

# Protección de ventanas y aperturas de edificios



FEMA

HURACANES IRMA Y MARÍA EN PUERTO RICO

Boletín Informativo de Recuperación 5. Abril de 2018

## Propósito y público al que va dirigida la información

El propósito de este Boletín Informativo de Recuperación es ofrecer guías para el uso y la instalación de sistemas protectores para aperturas con cristales (ventanas), contra escombros arrastrados por el viento durante eventos de vientos fuertes. Como respuesta al huracán Georges en 1998, el uso de estos sistemas se convirtió en requisito para construir edificios nuevos en zonas específicas cerca de la costa, cuando el gobierno de Puerto Rico adoptó el Código Unificado de Construcción de 1997 para todas las estructuras de la Isla. En 2011, la Oficina de Gerencia y Permisos (OGPE) de Puerto Rico elaboró el *Código de Construcción de Puerto Rico* (CCPR) de 2011, que adoptó el *Código Internacional de Construcción* (IBC, por sus siglas en inglés) de 2009, así como el *Código Internacional Residencial* de 2009 (IRC, por sus siglas en inglés) con enmiendas locales, del Consejo Internacional de Códigos (ICC, por sus siglas en inglés). Estos códigos especificaron que toda construcción nueva en Puerto Rico requeriría protección contra impactos de escombros en aperturas con cristales y que las ventanas deberían resistir las presiones del diseño sin fallar. Se requiere utilizar estos sistemas para proteger aperturas con cristales en paredes exteriores de toda construcción nueva, de conformidad con el CCPR de 2011 (y bajo el IBC y el IRC de 2018, si se adoptan en Puerto Rico como parte del CCPR de 2018); aparte de ser recomendados para edificios existentes.

Las guías van dirigidas principalmente a profesionales del diseño y contratistas de edificios. Sin embargo, también ofrecen información útil para funcionarios, propietarios y administradores de edificios, y dueños de casas.

## Este Boletín Informativo de Recuperación considera

- Guías de diseño y construcción para el desempeño de ventanas y cristales
- Guías de diseño y construcción para sistemas resistentes a impactos
- Requisitos de los códigos de construcción para la protección de aperturas con cristales (ventanas)
- Instalación de paneles de madera para proteger aperturas

## Asuntos claves

1. El desempeño general de un edificio durante los huracanes y otros eventos de vientos fuertes mejora cuando se protegen las aperturas con cristales (Imagen 1) para que no fallen ante las presiones del viento y los escombros arrastrados por el viento.
2. Los sistemas con cristales sin protección (sistemas de puertas y ventanas con cristales) sufrieron daños y fallaron durante los huracanes Irma y María debido a la presión del viento y a los impactos de escombros arrastrados por el viento.
3. Las aperturas sin protección con aperturas con celosías (sistemas con o sin cristales) quedaron dañadas y fallaron durante los huracanes Irma y María debido a la presión del viento y a los impactos de escombros arrastrados por el viento.
4. Se observaron daños en edificios residenciales y no residenciales (incluidos hospitales) ocasionados por agua que entró por las orillas de los sistemas de cristales que no se rompieron, incluidos los sistemas de ventanas protegidos con sistemas contra impactos (tormenteras o sistemas de paneles de madera).
5. Para edificios existentes, se recomienda que el dueño del edificio contrate a un arquitecto o ingeniero certificado para realizar una evaluación de vulnerabilidad ante vientos, y determinar las medidas correctivas que mitigarían las vulnerabilidades considerables de las aperturas con cristales y las ventanas.



**Imagen 1. Ventanas residenciales protegidas (izquierda) y sin protección (derecha). Las ventanas sin protección sufrieron daños y fueron cubiertas provisionalmente con paneles de madera.**

## Guías de diseño y construcción para el desempeño de ventanas y cristales

Esta sección ofrece ejemplos de varios tipos de problemas en aperturas, ventanas y tormenteras, así como ejemplos de distintos sistemas de tormenteras que se observaron después de los huracanes de 2017. En 1998, un Equipo de Evaluación del Desempeño de Edificios (BPAT, por sus siglas en inglés) se trasladó a Puerto Rico para estudiar los daños e impactos ocasionados por el huracán Georges en el ambiente de la construcción. Una de las recomendaciones claves de ese estudio, *Huracán Georges en Puerto Rico* (FEMA P-339, 1999), fue que los cristales y las aperturas de edificios nuevos y existentes deberían estar protegidos contra el impacto de los escombros arrastrados por el viento. El buen desempeño observado en sistemas de tormenteras y otros tipos de sistemas de ventanas resistentes a impactos en Puerto Rico después de los huracanes, demostró que las recomendaciones del informe de FEMA se implementaron con éxito.

