

LA INTRODUCCIÓN DE UN SISTEMA DE FACHADA VENTILADA CON PANELES CERÁMICOS EN BRASIL: DE LA IDEA A LA PRÁCTICA

Jonas Silvestre Medeiros

Ingeniero Civil, Doctor en Ing. Civil y en Tecnología de la Construcción,
Director Técnico de Inovatec Consultores Associados Ltda.
São Paulo – Brasil

jonas@inovatecconsultores.com.br

RESUMEN

Las fachadas ventiladas han sido tema de debate entre los arquitectos e ingenieros civiles en Brasil durante al menos la última década. Se han realizado varios intentos, especialmente por parte de la industria cerámica, de introducir esta tecnología en el país pero se han obtenido pocos resultados. Este documento presenta la introducción del primer sistema ventilado con paneles de cerámica extrudida en el país y muestra cómo se han tomado en cuenta algunos atributos claves en el proceso de selección. Asimismo, se comentan también algunas características importantes de las fachadas ventiladas y se presentan algunos aspectos del diseño y de los detalles de la construcción.

1. EL MERCADO DE LA CONSTRUCCIÓN EN BRASIL EN LA ACTUALIDAD

En 2004 hemos hablado sobre la posibilidad de presentar un sistema de fachada ventilada en Brasil (SIQUEIRA; MEDEIROS, 2004). Desde entonces se han realizado varios intentos, especialmente por parte de la industria cerámica local, de introducir esta tecnología en el país.

A pesar de la realización de algunos trabajos, ninguna de estas iniciativas ha tenido éxito, ya que no se ha establecido ningún sistema. ¿Por qué una tecnología ya difundida en Europa no ha sido introducida todavía? ¿Es un tema técnico o comercial? ¿Qué ha cambiado exactamente?

Actualmente Brasil es un país en auge en el mercado mundial. A lo largo de los ocho últimos años, el mercado brasileño de la edificación ha experimentado un crecimiento nunca antes visto. Un reciente artículo de la revista *The New York Times Magazine* (ROMERO, 2011) explica que "La economía de Brasil se dispara — en parte como resultado del gran apetito de China por sus productos, como por ejemplo, el mineral de hierro y la soja, además del abundante petróleo descubierto recientemente *offshore* (cerca de la costa). Un aumento de los acuerdos comerciales y la fortaleza de la moneda brasileña, el Real, han atraído a los agentes de inversión extranjera y a los gestores de fondos y de capital de riesgo."

Un buen ejemplo del *boom* económico es São Paulo, la ciudad más grande del país, situada en el sureste de Brasil. Se trata de una gran metrópoli con cerca de 20 millones de habitantes, es decir alrededor del 10% de la población de todo el país. CASTELO (2011)

El área metropolitana de São Paulo representa cerca del 35 % del mercado de la construcción del país y cada año se entregan cerca de 700 edificios. REVISTA CONJUNTURA DA CONSTRUÇÃO (2011).

Se pueden encontrar una gran diversidad de soluciones para el revestimiento de fachadas, pero la mayoría de los edificios residenciales de la ciudad están revestidos de pintura y revoques decorativos. Por otro lado en la costa noreste, donde la humedad y las temperaturas son notables, la fachada cerámica es una solución obligatoria para el revestimiento, siendo un material tradicional desde hace mucho tiempo.

Se presentan dos ejemplos de estos tiempos de bonanza en la edificación en las figuras 1 y 2. El primer ejemplo muestra la evolución del número de centros comerciales en el país. Actualmente se están construyendo más de 50 nuevos centros comerciales y deben estar terminados a finales del año 2012. Por otra parte, el mercado interno está creciendo tan rápidamente que la industria está batiendo récord de ventas. ABRASCE (2011), ANFACER (2011)

Este nuevo escenario combina, por primera vez, características únicas que abren la puerta a una gran variedad de oportunidades en el país. Eso incluye la

introducción de nuevas tecnologías para la construcción de edificios y el desarrollo de un nuevo paradigma en términos de viabilidad en la industria de la construcción, que no debe descuidarse.

