia deseada y, a la vez, minimizar el riesgo de rotura por estrés térmico.

Cuando se especifica un vidrio de visión con una alta transmisión de luz o una baja reflexión externa, conseguir una coincidencia de color exacta entre el vidrio de antepecho y el vidrio de visión es un reto. Las condiciones de luz diurna pueden tener un efecto muy importante en la percepción de la visión para la apariencia de antepecho. Por ejemplo, un día soleado claro y brillante proporciona una apariencia más reflectante, lo que mejorará la similitud entre visión y antepecho. Un día nublado y gris puede permitir una mayor transmisión visual desde el exterior y producir un mayor contraste entre el vidrio de visión y el vidrio de antepecho. Guardian recomienda elaborar y aprobar una maqueta exterior en tamaño real para confirmar la opción de antepecho más deseable para un proyecto concreto.

El vidrio de antepecho puede estar compuesto por un vidrio float transparente o recubierto* opacificado (imagen de la izquierda), un vidrio de capa reflectante (imagen central) o una unidad de vidrio aislante formada por un vidrio de control solar como panel exterior y un panel interior opacificado sin recubrir (imagen de la derecha).



Configuraciones del vidrio de antepecho

El vidrio de capa reflectante SunGuard® HD permite la aplicación como antepecho monolítico. Esto proporciona una solución económica que es adecuada para muchas aplicaciones. Si no puede alcanzarse la correspondencia adecuada con la solución del antepecho monolítico, puede considerarse la posibilidad de usar un antepecho de acristalamiento aislante.

* consulte los tipos adecuados en el capítulo 10.3

Para proyectos de mayor envergadura, se recomienda elaborar una maqueta en tamaño real para verificar la correspondencia de color entre la visión (ventana) y el antepecho.

→ el capítulo 10.3 ofrece recomendaciones de antepecho para el vidrio arquitectónico SunGuard.

8.2.3 Esmaltado perimetral: Guardian System TEA

En los diseños de construcción modernos, en muchas situaciones se requiere la impresión de cantos de cerámica parcial o perimétrica. Por ejemplo:

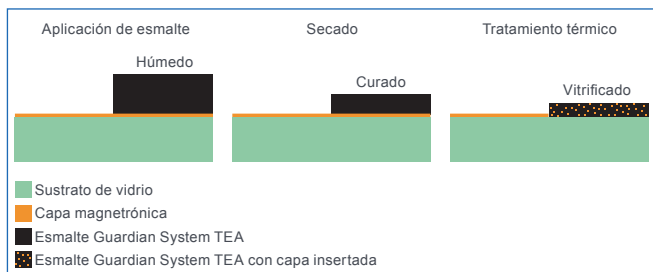
- Acristalamiento estructural
- Esquinas totalmente de vidrio
Corregir tamaño y alineación
- Ventanas de vidrio con lamas
- Lamas de vidrio
- Ventanas de guillotina superior y lateral en fachadas totalmente acristaladas

Normalmente, el esmaltado perimetral en combinación con el vidrio de capa arquitectónico se realiza mediante tecnología de corte a medida, con el inconveniente de que puede haber más pasos de manipulación, posibles problemas de calidad y plazos más largos.

Con la pintura cerámica, las capas compatibles pueden imprimirse, pero a menudo muestran un cambio de color no deseado.

Una nueva tecnología (desarrollada con la empresa Ferro) para la impresión cerámica de las capas arquitectónicas es “Guardian System TEA” (TEA = True Edge Application).

Este esmalte especial se aplica directamente a la capa. Durante el proceso de tratamiento térmico (vitrificación), la capa se disuelve completamente. El esmalte System TEA se fusiona con el vidrio y crea un enlace fuerte (comparable al esmalte estándar del vidrio float). Después de enfriarse, el material de la capa se inserta totalmente en el esmalte, de forma parecida a los pigmentos de color. Este sistema patentado ofrece la eliminación de cantos y el esmaltado en un solo paso.



Guardian System TEA: proceso



El esmalte System TEA se puede aplicar mediante rodillo o serigrafía. La mayoría de las capas SunGuard y ClimaGuard tratables térmicamente de Guardian, así como el vidrio antirreflectante Clarity, son compatibles y se han probado en organismos de ensayo notificados.

La superficie del esmalte System TEA también es adecuada y está certificada para aplicaciones de sellado estructural. Para obtener más información sobre las combinaciones probadas, consulte los Servicios Técnicos de Guardian.

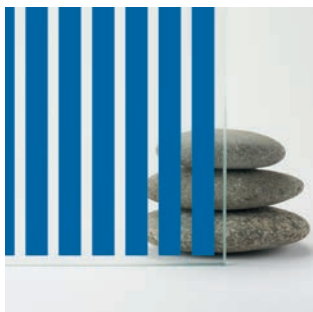
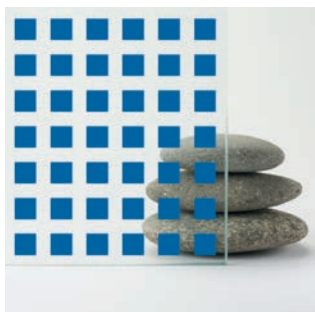


La Casa del Desierto, Gorafe, España
SunGuard® SNX 60 I con esmalto
perimetral System TEA I Arquitecto: OFIS
architects I Foto: © Gonzalo Botet

8.2.4 Impresión decorativa

En la arquitectura moderna, no solo se mejora en términos funcionales el diseño de los paneles de antepechos, sino que los elementos transparentes también adquieren aspectos cada vez más visuales y funcionales. El vidrio ofrece una variedad incomparable a la de cualquier otro material de construcción. El diseño puede ser un ornamento decorativo, un símbolo o incluso una ilustración o áreas traslúcidas. Las áreas que pueden diseñarse con vidrio decorativo son múltiples. En los apartamentos modernos, las oficinas, los restaurantes y los hoteles, por ejemplo, los vidrios de diseño como particiones y cubiertas mantienen un equilibrio entre la separación y la unión con un énfasis individual. Los vidrios con estos componentes de diseño alcanzan un gran atractivo estético y más protección solar. Además, garantizan al mismo tiempo la coherencia y la consistencia del color. Junto con el vidrio de control solar, ofrecen alternativas adicionales para el diseño de fachadas modernas.

Normalmente, las técnicas que se utilizan son la serigrafía y la impresión digital (→ capítulo 8.2.1).



En combinación con capas arquitectónicas, deben tenerse en cuenta diferentes escenarios y consecuencias.

1. Impresión entre la superficie de vidrio y la capa (n.º 2)

- Para capas no templables
- Requiere tecnología de corte a medida
- No hay cambio de color en la apariencia exterior
- Influye en el rendimiento térmico y de energía solar de la capa
- Pasos de producción adicionales
- Riesgos de calidad
- Problemas logísticos y de plazos

2. Impresión encima de la capa (n.º 2)

- Uso exclusivo de capas templables
- Las capas deben ser compatibles con el esmalte
- Alta flexibilidad
- Posible cambio de color en la apariencia exterior
- Pérdida de rendimiento térmico (baja emisividad) en las zonas esmaltadas



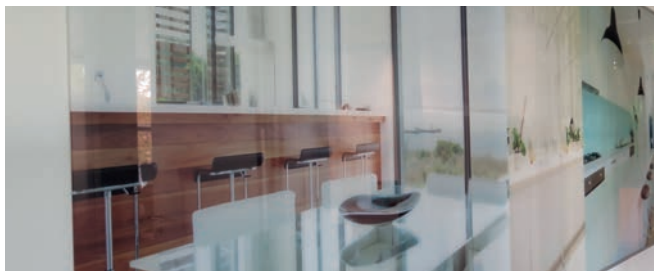
3. La impresión (n.º 1) y la capa (n.º 2) se encuentran en superficies opuestas del vidrio (→ capítulo 9.10.2.3)
- Esmalte especial adecuado para aplicaciones en cara 1 (exterior)
 - Uso exclusivo de capas muy resistentes y estables mecánicamente (como SunGuard HD)
 - Se recomiendan pruebas de viabilidad relacionadas con el procesado
 - Alta flexibilidad
 - No hay cambio de color

8.3 Vidrio de diseño

Además del esmaltado, actualmente hay otros procesos disponibles para la producción de vidrios de diseño.

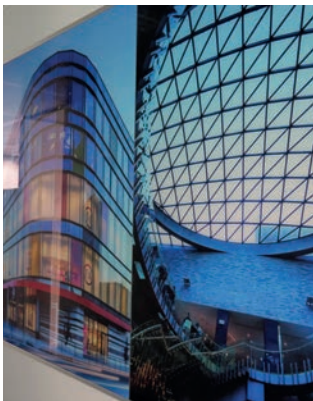
8.3.1 Impresión mediante transferencia en el vidrio

La impresión por transferencia ofrece una alternativa para conseguir una impresión multicolor en lugar de la impresión unicolor de la serigrafía. Además, los colores cerámicos y esmaltados también pueden transferirse mediante la impresión digital a películas de transferencia, con lo que se reproducen patrones multicolor. Posteriormente, estas películas impresas se fijan en los vidrios que se van a templar. Durante el proceso de templado, estas películas de transferencia se queman sin dejar residuos y los colores pintados se adhieren como se ha descrito anteriormente. Aparte de todos los tipos de ornamentos, este método también puede generar ilustraciones de calidad similar a la de las fotografías a color.



8.3.2 Vidrio laminado de seguridad de diseño

Ilustraciones de gran tamaño, como la tecnología de diapositivas del pasado, se producen con el mismo método de impresión digital, pero con otros materiales de pigmentos y láminas diferentes. Las ilustraciones se insertan entre las películas de PVB del vidrio laminado de seguridad y, posteriormente, se comprimen. Los colores y las películas son sólidos a la luz y resistentes a la radiación UV, y crean un panel decorativo que conserva su individualidad. A pesar de este laminado adicional, el vidrio laminado conserva sus excelentes características (→ capítulo 7.4), complementadas por el componente de diseño individual.



8.3.3 Intercalarios de color en el vidrio laminado

Actualmente, el mismo proceso de laminado puede ofrecer una gran variedad de láminas de color diferentes, que pueden combinarse para conseguir cualquier color imaginable en el vidrio laminado. Este método hace posible la creación de un vidrio coloreado totalmente transparente. Además, con las películas de dispersión complementarias para aportar translucidez, pueden elaborarse productos como particiones coloreadas. Estas películas también son resistentes a la radiación UV para el uso exterior, con lo que conservan su efecto de color sin afectar a las características del vidrio laminado.





8.3.4 Vidrio laminado decorativo

Una alternativa a estos vidrios protectores son los vidrios laminados, que se elaboran llenando el espacio entre vidrios con resina o láminas de EVA. Elementos decorativos (p. ej., malla metálica u otros accesorios planos) pueden integrarse en la resina y dar al sándwich de vidrio resultante una configuración decorativa única. Estos vidrios laminados no suelen ser vidrios de seguridad (tal y como se definen en la legislación aplicable relacionada con el vidrio de seguridad) y pueden instalarse como tal solo cuando se aprueban legalmente para la construcción.



8.4 Vidrio arquitectónico curvado

A los arquitectos y diseñadores les encanta romper la rectitud, las esquinas y los cantos con curvas suaves. Por este motivo, además de productos y accesorios de vidrio para interiores curvado, también existen fachadas de vidrio curvo.



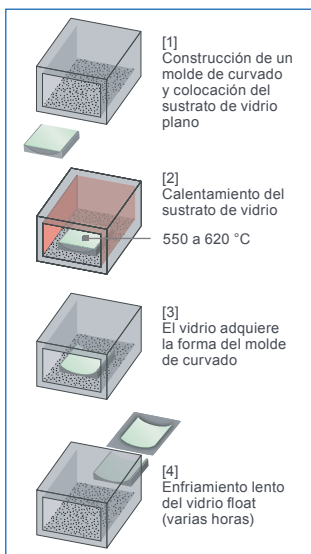
ING Hoofdkantoor, Ámsterdam, Países Bajos
SunGuard® SN 70/35 | Acristalamiento triple curvado templado
Arquitecto: Benthem + Crouwel architects | Foto: © Georges De Kinder

8.4.1 Curvado por gravedad

En las aplicaciones de envolventes de edificios, el vidrio generalmente se curva mediante un proceso de gravedad térmica.

A mediados del siglo XIX, los arquitectos curvaban el vidrio con una técnica desarrollada en Inglaterra, que todavía existe en una forma ligeramente modificada.

El procedimiento es el siguiente: un panel de vidrio se extiende sobre un molde curvo y se calienta a 550-620 °C en el horno de curvado. Una vez que alcanza la temperatura de reblandecimiento, el panel plano desciende (por la gravedad) lentamente en el molde de curvado y adopta su forma. La fase de enfriamiento posterior define la forma del vidrio. Un enfriamiento lento, sin estrés residual, produce un vidrio que puede seguir procesándose, mientras que un enfriamiento rápido crea un vidrio parcialmente o totalmente templado, que no es adecuado para el procesamiento posterior (→ capítulos 7.1 y 7.3).



Proceso de curvado por gravedad

El curvado por gravedad tiene las ventajas siguientes:

- Buena calidad óptica (sin distorsiones de ondulación de rodillo)
- No hay anisotropías
- Cualquier forma (cilíndrica y de doble curvatura) es posible
- Se pueden realizar formas cóncavas y convexas con capas

Un reto suele ser el tiempo de producción largo (calentar el horno + tiempo de mantenimiento + tiempo de recocido). Esto debe tenerse en cuenta al acordar las capacidades de producción y los plazos de entrega.

El vidrio curvo por gravedad no es un vidrio de seguridad (no hay ningún proceso de templado o endurecimiento térmico). Si hay que tener en cuenta requisitos de seguridad, los paneles de vidrio curvo se pueden laminar después del proceso de curvado. Una condición previa es que todas las placas que deban laminarse se coloquen al mismo tiempo en el molde para garantizar que tengan una forma idéntica. De este modo se evita el estrés en el laminado y la deslaminación.



8.4.2 Vidrio curvado y templado

Durante el proceso, el vidrio se curva y, al mismo tiempo, se temple totalmente o se endurece térmicamente. El tratamiento se lleva a cabo en instalaciones de producción parecidas a las que se utilizan para el vidrio templado o termoendurecido plano.

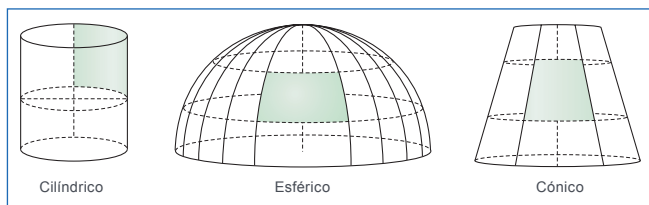


Después del proceso de calentamiento en el horno, el vidrio reblandecido se curva (presiona) mecánicamente en la zona de enfriamiento flexible a la vez que se endurece y se enfría.

Los tiempos de ciclo del curvado del vidrio son comparables a los del vidrio termoendurecido o templado plano. Los principales problemas a menudo son las anisotropías y las distorsiones ópticas provocadas por el proceso de producción. Otra característica de este proceso es la limitación a las formas cilíndricas y cóncavas cuando entran en juego las capas.

8.4.3 Formas de curvado

Generalmente se distingue entre el vidrio curvado, el acristalamiento ligeramente curvado con un radio de curvado de más de dos metros y el vidrio muy curvado con radios pequeños. Además, hay diferencia entre el vidrio que se curva cilíndricamente y el que se dobla esféricamente. El vidrio curvado cilíndricamente se curva a lo largo de un eje, mientras que el curvado esféricamente se curva a lo largo de dos ejes.



Formas de curvado (selección)

En principio, el vidrio float es adecuado para todas estas formas de curvado. Debido a la tecnología de producción implicada, el vidrio totalmente templado y el vidrio termoendurecido se utilizan principalmente para el curvado cilíndrico.

El radio de curvatura más pequeño posible es de unos 100 mm para el vidrio con un espesor inferior a 10 mm y de unos 300 mm para el vidrio con un espesor superior a 10 mm. Estas posibilidades dependen de la experiencia y las capacidades técnicas de la empresa de curvado del vidrio y deben acordarse con antelación.

8.4.4 Requisitos

Por lo general, el vidrio curvado no es un material de construcción regulado y debe garantizar funcionalidades como el aislamiento térmico y la protección solar y acústica. Además, debe cumplir los requisitos de la legislación relacionada con la construcción, como son las medidas de prevención de caídas y la normativa de cargas, del mismo modo en que lo hace el vidrio plano. Para verificar estos requisitos y poder instalar vidrios curvados, los fabricantes deben aportar la aprobación caso por caso por parte de las autoridades de edificación locales o un ETA (European Technical Approval, aprobación técnica europea) en Europa antes de empezar la construcción. Actualmente no hay unos estándares europeos exhaustivos para el vidrio curvado, pero debe documentarse la usabilidad completa en todos los casos. La terminología y las definiciones se describen, respectivamente, en las partes 1 y 2 del estándar internacional ISO 11485 Vidrio en la construcción - Vidrio curvo.

8.4.5 Tipos de vidrio adecuados

En principio, se pueden curvar todos los tipos de vidrio que son adecuados para tratamiento térmico. Sin embargo, se aplican algunas restricciones al vidrio con capas funcionales. Normalmente, deben realizarse estudios de viabilidad intensivos para determinar las limitaciones relacionadas con los tipos de capas concretos, las formas de curvado y las tecnologías usadas.

La mayoría de las capas magnetrónicas arquitectónicas de Guardian son adecuadas para el curvado por gravedad y curvado templado o cuentan con una versión curvable. Esto se aplica a todos los tipos de control solar SunGuard, al vidrio termoaislante ClimaGuard tratable térmicamente y al vidrio antirreflectante Clarity.

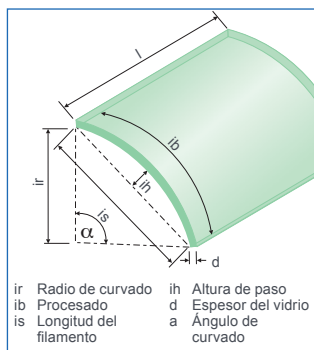
Actualmente, en la mayoría de los casos, los tipos de vidrio deseados para un edificio también pueden aplicarse en las partes planas y curvas de una fachada. Esto satisface el deseo del arquitecto de garantizar el aspecto homogéneo de todo el edificio.

Para obtener más información sobre las limitaciones, sobre proyectos ya realizados o sobre empresas colaboradoras de curvado de vidrio, póngase en contacto con los Servicios Técnicos de Guardian.

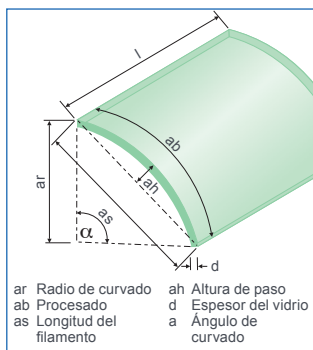


8.4.6 Determinación de la forma

Es necesario disponer de las descripciones exactas de las dimensiones para determinar la forma del vidrio curvo. Además del espesor del acristalamiento, debe determinarse la altura de los paneles y el ancho de al menos otras dos de las cinco dimensiones en el siguiente dibujo para la ejecución interna y externa. Siempre cabe tener en cuenta que, salvo el ángulo de apertura, todos los datos se refieren a la misma superficie (cóncava = interior; convexa = exterior).

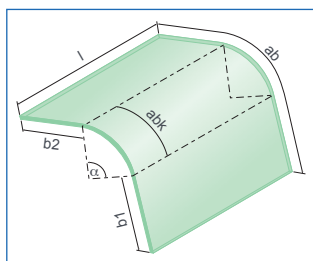


Dimensiones interiores



Dimensiones exteriores

El curvado estándar es la ejecución cilíndrica mencionada en las definiciones. Todas las demás formas geométricas, como los curvados esféricos, deben calcularse mediante un dibujo exacto de modo que la forma y el tamaño puedan determinarse con precisión. Los alargamientos lineales de las formas cilíndricas (b_1 , b_2) deben mostrarse por separado.



Arco con extensiones rectas

8.4.7 Especificaciones

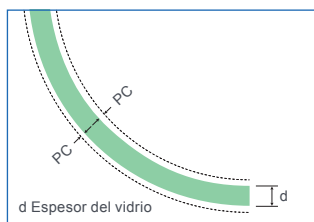
Los vidrios curvados tienen tolerancias y condiciones de moldeado de producción especiales, que deben tenerse en cuenta de forma estricta:

8.4.7.1 Distorsiones ópticas locales

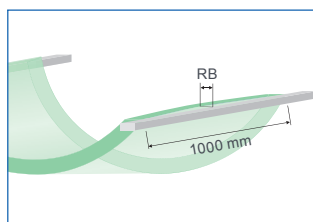
Las distorsiones locales del vidrio totalmente templado y termoendurecido pueden ser diferentes de las especificaciones de los vidrios planos, dado que la geometría, el tamaño y el espesor del vidrio pueden tener una mayor influencia en el curvado que con el diseño plano. En todos los casos, estas cuestiones deben acordarse de antemano con la posible empresa de curvado de vidrio.

8.4.7.2 Precisión del contorno

La precisión del contorno es la precisión del curvado. Debe encontrarse dentro de una tolerancia de ± 3 mm en relación con el contorno de diseño de modo que el vidrio pueda seguir procesándose sin ninguna dificultad (Guía sobre el vidrio curvado térmicamente para aplicaciones en edificios, BF-Bulletin 009).



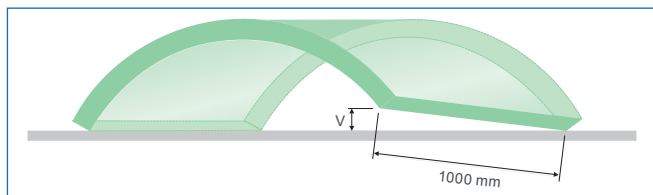
Precisión del contorno (PC)



Rectitud de la altura del canto (RB)

8.4.7.3 Torsión (desviación de torsión)

La torsión describe la exactitud con el paralelismo planar de los cantos o bordes no curvados. En este caso, la irregularidad más grande después del curvado tampoco debe sobrepasar los ± 3 mm por metro de canto de vidrio (Guía sobre el vidrio curvado térmicamente para aplicaciones en edificios, BF-Bulletin 009).

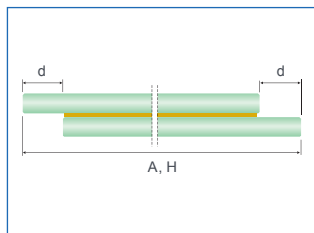


Torsión (V)

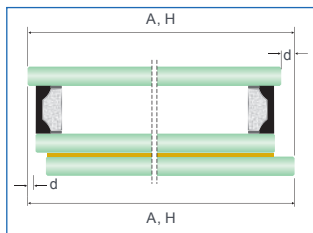


8.4.7.4 Desplazamiento de cantos

A diferencia de las especificaciones del vidrio aislante y laminado plano, el desplazamiento en los cantos puede aumentar después del curvado. Es totalmente necesario acordar los criterios de conformidad con antelación.



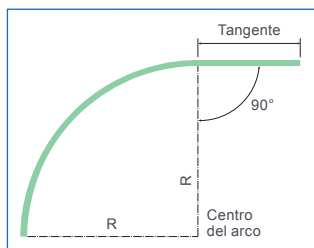
Desplazamiento en el vidrio laminado (altura d)



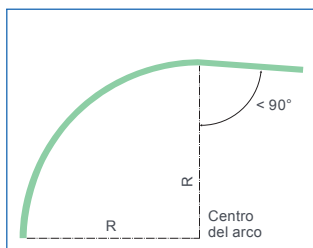
Desplazamiento en el vidrio aislante (altura d)

8.4.7.5 Uniones tangenciales

La tangente es la línea recta que tiene su origen en un punto determinado de la curva. Por consiguiente, la línea es perpendicular en comparación con el radio de curvatura de la curva. Sin esta transición tangencial, habría un ángulo agudo en este punto, fenómeno que puede darse con el vidrio, pero que no es aconsejable. Normalmente hay tolerancias más grandes en el ángulo agudo que con las transiciones tangenciales.



Con transición tangencial



Sin transición tangencial

8.4.8 Especificaciones estáticas

La deformación y el estrés mecánico de un vidrio curvo se pueden definir mediante modelos de elementos finitos con la ayuda de la teoría de placas. La curvatura, en función de las condiciones de instalación en el caso del vidrio monolítico, puede tener un efecto positivo debido al efecto de refuerzo de la geometría curva, concretamente en el caso de los vidrios más finos. Sin embargo, el vidrio aislante no consigue este efecto tan fácilmente. La curvatura del vidrio significa que la resistencia de flexión aumenta y, por tanto, pueden producirse cargas climáticas extremadamente altas.

Construir con vidrio

Esto debe tenerse en cuenta, sobre todo cuando las unidades tienen zonas de transición tangencial en una curvatura. Esto puede conllevar el uso de sellados de cantos más anchos que afecten a la instalación posterior del vidrio.

8.4.9 Curvado en frío

Esta técnica permite a los diseñadores crear superficies de vidrio totalmente suaves (en oposición a las estructuras segmentadas) y puede ser un método rentable de construir una fachada de vidrio con forma.

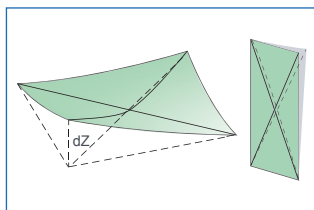
A menudo, el curvado en frío consiste en fabricar paneles de muro cortina estándar preformados en el taller de producción, o bien instalar las unidades de vidrio plano en el lugar de construcción en una subestructura curva.

Como condición previa necesaria, todos los vidrios aplicados deben ser tratados térmicamente, dado que la elevada resistencia a flexión resultante del vidrio endurecido permite aplicar deformaciones permanentes al acristalamiento sin problemas. Las limitaciones de radio de curvatura de las unidades de vidrio dependen del grado de compresión de la superficie. Los radios más pequeños que pueden conseguirse son mucho más grandes en comparación con los del vidrio curvado térmicamente y suelen ser de varios metros. El parámetro habitual que describe la deformación del vidrio curvado en frío es el desplazamiento “dZ” (véanse los dibujos siguientes).

La forma del vidrio se puede conseguir de la siguiente manera:

- Mediante presión con tapetas.
- Con sellante estructural entre el vidrio y la subestructura.
- Con resina endurecida de vidrio laminado delgado (curvado laminado).

Para dimensionar la profundidad de sellado del vidrio aislante, hay que tener en cuenta las tensiones permanentes aplicadas de las unidades curvadas en frío, así como la anchura y el área de la silicona estructural utilizada si se aplica en una subestructura preformada.



Paneles de vidrio rectangulares curvados en frío con desplazamiento dZ



Desplazamiento dZ: UVA antes de presionar en la subconstrucción curvada



Evolution Tower, Moscú, Federación Rusa
SunGuard® HP Neutral 60/40 | Fachada "torsionada" con vidrio aislante curvado en frío
Arquitecto: Tony Kettle | Foto: © Olga Alexeyenko

8.5 Ascensores de vidrio

Un elemento destacado de la arquitectura actual son los ascensores transparentes, con los que los usuarios tienen la sensación de flotar. En estas aplicaciones, las paredes, elevadores y cabinas se elaboran con vidrio. Estos tipos de construcciones deben cumplir varios requisitos mecánicos y de seguridad, que, en el caso de los ascensores europeos, se regulan en las directivas 95/16 CE 7/99 y EN 81 02/99.

Es posible que existan requisitos nacionales adicionales, como las normativas de edificación de los estados federales en Alemania. Para una pared de vidrio, se requiere una prueba de estabilidad para una fuerza aplicada de 300 N en un área de 5 cm². Según el tamaño de las cabinas, las paredes, que se fijan y se montan en todos los lados, tienen demandas diferentes en cuanto a las características del vidrio laminado que se va a usar. Si el acristalamiento se realiza desde el suelo hasta el techo, debe instalarse una barandilla a una altura aproximada de 0,90-1,10 m, que no debe apoyarse en el vidrio.

Por otro lado, las puertas deben cumplir requisitos especiales que deben evaluarse según la fijación, el mecanismo y las dimensiones. Los ascensores elaborados con vidrio siempre son productos personalizados que solo pueden realizarse en colaboración con todas las partes implicadas. Todos los componentes de vidrio del ascensor deben tener un marcado de identificación permanente y visible.





8.6 Interacción con radiaciones de onda larga

Las fachadas de vidrio se han erigido como elementos elegantes en los principales edificios residenciales, hoteleros y de oficinas. Para cumplir los requisitos de eficiencia energética, el acristalamiento moderno ahora cuenta con capas funcionales de alto rendimiento compuestas por metales preciosos, que son capaces de reducir notablemente la ganancia de calor solar excesiva en verano y la pérdida del calor de calefacción en invierno.

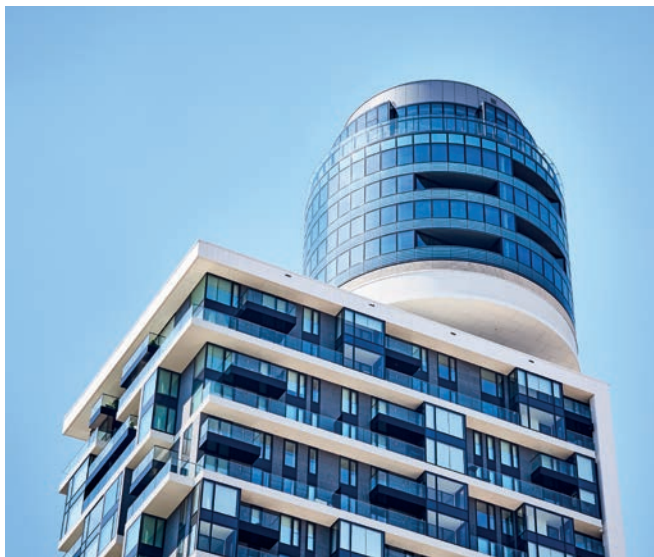
Las capas utilizadas se caracterizan por un grado elevado de conductividad eléctrica, que interactúa con la radiación electromagnética. Como capa funcional, la plata ha demostrado ser una superficie reflectante ideal para la radiación solar e IR de onda larga, lo que ha dado como resultado las conocidas propiedades excelentes en términos de protección solar y térmica. Además de este efecto deseable, estas capas también muestran unas cualidades reflectantes extremas en relación con la radiación de onda larga. Por ejemplo, las aplicaciones de comunicación móvil, la Internet inalámbrica, los sistemas de navegación y la radiación de los dispositivos de radar de los aeropuertos.

8.6.1 Acristalamiento atenuador de la reflexión de radar

Hay otro fenómeno de interferencia que se produce como resultado de la gran reflexión hacia el exterior de las envolventes de vidrio de los edificios. La denominada propagación multitrayectoria de las ondas de radio que se produce en este caso puede ocasionar interferencias



importantes en muchos sistemas de comunicación, entre los que se incluyen las ondas de radar de control del tráfico aéreo. Por ejemplo, la autoridad responsable del control del tráfico aéreo en Alemania, Deutsche Flugsicherung (DFS), utiliza sistemas de radar secundario (SSR por sus siglas en inglés) en el intervalo de microondas (aproximadamente 1,1 GHz) en los aeropuertos y ubicaciones determinadas para garantizar la supervisión más amplia posible del espacio aéreo. En este sistema, una señal de interrogación del radar determina la dirección del avión según su identidad, altitud, velocidad, etc. La respuesta del avión puede reflejarse en superficies grandes (p. ej., edificios altos), con lo que se duplica desde otra dirección. Estos objetivos fantasma pueden provocar la determinación errónea de la posición del avión o, en el caso de la multiplicación, incluso pueden producir una sobrecarga del transpondedor.



Henninger Turm, Frankfurt/M, Alemania
SunGuard® RD 60 | Vidrio de control solar y atenuador de la reflexión de radar
Arquitecto: Meixner Schlüter Wendt (Frankfurt/M.) | Foto: © Frank Weber

Por tanto, el control del tráfico aéreo requiere que los edificios se planifiquen con un tamaño, una distancia y un alineamiento relativo al sistema de radar concretos y se construyan con características de atenuación de la reflexión de radar.

Los requisitos concretos de cada proyecto los determinan expertos cualificados. Generalmente, se trata de requisitos de atenuación de la reflexión con respecto a los componentes del edificio en [dB] relativos al ángulo de incidencia de las ondas de radar.

Las propiedades de atenuación o amortiguamiento de los tipos de vidrio dependen en gran medida de su estructura. Los paneles de vidrio individuales con un espesor normal tienen un efecto amortiguador mínimo. La mejora es apenas perceptible en el caso del vidrio aislante normal. Tal como se ha mencionado anteriormente, la situación más problemática es evidente en relación con el vidrio de protección solar y térmica con amortiguamiento con metales preciosos. En este caso se produce una indeseada reflexión de las ondas de radar casi total.

Por consiguiente, los tipos de vidrio de protección solar y térmica contemporáneos más habituales no pueden utilizarse cuando se requiere la atenuación de radar sin tomar medidas adicionales.

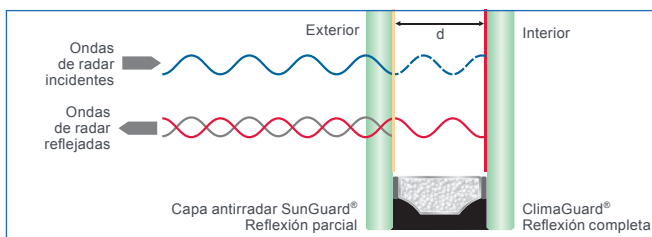


8.6.1.1 Atenuación de la reflexión de radar con el vidrio de capa SunGuard® RD

SunGuard® RD se ha desarrollado especialmente para la atenuación de los rayos de radar para aprovechar el efecto de desplazamiento de fase. La capa, que es “semipermeable” para las ondas de radar, se encuentra en el panel externo del vidrio aislante. El rayo residual se refleja completamente en el panel interno en una capa (normalmente low-E) que contiene plata. Se produce una superposición de ondas, ya que se reflejan en ambas capas. Dado que la longitud de onda del rayo de radar se encuentra aproximadamente dentro del rango de grosores del vidrio aislante, el grado de superposición y, en consecuencia, el desplazamiento de fase se puede optimizar en relación con el ángulo de incidencia mediante espesores de cámara adecuados y espesores de los paneles de vidrio individuales que se correspondan con exactitud.

Se aplica lo siguiente:

$$d = f(\lambda_{\text{Radar}} \text{ y } \angle_{\text{Radar}})$$



Interferencia destructiva a través del desplazamiento de fase

La capa frontal debe calibrarse en sus propiedades eléctricas de modo que permita la penetración de un volumen de radiación establecido con exactitud y, junto con la reflexión posterior de la segunda capa, se produzca la máxima interferencia destructiva posible.

Según las condiciones topográficas y los requisitos establecidos en la valoración de radar de los expertos, se determina una estructura de vidrio aislante especial para cada caso concreto con unas propiedades de atenuación determinadas para el caso. Estas propiedades reflejan una función logarítmica (tabla).

| Atenuación [dB] | Reducción [%] |
|-----------------|---------------|
| 5 | aprox. 38 |
| 10 | aprox. 90 |
| 15 | aprox. 97 |
| 20 | aprox. 99 |

En colaboración con empresas de ingeniería y asesores, Guardian ofrece asistencia durante el dimensionamiento preliminar del acristalamiento de atenuación de la reflexión de radar. Esto implica la determinación matemática de las estructuras del vidrio aislante, que cumple los requisitos de atenuación de los rayos de radar (radar secundario).

Una configuración de acristalamiento habitual se muestra en la tabla 16 del capítulo 10.3.

Este dimensionamiento preliminar no sustituye la confirmación final de las estructuras de vidrio realizada mediante mediciones y valoraciones de radar de los expertos adecuados, que deben recopilarse para cada proyecto concreto.

Póngase en contacto con los Servicios Técnicos de Guardian para obtener más información.

8.6.2 Amortiguamiento de la radiación electromagnética de alta frecuencia/contaminación eléctrica

El funcionamiento de los sistemas de comunicación móvil actuales solo es posible mediante el uso de radiación electromagnética de alta frecuencia, lo que ha conllevado su uso generalizado. Actualmente, muchas personas se preocupan por la exposición excesiva a la radiación electromagnética, concretamente cerca de instalaciones de transmisión de servicio móvil.

El término “contaminación electromagnética” surgió en los años setenta y se refiere a la contaminación ambiental causada por la radiación electromagnética.

La radiación electromagnética es reflejada por superficies conductoras o capas límite. La absorción tiene un papel decisivo cuando se utilizan conductores eléctricos deficientes (p. ej., el espesor de los elementos estructurales de hormigón).

El apantallamiento electromagnético siempre es relativo y depende de la señal incidente y su potencia (densidad de radiación en $\mu\text{W}/\text{m}^2$).

Dado que el apantallamiento electromagnético es difícil de determinar matemáticamente, las propiedades de amortiguamiento de toda una serie de materiales de construcción, como el acristalamiento doble y triple, se examinaron hace muchos años en la Universidad Bundeswehr de Múnich, junto con el asesor Dr. Moldan.

La radiación de alta frecuencia se amortigua de una forma muy eficaz con vidrio de capa termoaislante (como ClimaGuard Premium2 o ClimaGuard 1.0+ y vidrios de protección solar de los tipos SunGuard HP, SN y SNX) con una resistencia superficial de la capa de < 5 ohmios.

Para el acristalamiento triple con 2 capas ClimaGuard/SunGuard, se alcanzó un amortiguamiento de la transmisión HF de unos 34 dB para 900 MHz (servicio móvil GSM 900) y de unos 34-38 dB en la banda de 1900 MHz (servicio móvil GSM 1800, DECT, UMTS).



Aparte de esto, el acristalamiento doble con una capa ClimaGuard alcanza un amortiguamiento de la transmisión HF de unos 25 dB a 900 MHz y de unos 28 dB a 1900 MHz. Las investigaciones recientes con la tecnología 5G de alta energía en el acristalamiento triple moderno han tendido a dar como resultado tasas de amortiguamiento incluso más elevadas; para el rango de frecuencias de unos 60 GHz se determinaron 60-70 dB.

