

# MUROS CORTINA DESAFÍOS EN EL AIRE

CLAUDIA RAMÍREZ F.  
PERIODISTA REVISTA BIT

La aplicación de especificaciones técnicas normalizadas, la coordinación de profesionales y medidas de seguridad resultan imprescindibles en el diseño y ejecución de fachadas acristaladas. Según los ingenieros estructurales, siguiendo una secuencia de procedimientos técnicos en forma metodológica, desde el cálculo hasta el montaje, se optimiza el funcionamiento de los muros cortina ante sismos; de lo contrario, no se puede garantizar un óptimo comportamiento.

**Después del terremoto del 85' se multiplicaron los proyectos de muro cortina en edificios del país, un ejemplo lo constituye el nuevo Edificio Millenium.**

**T**ODO DEPENDE DEL CRISTAL con que se mire dice un conocido refrán. Sí, y los "depende" se multiplican al hablar de muros cortina. Definidos como "una fachada integral liviana consistente en una estructura metálica portante en la que se insertan paños vidriados o paneles opacos que, conjuntamente, logran cerrar exteriormente un edificio" (\*), los muros cortina han proliferado en el país, constituyéndose en un elemento constructivo con presencia casi obligada en edificios de oficinas, comerciales, industriales e institucionales.

Pero ojo que no es tan sencillo como llegar e instalar. Para el correcto funcionamiento de estas estructuras es conveniente considerar diversos aspectos técnicos tanto en planta como en terreno. Y la historia no termina aquí porque tomadas las precauciones constructivas, surge la inquietud técnica sobre el comportamiento de los muros cortina frente a los sismos.

Para responder a estas interrogantes, en esta edición abordamos las innovaciones en diseño, los desafíos de cálculo y el desarrollo de nuevos materiales de fachadas acristaladas. A esto sumamos el debate técnico sobre seguridad y las exigencias técnicas para elementos relacionados con estas estructuras. Además, incluimos aspectos destacados por los expertos como la falta de actualización de la normativa local, y la necesidad de mayor coordinación entre los profesionales involucrados en esta especialidad en los proyectos de reducidas dimensiones.

### **Perímetros más livianos**

Los primeros antecedentes sobre muros cortina provienen de fines del siglo XIX, cuando en Chicago, Estados Unidos, se desarrollaron edificios de construcción industrializada en acero que cumplieran requisitos de mayor iluminación. "Debido a que no estaba masificada la energía eléctrica, surge la necesidad de alivianar el perímetro de las edificaciones clásicas de mampostería separando la estructura de los revestimientos como sistemas independientes. Esto hace posible obtener mayor iluminación natural al interior de las construcciones. Las estructuras de acero permitieron concentrar hacia el centro de los edificios los elementos rígidos tanto de la estructura principal como de los sistemas de redes y de este modo desarrollar cerramientos no estructurales en el perímetro. En primera instancia combinaban el muro cortina acristalado con muro cortina con expresión de mampostería. Hasta hoy tenemos importantes ejemplos de esta arquitectura en Chicago", cuenta el arquitecto Luís Corvalán.

En nuestro país y en materia de cerramientos, se puede distinguir



claramente un antes y un después del terremoto de marzo de 1985. Por esos años había algunos exponentes de muros cortina como la Torre Santa María, cuya estructura principal de acero no sufrió daños significativos –según cuentan los especialistas–, y edificios comerciales con aplicaciones similares que sólo reportaron inconvenientes menores. Los principales deterioros se verificaron en estructuras acristaladas de escasa extensión, especialmente, ventanas domiciliarias.

La compleja experiencia dejó algunos saldos positivos. En primer lugar se modificó la normativa para el cálculo sísmico de edificios que provenía de 1972 a la actual NCh 433 oficializada en 1996, y se elaboró la normativa contra incendio, que exigía a los edificios con fachadas acristaladas incorporar antepechos y dinteles cortafuego. Un ejemplo es el edificio del ex Banco Osorno construido en 1988, cuyo muro cortina "mezclaba cristales con paneles metalizados con alta tecnología para la época", explica Corvalán. Diez años más tarde la ordenanza se modificó con la aparición de sprinklers o rociadores para incendios, que otorgan seguridad adicional y permiten acristalar las fachadas de piso a piso, sin antepechos ni dinteles, logrando recubrimientos completos.

Tras el repaso del terremoto del 85', resulta interesante plantear a los ingenieros el interrogante sobre qué podría ocurrir hoy con los muros cortina ante un sismo. Vamos por parte. Según estos profesionales, los nuevos diseños demandan una normativa más ajustada a los desarrollos actuales. "La NCh 433 se hizo considerando la experiencia del sismo del 85', sin embargo hasta ese momento se habían desarrollado edificios rígidos con bajos períodos de vibración (\*\*), de



**Los muros cortina están presentes en todo tipo de proyectos. La solución constructiva que comenzó a utilizarse en el siglo XIX en Chicago, genera gran cantidad de innovaciones. De arriba hacia abajo: Aeropuerto de Santiago, Edificio Conafe, Jumbo Florida Center y Edificio Isidora Goyenechea.**

menos de un segundo. Los edificios actuales son más flexibles, presentan más plantas libres y por esta condición, ostentan períodos de vibración más altos, que superan los 2 segundos. Por lo tanto, las consideraciones de desplazamiento de edificios flexibles basadas en la NCh 433, no son correctas”, sentencia el ingeniero estructural Leopoldo Breschi, socio de VMB Ingeniería Estructural. Al respecto Corvalán agrega: “En el terremoto del 85’ prácticamente no ocurrió nada en las fachadas acristaladas porque las estructuras primarias de los edificios se diseñaban con bastante rigidez e incluían cristales seccionados en la altura de cada piso. Hoy las estructuras tienden a diseños más elásticos con lo cual se disipa de mejor manera la energía de las solicitaciones dinámicas, pero obliga a que el cálculo del muro cortina incorpore parámetros distintos de mayores exigencias en cuanto a dilataciones entre elementos”.