Como paso inicial en el proceso de diseño, o para la reparación después de un evento, se recomienda que los diseñadores calculen las cargas de viento en aperturas, ventanas, tragaluces y tormenteras, utilizando cualquier procedimiento a continuación que tolere las cargas más altas:

- El CCPR 2011 actual.
- La edición de 2016 del Estándar 7 de la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles, *Cargas mínimas del diseño y criterios relacionados para edificios y otras estructuras* (ASCE 7-16, 2017).
- El CCPR de 2018, basado en los IBC e IRC de 2018, con enmiendas locales, si se adopta en el futuro.

De conformidad con el CCPR de 2011, los ensamblajes nuevos de puertas, ventanas y tragaluces instalados en regiones con posibilidad de escombros arrastrados por el viento, como Puerto Rico, y que se encuentren a 60 pies o menos sobre el nivel, requieren ser resistentes a impactos o estar protegidos con una cubierta resistente a impactos (tormentera).<sup>1</sup> La Tabla 1 muestra una comparación entre los reglamentos de los códigos de construcción del CCPR de 2011, los IBC e IRC de 2018 y el Boletín Informativo de Recuperación. La tabla hace referencia a las publicaciones del Instituto Americano de Estándares Nacionales, (ANSI, por sus siglas en inglés), ASTM International (ASTM), la Asociación Internacional de Fabricantes de Puertas y Sistemas de Acceso (DASMA, por sus siglas en inglés) y la Asociación de Madera Reconstituida (APA, por sus siglas en inglés). La sección de referencias contiene citas completas de estos documentos y los enlaces correspondientes.

**Tabla 1. Comparación entre los requisitos de los IBC e IRC de 2018 y las recomendaciones del Boletín Informativo de Recuperación**

| Componente   | Peligro   | Requisito de los códigos  | Recomendaciones adicionales  |
|--|---|---|--|
| <b>Ensamblajes de puertas</b>  | Pruebas de presión del viento   | ASTM E330<br>Nota: impacto a aperturas con cristales probado según ASTM E1886, ASTM E1996.  | ASTM E1233<br>Nota: E2133 es una prueba cíclica, mientras que E330 es una prueba estática.   |
| <b>Ensamblajes de puertas rodantes o en secciones</b>  | Pruebas de carga de presión del viento  | ASTM E330 o ANSI/DASMA 108, y deben cumplir con los criterios de aceptación de ANSI/DASMA 108.<br>Nota: impacto a aperturas con cristales probado según ANSI/DASMA 115.   | Hoja de Datos Técnicos DASMA 115 (DASMA, 2014)<br>Nota: 115 es una prueba cíclica y una prueba de impacto, mientras que 108 y E330 son pruebas de presión estática.                |
| <b>Ventanas con toldo, abatibles, de banderola, de guillotina de uno o dos paños, ventanas fijas, tragaluces</b> | Pruebas de carga de presión del viento, pruebas de impacto o protección con tormenteras, filtración de agua | ASTM E330, ASTM E1186, ASTM E1996   | ASTM E1233<br>El Nivel de Desempeño 10 será según la especificación AAMA 520-12 (2012) de la Asociación Americana de Fabricantes Arquitectónicos (AAMA, por sus siglas en inglés). |
| <b>Tormenteras</b>   | Pruebas de carga de presión del viento, Pruebas de impacto  | ASTM E330, ASTM E1886, ASTM E1996<br>Se permiten tormenteras de madera en alturas media del techo de hasta 45 pies en residencias, cuando se construyan y sujeten de conformidad con las disposiciones del IRC. | Para tormenteras de madera en residencias con altura media del techo de hasta 45 pies; Formulario T460 de la APA.  |

<sup>1</sup>Se indica un límite de 60 pies de altura para situaciones con menor probabilidad de que los escombros arrastrados por el viento pasen sobre la misma. Sin embargo, la topografía cercana podría presentar mayor potencial de escombros. Se recomienda que el diseñador considere especificar ensamblajes resistentes a impactos en alturas mayores de 60 pies cuando las condiciones topográficas aumenten el potencial de escombros.

Aunque el CCPR 2011 actual hace referencia a los IBC e IRC de 2009, los autores esperan que Puerto Rico adopte los IBC e IRC de 2018. En cuanto a sus requisitos para protección de aperturas, el cambio principal entre los IBC e IRC de 2009 y 2018 es una actualización a los mapas de velocidad del viento del diseño incorporados de ASCE 7-16, lo que hace que cambie el cálculo de las presiones del viento sobre las estructuras y todo el edificio, incluidas todas las unidades de ventanas y puertas clasificadas para resistir las presiones y fuerzas del viento. Sin embargo, es importante observar que no cambiaron los requisitos del CCPR de 2011 para todos los edificios nuevos en Puerto Rico de tener cristales resistentes a impactos o sistemas de protección de aperturas con cristales (ventanas y puertas con elementos de cristal) a fin de protegerlos del impacto de los escombros arrastrados por el viento.

