

Vidrio Estructural

Universidad Politécnica de Madrid
Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid
Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas
Máster en Fachadas Tecnológicas y Envolventes Sostenibles

Benito Lauret Aguirregabiria
Profesor Titular Universidad

Noviembre, 2018

12. EL VIDRIO ESTRUCTURAL.

12.1 Principios y tipos.



A la luz de los expuesto en la evolución histórica se pueden identificar cuatro subsistemas que en su caso podrían ser suministrados por fabricantes diferentes:

- Los anclajes puntuales.
- Los ensamblajes de cuatro puntos (manetas o arañas).
- Los paneles de vidrio
- La subestructura soporte.

Cada una de estas partes tiene su propia funcionalidad, materiales, criterios de diseño y proceso de fabricación.

12.2 Los anclajes puntuales

El paso fundamental en la eliminación de la carpintería está precisamente en la fijación puntual del vidrio. La técnica ha evolucionado mucho desde los primeros anclajes de placas y contraplatas de Cristalería Española en los almacenes Arias a la sofisticada rótula de la Villete.

Entretanto, Pilkington desarrollaba su sistema Planar, dando lugar a otras tan delicadas como las torres de ascensores del Museo Reino Sofía. Mientras que las rótulas de Peter Rice (RFR) evitan la transmisión de flexiones en los puntos de fijación, el sistema Planar carece de rótulas y su fijación es monolítica. Sin embargo, la transmisión de flexiones se minimiza al dejar cierta libertad de movimiento en el extremo metálico del anclaje.

De este modo, la rótula se convirtió en un producto universal de amplia aplicación, similar al sistema operativo Windows (sistema abierto) y el anclaje Planar solo puede usarse en un conjunto o sistema diseñado por Pilkington, como el sistema operativo de Apple (sistema cerrado).

Sea como fuere, estos anclajes son piezas de revolución, normalmente torneadas y mecanizadas en acero inoxidable. Pueden ser de alguna marca concreta o hechas a medida, con rótula



Figura 12.1: De arriba abajo: estructura soporte, ensamblaje de cuatro puntos, anclaje puntual, paneles de vidrio.

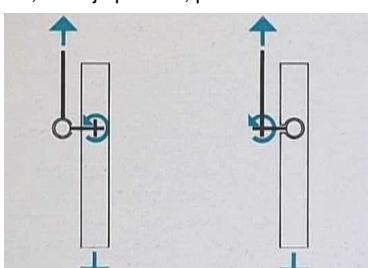


Figura 12.2: Izquierda: Planar; Derecha: rótula.

o sin ella. Lo importante es utilizar siempre separadores de plástico para evitar el contacto vidrio – metal. El plástico más utilizado para estos separadores es la resina de poliacetal o DELRIN.

Es habitual que estas piezas tengan la cabeza avellanada para presentar un mismo plano enrasado con el vidrio. Sin embargo, nada impide que la cabeza sobresalga del vidrio.

Por otra parte, sobre la técnica de colgar o no unos paneles de vidrio de otros no existe una regla fija. No obstante, cada vez se recurre más a finas varillas o cables que permiten tomar el peso de cada panel de vidrio independientemente en vez de colgar unos paneles de otros.

12.3 Los ensamblajes de cuatro puntos.

Es típicamente una pieza que aparece donde confluyen las esquinas de los vidrios.

Su diseño más habitual es en “X”, por lo que también se les llama arañas o “spiders”. Sin embargo, es una pieza que admite una variedad casi infinita de diseños, puesto que basta con que realice adecuadamente su función. Ésta consiste en tomar los extremos de los anclajes puntuales y transmitir sus cargas a la subestructura soporte. Estas piezas en la Villette tienen forma de “H” y en el Museo Reina Sofía se discriminan en dos sistemas de piezas planas para absorber cargas verticales y horizontales respectivamente.

Finalmente, es interesante apuntar que también tienen como fun-



Figura 12.5: Soporte de los paneles de vidrio Reina Sofía

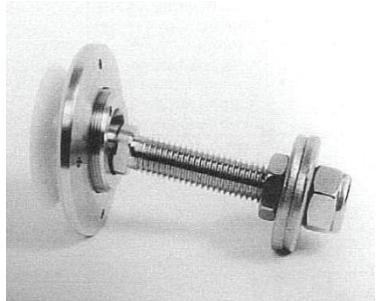
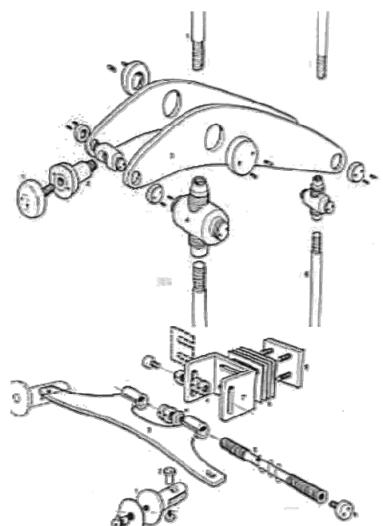


Figura 12.3: Anclaje de rótula



Figura 12.4: Ensamblaje de cuatro puntos para sistema Planar.



cionalidad adicional regular tolerancias de montaje. De este modo, una araña presenta diferentes grados de regulación en sus extremos:

- Regulación en “X” y en “Y” en sus dos extremos superiores.
- Regulación en “X” en uno de los inferiores.
- Sin regulación en el otro.

Hay que considerar que en las situaciones de borde aparecerán

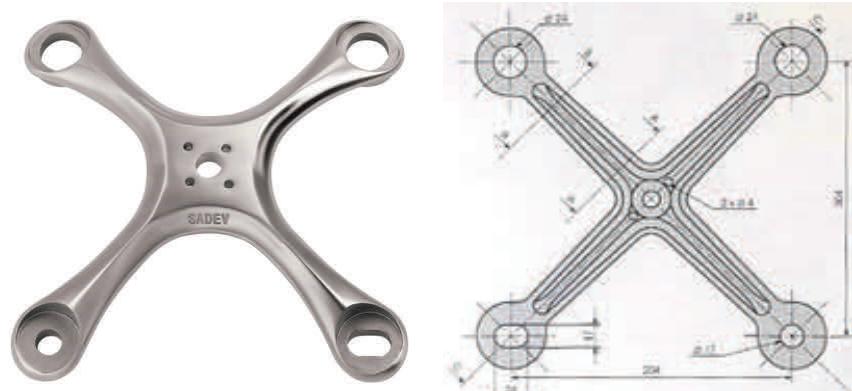


Figura 12.6: Ensamblaje de cuatro puntos donde se aprecian las diferentes regulaciones de tolerancias en cada uno de los puntos.

arañas de dos patas en las esquinas de solo una pata. El diseño de estas piezas es muy importante porque forman parte esencial de la imagen del cerramiento.