Con estos antecedentes en la mano, se consulta sobre el estado de la reglamentación vigente relacionada con esta especialidad. “No hay una normativa actualizada que garantice el correcto comportamiento de este tipo de estructuras frente a sismos y tampoco hay antecedentes recientes, porque no ocurrieron terremotos en Santiago tras el 85’. Esto no significa que no se puedan usar los muros cortina o que todos vayan a fallar frente a un sismo, pero como proyectistas debemos exigir los elementos que la estructura requiere para garantizar mayor seguridad”, indica Breschi. ¿Cuáles son esos requerimientos? El profesional responde: “En la empresa trabajamos hace un par de años con la NCh 2745, una regulación nueva de aislamiento sísmico cuyas consideraciones están ajustadas para períodos altos. Esta norma nos permite estimar con mayor precisión los desplazamientos reales que tendrá la estructura, que son del orden de seis veces lo que predice la NCh 433”. Agrega que la falta de actualización de la NCh 433 se ha planteado en la Asociación de Ingenieros Estructurales.

Por su parte, el ingeniero estructural y presidente de ACHISINA (Asociación Chilena de Sismología e Ingeniería Antisísmica), Marcial Baeza, propone algo más sencillo para lograr mejores comportamientos estructurales: “Respetar la norma NCh 433, especialmente el capítulo dedicado a elementos secundarios, cuyo objetivo es establecer condiciones y solicitaciones y su influencia en los núcleos”.

En resumen, hay dos ítems importantes como la falta de normativa



Glasstech



**Los grandes instaladores trabajan modelos "a pedido" con innovadores diseños que exigen máximas precauciones en el cálculo, ejecución e instalación de las fachadas acristaladas. Innovación internacional: Feria de Milán, Italia.**

actualizada –cuya aplicación es voluntaria– y apropiada para las nuevas construcciones, y la escasez de "control sobre elementos secundarios de un edificio como muebles ubicados cerca de los vidrios que pueden causar daños durante un sismo", asegura Breschi. Tomando estos dos puntos, los profesionales no pueden garantizar absolutamente que los muros cortina no presentarán fallas. Pero afirman que se pueden adoptar diversas consideraciones técnicas para optimizar el desempeño de fachadas acristaladas ante movimientos telúricos.



Sika

### Cuestión de coordinación

Para dar respuesta a las interrogantes sobre el comportamiento de muros cortina es necesario considerar una gran variedad de aspectos, comenzando por el diseño de la estructura donde la coordinación de los profesionales resulta clave.

La elaboración de un muro cortina debe cumplir un proceso básico y conocido: "Diseño, cálculo, modificaciones y luego ejecución", sintetiza Ricardo Torres, presidente de la Asociación Gremial Chilena del Vidrio y Aluminio (Achival) y gerente general de Glasstech. Sin embargo, el profesional subraya la falta de normativas actualizadas y la coordinación de los profesionales involucrados en un proyecto de muro cortina de reducidas dimensiones.

En primer término, la responsabilidad recae en la empresa encargada de la ejecución del muro cortina, que debe responder en caso de fallas. Este contratista de especialidades pide una revisión de la memoria de cálculo del cerramiento al calculista de la obra, un proceso que no siempre se realiza en forma eficiente. "El trabajo del calculista del edificio llega hasta donde el mandante lo estime necesario, generalmente nos piden que revisemos el proyecto de muro cortina ya diseñado, lo que resulta una asesoría al mandante. Como función imprescindible, el calculista del edificio debe proveer infor-

mación a la empresa que ejecutará la fachada sobre las condiciones de viento y sismo, las tolerancias a las deformaciones de las losas y los desplazamientos laterales del edificio, y recibe datos sobre el soporte diseñado, que a su vez le impone una cierta fuerza a la estructura", explica Marianne Küpfer, ingeniera civil de René Lagos y Asociados. La profesional agrega que la estructura debe ser capaz de proveer el soporte necesario al muro cortina y éste no debe cambiar el concepto estructural diseñado.

El intercambio de información básica entre ingenieros es habitual, pero ante la ausencia de normas actualizadas, las revisiones se basan principalmente en la experiencia de los profesionales del proyecto. "Salvo en los edificios más significativos, no es habitual diseñar los muros cortina con memoria de cálculo porque los mandantes no siempre la exigen, incluso algunos no cuentan con especificación técnica", asegura Jorge Cholaky, ingeniero civil y coautor del Manual de muros cortina de la CDT. Efectivamente el intercambio de información y la coordinación no es la regla, según los ingenieros. "A los calculistas se nos considera sólo con respecto a la estructura del edificio y en escasas ocasiones se nos comenta sobre los elementos secundarios", sentencia Marcial Baeza.

Pero ojo que no en todos los casos ocurre lo mismo. "Nosotros entregamos la memoria de cálculo con los resultados de tensiones de trabajo y deformaciones del aluminio, cristales, esfuerzos de corte y tracción en los anclajes que cumplen con la normativa vigente (NCh 433, NCh 2369, NCh 431, NCh 432, NCh 135, Nch1537), después de realizar el estudio de cargas permanentes y eventuales que afectarán durante la vida útil al edificio, para que esta memoria sea aprobada por el calculista del proyecto. Este estudio de cargas se realiza después de procesar algunos parámetros que debe entregar el calculista, tales como períodos de vibración del edificio, desplazamiento máximo entrepisos, calidad del hormigón a utilizar, zona sísmica en que se emplaza el edificio, y presión de viento, entre otros. Éstos son utilizados para determinar las fuerzas horizontales y verticales que



**Solución:**  
Pegado de paneles con sistema de pegado elástico para el montaje de paneles de fachada.

Sika



**Innovaciones Internacionales:**  
Arriba Izquierda, aplicaciones en edificios de Holanda y Gran Bretaña. Abajo, un proyecto en Alemania.