Evolución de los Centros Comerciales en Brasil

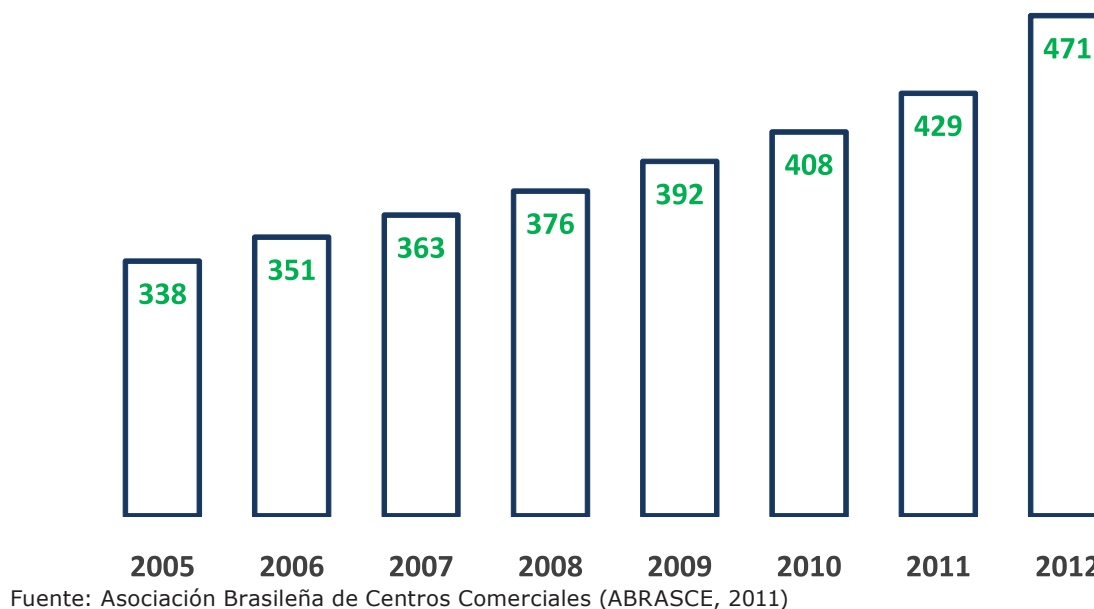
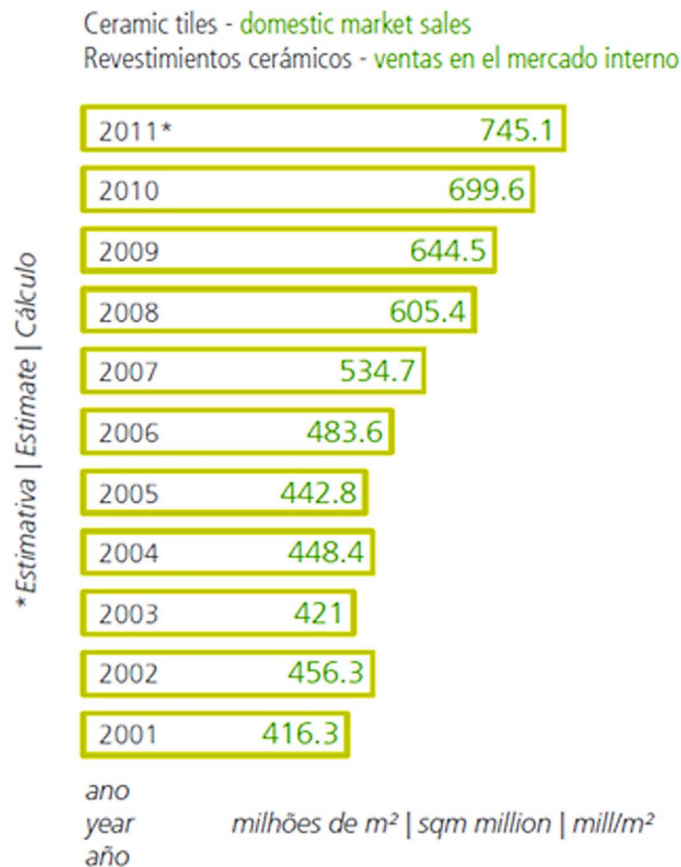


Figura 1. Evolución del número de centros comerciales en Brasil.



Fuente: Asociación Brasileña de Fabricantes de Baldosas Cerámicas (ANFACER, 2011)

Figura 2. Ventas de baldosas de cerámica para el mercado interno brasileño.

2. LA IMPORTANCIA DE LA FACHADA EN LA CONSTRUCCIÓN

Las fachadas juegan un papel importante en el sistema de edificación, no solo porque contribuyen directamente a la estética, sino también por su impacto en el comportamiento final del edificio. También es responsable de una parte importante del coste de la obra. En función del tipo de material y de las características de la construcción, representa en general entre el 6% y el 20%.

El cerramiento exterior es la parte principal del edificio que controla el acceso del calor y de la iluminación al interior. De hecho, la fachada también determina la imagen del propietario del proyecto y la fiabilidad del contratista.