### Aperturas con celosías

Las aperturas con celosías cuentan con hojas de metal o cristal que se pueden abrir o inclinar para controlar el flujo de aire. En Puerto Rico, es común encontrar celosías en casas, escuelas y otros tipos de edificios. La Imagen 2 muestra una casa con celosías de cristal sin protección, que sufrieron muchos daños durante el huracán María. Esto fue una observación común del desempeño de las celosías con hojas de cristal. Asimismo, tanto las celosías de metal como las de cristal son muy susceptibles a la lluvia impulsada por el viento, aun cuando las hojas en sí no queden dañadas (Imagen 3). La entrada de lluvia impulsada por el viento podría ocasionar daños mínimos o considerables en los interiores dependiendo de la construcción de pisos y paredes, las terminaciones y la ubicación de los muebles. Si la magnitud y las consecuencias de la infiltración de la lluvia impulsada por el viento a través de las celosías no son aceptables, se puede especificar la instalación de ventanas fijas o de otro tipo de operación, como ventanas con toldos, abatibles, de banderola, de guillotina de un paño o de dos.

La escuela de la Imagen 4 contaba con una gran cantidad de aperturas con celosías con malla para insectos o paneles de cristal por detrás. Los salones de clase tenían malla para insectos, mientras las oficinas, los laboratorios y los espacios técnicos (con computadoras) contaban con paneles de cristal montados por dentro de las celosías para evitar el flujo de aire y mantener estos espacios con aire acondicionado. Puede entrar agua aunque los paneles permanezcan en su lugar ya que estos, por lo general, no sellan con el marco de las celosías. Entró mucha agua al salón de clase de la Imagen 4, pero las terminaciones de las superficies duras no sufrieron muchos daños. Puede que las aperturas con celosías comunes de metal no sufran daños por los escombros con poca fuerza, pero sí por los escombros arrastrados por el viento que son comunes durante un huracán fuerte. Ni el IBC ni el IRC requieren que las celosías de metal sean resistentes a los escombros arrastrados por el viento. Sin embargo, sí se requiere que las celosías de cristal resistan los escombros arrastrados por el viento o sean protegidas con un sistema de tormenteras o un aparato protector de aperturas cuando se instalen en la región propensa a este tipo de escombros.

### Ventanas con otros tipos de operación

Se pueden usar ventanas con otros tipos de mecanismos aparte de las celosías, como toldos, abatibles, de banderola, de guillotina de uno o dos paños. La *Práctica estándar para instalar ventanas, puertas y tragaluces exteriores* (ASTM E2112, 2016), incluye información en detalles sobre la instalación de ventanas y puertas y se concentra en los procedimientos de terminaciones e instalación con el propósito de minimizar la entrada del agua. No obstante, aún con excelentes terminaciones e instalación, evitar que entre agua durante los huracanes fuertes resulta todo un reto, sobre todo cuando se requieren umbrales bajos en las puertas para cumplir con los códigos y los estándares de facilidad de acceso. Al diseñar ventanas con mecanismos operables, se recomienda que los profesionales del diseño especifiquen unidades que cumplan con las pruebas de carga de viento de conformidad con el *Método de prueba estándar para el desempeño estructural de ventanas, puertas, tragaluces y paredes cortina exteriores por medio de diferencias de presión cíclica del aire* (ASTM E1233, 2014). También es importante especificar que haya una trayectoria de carga adecuada y verificar su continuidad al someterlas para evaluación.



**Imagen 2.** Residencia en la que escombros arrastrados por el viento dañaron las hojas de cristal sin protección a la derecha e izquierda de la puerta de entrada.



**Imagen 3.** Unidades de vivienda nuevas seguras con aperturas con celosías de metal.



**Imagen 4.** Escuela superior en una comunidad costera con aperturas con celosías de metal. Se instalaron mallas para insectos detrás de las aperturas con celosías.



**Imagen 5. En este edificio frente al mar, muchas ventanas operables con toldos y abatibles sufrieron daños por las presiones del viento y los escombros arrastrados por el viento.**

Aproximadamente  $\frac{1}{3}$  de los sistemas de ventanas con toldos y abatibles sin protección de un edificio residencial multifamiliar frente al mar (Imagen 5) sufrieron dañados por las presiones del viento, los escombros arrastrados por el viento, o una combinación de estas fuerzas.