12.4 Los paneles de vidrio.



Figura 12.7: Ensamblajes de dos y un punto, para borde y esquina.

En fachadas de vidrio estructural o vidrio abotonado, los paneles de vidrio son un elemento esencial. Se utilizan paneles de vidrio en dimensiones que van de los 0,8m a 3m y espesores entre 8 y 15mm. Lo normal es que sean vidrios templados, templados laminares o dobles acristalamientos. Esto quiere decir que todos los taladros y mecanizados se deben hacer antes del templado, ya que después es imposible.

Un punto clave en los paneles de vidrio son los taladros para los

anclajes puntuales. Se suelen prescribir con $\pm 0'2\text{mm}$ de tolerancia. Su distancia a los bordes debe respetar unas dimensiones mínimas para no occasionar roturas prematuras. Estas distancias las da el fabricante según tipo y espesor de vidrio.

12.5 La subestructura soporte.

Junto con las piezas de ensamblaje conforman la imagen de la envolvente, tanto interior como exterior, ya que el plano del vidrio tiende a desaparecer. De este modo, el utilizar diferentes diseños, materiales y componentes tiene mucho que ver con la estética deseada. Cuando se persigue una imagen “todo vidrio” tienden a utilizarse costillas de vidrio. Cuando el empleo de costillas se hace inviable por algún motivo, o simplemente se prefiere otro tipo de estructura aparecen las estructuras de cables, ya que los elementos traccionados (cables, varillas) tienen mucha menor sección debido a que no se enfrentan al pandeo, como sí hacen los elementos comprimidos.

De este modo, como se puede comprobar, tampoco existe una regla fija en materia de subestructuras, si bien parece que para las grandes luces los cables se utilizan más.

Desde un punto de vista más convencional existen sistemas de vidrio abotonado a base de montantes de aluminio como subestructura básica. Planar de Pilkington o Mecano de Technal son ejemplos de ello.



Figura 12.8: Sistema Mecano con montantes



Figura 12.9: Sistema Planar con montantes

En el otro extremo estarían las realizaciones más audaces de vidrio estructural, como las tiendas de Apple, en las que se explotan hasta el límite las capacidades técnicas del material y de la producción industrial.



Figura 12.10: Tienda de Apple en la 5^a avenida, Nueva York.

Algunos autores que estudian las estructuras de cables distinguen entre sistemas cerrados y sistemas abiertos. Los primeros no transmiten tracciones en el contorno, mientras que los segundos dependen del contorno para el tensado de los cables por lo que transmiten grandes tracciones en su periferia. De este modo, los sistemas cerrados incluyen elementos a compresión, por tanto, robustos. Los sistemas abiertos, por su parte, se liberan de elementos comprimidos, pero solicitan severamente al contorno. Además, los sistemas abiertos experimentan grandes deformaciones, lo que hay que considerar en las uniones con el vidrio para poder compatibilizar los movimientos admisibles para cada elemento.

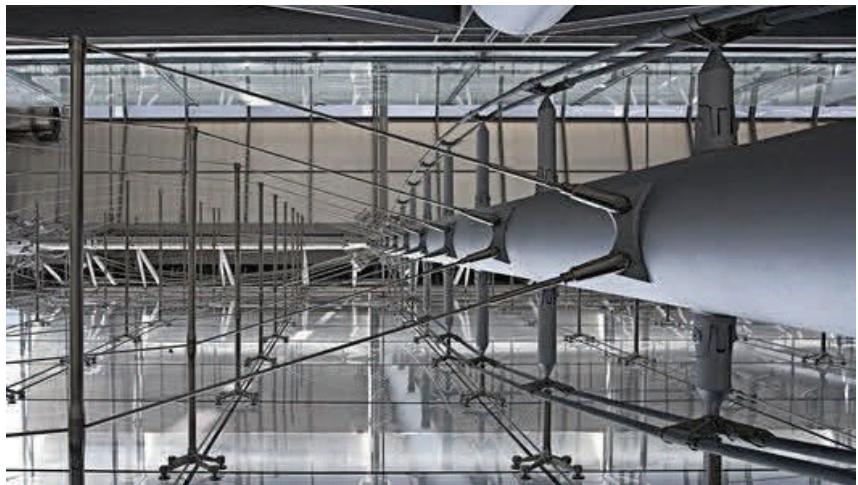


Figura 12.11: Estructura de cables del aeropuerto de Bangkok.

Como hemos visto, los cerramientos de vidrio abotonado, vidrio estructural o vidrio sin carpintería son, en general, realizaciones singulares, en las que la expresión de la transparencia y de todos los detalles de soporte es crucial. Normalmente desde el exterior el protagonista es el vidrio, cuyos volúmenes se perciben con claridad debido a los reflejos del cielo y el paisaje circundante. Sin embargo, desde el interior el vidrio desaparece y el protagonismo lo toman todas las piezas de fijación y ensamblaje, así como la estructura soporte.

A través del ejemplo de la evolución de las cristalerías de la Villette hemos podido apreciar cómo siempre surge el dilema de si la estructura soporte es de vidrio o no. Aunque la verdadera aspiración es la desaparición completa de cualquier estructura soporte. El gran formato, los robustos vidrios laminados y los avanzados procesos de cálculo y simulación, permiten crear verdaderos muros de carga de vidrio que no precisan de otro tipo de refuerzo o estructura soporte. Este aspecto se abordará más adelante.

12.6 Estructuras soporte de costillas de vidrio (glass – fins)

La aparición de vidrios laminados con sentri-glass, de gran competencia estructural ha expandido la posibilidad de utilizar elementos de vidrio como estructuras soporte de amplia utilización.

Para empezar, el vidrio laminar permite obtener espesores importantes mediante la suma de espesores convencionales. Adicionalmente, la seguridad ha experimentado un aumento considerable al poder tener en cuenta la capacidad portante que estas estructuras conservan tras la rotura de una o varias hojas del laminado. Esta resistencia remanente se denomina seguridad post – rotura. Esto significa que, aunque el vidrio aislado tiene rotura frágil, el vidrio laminar experimenta rotura dúctil debido a la colaboración de la lámina plástica intercalaria. Así una vez sobrevenida la rotura, el elemento estructural de vidrio laminar no colapsa, sino que se deforma, pero sigue conservando una cierta capacidad portante.

Este fenómeno, unido al avance de los procedimientos de cálculo y simulación proporcionan una gran confianza a la hora de proyectar y construir estructuras de costillas de vidrio. Tal vez el ejemplo actual más convincente es el cubo de Apple de la 5^a Avenida en Nueva York.



Figura 12.12: Cubo de Apple 5^a Avenida, Nueva York, en 2011 (15 paneles, arriba). En contraposición, el cubo de 2006 (página anterior, cuenta con 90 paneles).