En realidad, la forma en la cual la fachada y el revestimiento exterior se comportan con el pasar del tiempo demuestra lo bien que han sido diseñados y contruidos. El comportamiento a largo plazo es un factor clave para cualquier tecnología de fachada del edificio, especialmente en términos de sostenibilidad.

La mayoría de los recubrimientos de fachada en el mundo se realizan con materiales tradicionales como: ladrillos, baldosas cerámicas y piedra. Estos materiales se colocan normalmente mediante métodos de instalación adheridos.

Cuando están bien preparados y bien instalados, los revestimientos con baldosas cerámicas y piedra pueden durar muchos años y presentar un buen comportamiento. Sin embargo, el éxito no solo depende de los materiales, sino también de la mano de obra cualificada y de la supervisión.

Especialmente en la última década se han desarrollado muchas mejoras para permitir que esos métodos logren mejores resultados en Brasil. Se han evitado muchos de los defectos de cobertura y miles de edificios han sido contruidos con éxito, aunque también se pueden encontrar algunos proyectos problemáticos. La figura 3 muestra dos ejemplos interesantes. Las figuras 4 y 5 muestran dos buenos ejemplos de detalles de fachada.

La mayoría de las fachadas de los edificios brasileños se adhieren y se instalan sobre un armazón de hormigón, acero y de muros de mampostería de relleno. Esto significa que el recubrimiento tradicional adherido se instala necesariamente sobre una superficie heterogénea, donde se esperan movimientos diferenciales. Estos movimientos pueden generar tensiones y grietas que deben ser consideradas por los prescriptores y diseñadores de fachada.

Por otra parte, el recubrimiento tampoco es homogéneo. Se trata de una combinación de capas de materiales adhesivos que endurecen en condiciones variables y funcionan mecánicamente como un cuerpo monolítico. El recubrimiento multicapa adherido sobre un fondo inestable constituye un sistema muy complejo, que resulta difícil de conocer a fondo y cuyo comportamiento y rendimiento a largo plazo son difíciles de predecir.

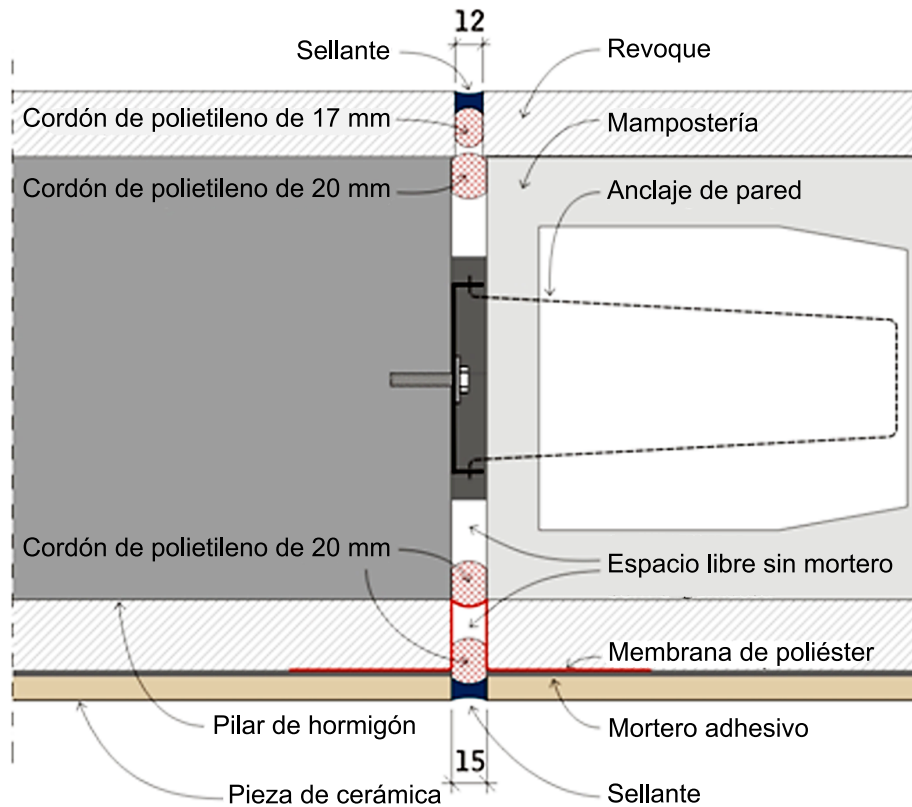
Sobre la base de MEDEIROS (2008), estas limitaciones pueden resumirse de la siguiente forma:

- a) dependencia de la cualificación y precisión humana;
- b) complejidad de los materiales adhesivos de múltiples capas preparados a pie de obra;
- c) dependencia de las condiciones de fraguado de las mezclas de compuestos cementosos;
- d) dificultad de la predicción de la vida útil.