Con respecto a la resistencia de las unidades de ventanas ante la lluvia impulsada por el viento, se recomienda especificar un Nivel de Desempeño de 10, para cumplir con la Especificación voluntaria para clasificar la resistencia de ventanas, puertas y tragaluces ante lluvias intensas impulsadas por el viento (AAMA 520-12, 2012) de la Asociación Americana de Fabricantes Arquitectónicos (AAMA, por sus siglas en inglés).<sup>2</sup> Aún las unidades que cumplan con el Nivel de Desempeño 10, para lograr el mayor desempeño, deben integrarse al sistema de paredes por medio de terminaciones de diseño sólidas (como se indica en FEMA P-424) y aplicadas con calidad a fin de prevenir que entre la lluvia impulsada por el viento. Se recomienda tomar en cuenta la ASTM E2112, y la Hoja Informativa 6.1 “Instalación de ventanas y puertas” de la *Guía del Constructor de Viviendas para la Construcción Costera* (FEMA P-499). En lugares donde es particularmente importante proteger contra la infiltración del agua, se recomienda especificar que se realicen pruebas de infiltración de agua en el lugar de conformidad con el *Método estándar para el desempeño estructural de ventanas, puertas, tragaluces y paredes cortina exteriores por diferencial de presión cíclica del aire* (ASTM E1105, 2015).

#### Unidades con cristales fijos

Las unidades con cristales fijos, por lo general, resisten mejor la lluvia impulsada por el viento que las unidades con partes operables, sobre todo según van envejeciendo las juntas y los sellos en las interfaces operables. Este tipo de unidad debe integrarse cuidadosamente al sistema de la pared, de igual manera que las unidades de ventana con partes operables. Aunque, por lo general, las unidades con cristales fijos tienen un mejor desempeño ante la lluvia impulsada por el viento, en comparación con aperturas con celosías o ventanas con partes móviles,

los dueños de casas y negocios deben conocer sus desventajas. Específicamente, las casas y los edificios con unidades de cristales fijos, por lo general, dependen de la electricidad para operar aire acondicionado en las viviendas. Cuando no hay electricidad después de un evento, las ventanas no se podrán abrir para permitir que el aire entre y seque la casa (vea la Imagen 6). Otro factor importante observado durante los huracanes fue que, en cierta cantidad de casas y negocios con ventanas fijas, toda la unidad falló debido a las presiones del viento (Imágenes 7 y 8). Las ventanas grandes de la Imagen 7 no parecen haber tenido la cantidad (ni el tamaño) adecuada de abrazaderas para fijar el marco de la ventana a la estructura de soporte. Lo mismo se observó en el hospital de la Imagen 8, donde utilizaron abrazaderas pequeñas para fijar un conjunto de ventanas del piso más alto de un edificio, que fallaron durante los huracanes. Es importante que los profesionales del diseño



**Imagen 6. Ventanas fijas y con partes móviles en una casa que no fallaron.**



**Imagen 7. Unidades de ventanas en dos pisos (fijas y móviles) que fallaron en la conexión entre el marco y la pared debido a la falta de abrazaderas correctas.**



**Imagen 8. Falta todo un ventanal en el piso más alto de este hospital en Bayamón debido a la falta de abrazaderas adecuadas.**

<sup>2</sup> AAMA 520-12 establece 10 (diez) niveles distintos de desempeño usando el Método de prueba estándar para la penetración de agua a través de paredes, tragaluces y puertas exteriores por diferencia en la presión de aire rápido pulsado de ASTM (ASTM E2268, 2011). El Nivel de Desempeño 10 es el más alto. Todos los niveles de desempeño permiten una cantidad máxima específica de filtración de agua.

conozcan y apliquen ambos estándares, ASTM E2112 y ASTM E1233, al abordar el tema de las fuerzas y presiones del viento durante los huracanes. Como resultado, cuando los vientos de huracán impactaron las casas, muchas de las ventanas de las unidades de este complejo fallaron completamente debido a la presión del viento.

## Guías de diseño y construcción para sistemas resistentes a impactos

Después del Huracán Georges en 1998, se estableció el requisito de sistemas resistentes a impactos (como tormenteras, pantallas y otros sistemas de paneles clasificados para ese fin) en edificios nuevos de muchas zonas. No es requisito que los edificios existentes tengan protección para las aperturas con cristales; sin embargo, cuando ocurrieron los huracanes Irma y María, muchos edificios de Puerto Rico ya habían sido reforzados con sistemas resistentes a impactos y cristales resistentes a impactos. Los edificios sin ese tipo de protección quedaron expuestos a daños de escombros arrastrados por el viento, que pueden ocasionar daños mayores en el interior del edificio (Imagen 9). La mayoría de los sistemas de protección de aperturas prefabricados funcionaron según las expectativas durante las tormentas, siempre que hubiesen sido instalados correctamente en los edificios. Esto aplica a tormenteras de panel, de acordeón y a los sistemas de tormenteras enrollables (*roll-up*).