El amortiguamiento se especifica como el denominado “ratio de amortiguamiento”. Describe la cantidad en la que se reduce la señal electromagnética incidente al pasar a través de un elemento estructural y se especifica en la unidad dB (decibelio). Dado que la función es logarítmica, resulta la relación siguiente:

| Ratio de amortiguamiento [dB] | Reducción [%] |
|-------------------------------|---------------|
| 10 | 90,00 |
| 20 | 99,00 |
| 30 | 99,90 |
| 40 | 99,99 |

Ratios de amortiguamiento vs. reducción de la transmisión

| Frecuencia [MHz] | Aplicación | Amortiguamiento con acristalamiento doble (1 x low-e) [dB] | Amortiguamiento con acristalamiento triple (2 x low-e) [dB] |
|------------------|-----------------|--|---|
| 900 | GSM 900 (red D) | aprox. 25 | aprox. 34 |
| 1900 | DECT, UMTS | aprox. 28 | aprox. 34 - 38 |
| 2500 | WLAN, LTE | aprox. 30 | aprox. 35 - 40 |

Los datos se basan en mediciones realizadas según el estándar IEEE 299-1997 en muestras de vidrio concretas (fuente: Universidad de Bundeswehr, Dr. Pauli, Dr. Moldan) y puede diferir en situaciones de instalación especiales. El espacio de vidrio aislante, así como las capas utilizadas, también pueden llevar a la obtención de resultados ligeramente diferentes.

La ratio de amortiguamiento y la reducción de transmisión relacionada de la radiación electromagnética en el rango considerado demuestran que se puede recibir un nivel de señal muy bajo detrás del acristalamiento energéticamente eficiente.

Para mejorar la permeabilidad de la radiación de alta frecuencia, las capas pueden segmentarse con tratamientos especiales (láser, esmaltes cerámicos concretos). La segmentación influye en la generación de corrientes circulares en las capas muy conductoras, responsables de las propiedades de reflexión.

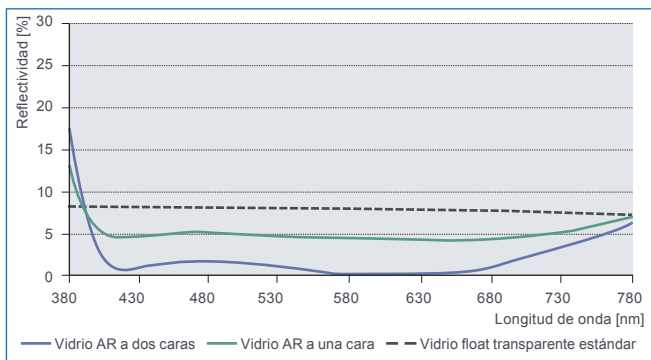
Sin embargo, en todo caso, debe tenerse en cuenta que solo estudios exhaustivos pueden ofrecer soluciones. Por tanto, en el caso concreto, deben tenerse en cuenta todos los elementos de las ventanas y la fachada, así como sus correspondientes perfiles y conexiones en el muro.

8.7 Acristalamiento antirreflectante

A pesar de la excelente transparencia del acristalamiento moderno, la vista desde el luminoso exterior al interior más oscuro puede verse entorpecida por las reflexiones, según el ángulo de visión y la incidencia de la luz. Concretamente, el acristalamiento de los escaparates puede disminuir la visión de los artículos que hay detrás del vidrio debido a las reflexiones.



CFL Control Tower, Dudelange, Luxemburgo | Guardian Clarity™ | Vidrio con capa antirreflectante
Foto: © Frank Weber





Una superficie de vidrio float estándar refleja aproximadamente un 4 % de la luz visible. Esto significa que un panel float con dos superficies refleja un 8 % y un acristalamiento doble, cerca de un 16 %.

Las capas antirreflectante especiales, como Guardian Clarity™, pueden disminuir notablemente la reflectividad. La capa en ambas superficies del vidrio reduce el grado de reflexión en el acristalamiento de un solo vidrio a menos del 1 %.

| Producto | Transmisión de luz visible [%] | Reflexión de luz visible [%] |
|--|--------------------------------|------------------------------|
| Guardian Clarity de doble cara en UltraClear de 4 mm | 98 | < 1 |
| Vidrio float Guardian UltraClear de 4 mm | 91 | 8 |

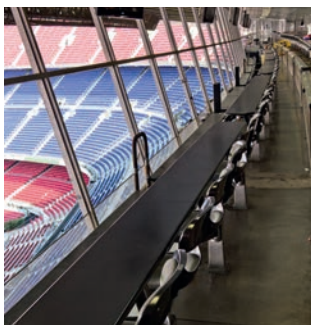
Para los requisitos más elevados en cuanto a reducción de las reflexiones, todas las superficies de la configuración de vidrio deseada deben tener una capa antirreflectante. Cualquier superficie de vidrio float sin recubrir aumentaría la reflexión de la luz visible en un 4 %.

La capa antirreflectante Clarity™ se aplica de forma habitual al vidrio UltraClear con bajo contenido en hierro y está disponible como capa de uno o dos lados. Se trata de vidrio tratable térmicamente, templado o termoendurecido que puede curvarse con la técnica de la gravedad o el templado (→ capítulo 8.4).

Los datos de rendimiento de las configuraciones habituales de acristalamiento simple y doble y las combinaciones con capas funcionales adicionales se muestran en el capítulo 10.4.

Guardian Clarity es especialmente adecuado para lo siguiente:

- Escaparates de tiendas
- Vitrinas de exposición en tiendas y museos
- Protección de pinturas y otras obras de arte en galerías
- Salas de control
- Entradas arquitectónicas
- Aeropuertos/torres de control
- Estadios/gasolineras
- Salas de exposición de automóviles
- Vestíbulos de hotel
- Restaurantes
- Bares y restaurantes panorámicos



8.8 Acristalamiento bird-friendly (respetuoso con las aves)

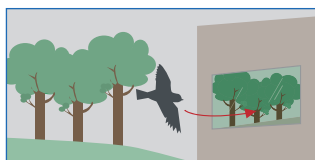
8.8.1 ¿Cuál es el problema?

El uso del vidrio en la arquitectura, con su transparencia y reflectividad, puede influir en la percepción del entorno.

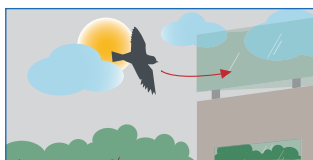
A diferencia de los humanos, las aves no son capaces de percibir las imágenes reflejadas en superficies de vidrio como una reflexión y chocan contra el vidrio, que parece un cielo nublado, un árbol u otro elemento del entorno natural.

Los acristalamientos transparentes también son peligrosos, dado que las aves no los perciben como un objeto sólido y golpean el vidrio para intentar entrar en el entorno visible que hay detrás. Concretamente, los pasillos acristalados, las ventanas una detrás de otra, los muros cortina de vidrio, los balcones de vidrio y las esquinas completamente acristaladas son cruciales.

El impacto a pleno vuelo a menudo resulta en la muerte. El problema está empeorando a medida que crecen las ciudades y se expande el uso del vidrio en la arquitectura. Autoridades e inversores de Europa Central y Norteamérica han admitido el problema y muchos fabricantes de vidrio han desarrollado productos y tecnologías para abordarlo.



Reflejos



Transparencia

8.8.2 Evaluación de soluciones bird-friendly (respetuosas con las aves)

Cuando los planificadores y usuarios tomaron conciencia de las colisiones de las aves en el vidrio, la industria del vidrio empezó a desarrollar acristalamientos en consecuencia para minimizar el efecto, pero no existían estándares ni normativas para verificar las denominadas soluciones de vidrio de protección de las aves o respetuosas con las aves.



El primer paso fue la introducción del estándar austríaco ONR 191040. Este estándar describe la eficacia de las soluciones y estableció por primera vez el “vidrio de protección de las aves” en las evaluaciones y normativas. Evalúa las soluciones de vidrio con pruebas especiales mediante un “túnel de vuelo”. Se colocan dos acristalamientos uno junto al otro al final del túnel: un vidrio de referencia estándar y un vidrio con medidas de protección de las aves que debe probarse. Se liberan un número definido de aves, que vuelan en dirección al vidrio. Para impedir que las aves golpeen el vidrio, se coloca una red delante de los acristalamientos.

Para que un acristalamiento se considere respetuoso con las aves, menos del 10 % de las aves de prueba debe decidir volar hacia el vidrio de muestra con las medidas de protección. Este límite del 10 % lo acordaron ornitólogos de Suiza, Austria, Alemania y Estados Unidos. Basándose en experimentos realizados con miles de aves, se definieron cuatro categorías de eficacia:

- A Eficacia alta: < 10 % de aproximaciones
- B Eficacia limitada: del 10 al 20 % de aproximaciones
- C Eficacia baja: del 20 al 45 % de aproximaciones
- D Ineficaz: > 45 %

La temática sobre protección de las aves se está debatiendo en la actualidad y el conocimiento del comportamiento de las aves y los productos de vidrio adecuados está en constante desarrollo.

8.8.3 Soluciones de vidrio que ofrecen una mejor visibilidad a las aves

En general, se aplica la siguiente regla: cuanto mayor sea el contraste visible, mejor. En zonas de vidrio grandes sin cuadrículas, son preferibles las reflexiones más bajas, dado que los paisajes son menos visibles. Las reflexiones muy altas pueden interferir incluso con marcados no transparentes. Ahora mismo, se acepta que los valores de reflexión de la luz superiores al 15 % (se aplica también al acristalamiento triple) no requieren un marcado opaco. Organismos como el BUND (D), la Estación ornitológica Sempach (CH) o la Certificación Minergie (CH) recomiendan reflexiones exteriores de < 15 % como “solución económica y razonable” sin obstaculizar la visión. La organización Minergie establece para las ventanas generalmente un “máximo del 15 % (mejor el 12 %), especialmente si hay árboles o arbustos delante del vidrio”. Las fachadas deben tener marcas o una limitación de la reflexión exterior < 15 %, y los acristalamientos en esquina de 2 m o más grandes deben realizarse siempre con marcados.

Para requisitos más altos, se debe aplicar una marca adicional al menos en la cara n.º 2 del acristalamiento. Una solución ideal, si entran en juego las capas de control solar SunGuard o termoaislantes ClimaGuard, es el esmalte "System TEA" para la impresión cerámica de marcas negras directamente en la capa (→ capítulo 8.2.3). Dado que este esmalte disuelve la capa (y su reflexión), se puede lograr un máximo contraste cuando se mira desde el lado exterior del vidrio.

En los capítulos 10.2 y 10.3 encontrará las capas adecuadas con la limitación mencionada sobre la reflexión exterior.

En cuanto a las marcas, la distancia máxima no debe exceder los 10 cm y el diámetro de las marcas individuales (p. ej., puntos) no debe ser menor de 8 mm. Lo fundamental no es el grado de cobertura, sino el máximo contraste al mirar desde el exterior.

Las construcciones cruciales (p. ej., esquinas, paredes de vidrio, balcones o pasarelas de vidrio) requieren el marcado exterior en cara 1. Según el conocimiento actual en Europa, el marcado UV se considera "poco adecuado" o incluso "ineficaz".



Conarg Offices, Bucarest, Rumanía | SunGuard® SN 63
Arquitecto: Colbax | Foto: © Arthur Tintu

| | | |
|--------------|---|-----|
| 9. | Estándares y guías | 150 |
| 9.1 | Normas relevantes del vidrio | 150 |
| 9.2 | Tolerancias para requisitos estandarizados | 152 |
| 9.2.1 | Vidrio base | 152 |
| 9.2.2 | Corte | 152 |
| | General Posible rotura del vidrio float Ángulo agudo del vidrio templado, el vidrio laminado de seguridad y el recorte de la UVA (zona que no se debe evaluar) Longitud, ancho y perpendicularidad | |
| 9.2.3 | Procesado | 154 |
| | Cualidades del pulido de cantos Tolerancias estándar Tolerancias especiales Formas especiales Pulido de cantos Procesado (recortes, muescas) Corte de esquinas, aristada < 100 x 100 mm Recorte de esquinas, aristada Recorte de cantos, aristado Desviación estándar para el procesado manual: dimensiones de corte Desviación estándar para el procesado CNC: dimensiones de corte Corte de esquinas, pulido industrial Corte de esquinas, pulido: centro de procesado CNC Estándar Desviación especial Corte de esquinas, pulido industrial Estándar Desviación especial Corte de esquinas, pulido: centro de procesado CNC Estándar Desviación especial Corte de cantos, pulido industrial o pulido brillo: centro de procesado CNC Desviación estándar Desviación especial Perforaciones Diámetros de los agujeros perforados Limitación y posición del agujero perforado Desviaciones en las posiciones de perforación Posiciones del agujero perforado Diámetros del agujero perforado avellanado Agujeros perforados avellanados en el vidrio laminado de seguridad | |
| 9.2.4 | Vidrio templado, vidrio templado “heat soak” y vidrio termoendurecido | 161 |
| | Distorsión general: vidrio float no recubierto Distorsión local (ondulaciones de rodillo): vidrio float no recubierto Espesor mínimo recomendado del vidrio según las dimensiones del vidrio | |
| 9.2.5 | Unidades de vidrio aislante (UVA) | 162 |
| | Sellado de cantos Tolerancias de espesor en la zona de los cantos de la unidad de vidrio aislante Tolerancia de dimensión/desviación | |
| 9.2.6 | Vidrio laminado de seguridad | 163 |
| | Tolerancias dimensionales Tolerancia de desplazamiento (desviación) Tolerancia de espesor | |
| 9.3 | Cantos del vidrio | 165 |
| 9.3.1 | Tipos de cantos | 165 |
| 9.3.2 | Pulido de cantos | 166 |
| 9.3.3 | Geometrías de los cantos y aplicaciones típicas | 167 |

| | | |
|------------|---|-----|
| 9.4 | Esquinas y uniones de vidrio | 167 |
| 9.4.1 | Junta de vidrio con sellante y burletes para vidrio aislante doble | 168 |
| 9.4.2 | Junta de vidrio con junta sellante y de estanquidad para vidrio aislante triple | 168 |
| 9.4.3 | Junta de vidrio con sellante y junta preformada para vidrio aislante doble | 168 |
| 9.4.4 | Junta de vidrio con sellante y junta preformada para vidrio aislante triple | 168 |
| 9.4.5 | Esquina de vidrio con triple acristalamiento de doble decalado | 168 |
| 9.4.6 | Esquina de vidrio con triple acristalamiento de triple decalado | 169 |
| 9.4.7 | Esquina de vidrio con junta preformada para el vidrio aislante doble con cantos decalados | 169 |
| 9.4.8 | Esquina de vidrio con junta preformada para vidrio aislante triple con cantos decalados | 169 |
| 9.5 | Dimensionamiento del espesor del vidrio | 170 |
| 9.6 | Daño en la superficie del vidrio | 170 |
| 9.7 | Guías para evaluar la calidad visual del vidrio en edificios | 171 |
| 9.7.1 | Calidad visual del vidrio de capa | 171 |
| | Detección de defectos Condiciones de examen General Defectos de uniformidad y manchas Defectos puntuales Criterios de aceptación para los defectos del vidrio de capa | |
| 9.7.2 | Calidad visual de las unidades de vidrio aislante (UVA) | 173 |
| | Condiciones de observación UVA formada por dos paneles de vidrio monolítico Fallos puntuales Residuos Defectos lineales / extendidos UVA distintas de las compuestas por dos paneles de vidrio monolítico UVA que contienen vidrio tratado térmicamente Defectos de los cantos Tolerancia en la rectitud del espaciador UVA curvadas Otros aspectos visuales de las unidades de vidrio aislante Color inherente Diferencias en el color de la unidad de vidrio aislante Efecto de interferencia Efec- to específico debido a las condiciones barométricas Reflejos múltiples Anisotropía (iridiscencia) Condensación en la superficie externa de la UVA Formación de condensación en las superficies de vidrio Evalua- ción de la sección visible del sellado de cantos de la unidad de vidrio aislante UVA con barrotillos internos | |

| | | |
|---------------|--|-----|
| 9.8 | Rotura del vidrio | 179 |
| 9.8.1 | Rotura térmica/estrés térmico | 180 |
| | General Roturas térmicas Factores que influyen en la rotura térmica Factores que influyen en la resistencia del vidrio y el riesgo de rotura térmica Cálculo y evaluación del riesgo de roturas térmicas | |
| 9.8.2 | Patrón de fractura habitual del vidrio | 183 |
| 9.9 | Cualificación CE | 186 |
| 9.10 | Compatibilidad de materiales | 187 |
| 9.10.1 | Compatibilidad del sellante del vidrio de capa | 188 |
| | Vidrio aislante estándar Capas Guardian SunGuard en el acristalamiento estructural | |
| 9.10.2 | Esmaltado cerámico en el vidrio de capa | 190 |
| | Requisitos sobre esmaltado de SunGuard para aplicaciones de antepecho monolítico Impresión de pintura cerámica con el Sistema Ferro 140 SunGuard HD en combinación con impresión cerámica en la cara n.º 1 | |
| 9.10.3 | Capas para arquitectura en el vidrio laminado | 194 |
| 9.11 | Limpieza del vidrio | 196 |
| 9.11.1 | Introducción | 196 |
| 9.11.2 | Tipos de limpieza | 196 |
| | Durante la fase de construcción Durante el uso | |
| 9.11.3 | Instrucciones de limpieza del vidrio | 197 |
| | General Vidrio con acabados especiales y vidrio recubierto en caras exteriores Notas adicionales | |
| 9.12 | Transporte y almacenamiento | 199 |



Naturalmente, el rápido desarrollo del vidrio como material de construcción implica que las normas que regulan su uso sean cada vez más estrictas y exhaustivas. Actualmente, los estándares europeos abarcan la mayoría de los aspectos relacionados con la aplicación y la realización de ensayos de varios tipos de vidrio en la industria de la construcción. Pero, más allá de esto, hay también un sinfín de normativas y guías nacionales y regionales que deben consultarse según la aplicación. Independientemente de las normativas de ensayo y uso, también deben observarse parámetros puramente específicos del vidrio, que pueden tener una gran influencia en la función y la duración de los productos de vidrio, tal y como se ha comentado en los capítulos anteriores..

9.1 Normas relevantes del vidrio

Las normas más importantes para la evaluación y el uso del vidrio en relación con los edificios son las siguientes:

| | |
|----------------|---|
| EN 81 | Reglas de seguridad para la construcción e instalación de ascensores |
| EN 101 | Baldosas cerámicas. Determinación de la dureza al rayado de la superficie según Mohs |
| EN 356 | Vidrio de construcción. Vidrio de seguridad. Ensayo y clasificación de la resistencia al ataque manual |
| EN 410 | Vidrio para la edificación. Determinación de las características luminosas y solares de los acristalamientos |
| EN 572 | Vidrio para la edificación. Productos básicos de vidrio de silicato sodocálcico |
| EN 673 | Vidrio en la construcción. Determinación del coeficiente de transmisión térmica (valor U). Método de cálculo |
| EN 674 | Vidrio en la construcción. Determinación del coeficiente de transmisión térmica (valor U). Método de la placa caliente guardada |
| EN 1063 | Vidrio en la construcción. Vidrio de seguridad. Ensayo y clasificación de la resistencia al ataque por balas |
| EN 1096 | Vidrio para la edificación. Vidrio de capa |
| EN 1279 | Vidrio para la edificación. Unidades de vidrio aislante |
| EN 1363 | Ensayos de resistencia al fuego |
| EN 1364 | Ensayos de resistencia al fuego de elementos no portantes |
| EN 1522/1523 | Ventanas, puertas, obturadores y persianas. Resistencia a las balas |
| EN 1627 - 1630 | Productos de construcción resistentes a robos. Requisitos y clasificación, métodos de ensayo para la determinación de la resistencia bajo carga estática y dinámica y a los intentos de robo manuales |
| EN 1748 | Vidrio para la edificación. Productos básicos especiales |
| EN 1863 | Vidrio para la edificación. Vidrio de silicato sodocálcico termoendurecido |
| EN 10204 | Productos metálicos. Tipos de documentos de inspección |
| EN 12150 | Vidrio para la edificación. Vidrio de silicato sodocálcico de seguridad templado térmicamente |
| EN 12207 | Ventanas y puertas. Permeabilidad al aire. Clasificación |
| EN 12208 | Ventanas y puertas. Estanqueidad. Clasificación |
| EN 12412 | Eficiencia térmica de ventanas, puertas y persianas |
| EN 12488 | Vidrio para la edificación. Recomendaciones para el acristalamiento. Reglas de montaje |
| EN 12600 | Vidrio para la edificación. Ensayo pendular |

| | |
|--------------------|---|
| EN 12758 | Vidrio para la construcción. Acristalamiento y aislamiento al ruido aéreo |
| EN 12898 | Vidrio para la edificación. Determinación de la emisividad |
| EN 13022 | Vidrio en la construcción: Acristalamiento con sellante estructural |
| EN 13123, (p. 1+2) | Ventanas, puertas y persianas. Resistencia a la explosión |
| EN 13501 | Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación |
| EN 13541 | Vidrio para la construcción. Vidrio de seguridad. Ensayo y clasificación en función de la resistencia a la presión de explosión |
| EN 14179 | Vidrio para la edificación. Vidrio de silicato sodocálcico de seguridad templado térmicamente y tratado "heat soak" |
| EN 14449 | Vidrio para la edificación. Vidrio laminado y vidrio laminado de seguridad |
| EN 15434 | Vidrio para la edificación. Norma de producto para sellante estructural y/o resistente a rayos ultravioletas |
| EN 15651 | Sellantes para uso no estructural en juntas en edificios y zonas peatonales |
| EN 16612 | Vidrio para la edificación. Determinación por cálculo de la resistencia de carga lateral de los vidrios |
| DIN 18008-1 | Vidrio para la edificación. Reglas de diseño y construcción Términos y bases generales |
| DIN 18008-2 | Vidrio para la edificación. Reglas de diseño y construcción Acristalamiento con soporte lineal |
| DIN 18008-3 | Vidrio para la edificación. Reglas de diseño y construcción Acristalamiento con fijación puntual |
| DIN 18008-4 | Vidrio para la edificación. Reglas de diseño y construcción Requisitos adicionales en las barreras acristaladas |
| DIN 18008-5 | Vidrio para la edificación. Reglas de diseño y construcción Requisitos adicionales para el acristalamiento pisable |
| DIN 18008-6 | Vidrio para la edificación. Reglas de diseño y construcción Requisitos adicionales para el acristalamiento pisable para tareas de mantenimiento y para el acristalamiento a prueba de caídas |
| EN 20140 | Acústica. Medición de aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción |
| EN ISO 140-3 | Acústica. Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Medición en laboratorio del aislamiento acústico al ruido aéreo de los elementos de construcción |
| EN ISO 717-1 | Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Aislamiento acústico a ruido aéreo |
| EN ISO 1288, 1 - 5 | Vidrio para la edificación. Resistencia de flexión del vidrio |
| EN ISO 9050 | Vidrio para la edificación. Determinación de la transmisión luminosa, la transmitancia solar directa, la transmitancia total de energía solar, la transmitancia ultravioleta y factores relacionados del vidrio |
| EN ISO 10077 | Eficiencia térmica de ventanas, puertas y persianas |
| EN ISO 12543 | Vidrio para la edificación. Vidrio laminado y vidrio laminado de seguridad |
| EN ISO 13788 | Rendimiento higratérmico de los componentes de edificios y los elementos de construcción |



9.2 Tolerancias para requisitos estandarizados

Los principios básicos de las tolerancias se describen en los estándares aplicables. Sin embargo, estos estándares no siempre son suficientes en la práctica real. Por ello, en este capítulo se describen esas aplicaciones mencionadas en los estándares que no se han definido claramente o no se han especificado en absoluto, y se desglosan en dos categorías.

- Tolerancias estándar
Las tolerancias estándar son tolerancias que pueden garantizarse durante el curso normal de producción.
- Tolerancias especiales
Las tolerancias especiales pueden llevarse a cabo durante la producción con medidas de precaución adicionales y deben acordarse caso a caso.

9.2.1 Vidrio base

EN 572 es un estándar normativo para el vidrio base.

El estándar especifica los límites de desviación de los espesores nominales de varios productos de vidrio. Además, en este estándar se definen requisitos para la calidad, así como defectos ópticos y visibles en los productos de vidrio básicos.

Se aplican las siguientes tolerancias del espesor nominal:

No se hace ninguna distinción entre las tolerancias estándar y las especiales en relación con los límites de desviación.

| Espesor nominal [mm] | Límite de desviación [mm] |
|----------------------|---------------------------|
| 2 | $\pm 0,2$ |
| 3 | $\pm 0,2$ |
| 4 | $\pm 0,2$ |
| 5 | $\pm 0,2$ |
| 6 | $\pm 0,2$ |
| 8 | $\pm 0,3$ |
| 10 | $\pm 0,3$ |
| 12 | $\pm 0,3$ |
| 15 | $\pm 0,5$ |
| 19 | $\pm 1,0$ |

Tab. 1: Límites de desviación de los espesores del vidrio

9.2.2 Corte

También se aplican EN 572 y las dimensiones de longitud generales; en todos los casos una longitud de canto de $\pm 0,2$ mm/m.

9.2.2.1 General

Hay que tener en cuenta la rotura angular. Este tipo de rotura depende del espesor del vidrio y la calidad del vidrio base.

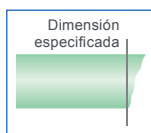


Fig. 1: Sobrerrotura

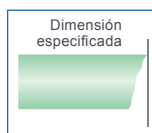


Fig. 2: Subrotura

Estos factores deben tenerse en cuenta al proporcionar información sobre tolerancias, ya que las dimensiones del vidrio pueden cambiar con un corte en inglete en dos veces el valor de la rotura angular.

| Espesor del vidrio [mm] | Valor máximo [mm] |
|-------------------------|-------------------|
| 2, 3, 4, 5, 6 | ± 1,0 |
| 8, 10 | ± 1,5 |
| 12 | ± 2,0 |
| 15 | ± 2,0 |
| 19 | + 5,0 / - 3,0 |

Tab. 2: Valores de rotura angular

En los elementos no rectangulares, las tolerancias indicadas en la tabla 2a pueden aplicarse a los ángulos dados (parecido al recorte). La geometría de los elementos sigue siendo la misma.

9.2.2.1.1 Posible rotura del vidrio float

| α | x [mm] |
|-------------------|--------|
| $\leq 12,5^\circ$ | -30 |
| $\leq 20^\circ$ | -18 |
| $\leq 35^\circ$ | -12 |
| $\leq 45^\circ$ | -8 |

Tab. 2a: Recorte

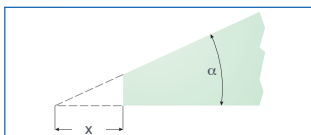


Fig. 3: Recorte

9.2.2.1.2 Ángulo agudo del vidrio templado, el vidrio laminado de seguridad y el recorte de la UVA (zona que no se debe evaluar)

Por motivos de fabricación, el fabricante del vidrio se reserva el derecho a recortes en vidrios de forma, según la tabla 2b. Si no se realiza dicho recorte, las mediciones indicadas en la tabla 2b se consideran zonas que no se deben evaluar. En este caso, puede producirse una irregularidad en los cantos (p. ej., roturas o desconchones superiores) y en la superficie, que no deben ser motivo de reclamación.

Si el ángulo es $> 25^\circ$, el recorte es igual al patrón de corte. Las tolerancias indicadas en la tabla 6 del capítulo 9.2.3.1.4 no deben añadirse a las tolerancias mencionadas anteriormente en las tablas 2a y 2b.

| α | x [mm] |
|-------------------|--------|
| $\leq 12,5^\circ$ | -65 |
| $\leq 20^\circ$ | -33 |

Tab. 2b: Recorte

9.2.2.2 Longitud, ancho y perpendicularidad

Según las dimensiones nominales de la longitud H y el ancho W , el panel de vidrio debe caber en un rectángulo cuyo tamaño se ha agrandado en el límite de desviación superior y se ha reducido en el límite de desviación inferior.

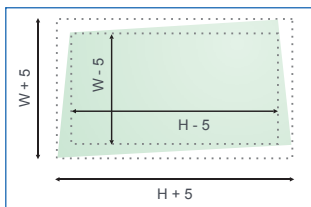


Fig. 4: Angularidad



Los lados de este rectángulo deben ser paralelos el uno con respecto al otro y compartir un punto medio común (véase la fig. 4). Los rectángulos también describen los límites de la perpendicularidad. Los límites de desviación para las dimensiones nominales de longitud (H) y ancho (W) son ± 5 mm.

9.2.3 Procesado

Las tolerancias dependen del tipo de pulido de cantos correspondiente. Además, también se aplican EN 14179 y los requisitos nacionales, como la parte 11 de DIN 1249 en Alemania.

9.2.3.1 Cualidades del pulido de cantos

(→ capítulo 9.3.2)

9.2.3.1.1 Tolerancias estándar

El pulido de los cantos puede ser aristado, canteado, pulido industrial y pulido brillo. Por tanto, hay dos categorías de tolerancias:

- La tolerancia con rotura angular indicada en "Corte" (→ capítulo 9.2.2) se aplica a los cantos aristados.
- La siguiente tabla se aplica a los cantos pulidos industrial y brillo.

| Longitud del canto [mm] | Espesor ≤ 12 mm [mm] | Espesor = 19 mm [mm] |
|-------------------------|---------------------------|----------------------|
| ≤ 1000 | $\pm 1,5$ | $\pm 2,0$ |
| ≤ 2000 | $\pm 2,0$ | $\pm 2,5$ |
| ≤ 3000 | + 2,0 / - 2,5 | $\pm 3,0$ |
| ≤ 4000 | + 2,0 / - 3,0 | + 3,0 / - 4,0 |
| ≤ 5000 | + 2,0 / - 4,0 | + 3,0 / - 5,0 |
| ≤ 6000 | + 2,0 / - 5,0 | + 3,0 / - 5,0 |

Tab. 3: Desviaciones estándar en piezas rectangulares

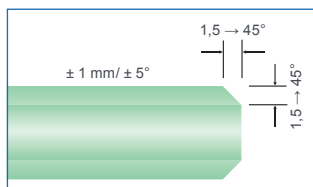


Fig. 5: Pulido de cantos

La desviación diagonal se obtiene de $\sqrt{w^2 + h^2}$ Ejemplo:

Panel de vidrio $w \cdot h = 1000 \times 3000$ mm

Por tanto: Más la dimensión: $\sqrt{1,5^2 + 2,0^2} = + 2,5$ mm

Menos la dimensión: $\sqrt{1,5^2 + 2,5^2} = - 2,9$ mm;

Por tanto: Desviación diagonal: + 2,5 / - 3,0 mm

Estándares y guías

9.2.3.1.2 Tolerancias especiales

Las tolerancias indicadas en la tabla 4 pueden llevarse a cabo con un esfuerzo adicional. Este esfuerzo adicional es necesario porque el primer panel de vidrio debe medirse con exactitud. Los paneles de vidrio no pulidos deben volver a cortarse teniendo esto en cuenta.

| Longitud del canto [mm] | Espesor \leq 12 mm [mm] | Espesor = 15 and 19 mm [mm] |
|-------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| \leq 1000 | + 0,5 / - 1,5 | + 0,5 / - 1,5 |
| \leq 2000 | + 0,5 / - 1,5 | + 0,5 / - 2,0 |
| \leq 3000 | + 0,5 / - 1,5 | + 0,5 / - 2,0 |
| \leq 4000 | + 0,5 / - 2,0 | + 0,5 / - 2,5 |
| \leq 5000 | + 0,5 / - 2,5 | + 0,5 / - 3,0 |
| \leq 6000 | + 1,0 / - 3,0 | + 1,0 / - 3,5 |

Tab. 4: Desviaciones especiales en piezas rectangulares

9.2.3.1.3 Formas especiales

La tabla siguiente se aplica al vidrio de 15 y 19 mm:

| Longitud del canto | | | |
|--------------------|----------------|---------------------|---------------|
| Estándar [mm] | | Especial (CNC) [mm] | |
| \leq 1000 | \pm 2,0 | | + 1,0 / - 1,0 |
| \leq 2000 | \pm 3,0 | | + 1,0 / - 1,5 |
| \leq 3000 | \pm 4,0 | | + 1,0 / - 2,0 |
| \leq 4000 | \pm 5,0 | \leq 3900 | + 1,0 / - 2,5 |
| \leq 5000 | + 5,0 / - 8,0 | \leq 5000 | + 2,0 / - 4,0 |
| \leq 6000 | + 5,0 / - 10,0 | \leq 6000 | + 2,0 / - 5,0 |

Tab. 5: Special shapes

9.2.3.1.4 Pulido de cantos

| α | x [mm] |
|--------------|--------|
| \leq 12,5° | - 15 |
| \leq 20° | - 9 |
| \leq 35° | - 6 |
| \leq 45° | - 4 |

Tab. 6 (figura de leyenda 3, capítulo 9.2.2.1.1)

9.2.3.2 Procesado (recortes, muescas)

El procesado puede implicar recortes de esquinas, recortes de superficies y recortes de cantos en un panel de vidrio. En los casos en los que no estén estandarizadas, las posiciones y dimensiones del procesado deben acordarse para que se adapten a cada situación productiva. En cuanto a los recortes de esquinas y cantos, debe tenerse en cuenta el radio mínimo de la herramienta de procesado. La posición del taladro y/o las tolerancias de posición de los diferentes tipos de procesado son las mismas que las tolerancias de pulido de los cantos.



9.2.3.2.1 Corte de esquinas, aristada < 100 mm x 100 mm

Desviación estándar ± 4 mm

9.2.3.2.2 Recorte de esquinas, aristada

Desviación estándar ± 4 mm con respecto a la posición/desviaciones

9.2.3.2.3 Recorte de cantos, aristado

9.2.3.2.3.1 Desviación estándar para el procesamiento manual:
dimensiones de corte

| Longitud de corte [mm] | Desviación [mm] |
|------------------------|-----------------|
| ≤ 1000 | $\pm 6,0$ |

Tab. 7: Desviación del corte de cantos HB, aristado

9.2.3.2.3.2 Desviación estándar para el procesamiento CNC:
dimensiones de corte

Important: Dimensión mínima con radios internos: 15 mm

| Longitud de corte [mm] | Desviación [mm] |
|------------------------|-----------------|
| ≤ 2000 | $\pm 4,0$ |
| ≤ 3400 | $\pm 4,0$ |
| ≤ 6000 | $\pm 5,0$ |

Tab. 8: Desviación del recorte del canto del centro de procesamiento CNC, rugoso

9.2.3.2.4 Corte de esquinas, pulido industrial

Desviación estándar ± 2 mm

(Corte de cantos < 100 mm x 100 mm; de lo contrario, forma especial)

Desviación especial $\pm 1,5$ mm

Producción realizada en el centro de procesamiento CNC

9.2.3.2.5 Corte de esquinas, pulido: centro de procesamiento CNC

9.2.3.2.5.1 Estándar

Desviación estándar ± 2 mm

(Corte de cantos < 100 x 100 mm; de lo contrario, forma especial)



Fig. 6: Forma especial

9.2.3.2.5.2 Desviación especial

Desviación $\pm 1,5$ mm

9.2.3.2.6 Corte de esquinas, pulido industrial

9.2.3.2.6.1 Estándar

Distancia mínima con los radios internos, según el espesor del vidrio:

≤ 10 mm: R 10

≤ 12 mm: R 15

Desviación de tamaño ± 2 mm

Desviación de posición ± 3 mm

9.2.3.2.6.2 Desviación especial

Dimensión mínima con los radios internos: 17,5 mm, desviación 1,5 mm.

El procesado especial se realiza en el centro de procesado CNC.

9.2.3.2.7 Corte de esquinas, pulido: centro de procesado CNC

Dimensión mínima con los radios internos: 17,5 mm

9.2.3.2.7.1 Estándar

Desviación ± 2 mm

9.2.3.2.7.2 Desviación especial

Desviación ± 1,5 mm

9.2.3.2.8 Corte de cantos, pulido industrial o pulido brillo: centro de procesado CNC

9.2.3.2.8.1 Desviación estándar

Dimensión mínima con los radios
internos: 17,5 mm

| Longitud de corte [mm] | Desviación [mm] |
|------------------------|-----------------|
| < 500 | ± 2,0 |
| ≤ 1000 | ± 3,0 |
| ≤ 2000 | ± 3,0 |
| ≤ 3400 | ± 4,0 |

Tab. 9: Desviación del recorte del canto en el centro de procesado CNC, pulido industrial o pulido brillo

9.2.3.2.8.2 Desviación especial

Dimensión mínima con los radios internos: 17,5 mm

Desviación ± 1,5 mm



9.2.3.3 Perforaciones

Las posiciones de perforación y/o las tolerancias de posición corresponden a las tolerancias de pulido de los cantos.

9.2.3.3.1 Diámetros de los agujeros perforados

Los diámetros \varnothing de los agujeros perforados no deben ser menores que el espesor del vidrio. En lo que se refiere a diámetros pequeños de los agujeros perforados, consulte específicamente al fabricante.