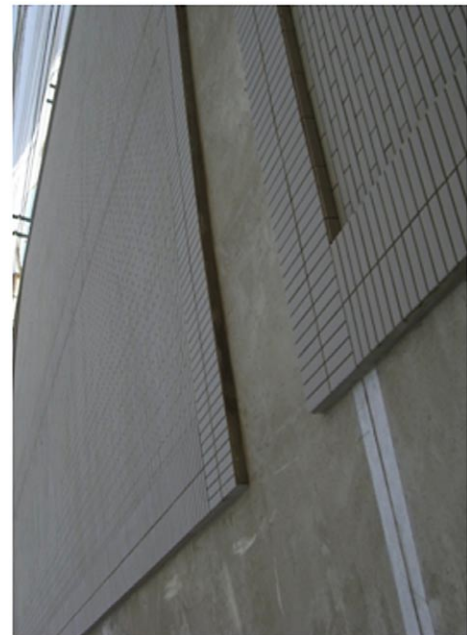
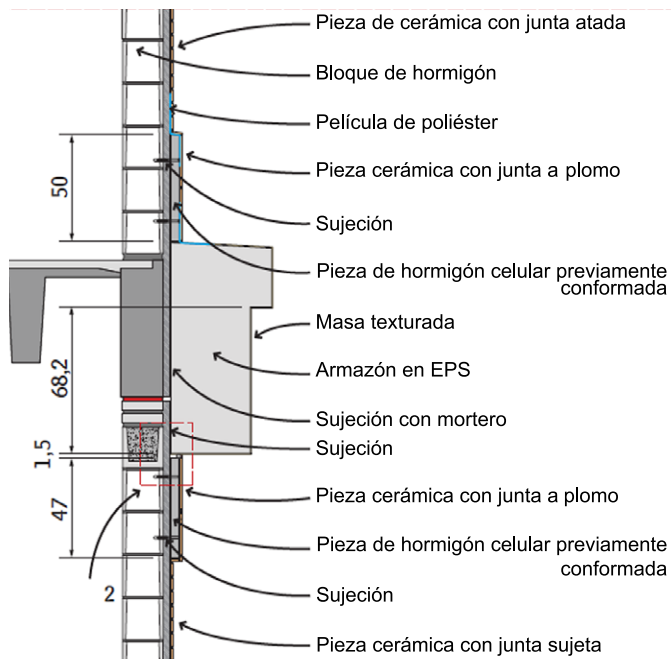
Fuente: Inovatec Consultores Asociados.

Figura 3. Torres construidas con piezas cerámicas adheridas directamente.



Fuente: Inovatec Consultores Asociados.

Figura 4. Detalle del revestimiento adhesivo de fachada: junta de movimiento con membrana de impermeabilización



Fuente: Inovatec Consultores Asociados.

Figure 5. Detalle de fachada: Instalación de armazones decorativos y piezas cerámicas.

3. POR QUÉ LA FACHADA VENTILADA

El concepto de pared ventilada, donde una cámara permanece vacía, parece evidente cuando se aplica a una fachada, pero no lo es. Para considerar que sea ventilada, una fachada de cualquiera material debe crear las condiciones para la salida rápida del aire caliente entre el cerramiento exterior y el cuerpo del edificio.

Si el aire caliente permanece en la cámara, el calor del exterior puede ser transferido por convección dentro del edificio. Por lo tanto, cuanto más eficiente sea el sistema, mejor será la circulación del aire desde el interior hacia el exterior de la cámara interna, como muestra la figura 6.

Esta eficiencia depende de la geometría de las aperturas (superficie, área y distribución) y de las condiciones ambientales alrededor del edificio, como por ejemplo, la velocidad del aire, turbulencia y presión del aire.

En Brasil la fachada ventilada puede tener un papel muy importante ya que el clima cálido prevalece a lo largo de todo el país. Esto puede resultar decisivo para poder ahorrar energía y contribuir directamente a la realización de proyectos sostenibles.

Por otro lado, no es necesaria la instalación de un material aislante, como solemos ver en Europa, ya que el uso de un sistema de calefacción no es muy común en el país. En la figura 6 se explica gráficamente cómo funciona una fachada ventilada.