Lamentablemente, hubo unos casos marcados en los que las tormenteras no se instalaron correctamente; no se pudieron utilizar porque estaban bloqueadas por otros elementos del edificio; o no funcionaron porque los sistemas, mayormente los rieles, no habían recibido el mantenimiento adecuado.

## Sistemas resistentes a impactos

Existe una gran variedad de sistemas resistentes a impactos en el mercado, como tormenteras, pantallas y otros sistemas de paneles. FEMA recomienda utilizar tormenteras con etiqueta que indique que fueron probadas para cumplir con el estándar de ASTM, Especificación estándar para el desempeño de ventanas, paredes cortina y puertas exteriores, y de sistemas de protección contra impactos de escombros arrastrados por el viento durante huracanes (ASTM E1996, 2017), y que se instalen de conformidad con los códigos de construcción y los requisitos que se mencionan en este Boletín Informativo de Recuperación. Aunque se utilicen sistemas resistentes a impacto para proteger los cristales contra escombros arrastrados por el viento, ASCE 7-16 requiere que los cristales cumplan con los requisitos de presión negativa y positiva del viento del diseño. En cuanto a la protección contra agua impulsada por el viento, no se debe depender de los sistemas resistentes a impactos colocados sobre las ventanas de protección contra escombros arrastrados por el viento, ya que estos no fueron diseñados para resistir este peligro. Si las ventanas existentes son susceptibles al impacto de escombros y a la entrada de agua, se recomienda reemplazar las ventanas con unidades nuevas para evitar que el agua ocasione daños en el interior.

En los edificios, las aperturas con cristales vulnerables quedan protegidas cuando se instalan estos sistemas en casas unifamiliares; en los pisos más bajos pertinentes de edificios bajos, medianos y altos; y en instalaciones críticas y esenciales. Los elementos comunes de los sistemas resistentes a impacto que funcionaron bien durante los huracanes Irma y María incluyen los rieles para tormenteras de panel o de acordeón, montados correctamente al exterior del edificio (no sobre el marco de las ventanas), así como las tormenteras o los paneles fijados o acoplados debidamente dentro de los rieles de apoyo. Las Imágenes 10-12 muestran ejemplos de sistemas de protección de ventanas debidamente instalados.



*Imagen 9. Cristales dañados en la entrada principal de un edificio/centro de convenciones de la comunidad.*



*Imagen 10. Residencia de dos pisos con ventanas y puertas con cristal (balcón del segundo piso) protegidas con torneras de panel de metal.*



*Imagen 11. Torre residencial en la que alrededor del 85% de las unidades cuenta con algún tipo de tornera o sistema resistente a impactos instalados como refuerzo.*

## Instalación de sistemas resistentes a impacto

Es importante que los sistemas resistentes a impacto se instalen correctamente para garantizar que las ventanas y puertas con cristales cuenten con la protección indicada. También es muy importante que los cristales en todos los lados del edificio queden protegidos hasta la altura especificada en los códigos de construcción. Si solo se protegen uno o dos lados del edificio, los lados expuestos podrían sufrir daños por escombros arrastrados por el viento, y permitir la entrada de agua además de daños progresivos posteriores al edificio. Es muy probable que esto ocasione daños o cierres innecesarios después de un evento de vientos fuertes.

El edificio que aparece en la Imagen 13 ilustra los retos y las incongruencias que afectan la capacidad de los sistemas de tormenteras para proporcionar la resistencia deseada contra impacto. Si bien la flecha roja identifica un sistema de tormenteras instalado correctamente, los siguientes problemas relacionados con su instalación disminuyen el nivel de protección y eficacia de las tormenteras:

- Las tormenteras de la puerta de entrada con cristales no se fijaron con un riel inferior (óvalo verde).
- La unidad de aire acondicionado en la ventana bloqueó el uso del sistema de tormenteras (círculo rojo).
- Las aperturas con celosías de metal no requieren sistemas de protección contra impacto según el CCPR y el IBC y el IRC de 2018, ya que no llevan cristales; sin embargo, esta apertura con paneles de metal quedó menos protegida (círculo amarillo) ya que, por lo general, no se clasifican para resistencia contra impactos por escombros arrastrados por el viento.

## Requisitos de los códigos de construcción para protección de aperturas con cristales

Los códigos de construcción y los estándares a los que hacen referencia a esos códigos, identifican las zonas geográficas en las que se requieren sistemas resistentes a impactos para proteger las aperturas con cristales. Por referencia, el CCPR 2011 exige la protección de aperturas en edificios nuevos construidos en la región expuesta a escombros arrastrados por el viento, según definido en el Estándar 7-05 de la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles, *Cargas mínimas del diseño y criterios relacionados para edificios y otras estructuras* (ASCE 7-05, 2005). Fue importante que el CCCPR adoptara este estándar, ya que **todas las islas** de Puerto Rico quedaron incluidas en la región expuesta a escombros arrastrados por el viento.