9.2.3.3.2 Limitación y posición del agujero perforado

La posición de la perforación (borde del agujero) con respecto al canto del vidrio, la esquina del vidrio y la siguiente perforación depende de lo siguiente:

- Espesor del vidrio (t)
- Diámetro de la perforación
- Forma del panel de vidrio
- Número de perforaciones

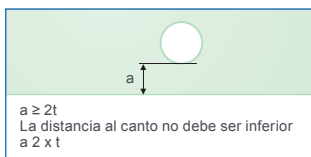


Fig. 7: Posición del agujero con respecto al canto

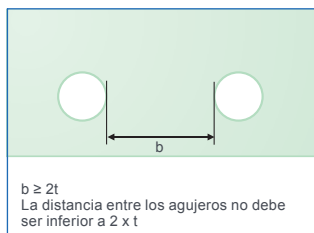


Fig. 8: Posición de los agujeros adyacentes

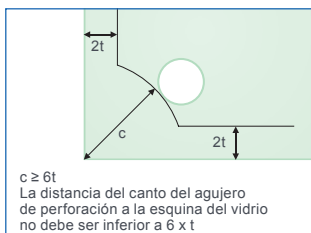


Fig. 9: Posición del agujero en relación con la esquina

| Diámetro nominal \varnothing [mm] | Desviación [mm] |
|-------------------------------------|--------------------------|
| $4 < \varnothing < 20$ | $\pm 1,0$ |
| $20 < \varnothing < 100$ | $\pm 2,0$ |
| $\varnothing > 100$ | Solicítelo al fabricante |

Tab. 10: Desviaciones del agujero de perforación

9.2.3.3.3 Desviaciones en las posiciones de perforación

Las desviaciones en la posición de las perforaciones individuales son iguales a las desviaciones de ancho (W) y longitud (H) de la tabla 11.

| Dimensiones nominales del lado W o H [mm] | Desviación [mm] | |
|--|--|------------------------|
| | Espesor nominal ≤ 12 | Espesor nominal > 12 |
| ≤ 2000 | $\pm 2,5$ (procesos de fabricación horizontal) | $\pm 3,0$ |
| | $\pm 3,0$ (procesos de fabricación vertical) | |
| $2000 < W \text{ o } H \leq 3000$ | $\pm 3,0$ | $\pm 4,0$ |
| > 3000 | $\pm 4,0$ | $\pm 5,0$ |

Tab. 11

La posición de los agujeros se mide en coordenadas perpendiculares (ejes X e Y) desde el punto de referencia hacia el centro del agujero. Por lo general, el punto de referencia es una esquina existente o un punto fijo supuesto. La posición de los agujeros (X, Y) es ($x \pm$ desviación, $y \pm$ desviación), donde x e y son las distancias requeridas.

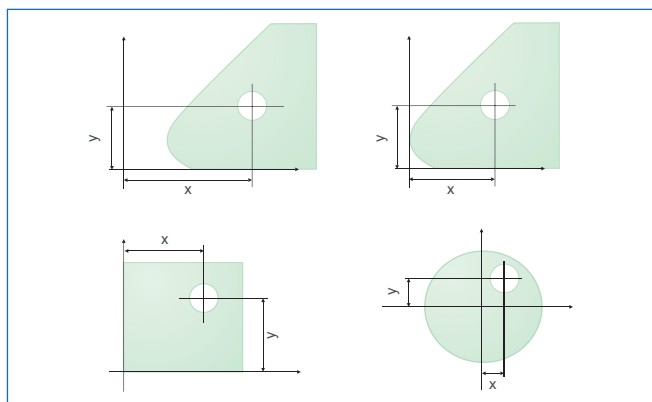


Fig. 10: Posición del agujero



9.2.3.3.4 Posiciones del agujero perforado

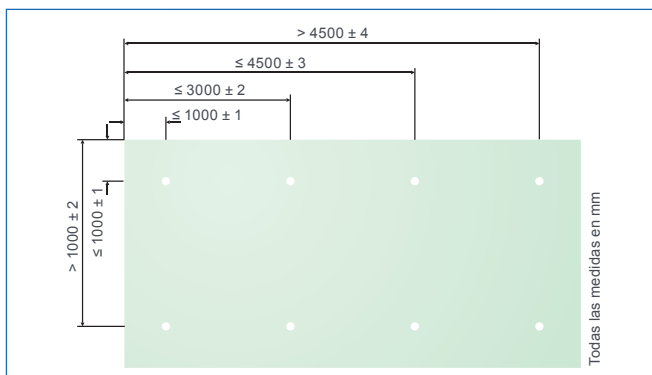


Fig. 11: Posiciones del agujero perforado

9.2.3.3.5 Diámetros del agujero perforado avellanado

Diámetro:

≤ 30 mm: ± 1 mm

> 30 mm: ± 2 mm

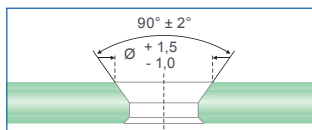


Fig. 12: Desviación del agujero avellanado

9.2.3.3.6 Agujeros perforados avellanados en el vidrio laminado de seguridad

El agujero perforado cilíndrico del panel de vidrio opuesto debe tener un diámetro 4 mm superior en comparación con el diámetro del núcleo del agujero avellanado.

$$X = \frac{\text{Ø del agujero avellanado} - \text{Ø del núcleo}}{2}$$

Espesor mín. del vidrio = $X + 2$ mm

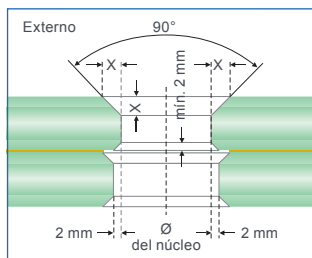


Fig. 13: Agujeros perforados avellanados en el vidrio laminado de seguridad

9.2.4 Vidrio templado, vidrio templado “heat soak” y vidrio termoendurecido

Se aplican los estándares siguientes:

EN 12150-1/-2 para el vidrio templado

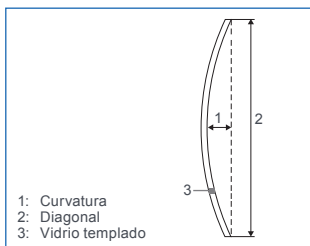
EN 14179 para el vidrio con “heat soak”

EN 1863 para el vidrio termoendurecido

9.2.4.1 Distorsión general: vidrio float no recubierto

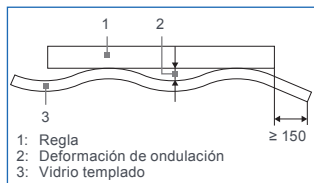
Las condiciones de estrés inducidas pueden producir una curvatura general.

Estándar del 0,3 % de la longitud medida. Debe medirse en los cantos y la diagonal, y ninguno de los valores medidos puede superar el 0,3 % de la longitud medida. Con formatos cuadrados con ratios de lado entre 1:1 y 1:1,3 y con espesores de vidrio ≤ 6 mm, la desviación de la planimetría es mayor en comparación con los formatos rectangulares estrechos debido al proceso de tratamiento térmico.



9.2.4.2 Distorsión local (ondulaciones de rodillo): vidrio float no recubierto

El vidrio que se pasa horizontalmente por un horno puede contener una distorsión muy ligera en la superficie (ondulación) ocasionada por el contacto con los rodillos. El motivo es el reblandecimiento del vidrio al final del ciclo de calentamiento.



Estándar de 0,3 mm a lo largo de una distancia de 300 mm de la longitud medida. La medición debe realizarse a una distancia mín. de 25 mm del canto.



9.2.4.2.1 Espesor mínimo recomendado del vidrio según las dimensiones del vidrio

Debido al proceso de templado térmico, se recomiendan los espesores de vidrio mínimos siguientes, en función del tamaño. En este contexto, no se han considerado requisitos de aplicación adicionales.

| Espesores mín. del vidrio [mm] | Dimensión máx. del panel [mm] |
|--------------------------------|-------------------------------|
| 4 | 1000 x 2000 |
| 5 | 1500 x 3000 |
| 6 | 2100 x 3500 |
| 8 | 2500 x 4500 |
| 10 | 2800 x 5000 |
| 12 | 2800 x 5900 |

Tab. 12: Espesores mínimos del vidrio

9.2.5 Unidades de vidrio aislante (UVA)

Se aplican los estándares siguientes:

EN 1279-1 ... -6 (vidrio aislante)

EN 1096-1 (vidrio de capa)

complementados por los requisitos nacionales.

9.2.5.1 Sellado de cantos

La estructura del sellado de cantos corresponde a las especificaciones del sistema del fabricante. La desviación máxima del ancho del sellado de cantos es de $\pm 2,5$ mm.

9.2.5.2 Tolerancias de espesor en la zona de los cantos de la unidad de vidrio aislante

El espesor real debe medirse en cada esquina y cerca de los puntos medios de los cantos entre las superficies de vidrio externas. Los valores medidos deben determinarse con una precisión de 0,1 mm. Los valores de espesor medidos no pueden desviarse del espesor nominal especificado por el fabricante de las unidades de vidrio aislante en más de las desviaciones especificadas en la tabla 13. Las tolerancias de espesor de las unidades de vidrio aislante con varias cámaras de panel se garantizan observando las siguientes reglas:

- Determinar las tolerancias de cada formación vidrio/cámara/vidrio según la tabla 13
- Calcular los cuadrados de estos valores
- Sumar los valores al cuadrado
- Calcular la raíz cuadrada de esta suma

| | Primer panel* | Segundo panel* | Desviación de espesor de la UVA [mm] |
|---|--|---|--------------------------------------|
| a | Vidrio recocido | Vidrio recocido | ± 1,0 |
| b | Vidrio recocido | Vidrio templado o termoendurecido** | ± 1,5 |
| c | Espesor del vidrio recocido, vidrio templado o vidrio termoendurecido ≤ 6 mm | Vidrio laminado con láminas*** Espesor total ≤ 12 mm | ± 1,5 |
| | Otros casos | | ± 2,0 |
| d | Vidrio recocido | Vidrio impreso | ± 1,5 |
| e | Vidrio templado o termoendurecido | Vidrio templado o termoendurecido | ± 1,5 |
| f | Vidrio templado o termoendurecido | Compuesto vidrio/plástico**** | ± 1,5 |
| g | Vidrio templado o termoendurecido | Vidrio impreso | ± 1,5 |
| h | Compuesto vidrio/plástico | Compuesto vidrio/plástico | ± 1,5 |
| i | Compuesto vidrio/plástico | Vidrio impreso | ± 1,5 |

* Espesores de panel dadas como valores nominales.

** Vidrio de seguridad templado térmicamente, vidrio termoendurecido o vidrio templado químicamente.

*** Vidrio laminado o vidrio laminado de seguridad formado por dos paneles de vidrio float recocido (espesor máximo de 12 mm cada uno) y una lámina de plástico. Para el vidrio laminado o el vidrio laminado de seguridad con otra composición, consulte EN ISO 12543-5 y aplique la regla de cálculo de 9.2.5.2 en consecuencia.

**** Los compuestos de vidrio/plástico son un tipo de vidrio compuesto que contiene al menos un panel de un material de acristalamiento plástico; consulte EN ISO 12543-1.

Tab. 13: Tolerancias de espesor de la UVA al usar vidrio float

9.2.5.3 Tolerancia de dimensión/desviación

Las tolerancias de dimensión se calculan a partir de las tolerancias de los productos primarios utilizados en las unidades de vidrio aislante más las dimensiones de desviación posibles del ensamblado de la unidad de vidrio aislante.

| | |
|--|--------|
| 2000 mm ≥ longitud del canto | 2,0 mm |
| 3500 mm ≥ longitud del canto > 2000 mm | 2,5 mm |
| Longitud del canto > 3500 mm | 3,0 mm |

Tab. 14: Dimensión de desviación máxima: rectángulos

| | |
|--|--------|
| 2000 mm ≥ longitud del canto | 2,0 mm |
| 3500 mm ≥ longitud del canto > 2000 mm | 3,0 mm |
| Longitud del canto > 3500 mm | 4,0 mm |

Tab. 15: Dimensión de desviación máxima: formas especiales

9.2.6 Vidrio laminado de seguridad

El vidrio laminado de seguridad consiste en dos o más paneles de vidrio conectados para formar una unidad inseparable mediante una o varias láminas de butiral de polivinilo (PVB). Se distingue entre el vidrio con un



espesor de la lámina de PVB de 0,38 mm y el vidrio con un grosor de la lámina de PVB de al menos 0,76 mm.

9.2.6.1 Tolerancias dimensionales

Las tolerancias suelen cumplir con el estándar EN ISO 12543.

El vidrio laminado de seguridad se clasifica según su estructura: vidrio laminado de seguridad con PVB de 0,38, vidrio laminado de seguridad con PVB a partir de 0,76, vidrio laminado de seguridad con lámina de protección acústica (vidrio laminado de seguridad de control acústico) y vidrio laminado de seguridad con lámina coloreada (PVB).

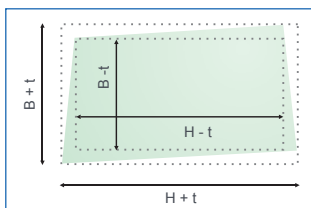


Fig. 14: Límites de tamaño para las dimensiones de los paneles rectangulares

Se aplican las tolerancias dimensionales correspondientes de los productos semiacabados utilizados en el elemento de vidrio laminado de seguridad, así como las tolerancias de desplazamiento permisibles como se muestra en las tablas 16 y 17.

Ejemplo:

Vidrio laminado de seguridad compuesto por vidrio templado de 6 mm/ PVB de 0,76/vidrio termoendurecido de 6 mm; cantos pulidos. Desviación del panel individual: $\pm 1,5$ mm; tolerancia de desviación adicional: $\pm 2,0$ mm.

La tolerancia de desplazamiento permisible suma $\pm 3,5$ mm

9.2.6.2 Tolerancia de desplazamiento (desviación)

Los paneles individuales pueden desplazarse durante el proceso de laminado por razones de fabricación.

Las tolerancias de corte se suman a las tolerancias de desplazamiento. En las tablas 16 y 17 se usa el canto más largo del elemento.

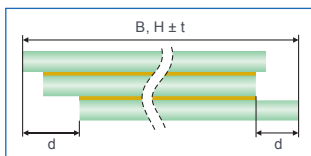


Fig. 15: Desviación

| Longitud del canto l [mm] | Dimensiones máximas permisibles para el desplazamiento por espesor nominal del vidrio laminado de seguridad | | |
|---------------------------|---|--------------|-----------|
| | ≤ 8 mm | ≤ 20 mm | > 20 mm |
| $l \leq 2000$ | 1,0 | 2,0 | 3,0 |
| $2000 < l \leq 4000$ | 2,0 | 2,5 | 3,5 |
| $l > 4000$ | 3,0 | 3,0 | 4,0 |

Tab. 16: Dimensiones máximas permisibles para el desplazamiento: rectángulos

| Longitud del canto l [mm] | Dimensiones máximas permisibles para el desplazamiento por espesor nominal del vidrio laminado de seguridad | | |
|------------------------------|--|---------|---------|
| | ≤ 8 mm | ≤ 20 mm | > 20 mm |
| $l \leq 2000$ | 1,5 | 3,0 | 4,5 |
| $2000 < l \leq 4000$ | 3,0 | 4,0 | 5,5 |
| $l > 4000$ | 4,5 | 5,0 | 6,0 |

Tab. 17: Dimensiones máximas permisibles para la desviación: formas especiales

9.2.6.3 Tolerancia de espesor

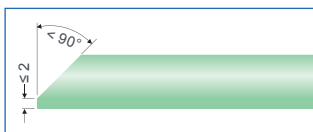
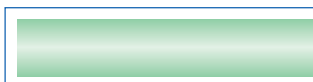
La desviación de espesor del vidrio laminado de seguridad no debe superar la suma de los paneles de vidrio individuales, que se especifica en los estándares del vidrio base (EN 572). El límite de tolerancia de la lámina intermedia no debe tenerse en cuenta si el espesor de la lámina intermedia es < 2 mm. Para lamas intermedias ≥ 2 mm se tiene en cuenta una desviación $\leq 0,2$ mm.

9.3 Cantos del vidrio

La calidad de los cantos del vidrio de los paneles individuales que conforman un sistema de acristalamiento influye enormemente en la durabilidad del producto. Los cantos de vidrio sin un procesado adicional pueden tener microgrietas, que tienen efectos negativos y, en casos extremos, pueden conducir a roturas. La calidad depende del estado de las herramientas de corte y del pulido adicional de los cantos. Las definiciones se encuentran en EN 12150.

9.3.1 Tipos de cantos

- Cantos redondos (RK)**
 Este pulido de la superficie del canto es algo redondeado. El tipo de canteado más habitual es el "canto en C".
- Canto recto (K)**
 El canto recto forma un ángulo de 90° con la superficie del vidrio.
- Canto en inglete (GK)**
 El canto en inglete forma un ángulo entre $< 90^\circ$ y $\geq 45^\circ$ con la superficie del vidrio. No hay ningún canto afilado, pero sí un inglete de 90° con la superficie del vidrio.

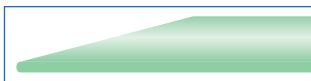









- **Canto biselado (FK)**

En este caso, habrá un ángulo opcional diferente de 90° con la superficie del vidrio. Según

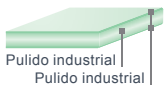
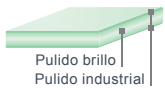
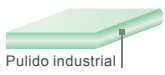


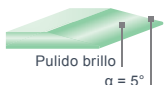
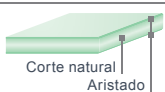
el ancho del bisel, se distingue entre facetas planas y facetas inclinadas. Además, el área biselada acaba en un canto restante de 90°, un canto que también puede ser redondeado.



9.3.2 Pulido de cantos

| Indicación | Definición según EN 12150 |
|--|--|
| Canto al corte (KG)  | El canto al corte es un canto de vidrio sin procesar que se produce cuando se corta el vidrio plano. Las aristas del canto al corte son afiladas. El canto tiene ligeras líneas onduladas transversales a sus márgenes. Por lo general, el canto al corte tiene una rotura limpia, pero también puede haber roturas irregulares ocasionadas en los puntos de contacto de las herramientas de corte, que puede ser el caso de los paneles de vidrio gruesos y los paneles de vidrio de formato no recto. Pueden producirse otras características de procesado, por ejemplo, a partir del corte del vidrio con tenazas. Las irregularidades del corte pueden eliminarse (canteado). Un vidrio laminado de seguridad formado por paneles de vidrio con cantos al corte normalmente tiene un pequeño decalaje de cantos que cumple con la tolerancia de corte. |
| Canto aristado (KGS)  | Se eliminan las aristas del canto. El canto del vidrio puede ser totalmente o parcialmente pulido industrial (mate). |
| Canto pulido industrial (KMG)  | Se eliminan las aristas del canto. El canto del vidrio puede ser totalmente o parcialmente pulido industrial (mate). |
| Canto pulido industrial liso (KGN)  | La superficie del canto es pulida lisa mediante un disco fino que logra un acabado esmerilado (satinado) en la superficie. No se admiten puntos blancos ni desconchones. |
| Canto pulido brillo (KPO)  | El canto pulido es un canto pulido liso y refinado mediante pulido. No se admiten puntos esmerilados. Se admiten marcas y rayas de pulido visibles y perceptibles. Por motivos de fabricación, los cantos de un panel de vidrio pueden procesarse mediante varias o diferentes máquinas. Esto puede producir una apariencia diferente de los cantos pulidos brillo. No constituye un motivo de reclamación. |

9.3.3 Geometrías de los cantos y aplicaciones típicas

| Diagrama del canto | Descripción | Aplicación típica |
|---|---|--|
|  <p>Pulido industrial Pulido industrial</p> | Canto pulido industrial liso, KGN | Acristalamiento estructural con cantos a la vista |
|  <p>Pulido brillo Pulido industrial</p> | Canto pulido brillo, KPO | Acristalamiento estructural en el que el estado del canto es fundamental por motivos estéticos |
|  <p>Pulido industrial</p> | Canto redondeado (canto en C) pulido industrial, RK | Espejos, vidrio de mobiliario decorativo |
|  <p>Pulido brillo</p> | Canto redondeado (canto en C) pulido, RK | Espejos, vidrio de mobiliario decorativo |
|  <p>Pulido industrial $\alpha = 22^\circ, 45^\circ, 67^\circ$</p> | Canto en inglete, pulido industrial | Acristalamiento estructural |
|  <p>Pulido brillo $\alpha = 5^\circ$</p> | Canto biselado, pulido plano brillo | Espejos, vidrio de mobiliario decorativo |
|  <p>Corte natural Aristado</p> | Canto aristado, KGS | Tratamiento normal de los cantos para el tratamiento térmico |

9.4 Esquinas y uniones de vidrio

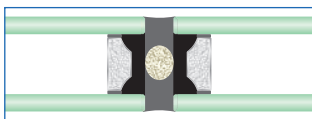
Esta forma de arquitectura moderna se caracteriza por el hecho de que no hay ningún poste, viga o viga de carga vertical detrás de la esquina o la unión para ocultarlas, ni tampoco una tapeta frontal. Por este motivo, el vidrio que se utiliza generalmente debe tener sellado de canto resistentes a la radiación UV (→ capítulo 3.4) y todos los materiales empleados deben ser compatibles entre ellos. Las condiciones para construir los galces entre los elementos de vidrio contiguos para el sellado son idénticas a las del acristalamiento con marcos. Lo mismo se aplica a la verificación del análisis estructural y las especificaciones relacionadas con la reducción del calor y el ruido, si procede.

Las posibilidades de diseño son amplias y deben definirse claramente al inicio del proyecto. A continuación, se indican algunos ejemplos de posibles implementaciones.



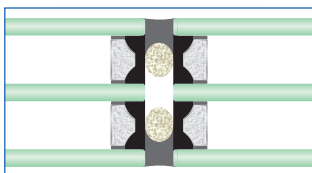
9.4.1 Junta de vidrio con sellante y burletes para vidrio aislante doble

Adecuada para el uso vertical, no para el acristalamiento de lucernarios, ya que no hay ventilación ni drenaje en la zona del galce.



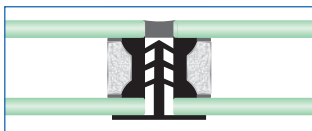
9.4.2 Junta de vidrio con junta sellante y de estanquidad para vidrio aislante triple

Adecuada para el uso vertical, no para el acristalamiento de lucernarios, ya que no hay ventilación ni drenaje en la zona del galce.



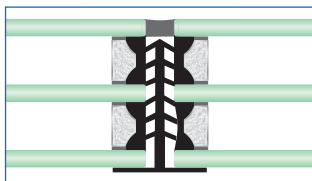
9.4.3 Junta de vidrio con sellante y junta preformada para vidrio aislante doble

La ventilación y el drenaje del galce son posibles y se diseñan de modo que se conduzcan al exterior, especialmente en las intersecciones de la junta.



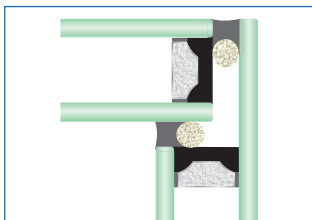
9.4.4 Junta de vidrio con sellante y junta preformada para vidrio aislante triple

Se puede realizar la ventilación y el drenaje del galce, hacia el exterior, especialmente en las intersecciones de la junta.



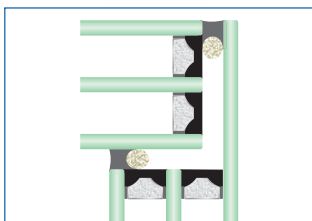
9.4.5 Esquina de vidrio con triple acristalamiento de doble decalado

La ventilación y el drenaje de la zona del galce no son posibles, por lo que no es adecuada para el acristalamiento en ángulo.



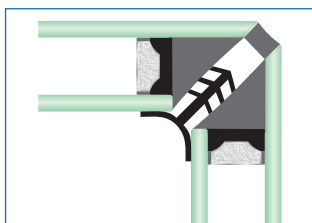
9.4.6 Esquina de vidrio con triple acristalamiento de triple decalado

La ventilación y el drenaje de la zona del galce no son posibles, por lo que no es adecuada para el acristalamiento en ángulo.



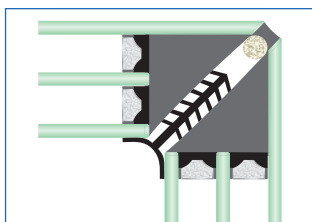
9.4.7 Esquina de vidrio con junta preformada para el vidrio aislante doble con cantos decalados

La eliminación de la humedad y la ventilación de la zona del galce son posibles si se diseñan de modo que se conduzcan al exterior; por ello, es adecuada para el acristalamiento vertical, así como para inclinado.



9.4.8 Esquina de vidrio con junta preformada para vidrio aislante triple con cantos decalados

La eliminación de la humedad y la ventilación de la zona del galce son posibles y se construyen de modo que se conduzcan al exterior; por ello, es adecuada para el acristalamiento vertical, así como para el inclinado.



Las explicaciones detalladas de esta cuestión relacionadas con los reglamentos nacionales (p. ej., en Alemania) se incluyen en el folleto V.07 de la Asociación de Ventanas y Fachadas o pueden definirse junto con Guardian durante la fase de diseño.



9.5 Dimensionamiento del espesor del vidrio

El vidrio instalado está sometido a diferentes cargas y, por tanto, debe dimensionarse según las condiciones de uso. Además de las cargas de viento y nieve positivas/negativas, también hay que tener en cuenta su propio peso y, en el vidrio aislante, las cargas climáticas de la cámara. Por lo general, al calcular las dimensiones, hay que tener en cuenta las siguientes variantes.

- Ubicación geográfica y posición de instalación del acristalamiento
- Distribución de cargas
- Contracción y expansión de la cámara de la UVA debidas a las condiciones meteorológicas cambiantes (carga climática)
- Carga de vidrio en todos los lados o parcialmente
- Estrés del vidrio inducido térmicamente

Guías nacionales y normativas para el dimensionamiento del vidrio deben introducirse y adaptarse gradualmente a medio plazo en todos los países de la UE.

Ejemplos de las normas válidas actualmente en Europa:

- Alemania: DIN 18008
- Austria: ÖNORM B 3716/OIB Richtlinie 4
- Reino Unido: BS 6180
- Países Bajos: NEN 2608
- Suiza: SIGAB 002

9.6 Daño en la superficie del vidrio

Como todas las demás superficies de alta calidad, el vidrio float puede estar expuesto al estrés mecánico, térmico o químico. Experiencias anteriores han demostrado que este tipo de daño se suele producir durante el periodo de construcción y raramente una vez que se ha terminado el edificio. El daño mecánico en la superficie se debe generalmente a un transporte inadecuado al lugar de construcción, a un almacenamiento o instalación incorrectos o al deslizamiento de una superficie de vidrio encima de otra cuando hay polvo del lugar de construcción en los vidrios.

El uso de herramientas inadecuadas como cepillos o cuchillas para vidrio para eliminar la suciedad persistente en el vidrio puede ocasionar daños mecánicos en la superficie.

La causa más frecuente de daños en el lugar de construcción es que el vidrio entra en contacto con cemento, mortero o yeso frescos. Es posible que queden rastros de corrosión después de quitar estos tipos de materiales una vez que se han secado en la superficie del vidrio.

La rotura térmica, en cambio, puede producirse cuando se llevan a cabo trabajos de soldadura o corte de metales cerca de un vidrio que no está protegido frente a las chispas.

Estándares y guías

Un material de sellado inadecuado puede producir manchas irreparables, al igual que los agentes de limpieza agresivos con posible contenido de ácido fluorhídrico, un agente que se utiliza con frecuencia para la limpieza de fachadas de ladrillo.

Para evitar estos posibles escenarios, el vidrio debe protegerse con películas si se instala en las primeras etapas de la fase de construcción, y debe limpiarse posteriormente solo con los productos de limpieza adecuados y la cantidad apropiada de agua limpia (→ capítulo 9.11).

9.7 Guías para evaluar la calidad visual del vidrio en edificios

9.7.1 Calidad visual del vidrio de capa

El aspecto del vidrio de capa y la detección de defectos se describe en el estándar EN 1096-1. Los defectos que afectan al aspecto son específicos del sustrato de vidrio (p. ej., el vidrio float según EN 572-2) o específicos de la capa. Si un defecto específico del sustrato de vidrio es más visible debido a la capa, debe tratarse como un defecto de la capa.

9.7.1.1 Detección de defectos

Los defectos se detectan visualmente mediante una observación del vidrio de capa en transmisión y/o reflexión. Como fuente de iluminación puede utilizarse un cielo artificial o la luz diurna.

El cielo artificial es un plano que emite luz difusa con un brillo uniforme y un índice de color general R_a superior a 70 (véase CIE 013.3-1995).

Se obtiene utilizando una fuente de luz cuya temperatura de color correlativa se encuentra en el intervalo entre 4000 K y 6000 K. Delante de las fuentes de luz se encuentra un panel de dispersión lumínica, sin selectividad espectral. El nivel de iluminancia en la superficie del vidrio debe situarse entre 400 lx y 20 000 lx.

La iluminación de luz diurna es un cielo cubierto uniforme, sin luz solar directa.

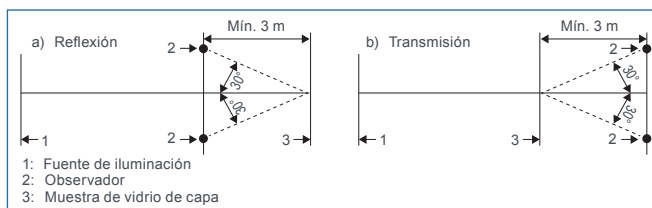
9.7.1.2 Condiciones de examen

9.7.1.2.1 General

El vidrio de capa puede examinarse en planchas de tamaño estándar o en tamaños terminados listos para su instalación. El examen se puede realizar en la fábrica o en el lugar cuando esté instalado.

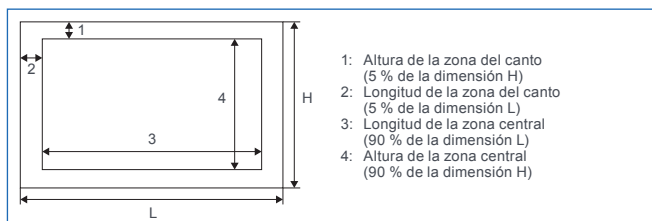


El panel de vidrio de capa que se está examinando se observa desde una distancia mínima de 3 m. La distancia real dependerá del defecto que se esté teniendo en cuenta y la fuente de iluminación que se esté utilizando. El examen del vidrio de capa en reflexión es realizado por el observador mirando el lado que será el exterior del acristalamiento. El examen del vidrio de capa en transmisión es realizado por el observador mirando el lado que será el interior del acristalamiento. Durante el examen, el ángulo entre la normal a la superficie del vidrio de capa y el haz de luz que se dirige a los ojos del observador después de la reflexión o transmisión por parte del vidrio de capa no debe superar los 30° (véanse las figuras siguientes).



Procedimientos de examen del vidrio de capa

Para los paneles de vidrio de capa de tamaños terminados listos para su instalación, deben examinarse tanto la zona principal como una zona de canto del panel (véase la figura siguiente).



Zonas que deben examinarse en tamaños terminados

Cada examen debe llevar 20 s como máximo.

9.7.1.2.2 Defectos de uniformidad y manchas

En las condiciones de examen, indicadas en 9.7.1.1, observe cualquier variación de la capa, ya sea en un panel o entre paneles contiguos, que sea visualmente molesta.

9.7.1.2.3 Defectos puntuales

En las condiciones de examen, indicadas en 9.7.1.1, observe cualquier punto, pinhole o arañazo que sea visualmente molesto.

En el caso de los puntos/pinholes, mida el tamaño y anote el número correspondiente al tamaño del panel. Si se encuentra alguna acumulación, debe determinarse su posición relativa al área de visión.

En el caso de los arañazos, determine si se encuentran o no en la zona principal o del canto. Mida la longitud de los arañazos anotados. Para los arañazos > 75 mm de largo, determine la distancia entre los arañazos adyacentes. Para los arañazos ≤ 75 mm de largo, anote las zonas en las que su densidad produce una molestia visual.

9.7.1.3 Criterios de aceptación para los defectos del vidrio de capa

| Tipos de defectos | Criterios de aceptación | | |
|----------------------------|---|---|--|
| | Panel/Panel | Panel individual | |
| Uniformidad/mancha | Permitido mientras no resulte visualmente molesto | Permitido mientras no resulte visualmente molesto | |
| Puntual | No aplicable | Zona principal | Zona del canto |
| Puntos/pinholes; > 3 mm | | No permitido | No permitido |
| > 2 mm y ≤ 3 mm | | Permitido si no hay más de 1/m ² | Permitido si no hay más de 1/m ² |
| Acumulación; | | No permitido | Permitido mientras no se encuentre en la zona de visión a través |
| Arañazos; > 75 mm | | No permitido | Permitido mientras estén separados por > 50 mm |
| ≤ 75 mm | Permitido mientras la densidad local no resulte visualmente molesta | Permitido mientras la densidad local no resulte visualmente molesta | |

9.7.2 Calidad visual de las unidades de vidrio aislante (UVA)

Los criterios de calidad visual del vidrio de las UVA elaboradas con componentes de vidrio base se describen en el estándar EN 1279-1 (normativa del Anexo F).

Los requisitos de calidad visual y óptica de los componentes de vidrio deben tomarse de los estándares europeos correspondientes.

La información que se incluye en las tablas siguientes indica el defecto máximo permisible por unidad de vidrio aislante, así como los defectos específicos del ensamblado. Esta información no debe usarse para unidades de vidrio aislante con al menos un componente elaborado con vidrio impreso, vidrio armado, vidrio impreso armado, vidrio estirado o vidrio laminado resistente al fuego.



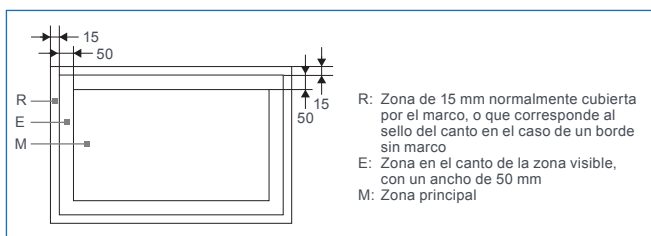
9.7.2.1 Condiciones de observación

Los paneles deben examinarse en transmisión, no en reflexión.

Las discrepancias no deben marcarse en el panel.

Las unidades de vidrio aislante deben observarse desde una distancia no inferior a 3 m desde el interior hacia el exterior y a un ángulo de visualización lo más perpendicular posible a la superficie del vidrio durante un minuto por m² como máximo. La evaluación se lleva a cabo en condiciones de luz diurna difusa (p. ej., cielo cubierto), sin luz solar directa ni luz artificial.

Las unidades de vidrio aislante evaluadas desde el exterior deben examinarse una vez instaladas, y hay que tener en cuenta la distancia de visualización habitual con un mínimo de 3 m. El ángulo de visualización debe ser lo más perpendicular posible a la superficie del vidrio.



Zonas de observación

9.7.2.2 UVA formada por dos paneles de vidrio monolítico

9.7.2.2.1 Fallos puntuales

| Zona | Dimensiones y tipo [Ø en mm] | Zona de panel S (m ²) | |
|------|------------------------------|---|----------------------|
| | | S ≤ 1 | 1 < S |
| R | Todos | Sin limitaciones | |
| E | Puntos Ø ≤ 1 | Sin limitaciones | |
| | Puntos 1 mm < Ø ≤ 3 | 4 | 1 por m de perímetro |
| | Mancha Ø ≤ 17 | 1 | |
| | Puntos Ø > 3 y mancha Ø > 17 | 1 como máximo | |
| M | Puntos Ø ≤ 1 | 3 como máximo en cada zona de Ø ≤ 20 cm | |
| | Puntos 1 < Ø ≤ 3 | 2 como máximo en cada zona de Ø ≤ 20 cm | |
| | Puntos Ø > 3 y mancha Ø > 17 | No aceptado | |

Número máximo de fallos puntuales

9.7.2.2.2 Residuos

| Zona | Tamaño del defecto (excluyendo el halo) [Ø en mm] | Tamaños del panel S (m ²) | | | |
|------|---|---|--------------------------|-----------|----------------------|
| | | S ≤ 1 | 1 < S ≤ 2 | 2 < S ≤ 3 | 3 < S |
| R | Todos los tamaños | Sin limitaciones | | | |
| E | Ø ≤ 1 | Aceptado si es inferior a 3 en cada área de Ø ≤ 20 cm | | | |
| | 1 < Ø ≤ 3 | 4 | 1 por metro de perímetro | | |
| | Ø > 3 | No permitido | | | |
| M | Ø ≤ 1 | Aceptado si es inferior a 3 en cada área de Ø ≤ 20 cm | | | |
| | 1 < Ø ≤ 2 | 2 | 3 | 5 | 5 + 2/m ² |
| | Ø > 2 | No permitido | | | |

Número máximo permisible de puntos y manchas residuales

9.7.2.2.3 Defectos lineales / extendidos

Se permiten arañazos finos, mientras no formen una acumulación.

| Zona | Longitudes individuales [mm] | Total de las longitudes individuales [mm] |
|------|------------------------------|---|
| R | Sin limitaciones | |
| E | ≤ 30 | ≤ 90 |
| M | ≤ 15 | ≤ 45 |

Número máximo de fallos lineales/extendidos

9.7.2.3 UVA distintas de las compuestas por dos paneles de vidrio monolítico

El número máximo permisible de discrepancias definido en el capítulo 9.7.2.2 aumenta en un 25 % por cada componente de vidrio adicional (en el acristalamiento múltiple o en un componente de vidrio laminado). El número de defectos permisibles siempre se redondea hacia arriba.

Ejemplos:

- Triple acristalamiento compuesto por 3 paneles de vidrio monolítico: el número de fallos permisibles de F.3 se multiplica por 1,25.
- Acristalamiento doble compuesto por dos paneles de vidrio laminado con 2 componentes de vidrio cada uno: el número de fallos permisibles del capítulo 9.7.2.2 se multiplica por 1,5.

9.7.2.4 UVA que contienen vidrio tratado térmicamente

La calidad visual del vidrio de seguridad templado térmicamente, con o sin "heat soak", y del vidrio termoendurecido, cuando se ensamblan en una unidad de vidrio aislante o en un vidrio laminado que forma parte de una unidad de vidrio aislante, debe cumplir los requisitos de su estándar de producto correspondiente.



Además de esos requisitos, para el vidrio float tratado térmicamente, la curvatura global relativa a la longitud total del canto del vidrio no debe ser superior a 3 mm por 1000 mm de longitud de borde del vidrio. Puede producirse una curvatura global superior en los formatos cuadrados o casi cuadrados (hasta 1:1,5) y en los paneles individuales con un espesor nominal < 6 mm.