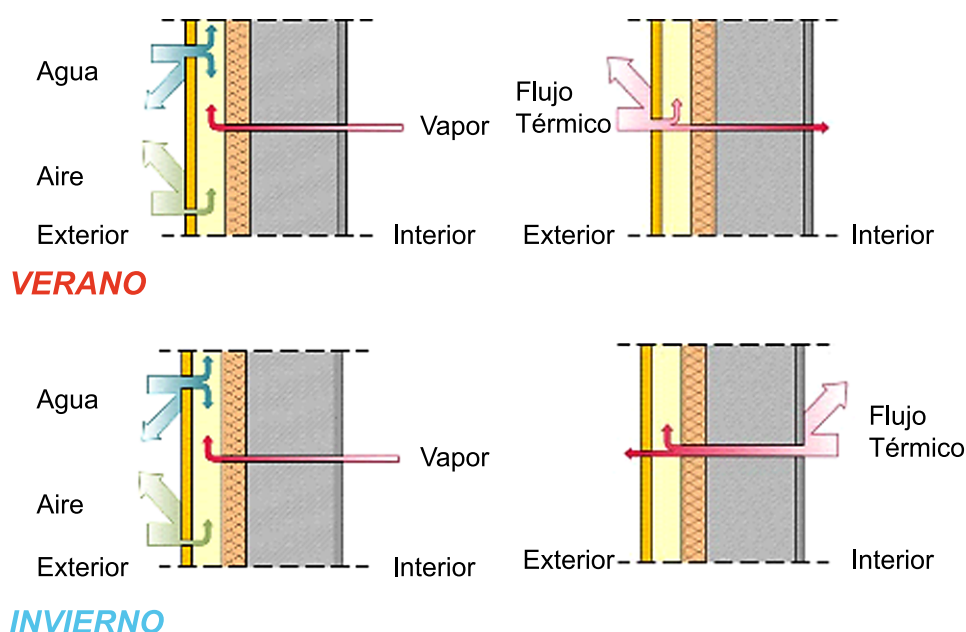


Figura 6. Comportamiento de una fachada ventilada durante el verano (arriba) y en invierno (abajo). El flujo de calor depende de la eficiencia y adecuación del diseño del cerramiento de la fachada.

A pesar de que una fachada ventilada puede ser diseñada con vidrio y piedra, los paneles cerámicos pueden contribuir más que la mayoría de los materiales a mantener el calor en el exterior. Cuando se utilizan paneles extrudidos surgen otras ventajas, descritas a continuación.

4. LA SELECCIÓN DE LOS SISTEMAS DE FACHADA VENTILADA

Seleccionar un sistema de fachada no es una tarea sencilla. Hay un gran número de alternativas con distintas prestaciones y precios. Por lo tanto, la selección de las mejores opciones para un proyecto determinado depende no solo del plan de necesidades del proyecto, sino también de las características de los elementos de la obra, como por ejemplo la estructura, las paredes verticales y las ventanas.

Para poder trabajar con un gran número de variables, se recomienda clasificarlas en categorías. Estas categorías son necesarias para el proceso de selección y pueden ser detalladas según sea necesario. El prescriptor, el arquitecto o el diseñador de fachada pueden crear una tabla de selección personalizada para organizar las categorías. Los atributos técnicos y comerciales pueden clasificarse en varias categorías. La tabla 1 presenta las categorías y sugiere cómo valorar su importancia y, por lo tanto, ponderarlas.

Las tablas 2 a 6 presentan los atributos técnicos mientras que las tablas 7 y 8 presentan los atributos comerciales. Estas tablas se han diseñado para la selección de sistemas de fachada ventilada de una empresa de construcción de edificios residenciales en Brasil.

CATEGORÍA DE ATRIBUTOS	Grado de importancia según los requisitos del proyecto				
	1	2	3	4	5
ESTÉTICA					
CONSTRUCTIBILIDAD					
MANTENIBILIDAD					
RESULTADOS					
CAPACIDAD DE VENTILACIÓN					
CADENA DE SUMINISTRO					
PRECIO					
CONTRATO					

Tabla 1. Importancia (peso) de los atributos técnicos y comerciales para la selección del sistema de fachada ventilada para la edificación residencial.

ATRIBUTOS ESTÉTICOS	Grado de importancia según los requisitos del proyecto				
	1	2	3	4	5
Longitud máxima del panel					
Ancho máximo del panel					
Tamaño personalizado					
Disponibilidad de color					
Texturas y diseños de la superficie					
Precisión de alineación de las juntas verticales					
Visibilidad del perfil vertical detrás de las juntas					
Tolerancia de la geometría del panel					
Absorción de agua (mancha temporal)					
Resistencia a las manchas del panel					

Tabla 2. Atributos estéticos relevantes para la selección de un sistema de fachada ventilada para un edificio residencial.