*Imagen 13. Los problemas de instalación que afectaron el desempeño de los sistemas resistentes a impactos incluyen: la falta de un riel inferior (óvalo verde), la unidad de aire acondicionado en la ventana que impidió cerrar la tormentera (círculo rojo), y una apertura con celosías de metal sin sistema de resistencia a impactos (círculo amarillo).*



*Imagen 12. Estación de bomberos con sistema de tormenteras de metal instalado protegido adecuadamente la instalación.*

Se requiere que toda construcción nueva en la región de escombros arrastrados por el viento tenga la protección de cristales adecuada (por medio de sistemas de cristal resistente a impactos o sistemas resistentes a impactos)<sup>3</sup>.

Varios factores claves deben tomarse en cuenta cuando los profesionales de diseño utilicen el CCPR de 2011, o prevean que Puerto Rico adopte el IBC y el IRC de 2018.

- Desde que se estableció el CCPR de 2011, todas las islas de Puerto Rico se asignaron a la región de escombros arrastrados por el viento, por lo que se requiere proteger las aperturas con cristales en todos los edificios nuevos.
- Los sistemas de protección de aperturas exigidos en ASCE 7 deben cumplir con los criterios adecuados de impacto de escombros, según se indica en ASTM E1996 según las velocidades de viento del diseño en el código y en el tipo de uso y ocupación del edificio.
- La vulnerabilidad de un edificio ante los daños por escombros arrastrados por el viento puede reducirse instalando sistemas resistentes a impactos (como, por ejemplo, tormenteras, pantallas y otros sistemas de paneles) clasificados para el mismo nivel de protección que se requiere para construcciones nuevas.
- Las nuevas ediciones del estándar ASCE 7 tienen cambios para las velocidades del viento, las presiones del viento, y otros criterios desde que se adoptó el CCPR de 2011 (que hace referencia a la edición ASCE 7-05). Al determinar las presiones del viento y la carga del viento que actuarán sobre un edificio, los profesionales del diseño deben usar mapas, tablas y criterios de velocidad del viento específicos establecidos en las ediciones específicas de los códigos en vigor para la jurisdicción correspondiente.

Para instalar cristales resistentes a impactos o sistemas de tormenteras, de conformidad con el CCPR de 2011 y de los IBC e IRC de 2018, la Tabla 1 presenta un resumen de los requisitos de códigos que habrá que seguir.

### Instalación de paneles de madera para proteger aperturas

El CCPR de 2011 y los IBC e IRC de 2018 citan a ASTM E1996 así como el *Método de prueba estándar para el desempeño de ventanas, paredes cortina, puertas exteriores y sistemas de protección contra impactos de proyectiles y expuestos a diferenciales de presión cíclica* (ASTM E1886, 2013). Estos indican que, “en las regiones de escombros arrastrados por el viento, los cristales de los edificios deberán ser resistentes a impactos o estar protegidos con una cobertura resistente a impactos que cumpla con los requisitos de un estándar de resistencia a impactos aprobado, como ASTM E 1996 y ASTM 1886” (IBC 2018, 1609.2). Se permite usar paneles estructurales de madera como alternativa de bajo costo para ofrecer protección, siempre y cuando cumplan con los requisitos de construcción locales.

La Imagen 14 muestra el uso exitoso de paneles de madera como sistema de resistencia a impactos. El dueño de esta casa reforzó el edificio con un sistema de tormenteras de madera. Este sistema usó rieles permanentes arriba y abajo para sujetar las láminas de madera cortadas a la medida y que no se movieran. Esta solución sencilla y de bajo costo protegió las aperturas de las ventanas aunque fueran de celosías de panel de metal.

### Peligro de escombros arrastrados por el viento en Puerto Rico

Desde 1998, ciertas secciones de Puerto Rico quedaron incluidas en la región de escombros arrastrados por el viento según definida por la ASCE. En el 2011, el CCPR, y los estándares de referencia incorporados, colocaron a todo Puerto Rico dentro de la región de escombros arrastrados por el viento, requiriendo así que, en todos los edificios nuevos, se protejan todas las aperturas con cristales ante las presiones de los vientos fuertes y los impactos de los escombros arrastrados por el viento. Este estándar identifica claramente el riesgo de las unidades de ventanas y cristales expuestos al daño de dichos escombros durante los huracanes que afectan a Puerto Rico. En virtud de lo que implican estos riesgos para los edificios existentes, FEMA recomienda que los dueños y operadores de los mismos consideren reforzarlos con los sistemas de envoltura de edificios aplicables o adecuados con tormenteras clasificadas para proteger los cristales en sus exteriores, de conformidad con los requisitos de ASCE 7-16.