Las antiguas reservas para usar costillas de vidrio monolíticas, frágiles y peligrosas, que llevaron a Martin Francis a plantear cerchas de cables, parecen haber desaparecido. Sin embargo, el desarrollo de estas últimas ha proporcionado una nueva alternativa que tiene su propia identidad formal, por lo que la disyuntiva entre usar costillas o cables es en esencia un debate formal.

12.7 Estructuras soporte metálicas.



Cuando se descarta la estructura soporte de costillas de vidrio, la alternativa son las estructuras metálicas. Estas estructuras se convierten, por tanto, en un elemento expresivo de primer orden en el proyecto. En consecuencia, el tipo de estructura metálica elegida supone automáticamente una decisión estética crucial. Dentro de las diferentes opciones destacan aquellas que buscan la reducción máxima de sus secciones, en pos de la máxima transparencia.

En medio de ello aparecen también ciertos tipos estructurales prestados de otros sistemas como los montantes, tomados del sistema stick. Por ejemplo, el sistema mecano de Technal combina vidrio abotonado, montante y refuerzo de costilla de vidrio.

El crecimiento del montante, y su adelgazamiento, pasando a celosía vertical, propicia una tipología llamada de montantes.



Figura 12.14: Sistema Mecano de Technal.

El paso siguiente es sustituir elementos de la celosía sometidos a tracción por cables, con lo que nos introducimos directamente en el campo de las estructuras de cables.

Figura 12.15: Celosías verticales.
Arriba: Aeropuerto del Prat, Barcelona.; abajo: Palacio Municipal de congresos, Madrid.

12.8 Estructuras de cables.

Se abordan aquí todas aquellas subestructuras que incluyan tirantes, ya sean varillas o cables, o actúen en combinación o no con otros elementos sometidos a compresión.

La razón para utilizar tirantes, es decir, elementos metálicos sometidos a tracción pura, es eludir la compresión, que en general puede originar pandeo, lo que suele obligar a aumentar las secciones de los elementos comprimidos. De este modo, para conseguir la máxima transparencia y para minimizar el espesor de los elementos lineales de la subestructura se prefieren los elementos a tracción, porque su espesor puede reducirse muchísimo.

Como se ha podido comprobar, una de las acciones principales a considerar en una fachada es la carga de viento, contra la que la subestructura soporte tendrá que afrontar cargas de presión y succión de viento en fachadas y de succión y carga de nieve en lucernarios. También tendrá que soportar el peso propio del aclaramiento, aunque en general esta carga es de menor cuantía y más fácil de resolver que las acciones de viento.

En las subestructuras atirantadas se distinguen dos grupos:

- Subestructuras atirantadas unidireccionales, compuestas esencialmente de elementos lineales.
- Subestructuras atirantadas bidireccionales o compuestas de elementos en varias direcciones o espaciales.

La mejor manera de abordar el diseño de una estructura atirantada es conocer ejemplos previos, que se han analizados y clasificado según los criterios que aquí se están exponiendo.

Subestructuras atirantadas de elementos lineales.

Para entender con claridad cómo van a trabajar estos elementos lineales hay que partir de la idea básica de cercha o viga en celosía, en la que tradicionalmente se sabe que unos elementos van a trabajar a compresión y otros a tracción. Pues bien, los elementos que van a trabajar a tracción estarán siempre constituidos por tirantes (cables o varillas) con objeto de reducir al máximo su sección y así minimizar el impacto visual de los elementos de la subestructura soporte.

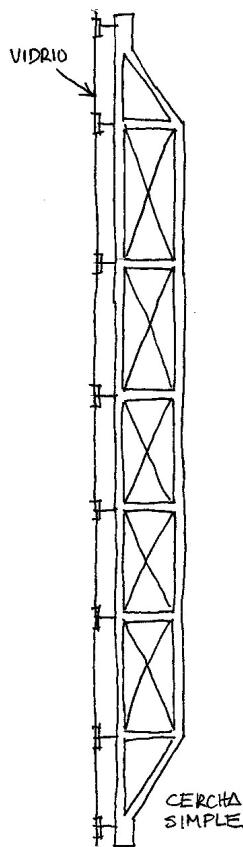


Figura 12.16: Soporte de fachada de cercha simple.

Hablaremos en consecuencia de cerchas atirantadas, que pueden a su vez ser de dos categorías:

- Sistema cerrado: no transmite tracciones a la estructura principal.
- Sistema abierto: transmite tracciones a la estructura principal.

Las cerchas atirantadas de sistema cerrado pueden, a su vez, clasificarse en cerchas simples (*simple trusses*) y mástiles atirantados (*mast trusses*). Las cerchas de sistema abierto conforman lo que comúnmente se conoce como cerchas de cables (*cable trusses*).

Cerchas simples

Son elementos estructurales de tipo cercha con elementos ortogonales, que dejan huecos rectangulares que se rigidizan mediante cruces de San Andrés. Es el sistema más flexible y más elemental, siendo sus luces de trabajo más comunes entre 9 y 20m metros. La relación entre la luz y el canto total de estas cerchas está entre 10 y 15. Las flechas esperadas se estiman en L/175.

Es normal colocar estas cerchas en vertical, ya sea colgadas o apoyadas. En caso de estar apoyadas no deben nunca tomar cargas verticales de cubierta, por lo que habrá que diseñar las uniones como deslizantes para impedir este hecho.

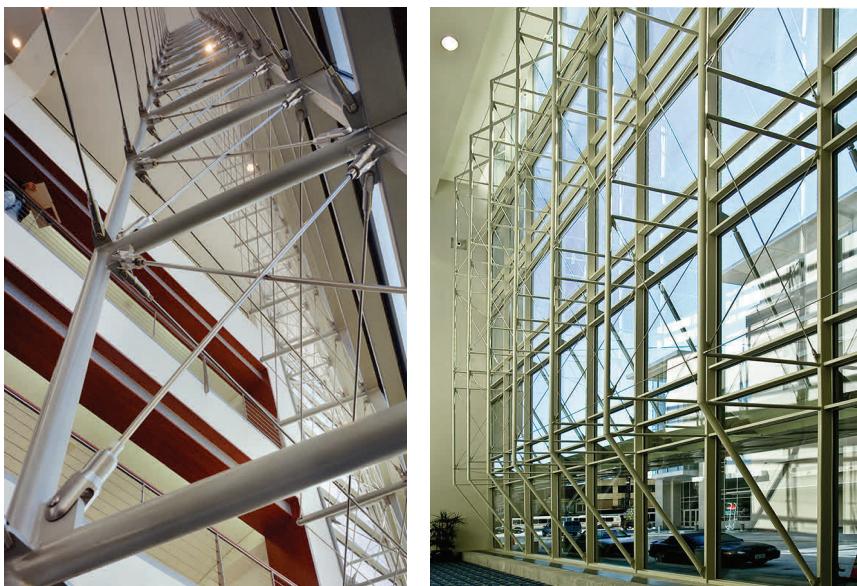


Figura 12.17: Ejemplos de cerchas simples. Izquierda: Vanderbilt University's Eskind Biomedical Library; derecha: Walter E. Washington Convention Center.