CONSTRUCTIBILIDAD	Grado de importancia según los requisitos del proyecto				
	1	2	3	4	5
Peso del sistema					
"Inteligencia" del sistema de anclaje					
Precisión de alineación de las juntas horizontales					
Tolerancia del ajuste vertical					
Productividad potencial					
Detalles de fachada previamente resueltos					

Tabla 3. Atributos relevantes de constructibilidad para la selección del sistema de fachada ventilada para un edificio residencial.

ATRIBUTOS DE MANTENIBILIDAD	Grado de importancia según los requisitos del proyecto				
	1	2	3	4	5
Protección anti vandalismo					
Autolimpieza superficial del panel					
Cambio y sustitución de los paneles					

Tabla 4. Atributos de mantenibilidad relevantes para la selección del sistema de fachada ventilada para un edificio residencial.

ATRIBUTOS DE COMPORTAMIENTO	Grado de importancia según los requisitos del proyecto				
	1	2	3	4	5
Dispositivo de antivibración					
Susceptibilidad de salida de agua					
Evaluación del comportamiento estándar					

Tabla 5. Atributos de comportamiento relevantes para la selección del sistema de fachada para un edificio residencial.

ATRIBUTOS DE LA CAPACIDAD DE VENTILACIÓN	Grado de importancia según los requisitos del proyecto				
	1	2	3	4	5
Ancho de la cámara de aire					
Apertura de la junta horizontal					
Apertura de la junta vertical					

Tabla 6. Atributos de ventilación relevantes para la selección del sistema de fachada ventilada para un edificio residencial

CADENA DE SUMINISTRO	Grado de importancia según los requisitos del proyecto				
	1	2	3	4	5
Número de piezas importadas					
Antecedentes del proyecto local					
Soporte técnico durante la investigación					

Tabla 7. Atributos de la cadena de suministro relevantes para la selección del sistema de fachada ventilada para un edificio residencial.

CONTRATO	Grado de importancia según los requisitos del proyecto				
	1	2	3	4	5
Responsabilidad única					
Condiciones de garantía					

Tabla 8. Atributos de contrato relevantes para la selección del sistema de fachada ventilada para un edificio residencial.

5. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA FACHADA VENTILADA

Cuando un sistema de ventilación está bien desarrollado, el diseño es cuestión de detallar la arquitectura de la fachada y de realizar la ingeniería del sistema según las características del proyecto.

Al realizar los detalles, el diseñador debe preocuparse por la modulación de los paneles de acuerdo con los marcos de las ventanas y la geometría de los otros sistemas como la piel de vidrio, debido a las alineaciones y tolerancias de las juntas. Otro punto clave es el posicionamiento del panel para el ajuste. Cada lado de la fachada tiene que estar ajustado debido a la desviación de la estructura y es necesario un plan de corte de los paneles. Este plan muestra dónde se debe cortar y establece criterios para evitar los errores, como se puede observar en la figura 9.