Imagen 14. Arriba: ventana con celosías de metal protegida contra los escombros arrastrados por el viento por paneles de madera, abajo, durante los huracanes Irma y María.

<sup>3</sup> Vea ASCE 7-05 y los IBC e IRC de 2009 para requisitos específicos adicionales de protección de aperturas, según la altura sobre el nivel y la altura sobre las superficies de techo más bajas de un edificio.

El *IBC* no permite tormenteras de panel de madera en edificios comerciales y otras construcciones no residenciales grandes como alternativa para las unidades de tormenteras ya probadas. Sin embargo, el *IRC* las permite en alturas medias de techo de hasta 45 pies si se construyen y fijan según las disposiciones del *IRC*. Las *Consideraciones de Diseño de Tormenteras para Florida* de la Asociación de Madera Reconstituida (*Engineered Wood Association*, o APA, por sus siglas en inglés) (Formulario de APA T460, 2013) ofrece guías para construir e instalar tormenteras de panel de madera. Si se instalan paneles de madera, es importante fijarlos adecuadamente para que no se conviertan en escombros arrastrados por el viento.

Para información adicional sobre la instalación y el uso de tormenteras de madera para proteger aperturas, consulte la Hoja Informativa 6.2 de FEMA P-499 y documentos, como el Formulario de APA T460. Esos documentos ofrecen guías sobre los paneles de madera, el tamaño y la colocación de los puntos de conexión además de cómo diseñar e instalarlas adecuadamente para que permanezcan en su lugar y ayuden a proteger su hogar durante los eventos de vientos fuertes, como los huracanes.

## Referencias y enlaces útiles

### Referencias

- Asociación Americana de Ingenieros Civiles (ASCE). 2017. *Cargas mínimas del diseño para edificios y otras estructuras (Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures)*. ASCE 7-16. <https://www.asce.org/structural-engineering/asce-7-and-sei-standards/>.
- Asociación Americana de Ingenieros Civiles (ASCE). 1998. *Cargas mínimas del diseño para edificios y otras estructuras (Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures)*. ASCE 7-98. <http://www.asce.org/templates/publications-book-detail.aspx?id=8096>.
- Asociación Americana de Ingenieros Civiles (ASCE). 2005. *Cargas mínimas del diseño para edificios y otras estructuras (Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures)*. ASCE 7-05. <http://www.asce.org/templates/publications-book-detail.aspx?id=7933>.
- Asociación Americana de Ingenieros Civiles (ASCE). 2010. *Cargas mínimas del diseño para edificios y otras estructuras (Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures)*. ASCE 7-10. <http://www.asce.org/templates/publications-book-detail.aspx?id=6725>.
- Instituto Americano de Estándares Nacionales (ANSI), Asociación Internacional de Fabricantes de Puertas y Sistemas de Acceso (DASMA). 2017. *Método estándar de prueba para puertas de garaje seccionales y puertas enrollables: Determinación de desempeño estructural bajo diferencias de presión estática uniforme del aire (Standard Method for Testing Sectional Garage Doors and Rolling Doors: Determination of Structural Performance Under Uniform Static Air Pressure Difference)*. ANSI/DASMA 108 <http://www.dasma.com/dasma-pages/D-AS-standards.asp>.
- Asociación Americana de Fabricantes Arquitectónicos (AAMA). 2012. Especificación voluntaria para clasificar la resistencia de unidades de ventanas, puertas y tragaluces ante lluvias intensas impulsadas por el viento (*Voluntary Specification for Rating the Severe Wind-Driven Rain Resistance of Windows, Doors and Unit Skylights*). AAMA 520-12. <https://pubstore.aamanet.org/pubstore/ProductResults.asp?cat=0&src=520>.
- ASTM International (ASTM). 2011. *Método de prueba estándar para la penetración del agua a través de ventanas, tragaluces y puertas exteriores por diferencia en la presión de aire rápido pulsado (Standard Test Method for Water Penetration of Exterior Windows, Skylights, and Doors by Rapid Pulsed Air Pressure Difference)*. ASTM E2268. <https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/E2268-04R11.htm>.
- ASTM International (ASTM). 2013. *Método de prueba estándar para el desempeño de ventanas, paredes cortina, puertas exteriores y sistemas de protección contra impactos de proyectiles y expuestos a diferenciales de presión cíclica (Standard Test Method for Performance of Exterior Windows, Curtain Walls, Doors, and Impact Protective Systems Impacted by Missile(s) and Exposed to Cyclic Pressure Differentials)*. ASTM E1886. <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?E1886>. Nota: el enlace lo dirige a la versión actual vigente.
- ASTM International (ASTM). 2014. *Método de prueba estándar para el desempeño estructural de ventanas, puertas, tragaluces y paredes cortina exteriores por diferencial de presión cíclica del aire (Standard Test Method for Structural Performance of Exterior Windows, Doors, Skylights, and Curtain Walls by Cyclic Air Pressure Differential)*. ASTM E1233. <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?E1233E1233M-14>.
- ASTM International (ASTM). 2017. *Especificación estándar para el desempeño de ventanas, paredes cortina y puertas exteriores, y de sistemas de protección contra impactos de escombros arrastrados por el viento durante huracanes (Standard Specification for Performance of Exterior Windows, Curtain Walls, Doors, and Impact Protective Systems Impacted by Windborne Debris in Hurricanes)*. ASTM E1996. <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?E1996>. Nota: el