Fotos gentileza: Sika

actuarán en el muro cortina”, explica, José Vergara, jefe de proyectos de Ingewall. “Los edificios con muros cortinas requieren tecnología con sofisticado nivel de diseño e ingeniería. Estados Unidos representa uno de los países líderes en este tipo de obras con gran desarrollo en normativas y prácticas, importantes de considerar y cumplir”, explica Álvaro Llopart, director de TTA.

Los especialistas aseguran que los grandes proyectos cuentan con mayor supervisión sobre la aplicación de cálculos, ensayos y normativas de los elementos que componen los muros cortina. Sin embargo, las obras de menores dimensiones presentan una situación más compleja en caso de no contar con asistencia técnica adecuada. “Se debe poner especial atención en los proyectos menores que no trabajan con empresas instaladoras, y carecen de personal capacitado, donde adicionalmente la ITO no cuenta con una lista de chequeo. Hay mucha transmisión de experiencia del modo de ejecutar el muro

cortina, lo que no es posible para un proyecto de gran complejidad donde intervienen varias especialidades”, asegura Cholaky.

Para garantizar la asesoría técnica de todo tipo de muros cortina, se han alzado iniciativas entre los profesionales del sector. “Nuestra petición consiste en incorporar el cálculo del muro cortina como una estructura más del edificio, lo que permitiría tratarlos como parte de un sistema integral y no centrado en aspectos de una estructura aislada, como ocurre actualmente. Así el cálculo sería responsabilidad del ingeniero de la obra, y no dependeríamos de la información que dominan los proveedores”, propone Juan Sabbagh, presidente del Colegio de Arquitectos.

### **Materiales adecuados**

El segundo paso es la decisión sobre los materiales que se usarán en el proyecto. El muro cortina presenta dos sistemas de montaje más utilizados, el tradicional o stick y el modular o frame. El tradicional se compone de un kit de elementos que son armados in situ, mientras el frame es armado en planta. Cada material del sistema exige el cumplimiento de normativas y certificaciones específicas, ensayos y la supervisión en la instalación de diversos materiales.

Las **columnas o mullions**, definidas como los elementos verticales de la estructura portante del sistema, se diseñan de aluminio y en algunos proyectos puntuales de acero inoxidable. En el mercado hay



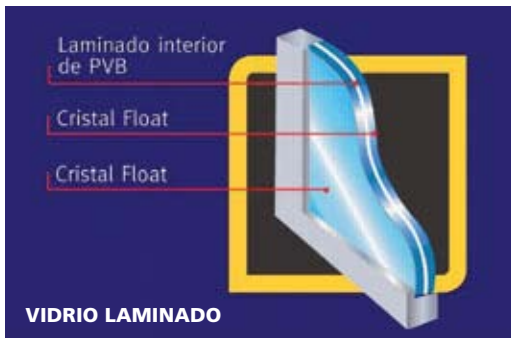
# Shell le puso COLOR al Asfalto



Shell Bitumen



**Pegado de paneles.**



Sika  
Lirquén

“La elaboración de un muro cortina debe cumplir un proceso básico y conocido: Diseño, cálculo, modificaciones y luego ejecución”

diferentes tipos según forma, espesor, momento de inercia –propiedad geométrica del elemento– y la forma de fijación a la estructura central. En el país se utilizan dos tipos de aluminios para mullions de acuerdo a su aleación y resistencia, el aluminio 6063 T5 y el 6061 T6.

Respecto de los acabados superficiales se dispone de perfiles anodizados (plata mate, titanio, bronce) y pintados, según la elección del mandante o arquitecto. Los espesores del acabado son definidos en función de las especificaciones técnicas del proyecto.

Por las características del material es importante seguir recomendaciones para diversos ambientes, incluyendo los costeros, “en este caso Indalum recomienda un espesor de anodizado mayor a 18 micrones”, explica Cholaky. Por otra parte, el aluminio puede estar sometido a diferenciales de temperatura de hasta 50 grados, lo que implica una dilatación. Por ejemplo, si se considera un coeficiente de dilatación de  $24 \times 10^{-6} \text{ mm } ^\circ\text{C}$ , en un metro se obtiene casi 1 mm de dilatación por cada 50 grados Celsius.

Los mullions de acero exhiben nuevos desarrollos alentados por los cambios en diseño. “Los arquitectos requieren innovación, las novedades van por las tecnologías, ingeniería, productos y software, que permiten proyectar diseñar y construir fachadas con nuevas formas y expresiones, algunas especialmente complejas. En cuanto a sismo pueden ser muy diferentes, en formas, requerimientos o prestaciones, la principal exigencia está dada por la flexibilidad de la obra. Algunas se diseñan para una flexibilidad del orden de los 15 mm, y otras de 35 mm de movimiento relativo entre pisos contiguos. La vir-

tud de los muros cortinas es que se pueden diseñar para los requerimientos más diversos, prácticamente sin límites” comenta Llompart. (ver recuadro Lo nuevo)

En cuanto a consideraciones técnicas, resulta fundamental el cálculo de las canterías que irán entre mullions y vidrios. “Es importante definir las canterías entre los paños o vidrios de cristales para evitar que al deformarse por viento, sismos o temperaturas, se produzcan encuentros cristal con cristal, cristal con metal y cristal con hormigón que pueden producir daños a la obra”, señala Cholaky. En cuanto a consideraciones técnicas, el arquitecto Juan Sabbagh propone: “Los elementos del muro cortina como mullions, siliconas y anclajes deben certificarse en cuanto a capacidad y duración”.