Mástiles atirantados

El diseño de este tipo de fachadas deriva de la construcción naval y consisten en elementos verticales, como el mástil de un barco, estabilizado por tirantes laterales. Tienen la ventaja de reducir la longitud de pandeo del mástil, dentro del plano perpendicular a fachada.

La relación entre la luz y profundidad de estos elementos está en torno a 15. Igualmente, las flechas esperadas están entre L/140 a L/175.

Las estructuras de mástiles atirantadas son más complejas que las cerchas simples, pero aportan mayor transparencia a la fachada.

Cerchas de cables

El paso siguiente en la eliminación de elementos opacos en la subestructura es la eliminación del mástil central comprimido. De este modo, los únicos elementos comprimidos resultan ser los horizontales.

Para ello se recurre a conectar los cables en sus extremos a la estructura principal del edificio, a la que se transmitirá tracciones ya que se trata de un sistema abierto, en contraposición a los anteriores, que eran cerrados.

En este sentido, es importante considerar que este tipo de subestructura requiere de una estructura principal del edificio capaz de soportar las reacciones del pretensado y cuyas deformaciones se hayan tenido presentes desde el principio. Las cargas de pretensado de los cables son permanentes.

La relación entre luz y profundidad de este tipo de subestructuras está entre 12 y 15. Igualmente, las flechas de diseño están entre 1/140 y 1/175.

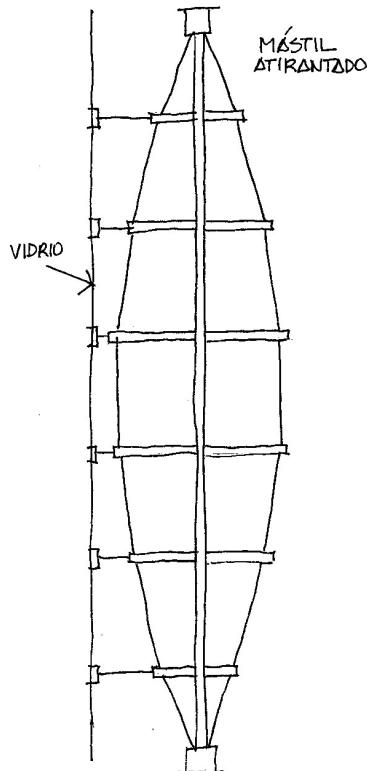


Figura 12.18: Soporte de fachada mediante mástil atirantado.



Figura 12.19: Subestructura de mástil atirantado.

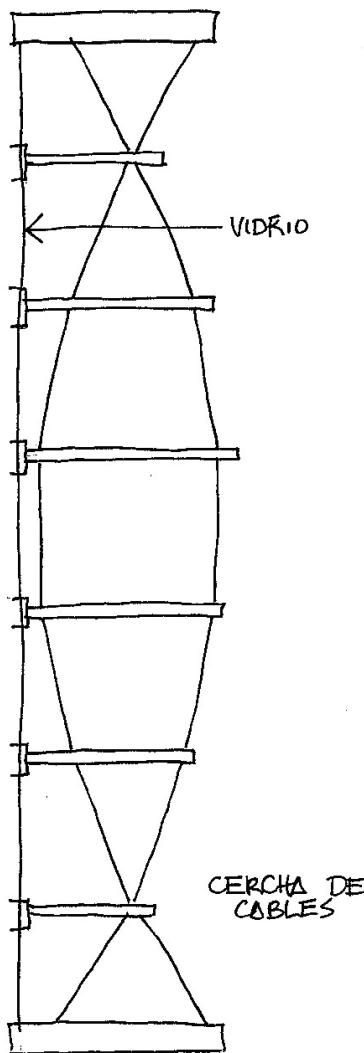


Figura 12.20: Soporte de fachada mediante cercha de cables.

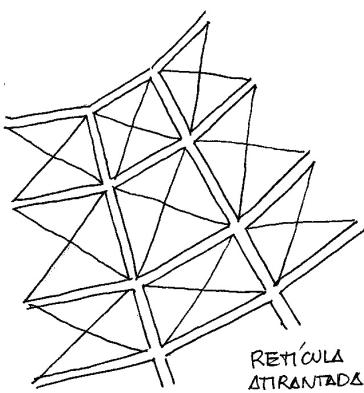


Figura 12.21: Soporte de fachada mediante retícula atirantada en varias direcciones.

Figura 12.23: Ejemplo de retícula atirantada. Boston Courthouse.



Figura 12.22: Ejemplos de subestructuras de cerchas de cables.

Subestructuras atirantadas espaciales

Cuando el trabajo de la subestructura se desarrolla en dos o más direcciones entra dentro de la categoría de subestructuras atirantadas espaciales. Podemos distinguir dos tipos principales: con elementos comprimidos, entre los que están las retículas atirantadas y las tensegrities, y sin elementos comprimidos, es decir, solo de tirantes, o estructuras solo de cables.

Retículas atirantadas

Se trata de estructuras que se adaptan a la forma de la envolvente, con un espesor o profundidad mínimas. Por este motivo trabajan por curvatura como las cáscaras de hormigón. Pueden tener simple o doble curvatura, sinclástica o antoclástica. Se recomiendan curvaturas mínimas de trabajo de tipo L/10.

Las flechas esperadas igualmente están en torno a L/175. Existen variantes de retículas atirantadas abiertas y cerradas. En cualquier caso, es un tipo estructural que requiere un estudio por menorizado muy detallado, sobre todo si se trata de una envolvente de geometría compleja.



Tensegrities y estructuras cable-bielas.

Son estructuras compuestas de tirantes y bielas comprimidas en disposiciones espaciales. Son sistemas abiertos, aunque se ha definido también tensegrity como un sistema cerrado compuesto de tirantes continuos y elementos comprimidos discontinuos.

En 1964, Buckminster Fuller patentó la “suspension dome system” o cúpula suspendida, que después fue usada por David Geiger en la cubierta del estadio olímpico de Gimnasia de Seúl (1986). Así, se logró una cubierta textil de solo 9'8kg/m².