9.7.2.5 Defectos de los cantos

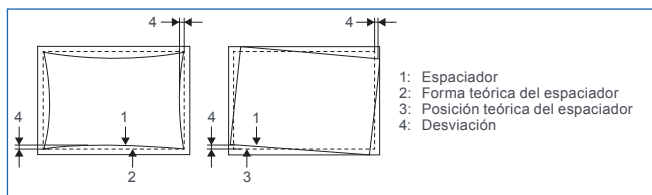
Los defectos de los cantos permisibles se detallan en el estándar pertinente correspondiente a cada componente del panel de vidrio.

Se aceptan daños externos poco profundos en el canto o fracturas en forma de concha que no afecten a la resistencia del vidrio y que no se proyecten más allá del ancho del sello del borde.

Se aceptan fracturas en forma de concha internas sin fragmentos sueltos, que se rellenan con el sellante.

9.7.2.6 Tolerancia en la rectitud del espaciador

Para el acristalamiento doble, la tolerancia en la rectitud del espaciador es de 4 mm hasta una longitud de 3,5 m y de 6 mm para longitudes superiores. La desviación permisible de los espaciadores en relación con el canto recto paralelo del vidrio o con otros espaciadores (p. ej., en el acristalamiento triple) es de 3 mm hasta una longitud de borde de 2,5 m. Para longitudes de canto superiores, la desviación permisible es de 6 mm.



Ejemplos de desviación del espaciador

9.7.2.7 UVA curvadas

La calidad visual de las unidades de vidrio aislante curvadas y sus componentes de vidrio debe cumplir los requisitos de ISO 11485-1 e ISO 11485-2.

9.7.2.8 Otros aspectos visuales de las unidades de vidrio aislante

Pueden producirse algunos efectos físicos visibles en la superficie del vidrio que no deben tenerse en cuenta al evaluar la calidad visual. Estos efectos no se consideran defectos (Anexo G informativo de EN 1279-1).

9.7.2.8.1 Color inherente

Puede haber variaciones en la impresión del color debidas al contenido de óxido de hierro del vidrio, el proceso de aplicación de la capa, la propia capa, variaciones en el espesor del vidrio y la construcción de la unidad, que no pueden evitarse.

9.7.2.8.2 Diferencias en el color de la unidad de vidrio aislante

Las fachadas compuestas por UVA que incorporan vidrio de capa pueden presentar diferentes tonos del mismo color, un efecto que puede intensificarse al observarlas desde un ángulo. Las posibles causas de estas diferencias de color incluyen ligeras variaciones en el color del sustrato sobre el que se aplica la capa y ligeras variaciones en el espesor de la propia capa.

Se puede llevar a cabo una evaluación objetiva de las diferencias de color mediante ISO 11479-2.

9.7.2.8.3 Efecto de interferencia

En las unidades de vidrio aislante compuestas por vidrio float, los efectos de interferencias pueden causar la aparición de colores espectrales. La interferencia óptica se debe a la superposición de dos o más ondas de luz en un mismo punto.

Los efectos se observan como una variación en la intensidad de las zonas coloreadas, que cambia cuando se aplica presión al vidrio. El efecto físico se ve reforzado por el paralelismo de las superficies del vidrio. Los efectos de interferencias se producen al azar y no se pueden evitar.

9.7.2.8.4 Efecto específico debido a las condiciones barométricas

Una unidad de vidrio aislante incluye un volumen de aire u otro gas, sellado herméticamente mediante el sellado de cantos. El estado del gas se ve determinado básicamente por la altitud, la presión barométrica y la temperatura del aire en el momento y el lugar de fabricación. Si la unidad de vidrio aislante se instala a otra altura, o si la temperatura o la presión barométrica cambian (presión superior o inferior), los paneles se desviarán hacia el interior o el exterior, lo que provocará una distorsión óptica (→ capítulo 2.7).

9.7.2.8.5 Reflejos múltiples

Pueden producirse reflejos múltiples al variar la intensidad en las superficies de las unidades de vidrio. Estos reflejos se pueden ver más claramente si el fondo que se ve a través del acristalamiento es oscuro. Este efecto es una propiedad física de todas las unidades de vidrio aislante.



9.7.2.8.6 Anisotropía (iridiscencia)

Las unidades de vidrio aislante que contienen un componente de vidrio tratado térmicamente pueden mostrar un fenómeno visual conocido como anisotropía; consulte EN 12150-1 y EN 1863-1 (→ capítulo 7.1.7).

9.7.2.8.7 Condensación en la superficie externa de la UVA

La condensación puede producirse en las superficies externas del vidrio cuando la superficie del vidrio está más fría que el aire adyacente.

El alcance de la condensación en las superficies externas de un panel de vidrio se ve determinado por el valor U, la humedad del aire, el movimiento del aire y las temperaturas del interior y exterior.

Cuando la humedad relativa en el ambiente es alta y la temperatura superficial del panel cae por debajo de la temperatura ambiente, se produce condensación en la superficie del vidrio.

(→ capítulo 2.4.3 para obtener información sobre cómo minimizar la condensación en las superficies externas).

9.7.2.8.8 Formación de condensación en las superficies de vidrio

La apariencia de las superficies de vidrio puede ser diferente debida al efecto de los rodillos, las huellas dactilares, las etiquetas, las ventosas, los residuos del sellante, los componentes de silicona, los agentes alisadores, los lubricantes, las influencias ambientales, etc. Esto puede ser evidente cuando las superficies del vidrio se humedecen por la condensación, la lluvia o el agua de limpieza.

9.7.2.8.9 Evaluación de la sección visible del sellado de cantos de la unidad de vidrio aislante

Las características del vidrio y el espaciador que derivan de los procesos productivos se pueden reconocer en las unidades de vidrio aislante en la sección visible del sellado de cantos. Por definición, esta sección no se incluye en la zona entre las líneas de visión que se somete a evaluación. Si el sellado de cantos de la unidad de vidrio aislante está expuesto en uno o más lados debido a los requisitos de diseño, las características que derivan de los procesos productivos pueden verse en la zona del sellado de cantos.

Si el sellado de cantos de la unidad de vidrio aislante está expuesto debido a los requisitos del diseño, es posible que queden visibles características habituales del sellado de cantos no cubiertas por esta guía. En estos casos, deben acordarse disposiciones individuales.

Estándares y guías

9.7.2.8.10 UVA con barrotillos internos

Debido a las influencias climáticas (p. ej., el efecto del vidrio aislante), a los choques o a la vibración generada manualmente, puede producirse un ruido de percusión en los barrotillos. El proceso productivo resulta en cortes de sierra visibles y la ligera eliminación de pintura cerca de los cortes de sierra.

Al evaluar las desviaciones de los ángulos rectos y la alineación incorrecta dentro de las zonas de acristalamiento, hay que tener en cuenta las tolerancias de fabricación e instalación y la impresión general.

Los efectos debidos a los cambios en las longitudes de los barrotillos de la cámara llena con gas relacionados con la temperatura son básicamente inevitables. La alineación incorrecta de los barrotillos causada por la producción no se puede descartar.

9.8 Rotura del vidrio

El vidrio es un material de construcción frágil y, por ello, no permite deformaciones excesivas. Superar el umbral de elasticidad debido a influencias mecánicas o térmicas provoca inmediatamente la rotura. Por este motivo, deben seguirse con exactitud las guías definidas sobre esta cuestión. Para la carga térmica, el vidrio float normal que se utiliza en fachadas que se encuentran parcialmente a la sombra puede exponerse a una diferencia de temperatura máxima de 40 K (EN 572) a 42 K. Si el vidrio se expone a cambios de temperatura que superen este intervalo, este vidrio float debe sustituirse por vidrio templado o vidrio termoendurecido para aumentar este rango. Esto es especialmente fundamental en el caso de los vidrios de protección solar absorbentes.

Otro peligro que puede conducir a la rotura del vidrio se encuentra en el lugar de construcción si los paquetes de vidrio aislante con capa se almacenan en caballetes y no se protegen del sol. El sol calienta los paquetes de vidrio y, debido a las capas, el calor no se puede disipar, lo que conduce inevitablemente a la rotura del vidrio. Por tanto, los paquetes de vidrio expuestos al aire libre deben cubrirse con material opaco. Asimismo, los paneles de vidrio aislante de tamaño pequeño con lados de proporciones desfavorables y estructuras asimétricas necesitan un panel de vidrio templado más fino para prevenir la rotura.



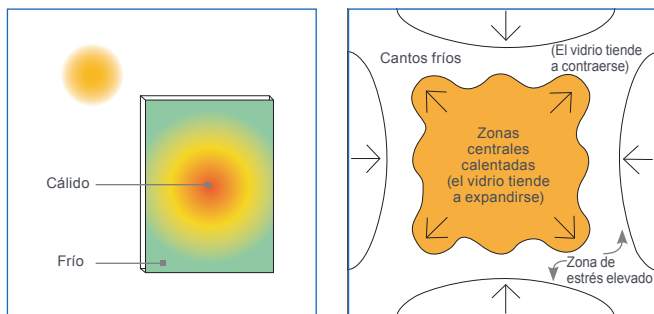
La rotura del vidrio que antiguamente se producía por el estrés residual está prácticamente descartada, debido a los métodos de protección del vidrio actuales. Sin embargo, tanto el acabado deficiente de los cantos con microfisuras casi invisibles como el daño mecánico en la superficie pueden conducir al fallo del panel a medio plazo. Lo mismo se aplica al transporte incorrecto y el daño en los cantos. En estos casos, el fallo puede no ser evidente de inmediato, y solo se percibirá a posteriori. La rotura por el propio material solo puede producirse con el vidrio templado, debido a la denominada rotura “espontánea” que se produce cuando hay inclusiones de sulfuro de níquel (→ capítulo 7.2).

Por lo general, se puede decir que la rotura del vidrio es casi 100 % evitable si el vidrio se manipula correctamente con una planificación anticipada, un dimensionamiento correcto y un uso y mantenimiento adecuados.

9.8.1 Rotura térmica/estrés térmico

9.8.1.1 General

El estrés térmico se produce cuando una zona del vidrio se calienta y otra zona se mantiene fría al mismo tiempo. No hay ningún problema si el aumento de temperatura es uniforme en todo el panel de vidrio. Las zonas más calientes se encuentran en expansión y las zonas frías se encuentran en compresión debido al aspecto de diferencia de temperatura (ΔT).

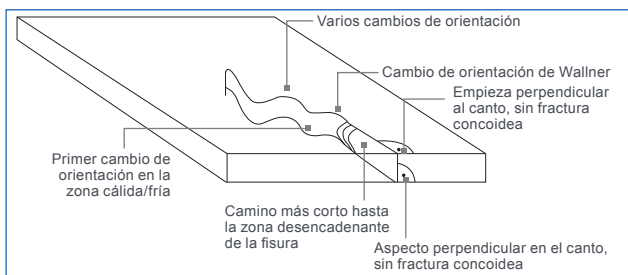


9.8.1.2 Roturas térmicas

La rotura térmica siempre comienza en el canto y es perpendicular (90°) al borde del vidrio.

- Las diferentes zonas se expanden y se contraen de forma diferente. Cuando chocan entre sí, la energía busca un camino hacia el canto más cercano y comienza la rotura.
- La rotura puede ser simple o múltiple en función de la acumulación de estrés térmico.

- Empieza recta durante 2-5 cm y luego se ramifica en una o más direcciones.
- El número de ramas o grietas secundarias depende de la cantidad de estrés.



9.8.1.3 Factores que influyen en la rotura térmica

El estrés térmico causado por las diferencias de temperatura (ΔT) es el único factor principal.

ΔT depende de lo siguiente:

- Factores ambientales: orientación de la fachada
 - Intensidad solar (W/m^2)
 - Diferencia de temperatura entre el interior y el exterior
- Factores relacionados con el vidrio
 - Tipos de vidrio y configuración del acristalamiento (absorción de la energía solar)
- Factores arquitectónicos: persianas internas y externas
 - Elementos de ventilación y calefacción
 - Construcciones internas, obstáculos
 - Perfiles de las ventanas
 - Sombras fuertes (alrededores, forma del edificio)

9.8.1.4 Factores que influyen en la resistencia del vidrio y el riesgo de rotura térmica

La resistencia del vidrio y, por consiguiente, el riesgo de rotura térmica depende directamente de la calidad de los cantos del acristalamiento.

Las condiciones siguientes influyen en la calidad de los cantos:

- Corte
 - herramientas, aceite, velocidad, tipo de mesa de corte de vidrio laminado, etc.



- Manipulación/Transporte/Almacenamiento
 - uso de separadores, evitar fisuras durante la manipulación, manera en que se fija el vidrio
 - superficie de almacenamiento adecuada y limpia
- Lugar del proyecto/Instalación
 - protección del paquete de vidrio, puentes térmicos, perfiles limpios

9.8.1.5 Cálculo y evaluación del riesgo de roturas térmicas

El estándar francés NF DTU 39 parte 3 es la base de las consideraciones del estrés térmico. Este estándar describe los métodos de cálculo, la influencia de las condiciones ambientales y de construcción, las propiedades del vidrio y las cualidades del vidrio necesarias en relación con las diferencias de temperatura máximas permitidas.

| Cualidad del vidrio | Diferencia de temperatura admisible ΔT [K] |
|---|--|
| Vidrio monolítico: canto pulido | 42 |
| Vidrio laminado de tamaño final: canto pulido | 42 |
| Vidrio monolítico global | 35 |
| Vidrio laminado de tamaño final al corte | 35 |
| Vidrio termoendurecido | 150 |
| Vidrio templado | 215 |
| Vidrio templado esmaltado | 150 |

Tabla: ΔT máxima admisible y cualidades del vidrio necesarias (selección); encontrará más tipos de vidrio en NF DTU 39

Las diferencias de temperatura máximas que se indican en la tabla se basan en la resistencia teórica de un tipo concreto de vidrio con soporte en todos los lados. Si las condiciones varían, hay que tener en cuenta las diferencias de temperatura máximas adecuadas.





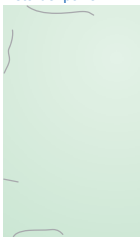

La resistencia del vidrio en condiciones de estrés térmico se ve influenciada notablemente por la calidad del acabado del canto. Los valores permisibles máximos son válidos solo si el acabado del canto no tiene defectos (→ capítulo 9.8.1.4).

Los Servicios Técnicos de Guardian ofrecen un servicio amplio para la evaluación del riesgo de rotura térmica con datos de los clientes y relacionados con el proyecto.

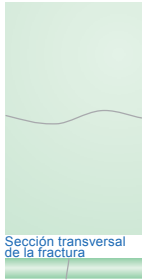
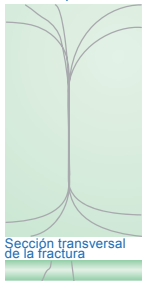
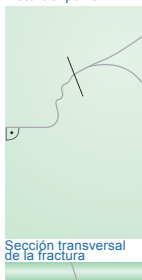
Los instaladores y fabricantes de UVA son responsables de la calidad y la instalación de las unidades de vidrio. En caso de duda, Guardian recomienda tener en cuenta una diferencia de temperatura máxima permisible inferior. La decisión final en relación con el acristalamiento que se va a instalar es responsabilidad del fabricante de la unidad de vidrio aislante.

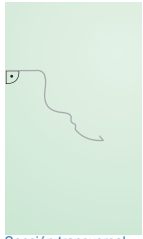

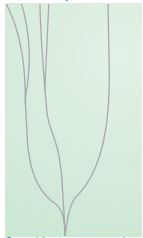

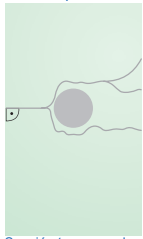
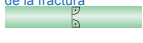
Guardian no ofrece ninguna garantía en relación con la rotura térmica.

9.8.2 Patrón de fractura habitual del vidrio





| Tipo de rotura del vidrio | Representación |
|---|--|
| <p>Ejemplo: Vidrio float con rotura del canto Carga mecánica puntual</p> <ul style="list-style-type: none"> • Corta duración • Intensidad de débil a media <p>Sucede en el vidrio float, el vidrio laminado de seguridad, el vidrio laminado, el vidrio laminado con resina y el vidrio ornamental</p> <p>Motivo: Pequeñas piedras entre los paneles del vidrio, golpes de martillo en los junquillos de acristalado, otros golpes y efectos de impactos</p> <p>Características: Ángulo de inicio en cualquier dirección, descuadrado, ángulo continuo descuadrado, origen en la zona del canto, desconchones posibles en el centro de la rotura</p> | <p>Vista del panel</p>  <p>Sección transversal de la fractura</p>  |
| <p>Ejemplo: Vidrio termoendurecido con rotura del canto Carga mecánica puntual</p> <ul style="list-style-type: none"> • Corta duración • Intensidad de débil a media <p>Se produce solo con vidrio termoendurecido según DIN EN 1863</p> <p>Motivo: Pequeñas piedras entre los paneles del vidrio, golpes de martillo en los junquillos de acristalado, otros golpes y efectos de impactos</p> <p>Características: Ángulo de inicio en cualquier dirección, descuadrado, ángulo continuo descuadrado, origen en la zona del canto, desconchones frecuentes en el centro de la rotura</p> | <p>Vista del panel</p>  <p>Sección transversal de la fractura</p>  |
| <p>Ejemplo: Fisura por pinzado Carga mecánica puntual o lineal</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dinámica a corto plazo • Estática a largo plazo <p>Sucede con el vidrio float, el vidrio laminado de seguridad, el vidrio laminado, el vidrio laminado con resina y el vidrio impreso</p> <p>Motivo: Calzos de acristalado demasiado pequeños o incorrectos y peso muy elevado del vidrio, manipulación incorrecta de la palanca de acristalado, cambio en la longitud (dilatación térmica) del vidrio/ marco no se ha tenido en cuenta</p> <p>Características: Ángulo de inicio en cualquier dirección, descuadrado, ángulo continuo descuadrado, origen en la zona del canto, desconchones posibles en el centro de la rotura</p> | <p>Vista del panel</p>  <p>Sección transversal de la fractura</p>  |



| Tipo de rotura del vidrio | Representación |
|---|--|
| <p>Ejemplo: Rotura por torsión Carga mecánica lineal</p> <ul style="list-style-type: none">• Corta duración• Dinámica <p>Sucede en el vidrio float, el vidrio laminado de seguridad, el vidrio laminado, el vidrio laminado con resina y el vidrio ornamental</p> <p>Motivo: Espesor insuficiente del vidrio, especialmente cuando se monta en dos lados, torsión y deformación de los marcos, movimientos en la estructura con transferencia de carga al panel</p> <p>Características: Ángulo de inicio en cualquier dirección, descuadrado, ángulo continuo descuadrado, generalmente no asignado con claridad</p> | <p>Vista del panel</p>  <p>Sección transversal de la fractura</p> |
| <p>Ejemplo: Rotura por presión Carga mecánica distribuida</p> <ul style="list-style-type: none">• Duradera• Dinámica/estática <p>Sucede en el vidrio float, el vidrio laminado de seguridad, el vidrio laminado, el vidrio laminado con resina y el vidrio ornamental</p> <p>Motivo: Carga demasiado alta del vidrio aislante debida a diferencias de temperatura, presión del aire y/o altitud entre la ubicación de producción y la de instalación, panel de acuario demasiado pequeño soportado en cuatro lados</p> <p>Características: Ángulo de inicio en cualquier dirección, descuadrado, no se ve el centro de la rotura, ángulo continuo rectangular, sin desconchones en el canto del vidrio</p> | <p>Vista del panel</p>  <p>Sección transversal de la fractura</p> |
| <p>Ejemplo: Fisura híbrida Cargas mecánicas/térmicas</p> <ul style="list-style-type: none">• Superposición <p>Sucede en el vidrio float, el vidrio laminado de seguridad, el vidrio laminado, el vidrio laminado con resina y el vidrio ornamental</p> <p>Motivo: Varios efectos de carga superficial (presión barométrica) en paneles demasiado pequeños y ya cargados térmicamente</p> <p>Características: Ángulo de inicio perpendicular, ángulo continuo descuadrado, sin desconchones en los cantos, no se ve el centro de la rotura</p> | <p>Vista del panel</p>  <p>Sección transversal de la fractura</p> |

| Tipo de rotura del vidrio | Representación |
|--|--|
| <p>Ejemplo: Fisura térmica normal Carga térmica lineal</p> <ul style="list-style-type: none"> • Intensidad de débil a media <p>Sucede en el vidrio float, el vidrio laminado de seguridad, el vidrio laminado, el vidrio laminado con resina y el vidrio ornamental; el vidrio armado puede comportarse de un modo diferente debido a la red</p> <p>Motivo: Cubrimiento parcial del panel interior durante irradiación solar, profundidad del acristalamiento demasiado baja, almacenamiento de paquetes de vidrio, de protección solar, térmica o acústica (especialmente vidrio aislante) sin protección contra la irradiación solar directa.</p> <p>Características: Ángulo de inicio perpendicular, ángulo continuo perpendicular, no se encuentran desconchones del canto en el inicio</p> | <p>Vista del panel</p>  <p>Sección transversal de la fractura</p>  |
| <p>Ejemplo: Rotura delta Carga mecánica lineal</p> <ul style="list-style-type: none"> • Duradera • Estática/dinámica • Carga de dos lados <p>Sucede con el vidrio float, el vidrio laminado de seguridad, el vidrio laminado, el vidrio ornamental y el vidrio armado.</p> <p>Motivo: Carga de nieve elevada y duradera en acristalamiento inclinado montado sobre dos o tres lados</p> <p>Características: Ángulo de inicio descuadrado, ángulo continuo descuadrado, sin desconchones en el canto del vidrio, centro de la rotura en el borde no soportado</p> | <p>Vista del panel</p>  <p>Sección transversal de la fractura</p>  |
| <p>Ejemplo: Fisura térmica lineal Carga térmica lineal</p> <ul style="list-style-type: none"> • Intensidad de débil a fuerte <p>Sucede con el vidrio float, el vidrio laminado de seguridad, el vidrio laminado, el vidrio laminado con resina y el vidrio ornamental; el vidrio armado puede comportarse de un modo diferente debido posiblemente a la red de cables</p> <p>Motivo: Cubrimiento parcial del panel de vidrio con decoración interior, áreas oscuras (adhesivos, publicidad) en el panel de vidrio, una planta grande o similar en el interior directamente sobre el panel de vidrio</p> <p>Características: Ángulo de inicio perpendicular, ángulo continuo perpendicular, no se encuentran desconchones del canto en el inicio</p> | <p>Vista del panel</p>  <p>Sección transversal de la fractura</p>  |



| Tipo de rotura del vidrio | Representación |
|--|--|
| <p>Ejemplo: Rotura de la unión de los bordes Carga mecánica puntual</p> <ul style="list-style-type: none">• Corta duración• Intensidad de débil a fuerte <p>Sucede en el vidrio float, el vidrio laminado de seguridad, el vidrio laminado, el vidrio laminado con resina y el vidrio ornamental</p> <p>Motivo: Colocación de paneles sobre cantos de piedra o metal, bordes golpeados por una pieza metálica, manipulación incorrecta de las cinchas de tensión en los caballetes de transporte</p> <p>Características: Ángulos de inicio en cualquier dirección, descuadrados, ángulo continuo descuadrado, se observan desconchones en la fisura de tamaños distintos según la intensidad de la fuerza, el centro de la rotura se observa muy claramente en el canto</p> | <p>Vista del panel</p>  <p>Sección transversal de la fractura</p>  |
| <p>Ejemplo: Rotura por presión del borde Carga mecánica puntual</p> <ul style="list-style-type: none">• Agresiva a corto o largo plazo• Intensidad de débil a media <p>Se observa en el vidrio float, el vidrio laminado de seguridad, el vidrio laminado, el vidrio laminado con resina y el vidrio ornamental</p> <p>Motivo: Calzos de cristallamiento demasiado pequeños para el elevado peso del vidrio, presión de compresión demasiado alta por la conexión roscada, presión de compresión demasiado alta por el uso de clavos para las baquetillas de madera sin cinta preformada</p> <p>Características: Ángulo de inicio descuadrado, ángulo continuo descuadrado, desconchones del borde ausentes o raramente presentes, se observa el origen en el canto</p> | <p>Vista del panel</p>  <p>Sección transversal de la fractura</p>  |

9.9 Cualificación CE

CE es la abreviatura de Conformité Européenne (conformidad europea). Los productos se identifican con CE cuando son conformes a los estándares de producto definidos a nivel europeo. No se trata de un distintivo de origen ni de un símbolo de calidad, sino que declara que un producto concreto cumple con el “Reglamento (UE) n.º 305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de marzo de 2011, por el que se establecen condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción y se deroga la Directiva Europea 89/106/CEE”. Este reglamento confirma que el producto se puede comercializar en todos los países de la UE sin ninguna reserva. Sin embargo, es posible que haya requisitos especiales nacionales que definan especificaciones adicionales para el uso de estos productos. Con la identificación CE, el fabricante declara que el producto cumple con los estándares de producto subyacentes.

Estándares y guías

La demostración de este cumplimiento se realiza en niveles muy distintos, dos de los cuales son pertinentes para el vidrio:

- Nivel 1:
Ensayo de tipo por parte de una entidad notificada con control de producción interno y supervisión externa
- Nivel 3:
Declaración de prestaciones (DoP) del fabricante después del ensayo de tipo por parte de una entidad notificada con control de producción interno

Los requisitos se definen en los siguientes estándares de producto:

| Estándar de producto | Título | Nivel |
|----------------------|--|-------|
| EN 572 | Productos básicos de vidrio de silicato sodocálcico (p. ej., vidrio float) | 3 |
| EN 1096 | Vidrio de capa | 3 |
| EN 1279 | Vidrio aislante | 3 |
| EN 1863 | Vidrio de silicato sodocálcico termoendurecido | 3 |
| EN 12150 | Vidrio de silicato sodocálcico de seguridad templado térmicamente | 3 |
| EN 14179 | Vidrio de silicato sodocálcico de seguridad templado térmicamente y tratado "heat soak". | 3 |
| EN 14449 | Vidrio laminado y vidrio laminado de seguridad | 3 o 1 |

La introducción de estas reglas ha reemplazado los estándares nacionales. Estos estándares EN tienen características comunes, como las siguientes:

- Sistema de gestión de calidad
- Definición de las características de calidad
- Definición de las comprobaciones de calidad

9.10 Compatibilidad de materiales

Como material de construcción, el vidrio entra en contacto directo o indirecto con varios otros materiales, como las láminas de PVB, el sellado de cantos del vidrio aislante, los calzos de posicionamiento, el sellado a presión del acristalamiento o la masa sellante y elementos de relleno de los huecos de las uniones y las esquinas de vidrio. Deben comprobarse previamente si los distintos materiales tienen alguna interacción perjudicial entre ellos.



Todas las interacciones son procesos físicos, fisicoquímicos o químicos que, a corto, medio o largo plazo, pueden conllevar cambios en la estructura, el color o la consistencia. Incluso materiales que no están en contacto directo sino simplemente cerca pueden generar interacciones por migración. Un caso especial son los productos que contienen plastificantes; en caso de incompatibilidad, es posible que otros materiales contiguos los absorban como solventes y cambien su consistencia por completo.

Dado que los componentes que se utilizan durante la fase de construcción raramente proceden del mismo fabricante, hay que comprobar estas compatibilidades, mediante pruebas si es necesario. En general, es imperativo planificar cuidadosamente y llevar a cabo los trabajos con la asistencia de todos los participantes y seguir sus especificaciones de producto. Cuanto más complejos sean los sistemas de vidrio instalados, más importante será este requisito para garantizar la longevidad y una funcionalidad duradera.

Hay disponible una gran variedad de productos ensayados, que incluyen especificaciones de su compatibilidad mutua.

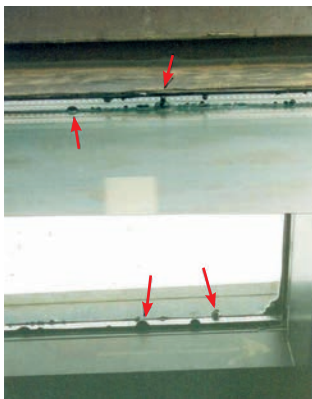
9.10.1 Compatibilidad del sellante del vidrio de capa

9.10.1.1 Vidrio aislante estándar

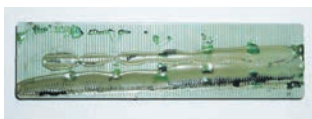
Es necesario el decapado de canto para garantizar que los productos químicos de ciertos sellantes no ataquen la capa de plata de las capas. Extensas pruebas han demostrado que, para algunos de los tipos de capa, no es necesario el decapado de canto. Nota: cuando se pone un sellante en contacto con una capa, puede verse un cambio de color.

Los diferentes tipos de sellantes utilizan diferentes mecanismos para el curado del sellante y algunos de los productos químicos utilizados en el proceso de curado pueden atacar a la capa. Por esta razón, solo se deben usar sellantes aprobados.

El uso de vidrio de capa no ensayado o sellantes no aprobados requiere en cualquier caso el decapado de canto.



Descomposición del sellante de butilo por migración



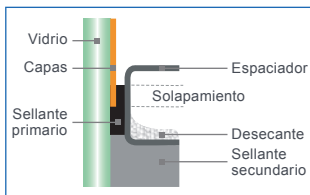
Bloque de posicionamiento después de interacciones dañinas

Nota importante:

- Guardian SunGuard® SuperNeutral (SN), SuperNeutral HT (SN-HT) eXtraSelective (SNX) y eXtraSelective HT (SNX-HT): se requiere el decapado de canto
- SunGuard® Solar y High Durable (HD): no se requiere el decapado de canto
- SunGuard® High Performance (HP): no se requiere el decapado de canto si los sellantes aplicados y las aplicaciones relacionadas se ensayan y se aprueban (el Servicio Técnico de Guardian disponen de una lista de los tipos de sellantes compatibles).

Si el decapado de canto es necesario, elimine la capa mediante dispositivos de pulido y discos abrasivos desarrollados específicamente para esta finalidad. Se puede solicitar más información sobre los tipos adecuados directamente a Guardian.

La superposición de las capas y el sellante primario debe limitarse para minimizar el riesgo de transferir el estrés de cizallamiento a la capa en condiciones extremas. La figura ilustra este requisito como un ejemplo en una unidad de vidrio aislante. Por lo general, el margen



de decapado no debe ser más ancho que 10 mm, ya que de lo contrario puede entrar en el área visible. Si, por alguna razón, debe aumentarse la profundidad de sellado del vidrio aislante, entonces debe aumentarse correspondientemente el ancho del decapado desde el canto. Puede utilizarse un detector de capa para comprobar si se ha eliminado toda la capa.

Nota importante:

Allí donde la parte decapada del canto es visible desde el exterior del edificio, será visible una diferencia de color con la parte recubierta del vidrio. En el caso del acristalamiento estructural, póngase en contacto con el fabricante del sellante para obtener más información. Guardian recomienda elaborar una maqueta a tamaño real para asegurar los requisitos estáticos. Para aplicaciones especiales, como el acristalamiento decalado con superficies recubiertas expuestas (p. ej., lucernarios, esquinas de acristalamiento estructural, etc.), consulte el centro local del Servicio Técnico de Guardian.

9.10.1.2 Capas Guardian SunGuard en el acristalamiento estructural

Según ETAG 002-1, las capas multifuncionales no aprobadas por una entidad notificada para aplicaciones monolíticas (como SunGuard HP, SunGuard SN y SunGuard SNX) o las capas de baja emisividad (como ClimaGuard) no son adecuados para el acristalamiento estructural.



En este caso, se debe eliminar la capa.

Normalmente, las aplicaciones con unión estructural deben ensayarse y aprobarse. Si se requiere una certificación europea para el acristalamiento estructural según ETAG 002-1, póngase en contacto con Guardian para obtener información detallada sobre los tipos de vidrio adecuados y las combinaciones capa-sellante ensayadas que cumplen con los requisitos de ETAG 002-1 (→ capítulo 8.1.2.2).

Para obtener más información, consulte también la información de aplicación de producto “Compatibilidad del sellante y acristalamiento estructural”, disponible en Guardian.

9.10.2 Esmaltado cerámico en el vidrio de capa

Los esmaltes para vidrio se han desarrollado cuidadosamente para imprimirse y vitrificarse sobre vidrio float sódico-cálcico normal. Durante el proceso de templado del vidrio, estos esmaltes se funden y se fusionan permanentemente con la superficie del vidrio para formar una capa cerámica de color.

Se pueden imprimir varias capas de la gama Guardian SunGuard® con pinturas cerámicas (póngase en contacto con el Servicio Técnico de Guardian para obtener una lista del vidrio de capa SunGuard en el que se puede imprimir y los tipos de esmalte recomendados).

Los esmaltes para vidrio pueden reaccionar durante el vitrificado con las capas, lo que causa cierta apariencia mate o incluso la destrucción completa del recubrimiento. Por lo tanto, es necesario ensayar la compatibilidad de los esmaltes con el vidrio de capa en las condiciones reales de vitrificado en la producción para obtener resultados óptimos. Se recomienda realizar pruebas preliminares con la combinación seleccionada de vidrio/pintura cerámica utilizando el horno de producción previsto, las geometrías de vidrio y las áreas recubiertas de cerámica. Unas condiciones de templado desfavorables podrían dar lugar a resultados deficientes (bajo brillo, color, homogeneidad, durabilidad, densidad, adhesión).

Las pruebas de compatibilidad e idoneidad son esenciales para cada proyecto. Cualquier impresión en una superficie de vidrio de capa puede crear desviaciones de color después del vitrificado. Se recomienda fabricar maquetas en tamaño real de acuerdo al proyecto. El procesador es responsable del control de calidad y de la calidad del producto final.

Los productos SunGuard® se pueden imprimir con pintura cerámica por varios motivos:

- Impresión decorativa
 - Patrones (puntos o líneas) que se aplican a la capa mediante serigrafía.
 - Solo debe utilizarse en contacto con el interior de la cámara del vidrio aislante (excepto el vidrio de capa SunGuard HD).
(→ capítulo 8.2.4)
- Aplacado de muros/antepechos (pintura cerámica que cubre toda la superficie recubierta)
 - Solo con capas de la gama SunGuard® Solar y High Durable (póngase en contacto con Guardian para obtener información sobre las combinaciones capa-esmalte aprobadas).
 - Se puede utilizar como un acristalamiento simple.
 - La pintura cerámica debe cubrir la capa de la gama SunGuard® para garantizar una protección eficaz frente a las influencias ambientales.
(→ capítulo 8.2.2)
- Esmaltado perimetral
 - Cubre los elementos de construcción en el área del canto.
 - Protege los sellantes de vidrio aislante contra la radiación ultravioleta.
 - No hay una aprobación común en combinación con SunGuard® HP. Póngase en contacto con Guardian.
 - El esmaltado perimetral de SunGuard® HP con un ancho de más de 5 cm puede ser crítico durante el tratamiento térmico debido a la diferencia en el comportamiento térmico de las superficies recubiertas y no recubiertas.
 - No se permiten unidades de vidrio aislante decalado con SunGuard® HP esmaltado en el panel externo a menos que la superficie esmaltada cuente con una protección adicional mediante el material de sellado adecuado.
 - Otra posibilidad para el esmaltado perimetral del vidrio de capa es “Guardian System TEA”. Puede consultar información detallada sobre las capas compatibles y los métodos de aplicación en el Servicio Técnico de Guardian.
(→ capítulo 8.2.3)



9.10.2.1 Requisitos sobre esmaltado de SunGuard para aplicaciones de antepecho monolítico

Después de realizar pruebas internas extensas, Guardian recomienda los siguientes procedimientos:

- El esmalte no debe contener los ingredientes siguientes: plomo, cadmio, grafito, litio, carbonato.
- Espesor mínimo de la capa húmeda tras la impresión con viscosidad de procesado ajustada:
 - 70 μm por serigrafía (p. ej., serigrafía de tipo PET 1500/32-100)
 - 90 μm por esmaltado realizado con rodillo
- Se debe asegurar un secado completo a través de todo el espesor del esmalte antes del templado.
- El espesor final de la capa de esmalte después del templado no debe ser inferior a 30 μm .
- La pintura cerámica debe fundirse sin burbujear, en condiciones normales de templado para vidrio plano, a fin de garantizar una cubierta densa y uniforme con una porosidad minimizada.
- Control de calidad mínimo del producto final:
 - Todos los métodos de ensayo recomendados por el fabricante del esmalte
 - Resistencia a arañazos y adhesión (prueba con Erichsen-pen)
 - Porosidad y adhesión (prueba de alcohol isopropílico)
 - Comportamiento de fusión y rugosidad superficial (prueba de brillo con medidor de brillo)
 - Capas densas y uniformes
 - Detección de pinholes en la transmisión; prueba de lámpara halógena: instalación de una lámpara halógena (mín. 100 W) a una distancia máx. de 50 cm del vidrio. Evaluación del panel de vidrio en la transmisión, visualización en el lado esmaltado del número, la dimensión y la distribución de los pinholes (selección de la zona más desfavorable, no más de 30 pinholes/dm², orificios simples de diámetro no superior a 0,2 mm). La distancia del observador al vidrio no debe ser superior a 50 cm.
- El procesador debe seguir las instrucciones específicas de procesamiento suministradas por el fabricante del esmalte

Estándares y guías

9.10.2.2 Impresión de pintura cerámica con el Sistema Ferro 140

Ferro y Guardian han probado los colores del “Sistema 140” mediante el solvente recomendado “Medium 80 1022” o “Medium 80 1026” en algunos productos de Guardian de las familias siguientes (póngase en contacto con los Servicios Técnicos de Guardian para obtener información detallada):

- SunGuard HP
- SunGuard Solar
- SunGuard HD

El Sistema Ferro 140 incluye varios tipos de pinturas cerámicas, compuestas por componentes químicos parcialmente diferentes. En relación con los productos de vidrio indicados anteriormente, Guardian recomienda los siguientes tipos:

- Vidrio de antepecho*:
 - 140 15 4001 (color similar a RAL 7031 Gris azulado)
 - Adaptaciones de color especiales de la empresa Ceramic Colors Wolbring para soluciones de correspondencia de color basadas en el vidrio float transparente (puede consultar los números de color de Wolbring en Guardian o en la tabla 17 del capítulo 10.3)
 - 140 14 4001 (color similar a RAL 9005 Negro intenso) para imprimir en cara n.º 4 en soluciones de UVA
- Esmaltado perimetral:
 - 140 14 4001 (color similar a RAL 9005 Negro intenso)
 - 140 14 4011 (color similar a RAL 9005 Negro intenso - más pigmentos)

* El incremento de la absorción de energía en los antepechos de IGU puede dar lugar a que ambas hojas requieran un tratamiento térmico. Cuando sea posible, el espacio de aire debe estar limitado a 8 mm.