Otro aspecto fundamental del sistema son los **anclajes**. “Los anclajes unidos a la estructura con pernos químicos –incluyen perforación y aplicación de resinas–, pernos de expansión u otros elementos. Su objetivo es soportar la combinación de cargas del muro cortina tales como peso propio, sobrecarga, viento y sismo, para luego transmitir correctamente estos esfuerzos a la estructura principal del edificio. Produciéndose en el perno de anclaje la interacción de fuerzas de corte y tracción que tienden a sacarlo del empotramiento. La interacción de ambos esfuerzos se verifica al sumar los cuocientes de los esfuerzos de trabajo por sus tensiones admisibles (corte y tracción respectivamente) cuyo resultado debe ser inferior o igual a 1.0, asegurando que el perno está trabajando correctamente. Para esto es importante evaluar los parámetros entregados por el calculista”, señala Vergara.

Es esencial calcular los anclajes al momento de realizar la estructura de hormigón puesto que cualquier improvisación puede costar caro. “En el Manual de muros cortina pusimos especial énfasis en la necesidad que los proyectos tengan una memoria de cálculo que verifique los perfiles, sellos, espesores de vidrios y sobre todo,



**Luis Corvalán,**  
arquitecto.



**Marianne Küpfer,**  
ingeniera estructural.



**Leopoldo Breschi,**  
ingeniero estructural.



**Juan Sabbagh,**  
presidente Colegio de  
Arquitectos.

anclajes" destaca Cholaky.

Un elemento que acompaña a los paños o vidrios son los **burletes**, usados para fijar el cristal en la periferia perimetral de vanos y para el contacto de la estructura portante. Éstos se fabrican de EPDM. "Se debe usar los burletes adecuados porque se pueden producir aguas de infiltración y si no hay evacuación en los destajes de la periferia de aluminio, se producirán empozamientos de agua que podrían afectar los sellos perimetrales de los doble vidrios herméticos", explica Cholaky.

Las **siliconas** son otro ítem que requiere una supervisión especial. Se constituyen básicamente de un polímero inorgánico en base química de silicios, las de uso más común son de dos tipos según su función: Climáticas y estructurales.

Estos elementos se comenzaron a aplicar en los 70's y llegaron al país a comienzos de los 90's. "Se desarrolló una línea de productos para mantener los vidrios de los muros cortina en su lugar y a la vez dar flexibilidad para absorber los movimientos", explica Sergio Wertheim, jefe de Industry de Sika.

Como se trata de un elemento tan importante en el sistema, los fabricantes se aseguran de realizar ensayos periódicos: "Si falla una silicona podemos identificar el tipo de material, el día que se fabricó y cómo se comportó, es decir, podemos hacer una trazabilidad del elemento", cuenta Pelayo Lavín, vicepresidente de Accura Systems.

Lo que está pendiente en esta materia es el desarrollo de normativa chilena más específica puesto que hay sólo disposiciones generales sobre siliconas, y la industria local se rige por la normativa extran-

jera, específicamente ASTM C- 1184, ASTM C- 1135 y ASTM C-1401-02 y ASTM 1249 -93 (2000) (\*\*\*) "No existe una norma sobre cómo fiscalizar la instalación de un muro cortina, por lo que se trabaja con una confianza casi ciega en el instalador", replica Pelayo Zabala, ingeniero estructural y socio de PYS Ingenieros Asociados. Al respecto, Jorge Cholaky recuerda que el Manual de muros cortina de la CDT, recomienda disponer de selladores inorgánicos y evitar los orgánicos como polisulfuros, poliuretanos, acrílicos y polímeros compuestos por moléculas de carbono que se degradan, fisuran, y acortan, bajo la acción del UV y del ozono.

Los sellos climáticos, que actúan como barrera impermeabilizante sobre la superficie del muro cortina, requieren el uso de un cordón de respaldo (típicamente polietileno, de celda cerrada o abierta).

Las siliconas de tipo estructural, que adhieren los vidrios sobre los perfiles de aluminio o acero que conforman el muro cortina, presentan diferentes variantes y dependerán de las dimensiones del cordón de sello: Las bicomponente, que se aplican con bomba pueden demorar de 1 a 5 días en curar, y las monocomponente que curan por acción de la humedad del aire, pueden tardar de 5 a 15 días.

Estos materiales, incluyen procedimientos más acabados. "Una revisión de planos que permita controlar las dimensiones de juntas para soportar el panel, control sobre el material que debe ser aplicable y accesible. A esto se suman ensayos de adherencia y compatibilidad de todos los materiales –incluyendo calzos y burletes– que están en contacto con la silicona estructural, y por último el control de

BIT 51 NOVIEMBRE 2006 ■ 21

## indalum® TECNOLOGÍA Y DISEÑO EN ALUMINIO

Edificio Clínica Alemana  
Avenida Vitacura N° 5951  
Las Condes  
Constructora Sigro  
Fabricante Ingewall  
Chile Ltda  
Arquitectos:  
Gustavo Greene  
y Marcela Quilodram

Edificio Isidora Foster  
Isidora Goyenechea 3477  
Constructora Sigro  
Fabricante TTAMC S.A.  
Arquitecto: Marcos De Iruarrizaga



Edificio Centro de Justicia de Santiago  
Avenida Pedro Montt N° 1606 – Santiago  
Constructora OHL  
Fabricante Ingewall Chile Ltda  
Arquitectos: Cristian Boza y José Macchi



Edificio Neruda  
Rosario Norte N° 615  
Las Condes  
Constructora Ignacio Hurtado  
Fabricante TTAMC S.A.  
Arquitectos: Luis Corvalán y A4  
Arquitectos Asociados



**Indalum S.A.** dispone de un catálogo técnico con soluciones públicas para proyecto de fachadas medianas que son ejecutadas por los fabricantes especializados a lo largo del país. Además ofrece un servicio de fabricación de matrices para todo aquél proyecto que requiera diseños especiales y de alta extrusión incluyendo sus acabados en anodizado o pintura en polvo. Si usted desea contar con nuestro apoyo técnico en el diseño y extrusión de perfiles de aluminio, no dude en llamarnos al fono (56-2)-751 0621, o bien si le resulta más cómodo, escribanos a nuestro sitio: [www.indalum.cl](http://www.indalum.cl)