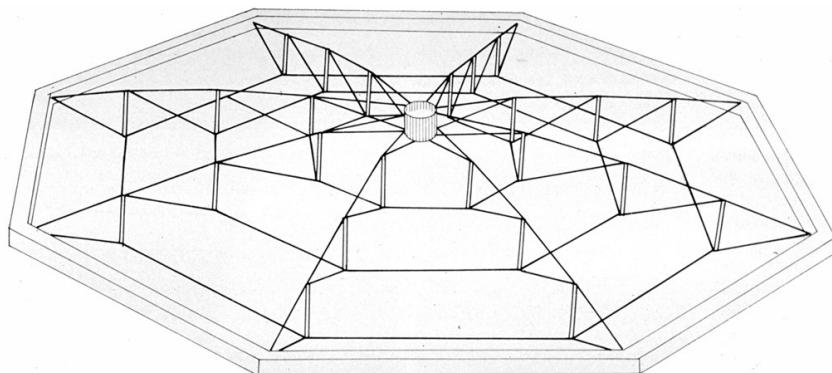


Figura 12.24: Buckminster Fuller “aspension dome”.

Subestructuras espaciales solo-cables.

Existen subestructuras soporte de fachadas de vidrio hechas solo de cables, sin bielas de compresión. Por supuesto se trata de sistemas abiertos que transmiten tracciones al perímetro.

La primera obra relevante de este tipo de estructuras es el hotel Kempinski, en Múnich (1993). Es una estructura plana de cables de 25m de altura y 40m de anchura. Preguntado sobre la flecha máxima que podría tener esta fachada bajo cargas excepcionales de viento, Jorg Slaich declaró que aproximadamente un metro, lo que significa L/25. Esto no debería representar ningún problema, siempre y cuando las uniones con el vidrio y entre vidrios puedan acomodar los movimientos.

Las cargas en los cables pueden llegar a 4 toneladas, lo que requiere el uso de gatos hidráulicos. A menores cargas se utilizan tensores roscados, pero controlando siempre el peligro de “gripaje” de los tornillos. Lo normal en estos casos es que la retícula de cables coincida con el despiece del vidrio, para que la desmaterialización de la estructura sea óptima.

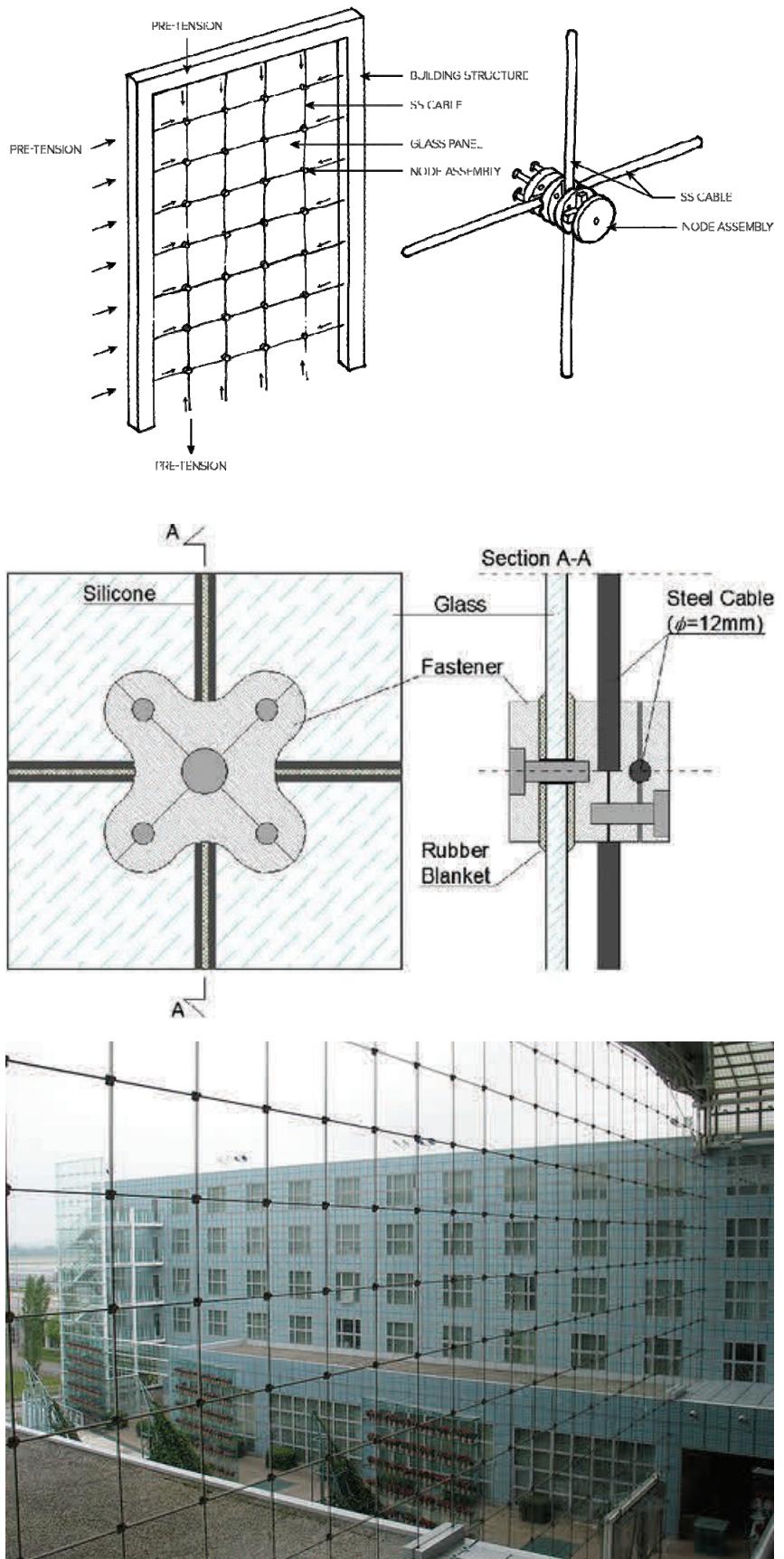


Figura 12.25: Hotel Kempinski Munich.

6.4. Insertos de Titanio.

Una de las tendencias novedosas del vidrio utilizado como material estructural es el empleo de nuevas láminas plásticas con prestaciones estructurales mejoradas.

El producto de referencia se denomina Sentry glass plus, creado por DuPont, y es un sustituto del butiral de polivinilo (PVB) con características mecánicas muy superiores. Su resistencia a rotura y a desgarro, así como su durabilidad en bordes permite lograr elementos estructurales de vidrio con menores espesores.

La principal reserva está en la resistencia a largo plazo de estas láminas bajo cargas permanentes, sobre todo cuando está en juego la fluencia diferida del material, o temperaturas especialmente altas.

Junto con el empleo de láminas intercalarias Sentry Glass, han aparecido recientemente los así conocidos como insertos de titanio, que han permitido la erección del nuevo cubo de Apple en la Quinta Avenida de Nueva York.