Hay que asegurarse de que los antepechos SunGuard® monolíticos no estén expuestos a ningún medio agresivo antes, durante y después de la instalación.

Recomendaciones de antepechos para el vidrio arquitectónico SunGuard
→ capítulo 10.3, tabla 17.

9.10.2.3 SunGuard HD en combinación con impresión cerámica en la cara n.º 1

Las aplicaciones especiales, como la pintura cerámica en la cara n.º 1, pueden requerir el templado del vidrio con la capa hacia abajo.

Esta aplicación particular requiere un equipo de procesado adecuado. Concretamente, los rodillos cerámicos del horno deben estar limpios y sin suciedad, y el vidrio no debe deslizarse sobre piezas estáticas de la máquina (rodillos, ruedas, etc.).



La preparación de la producción, así como la elaboración y validación de una maqueta a tamaño real, son imprescindibles. Sin embargo, Guardian no se hará responsable bajo ningún concepto por cualesquiera daños, sean del tipo que sean, como, por ejemplo, daños en la superficie, resultantes de este tipo de procesado.

Siempre que el templado se haya realizado correctamente, el rendimiento general del vidrio, como la transmisión de luz o el coeficiente de sombra, no debería deteriorarse.

Para aplicaciones especiales, consulte los Servicios Técnicos de Guardian.

9.10.3 Capas para arquitectura en el vidrio laminado

Los productos Guardian SunGuard® pueden fabricarse como vidrio laminado por requisitos de seguridad y control acústico. Para conservar la estética y asegurar un rendimiento superior, se debe tener especial cuidado durante la fabricación.

La capa se puede aplicar en la cara n.º 4 (laminada con capa exterior) o en la cara n.º 2 (laminada con capa contra PVB).

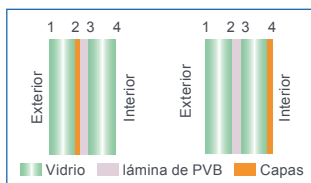
Si el vidrio es laminado con capa exterior (cara n.º 4) y va a estar expuesto al contacto mecánico, es

necesario prestar especial atención, en particular si se utilizan rodillos de presión para el proceso de prelaminación. La superficie recubierta requiere un control de calidad después de cada etapa de fabricación bajo condiciones de iluminación adecuadas.

Para cualquier manipulación adicional (p. ej., transporte, corte, tratamiento de cantos o lavado), se deben seguir instrucciones específicas para la manipulación de productos SunGuard. Si necesita más información, póngase en contacto con Guardian.

Si el vidrio es laminado con la capa contra el PVB (cara n.º 2), los productos SunGuard pueden mejorar la estética y el rendimiento en general del vidrio laminado. Sin embargo, el rendimiento térmico (SunGuard® HP y SN) puede disminuir. Guardian puede ayudar a sus clientes a calcular el rendimiento térmico del producto en función de su aplicación. Asimismo, puede observarse un cambio de color cuando los proyectos implican productos laminados y monolíticos situados uno al lado del otro. Guardian recomienda elaborar una maqueta.

Póngase en contacto con los Servicios Técnicos de Guardian para obtener información sobre las capas compatibles con las láminas de PVB.



Las condiciones que afectan al vidrio laminado sin capa también pueden tener un efecto adverso en los productos de vidrio laminado recubierto.

Si no se han realizado pruebas de compatibilidad, se debe evitar el contacto directo entre el PVB y cualquier material sellante. En general, el vidrio laminado no debe permanecer en contacto con el agua ni exponerse a humedades elevadas. Para evitar la deslaminación o la corrosión de la capa SunGuard High Performance, el acristalamiento debe diseñarse en consecuencia, y el procesador es responsable de la aplicación correcta. En cuanto al decapado de canto, en caso de duda, Guardian recomienda el decapado adecuado de las capas SunGuard HP para evitar la corrosión del borde. Guardian no da una aprobación general para SunGuard SN y SNX.

Cuando se utiliza vidrio laminado con la capa contra el PVB, es necesario prestar especial atención a los siguientes puntos:

- Cambio de color en comparación con vidrios no laminados del mismo tipo
- Pérdida del rendimiento del aislamiento térmico de la capa (valor U)
- Los productos de vidrio de capa laminado al interior cumplen generalmente con la norma EN 12543-3 sobre vidrio laminado. Solo algunos productos de vidrio de capa laminado al interior cumplen con la norma EN 12543-2 sobre vidrio laminado de seguridad. Para obtener más información, póngase en contacto con su representante de Guardian
- En combinación con algunas capas (p. ej. SunGuard HP o SN), solo debe utilizarse un único lote de producción del vidrio base recubierto debido a requisitos más exigentes sobre tolerancias de color (póngase en contacto con Guardian en relación con su proyecto o para obtener más información)
- En cuanto a las pruebas de durabilidad del vidrio laminado, consulte la norma EN 12543-4

Guardian no recomienda el uso de resinas, PVB estructural, SentryGlas o películas de EVA a menos que se hayan realizado con éxito pruebas de compatibilidad. Si se prevé el uso de estos materiales en contacto directo con SunGuard, el procesador debe realizar obligatoriamente una prueba de compatibilidad adecuada. No se debe tener en cuenta el alto módulo de cizalla o el alto módulo de Young de láminas estructurales para consideraciones de diseño estructural y cálculos de espesor del vidrio sin una aprobación especial.

Consulte la versión más reciente de nuestra información de aplicación de producto “SunGuard en aplicaciones de vidrio laminado”.



9.11 Limpieza del vidrio

Este boletín ha sido elaborado por: El grupo de trabajo “Vidrio de seguridad” en Bundesverband Flachglas e. V., Mülheimer Straße 1 • D-53840 Troisdorf con la colaboración de: Bundesinnungsverband des Glaserhandwerks, Hadamar • Gütegemeinschaft Mehrscheiben-Isolierglas e. V., Troisdorf • Verband Fenster und Fassade, Frankfurt

© Bundesverband Flachglas e. V.

9.11.1 Introducción

El vidrio puede soportar mucho, ¡pero no todo!

Como parte de la fachada, el vidrio está sometido a la suciedad natural y relacionada con el edificio. La suciedad normal, limpiada por profesionales con una frecuencia razonable, no supone ningún problema para el vidrio. Sin embargo, según el tiempo, la ubicación, el clima y la situación del edificio, pueden acumularse depósitos importantes de sustancias químicas y físicas en la superficie del vidrio, lo que hace que la limpieza profesional sea especialmente importante.

Esta guía técnica se ha elaborado con el fin de ofrecer información sobre cómo impedir y minimizar el ensuciamiento durante la vida útil de las diferentes superficies de vidrio y cómo limpiarlas de forma adecuada y en el momento adecuado.

9.11.2 Tipos de limpieza

9.11.2.1 Durante la fase de construcción

Como norma general, debe prevenirse toda la suciedad agresiva durante la fase de construcción. Aun así, si se produce, la persona responsable debe lavar la suciedad por completo inmediatamente después de que aparezca con productos de limpieza no agresivos.

Concretamente, las mezclas de hormigón y cemento, los yesos y los morteros son muy alcalinos y causan daños en forma de grabado en el vidrio (pérdida de brillo) si no se lavan inmediatamente con agua abundante. El polvo y los depósitos granulares deben eliminarse por medios profesionales, pero en ningún caso deben eliminarse en seco. Como resultado de sus obligaciones de intervenir y proteger, el contratista del edificio es responsable de controlar la interacción de los diferentes operarios, y concretamente de informar a los operarios posteriores de la necesidad de tomar medidas de protección.

El ensuciamiento se puede minimizar optimizando el proceso de construcción y organizando de forma independiente medidas de protección; por ejemplo, la aplicación de películas protectoras delante de las ventanas y las superficies de la fachada. El objetivo de la denominada limpieza inicial es limpiar los componentes una vez terminado el trabajo de construcción.

Estándares y guías

No se puede utilizar para eliminar toda la suciedad acumulada durante todo el periodo de construcción.

9.11.2.2 Durante el uso

La limpieza profesional, acorde al tipo de vidrio concreto y llevada a cabo con la frecuencia adecuada, es fundamental para mantener las características del vidrio durante todo su periodo de uso.

9.11.3 Instrucciones de limpieza del vidrio



9.11.3.1 General

La información de limpieza siguiente se aplica a todos los productos de vidrio utilizados en el edificio. Al limpiar el vidrio, debe usarse agua limpia abundante para evitar cualquier efecto de erosión debido a las partículas de suciedad. Son herramientas manuales adecuadas las esponjas, gamuzas, paños y rasquetas de goma suaves y limpios. Un requisito previo adicional para evitar daños en el vidrio es el uso minucioso de las herramientas de limpieza del vidrio. Deben utilizarse herramientas de limpieza distintas para el vidrio, los sellos y los marcos. Las herramientas de limpieza pueden respaldarse con el uso de productos de limpieza de pH neutro o limpiadores de vidrio domésticos disponibles en el mercado. Si la suciedad contiene grasa o residuos de sellante, pueden utilizarse para la limpieza solventes disponibles en el mercado, como el alcohol etílico o el isopropanol. Las soluciones alcalinas, los ácidos y los productos que contienen fluoruro son productos de limpieza químicos que nunca deben usarse.

El uso de objetos metálicos de punta afilada, como cuchillas o cuchillos, puede dañar la superficie (arañazos). El producto de limpieza no debe atacar visiblemente la superficie. No utilice una rasqueta de cuchilla para limpiar zonas enteras de vidrio. Si los daños en los productos o superficies de vidrio ocasionados por la limpieza se detectan durante el proceso de limpieza, debe detenerse el trabajo de inmediato y debe obtenerse sin demora la información adecuada sobre cómo prevenir futuros daños.



9.11.3.2 Vidrio con acabados especiales y vidrio recubierto en caras exteriores

Los tipos de vidrio con acabados especiales y recubiertos externamente descritos a continuación son productos de alta calidad. Requieren un cuidado y una atención especiales durante la limpieza. El daño a este vidrio puede ser más visible o puede alterar su función. Si es necesario, deben tenerse en cuenta recomendaciones concretas de cada fabricante en relación con la limpieza, especialmente con los productos recubiertos externamente. No utilice una “rasqueta para vidrio” para limpiar la superficie del vidrio.

- Algunos tipos de vidrio de control solar se han diseñado como capas externas (posición 1 = lado expuesto al ambiente exterior). A menudo, pueden reconocerse por una reflexión muy alta, incluso en el rango espectral de la radiación visible. Al mismo tiempo, los vidrios de control solar suelen ser vidrios templados, sobre todo en el caso de las placas de fachada y las protecciones solares.
- Además, las capas antirreflectantes, que por su naturaleza son difíciles de detectar, pueden aplicarse en el exterior o el interior del acristalamiento.
- En este punto son un caso especial los recubrimientos termoaislantes externos o internos. Excepcionalmente, en diseños de ventanas especiales (ventanas salientes o ventanas compuestas), es posible que estas capas no estén en contacto con la cámara de la unidad de vidrio aislante. Los daños mecánicos en estas capas se suelen manifestar en forma de manchas de abrasión superficial debido a que la superficie es ligeramente más rugosa.
- Las superficies repelentes a la suciedad o autolimpiables son visualmente difíciles de identificar. Debido a la manera en que se utilizan, estas capas normalmente se encuentran en el lado del acristalamiento expuesto a los agentes meteorológicos. Los daños mecánicos a las capas autolimpiables (arañazos) no solo son un daño visualmente perceptible en el vidrio, sino que también pueden conllevar la pérdida de la funcionalidad en la zona dañada. También deben evitarse los depósitos de silicona y grasa en estas superficies. Concretamente, las rasquetas de goma deben estar libres de silicona, grasa y otros cuerpos extraños.
- El vidrio protector templado (T) y el vidrio termoendurecido (HS) se marca permanentemente según las normativas legales y puede combinarse con las capas mencionadas anteriormente. La superficie del vidrio templado se ve modificada por el templado en comparación con el vidrio float normal. En determinadas circunstancias, la tensión superficial que se ha introducido hace que los daños sean más visibles que con el vidrio no templado (en ocasiones al cabo de un tiempo).

Estándares y guías

9.11.3.3 Notas adicionales

El uso de pulidoras portátiles para eliminar los daños en la superficie puede causar una abrasión considerable en el cuerpo del vidrio, que puede provocar una distorsión óptica, que se percibe como un “defecto de lente” y conlleva la disminución de la resistencia. No utilice pulidoras, sobre todo en los vidrios con acabados especiales y los vidrios recubiertos externamente que se han mencionado antes.

Y, por cierto:

Es posible que las superficies de vidrio no se humedezcan de una manera uniforme debido a las marcas dejadas por elementos como adhesivos, rodillos, dedos o residuos de sellante, así como las influencias ambientales. Este fenómeno solo se puede ver cuando el panel está mojado, es decir, cuando se está limpiando.



BF Bulletin 012 / 2012

9.12 Transporte y almacenamiento

El vidrio debe transportarse generalmente en posición casi vertical sobre su canto. Este canto suele colocarse paralelo a dos soportes acolchados. Todo contacto de los paneles de vidrio con metal o con otro panel es dañino. Por tanto, los paneles de los paquetes de vidrio deben separarse mediante espaciadores adecuados.

Si el vidrio aislante se transporta a una diferencia de altitud de más de 500 metros, debe realizarse una unidad de producción de vidrio aislante especial, así como agrandar las distancias entre los paneles apilados.

Los paneles deben almacenarse sobre el canto, igual que en el transporte. El almacén debe estar seco y, si es posible, no debe estar expuesto a la radiación solar directa. Si se almacena en el exterior, se recomienda que el paquete de vidrio se cubra con un material opaco. Si el vidrio apilado se expone a la humedad, existe el riesgo de que se genere hidróxido de sodio, que daña de forma irreparable los paneles si la exposición es prolongada. Por tanto, los paquetes deben abrirse y cada panel de vidrio debe secarse y volver a apilarse. Además, siempre hay que tener en cuenta las instrucciones de almacenamiento de Guardian para cada producto de vidrio concreto.



Hotel Jakarta, Ámsterdam, Países Bajos | SunGuard® SN 70/37
Arquitecto: Search Architecture and Urban planning | Foto: © Georges De Kinder

| | | |
|------|--|-----|
| 10. | Selector de productos | 202 |
| 10.1 | Vidrio float | 202 |
| 10.2 | Vidrio aislante térmicamente | 204 |
| 10.3 | Vidrio de control solar | 206 |
| 10.4 | Acristalamiento antirreflectante | 223 |
| 10.5 | Vidrio de control acústico | 224 |
| 10.6 | Vidrio de seguridad | 229 |



10.1 Vidrio float

Tabla 1: Guardian ExtraClear

| Esesor | Transmisión de luz | Reflexión luminosa | Índice de reproducción de color R _a | Transmisión directa de energía | Reflexión de energía | Absorción de energía | Factor solar (g) EN 410 | Coefficiente de sombra [g / 0,87] | Transmisión UV |
|--------|--------------------|--------------------|--|--------------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|-----------------------------------|----------------|
| [mm] | [%] | [%] | [%] | [%] | [%] | [%] | [%] | | [%] |
| 2 | 91 | 8 | 100 | 89 | 8 | 3 | 90 | 1,03 | 81 |
| 3 | 91 | 8 | 99 | 88 | 8 | 4 | 89 | 1,02 | 77 |
| 4 | 91 | 8 | 99 | 87 | 8 | 5 | 88 | 1,01 | 74 |
| 5 | 90 | 8 | 99 | 85 | 8 | 7 | 87 | 1,00 | 72 |
| 6 | 90 | 8 | 99 | 84 | 8 | 8 | 86 | 0,99 | 70 |
| 8 | 90 | 8 | 98 | 82 | 8 | 10 | 85 | 0,97 | 65 |
| 10 | 89 | 8 | 98 | 79 | 8 | 13 | 83 | 0,95 | 61 |
| 12 | 88 | 8 | 97 | 78 | 8 | 14 | 81 | 0,94 | 59 |
| 15 | 88 | 8 | 97 | 75 | 7 | 18 | 79 | 0,91 | 56 |

Los valores de rendimiento mostrados son nominales y están sujetos a variaciones debidas a tolerancias de fabricación. Valores espectrofotométricos conformes a EN 410.

Tabla 2: Guardian UltraClear

| Espesor | Transmisión de luz | Reflexión luminosa | Índice de reproducción de color R_{90} | Transmisión directa de energía | Reflexión de energía | Absorción de energía | Factor solar (g) EN 410 | Coefficiente de sombra [g / 0,87] | Transmisión UV |
|---------|--------------------|--------------------|--|--------------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|-----------------------------------|----------------|
| [mm] | [%] | [%] | [%] | [%] | [%] | [%] | [%] | | [%] |
| 2 | 91 | 8 | 100 | 91 | 8 | 1 | 91 | 1,05 | 87 |
| 3 | 91 | 8 | 100 | 90 | 8 | 2 | 91 | 1,04 | 86 |
| 4 | 91 | 8 | 100 | 90 | 8 | 2 | 90 | 1,04 | 84 |
| 5 | 91 | 8 | 100 | 89 | 8 | 3 | 90 | 1,03 | 83 |
| 6 | 91 | 8 | 100 | 89 | 8 | 3 | 90 | 1,03 | 82 |
| 8 | 90 | 8 | 100 | 88 | 8 | 4 | 89 | 1,02 | 79 |
| 10 | 90 | 8 | 100 | 87 | 8 | 5 | 88 | 1,01 | 76 |
| 12 | 89 | 8 | 99 | 86 | 8 | 6 | 87 | 1,01 | 74 |
| 15 | 89 | 8 | 99 | 85 | 8 | 8 | 86 | 0,99 | 71 |

Los valores de rendimiento mostrados son nominales y están sujetos a variaciones debidas a tolerancias de fabricación. Valores espectrofotométricos conformes a EN 410.



10.2 Vidrio aislante térmicamente

Tabla 3: ClimaGuard, Guardian Sun

| Producto | Sustrato de vidrio | Color | Luz visible | | | Energía solar | | | | Factor solar (g) | Coeficiente de sombra (g/0,87) | Valor U | | Tratable térmicamente ¹ | Curvable ¹ |
|--|--------------------|--------|-----------------|------------------------|------------------------|-------------------------------------|-------------------------|------------------------|---------------|------------------|--------------------------------|---------------------------|-------|------------------------------------|-----------------------|
| | | | Transmisión [%] | Reflexión exterior [%] | Reflexión interior [%] | Índice de reproducción cromática Ra | Transmisión directa [%] | Reflexión exterior [%] | Absorción [%] | | | Aire/Criptón ² | Argón | | |
| Doble acristalamiento 4 (16) 4, capa en cara n.º 3 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Premium2 | ExtraClear | neutro | 82 | 12 | 13 | 98 | 58 | 28 | 14 | 64 | 0,73 | 1,4 | 1,1 | T ³ | T ³ |
| 1.0+ | ExtraClear | neutro | 76 | 18 | 18 | 96 | 47 | 39 | 15 | 53 | 0,60 | 1,3 | 1,0 | T ⁴ | T ⁴ |
| Acristalamiento triple 4 (14) 4 (14) 4, capa en cara n.º 2 + 5 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Premium2 | ExtraClear | neutro | 74 | 16 | 16 | 97 | 47 | 33 | 21 | 53 | 0,61 | 0,5 ² | 0,6 | T ³ | T ³ |
| Doble acristalamiento 4 (16) 4, capa en cara n.º 2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Solar | ExtraClear | neutro | 67 | 27 | 24 | 96 | 41 | 43 | 16 | 42 | 0,49 | 1,3 | 1,0 | no | no |
| Neutral 70 | ExtraClear | neutro | 71 | 12 | 11 | 96 | 52 | 20 | 28 | 55 | 0,63 | 1,6 | 1,4 | sí | sí |
| Guardian Sun | ExtraClear | neutro | 70 | 19 | 17 | 94 | 41 | 41 | 20 | 43 | 0,49 | 1,3 | 1,1 | T ⁵ | T ⁵ |

Los valores de rendimiento mostrados son nominales y están sujetos a variaciones debidas a tolerancias de fabricación. Valores espectrofotométricos conformes a EN 410, valores U conformes a EN 673. Todos los detalles relacionados con el procesado posterior se proporcionan solo a modo de información general.

Para obtener más información, consulte las Guías de Procesado de producto de Guardian pertinentes o consulte los Servicios Técnicos de Guardian.

- 1 Consulte las Guías de Procesado de Guardian o póngase en contacto con los Servicios Técnicos de Guardian
- 2 Llenado con gas criptón (cámara óptima para el acristalamiento doble y triple; 12 mm)
- 3 Versión tratable térmicamente correspondiente ClimaGuard Premium2 T
- 4 Versión tratable térmicamente correspondiente ClimaGuard 1.0+ T
- 5 Versión tratable térmicamente correspondiente Guardian Sun T

Tabla 4: ClimaGuard: anticondensación

| Producto | Sustrato de vidrio | Color | Luz visible | | | Energía solar | | | Factor solar (g) | Coeficiente de sombra (g/0,87) | Valor U | | Tratable térmicamente ² | Curvable ² |
|---|--------------------|--------|-----------------|------------------------|------------------------|-------------------------------------|-------------------------|------------------------|------------------|--------------------------------|---------------|-----------------|------------------------------------|-----------------------|
| | | | Transmisión [%] | Reflexión exterior [%] | Reflexión interior [%] | Índice de reproducción cromática Ra | Transmisión directa [%] | Reflexión exterior [%] | | | Absorción [%] | Cripton [W/m²K] | | |
| Acrislamiento triple 4 (14) 4 (14) 4, ClimaGuard DRY ¹ en cara n.º 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| Premium2 en n.º 3 + 5 | ExtraClear | neutro | 72 | 17 | 17 | 97 | 45 | 29 | 26 | 53 | 0,61 | 0,5 | 0,6 | T ³ |

Los valores de rendimiento mostrados son nominales y están sujetos a variaciones debidas a tolerancias de fabricación. Valores espectrofotométricos conformes a EN 410, valores U conformes a EN 673. Todos los detalles relacionados con el procesado posterior se proporcionan solo a modo de información general. Para obtener más información, consulte las Guías de Procesado de producto de Guardian pertinentes o consulte los Servicios Técnicos de Guardian.

¹ La capa debe tratarse térmicamente para activarse
² Consulte las Guías de Procesado de Guardian o póngase en contacto con los Servicios Técnicos de Guardian
³ Versión tratable térmicamente correspondiente ClimaGuard Premium2 T



10.3 Vidrio de control solar

Tabla 5: SunGuard eXtra Selective (SNX): acristalamiento doble

| Producto | Sustrato de vidrio | Color | Luz visible | | | Energía solar | | | | Factor solar (g) [%] | Coeficiente de sombra (g/0,87) | Valor U | | Tratable térmicamente ¹ | Curvable ¹ |
|--|-------------------------|--------|-----------------|------------------------|------------------------|-------------------------------------|-------------------------|------------------------|---------------|----------------------|--------------------------------|---------------------------|----------------------------|------------------------------------|-----------------------|
| | | | Transmisión [%] | Reflexión exterior [%] | Reflexión interior [%] | Índice de reproducción cromática Ra | Transmisión directa [%] | Reflexión exterior [%] | Absorción [%] | | | Aire [W/m ² K] | Argón [W/m ² K] | | |
| Doble acristalamiento 4 (16) 4, capa en cara n.º 3 | | | | | | | | | | | | | | | |
| SNX 70 HT | ExtraClear | neutro | 68 | 13 | 14 | 93 | 30 | 44 | 26 | 32 | 0,36 | 1,3 | 1,0 | sí | sí |
| SNX 70 HT Ultra | UltraClear ³ | neutro | 68 | 13 | 14 | 95 | 31 | 50 | 19 | 32 | 0,37 | 1,3 | 1,0 | sí | sí |
| SNX 70 | ExtraClear | neutro | 67 | 11 | 12 | 95 | 31 | 37 | 32 | 33 | 0,38 | 1,3 | 1,0 | no | no |
| SNX 70 Ultra | UltraClear ³ | neutro | 67 | 11 | 12 | 96 | 32 | 42 | 26 | 33 | 0,39 | 1,3 | 1,0 | no | no |
| SNX 60 | ExtraClear | neutro | 60 | 13 | 13 | 93 | 27 | 38 | 35 | 29 | 0,34 | 1,3 | 1,0 | HT ² | HT ² |
| SNX 60 Ultra | UltraClear ³ | neutro | 60 | 13 | 13 | 95 | 28 | 44 | 28 | 29 | 0,34 | 1,3 | 1,0 | HT ² | HT ² |
| SNX 50 | ExtraClear | neutro | 50 | 10 | 13 | 90 | 22 | 36 | 42 | 24 | 0,28 | 1,3 | 1,0 | HT ² | HT ² |
| SNX 50 Ultra | UltraClear ³ | neutro | 50 | 10 | 12 | 91 | 22 | 42 | 36 | 24 | 0,28 | 1,3 | 1,0 | HT ² | HT ² |

Los valores de rendimiento mostrados son nominales y están sujetos a variaciones

debidas a tolerancias de fabricación. Valores espectrofotométricos conformes a

EN 410, valores U conformes a EN 673. Todos los detalles relacionados con el

procesado posterior se proporcionan solo a modo de información general.

Para obtener más información, consulte las Guías de Procesado de producto de

Guardian pertinentes o consulte los Servicios Técnicos de Guardian.

¹ Consulte las Guías de Procesado de Guardian o póngase en contacto con

los Servicios Técnicos de Guardian

² Versión tratable térmicamente correspondiente SunGuard SNX HT

³ Sustrato interno y externo Guardian UltraClear

Tabla 6: SunGuard eXtra Selective (SNX): acristalamiento triple

| Producto | Sustrato de vidrio | Color | Luz visible | | | Energía solar | | | | Factor solar (g) | Coeficiente de sombra (g/0,87) | Valor U | | Tratable térmicamente ¹ | Curvable ¹ | |
|--|-------------------------|--------|-----------------|------------------------|------------------------|-------------------------------------|-------------------------|------------------------|---------------|------------------|--------------------------------|-----------------|---------------|------------------------------------|-----------------------|--|
| | | | Transmisión [%] | Reflexión exterior [%] | Reflexión interior [%] | Índice de reproducción cromática Ra | Transmisión directa [%] | Reflexión exterior [%] | Absorción [%] | | | Criptón [W/m²K] | Argón [W/m²K] | | | |
| Acristalamiento triple 6 (14) 4 (14) 4, capa en cara n.º 2, ClimaGuard Premium2 en n.º 5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SNX 70 HT | ExtraClear | neutro | 61 | 15 | 18 | 92 | 27 | 45 | 28 | 30 | 0,34 | 0,5 | 0,6 | sí | sí | |
| SNX 70 HT Ultra | UltraClear ³ | neutro | 62 | 15 | 17 | 94 | 28 | 51 | 21 | 30 | 0,34 | 0,5 | 0,6 | sí | sí | |
| SNX 70 | ExtraClear | neutro | 60 | 13 | 16 | 94 | 28 | 38 | 34 | 31 | 0,35 | 0,5 | 0,6 | no | no | |
| SNX 70 Ultra | UltraClear ³ | neutro | 61 | 13 | 15 | 96 | 29 | 44 | 27 | 31 | 0,36 | 0,5 | 0,6 | no | no | |
| SNX 60 | ExtraClear | neutro | 54 | 15 | 16 | 92 | 24 | 39 | 37 | 27 | 0,31 | 0,5 | 0,6 | HT ² | HT ² | |
| SNX 60 Ultra | UltraClear ³ | neutro | 54 | 15 | 16 | 94 | 25 | 45 | 30 | 27 | 0,31 | 0,5 | 0,6 | HT ² | HT ² | |
| SNX 50 | ExtraClear | neutro | 45 | 11 | 16 | 89 | 20 | 37 | 44 | 22 | 0,25 | 0,5 | 0,6 | HT ² | HT ² | |
| SNX 50 Ultra | UltraClear ³ | neutro | 45 | 11 | 16 | 91 | 20 | 43 | 38 | 22 | 0,26 | 0,5 | 0,6 | HT ² | HT ² | |

Los valores de rendimiento mostrados son nominales y están sujetos a variaciones

debidas a tolerancias de fabricación. Valores espectrofotométricos conformes a

EN 410, valores U conformes a EN 873. Todos los detalles relacionados con el

procesado posterior se proporcionan solo a modo de información general.

Para obtener más información, consulte las Guías de Procesado de producto de

Guardian pertinentes o consulte los Servicios Técnicos de Guardian.

¹ Consulte las Guías de Procesado de Guardian o póngase en contacto con

los Servicios Técnicos de Guardian

² Versión tratable térmicamente correspondiente SunGuard SNX HT

³ Sustrato interno, central y externo Guardian UltraClear



Tabla 7: SunGuard SuperNeutral (SN): acristalamiento doble

| Producto | Sustrato de vidrio | Color | Luz visible | | | Energía solar | | | | Factor solar (g) | Coeficiente de sombra (g/0,87) | Valor U | | Tratable térmicamente ¹ | Curvable ¹ |
|--|-------------------------|-------------|-----------------|------------------------|------------------------|-------------------------------------|-------------------------|------------------------|---------------|------------------|--------------------------------|---------------------------|----------------------------|------------------------------------|-----------------------|
| | | | Transmisión [%] | Reflexión exterior [%] | Reflexión interior [%] | Índice de reproducción cromática Ra | Transmisión directa [%] | Reflexión exterior [%] | Absorción [%] | | | Aire [W/m ² K] | Argón [W/m ² K] | | |
| Doble acristalamiento 6 (16) 4, capa en cara n.º 2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| SN 75 HT | ExtraClear | neutro | 70 | 13 | 14 | 95 | 38 | 39 | 23 | 40 | 0,46 | 1,3 | 1,0 | sí | sí |
| SN 75 HT Ultra | UltraClear ³ | neutro | 76 | 13 | 14 | 95 | 40 | 44 | 16 | 41 | 0,47 | 1,3 | 1,0 | sí | sí |
| SN 75 | ExtraClear | neutro | 73 | 12 | 13 | 96 | 38 | 37 | 25 | 40 | 0,46 | 1,3 | 1,0 | no | no |
| SN 75 Ultra | UltraClear ³ | neutro | 73 | 12 | 13 | 97 | 39 | 43 | 18 | 41 | 0,47 | 1,3 | 1,0 | no | no |
| SN 70S | ExtraClear | neutro | 70 | 11 | 13 | 95 | 37 | 38 | 25 | 39 | 0,45 | 1,3 | 1,0 | HT ² | HT ² |
| SN 70/37 | ExtraClear | neutro | 70 | 11 | 12 | 93 | 35 | 39 | 26 | 37 | 0,42 | 1,3 | 1,0 | HT ² | HT ² |
| SN 70/35 | ExtraClear | azul neutro | 70 | 14 | 15 | 94 | 33 | 42 | 25 | 35 | 0,40 | 1,3 | 1,0 | HT ² | HT ² |
| SN 63 | ExtraClear | neutro | 63 | 12 | 16 | 92 | 31 | 37 | 31 | 33 | 0,38 | 1,3 | 1,0 | HT ² | HT ² |
| SN 51 | ExtraClear | neutro | 51 | 14 | 13 | 91 | 25 | 38 | 37 | 27 | 0,31 | 1,3 | 1,0 | HT ² | HT ² |
| SN 40/23 | ExtraClear | azul neutro | 40 | 16 | 32 | 91 | 21 | 36 | 43 | 23 | 0,27 | 1,3 | 1,0 | HT ² | HT ² |
| SN 29/18 | ExtraClear | azul neutro | 29 | 17 | 27 | 90 | 16 | 33 | 52 | 18 | 0,21 | 1,3 | 1,0 | HT ² | HT ² |

Los valores de rendimiento mostrados son nominales y están sujetos a variaciones

debidas a tolerancias de fabricación. Valores espectrofotométricos conformes a

EN 410, valores U conformes a EN 673. Todos los detalles relacionados con el

proceso posterior se proporcionan solo a modo de información general.

Para obtener más información, consulte las Guías de Procesado de producto de

Guardian pertinentes o consulte los Servicios Técnicos de Guardian.

¹ Consulte las Guías de Procesado de Guardian o póngase en contacto con los Servicios Técnicos de Guardian

² Versión tratable térmicamente correspondiente SunGuard SN HT

³ Sustrato interno y externo Guardian UltraClear

Tabla 8: SunGuard SuperNeutral (SN): acristalamiento triple

| Producto | Sustrato de vidrio | Color | Luz visible | | | Energía solar | | | | Factor solar (g) | Coeficiente de sombra (g/0,87) | Valor U | | Tratable térmicamente ¹ | Curvable ¹ |
|--|-------------------------|------------|-----------------|------------------------|------------------------|------------------------------------|-------------------------|------------------------|---------------|------------------|--------------------------------|------------------------------|----------------------------|------------------------------------|-----------------------|
| | | | Transmisión [%] | Reflexión exterior [%] | Reflexión interior [%] | Índice de cromática R _a | Transmisión directa [%] | Reflexión exterior [%] | Absorción [%] | | | Criptón [W/m ² K] | Argón [W/m ² K] | | |
| Acristalamiento triple 6 (14) 4 (14) 4, capa en cara n.º 2, ClimaGuard Premium2 en n.º 5 | | | | | | | | | | | | | | | |
| SN 75 HT | ExtraClear | neuro | 68 | 16 | 17 | 94 | 33 | 40 | 27 | 37 | 0,42 | 0,5 | 0,6 | sí | sí |
| SN 75 HT Ultra | UltraClear ³ | neuro | 69 | 16 | 17 | 95 | 35 | 46 | 19 | 38 | 0,44 | 0,5 | 0,6 | sí | sí |
| SN75 | ExtraClear | neuro | 66 | 14 | 16 | 95 | 33 | 38 | 29 | 37 | 0,42 | 0,5 | 0,6 | no | no |
| SN 75 Ultra | UltraClear ³ | neuro | 67 | 14 | 16 | 97 | 35 | 44 | 21 | 38 | 0,43 | 0,5 | 0,6 | no | no |
| SN 70S | ExtraClear | neuro | 64 | 14 | 17 | 94 | 32 | 40 | 28 | 36 | 0,41 | 0,5 | 0,6 | HT ² | HT ² |
| SN 70/37 | ExtraClear | neuro | 64 | 14 | 16 | 92 | 31 | 40 | 29 | 34 | 0,39 | 0,5 | 0,6 | HT ² | HT ² |
| SN 70/35 | ExtraClear | azul neuro | 64 | 16 | 18 | 94 | 29 | 43 | 28 | 32 | 0,37 | 0,5 | 0,6 | HT ² | HT ² |
| SN 63 | ExtraClear | neuro | 57 | 14 | 19 | 91 | 28 | 38 | 34 | 31 | 0,32 | 0,5 | 0,6 | HT ² | HT ² |
| SN 51 | ExtraClear | neuro | 46 | 15 | 17 | 91 | 22 | 38 | 40 | 25 | 0,29 | 0,5 | 0,6 | HT ² | HT ² |
| SN 40/23 | ExtraClear | azul neuro | 37 | 16 | 32 | 90 | 19 | 36 | 45 | 21 | 0,24 | 0,5 | 0,6 | HT ² | HT ² |
| SN 29/18 | ExtraClear | azul neuro | 26 | 18 | 28 | 89 | 13 | 33 | 54 | 16 | 0,18 | 0,5 | 0,6 | HT ² | HT ² |

Los valores de rendimiento mostrados son nominales y están sujetos a variaciones

debidas a tolerancias de fabricación. Valores espectrofotométricos conformes a

EN 410, valores U conformes a EN 873. Todos los detalles relacionados con el

proceso posterior se proporcionan solo a modo de información general.

Para obtener más información, consulte las Guías de Procesado de producto de

Guardian pertinentes o consulte los Servicios Técnicos de Guardian.

¹ Consulte las Guías de Procesado de Guardian o póngase en contacto con los Servicios Técnicos de Guardian

² Versión tratable térmicamente correspondiente SunGuard SN HT

³ Sustrato interno y externo Guardian UltraClear



Tabla 9: SunGuard High Performance (HP): acristalamiento doble

| Producto | Sustrato de vidrio | Color | Luz visible | | | Energía solar | | | | Factor solar (g) | Coeficiente de sombra (g/0,87) | Valor U | | Trabable térmicamente ¹ | Curvable ¹ |
|--|--------------------|--------------|-----------------|------------------------|------------------------|-------------------------------------|-------------------------|------------------------|---------------|------------------|--------------------------------|---------------------------|----------------------------|------------------------------------|-----------------------|
| | | | Transmisión [%] | Reflexión exterior [%] | Reflexión interior [%] | Índice de reproducción cromática Ra | Transmisión directa [%] | Reflexión exterior [%] | Absorción [%] | | | Aire [W/m ² K] | Argón [W/m ² K] | | |
| Doble acristalamiento 6 (16) 4, capa en cara n.º 2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| HP Light Blue 62/52 | ExtraClear | azul neutro | 62 | 16 | 12 | 96 | 48 | 17 | 35 | 52 | 0,59 | 1,7 | 1,5 | sf | sf |
| HP Neutral 60/40 ² | ExtraClear | neutro | 60 | 25 | 20 | 93 | 38 | 35 | 27 | 40 | 0,46 | 1,4 | 1,1 | sf | sf |
| HP Neutral 50/32 | ExtraClear | neutro | 50 | 26 | 23 | 94 | 30 | 40 | 30 | 32 | 0,37 | 1,4 | 1,1 | sf | sf |
| HP Silver 43/31 | ExtraClear | plata | 43 | 32 | 16 | 31 | 29 | 37 | 34 | 31 | 0,36 | 1,4 | 1,2 | sf | sf |
| HP Amber 41/29 | ExtraClear | bronce claro | 41 | 25 | 17 | 87 | 27 | 37 | 36 | 29 | 0,34 | 1,4 | 1,1 | sf | sf |
| HP Neutral 41/33 | ExtraClear | neutro | 41 | 22 | 12 | 91 | 29 | 25 | 46 | 33 | 0,38 | 1,6 | 1,4 | sf | sf |
| HP Royal Blue 41/29 | ExtraClear | azul intenso | 40 | 27 | 27 | 95 | 26 | 31 | 43 | 29 | 0,33 | 1,4 | 1,1 | sf | sf |
| HP Bright Green 40/29 ² | ExtraClear | verde claro | 40 | 37 | 24 | 95 | 26 | 24 | 60 | 29 | 0,33 | 1,4 | 1,1 | sf | sf |
| HP Bronze 40/27 | ExtraClear | bronce | 40 | 15 | 26 | 90 | 24 | 27 | 49 | 27 | 0,31 | 1,4 | 1,1 | sf | sf |
| HP Silver 35/26 | ExtraClear | plata | 35 | 44 | 23 | 98 | 24 | 43 | 33 | 27 | 0,30 | 1,4 | 1,2 | sf | sf |

Los valores de rendimiento mostrados son nominales y están sujetos a variaciones debidas a tolerancias de fabricación. Valores espectrofotométricos conformes a EN 410, valores U conformes a EN 673. Todos los detalles relacionados con el

procesado posterior se proporcionan solo a modo de información general.