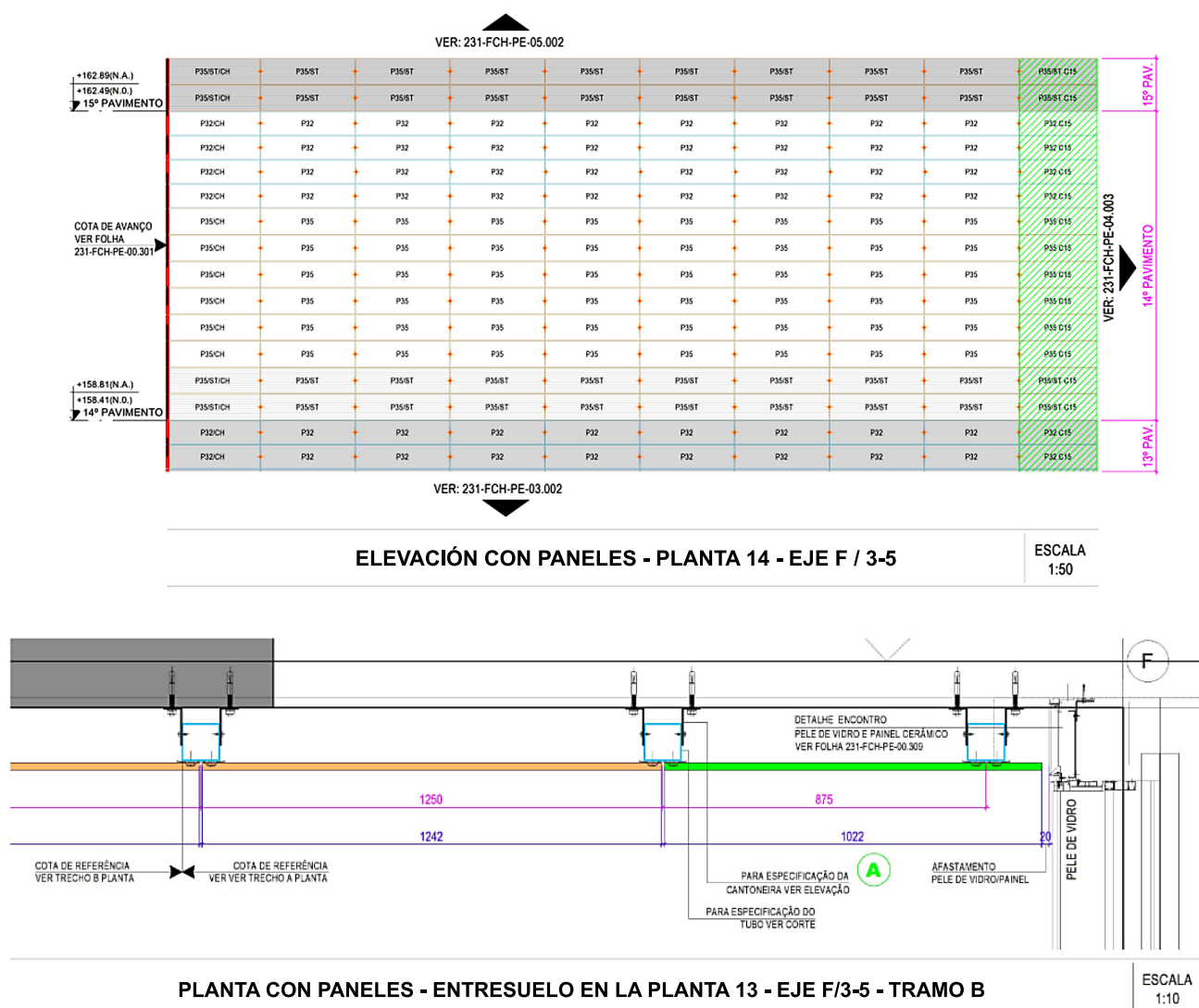


Figura 9. Elevación y planta de una fachada ventilada con paneles extrudidos. Los paneles "A" son los de ajuste debido a la falta de alineación de la estructura.

Desde el punto de vista estructural, dos aspectos que normalmente se presentan son: el anclaje del armazón de la fachada (por lo general una subestructura de perfil de aluminio) sobre la estructura principal del edificio y el diseño del armazón para resistir la carga estática y la presión del aire. La seguridad y el método de montaje dependen de estos factores. La figura 10 presenta un diseño típico utilizando un perfil de tubo conectado a la estructura del edificio mediante pernos mecánicos.