Figura 12.26: Vista de la caja de vidrio de Apple en la Quinta Avenida de Nueva York. Se aprecian los insertos de titanio entre los vidrios de fachada y las costillas interiores.

Estos insertos consisten, esencialmente, en una serie de piezas prismáticas, de base casi rectangular y espesor de aproximadamente 20 milímetros, que en vidrio 10+10+10+10mm se insertan en los 20 milímetros centrales entre las dos hojas de 10 milímetros extremas.

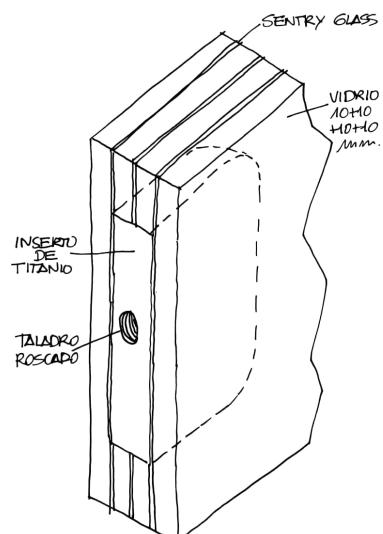


Figura 12.27: Dibujo de pieza de inserto de titanio.

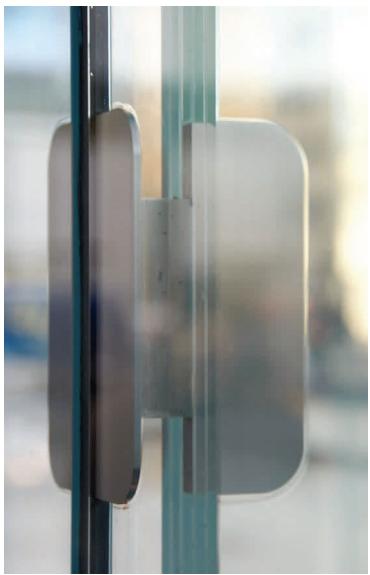


Figura 12.28: Inserto de titanio.

Estos insertos dejan al exterior en el borde del vidrio un lomo en el que aparecen taladros roscados u otros mecanizados que permitirían realizar la fijación del vidrio sin taladros ni tornillos pasantes. De este modo, la carga concentrada en estos puntos roscados se transmite al vidrio de forma repartida en toda la superficie de pegado al vidrio con Sentry Glass.



Figura 12.29: Izquierda: inserto de titanio; derecha: medición del espesor del inserto.

En la práctica, estos insertos de titanio resultan menos aparentes que otros sistemas de fijación de vidrio estructural, al dejar limpias las superficies exteriores del vidrio, evitar problemas de estanqueidad y aparecer de manera intermitente en paneles y costillas de vidrio. En contrapartida, requieren espesores importantes de vidrio (40mm), lo que penaliza de modo importante el peso final de las piezas.

Este nuevo invento aparece como alternativa para utilizarse con ventaja en algunos casos, sobre todo en la nueva tendencia de utilizar piezas de gran formato que consecuentemente precisan grandes espesores. Estos espesores actualmente pueden, con facilidad, estar en la horquilla de 40-80mm de espesor, a base de sucesivas combinaciones de vidrios que individualmente no superan los 20mm. Estos formatos van desde la hoja Jumbo (6x3,27m) a piezas de hasta 12m e incluso 18m (18x3,50m).

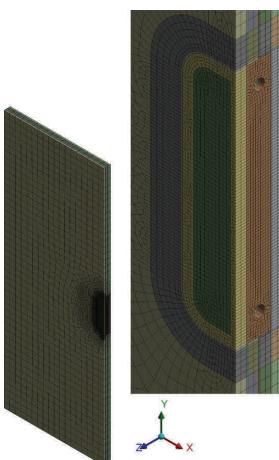


Figura 12.30: Detalle de inserto.

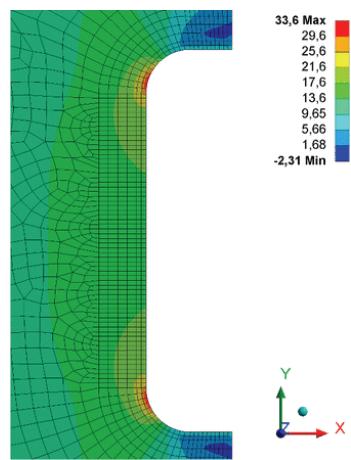


Figura 12.31: Isocurvas estructurales.

6.5. El vidrio estructural como muro de carga.

Los recientes avances en la tecnología del vidrio laminar, sobre todo con la introducción de Sentry Glass, han conducido a una tendencia al gran formato, habiéndose alcanzado en la actualidad la cota de los 12m a nivel comercial. Estos gigantes requieren, a su vez, importantes espesores para mantener una mínima integridad y no romperse simplemente en el traslado.

Todo ello suele llevar a piezas apoyadas, debido a su peso importante, y por esto, a crear verdaderos muros de carga de vidrio.

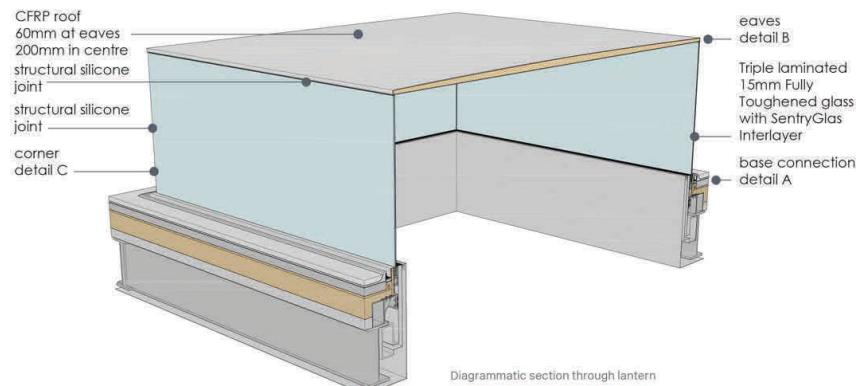


Figura 12.32: Axonometría descriptiva de la tienda de Apple de Estambul.



Figura 12.33: Caja de tienda Apple de Estambul.

Teniendo en cuenta las posibilidades mecánicas del vidrio laminar y gracias al diseño de novedosas cubiertas ultraligeras se puede plantear un edificio que no tiene otra estructura que la envolvente de vidrio. La contrapartida evidente es que estas realizaciones están limitadas en altura, ya que al igual que los muros de carga, el peso propio de estos elementos impide su progreso ilimitado en altura, al menos por el momento.



Figura 12.34: Izquierda: Tienda Apple en Kunming, China; Derecha: Edificio Rainbow Panorama, Aarhus, Dinamarca.