Para obtener más información, consulte las Guías de Procesado de producto de Guardian pertinentes o consulte los Servicios Técnicos de Guardian.

¹ Consulte las Guías de Procesado de Guardian o póngase en contacto con los Servicios Técnicos de Guardian

² Datos después del tratamiento térmico

Tabla 10: SunGuard High Performance (HP): acristalamiento triple

| Producto | Sustrato de vidrio | Color | Luz visible | | | | Energía solar | | | | Factor solar (g) | Coeficiente de sombra (g/0,87) | Valor U | | Trabable térmicamente ¹ | Curvable ¹ | |
|--|--------------------|--------------|-----------------|------------------------|------------------------|-------------------------------------|-------------------------|------------------------|---------------|-----------------|------------------|--------------------------------|---------------|----|------------------------------------|-----------------------|--|
| | | | Transmisión [%] | Reflexión exterior [%] | Reflexión interior [%] | Índice de reproducción cromática Ra | Transmisión directa [%] | Reflexión exterior [%] | Absorción [%] | Criptón [W/m²K] | | | Argón [W/m²K] | | | | |
| Acristalamiento triple 6 (14) 4 (14) 4, capa en cara n.º 2, ClimaGuard Premium2 en n.º 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HP Light Blue 62/52 | Extra Clear | azul neutro | 56 | 18 | 15 | 95 | 36 | 21 | 43 | 42 | 0,48 | 0,6 | 0,7 | sl | sl | | |
| HP Neutral 60/40 ² | Extra Clear | neutro | 55 | 26 | 22 | 93 | 31 | 37 | 31 | 36 | 0,41 | 0,5 | 0,6 | sl | sl | | |
| HP Neutral 50/32 | Extra Clear | neutro | 46 | 27 | 25 | 93 | 25 | 41 | 34 | 29 | 0,33 | 0,5 | 0,6 | sl | sl | | |
| HP Silver 43/31 | Extra Clear | plata | 39 | 33 | 19 | 94 | 23 | 38 | 39 | 27 | 0,31 | 0,5 | 0,6 | sl | sl | | |
| HP Amber 41/29 | Extra Clear | bronce claro | 37 | 26 | 20 | 87 | 22 | 38 | 40 | 26 | 0,29 | 0,5 | 0,6 | sl | sl | | |
| HP Neutral 41/33 | Extra Clear | neutro | 37 | 23 | 16 | 90 | 23 | 26 | 51 | 27 | 0,31 | 0,6 | 0,7 | sl | sl | | |
| HP Royal Blue 41/29 | Extra Clear | azul intenso | 36 | 28 | 28 | 94 | 21 | 32 | 47 | 25 | 0,29 | 0,5 | 0,6 | sl | sl | | |
| HP Bright Green 40/29 ² | Extra Clear | verde claro | 36 | 38 | 26 | 94 | 21 | 25 | 54 | 25 | 0,29 | 0,5 | 0,6 | sl | sl | | |
| HP Bronze 40/27 | Extra Clear | bronce | 36 | 16 | 27 | 89 | 20 | 27 | 53 | 24 | 0,28 | 0,5 | 0,6 | sl | sl | | |
| HP Silver 35/26 | Extra Clear | plata | 32 | 44 | 25 | 97 | 19 | 44 | 37 | 23 | 0,26 | 0,5 | 0,6 | sl | sl | | |

Los valores de rendimiento mostrados son nominales y están sujetos a variaciones debidas a tolerancias de fabricación. Valores espectrofotométricos conformes a EN 410, valores U conformes a EN 673. Todos los detalles relacionados con el procesado posterior se proporcionan solo a modo de información general. Para obtener más información, consulte las Guías de Procesado de producto de Guardian pertinentes o consulte los Servicios Técnicos de Guardian.

¹ Consulte las Guías de Procesado de Guardian o póngase en contacto con los Servicios Técnicos de Guardian

² Datos después del tratamiento térmico



Tabla 11: SunGuard High Durable (HD): acristalamiento simple

| Producto | Sustrato de vidrio | Color | Luz visible | | | Energía solar | | | | Factor solar (g) | Coeficiente de sombra (g/0,87) | Trabaje térmicamente ¹ | | |
|---|--------------------|-----------------|-----------------|------------------------|------------------------|-------------------------------------|-------------------------|------------------------|---------------|------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|----|
| | | | Transmisión [%] | Reflexión exterior [%] | Reflexión interior [%] | Índice de reproducción cromática Ra | Transmisión directa [%] | Reflexión exterior [%] | Absorción [%] | | | Valor U [W/m²K] | Curvable ¹ | |
| Acristalamiento simple 6 mm, capa en cara n.º 2 | | | | | | | | | | | | | | |
| HD Silver 70 | ExtraClear | azul plata | 70 | 27 | 28 | 97 | 69 | 21 | 10 | 72 | 0,82 | 5,6 | sf | sf |
| HD Neutral 67 | ExtraClear | neutro | 66 | 16 | 18 | 99 | 63 | 13 | 24 | 68 | 0,79 | 5,7 | sf | sf |
| HD Diamond 66 | ExtraClear | plata brillante | 66 | 32 | 33 | 99 | 67 | 24 | 9 | 69 | 0,80 | 5,7 | sf | sf |
| HD Diamond 66 Ultra | UltraClear | plata brillante | 66 | 32 | 33 | 98 | 71 | 26 | 3 | 72 | 0,83 | 5,7 | sf | sf |
| HD Light Blue 52 | ExtraClear | azul neutro | 52 | 17 | 17 | 99 | 50 | 14 | 36 | 58 | 0,67 | 5,5 | sf | sf |
| HD Silver Grey 32 | ExtraClear | gris claro | 33 | 23 | 22 | 96 | 31 | 19 | 50 | 42 | 0,48 | 5,3 | sf | sf |
| HD Royal Blue 20 | ExtraClear | azul intenso | 21 | 22 | 32 | 98 | 19 | 21 | 60 | 32 | 0,36 | 4,9 | sf | sf |
| HD Silver 20 | ExtraClear | plata | 20 | 34 | 28 | 94 | 19 | 29 | 52 | 29 | 0,34 | 5,0 | sf | sf |
| HD Silver 10 | ExtraClear | plata | 10 | 44 | 38 | 98 | 10 | 38 | 52 | 20 | 0,23 | 4,7 | sf | sf |

Los valores de rendimiento mostrados son nominales y están sujetos a variaciones debidas a tolerancias de fabricación. Valores espectrofotométricos conformes a EN 410, valores U conformes a EN 673. Todos los detalles relacionados con el

procesado posterior se proporcionan solo a modo de información general.

Para obtener más información, consulte las Guías de Procesado de producto de Guardian pertinentes o consulte los Servicios Técnicos de Guardian.

¹ Consulte las Guías de Procesado de Guardian o póngase en contacto con los Servicios Técnicos de Guardian

Tabla 12: SunGuard High Durable (HD): acristalamiento de vidrio laminado simple

| Producto | Sustrato de vidrio | Color | Luz visible | | | | Energía solar | | | | Factor solar (g) | Coeficiente de sombra (g/0,87) | Valor U [W/m²K] | Tratable térmicamente ¹ | Curvable ¹ | Prueba de caída de bola EN 356 | Impacto de péndulo EN 12600 |
|-------------------|--------------------|-----------------|-----------------|------------------------|------------------------|---|-------------------------|------------------------|---------------|----|------------------|--------------------------------|-----------------|------------------------------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| | | | Transmisión [%] | Reflexión exterior [%] | Reflexión interior [%] | Índice de reproducción cromática R _a | Transmisión directa [%] | Reflexión exterior [%] | Absorción [%] | | | | | | | | |
| HD Silver 70 | ExtraClear | azul plata | 68 | 26 | 28 | 60 | 97 | 18 | 22 | 65 | 0,75 | 5,3 | 1(B)1 | P2A | 1(B)1 | | |
| HD Neutral 67 | ExtraClear | neutro | 64 | 16 | 18 | 99 | 54 | 12 | 34 | 62 | 0,71 | 5,4 | 1(B)1 | P2A | 1(B)1 | | |
| HD Diamond 66 | ExtraClear | plata brillante | 65 | 31 | 33 | 99 | 58 | 21 | 21 | 63 | 0,72 | 5,4 | 1(B)1 | P2A | 1(B)1 | | |
| HD Light Blue 52 | ExtraClear | azul neutro | 51 | 17 | 17 | 98 | 43 | 12 | 45 | 53 | 0,61 | 5,2 | 1(B)1 | P2A | 1(B)1 | | |
| HD Silver Grey 32 | ExtraClear | gris claro | 32 | 23 | 22 | 96 | 26 | 16 | 58 | 39 | 0,45 | 5,0 | 1(B)1 | P2A | 1(B)1 | | |
| HD Royal Blue 20 | ExtraClear | azul intenso | 21 | 21 | 32 | 98 | 17 | 17 | 66 | 30 | 0,35 | 4,7 | 1(B)1 | P2A | 1(B)1 | | |
| HD Silver 20 | ExtraClear | plata | 20 | 33 | 28 | 93 | 16 | 24 | 60 | 28 | 0,32 | 4,7 | 1(B)1 | P2A | 1(B)1 | | |
| HD Silver 10 | ExtraClear | plata | 10 | 42 | 38 | 97 | 8 | 31 | 59 | 20 | 0,23 | 4,5 | 1(B)1 | P2A | 1(B)1 | | |

Los valores de rendimiento mostrados son nominales y están sujetos a variaciones debidas a tolerancias de fabricación. Valores espectrofotométricos conformes a EN 410, valores U conformes a EN 673. Todos los detalles relacionados con el procesado posterior se proporcionan solo a modo de información general. Para obtener más información, consulte las Guías de Procesado de producto de Guardian pertinentes o consulte los Servicios Técnicos de Guardian.

¹ Consulte las Guías de Procesado de Guardian o póngase en contacto con los Servicios Técnicos de Guardian



Tabla 12: SunGuard High Durable (HD): acristalamiento de vidrio laminado simple

Continuación

| Producto | Sustrato de vidrio | Color | Luz visible | | | | Energía solar | | | | Factor solar (g) | Coeficiente de sombra (g/0,87) | Valor U | Tratable térmicamente ¹ | Curvable ¹ | Prueba de caída de bola EN 356 | Impacto de péndulo EN 12600 |
|---|--------------------|-----------------|-------------|--------------------|--------------------|---|---------------------|--------------------|-----------|-----|------------------|--------------------------------|---------|------------------------------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| | | | Transmisión | Reflexión exterior | Reflexión interior | Índice de reproducción cromática R _a | Transmisión directa | Reflexión exterior | Absorción | [%] | | | | | | | |
| Vidrio laminado simple 66.2, lámina de PVB solar clara2, capa en cara n.º 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HD Silver 70 | ExtraClear | azul plata | 64 | 23 | 28 | 98 | 41 | 14 | 45 | 52 | 0,59 | 5,3 | 5,3 | sí | sí | P2A | 1(B)1 |
| HD Neutral 67 | ExtraClear | neutro | 60 | 15 | 18 | 96 | 38 | 9 | 53 | 50 | 0,58 | 5,4 | 5,4 | sí | sí | P2A | 1(B)1 |
| HD Diamond 66 | ExtraClear | plata brillante | 60 | 28 | 33 | 97 | 39 | 15 | 45 | 50 | 0,57 | 5,4 | 5,4 | sí | sí | P2A | 1(B)1 |
| HD Light Blue 52 | ExtraClear | azul neutro | 48 | 15 | 17 | 95 | 30 | 10 | 60 | 44 | 0,50 | 5,2 | 5,2 | sí | sí | P2A | 1(B)1 |
| Vidrio laminado simple 66.2, lámina de PVB solar media3, capa en cara n.º 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HD Silver 70 | ExtraClear | azul plata | 58 | 20 | 28 | 95 | 30 | 11 | 59 | 44 | 0,51 | 5,3 | 5,3 | sí | sí | P2A | 1(B)1 |
| HD Neutral 67 | ExtraClear | neutro | 55 | 13 | 17 | 93 | 28 | 8 | 64 | 43 | 0,50 | 5,4 | 5,4 | sí | sí | P2A | 1(B)1 |
| HD Diamond 66 | ExtraClear | plata brillante | 55 | 24 | 33 | 94 | 29 | 13 | 58 | 43 | 0,49 | 5,4 | 5,4 | sí | sí | P2A | 1(B)1 |
| HD Light Blue 52 | ExtraClear | azul neutro | 44 | 14 | 17 | 92 | 23 | 8 | 69 | 39 | 0,44 | 5,2 | 5,2 | sí | sí | P2A | 1(B)1 |

Los valores de rendimiento mostrados son nominales y están sujetos a variaciones debidas a tolerancias de fabricación. Valores espectrofotométricos conformes a EN 410, valores U conformes a EN 673. Todos los detalles relacionados con el procesado posterior se proporcionan solo a modo de información general. Para obtener más información, consulte las Guías de Procesado de producto de Guardian pertinentes o consulte los Servicios Técnicos de Guardian.

¹ Consulte las Guías de Procesado de Guardian o póngase en contacto con los Servicios Técnicos de Guardian

² Saflex SH-41

³ Saflex SG-41

Tabla 13: SunGuard High Durable (HD): acristalamiento de vidrio laminado simple con capa interior

| Producto | Sustrato de vidrio | Color | Luz visible | | | | Energía solar | | | | Factor solar (g) | Coeficiente de sombra (g/0,87) | Valor U [W/m ² K] | Tratable térmicamente ¹ | Curvable ¹ | Prueba de caída de bola EN 356 | Impacto de péndulo ⁴ EN 12600 |
|---|--------------------|-----------------|-----------------|------------------------|------------------------|---|-------------------------|------------------------|---------------|------------------|------------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------------|-----------------------|--------------------------------|--|
| | | | Transmisión [%] | Reflexión exterior [%] | Reflexión interior [%] | Índice de reproducción cromática R _a | Transmisión directa [%] | Reflexión exterior [%] | Absorción [%] | Factor solar (g) | | | | | | | |
| Vidrio laminado simple 66.2, lámina de PVB transparente, capa en cara n.º 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HD Silver 70 | ExtraClear | azul plata | 77 | 19 | 19 | 98 | 65 | 15 | 20 | 69 | 0,80 | 5,4 | 1(B)1 | P2A | 1(B)1 | | |
| HD Neutral 67 | ExtraClear | neutro | 70 | 13 | 12 | 98 | 57 | 11 | 32 | 65 | 0,75 | 5,4 | 1(B)1 | P2A | 1(B)1 | | |
| HD Diamond 66 | ExtraClear | plata brillante | 75 | 22 | 23 | 99 | 63 | 17 | 20 | 68 | 0,78 | 5,4 | 1(B)1 | P2A | 1(B)1 | | |
| HD Light Blue 52 | ExtraClear | azul neutro | 55 | 15 | 11 | 98 | 46 | 12 | 42 | 56 | 0,64 | 5,4 | 1(B)1 | P2A | 1(B)1 | | |
| Vidrio laminado simple 66.2, lámina de PVB solar clara2, capa en cara n.º 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HD Silver 70 | ExtraClear | azul plata | 72 | 18 | 17 | 97 | 45 | 14 | 41 | 55 | 0,63 | 5,4 | 1(B)1 | P2A | 1(B)1 | | |
| HD Neutral 67 | ExtraClear | neutro | 65 | 13 | 11 | 95 | 40 | 10 | 50 | 52 | 0,60 | 5,4 | 1(B)1 | P2A | 1(B)1 | | |
| HD Diamond 66 | ExtraClear | plata brillante | 70 | 22 | 20 | 96 | 44 | 16 | 40 | 54 | 0,62 | 5,4 | 1(B)1 | P2A | 1(B)1 | | |
| HD Light Blue 52 | ExtraClear | azul neutro | 52 | 15 | 10 | 95 | 32 | 12 | 56 | 46 | 0,52 | 5,4 | 1(B)1 | P2A | 1(B)1 | | |
| Vidrio laminado simple 66.2, lámina de PVB solar media3, capa en cara n.º 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HD Silver 70 | ExtraClear | azul plata | 66 | 18 | 15 | 93 | 34 | 14 | 52 | 46 | 0,53 | 5,4 | 1(B)1 | P2A | 1(B)1 | | |
| HD Neutral 67 | ExtraClear | neutro | 60 | 12 | 10 | 92 | 31 | 10 | 59 | 45 | 0,51 | 5,4 | 1(B)1 | P2A | 1(B)1 | | |
| HD Diamond 66 | ExtraClear | plata brillante | 64 | 21 | 18 | 93 | 33 | 15 | 52 | 45 | 0,52 | 5,4 | 1(B)1 | P2A | 1(B)1 | | |
| HD Light Blue 52 | ExtraClear | azul neutro | 47 | 14 | 9 | 92 | 25 | 12 | 63 | 40 | 0,45 | 5,4 | 1(B)1 | P2A | 1(B)1 | | |

Los valores de rendimiento mostrados son nominales y están sujetos a variaciones debidas a tolerancias de fabricación. Valores espectrofotométricos conformes a EN 410, valores U conformes a EN 673. Todos los detalles relacionados con el procesado posterior se proporcionan solo a modo de información general. Para obtener más información, consulte las Guías de Procesado de producto de Guardian pertinentes o consulte los Servicios Técnicos de Guardian.

¹ Consulte las Guías de Procesado de Guardian o póngase en contacto con los Servicios Técnicos de Guardian

² Saflex SH-41

³ Saflex SG-41

⁴ En algunos países es posible que se necesiten certificaciones adicionales para que estas combinaciones se consideren vidrio laminado de seguridad



Tabla 14: SunGuard High Durable (HD): acristalamiento doble

| Producto | Sustrato de vidrio | Color | Luz visible | | | | Energía solar | | | | Factor solar (g) | Coeficiente de sombra (g/0,87) | Valor U | | Trabable térmicamente ¹ | Curvable ¹ | |
|---|-------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|------------------------|-------------------------------------|-------------------------|------------------------|---------------|--------------|------------------|--------------------------------|---------------|-----|------------------------------------|-----------------------|----|
| | | | Transmisión [%] | Reflexión exterior [%] | Reflexión interior [%] | Índice de reproducción cromática Ra | Transmisión directa [%] | Reflexión exterior [%] | Absorción [%] | Aire [W/m²K] | | | Argón [W/m²K] | | | | |
| Doble acristalamiento 6 (16) 4, capa en cara n.º 2, ClimaGuard Premium2 en cara n.º 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HD Silver 70 | ExtraClear | azul plata | 64 | 29 | 29 | 97 | 46 | 37 | 17 | 51 | 0,59 | 1,4 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | sf | sf |
| HD Neutral 67 | ExtraClear | neutro | 59 | 18 | 20 | 98 | 42 | 25 | 33 | 48 | 0,55 | 1,4 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | sf | sf |
| HD Diamond 66 | ExtraClear | plata brillante | 60 | 34 | 33 | 99 | 45 | 40 | 15 | 50 | 0,57 | 1,4 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | sf | sf |
| HD Diamond 66 Ultra | UltraClear ² | plata brillante | 61 | 34 | 33 | 98 | 48 | 44 | 8 | 52 | 0,60 | 1,4 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | sf | sf |
| HD Light Blue 52 | ExtraClear | azul neutro | 47 | 19 | 20 | 98 | 34 | 21 | 45 | 39 | 0,45 | 1,4 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | sf | sf |
| HD Silver Grey 32 | ExtraClear | gris claro | 30 | 24 | 24 | 96 | 21 | 22 | 57 | 26 | 0,30 | 1,4 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | sf | sf |
| HD Royal Blue 20 | ExtraClear | azul intenso | 20 | 22 | 32 | 98 | 14 | 22 | 64 | 18 | 0,21 | 1,4 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | sf | sf |
| HD Silver 20 | ExtraClear | plata | 19 | 34 | 28 | 93 | 13 | 30 | 57 | 17 | 0,20 | 1,4 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | sf | sf |
| HD Silver 10 | ExtraClear | plata | 9 | 44 | 37 | 97 | 7 | 39 | 54 | 10 | 0,12 | 1,4 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | sf | sf |

Los valores de rendimiento mostrados son nominales y están sujetos a variaciones debidas a tolerancias de fabricación. Valores espectrofotométricos conformes a EN 410, valores U conformes a EN 673. Todos los detalles relacionados con el

procesoado posterior se proporcionan solo a modo de información general. Para obtener más información, consulte las Guías de Procesoado de producto de Guardian pertinentes o consulte los Servicios Técnicos de Guardian.

¹ Consulte las Guías de Procesoado de Guardian o póngase en contacto con los Servicios Técnicos de Guardian
² Sustrato interno y externo Guardian UltraClear

Tabla 14: SunGuard High Durable (HD): acristalamiento doble

Continuación

| Producto | Sustrato de vidrio | Color | Luz visible | | | | | | Energía solar | | | | Factor solar (g) | Coeficiente de sombra (g/0,87) | Valor U | | Trabable térmicamente ¹ | Curvable ¹ | | |
|---|-------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|------------------------|-------------------------------------|-------------------------|------------------------|---------------|-----------------|------------------------|---------------|------------------|--------------------------------|---------------------------|----------------------------|------------------------------------|-----------------------|-----|-----|
| | | | Transmisión [%] | Reflexión exterior [%] | Reflexión interior [%] | Índice de reproducción cromática Ra | Transmisión directa [%] | Reflexión exterior [%] | Absorción [%] | Transmisión [%] | Reflexión exterior [%] | Absorción [%] | | | Aire [W/m ² K] | Argón [W/m ² K] | | | | |
| Doble acristalamiento 6 (16) 4, capa en cara n.º 2, ClimaGuard 1.0+ en cara n.º 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HD Silver 70 | ExtraClear | azul plata | 59 | 32 | 32 | 96 | 38 | 45 | 17 | 43 | 0,49 | 1,3 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| HD Neutral 67 | ExtraClear | neuro | 55 | 21 | 25 | 96 | 34 | 31 | 35 | 40 | 0,45 | 1,3 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| HD Diamond 66 | ExtraClear | plata brillante | 56 | 37 | 36 | 97 | 37 | 37 | 36 | 42 | 0,48 | 1,3 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| HD Diamond 66 Ultra | UltraClear ² | plata brillante | 57 | 37 | 36 | 97 | 39 | 53 | 8 | 43 | 0,49 | 1,3 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| HD Light Blue 52 | ExtraClear | azul neutro | 44 | 20 | 24 | 96 | 27 | 25 | 48 | 32 | 0,37 | 1,3 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| HD Silver Grey 32 | ExtraClear | gris claro | 28 | 25 | 28 | 95 | 17 | 27 | 59 | 22 | 0,25 | 1,3 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| HD Royal Blue 20 | ExtraClear | azul intenso | 18 | 22 | 35 | 96 | 12 | 22 | 66 | 16 | 0,18 | 1,3 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| HD Silver 20 | ExtraClear | plata | 17 | 35 | 32 | 93 | 11 | 31 | 58 | 15 | 0,17 | 1,3 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| HD Silver 10 | ExtraClear | plata | 9 | 44 | 40 | 96 | 6 | 39 | 55 | 9 | 0,10 | 1,3 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |

Los valores de rendimiento mostrados son nominales y están sujetos a variaciones

debidas a tolerancias de fabricación. Valores espectrofotométricos conformes a

EN 410, valores U conformes a EN 673. Todos los detalles relacionados con el

proceso posterior se proporcionan solo a modo de información general.

Para obtener más información, consulte las Guías de Procesado de producto de

Guardian pertinentes o consulte los Servicios Técnicos de Guardian.

¹ Consulte las Guías de Procesado de Guardian o póngase en contacto con

los Servicios Técnicos de Guardian

² Sustrato interno y externo Guardian UltraClear



Tabla 15: SunGuard Solar: acristalamiento doble

| Producto | Sustrato de vidrio | Color | Luz visible | | | | | | Energía solar | | | | Valor U | | Trabable térmicamente ¹ | Curvable ¹ | |
|---|--------------------|-------------|-------------|--------------------|--------------------|---|---------------------|--------------------|---------------|------------------|---------------------------------|------|---------|----|------------------------------------|-----------------------|--|
| | | | Transmisión | Reflexión exterior | Reflexión interior | Índice de reproducción cromática R _s | Transmisión directa | Reflexión exterior | Absorción | Factor solar (g) | Coefficiente de sombra (g/0,87) | Aire | Argón | | | | |
| Doble acristalamiento 6 (16) 4, capa en cara n.º 2, ClimaGuard Premium2 en cara n.º 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Solar Bright Green 20 | ExtraClear | verde claro | 19 | 35 | 11 | 96 | 12 | 20 | 68 | 16 | 0,18 | 1,4 | 1,1 | sf | sf | | |
| Solar Bronze 20 | ExtraClear | bronce | 19 | 17 | 14 | 93 | 12 | 20 | 68 | 16 | 0,18 | 1,4 | 1,1 | sf | sf | | |
| Solar Gold 20 | ExtraClear | dorado | 21 | 26 | 13 | 95 | 13 | 17 | 70 | 17 | 0,19 | 1,4 | 1,1 | sf | sf | | |
| Solar Grey 20 | ExtraClea | gris oscuro | 19 | 10 | 7 | 96 | 13 | 12 | 75 | 18 | 0,20 | 1,4 | 1,1 | sf | sf | | |
| Doble acristalamiento 6 (16) 4, capa en cara n.º 2, ClimaGuard 1.0+ en cara n.º 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Solar Bright Green 20 | ExtraClear | verde claro | 17 | 35 | 17 | 94 | 10 | 20 | 70 | 14 | 0,16 | 1,3 | 1,0 | sf | sf | | |
| Solar Bronze 20 | ExtraClear | bronce | 18 | 17 | 19 | 92 | 10 | 20 | 70 | 14 | 0,16 | 1,3 | 1,0 | sf | sf | | |
| Solar Gold 20 | ExtraClear | dorado | 19 | 27 | 19 | 97 | 11 | 18 | 71 | 15 | 0,17 | 1,3 | 1,0 | sf | sf | | |
| Solar Grey 20 | ExtraClea | gris oscuro | 17 | 11 | 13 | 95 | 11 | 12 | 77 | 15 | 0,17 | 1,3 | 1,0 | sf | sf | | |

Los valores de rendimiento mostrados son nominales y están sujetos a variaciones debidas a tolerancias de fabricación. Valores espectrofotométricos conformes a EN 410, valores U conformes a EN 673. Todos los detalles relacionados con el

proceso posterior se proporcionan solo a modo de información general.

Para obtener más información, consulte las Guías de Procesado de producto de Guardian pertinentes o consulte los Servicios Técnicos de Guardian.

¹ Consulte las Guías de Procesado de Guardian o póngase en contacto con los Servicios Técnicos de Guardian

Tabla 16: SunGuard R: acristalamiento amortiguador de la reflexión de radar

| Producto | Sustrato de vidrio | Color | Luz visible | | | | Energía solar | | | | Factor solar (g) | Coeficiente de sombra (g/0,87) | Valor U | | Tratable térmicamente ¹ | Curvable ¹ |
|-----------------|--------------------|--------|-----------------|------------------------|------------------------|---|-------------------------|------------------------|---------------|---------------------------|------------------|--------------------------------|---------|----|------------------------------------|-----------------------|
| | | | Transmisión [%] | Reflexión exterior [%] | Reflexión interior [%] | Índice de reproducción cromática R _a | Transmisión directa [%] | Reflexión exterior [%] | Absorción [%] | Aire [W/m ² K] | | | Argón | | | |
| RD 60 HT | ExtraClear | neutro | 59 | 18 | 14 | 95 | 36 | 18 | 46 | 42 | 0,48 | 1,4 | 1,1 | sf | sf | |

Configuración típica de vidrio para la amortiguación de la reflexión de radar de los sistemas de radar SSR de los aeropuertos. La capa RD 60 debe tratarse térmicamente para garantizar unas propiedades eléctricas correctas.

Los valores de rendimiento mostrados son nominales y están sujetos a variaciones debidas a tolerancias de fabricación. Valores espectrofotométricos conformes a EN 410, valores U conformes a EN 673. Todos los detalles relacionados con el procesado posterior se proporcionan solo a modo de información general. Para obtener más información, consulte las Guías de Procesado de producto de Guardian pertinentes o consulte los Servicios Técnicos de Guardian.

¹ Consulte las Guías de Procesado de Guardian o póngase en contacto con los Servicios Técnicos de Guardian
² Aprobación de tipo habitual para el vidrio de seguridad por DIBt para Alemania



Tabla 17: Soluciones de antepecho para el acristalamiento SunGuard

| Acristalamiento Guardian SunGuard® | Antepecho monolítico | | Antepecho de vidrio aislante ² (capa en n.º 2 + esmalte en n.º 4) |
|---|---|--|---|
| | Esmaltado ¹ | Shadow box (ventilada con fondo negro) | |
| Guardian SunGuard® eXtra Selective | | | |
| SNX 70 | - | - | SG SNX 70 |
| SNX 70 HT | Vidrio float transparente + WO-E-14-7065 (grisáceo) Vidrio float transparente + WO-B-14-7066 (azulado) | SG HD Light Blue 52 | SG SNX 70 HT |
| SNX 60 | Vidrio float transparente + WO-B-14-7067 SG Solar Royal Blue 20 + Ferro 140 15 4001 en n.º 2 | SG HD Royal Blue 20 | SG SNX 60 |
| SNX 50 | Vidrio float transparente + WO-B-14-7067 SG Solar Royal Blue 20 + Ferro 140 15 4001 en n.º 2 | SG HD Royal Blue 20 | SG SNX 50 |
| Guardian SunGuard® SuperNeutral™ | | | |
| SN 75 | Vidrio float transparente + WO-E-14-7065 (grisáceo) Vidrio float transparente + WO-B-14-7066 (azulado) | - | SG SN 75 |
| SN 70S | Vidrio float transparente + WO-E-14-7063 | - | SG SN 70S |
| SN 70/37 | Vidrio float transparente + WO-E-14-7063 | - | SG SN 70/37 |
| SN 70/35 | Vidrio float transparente + WO-B-14-7067 | - | SG SN 70/35 |
| SN 63 | Vidrio float transparente + WO-B-14-7064 | SG HD Light Blue 52 | SG SN 63 |
| SN 51 | Vidrio float transparente + WO-E-14-7063 (grisáceo) Vidrio float transparente + WO-B-14-7064 (azulado) | SG HD Light Blue 52 | SG SN 51 |
| SN 40/23 | Vidrio float transparente + WO-B-14-7067 SG Solar Royal Blue 20 + Ferro 140 15 4001 en n.º 2 | SG HD Royal Blue 20 | SG SN 40/23 |

La información proporcionada anteriormente es una recomendación general basada únicamente en maquetas visuales y pruebas de compatibilidad realizadas con el sistema indicado de pintura cerámica Ferro. Otros sistemas/pinturas cerámicas pueden consistir en diferentes componentes; esto puede conducir a problemas de compatibilidad con las capas Guardian SunGuard® o puede modificar la apariencia estética final de la combinación relevante de pintura y capa. Es responsabilidad de los usuarios que reciben esta información asegurarse de que se realicen las pruebas de compatibilidad apropiadas en una maqueta en tamaño real para verificar la correspondencia de color entre el vidrio de visión y el vidrio de antepecho.

Los esmaltes indicados (números) de Ferro y Wolbring (WO) se basan en el tipo de esmalte FERRO System 140 y mezclas de color especiales para la mejor adaptación a la visión relacionada. Póngase en contacto con los Servicios Técnicos de Guardian para obtener más información.

Los antepechos de vidrio aislante simulan la profundidad de una habitación. Según nuestra experiencia, el negro (p. ej., RAL 9005) o el gris oscuro (p. ej., RAL 7021) son los colores de esmalte que mejor se corresponden con las zonas de visión. La cámara debe limitarse a 8 mm para minimizar las posibles cargas climáticas. Debido al aumento de la absorción de energía del vidrio, debe considerarse la posibilidad de realizar un tratamiento térmico.

Tabla 17: Soluciones de antepecho para el acristalamiento SunGuard

Continuación

| Acristalamiento Guardian SunGuard® | Antepecho monolítico | | Antepecho de vidrio aislante ² (capa en n.º 2 + esmalte en n.º 4) |
|--|---|--|--|
| | Esmaltado ¹ | Shadow box (ventilada con fondo negro) | |
| SN 29 / 18 | Vidrio float transparente + WO-B-14-7067 SG Solar Royal Blue 20 + Ferro 140 15 4001 en n.º 2 | SG HD Royal Blue 20 | SG SN 29/18 |
| Guardian SunGuard® High Performance | | | |
| HP Light Blue 62 / 52 | Vidrio float transparente + WO-B-14-7067 | | SG HP Light Blue 62/52 |
| HP Neutral 60 / 40 | Vidrio float transparente + WO-B-14-7064 SG HD Silver Grey 32 + Ferro 140 15 4001 en n.º 2 | SG HD Silver Grey 32 | SG HP Neutral 60/40 |
| HP Neutral 50 / 32 | Vidrio float transparente + WO-B-14-7064 SG HD Silver Grey 32 + Ferro 140 15 4001 en n.º 2 | SG HD Silver Grey 32 | SG HP Neutral 50/32 |
| HP Silver 43 / 31 | - | SG HD Silver 70 | SG HP Silver 43/31 |
| HP Neutral 41 / 33 | Vidrio float transparente + WO-B-14-7064 SG HD Silver Grey 32 + Ferro 140 15 4001 en n.º 2 | SG HD Silver Grey 32 | SG HP Neutral 41/33 |
| HP Amber 41 / 29 | - | - | SG HP Amber 41/29 |
| HP Royal Blue 41 / 29 | SG Solar Royal Blue 20 + Ferro 140 15 4001 en n.º 2 | SG HD Royal Blue 20 | SG HP Royal Blue 41/29 |
| HP Bronze 40 / 27 | SG Solar Bronze 20 + Ferro 140 15 4001 en n.º 2 | - | SG HP Bronze 40/27 |
| HP Bright Green 40 / 29 | SG Solar Bright Green 20 + Ferro 140 15 4001 en n.º 2 | - | SG HP Bright Green 40/29 |
| HP Silver 35 / 26 | SG HD Silver 10 + Ferro 140 15 4001 en n.º 2 | SG HD Silver 10 | SG HP Silver 35/26 |

La información proporcionada anteriormente es una recomendación general basada únicamente en maquetas visuales y pruebas de compatibilidad realizadas con el sistema indicado de pintura cerámica Ferro. Otros sistemas/pinturas cerámicas pueden consistir en diferentes componentes; esto puede conducir a problemas de compatibilidad con las capas Guardian SunGuard® o puede modificar la apariencia estética final de la combinación relevante de pintura y capa. Es responsabilidad de los usuarios que reciben esta información asegurarse de que se realicen las pruebas de compatibilidad apropiadas en una maqueta en tamaño real para verificar la correspondencia de color entre el vidrio de visión y el vidrio de antepecho.

¹ Los esmaltes indicados (números) de Ferro y Wolbring (WO) se basan en el tipo de esmalte FERRO System 140 y mezclas de color especiales para la mejor adaptación a la visión relacionada. Póngase en contacto con los Servicios Técnicos de Guardian para obtener más información.

² Los antepechos de vidrio aislante simulan la profundidad de una habitación. Según nuestra experiencia, el negro (p. ej., RAL 9005) o el gris oscuro (p. ej., RAL 7021) son los colores de esmalte que mejor se corresponden con las zonas de visión. La cámara debe limitarse a 8 mm para minimizar las posibles cargas climáticas. Debido al aumento de la absorción de energía del vidrio, debe considerarse la posibilidad de realizar un tratamiento térmico.