Accura Systems

**La responsabilidad del cálculo de las fachadas recae en la empresa encargada de la ejecución del muro cortina, que debe responder en caso de fallas. Es usual que se pida una revisión de la memoria de cálculo del cerramiento al calculista de la obra.**



Glasstech

calidad, donde se examina que los paneles han sido instalados correctamente y que las juntas no presentan fallas”, detalla Alberto Chiavarini, Sales Application Engineer de Dow Corning Core Products, empresa que garantiza por 20 años las siliconas estructurales y por 10 las climáticas. Tras el vencimiento de las garantías, se realizan revalidaciones a cargo de un consultor especialista, siguiendo las normas ASTM C- 1392 y ASTM C- 1394. “En la industria de selladores se entregan garantías de hasta 20 años porque no hay modelos predictivos precisos sobre el comportamiento de silicona estructural de más de 40 años de uso. Sin embargo, en Estados Unidos hay programas de monitoreos de sellos de GE Silicones que superan los 35 años y han reportado mínimas alteraciones de propiedades elásticas y mecánicas”, comenta Cholaky.

Las siliconas pueden colocarse en terreno o en fábrica. “Si el personal no está calificado para actuar en terreno, y el diseño no permite que la limpieza sea simple, es preferible realizar el sellado en fábrica”, recomienda Jorge Cholaky. El sistema bicomponente se utiliza en fábrica cuando hay que producir una gran cantidad de vidrios para un edificio. Para una prolongada adhesión, los fabricantes recomiendan seguir el proceso al pie de la letra, es decir, respetar el diseño de la unión, tanto las dimensiones proyectadas para el sellador, como la utilización de los materiales prefijados y probados. Además, cada elemento se debe limpiar de manera adecuada, unir las piezas en los tiempos recomendados, y almacenar las unidades ensambladas en las condiciones y por el tiempo aconsejado para que el adhesivo cure. “En obras menores, de 20, 30 ó 50 vidrios, se puede acondicionar un lugar limpio y tener un equipo reducido de personal capacitado que utilice silicona estructural de un componente en terreno, pero cuando se trata de un edificio con cientos de vidrios, se recomienda hacerlo en fábrica con la silicona estructural de dos componentes para controlar adecuadamente el proceso de aplicación, la limpieza de las superficies y el lugar de trabajo”, explica Wertheim.

Asegurando la coordinación entre los actores involucrados y la elección de materiales basada en elementos técnicos, podríamos pensar que lo más complejo quedó atrás. Pero como dijimos al comienzo, no es llegar e instalar. El Manual de muros cortina, aconseja planificar en terreno la recepción del cerramiento, coordinando –nuevamente- a tres actores esenciales: Empresa constructora, contratista de especialidades responsable de la ejecución del muro cortina e inspección técnica en obra. Independiente del sistema de montaje, en terreno se realizan diversas faenas que requieren supervisión técnica, aseguran los especialistas. (Más información sobre instalación y mantenimiento de muros cortina en Revista BiT N° 39, noviembre 2004, [www.revistabit.cl](http://www.revistabit.cl))

**En la mira técnica**

Un material fundamental en los muros cortina son los **vidrios o paños**, que constituyen la piel visible del sistema. Hay de tres tipos más utilizados, los float o crudos, templados y laminados, los últimos dos correspondientes a vidrios de seguridad. El vidrio crudo se consigue básicamente con materias primas como arena silícica, soda y otros elementos que se mezclan a una temperatura y atmósfera controlada.

El templado se produce a partir de un vidrio float, el que ha sido



**World Trade Center: Un caso emblemático de muro cortina en Santiago.**

siempre se encuentran presentes en la superficie del vidrio. Los esfuerzos más comunes que soportará un vidrio en su vida útil son, precisamente, los de tracción como presión de viento, personas que se apoyan o caen sobre el vidrio. Por medio del tratamiento térmico se logra obtener una mayor resistencia a la tracción, ya sea mecánica o térmica”, detalla Rodrigo Varas, gerente comercial de Vidrios Lirquén.

calentado uniformemente a una temperatura superior a los 650 °C y enfriado rápidamente soplando aire frío sobre sus caras. Como resultado el vidrio templado presenta un estado de tensión inducida, con una tensión de compresión del orden de 80 a 150 N/mm<sup>2</sup>. Para que un vidrio templado sea considerado de seguridad debe presentar una tensión superficial no menor a 100 N/mm<sup>2</sup>. “La rotura de un vidrio se produce por un excesivo esfuerzo de tracción sobre la superficie de sus bordes, o por una sobretensión en las micro fisuras que

Por su parte, el vidrio laminado consiste en dos vidrios crudos unidos por una capa de polivinil, constituyendo un sándwich. “Están formados por dos o más hojas de float (incolores o color, crudo o templado), unidas entre sí por la interposición de una o varias láminas de Polivinil de Butiral (PVB, que posee propiedades de adherencia, elasticidad y resistencia a la penetración y desgarro), polímero ultra resistente aplicadas bajo presión y calor en un horno autoclave”, explican en Lirquén. A estas variedades se han sumado innovaciones en el mercado nacional e internacional (Ver recuadro: Lo nuevo).

En cuanto a roturas o quiebres es importante considerar que los vidrios se instalan aplicando silicona estructural en los cuatro lados del paño. Para que se produzca el desprendimiento y caída de uno de los cristales, debería ocurrir algo infrecuente como el despegue completo de los lados adheridos. Por otra parte, hay vidrios que se instalan a través de burletes, sin silicona estructural.