En estos casos, es primordial la logística de transporte y montaje en obra, así como un adecuado diseño de los apoyos. Estos apoyos tienen que presentar una geometría perfecta, así como una transición dúctil y una completa ausencia de fluencia de materiales blandos, que garantice, finalmente, el correcto trabajo del vidrio apoyado. Además, si está al exterior, se ha de prever el drenaje de la junta inferior para que la presencia continuada de humedad no cause daños indeseables en el laminado.



Figura 12.35: Camión de Seele Sedak, con elementos de vidrio de gran formato.

A propósito de la utilización del vidrio a compresión, o sea, sometido a (posible) pandeo, el edificio del Consejo Consultivo de Alberto Campo Baeza en Zamora, explota en un proyecto de una belleza notable estas características actuales de disponibilidad comercial del gran formato, gran espesor, Sentry Glass, y vidrio apoyado en vez de colgado.

Las nuevas posibilidades técnicas del vidrio en arquitectura impulsan a su vez nuevos proyectos y nuevos resultados formales,

como ya apuntara hace unos años James Strike en su libro “De la construcción a los proyectos”.

Esto, sin embargo, no contradice la idea de que son a veces los arquitectos los que impulsan la técnica, como sucedió en su día con las maquetas utópicas de Mies van der Rohe de rascacielos “todo de vidrio” de la década de 1920.



Figura 12.36: Imagen exterior del Consejo Consultivo de Alberto Campo Baeza en Zamora.

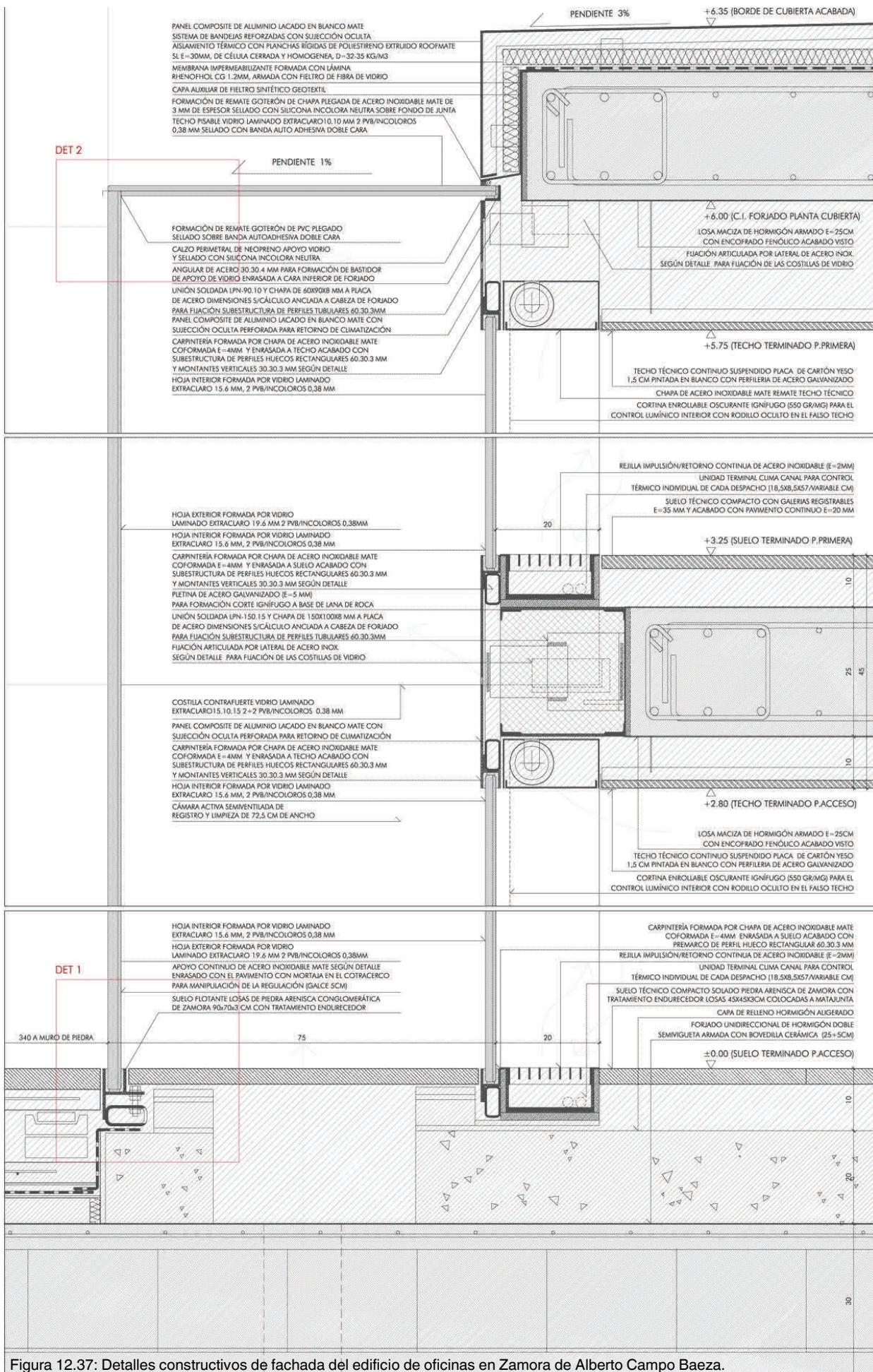


Figura 12.37: Detalles constructivos de fachada del edificio de oficinas en Zamora de Alberto Campo Baeza.