enlace lo dirige a la versión actual vigente.

ASTM International (ASTM). 2016. *Práctica estándar para instalar ventanas, puertas y tragaluces exteriores (Standard Practice for Installation of Exterior Windows, Doors and Skylights)*. ASTM E2112. <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?E2112>. Nota: el enlace lo dirige a la versión actual vigente.

ASTM International (ASTM). 2014. *Método de prueba estándar para el desempeño estructural de ventanas, puertas, tragaluces y paredes cortina exteriores por diferencial de presión estática uniforme del aire (Standard Test Method for Structural Performance of Exterior Windows, Doors, Skylights and Curtain Walls by Uniform Static Air Pressure Difference)*. ASTM E330. <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?E330E330M>. Nota: el enlace lo dirige a la versión actual vigente.

Asociación de Madera Reconstituida (APA). 2013. *Consideraciones de diseño de tormenteras para Florida (Hurricane Shutter Design Considerations for Florida)*. Formulario APA T460. <https://www.apawood.org/publication-search?q=t460&tid=1>.

FEMA. 2011. *Manual de construcción costera: Principios y prácticas de planificación, ubicación, diseño, construcción y mantenimiento de edificios residenciales en áreas costeras (Coastal Construction Manual: Principles and Practices of Planning, Siting, Designing, Constructing, and Maintaining Residential Buildings in Coastal Areas)*, 4a Edición. FEMA P-55. <https://www.fema.gov/media-library/assets/documents/3293>.

FEMA. 2010. *Guía del Constructor de Viviendas para la Construcción Costera (Home Builder's Guide to Coastal Construction)*. FEMA P-499. <https://www.fema.gov/media-library/assets/documents/6131>.

FEMA. 2009. *Guía de funcionarios locales para construcción en zonas costeras (Local Official's Guide to Coastal Construction)*. FEMA P-762. <https://www.fema.gov/media-library/assets/documents/16036>.

Consejo Internacional de Códigos (ICC). 2018a. *Código Internacional de Construcción*. ICC IBC. <https://codes.iccsafe.org/public/document/IBC2018>.

Consejo Internacional de Códigos (ICC). 2018b. *Código Residencial Internacional*. ICC IRC. <https://codes.iccsafe.org/public/document/IRC2018>.

## Enlaces útiles

FEMA. "FEMA Puerto Rico". <https://www.facebook.com/FEMAPuertoRico>. Nota, esta página de Facebook fue creada para el proceso de recuperación de los huracanes Irma y María y se actualiza regularmente con información útil.

Para más información, consulte el sitio de internet de Preguntas Frecuentes de Ciencia de la Construcción de FEMA en <https://www.fema.gov/frequently-asked-questions-building-science>

Si tiene preguntas adicionales sobre las Publicaciones de Ciencia de la Construcción de FEMA, comuníquese con la línea de ayuda en [FEMA-BuildingScienceHelp@fema.dhs.gov](mailto:FEMA-BuildingScienceHelp@fema.dhs.gov) o al 866-927-2104.

También puede inscribirse para recibir la suscripción electrónica de Ciencias de la Construcción de FEMA, que se actualiza con publicaciones y las actividades de Ciencias de la Construcción de FEMA. Suscríbase en <https://public.govdelivery.com/accounts/USDHSFEMA/subscriber/new>.

Visite la Rama de Ciencias de la Construcción de la Dirección de Manejo de Riesgos en la Administración del Seguro Federal y Mitigación <https://www.fema.gov/building-science>

Para ordenar publicaciones, comuníquese con el Centro de Distribución de FEMA:

Llame al: 800-480-2520

(Lunes a viernes, de 8 a.m. a 5 p.m., hora del este)

Fax: 240-699-0525

Correo electrónico: [FEMA-Publications-Warehouse@fema.dhs.gov](mailto:FEMA-Publications-Warehouse@fema.dhs.gov)

Para documentos adicionales de FEMA, visite la Biblioteca de FEMA en: <https://www.fema.gov/library>.

Escanee este código QR para visitar la página de Ciencias de la Construcción de FEMA.