Los quiebres difieren en uno u otro tipo de vidrio. En el caso de los crudos se desprenden en astillas o pedazos grandes, los vidrios templados se pulverizan y caen como pequeños trozos de azúcar, y los laminados, tipo parabrisas de auto, se quiebran pero permanecen sujetos a la estructura. “Ante un impacto sobre vidrio laminado, la película de PVB absorbe la energía del choque al mismo tiempo que mantiene su adherencia. Así los trozos de vidrio no se desprenden y el conjunto se mantiene en el marco. El espesor de PVB estándar es 0,38 mm, y para aplicaciones especiales se utilizan espesores de 0,76, 1,14 y 1,52 mm”, explican en Lirquén.

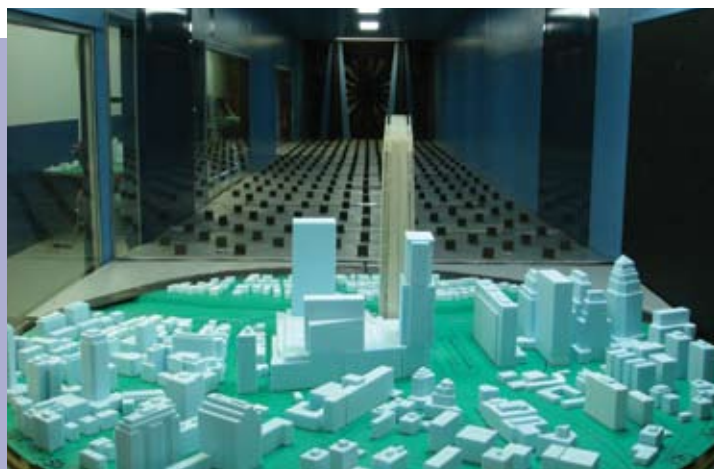
El debate técnico se enciende justamente sobre el uso de uno u otro

## SOPLA EL VIENTO

Más allá de los sismos, el viento resulta decisivo en edificaciones de gran altura. En el proyecto Costanera Center, de 300 m de altura, y 56 pisos de 4,10 m de altura entre pisos, se tomaron consideraciones especiales sobre este factor. “En el país hay una normativa de vientos bastante antigua y para construcciones bajas. Por ello, para analizar en detalle el efecto del viento en el diseño de la estructura, pedimos al mandante un ensayo de túnel de viento que se realizó en Canadá. En cuanto al diseño de la estructura, el resultado fue que éste no era controlado por vientos, sino por sismos, una situación habitual. En cambio, en el muro cortina la fuerza del viento resultaba fundamental”, comenta Marianne Küpfer.

Aunque los costos del ensayo de túnel de viento son elevados, los ingenieros aseguran que resultan muy útiles y permiten obtener datos precisos sobre el comportamiento de las estructuras y los muros cortina. El ensayo consiste, básicamente, en el desarrollo de una maqueta a escala, que se somete a una determinada condición de viento para evaluar las presiones que genera este agente. “La carga de viento se dirigirá a los puntos de apoyo de los paños y dependerá del diseño del edificio. Si hablamos de un atrio de doble altura, la superficie expuesta al viento es mayor entre los puntos de apoyo y tiende a exigirlo más”, aclara Breschi.

“Por costumbre revisamos el proyecto de muros cortina en todas las obras y contamos con especificaciones técnicas especiales para cerramientos, que contienen referencias básicas como las tolerancias del edificio”, indica Küpfer. La profesional agrega que es importante ponerse de acuerdo antes de ejecutar el cerramiento. “Por ejemplo en cuanto al viento, la norma hace diferencia entre el cálculo de viento en ciudad y campo abierto, que es mayor y llega directamente, y en ocasiones cuando nos parece que un edificio ejecutado en Santiago se encuentra más expuesto, pedimos que se realice el cálculo del muro cortina considerando la norma de vientos en campo abierto”.



**Ensayo de túnel de viento edificio Costanera Center.**

## LO NUEVO

Las innovaciones en muros cortina están principalmente en los diseños, sin embargo una gran variedad de materiales son responsables de los resultados. Los sistemas con soportes de acero inoxidable (arañas), cuentan con un mecanismo rotulado que soporta la superficie vidriada. Este sistema reemplaza a los tradicionales sistemas de mullions horizontales, y su ventaja es que obtiene superficies más limpias y estructuras más pequeñas. Un ejemplo es el Hotel Miramar en Viña del Mar, V Región, cuyo muro cortina presenta un novedoso sistema de soporte de cristales de distintas dimensiones y en distintos planos, por medio de arañas diseñadas especialmente para el proyecto. Estos elementos requieren cálculo estructural detallado y simulado a través de softwares especiales.

Otra novedad son los cables, que contribuyen a obtener un muro cortina casi transparente y una estructura más esbelta. Esta estructura requiere de una pretensión del orden de 8 a 10 toneladas, lo que obliga a integrar en el perímetro un elemento estructural importante. La malla tensada cuenta con soportes de cristal que absorben movimientos y soportan el peso propio y las cargas externas sobre los vidrios.

En cuanto a materiales “lo que nos impacta son los cristales y paneles donde hay una amplia gama”, asegura el arquitecto Luis

**Anclajes, burletes, siliconas y vidrios son los elementos imprescindibles en las fachadas acristaladas.**

tipo de vidrio en los muros cortina, frente a sollicitaciones sísmicas. La discusión ha estado marcada en el último tiempo por la presentación de un proyecto ley que exige el uso de vidrios inastillables en construcciones en altura que presentan fachadas acristaladas, que se encuentra en estudio en la comisión de Vivienda de la Cámara de Diputados. Pelayo Lavín de Accuratec reconoce que “la moción nos afecta porque pone un signo de duda sobre la calidad de las ejecuciones e instalaciones de muros cortina que se han realizado hasta ahora. Sin embargo, desde el punto de vista comercial nos convendría que se cambiaran los vidrios de los muros cortina crudos a templados y laminados, pero la propuesta no tiene sustento técnico”. Álvaro Llompart de TTA agrega: “El proyecto de ley presentado, considera que todas las fachadas son iguales y los cristales se romperán, sin embargo hay todo tipo de muros cortinas. No hay limitaciones en cuanto al diseño y requerimientos, muchos edificios han sido proyectados por empresas capacitadas, que trabajando estrechamente con los arquitectos y calculistas, han desarrollado las fachadas con una ingeniería adecuada para responder con certeza a los requerimientos sísmicos, sin riesgo para los cristales. De hecho así lo demuestra la historia registrada de



Corvalán. Una novedad son las fachadas de cristales curvos, donde lo que cambian son los bordes de los paños y cuyos cálculos estructurales se realizan tal cual las tradicionales.