Tabla 17: Soluciones de antepecho para el acristalamiento SunGuard

Continuación

| Acristalamiento Guardian SunGuard® | Antepecho monolítico | | Antepecho de vidrio aislante ² (capa en n.º 2 + esmalte en n.º 4) |
|--|---|--|---|
| | Esmaltado ¹ | Shadow box (ventilada con fondo negro) | |
| Guardian SunGuard® High Durable | | | |
| HD Silver 70 | - | SG HD Silver 70 | SG HD Silver 70 |
| HD Neutral 67 | Vidrio float transparente + WO-E-14-7063 (grisáceo) Vidrio float transparente + WO-B-14-7064 (azulado) | SG HD Neutral 67 | SG HD Neutral 67 |
| HD Diamond 66 | - | SG HD Diamond 66 | SG HD Diamond 66 |
| HD Light Blue 52 | Vidrio float transparente + WO-E-14-7063 (grisáceo) Vidrio float transparente + WO-B-14-7064 (azulado) | SG HD Light Blue 52 | SG HD Light Blue 52 |
| HD Silver Grey 32 | Vidrio float transparente + WO-B-14-7064 SG HD Silver Grey 32 + Ferro 140 15 4001 en n.º 2 | SG HD Silver Grey 32 | SG HD Silver Grey 32 |
| HD Royal Blue 20 | SG Solar Royal Blue 20 + Ferro 140 15 4001 en n.º 2 | SG HD Royal Blue 20 | SG HD Royal Blue 20 |
| HD Silver 20 | SG HD Silver 20 + Ferro 140 15 4001 en n.º 2 | SG HD Silver 20 | SG HD Silver 20 |
| HD Silver 10 | SG HD Silver 10 + Ferro 140 15 4001 en n.º 2 | SG HD Silver 10 | SG HD Silver 10 |
| Guardian SunGuard® Solar | | | |
| Solar Bronze 20 | SG Solar Bronze 20 + Ferro 140 15 4001 en n.º 2 | - | SG Solar Bronze 20 |
| Solar Gold 20 | - | - | SG Solar Gold 20 |
| Solar Grey 20 | - | - | SG Solar Grey 20 |
| Solar Bright Green 20 | SG Solar Bright Green 20 + Ferro 140 15 4001 en n.º 2 | - | SG Solar Bright Green 20 |

La información proporcionada anteriormente es una recomendación general basada únicamente en maquetas visuales y pruebas de compatibilidad realizadas con el sistema indicado de pintura cerámica Ferro. Otros sistemas/pinturas cerámicas pueden consistir en diferentes componentes; esto puede conducir a problemas de compatibilidad con las capas Guardian SunGuard® o puede modificar la apariencia estética final de la combinación relevante de pintura y capa. Es responsabilidad de los usuarios que reciben esta información asegurarse de que se realicen las pruebas de compatibilidad apropiadas en una maqueta en tamaño real para verificar la correspondencia de color entre el vidrio de visión y el vidrio de antepecho.

¹ Los esmaltes indicados (números) de Ferro y Wolbring (WO) se basan en el tipo de esmalte FERRO System 140 y mezclas de color especiales para la mejor adaptación a la visión relacionada. Póngase en contacto con los Servicios Técnicos de Guardian para obtener más información.

² Los antepechos de vidrio aislante simulan la profundidad de una habitación. Según nuestra experiencia, el negro (p. ej., RAL 9005) o el gris oscuro (p. ej., RAL 7021) son los colores de esmalte que mejor se corresponden con las zonas de visión. La cámara debe limitarse a 8 mm para minimizar las posibles cargas climáticas. Debido al aumento de la absorción de energía del vidrio, debe considerarse la posibilidad de realizar un tratamiento térmico.

10.4 Acristalamiento antirreflectante

Tabla 18: Guardian Clarity™

| Producto | Sustrato de vidrio | Color | Luz visible | | | Energía solar | | | | Factor solar (g) | Coeficiente de sombra (g/0,87) | Valor U | | Trabable térmicamente ¹ | Curvable ¹ |
|---|--------------------|--------|-----------------|------------------------|------------------------|-------------------------------------|-------------------------|------------------------|---------------|------------------|--------------------------------|--------------|---------------|------------------------------------|-----------------------|
| | | | Transmisión [%] | Reflexión exterior [%] | Reflexión interior [%] | Índice de reproducción cromática Ra | Transmisión directa [%] | Reflexión exterior [%] | Absorción [%] | | | Aire [W/m²K] | Argón [W/m²K] | | |
| Acristalamiento simple laminado 66.2, capa en cara n.º 1 + n.º 4 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Clarity | UltraClear | neutro | 96 | 0,5 | 0,5 | 99 | 75 | 11 | 14 | 78 | 0,90 | 5,4 | - | sf | sf |
| Doble acristalamiento 8 (16) 8, capa en cara n.º 1, n.º 2, n.º 3 + n.º 4 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Clarity | UltraClear | neutro | 94 | 0,9 | 0,9 | 99 | 69 | 17 | 14 | 73 | 0,84 | 2,7 | 2,6 | sf | sf |
| Doble acristalamiento 66.2 (16) 44.2, capa en cara n.º 1, n.º 4 + n.º 8, ClimaGuard Premium2 en n.º 5 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Clarity | UltraClear | neutro | 89 | 1,5 | 2,1 | 97 | 55 | 22 | 23 | 61 | 0,70 | 1,3 | 1,1 | sf | sf |
| Doble acristalamiento 66.2 (16) 44.2, capa en cara n.º 1, n.º 5 + n.º 8, SunGuard SN 70/37 en n.º 2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Clarity | UltraClear | neutro | 77 | 2,4 | 2,2 | 93 | 36 | 34 | 30 | 38 | 0,44 | 1,3 | 1,0 | sf | sf |

Los valores de rendimiento mostrados son nominales y están sujetos a variaciones debidas a tolerancias de fabricación. Valores espectrofotométricos conformes a EN 410, valores U conformes a EN 673. Todos los detalles relacionados con el procesado posterior se proporcionan solo a modo de información general.

Para obtener más información, consulte las Guías de Procesado de producto de Guardian pertinentes o consulte los Servicios Técnicos de Guardian.

El acristalamiento consiste únicamente en Guardian UltraClear.

¹ Consulte las Guías de Procesado de Guardian o póngase en contacto con los Servicios Técnicos de Guardian



10.5 Vidrio de control acústico

- Rendimiento acústico válido para el llenado de gas con argón o aire (según EN 12758)
- Las unidades llenadas con criptón llevan la marca “Kr”
- PVB: lámina de PVB estándar (Guardian LamiGlass)
- SR: lámina de PVB de atenuación acústica (Guardian LamiGlass Acoustic)
- Los valores U_g y valores espectrofotométricos se determinan según las capas funcionales utilizadas
- EN 12758:2019: Los valores para UVA con una cámara de 12 mm pueden aplicarse también a cámaras más anchas.
- La orientación de la configuración no influye en el rendimiento de aislamiento acústico (el acristalamiento se puede girar).

Tabla 19: Acristalamiento simple de control acústico

| Configuración | Rendimiento acústico según EN ISO 717-1 | | | Seguridad | |
|---------------|---|--|--|----------------------|-----------------------------|
| | Índice global de atenuación acústica ponderado R_w [dB] | Factor de corrección de alta frecuencia C [dB] | Factor de corrección de baja frecuencia C_v [dB] | Caída de bola EN 356 | Impacto de péndulo EN 12600 |
| 33.1 SR | 36 | -1 | -4 | P1A | 1(B)1 |
| 33.2 SR | 35 | -1 | -4 | P2A | 1(B)1 |
| 44.1 SR | 38 | -1 | -4 | P1A | 1(B)1 |
| 44.2 SR | 38 | -1 | -4 | P1A | 1(B)1 |
| 44.4 SR | 37 | -1 | -3 | P4A | 1(B)1 |
| 55.1 SR | 39 | -1 | -4 | P1A | 1(B)1 |
| 55.2 SR | 39 | -1 | -3 | P2A | 1(B)1 |
| 66.1 SR | 40 | -1 | -3 | P1A | 1(B)1 |
| 66.2 SR | 39 | 0 | -2 | P2A | 1(B)1 |
| 88.1 SR | 41 | -1 | -3 | npd | 1(B)1 |
| 88.2 SR | 41 | 0 | -2 | npd | 1(B)1 |
| 1010.1 SR | 43 | -1 | -3 | npd | npd |
| 1010.2 SR | 43 | -1 | -3 | npd | npd |
| 1212.4 SR | 44 | 0 | -3 | npd | npd |

Tabla 20: Acristalamiento doble de control acústico

| Configuración | Rendimiento acústico según EN ISO 717-1 | | | Seguridad | |
|------------------------|---|--|---|----------------------|-----------------------------|
| | Índice global de atenuación acústica ponderado R_w [dB] | Factor de corrección de alta frecuencia C [dB] | Factor de corrección de baja frecuencia C_{tr} [dB] | Caída de bola EN 356 | Impacto de péndulo EN 12600 |
| 4 (12) 4 | 29 | -1 | -3 | - | - |
| 4 (16) 4 | 30 | -1 | -4 | - | - |
| 5 (12) 5 | 31 | -1 | -4 | - | - |
| 5 (12) 4 | 32 | -1 | -3 | - | - |
| 6 (12) 4 | 33 | -1 | -3 | - | - |
| 6 (12) 5 | 34 | -1 | -3 | - | - |
| 8 (12) 4 | 34 | -1 | -4 | - | - |
| 6 (16) 4 | 34 | -1 | -5 | - | - |
| 33.1 SR (12) 4 | 34 | -1 | -4 | P1A | 1(B)1 |
| 6 (16) 6 | 35 | -2 | -4 | - | - |
| 8 (12) 5 | 35 | -1 | -4 | - | - |
| 8 (12) 6 | 35 | -1 | -3 | - | - |
| 8 (16) 4 | 35 | -2 | -5 | - | - |
| 8 (16) 8 | 35 | -1 | -4 | - | - |
| 33.1 PVB (12) 6 | 35 | -1 | -5 | - | 2(B)2 |
| 44.1 PVB (12) 4 | 36 | -1 | -5 | - | 2(B)2 |
| 55.1 PVB (12) 4 | 36 | -1 | -4 | - | 1(B)1 |
| 33.1 PVB (12) 5 | 36 | -1 | -5 | - | 2(B)2 |
| 33.1 PVB (12) 33.1 PVB | 36 | -1 | -5 | - | 2(B)2 |
| 44.1 PVB (12) 5 | 36 | -1 | -4 | - | 2(B)2 |
| 10 (16) 4 | 37 | -2 | -6 | - | - |
| 44.1 PVB (12) 6 | 37 | -1 | -5 | - | 2(B)2 |
| 55.1 PVB (12) 6 | 37 | -1 | -4 | - | 1(B)1 |
| 33.1 PVB (12) 8 | 37 | -1 | -4 | - | 2(B)2 |
| 44.1 PVB (12) 44.1 PVB | 37 | -1 | -4 | - | 2(B)2 |
| 44.2 PVB (16) 8 | 37 | -1 | -5 | P2A | 1(B)1 |
| 33.1 SR (16) 4 | 37 | -1 | -5 | P1A | 1(B)1 |
| 44.2 PVB (16) 6 | 38 | -1 | -5 | P2A | 1(B)1 |
| 44.4 PVB (16) 8 | 38 | -1 | -5 | P4A | 1(B)1 |
| 44.1 PVB (12) 33.1 PVB | 38 | -1 | -4 | - | 2(B)2 |
| 33.1 SR (16) 4 | 38 | -3 | -7 | P1A | 1(B)1 |
| 33.1 SR (20) 4 | 38 | -2 | -7 | P1A | 1(B)1 |
| 33.1 SR (16) 5 | 38 | -2 | -7 | P1A | 1(B)1 |
| 10 (16) 6 | 39 | -1 | -4 | - | - |
| 66.1 PVB (12) 6 | 39 | -1 | -4 | P1A | 1(B)1 |
| 66.1 PVB (12) 10 | 39 | -1 | -3 | P1A | 1(B)1 |
| 44.1 SR (16) 4 | 39 | -2 | -6 | P1A | 1(B)1 |
| 44.1 SR (16) 5 | 39 | -2 | -6 | P1A | 1(B)1 |
| 44.1 PVB (16) 10 | 40 | -2 | -5 | - | 2(B)2 |
| 55.1 PVB (16) 8 | 40 | -1 | -4 | - | 1(B)1 |



| Configuración | Rendimiento acústico según EN ISO 717-1 | | | Seguridad | |
|------------------------|---|--|---|----------------------|-----------------------------|
| | Índice global de atenuación acústica ponderado R_w [dB] | Factor de corrección de alta frecuencia C [dB] | Factor de corrección de baja frecuencia C_{tr} [dB] | Caida de bola EN 356 | Impacto de péndulo EN 12600 |
| 44.2 PVB (16) 6 | 40 | -3 | -7 | P2A | 1(B)1 |
| 55.1 PVB (16) 44.1 PVB | 40 | -2 | -5 | - | 1(B)1 |
| 55.1 PVB (16) 55.1 PVB | 40 | -2 | -6 | - | 1(B)1 |
| 55.2 PVB (20) 6 | 40 | -1 | -5 | P2A | 1(B)1 |
| 66.1 PVB (12) 33.1 PVB | 40 | -1 | -4 | P1A | 1(B)1 |
| 33.1 SR (16) 6 | 40 | -2 | -7 | P1A | 1(B)1 |
| 33.1 SR (16) 33.1 SR | 40 | -2 | -7 | P1A | 1(B)1 |
| 44.1 SR (12) 33.1 PVB | 40 | -3 | -7 | P1A | 1(B)1 |
| 55.1 SR (12) 6 | 40 | -1 | -5 | P1A | 1(B)1 |
| 55.1 SR (16) 8 | 40 | -1 | -4 | P1A | 1(B)1 |
| 55.2 PVB (16) 8 | 41 | -1 | -4 | P2A | 1(B)1 |
| 66.1 PVB (12) 44.1 PVB | 41 | -1 | -3 | P1A | 1(B)1 |
| 44.1 PVB (16) 33.1 SR | 41 | -2 | -6 | P1A | 1(B)1 |
| 66.1 PVB (16) 8 | 42 | -2 | -4 | P1A | 1(B)1 |
| 66.1 PVB (16) 55.1 PVB | 42 | -1 | -4 | P1A | 1(B)1 |
| 66.1 PVB (16) 66.1 PVB | 42 | -1 | -4 | P1A | 1(B)1 |
| 44.1 SR (16) 6 | 42 | -2 | -6 | P1A | 1(B)1 |
| 44.1 SR (16) 33.1 SR | 42 | -2 | -6 | P1A | 1(B)1 |
| 44.1 SR (20) 33.1 SR | 42 | -2 | -7 | P1A | 1(B)1 |
| 44.2 SR (16) 6 | 42 | -2 | -6 | P2A | 1(B)1 |
| 44.2 SR (16) 8 | 42 | -1 | -5 | P2A | 1(B)1 |
| 55.2 SR (16) 6 | 42 | -2 | -6 | P2A | 1(B)1 |
| 44.1 SR (16) 33.1 PVB | 42 | -2 | -6 | P1A | 1(B)1 |
| 66.2 PVB (16) 10 | 43 | -2 | -5 | P2A | 1(B)1 |
| 44.1 SR (16) 44.1 PVB | 43 | -2 | -6 | P1A | 1(B)1 |
| 44.1 SR (14) 6 - Kr | 43 | -3 | -8 | P1A | 1(B)1 |
| 55.2 SR (16) 8 | 43 | -1 | -5 | P2A | 1(B)1 |
| 55.2 SR (18) 8 | 43 | -1 | -6 | P2A | 1(B)1 |
| 44.1 SR (20) 6 | 43 | -2 | -7 | P1A | 1(B)1 |
| 66.1 SR (16) 6 | 43 | -2 | -5 | P1A | 1(B)1 |
| 66.2 SR (16) 8 | 43 | -2 | -5 | P2A | 1(B)1 |
| 55.1 PVB (16) 44.1 PVB | 44 | -2 | -7 | - | 1(B)1 |
| 44.1 SR (20) 8 | 44 | -3 | -7 | P1A | 1(B)1 |
| 66.1 PVB (16) 44.1 SR | 44 | -1 | -5 | P1A | 1(B)1 |
| 44.1 SR (16) 10 | 44 | -2 | -6 | P1A | 1(B)1 |
| 44.1 SR (16) 44.1 SR | 44 | -2 | -7 | P1A | 1(B)1 |
| 66.1 SR (16) 44.1 SR | 44 | -1 | -5 | P1A | 1(B)1 |
| 55.2 SR (16) 10 | 44 | -1 | -4 | P2A | 1(B)1 |
| 88.4 PVB (18) 10 | 45 | -1 | -4 | P4A | 1(B)1 |
| 55.2 SR (16) 10 | 45 | -2 | -6 | P1A | 1(B)1 |
| 44.1 SR (18) 10 | 45 | -2 | -6 | P1A | 1(B)1 |

| Configuración | Rendimiento acústico según EN ISO 717-1 | | | Seguridad | |
|----------------------|---|--|--|----------------------|-----------------------------|
| | Índice global de atenuación acústica ponderado R_w [dB] | Factor de corrección de alta frecuencia C [dB] | Factor de corrección de baja frecuencia C_v [dB] | Caída de bola EN 356 | Impacto de péndulo EN 12600 |
| 66.1 SR (16) 10 | 45 | -2 | -6 | P1A | 1(B)1 |
| 1212.4 SR (16) 12 | 45 | -1 | -4 | P4A | 1(B)1 |
| 55.1 SR (16) 44.1 SR | 46 | -2 | -7 | P1A | 1(B)1 |
| 66.2 SR (20) 10 | 46 | -2 | -6 | P2A | 1(B)1 |
| 66.1 SR (16) 55.1 SR | 48 | -2 | -6 | P1A | 1(B)1 |
| 66.1 SR (16) 66.1 SR | 49 | -2 | -6 | P1A | 1(B)1 |
| 66.2 SR (16) 44.2 SR | 49 | -2 | -7 | P2A | 1(B)1 |
| 66.2 SR (20) 55.2 SR | 49 | -2 | -6 | P2A | 1(B)1 |
| 88.2 SR (16) 66.2 SR | 51 | -1 | -4 | P2A | 1(B)1 |
| 66.4 SR (20) 44.4 SR | 51 | -2 | -6 | P4A | 1(B)1 |
| 88.4 SR (20) 55.2 SR | 51 | -2 | -6 | P4A | 1(B)1 |
| 88.2 SR (24) 46.2 SR | 52 | -2 | -6 | P2A | 1(B)1 |

Tabla 21: Triple acristalamiento de control acústico

| Configuración | Rendimiento acústico según EN ISO 717-1 | | | Seguridad | |
|-------------------------------|---|--|--|----------------------|-----------------------------|
| | Índice global de atenuación acústica ponderado R_w [dB] | Factor de corrección de alta frecuencia C [dB] | Factor de corrección de baja frecuencia C_v [dB] | Caída de bola EN 356 | Impacto de péndulo EN 12600 |
| 4 (8) 4 (8) 4 - Kr | 31 | -1 | -4 | - | - |
| 4 (12) 4 (12) 4 | 31 | -1 | -5 | - | - |
| 4 (14) 4 (14) 4 | 31 | -1 | -5 | - | - |
| 4 (16) 4 (16) 4 | 32 | -1 | -5 | - | - |
| 4 (12) 4 (12) 4 - Kr | 33 | -1 | -5 | - | - |
| 6 (10) 4 (10) 4 - Kr | 34 | -1 | -5 | - | - |
| 4 (20) 4 (20) 4 | 35 | -2 | -7 | - | - |
| 6 (12) 4 (12) 4 | 35 | -1 | -5 | - | - |
| 6 (12) 4 (12) 4 - Kr | 36 | -2 | -6 | - | - |
| 6 (16) 4 (16) 6 | 36 | -1 | -6 | - | - |
| 8 (12) 4 (12) 4 | 36 | -2 | -6 | - | - |
| 6 (16) 4 (16) 4 | 37 | -1 | -6 | - | - |
| 4 (14) 44.1 SR (14) 6 | 37 | -2 | -5 | P1A | 1(B)1 |
| 33.1 PVB (16) 4 (16) 4 | 37 | -1 | -6 | - | 2(B)2 |
| 6 (16) 4 (16) 5 | 38 | -2 | -8 | - | - |
| 8 (12) 4 (12) 6 | 38 | -1 | -5 | - | - |
| 8 (12) 4 (12) 6 - Kr | 38 | -2 | -5 | - | - |
| 33.1 SR (16) 4 (16) 4 | 38 | -1 | -7 | P1A | 1(B)1 |
| 6 (20) 4 (20) 4 | 39 | -2 | -6 | - | - |
| 33.1 PVB (16) 4 (16) 6 | 39 | -2 | -6 | - | 2(B)2 |
| 33.1 PVB (16) 4 (16) 33.1 PVB | 39 | -2 | -7 | - | 2(B)2 |



| Configuración | Rendimiento acústico según EN ISO 717-1 | | | Seguridad | |
|-------------------------------|---|---|---|-------------------------|--------------------------------|
| | Índice global de atenuación acústica ponderado R_w [dB] | Factor de corrección de alta frecuencia C [dB] | Factor de corrección de baja frecuencia C_v [dB] | Caída de bola EN 356 | Impacto de péndulo EN 12600 |
| 44.1 PVB (16) 4 (16) 4 | 39 | -2 | -6 | - | 2(B)2 |
| 8 (16) 4 (16) 6 | 40 | -1 | -5 | - | - |
| 33.1 SR (16) 4 (16) 6 | 40 | -2 | -6 | P1A | 1(B)1 |
| 44.1 PVB (16) 4 (16) 44.1 PVB | 41 | -1 | -5 | - | 2(B)2 |
| 44.2 PVB (12) 6 (12) 6 | 41 | -2 | -6 | P2A | 1(B)1 |
| 44.1 PVB (16) 4 (16) 33.1 PVB | 42 | -2 | -7 | - | 2(B)2 |
| 44.1 PVB (16) 6 (16) 44.1 PVB | 42 | -2 | -5 | - | 2(B)2 |
| 44.2 PVB (18) 4 (16) 6 | 42 | -1 | -5 | P2A | 1(B)1 |
| 44.2 PVB (18) 4 (16) 44.1 PVB | 42 | -2 | -5 | P2A | 1(B)1 |
| 44.1 PVB (16) 4 (16) 6 | 42 | -2 | -6 | - | 2(B)2 |
| 44.2 SR (16) 4 (16) 4 | 42 | -2 | -7 | P2A | 1(B)1 |
| 33.1 SR (16) 4 (16) 33.1 SR | 42 | -2 | -8 | P1A | 1(B)1 |
| 44.2 PVB (16) 4 (16) 6 | 43 | -1 | -5 | P2A | 1(B)1 |
| 44.2 PVB (16) 6 (16) 6 | 43 | -2 | -6 | P2A | 1(B)1 |
| 66.1 PVB (16) 6 (16) 66.1 PVB | 43 | -1 | -3 | P1A | 1(B)1 |
| 55.2 PVB (12) 6 (12) 8 | 43 | -1 | -5 | P2A | 1(B)1 |
| 44.1 SR (14) 4 (14) 6 | 43 | -1 | -7 | P1A | 1(B)1 |
| 55.1 PVB (16) 6 (16) 44.1 PVB | 44 | -1 | -4 | - | 1(B)1 |
| 44.1 PVB (18) 4 (18) 6 | 44 | -1 | -5 | - | 2(B)2 |
| 55.2 PVB (16) 6 (16) 8 | 44 | -1 | -4 | P2A | 1(B)1 |
| 55.1 PVB (16) 6 (16) 44.1 PVB | 44 | -1 | -4 | - | 1(B)1 |
| 44.1 SR (12) 6 (12) 8 | 44 | -2 | -7 | P1A | 1(B)1 |
| 44.2 SR (14) 4 (14) 8 | 44 | -2 | -6 | P2A | 1(B)1 |
| 44.2 SR (16) 6 (16) 6 | 44 | -3 | -8 | P2A | 1(B)1 |
| 44.1 SR (18) 4 (18) 6 | 44 | -1 | -5 | P1A | 1(B)1 |
| 44.1 SR (16) 4 (16) 33.1 SR | 44 | -2 | -9 | P1A | 1(B)1 |
| 44.2 PVB (27) 4 (12) 6 | 45 | -2 | -6 | P2A | 1(B)1 |
| 55.2 PVB (18) 6 (16) 8 | 45 | -2 | -4 | P2A | 1(B)1 |
| 55.2 PVB (12) 6 (12) 44.2 PVB | 45 | -1 | -5 | P2A | 1(B)1 |
| 66.2 PVB (16) 6 (16) 8 | 45 | -2 | -4 | P2A | 1(B)1 |
| 66.2 PVB (16) 6 (16) 10 | 45 | -2 | -4 | P2A | 1(B)1 |
| 66.1 PVB (16) 6 (16) 44.1 PVB | 46 | -1 | -3 | P1A | 1(B)1 |
| 44.1 SR (16) 6 (16) 8 | 46 | -2 | -6 | P1A | 1(B)1 |
| 44.1 SR (16) 6 (16) 10 | 46 | -1 | -5 | P1A | 1(B)1 |
| 44.1 SR (16) 4 (16) 44.1 SR | 46 | -2 | -9 | P1A | 1(B)1 |
| 44.1 SR (16) 6 (16) 44.1 SR | 46 | -2 | -9 | P1A | 1(B)1 |
| 44.2 SR (12) 4 (12) 44.2 SR | 46 | -2 | -7 | P2A | 1(B)1 |
| 44.1 SR (12) 6 (12) 10 | 46 | -2 | -7 | P1A | 1(B)1 |
| 44.1 SR (16) 6 (16) 10 | 46 | -1 | -5 | P1A | 1(B)1 |
| 55.2 SR (16) 6 (16) 8 | 46 | -2 | -6 | P2A | 1(B)1 |

| Configuración | Rendimiento acústico según EN ISO 717-1 | | | Seguridad | |
|-----------------------------|---|---|---|-------------------------|--------------------------------|
| | Índice global de atenuación acústica ponderado R_w [dB] | Factor de corrección de alta frecuencia C [dB] | Factor de corrección de baja frecuencia C_v [dB] | Caída de bola EN 356 | Impacto de péndulo EN 12600 |
| 66.2 SR (16) 6 (16) 8 | 46 | -2 | -6 | P2A | 1(B)1 |
| 44.1 SR (12) 6 (12) 10 - Kr | 47 | -2 | -7 | P1A | 1(B)1 |
| 55.2 SR (16) 6 (14) 10 | 48 | -1 | -5 | P2A | 1(B)1 |
| 66.2 SR (16) 6 (16) 10 | 48 | -2 | -5 | P2A | 1(B)1 |
| 66.2 SR (16) 6 (16) 12 | 48 | 0 | -3 | P2A | 1(B)1 |
| 55.2 SR (16) 6 (16) 10 | 49 | -1 | -4 | P2A | 1(B)1 |
| 55.1 SR (14) 4 (14) 44.1 SR | 51 | -2 | -7 | P1A | 1(B)1 |
| 66.2 SR (14) 6 (14) 44.2 SR | 52 | -3 | -7 | P2A | 1(B)1 |
| 88.1 SR (16) 6 (16) 66.1 SR | 53 | -1 | -3 | P1A | 1(B)1 |
| 88.2 SR (16) 6 (16) 55.2 SR | 53 | -2 | -6 | P2A | 1(B)1 |
| 88.2 SR (12) 6 (12) 66.2 SR | 54 | -1 | -5 | P2A | 1(B)1 |

10.6 Vidrio de seguridad

Tabla 22: Seguridad pasiva: protección contra lesiones, barrera acristalada
Prueba de impacto de péndulo según EN 12600

| Tipo | Configuración | Nivel de seguridad EN 12600 |
|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| LamiGlass 22.1 | float 2 (0,38 mm PVB) float 2 | 3(B)3 |
| LamiGlass 22.2 | float 2 (0,76 mm PVB) float 2 | 2(B)2 |
| LamiGlass 22.4 | float 2 (1,52 mm PVB) float 2 | 1(B)1 |
| LamiGlass 33.1 | float 3 (0,38 mm PVB) float 3 | 2(B)2 |
| LamiGlass 33.2 | float 3 (0,76 mm PVB) float 3 | 1(B)1 |
| LamiGlass 33.4 | float 3 (1,52 mm PVB) float 3 | 1(B)1 |
| LamiGlass 43.1 ¹ | float 4 (0,38 mm PVB) float 3 | 2(B)2 |
| LamiGlass 43.2 ¹ | float 4 (0,76 mm PVB) float 3 | 1(B)1 |
| LamiGlass 44.1 | float 4 (0,38 mm PVB) float 4 | 2(B)2 |
| LamiGlass 44.2 | float 4 (0,76 mm PVB) float 4 | 1(B)1 |
| LamiGlass 44.3 | float 4 (1,14 mm PVB) float 4 | 1(B)1 |
| LamiGlass 44.4 | float 4 (1,52 mm PVB) float 4 | 1(B)1 |
| LamiGlass 44.6 | float 4 (2,28 mm PVB) float 4 | 1(B)1 |
| LamiGlass 44.8 | float 4 (3,04 mm PVB) float 4 | 1(B)1 |
| LamiGlass 54.1 | float 5 (0,38 mm PVB) float 4 | 2(B)2 |
| LamiGlass 55.1 | float 5 (0,38 mm PVB) float 5 | 1(B)1 |
| LamiGlass 55.2 | float 5 (0,76 mm PVB) float 5 | 1(B)1 |
| LamiGlass 55.4 | float 5 (1,52 mm PVB) float 5 | 1(B)1 |
| LamiGlass 55.6 | float 5 (2,28 mm PVB) float 5 | 1(B)1 |
| LamiGlass 64.2 ¹ | float 6 (0,76 mm PVB) float 4 | 1(B)1 |
| LamiGlass 64.4 ¹ | float 6 (1,52 mm PVB) float 4 | 1(B)1 |
| LamiGlass 65.1 ¹ | float 6 (0,38 mm PVB) float 5 | 2(B)2 |
| LamiGlass 66.1 | float 6 (0,38 mm PVB) float 6 | 1(B)1 |



| Tipo | Configuración | Nivel de seguridad EN 12600 |
|--------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| LamiGlass 66.2 | float 6 (0,76 mm PVB) float 6 | 1(B)1 |
| LamiGlass 66.4 | float 6 (1,52 mm PVB) float 6 | 1(B)1 |
| LamiGlass 66.6 | float 6 (2,28 mm PVB) float 6 | 1(B)1 |
| LamiGlass 66.8 | float 6 (3,04 mm PVB) float 6 | 1(B)1 |
| LamiGlass 86.2 ¹ | float 8 (0,76 mm PVB) float 6 | 1(B)1 |
| LamiGlass 88.1 | float 8 (0,38 mm PVB) float 8 | 1(B)1 |
| LamiGlass 88.2 | float 8 (0,76 mm PVB) float 8 | 1(B)1 |
| LamiGlass 88.4 | float 8 (1,52 mm PVB) float 8 | 1(B)1 |
| LamiGlass 1010.1 | float 10 (0,38 mm PVB) float 10 | 1(B)1 |
| LamiGlass 1010.2 | float 10 (0,76 mm PVB) float 10 | 1(B)1 |
| LamiGlass 1010.3 | float 10 (1,14 mm PVB) float 10 | 1(B)1 |
| LamiGlass 1212.2 | float 12 (0,76 mm PVB) float 12 | 1(B)1 |
| LamiGlass 1515.4 | float 15 (1,52 mm PVB) float 15 | 1(B)1 |
| LamiGlass Acoustic 33.1 | float 3 (0,50 mm PVB-SR) float 3 | 1(B)1 |
| LamiGlass Acoustic 33.2 | float 3 (0,76 mm PVB-SR) float 3 | 1(B)1 |
| LamiGlass Acoustic 44.1 | float 4 (0,50 mm PVB-SR) float 4 | 1(B)1 |
| LamiGlass Acoustic 44.2 | float 4 (0,76 mm PVB-SR) float 4 | 1(B)1 |
| LamiGlass Acoustic 44.4 | float 4 (1,52 mm PVB-SR) float 4 | 1(B)1 |
| LamiGlass Acoustic 44.6 | float 4 (2,28 mm PVB-SR) float 4 | 1(B)1 |
| LamiGlass Acoustic 55.1 | float 5 (0,50 mm PVB-SR) float 5 | 1(B)1 |
| LamiGlass Acoustic 55.2 | float 5 (0,76 mm PVB-SR) float 5 | 1(B)1 |
| LamiGlass Acoustic 55.4 | float 5 (1,52 mm PVB-SR) float 5 | 1(B)1 |
| LamiGlass Acoustic 55.6 | float 5 (2,28 mm PVB-SR) float 5 | 1(B)1 |
| LamiGlass Acoustic 64.2 | float 6 (0,76 mm PVB-SR) float 4 | 1(B)1 |
| LamiGlass Acoustic 66.1 | float 6 (0,50 mm PVB-SR) float 6 | 1(B)1 |
| LamiGlass Acoustic 66.2 | float 6 (0,76 mm PVB-SR) float 6 | 1(B)1 |
| LamiGlass Acoustic 66.4 | float 6 (1,52 mm PVB-SR) float 6 | 1(B)1 |
| LamiGlass Acoustic 66.6 | float 6 (2,28 mm PVB-SR) float 6 | 1(B)1 |
| LamiGlass Acoustic 86.2 ¹ | float 8 (0,76 mm PVB-SR) float 6 | 1(B)1 |
| LamiGlass Acoustic 88.1 | float 8 (0,50 mm PVB-SR) float 8 | 1(B)1 |
| LamiGlass Acoustic 88.2 | float 8 (0,76 mm PVB-SR) float 8 | 1(B)1 |
| LamiGlass Acoustic 88.4 | float 8 (1,52 mm PVB-SR) float 8 | 1(B)1 |
| LamiGlass Transwhite 33.1 | float 3 (0,38 mm PVB-WT) float 3 | 2(B)2 |
| LamiGlass Transwhite 33.2 | float 3 (0,76 mm PVB-WT) float 3 | 1(B)1 |
| LamiGlass Transwhite 43.1 | float 4 (0,76 mm PVB-WT) float 3 | 2(B)2 |
| LamiGlass Transwhite 44.1 | float 4 (0,38 mm PVB-WT) float 4 | 2(B)2 |
| LamiGlass Transwhite 44.2 | float 4 (0,76 mm PVB-WT) float 4 | 1(B)1 |
| LamiGlass Transwhite 44.4 | float 4 (1,52 mm PVB-WT) float 4 | 1(B)1 |
| LamiGlass Transwhite 55.1 | float 5 (0,38 mm PVB-WT) float 5 | 1(B)1 |
| LamiGlass Transwhite 55.2 | float 5 (0,76 mm PVB-WT) float 5 | 1(B)1 |
| LamiGlass Transwhite 66.1 | float 6 (0,38 mm PVB-WT) float 6 | 1(B)1 |
| LamiGlass Transwhite 66.2 | float 6 (0,76 mm PVB-WT) float 6 | 1(B)1 |
| LamiGlass Transwhite 88.1 | float 8 (0,38 mm PVB-WT) float 8 | 1(B)1 |
| LamiGlass Structural 33.2 | float 3 (0,76 mm PVB-XT) float 3 | 1(B)1 |
| LamiGlass Structural 44.2 | float 4 (0,76 mm PVB-XT) float 4 | 1(B)1 |
| LamiGlass Structural 55.2 | float 5 (0,76 mm PVB-XT) float 5 | 1(B)1 |

| Tipo | Configuración | Nivel de seguridad EN 12600 |
|-----------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| LamiGlass Structural 66.2 | float 6 (0,76 mm PVB-XT) float 6 | 1(B)1 |
| LamiGlass Structural 88.2 | float 8 (0,76 mm PVB-XT) float 8 | 1(B)1 |
| LamiGlass Structural 1010.2 | float 10 (0,76 mm PVB-XT) float 10 | 1(B)1 |
| LamiGlass Structural 1010.4 | float 10 (1,52 mm PVB-XT) float 10 | 1(B)1 |

Diseños auditados por Guardian a fecha de mayo de 2019

¹ Los diseños asimétricos se examinan en ambos lados

Tabla 23: Seguridad activa: resistencia a impactos
Prueba de caída de bola según EN 356

| Tipo | Configuración | Nivel de seguridad EN 356 |
|--------------------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| LamiGlass 22.4 | float 2 (1,52 mm PVB) float 2 | P4A |
| LamiGlass 33.2 | float 3 (0,76 mm PVB) float 3 | P2A |
| LamiGlass 33.4 | float 3 (1,52 mm PVB) float 3 | P4A |
| LamiGlass 44.2 | float 4 (0,76 mm PVB) float 4 | P2A |
| LamiGlass 44.3 | float 4 (1,14 mm PVB) float 4 | P3A |
| LamiGlass 44.4 | float 4 (1,52 mm PVB) float 4 | P4A |
| LamiGlass 44.6 | float 4 (2,28 mm PVB) float 4 | P5A |
| LamiGlass 55.2 | float 5 (0,76 mm PVB) float 5 | P2A |
| LamiGlass 55.4 | float 5 (1,52 mm PVB) float 5 | P4A |
| LamiGlass 55.6 | float 5 (2,28 mm PVB) float 5 | P5A |
| LamiGlass 64.2 ¹ | float 6 (1,52 mm PVB) float 4 | P2A |
| LamiGlass 66.1 | float 6 (0,38 mm PVB) float 6 | P1A |
| LamiGlass 66.2 | float 6 (0,76 mm PVB) float 6 | P2A |
| LamiGlass 66.4 | float 6 (1,52 mm PVB) float 6 | P4A |
| LamiGlass 66.6 | float 6 (2,28 mm PVB) float 6 | P5A |
| LamiGlass 86.2 ¹ | float 8 (0,76 mm PVB) float 6 | P2A |
| LamiGlass 88.1 | float 8 (0,38 mm PVB) float 8 | P1A |
| LamiGlass 88.2 | float 8 (0,76 mm PVB) float 8 | P2A |
| LamiGlass 88.4 | float 8 (1,52 mm PVB) float 8 | P4A |
| LamiGlass Acoustic 33.1 | float 3 (0,50 mm PVB-SR) float 3 | P1A |
| LamiGlass Acoustic 33.2 | float 3 (0,76 mm PVB-SR) float 3 | P2A |
| LamiGlass Acoustic 44.1 | float 4 (0,50 mm PVB-SR) float 4 | P1A |
| LamiGlass Acoustic 44.2 | float 4 (0,76 mm PVB-SR) float 4 | P2A |
| LamiGlass Acoustic 44.4 | float 4 (1,52 mm PVB-SR) float 4 | P4A |
| LamiGlass Acoustic 44.6 | float 4 (2,28 mm PVB-SR) float 4 | P5A |
| LamiGlass Acoustic 55.1 | float 5 (0,50 mm PVB-SR) float 5 | P1A |
| LamiGlass Acoustic 55.2 | float 5 (0,76 mm PVB-SR) float 5 | P2A |
| LamiGlass Acoustic 55.4 | float 5 (1,52 mm PVB-SR) float 5 | P4A |
| LamiGlass Acoustic 55.6 | float 5 (2,28 mm PVB-SR) float 5 | P5A |
| LamiGlass Acoustic 66.1 | float 6 (0,50 mm PVB-SR) float 6 | P1A |
| LamiGlass Acoustic 66.2 | float 6 (0,76 mm PVB-SR) float 6 | P2A |
| LamiGlass Acoustic 66.4 | float 6 (1,52 mm PVB-SR) float 6 | P4A |
| LamiGlass Acoustic 66.6 | float 6 (2,28 mm PVB-SR) float 6 | P5A |
| LamiGlass Acoustic 86.2 ¹ | float 8 (0,76 mm PVB-SR) float 6 | P2A |
| LamiGlass Transwhite 33.2 | float 3 (0,76 mm PVB-WT) float 3 | P2A |
| LamiGlass Transwhite 44.2 | float 4 (0,76 mm PVB-WT) float 4 | P2A |
| LamiGlass Transwhite 55.2 | float 5 (0,76 mm PVB-WT) float 5 | P2A |



BudaPart Gate, Budapest, Hungría | SunGuard® SNX 50
Arquitecto: Stúdió 100 Építésziroda Kft. | Foto: © Bálint Hirling

| Tipo | Configuración | Nivel de seguridad EN 356 |
|-----------------------------|------------------------------------|---------------------------|
| LamiGlass Transwhite 66.1 | float 6 (0,38 mm PVB-WT) float 6 | P1A |
| LamiGlass Transwhite 66.2 | float 6 (0,76 mm PVB-WT) float 6 | P2A |
| LamiGlass Transwhite 88.1 | float 8 (0,38 mm PVB-WT) float 8 | P1A |
| LamiGlass Structural 33.2 | float 3 (0,76 mm PVB-Xt) float 3 | P2A |
| LamiGlass Structural 44.2 | float 4 (0,76 mm PVB-Xt) float 4 | P2A |
| LamiGlass Structural 55.2 | float 5 (0,76 mm PVB-Xt) float 5 | P2A |
| LamiGlass Structural 66.2 | float 6 (0,76 mm PVB-Xt) float 6 | P2A |
| LamiGlass Structural 88.2 | float 8 (0,76 mm PVB-Xt) float 8 | P2A |
| LamiGlass Structural 1010.2 | float 10 (0,76 mm PVB-Xt) float 10 | P2A |
| LamiGlass Structural 1010.4 | float 10 (1,52 mm PVB-Xt) float 10 | P4A |

Diseños auditados por Guardian a fecha de mayo de 2019

¹ Los diseños asimétricos se examinan en ambos lados

**Tabla 24: Seguridad activa: resistencia a impactos
Prueba del hacha según EN 356**

| Tipo | Configuración | Nivel de seguridad EN 356 |
|----------------|-------------------------------|---------------------------|
| LamiGlass 44.8 | float 4 (3,04 mm PVB) float 4 | P6B |
| LamiGlass 66.8 | float 6 (3,04 mm PVB) float 6 | P6B |

Diseños auditados por Guardian a fecha de mayo de 2019

**Tabla 25: Seguridad activa: resistencia contra ataques de bala
Acristalamiento resistente a las balas según EN 1063 (2001)**

| Tipo | Clasificación según EN 1063 |
|-----------------------|-----------------------------|
| LamiGlass BR1 (24) NS | BR1-NS |
| LamiGlass BR2 (25) S | BR2-S |
| LamiGlass BR2 (30) NS | BR2-NS |
| LamiGlass BR3 (29) S | BR3-S |
| LamiGlass BR4 (41) S | BR4-S |

Diseños auditados por Guardian a fecha de mayo de 2019. El acristalamiento resistente a las balas consiste en configuraciones multicapa. Para obtener más información sobre las composiciones, póngase en contacto con los Servicios Técnicos de Guardian.