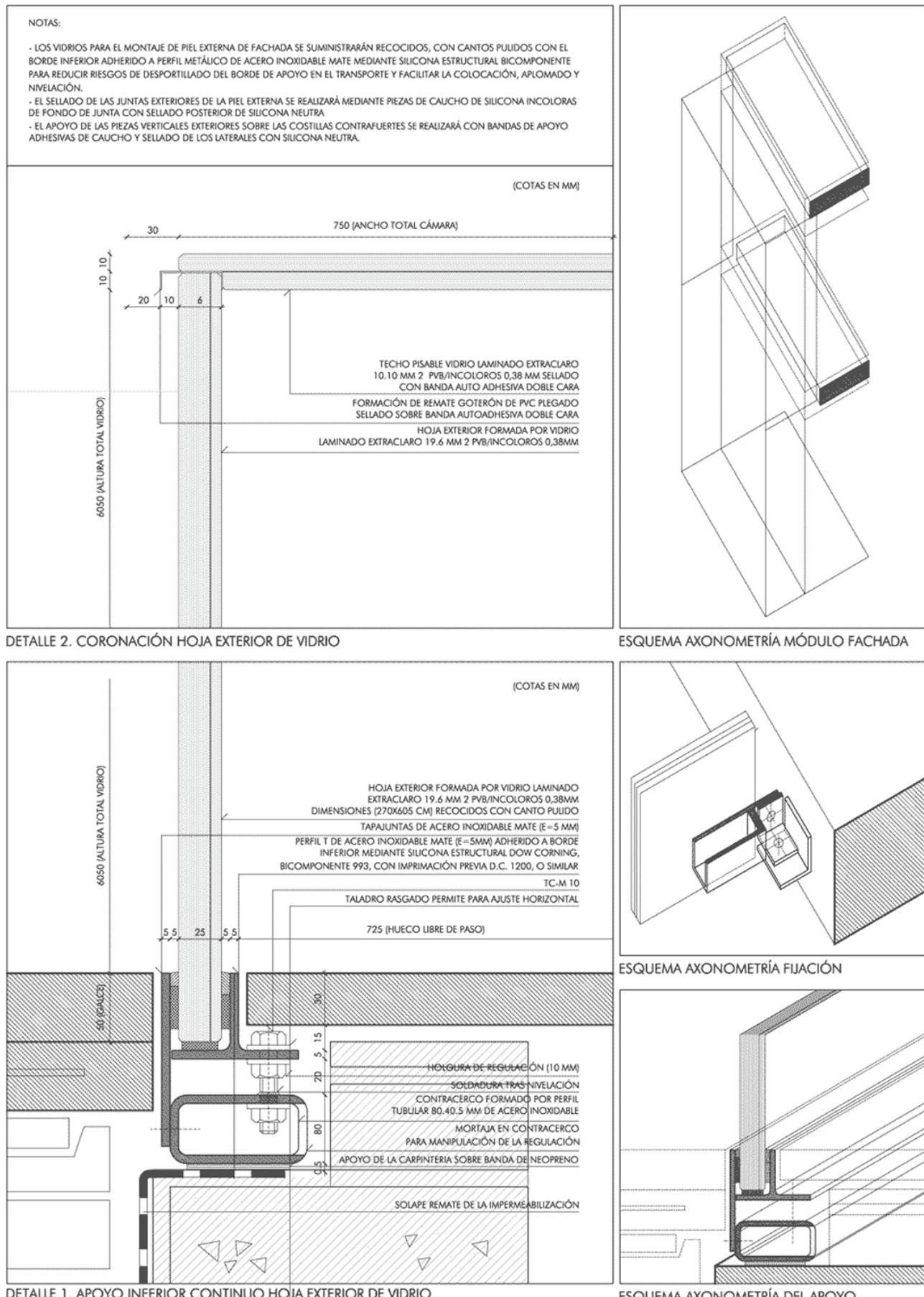


Figura 12.38: Detalles constructivos de fachada del edificio de oficinas en Zamora de Alberto Campo Baeza (2).

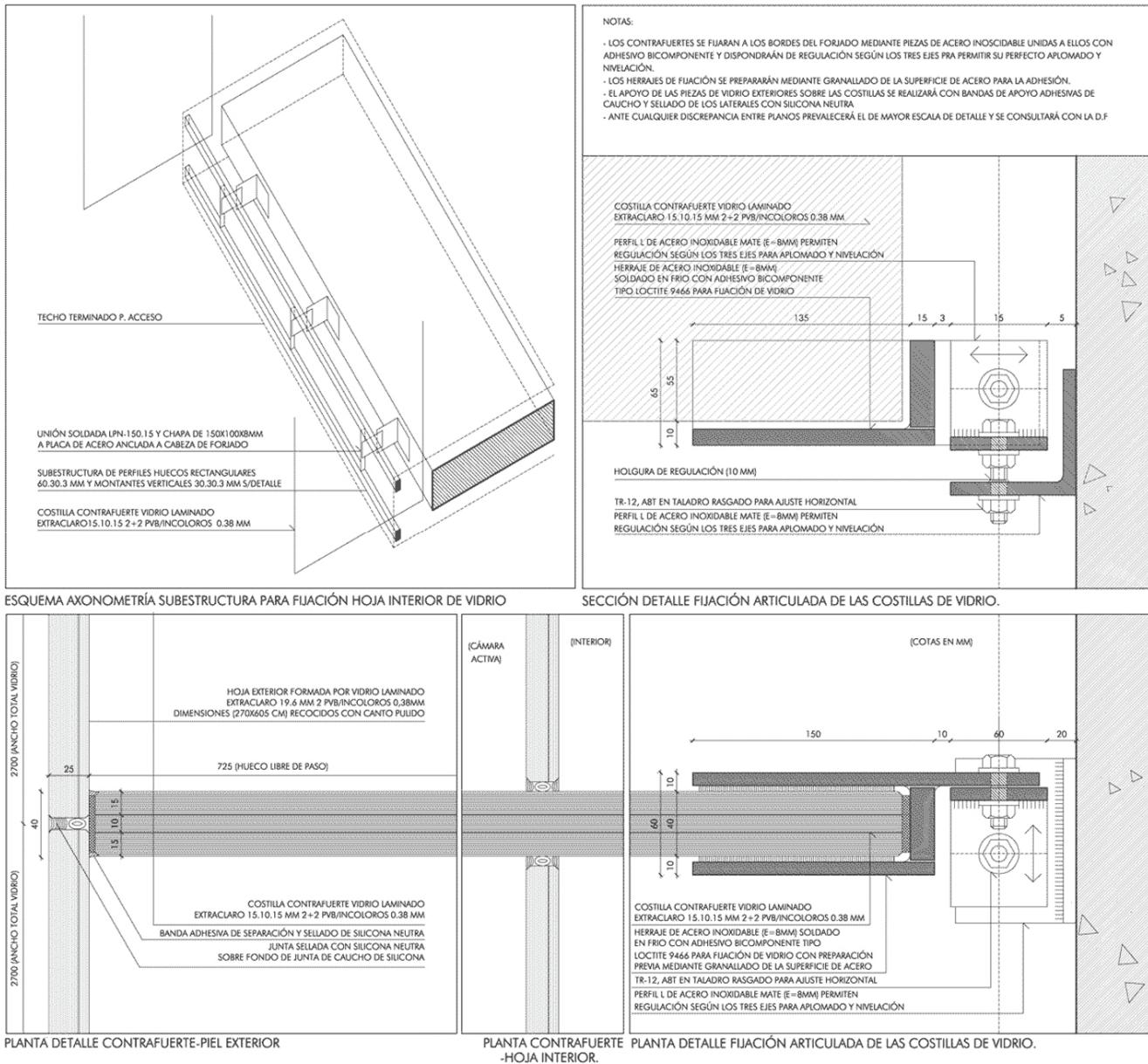


Figura 12.39: Detalles constructivos de fachada del edificio de oficinas en Zamora de Alberto Campo Baeza (3).