Por su parte en el mercado hay vidrios high performance con un grado de reflexión mínima y alta transmisión de luz visible. “Estos vidrios especiales combinan el control solar y térmico en un solo cristal, con alta transmisión lumínica y una gran transparencia”, explica Rodrigo Varas de Lirquén. Otra innovación es un cristal de baja emisividad que se emplea como cristal interior de unidades de DVH (Doble Vidriado Hermético), mejorando un 67% el aislamiento térmico, comparando un vidrio común con un DVH con una de sus caras con un cristal de baja emisividad. (Más información: [www.vidrioslirquen.cl](http://www.vidrioslirquen.cl))

El ingeniero Pelayo Zabala cuenta su experiencia en la Municipalidad de Las Condes. “El acceso principal de triple altura, es decir 9 m, diseñamos una piel de vidrio con costillas igualmente de vidrio. El material se calculó para que resista como una viga con un espesor de 12 mm, y perforaciones que le otorgan dilatación al vidrio que va prensado, entre pernos, como si fuera un sándwich”.

los últimos sismos importantes en el mundo”.

En contrapartida Ricardo Torres argumenta: “Si bien los vidrios crudos no se quiebran por efecto del sismo sino por otros factores que pueden ocurrir durante un movimiento telúrico, el quiebre es un riesgo que no se puede correr”.

Además de las opiniones en torno a uno y otro material, están los costos que implicaría un cambio. “Obviamente hay intereses comerciales detrás de este tema que se está discutiendo hace años. Sin embargo, en este caso los intereses comerciales coinciden con los naturales aunque me temo que esto se transforme en una ley específica”, comenta Sabbagh.

Pero vamos a los datos duros (Ver tabla Costos comparativos de vidrios, pág 24). “Un vidrio laminado cuesta alrededor de dos veces más que el crudo corriente. Aunque la impresión inicial será dos veces más caro, sin duda esto se paga por las ventajas térmicas, acústicas y de seguridad de estos vidrios”, asegura Rodrigo Varas.

Por su parte Ricardo Torres, de Glasstech entrega otros datos: “El diferencial entre un muro cortina de vidrio crudo con uno templado no excede el 5% del costo del proyecto en su totalidad, y si consideramos las reposiciones que habría que hacer en caso de quiebres del cristal crudo, el costo sería mucho mayor”.

Volvamos a lo técnico. “Es importante aclarar que el sismo golpea sobre la estructura, es decir, muros, pilares, vigas. El muro cortina debe acompañar el movimiento del edificio producto del sismo y no soportarlo. El gran reto consiste en cómo conectar el muro cortina a la estructura de manera de permitir flexibilidad, con conexiones rígidas, que a la vez deben permitir desplazamiento”, explica Kúpfer. “Independiente del tipo de vidrio, si se toman las consideraciones adecuadas para deformaciones no deberían explotar durante un sismo. Ojo

### COSTOS COMPARATIVOS DE VIDRIOS

TIPO DE VIDRIO	
Normal	100%
Templado	2 veces uno Normal
Laminado	2 veces uno Normal
DVH	3 veces uno Normal

Fuente: Lirquén en base a plancha estándar 360 x 250.

que no se puede diseñar un vidrio para que sostenga el edificio, es una estructura que debe acompañar el movimiento del edificio. El vidrio no puede sufrir deformaciones ya que tiene cero ductilidad y cero flexibilidad. Lo que debe resistir es el conjunto compuesto por elementos estructurales y anclajes”, aclara Breschi. “El vidrio es un panel rígido con un marco de aluminio flexible, la silicona provee de una conexión de alta resiliencia, con capacidad de absorber mucha energía de deformación en breves instantes”, agrega Cholaky.

Ambos profesionales aseguran que hay elementos que escapan del control estructural por lo que sería recomendable incluir vidrios inestables en zonas que requieren mayor seguridad, como colegios, hospitales, halls y grandes atrios, entre otros.

En cuanto a la normativa local, la NCh 135/2 Of97 sobre “Vidrios planos de seguridad para uso en arquitectura”, en su segunda parte de “Especificación y aplicación en áreas susceptibles de impacto humano”, recomienda el tipo y el espesor del vidrio en áreas vidriadas de forma de garantizar seguridad frente a un impacto accidental. La norma establece las zonas de riesgo y determina, para cada una de ellas, el tipo de vidrio de seguridad que debe utilizarse. La norma NCh 135/1. Of98 que se refiere a toda aquella aplicación de vidrios de seguridad “que permita minimizar las consecuencias de accidentes como producto de su rotura accidental o premeditada”.

Al parecer los esfuerzos por mejorar los estándares y la regulación de la construcción de fachadas acristaladas están creciendo, pero aunque la legislación toque hasta el mínimo detalle, siempre depende. Dependiente, tal como lo decíamos al comienzo, del aporte de los profesionales.

## Conclusiones

Los muros cortinas constituyen un elemento complejo e importante que presenta altos requerimientos en diseño y ejecución. Una situación habitual especialmente en empresas que ejecutan grandes proyectos.

En relación al comportamiento de estas estructuras es necesario considerar una gran variedad de aspectos como la coordinación entre los profesionales del sector, el uso e incentivo de nueva normativa sobre materiales, y la supervisión técnica durante el montaje y la mantención.