NS: Vidrio sin proyección de esquirlas

S: Vidrio con proyección de esquirlas

**Tabla 26: Seguridad activa: resistente contra la presión de explosión
Acristalamiento resistente a la explosión según 13541 (2012)**

| Tipo | Clasificación según EN 13541 |
|-----------------------|------------------------------|
| LamiGlass ER1 (18) NS | ER1-NS |

Diseños auditados por Guardian a fecha de mayo de 2019. El acristalamiento resistente a la explosión consiste en configuraciones multicapa. Para obtener más información sobre las composiciones, póngase en contacto con los Servicios Técnicos de Guardian.

NS: Vidrio sin proyección de esquirlas

**Tabla 27: Acristalamiento resistente a impactos de bola para uso
en instalaciones deportivas según DIN 18032-3**

| Tipo | Configuración | Nivel de seguridad EN 356 |
|---------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| LamiGlass 44.2 | float 4 (0,76 mm PVB) float 4 | Resistente a bolas |
| LamiGlass Transwhite 44.2 | float 4 (0,76 mm PVB-WT) float 4 | Resistente a bolas |

Diseños auditados por Guardian a fecha de mayo de 2019



PEMA II, Innsbruck, Austria | SunGuard® HD Light Blue 52
Arquitecto: LAAC | Foto: © Marc Lins

| | | |
|---------------|--|-----|
| 11. | Búsqueda | 236 |
| 11.1 | Oferta de servicios | 236 |
| 11.1.1 | Herramienta en línea Guardian Glass Analytics | 236 |
| | Calculadora de rendimiento de Guardian Visualizador de vidrio de Guardian Asistente acústico de Guardian | |
| 11.1.2 | Sitio web de Guardian Possibilities | 237 |
| 11.1.3 | Cálculos relacionados con el vidrio y su aplicación | 237 |
| 11.1.4 | Servicios técnicos al cliente | 238 |
| 11.1.5 | Transferencia de competencias | 239 |
| 11.2 | Índice de materias | 240 |
| 11.3 | Abreviaturas habituales | 246 |
| 11.4 | Símbolos griegos | 251 |



En este capítulo se resumen varios elementos, desde la búsqueda de servicios concretos hasta la búsqueda de abreviaturas o términos técnicos especiales.

No se pretende que sea un índice completo, simplemente deseamos ofrecer información sobre las diferentes opciones y condiciones disponibles.

11.1 Oferta de servicios

Guardian complementa sus productos de alta calidad, unas soluciones de vidrio prácticas y una distribución funcional con una gran variedad de servicios. Los empleados de Guardian, altamente cualificados y motivados, pueden responder a sus preguntas y ayudarle en diferentes categorías. Guardian se centra en ofrecer unos tiempos de respuesta rápidos y brindar asistencia en las áreas del marketing, la tecnología, la construcción y la logística.

11.1.1 Herramienta en línea Guardian Glass Analytics

Guardian Glass Analytics es un conjunto completo de recursos de análisis del acristalamiento que presenta soluciones para fachadas que permiten a los arquitectos, diseñadores, fachadistas y fabricantes explorar las posibilidades estéticas y funcionales de construir con la luz y, a la vez, cumplir los requisitos complejos de energía, sostenibilidad e iluminación natural. Cada herramienta funciona para ayudar en el proceso de selección, y guía al usuario hacia el producto adecuado que debe especificar como base del diseño de su proyecto. Empezar es fácil; vaya al Centro de Proyectos y empiece con unos pocos detalles o pase directamente a las herramientas y añada más adelante los detalles del proyecto.

El conjunto de software Guardian Glass Analytics está disponible en línea en:

→ <https://glassanalytics.guardian.com>

El usuario crea su propia cuenta y tiene acceso a todas las herramientas en cualquier momento.

11.1.1.1 Calculadora de rendimiento Guardian

La calculadora de rendimiento de Guardian simplifica el cálculo de las composiciones de vidrio mediante una interfaz basada en web con unos simples clics. Además, puede usar la calculadora para archivar datos del proyecto y generar informes listos para el cliente. Se trata, sencillamente, de una calculadora de prestaciones de vidrio extremadamente útil y, a la vez, fácil de usar. Ahora se puede descargar contenido BIM personalizado.

Búsqueda

11.1.1.2 Visualizador de vidrio de Guardian

El Visualizador de vidrio de Guardian permite a los usuarios evaluar las propiedades estéticas de virtualmente cualquier composición de vidrio con los productos Guardian. Simplemente elija el vidrio que desea visualizar, seleccione el edificio y la perspectiva que mejor se adapte a su proyecto y vea cómo las diferentes condiciones del cielo afectan al aspecto del vidrio.

El Visualizador de vidrio genera dinámicamente imágenes fotorrealistas del vidrio combinando los datos espectrales exportados de la Calculadora de rendimiento con las iluminaciones interiores y exteriores habituales y las condiciones del cielo para representar el aspecto del vidrio con reflejo interior, reflejo exterior y transmisión de luz.

11.1.1.3 Asistente acústico de Guardian

El Asistente acústico de Guardian es una herramienta para calcular el rendimiento acústico de diferentes tipos de acristalamiento.

Debido al gran número de combinaciones de acristalamiento posibles, no resulta práctico realizar ensayos de certificación de todas las composiciones de vidrio. La información que se incluye en el Asistente acústico se ha compilado según protocolos de ensayo y un método de cálculo desarrollado por Guardian para ofrecer la evaluación del rendimiento.

11.1.2 Sitio web de Guardian Possibilities

Con Guardian Possibilities, Guardian Glass comparte su experiencia en el vidrio con arquitectos y responsables de establecer especificaciones y les apoya para dar vida a su proyecto. Desde diseños inspiradores hasta herramientas para especificar el vidrio, Guardian Possibilities ayuda a hacer real el lema See what's possible™, con el vidrio.

→ <https://inspire.guardian-possibilities.com>

11.1.3 Cálculos relacionados con el vidrio y su aplicación

En muchos casos, se requieren varios cálculos en fases tan tempranas como la planificación y/o la petición de presupuestos antes de poder determinar con precisión el procedimiento a seguir. Puede que sea necesario determinar las cargas estáticas para decidir las dimensiones adecuadas del vidrio, que haya que definir las líneas isotérmicas para las fachadas y ventanas, o que sea necesario determinar los valores solares de ciertos ensamblajes complicados que la Calculadora de rendimiento no puede generar. Un software de última generación, mantenido y actualizado constantemente por especialistas genera los valores necesarios de una manera rápida y fiable, lo que ofrece una asistencia eficaz y eficiente para el trabajo cotidiano del sector del vidrio comercial.



Sin embargo, hay que afirmar categóricamente que estos indicadores de valores se dan sin ningún tipo de garantía, y son solo recomendaciones que los expertos designados y autorizados deben confirmar antes de realizar un pedido.

Guardian ofrece los siguientes cálculos y análisis en relación con proyectos:

- Datos de rendimiento térmico, luminoso y energético de los acristalamientos
- Espesor del vidrio, cargas climáticas
- Riesgo de rotura térmica
- Cálculo del rendimiento acústico del acristalamiento
- Datos de rendimiento de acristalamientos ventilados
- Datos de rendimiento del acristalamiento en combinación con dispositivos de sombreado mecánico
- Cálculo de las propiedades de reflexión de radar del acristalamiento

Para obtener más información, póngase en contacto con los Servicios Técnicos de Guardian.

11.1.4 Servicios técnicos al cliente

Además de numerosos documentos de todo tipo, disponibles para que los clientes puedan ver elementos como certificados de pruebas, declaraciones del fabricante y otros documentos técnicos, también tenemos miembros del personal que pueden ofrecer asistencia in situ, si es necesario, independientemente de si es un cliente nuevo que necesita una evaluación profesional en sus instalaciones de almacenamiento y producción como si desea una introducción personalizada a los nuevos productos Guardian con realización de pruebas.

Guardian fomenta activamente los procesos y operaciones productivos eficientes y de alta calidad en las instalaciones del cliente, ya que esto también mejora su propia imagen y reputación profesional.

Para obtener más información, póngase en contacto con los Servicios Técnicos de Guardian.

11.1.5 Transferencia de competencias

Cuanto más diferenciado sea el conocimiento, más eficiente será el servicio de consultoría y ventas. Los expertos de Guardian permanecen fieles a este lema cuando ofrecen a sus clientes toda la información necesaria en relación con nuestra gama completa de productos y su uso. Tanto si las consultas están relacionadas con nuevos desarrollos, productos o áreas de aplicación, con cambios en los parámetros límite o con las ventas y el soporte técnico, siempre encontrará disponible la asistencia y asesoramiento adecuados. Los seminarios de formación que se celebran regularmente en toda Europa cubren todos los aspectos para contribuir al éxito mutuo, ya que solo un personal de asistencia al cliente altamente cualificado es capaz de producir la variedad de aplicaciones del vidrio en la construcción y posicionarlas con eficacia y rentabilidad en el mercado.

Con nuestras **formaciones sobre vidrio arquitectónico**, ofrecemos a los arquitectos, procesadores y otras partes interesadas información sobre la producción y el procesado del vidrio, así como una visión general de los productos de vidrio y sus aplicaciones.

Nuestras formaciones constan de 3 “módulos”, complementarios entre sí:

- **Módulo 1: Productos y propiedades**
- **Módulo 2: Usos del vidrio arquitectónico**
- **Módulo 3: Aspectos constructivos**

Normalmente, nuestras formaciones técnicas representan una oportunidad para solventar cualquier duda pendiente sobre el vidrio o para realizar sugerencias.



11.2 Índice de materias

| | | |
|----------|--|---|
| A | Absorción | 31, 47, 51, 72, 120, 181, 193, 202 ff |
| | Acero inoxidable | 19, 20, 42 |
| | Acristalamiento antirreflectante | 141, 223 |
| | Acristalamiento bird-friendly (respetuoso con las aves)..... | 143 |
| | Acristalamiento estructural | 90, 111 ff, 121, 167 f, 189 f |
| | Acristalamiento horizontal | 87, 90, 96 |
| | Acristalamiento inclinado | 85, 87, 90, 185 |
| | Acristalamiento pisable | 85, 151 |
| | Acristalamiento vertical | 88 f |
| | Agujeros perforados | 68, 158 |
| | Aislamiento acústico | 57 ff, 70, 104, 151, 224 |
| | Aislamiento del calor | 32, 40, 198, → Aislamiento térmico |
| | Aislamiento térmico | 18, 21, 23, 36, 42, 43,52, 53, 61, 62, 103, 104, 129, 195 |
| | Almacenamiento | 170, 182, 199, 238 |
| | Angularidad | 153 |
| | Anisotropías | 69, 127, 128 |
| | Ascensores de vidrio | 135 |
| | Asistente acústico | 237 |
| | Asistente acústico de Guardian | 237 |
| | Aspectos humanos | 56 |
| | Atenuación de la reflexión de radar | 136 |
| | Atenuación electromagnética | 139 |
| B | Barrera acristalada | 82 ff, 151, 229 |
| | Butilo | 19 |
| C | Caída de bola | 78, 213 ff, 224 ff, 231 |
| | Calculadora de rendimiento | 236, 237 |
| | Calculadora de rendimiento Guardian | 236 |
| | Calidad | 22, 24, 71, 121, 123, 124, 127, 152, 165, 170 ff, 181, 182, 186, 187, 190, 192, 194, 198 |
| | Calidad óptica | 71, 127, → Calidad visual |
| | Calidad visual | 163, 165, 167 f |
| | Canto caliente | 18, 20, 42 |
| | Cantos del vidrio | 19, 20, 116, 165 |
| | Capa anticondensación | 107, 23, 43 |
| | Capa de magnetron sputtering | 14, 15 |
| | Capa doble de plata | 15 |
| | Capa dura | 13 |
| | Capa triple de plata | 15 |
| | Capacidad de carga residual | 74, 86, 90, 106 |
| | Capacidad térmica | 13 |
| | Capacidad térmica específica | 13 |
| | Capas con rodillo | 118 f, 122, 192 |

| | |
|--|---------------------------------------|
| Carga climática..... | 25, 27, 61, 127, 162, 228 |
| Certificación..... | 37, 46, 114, 144, 190, 215, 237 |
| Clases de resistencias | 78 |
| Clasificación del sonido..... | 57, 58 |
| Coefficiente de sombra | 48, 194, 202 ff |
| Coefficiente de transmisión térmica..... | 13, 32, 40 |
| Coefficiente lineal de expansión térmica | 13 |
| Colisiones de aves | 136 |
| Color inherente | 177 |
| Coloración..... | 10, 14, 51 |
| Compatibilidad..... | 106, 187 ff, 220 ff |
| Compatibilidad de materiales..... | 187 |
| Condensación..... | 21 ff, 43, 105, 107 ff, 115, 178, 205 |
| Condensación exterior | 22, 178 |
| Conducción térmica..... | 32, 39 |
| Confort..... | 36, 37, 38, 46, 104, 106 |
| Construcción de vidrio estructural | 99 |
| Contaminación eléctrica..... | 139 |
| Control acústico | 57 ff, 224 ff |
| Control de ganancia de calor en verano | 49 |
| Control solar | 46 ff |
| Convección..... | 32, 38, 39, 41, 105 |
| Corte de cantos | 156 ff |
| Corte de esquinas | 156, 157, 158 |
| Cualificación CE..... | 186 |
| Curvado por gravedad..... | 127 |
| Curvado templado | 128, 129 |
| Curvado en frío..... | 133 |

D

| | |
|--|----------------------------|
| Daño en la superficie..... | 170, 180, 194, 199 |
| Decapado de cantos..... | 121, 188 f, 195 |
| Decibelio | 56, 133, 214 ff |
| Densidad..... | 11, 40, 118, 139, 173, 190 |
| Desplazamiento..... | 132, 133, 138, 164 |
| Desplazamiento de cantos..... | 132 |
| Detección..... | 171, 192 |
| Determinación de la forma | 130 |
| Diferencia de altitud..... | 184, 199 |
| Dilatación térmica..... | 13, 183 |
| Dispersión..... | 14 ff |
| Distorsiones..... | 25, 71, 127, 128, 131 |
| Distorsiones locales | 131 |
| Distribución global de la radiación..... | 31 |
| Doble acristalamiento decalado..... | 168 |



| | | |
|----------|---|---|
| E | Ecología..... | 37, 46 |
| | Efecto del vidrio aislante | 25, → Carga climática |
| | Efecto invernadero | 46 |
| | Emisividad | 12, 18, 36, 40, 41, 123, 151 |
| | Energía solar..... | 15, 30, 31, 42, 46 ff, 70, 101, 117, 143, 173 |
| | Esmaltado..... | 117 ff, 190 ff |
| | Esmaltado perimetral | 121, 122, 191, 193 |
| | Esmalte | 114, 117 ff, 140, 190 ff, 220 ff |
| | Espaciador..... | 18 ff, 27, 42, 112, 176, 178, 189, 199 |
| | Espaciadores plásticos | 20 |
| | Especificaciones estáticas | 132 |
| | Estándares..... | 150 |
| | Estándares EN..... | 142, 187 |
| | Estrés térmico..... | 120, 180 ff |
| F | Fachada caliente | 103 |
| | Fachada con soporte puntual..... | 90, 115, 116 |
| | Fachada de cámara cerrada | 105 |
| | Fachada de doble piel | 93, 104, 108 |
| | Fachada de membrana | 116, 117 |
| | Fachada de sistema Stick | 109 |
| | Fachada fría..... | 103 |
| | Fachada ventilada | 104 f |
| | Fachadas | 49, 52, 102 ff, 121, 136, 144, 169, 177, 236 |
| | Factor B..... | 48 |
| | Factor de ganancia solar S..... | 50 |
| | Factor solar (valor g)..... | 48, 202 ff |
| | Factores de corrección..... | 59 |
| | Flujo energético..... | 47 |
| | Fragmentación..... | 68, 74 |
| | Frecuencias | 30, 57, 58, 140 |
| G | Ganancia de calor | 43, 49, 136 |
| | Ganancia pasiva de energía solar | 48 |
| | Ganancias solares..... | 48 |
| | Glass analytics | 236 |
| | Guardian Glass Analytics..... | 236 |
| H | Heat-soak test..... | 72 ff, 161 |
| I | Identificación..... | 72 ff |
| | Impresión | 117 ff, 145, 177, 191 ff, |
| | Impresión cerámica | 117 ff, 175, 191 |
| | Impresión decorativa..... | 122, 181 |
| | Impresión digital | 118, 119, 122, 124, 125 |
| | Impresión por transferencia de color | 124 |
| | Inclinación..... | 85 |
| | Índice de atenuación acústica resultante..... | 59, 60 |
| | Índice de reproducción de color..... | 24, 202 ff |

| | | |
|----------|---|--|
| | Índice global de reducción acústica..... | 59 |
| | Influencia del calor | 71 |
| | Infrarrojo | 30, 32, 40, 48, 49 |
| | Interferencia..... | 24, 136, 177 |
| L | Limpieza del vidrio..... | 196 |
| | Low-E..... | 23, 39, 114, 138, 140, 189 |
| | Luz | 15, 30 ff, 46, 48 ff, 77, 102, 106, 120, 141 f, 144, 171, 194, 202 ff |
| | Luz polarizada | 69, 71 |
| | Luz visible | 15, 30, 32, 49, 51, 142 |
| M | Magnetron sputtering | 13, 14 |
| | Materiales dieléctricos..... | 15 |
| | Módulo de elasticidad..... | → Módulo de elasticidad, módulo de Young |
| | Módulo de elasticidad..... | 11, 77 |
| | Módulo de Young..... | 11, 111, 195 |
| N | Nivel de ruido..... | 58 |
| | Nivel de sonido | 56, 57, 59 |
| O | Ondulaciones de rodillo..... | 71 f, 161 |
| P | Patrón de fractura del vidrio | 183, → Fragmentación |
| | Película de color | 125 |
| | Película húmeda | 72 |
| | Percepción acústica | 57 |
| | Pérdida de calor..... | 38 ff, 50 |
| | Plata..... | 15, 136, 138, 188 |
| | Poliisobutileno | 19 |
| | Polisulfuro | 19, 20, 112 |
| | Poliuretano..... | 19, 20, 112 |
| | Precisión del contorno..... | 131 |
| | Proceso magnetrónico | 14 |
| | Proceso pirolítico..... | 14 |
| | Protección contra el ruido | 89, 129 |
| | Protección frente a caídas..... | 91, 96 |
| | Prueba de caída de cuerpo duro..... | 78 |
| | Prueba de impacto de péndulo | 70, 78, 82, 214, 224 ff |
| | Prueba del hacha..... | 79, 233 |
| | Pulido de cantos | 154, 155, 166 ff |
| | Punto de rocío..... | 18, 21, 22, 23 |
| | PVB..... | 33, 62, 63, 76 ff, 84 ff, 107, 163, 187, 194, 195, 224 ff |
| R | Radiación de onda corta | 15, 30, 48 ff |
| | Radiación de onda larga | 30, 38, 40, 46, 48, 136 |
| | Radiación térmica..... | 23, 32, 39 ff, 46, 49 |
| | Rango de temperaturas de transformación | 12 |
| | Recorte | 153 |



| | |
|--|--|
| Reflexión | 31, 51, 53, 102, 120, 136 ff, 140 ff, 144 ff, 171 ff, 198, 202 ff |
| Resistencia a impactos y choques | 70, 231 |
| Resistencia a la explosión | 81, 97, 151, 233 |
| Resistencia a las balas | 80, 97, 150, 233 |
| Resistencia a los impactos | 70, 84, 231, 233 |
| Resistencia al ácido | 13 |
| Resistencia al agua | 13 |
| Resistencia al choque térmico | 12, 71, 74, 75 |
| Resistencia alcalina | 12 |
| Resistencia residual | 88 |
| Resonancia | 61, 62 |
| Riesgo de lesión | 68, 76 |
| Rotura del vidrio | 76, 88, 179, 183 ff |
| Rotura térmica | 170, 180 ff, 238 |

S

| | |
|---|--|
| Seguridad activa | 78 ff, 231, 233 |
| Seguridad pasiva | 78, 229 |
| Selectividad espectral | 48, 49, 52, 53, 104, 171 |
| Sellante | 19, 20, 27, 33, 53, 111 ff, 133, 151, 168, 176, 178, 187 ff, 195, 197 |
| Sellante primario | 19, 20 |
| Sellante secundario | 19, 20, 112, 189 |
| Separación de los elementos individuales del vidrio | 62 |
| Serigrafía | 118 f, 122 ff, 191 f |
| Silicona | 19 ff, 111 ff, 133, 178, 198 |
| Sistema (ventilado) pasivo | 105 |
| Sistema de insertos | 113 |
| Sistema de montantes y travesaños | 109 |
| Sistema masa-muelle-masa | 61 |
| Sistema ventilado | 43, 105 ff |
| Sistemas interactivos | 105 |
| Sistemas termoplásticos (TPS) | 21 |
| Sonido ponderado | 59 f |
| Sulfuro de níquel – NiS | 72 ff, 179 |
| Sustancias alcalinas | 13 |
| System TEA | 114, 121 f, 145, 191 |

T

| | |
|---------------------------------------|--|
| Taladro avellanado | 160 |
| Temperatura de la superficie | 37 f, 107, 178 |
| Temperatura de reblandecimiento | 12, 127 |
| Templado | 12, 53, 68 ff, 82 ff, 124, 127 f, 142, 150, 153, 161 ff, 175, 179, 187, 190 ff, 198 |
| Templado (proceso) | 12, 53, 68 ff, 117, 123, 126, 140, 159, 112, 118, 121, 135, 154, 193, 198 |
| Termofundible | 20 |
| Tipos básicos de vidrio | 70 |
| Tolerancias | 71, 72, 131 ff, 152 ff, 195 |

| | |
|---|---|
| Tolerancias de dimensiones..... | 155 |
| Tolerancias de espesor | 162 |
| Tolerancias especiales | 152, 155 |
| Tolerancias estándar | 152, 154 |
| Transiciones tangenciales..... | 132 |
| Transporte..... | 182, 199 |
| U | |
| Unión de sellante | 168, 169 |
| Unión de vidrio..... | 167 ff |
| UV | 19, 20, 30 ff, 48, 111, 112, 115, 118, 125, 167 |
| V | |
| Valor psi | 42 |
| Valor U | 12, 15, 32, 36, 40 ff, 150, 178, 195, 204 ff |
| Valores calibrados | 57 |
| Vidrio aislante | 18 ff, 36 ff, 58, 61 ff, 103, 105,111 ff, 120, 132, 137, 150, 162 ff, 168 ff, 173 ff, 187 ff, 191, 198 f, 204 ff |
| Vidrio arquitectónico curvado | → Vidrio curvo |
| Vidrio coloreado | 11, 24, 51, 125 |
| Vidrio con "heat soak" | 72, 151, 161 |
| Vidrio curvo..... | 126 ff |
| Vidrio de antepecho..... | 119, 120, 193, 220 ff |
| Vidrio de capa..... | 13, 41, 51, 114, 120, 121, 138, 150, 162, 171 ff, 177, 187 f, 190 ff, 195 f |
| Vidrio de diseño..... | 124 |
| Vidrio de parapeto | → Vidrio de antepecho |
| Vidrio de protección solar..... | 46 f, 52, 53, 139, 179, 206 ff |
| Vidrio float..... | 8 ff, 36 f, 40, 48, 65, 68, 70 f, 75 f,103, 120 ff, 127, 141, 142, 161, 163, 170, 176 ff, 179, 187, 202 ff, 220 ff |
| Vidrio laminado..... | 27, 33, 52, 62, 63, 74, 75 ff,82 ff, 106, 125, 132, 135, 151, 153,160, 163 ff, 173, 181 ff, 187, 194 ff, 213 ff, 229 ff |
| Vidrio parcialmente templado..... | → Vidrio termoendurecido |
| Vidrio pisable | 85 |
| Vidrio templado..... | 68 ff, 128, 153, 161, 163, 179, 182, 198 |
| Vidrio termoendurecido | 74 ff, 86, 88 ff, 106, 128, 131, 142, 150, 161, 163, 175, 179, 182 ff, 198 |
| Vidrios de seguridad especiales | 97 |
| Visualizador de vidrio | 237 |
| Visualizador de vidrio de Guardian..... | 237 |



11.3 Abreviaturas habituales

| | |
|-----------------------|---|
| a..... | Año |
| A..... | Amperio |
| abP..... | Certificado de prueba nacional de Alemania |
| AbZ..... | Aprobación general por una entidad de supervisión de construcción |
| ATV..... | Especificaciones técnicas Generales |
| AufzV..... | Ordenanza sobre ascensor |
| b..... | Factor de transición media |
| BM..... | Dimensión de cinta |
| BPR..... | Directiva de productos de construcción |
| BRL..... | Lista de normas de construcción |
| BW..... | Valor, clasificación |
| c..... | Capacidad térmica específica |
| C..... | Valor de ajuste espectral |
| CE..... | Conformité Européenne |
| CEN..... | Comité Européen de Normalisation |
| CENELEC..... | Comité Européen de Normalisation Électrotechnique |
| CiO..... | Grado de llenado de gas |
| cm..... | Centímetro |
| CO ₂ | Dióxido de carbono |
| C _{tr} | Valor de ajuste espectral |
| dB..... | Decibelio |
| dB(A)..... | Índice de atenuación acústica ponderado |
| DIBt..... | Instituto Alemán de Ingeniería Civil |
| DIN..... | Instituto Alemán de Estandarización |
| E..... | Emisividad |
| E..... | Módulo de Young (módulo de elasticidad) |
| EN..... | Estándares europeos |
| EnEV..... | Normativa de conservación de energía |
| EOTA..... | Organización Europea para la Evaluación Técnica |
| EPBD..... | Directiva de rendimiento energético de los edificios |

| | |
|-----------------|--|
| ETA..... | Evaluación Técnica Europea |
| ETAG..... | Guía de Evaluación Técnica Europea |
| F_c | Coefficiente de reducción para los equipos de protección solar |
| FEM..... | Método de elementos finitos |
| F_g | Frecuencias de coincidencia |
| $f_{g,h}$ | Resistencia a la tracción y flexión característica |
| f_R | Frecuencia de resonancia |
| g | Grado total de transmisión de energía |
| G..... | Grado de calentamiento en días |
| GBM..... | Dimensiones de banda |
| GHz..... | Gigahercio (10^9 hercios) |
| GPa..... | Gigapascales |
| GWp..... | Potencia alcanzable máxima (de los módulos fotovoltaicos) en gigavatios (pico) |
| h..... | Hora |
| H..... | Valor calórico del petróleo |
| hEN..... | Estándares europeos armonizados |
| HK..... | Prueba de dureza de Knoop |
| HS..... | Vidrio termoendurecido |
| HVBG..... | Federación de asociaciones profesionales legales |
| Hz..... | Hercio |
| Ift..... | Instituto de Tecnología de Ventanas, Rosenheim |
| ISO..... | Organización Internacional de Normalización |
| J..... | Joule |
| k..... | Kilo |
| K..... | Kelvin |
| K..... | Valor de corrección (en aislamiento acústico) |
| k_F | Ventana de coeficiente de conductividad térmica (antiguo) |
| kg..... | Kilogramo |
| kHz..... | Kilohercio (10^3 hercios) |
| kPa..... | Kilopascales |



| | |
|--|--|
| LG..... | Vidrio laminado |
| LSG | Vidrio laminado de seguridad |
| m..... | Masa superficial |
| m..... | Metro |
| M..... | Mega (10^9) |
| m ² | Metro cuadrado |
| m ³ | Metro cúbico |
| mbar | Millibar |
| MDCA..... | Etiquetas para vidrios especiales en EE. UU. |
| MHz..... | Megahercio |
| MLTB | Lista modelo de edificación técnica |
| mm..... | Milímetro |
| MPA..... | Autoridades de control de materiales |
| ms..... | Milisegundo |
| n..... | Nano |
| N..... | Newton |
| N..... | Índice de cálculo de luz media |
| nm..... | Nanómetro (10^{-9} m) |
| P | Potencia de sonido |
| Pa | Pascal |
| PAR | Radiación fotosintéticamente activa |
| prEN | Borrador de estándar europeo |
| PU; PUR..... | Poliuretano |
| PV..... | Fotovoltaico |
| PVB | Butiral de polivinilo |
| PVC | Cloruro de polivinilo |
| P1A to P8B..... | Categorías de resistencia |
| q _i ; q _a | Disipación de calor secundaria |
| R _w | Índice de reducción acústica |
| R..... | Resistencia eléctrica |
| R _a ; R _{a,D} ; R _{a,R} ... | Índice de reproducción de color |

| | |
|-----------------------------|---|
| RAL | Instituto Alemán para la Certificación y Garantía de Calidad |
| R_e | Reflexión de la energía solar |
| R_L | Grado de reflexión de la luz |
| RLT | Sistemas de ventilación y aire acondicionado para la climatización interior |
| $R_{w,B}$ | Atenuación acústica ponderada, valores medidos en la construcción |
| $R_{w,P}$ | Atenuación acústica ponderada, determinada en laboratorios de ensayo |
| $R_{w,R}$ | Atenuación acústica ponderada, valor de cálculo |
| $R'_{w,res}$ | Índice de reducción sonora resultante de todo el componente estructural |
| R_w ; R'_w | Atenuación acústica ponderada |
| s | Segundo |
| S | Factor de selectividad |
| S | Factor de ganancia solar |
| SC | Coefficiente de sombra |
| SZR | Cámara del vidrio aislante |
| TG | Vidrio templado |
| T-HST | Vidrio con "heat soak" |
| T_{UV} | Transmisión de la radiación UV |
| U | Coefficiente de transmisión térmica |
| U_{CW} | Coefficiente de transmisión térmica (valor U), fachada |
| U_f ; U_m ; U_t | Coefficiente de transmisión térmica de marcos, perfiles de postes y vigas |
| $U_{g,BW}$ | Coefficiente de transmisión térmica, vidrio, valor medido |
| U_g ; U_p | Coefficiente de transmisión térmica del gas y el llenado |
| UE | Unión Europea |
| ÜH | Declaración de conformidad del fabricante |
| ÜHP | Declaración de conformidad del fabricante después de ensayos |
| ÜHZ | Certificado de conformidad |
| UV | Luz ultravioleta |



| | |
|-------------|---|
| UVA | Unidad de vidrio aislante |
| U_w | Coefficiente de transmisión térmica, ventana |
| VDI | Asociación Alemana de Ingenieros |
| VdS | Asociación de Seguros de Propiedad, prevención de daños |
| VOB | Procedimientos de contratos de adquisición y construcción |
| W | Vatio |
| W | Ventana |
| WPK | Control de producción de fábrica |
| ZiE | Aprobación caso por caso |

11.4 Símbolos griegos

| | |
|---------------|---|
| α | Altura de caída del impacto de péndulo |
| α | Coefficiente de expansión térmica lineal medio |
| α | Ángulo |
| α_e | Absorción de energía |
| β | Comportamiento de fractura en el impacto de péndulo |
| γ | Factor de seguridad global |
| Δ | Diferencia |
| ΔT | Diferencia de temperatura |
| ε | Emisividad |
| λ | Longitud de onda del sonido y la luz |
| λ | Conductividad térmica |
| μ | Número de Poisson |
| μm | Micrómetro (= 10^{-6} m) |
| ρ | Densidad |
| ρ_e | Reflexión de la energía solar |
| Σ | Suma |
| σ | Resistencia a la tracción y flexión |
| τ_e | Transmisión de la energía solar |
| τ_L | Grado de transmisión de luz |
| τ_V | Grado de transmisión de luz |
| $\tau_{V,BW}$ | Grado de transmisión de luz, valor medido |
| φ | Altura de caída en el impacto de péndulo |
| ψ | Coefficiente de transferencia de calor, relacionado con la longitud |
| Ω | Ohmio |

Guardian Glass - Reino Unido
Tel.: 0044 (0) 800 032 6322
e-mail: uktechnical@guardian.com

Guardian Glass - Luxemburgo
Tel.: 00 352 50301
e-mail: ta Luxemburgo@guardian.com

Guardian Glass - España
Tel.: 00 34 948 817255
e-mail: tactudela@guardian.com

Guardian Glass - Hungría
Tel.: 0036 (0) 68 887 200
e-mail: Technical_Hungary@guardian.com

Guardian Glass - Alemania
Tel.: 0049 (0) 3494 361 800
e-mail: anwendungstechnik@
guardian.com

Guardian Glass - Polonia
Tel.: 0048 (0) 34 323 9300
e-mail: tac_poland@
guardian.com

Cláusula de exención de responsabilidad:

La presente versión de este documento sustituye e invalida todas las versiones anteriores; asegúrese de utilizar la más reciente. Este documento es válido únicamente para el procesado de productos que en él se mencionan. Para obtener mayor información técnica, la versión más reciente de este documento y otras directrices de Guardian, visite www.guardianglass.com o póngase en contacto con los servicios técnicos de Guardian.

Las directrices contenidas en el presente documento se ofrecen exclusivamente a título informativo y no como conjunto exhaustivo de instrucciones, pues se supone que el procesador tiene conocimientos profesionales sobre el procesado del vidrio. Guardian no ofrece garantía alguna en cuanto al contenido del presente documento, ni asume responsabilidad alguna en cuanto a la precisión y exhaustividad de este, a menos que así lo estipule la legislación aplicable. El comprador es responsable de confirmar que los productos son apropiados para su aplicación prevista de acuerdo con la legislación y la normativa aplicable. Guardian no ofrece garantía alguna en cuanto al procesado adicional previsto o el producto final previsto, los cuales son responsabilidad exclusiva del procesador.

Los productos que figuran en esta publicación se venden de conformidad con los términos y condiciones de venta estándar de Guardian y con las garantías escritas aplicables.

Nada de lo expuesto en el presente documento otorga ninguna garantía expresa o implícita, ni cambia o complementa las garantías escritas de Guardian, estipuladas en las Condiciones de venta de Guardian, ni cualquier otra garantía limitada escrita adicional que pudiera existir sobre ciertos productos fabricados, con recubrimientos o de acristalamiento de seguridad que se muestran en nuestro sitio web en www.guardianglass.com.

See
what's
possible®



Foto: © jens kirchner

Guardian Europe
Reference code: Handbook / ES / 1222
©2022 Guardian Glass

www.guardianglass.com