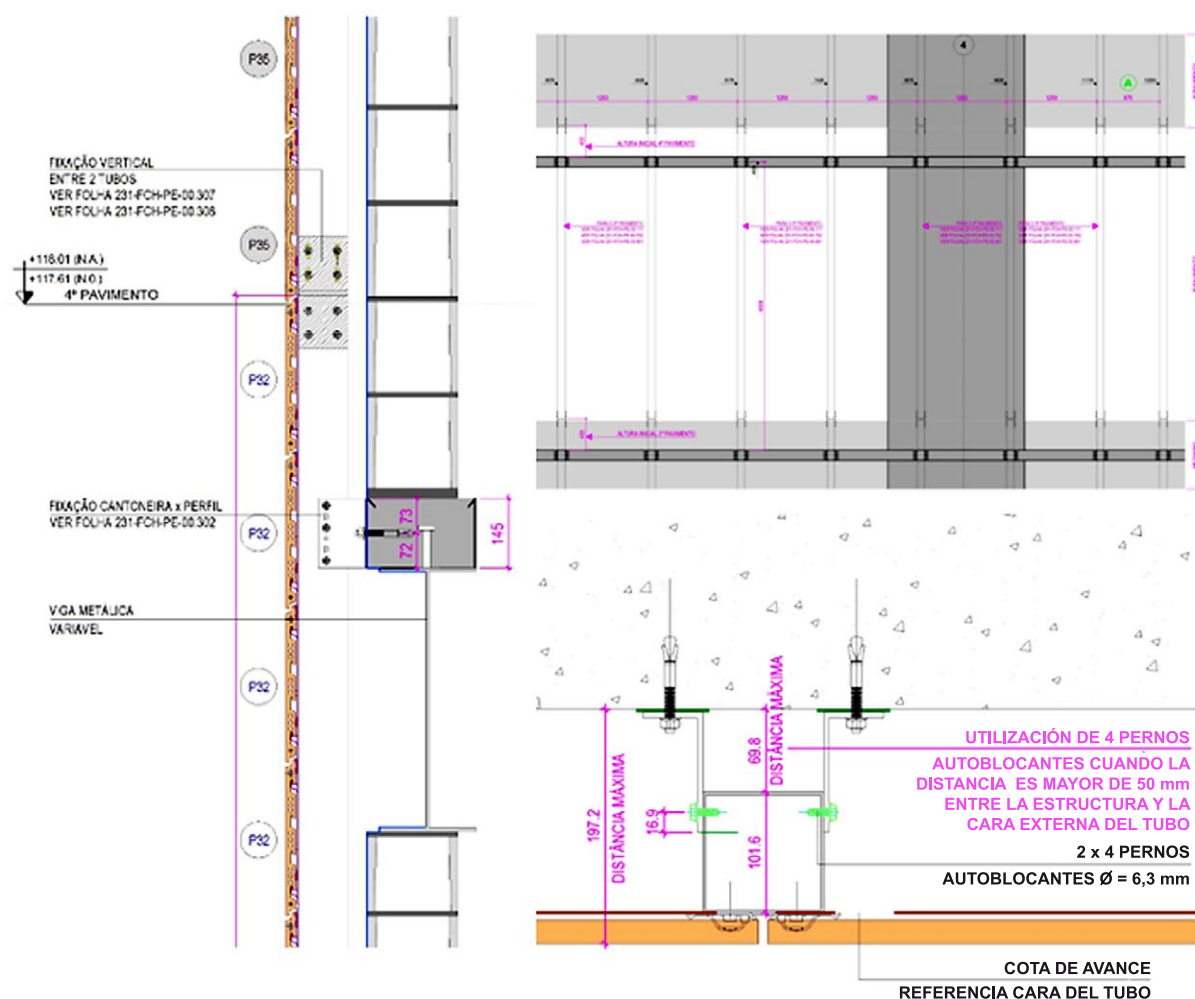


Figura 10. Detalle del sistema ventilado: perfil del tubo conectado a la estructura por ángulos y pernos de acero inoxidable.

El diseño de ingeniería del proyecto presentado incluye 198 hojas A1 y esto ofrece una idea de la importancia de la precisión de los detalles para lograr un proceso de instalación con éxito. Cada planta ha sido diseñada por separado. La sección transversal a la izquierda de la figura 10 y la planta de la derecha (abajo) muestran cómo se han fijado los perfiles verticales a la estructura del edificio. Arriba, a la derecha, los perfiles verticales entre dos plantas.

Este proyecto en concreto ya ha sido terminado y la instalación ha sido un éxito total. Las figuras 11 y 12 muestran la fachada en construcción.



Figura 11. Instalación del sistema de fachada ventilada: perfil del tubo vertical conectado a la estructura del edificio por ángulos y pernos de acero inoxidable. Los rieles sujetos al perfil se encargan de la sujeción de los paneles de cerámica.



Figura 12. Vista de la fachada del edificio en construcción: la exactitud de las juntas muestra la precisión de la instalación.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] ABRASCE. Associação Brasileira de Shopping Centers. www.portaldoshopping.com.br. Evolução do Setor. Consulta em 30/10/2011.
- [2] ANFACER. Associação Nacional dos Fabricantes de Ceramica para Revestimento. www.anfacer.com.br. O mercado brasileiro. Consulta em 01/11/2011.
- [3] CASTELO, A. M.; GARCIA, F.; DIAS, E. C. Por vôos ainda mais altos no futuro. REVISTA CONJUNTURA DA CONSTRUÇÃO. Março de 2011.
- [4] SIQUEIRA Jr., A. A.; MEDEIROS, J. S. Porcelain tile curtain wall: a general review. En: VIII CONGRESO MUNDIAL DE LA CALIDAD DEL AZULEJO Y DEL PAVIMENTO CERÁMICO. Castellón, Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación, 2004.
- [5] MEDEIROS, J.S. Developing installation technologies and ensuring tiling system performance. En: X CONGRESO MUNDIAL DE LA CALIDAD DEL AZULEJO Y DEL PAVIMENTO CERÁMICO. Castellón, Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación, 2008.
- [6] REVISTA CONJUNTURA DA CONSTRUÇÃO. Indicadores. Marzo de 2011.
- [7] ROMERO, S. Brazil Makes Its Own Manhattan. The New York Times Magazine. Octubre 14, 2011.