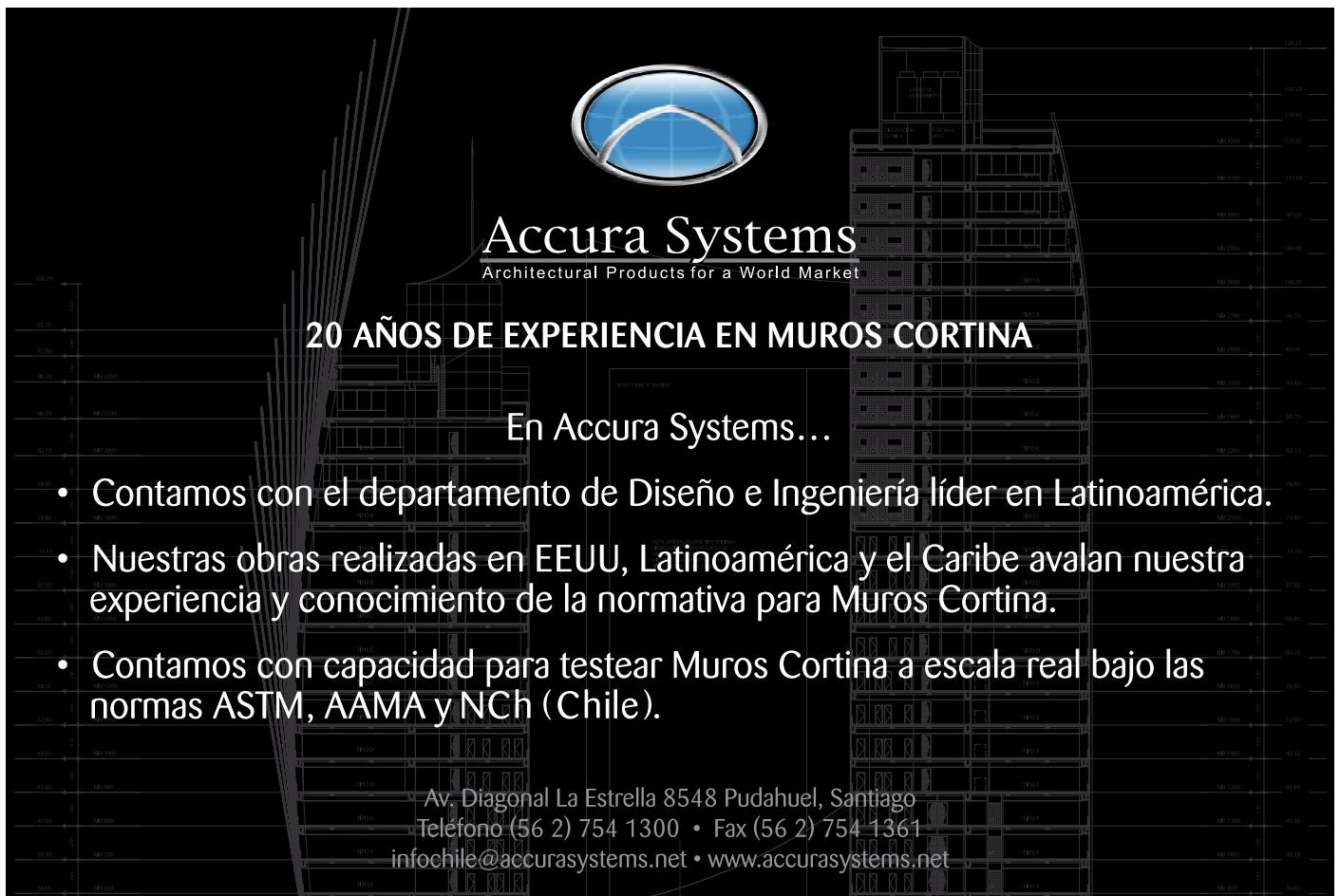
Los elementos fundamentales son los mullions, vidrios, las siliconas y los anclajes. El cálculo estructural del muro cortina debe considerar información como la tolerancia de deformación del edificio frente a un sismo. ■


[www.ingewall.cl](http://www.ingewall.cl) / [www accurasystems.net](http://www accurasystems.net) / [www.glasstech.cl](http://www.glasstech.cl)

(\*) Definición del Manual “Recomendaciones técnicas para el diseño, fabricación, instalación y mantención de muros cortina”, desarrollado por el Grupo Técnico de Muros Cortina y recientemente editado por la Corporación de Desarrollo Tecnológico de la Cámara Chilena de la Construcción. Más información sobre el documento técnico en Publicaciones y Web, pág 110.

(\*\*) Períodos de vibración, oscilación de las estructuras de un edificio que tienden a aumentar durante un sismo.

(\*\*\*) Normas ASTM C1135, Método estándar de ensayo para determinar las propiedades de resistencia a la tracción de los selladores estructurales/ ASTM C 1184, Especificación estándar para los selladores estructurales de silicona/ ASTM C 1401, Guía estándar para selladores estructurales de vidrios.



  
**Accura Systems**  
Architectural Products for a World Market

**20 AÑOS DE EXPERIENCIA EN MUROS CORTINA**

En Accura Systems...

- Contamos con el departamento de Diseño e Ingeniería líder en Latinoamérica.
- Nuestras obras realizadas en EEUU, Latinoamérica y el Caribe avalan nuestra experiencia y conocimiento de la normativa para Muros Cortina.
- Contamos con capacidad para testear Muros Cortina a escala real bajo las normas ASTM, AAMA y NCh (Chile).

Av. Diagonal La Estrella 8548 Pudahuel, Santiago  
Teléfono (56 2) 754 1300 • Fax (56 2) 754 1361  
[infochile@accurasystems.net](mailto:infochile@accurasystems.net) • [www accurasystems.net](http://www accurasystems.net)