

LA REHABILITACIÓN COMO OPORTUNIDAD DE EVOLUCIÓN DE LA FACHADA LIGERA^[*]. CASO DE ESTUDIO: EL COLEGIO DE ARQUITECTOS DE CATALUÑA^[**]

REHABILITATION AS AN OPPORTUNITY FOR THE EVOLUTION OF THE LIGHT WEIGHT FACADE.
CASE STUDY: THE ARCHITECTS' ASSOCIATION OF CATALONIA

JOSÉ FÉLIX CARBONEL VILLANUEVA^[**]

Fecha de recepción: 19 de abril de 2017
Fecha de aprobación: 05 de agosto de 2017

RESUMEN

La arquitectura moderna se caracteriza por su flexibilidad y fácil adaptación a las transformaciones. Las fachadas ligeras son muestra de ello, gracias a las mutaciones ventajosas que han aparecido en la envolvente en los últimos años. En este trabajo se intenta demostrar que a través de la rehabilitación de una fachada moderna es posible encontrar vías que señalen el camino de la evolución. En 2014, 12 propuestas de despachos españoles resultaron finalistas del concurso de la rehabilitación de la fachada del Colegio de Arquitectos de Cataluña (COAC), edificio que se encuentra dentro del Registro DOCOMOMO ibérico, el cual agrupa a los edificios más significativos del movimiento moderno de España y Portugal. Esta investigación confrontará las propuestas mediante el análisis de las mejoras, agrupadas en cuatro aspectos arquitectónicos: tecnológicos, económicos, socio-ambientales y formales. Estas mejoras se abordan a través de estrategias que, por su recurrencia, finalmente señalarán los vectores de evolución para este caso.

PALABRAS CLAVE

Vectores de evolución, rehabilitación fachada moderna, Barcelona

ABSTRACT

Modern architecture is characterized by its flexibility and easy adaptation to changes. Light weight facades, thanks to the advantageous mutations that have appeared over the past years regarding building wraps, are an example of this. This essay will attempt to demonstrate that in the exercise of rehabilitating a modern facade it is possible to find ways that show the path of evolution. In 2014, 12 proposals made by architecture offices, mainly Catalan, were finalists of the contest for the rehabilitation facade of the Architects' Association of Catalonia (COAC), a building that is located within the Iberian DOCOMOMO Registry, which groups the most significant buildings of the Modern Movement of Spain and Portugal. This investigation will confront the proposals through the analysis of their improvements, grouped into four architectural aspects: technology, economics, socio-environmental concerns and formal concerns. These improvements are addressed through strategies, which by virtue of their recurrence will finally indicate the vectors of evolution for this case.

KEYWORDS

Development vector, rehabilitation modern facade, Barcelona

(*) *Fachada ligera* es una denominación genérica de las envolventes, dentro de cuya clasificación está el *muro cortina*, tipología que corresponde al edificio analizado.

(**) El artículo es una síntesis de la tesina de investigación desarrollada para optar por el grado de maestro en Ciencias con mención en Tecnología en la Arquitectura, por la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona, de la Universidad Politécnica de Cataluña.

(***) Graduado de Arquitectura por la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). Maestría en Tecnología de la Arquitectura por la Universidad Politécnica de Cataluña. Profesor invitado en el Área de Diseño Arquitectónico y en la maestría de Regeneración Urbana de la UNI. Asesor voluntario en temas relacionados a la Innovación en construcción de la Fundación OLI Perú. Consultor externo del Ministerio de Educación. Socio fundador e investigador en la Agrupación Multidisciplinar para el Desarrollo Sostenible. Contacto: arq.carbonel@gmail.com

Rehabilitación y evolución

Hablar de intervenciones en edificaciones existentes supone el uso de un léxico variado, el cual tiene muchas posibilidades de interpretación cuando se utiliza para actividades como la rehabilitación, reforma, restauración, remodelación, renovación, acondicionamiento, mantenimiento, refacción, actualización, entre otras. Esta situación es más evidente cuando se habla solo de la fachada; aunque está claro que todas estas variantes de intervención apuestan por la recuperación, como un mismo objetivo, los resultados muestran marcadas diferencias. Giebeler et al. (2008) clasifican la mayoría de estos conceptos de acuerdo a dos aspectos: la magnitud del impacto de la intervención y la motivación que lleva a modificar las condiciones actuales. Para los autores, las motivaciones pueden ser normativas, estéticas, técnicas o económicas, mientras que para la Fundación Laboral de la Construcción Española, esta clasificación debe hacerse dependiendo del futuro uso del edificio.

La rehabilitación destaca por encima de las demás prácticas de intervención, ya que tiene como motivación principal conseguir un espacio habitable, para lo cual se debe acoplar a los requerimientos contemporáneos de uso, que generalmente son los mismos que aquellos que tuvo el edificio original. A diferencia del caso de la restauración, la preocupación por la originalidad no es el objetivo principal de este tipo de intervención y, a diferencia de la reforma, la rehabilitación no produce cambios estructurales de gran magnitud. De esta manera, se puede concluir que la rehabilitación destaca sobre las otras formas de intervención por ser una transformación gradual que puede ejecutarse más de una vez y mostrar, en cada una de dichas ejecuciones, un aporte constructivo distinto y con mejores prestaciones (ver Figura 1).

Según la definición más aceptada, *evolución* es la transformación gradual que altera las condiciones existentes para llegar a un nuevo estadio. Es un fenómeno esencialmente biológico, cuyo concepto es adaptado a modo de metáfora para referirse a los cambios sociales y, hoy más que nunca, tecnológicos, donde la selección de las mutaciones ventajosas se realiza en periodos más cortos de tiempo que en la naturaleza. Estas mutaciones son las mejoras en la producción, en los productos industriales y en la calidad.

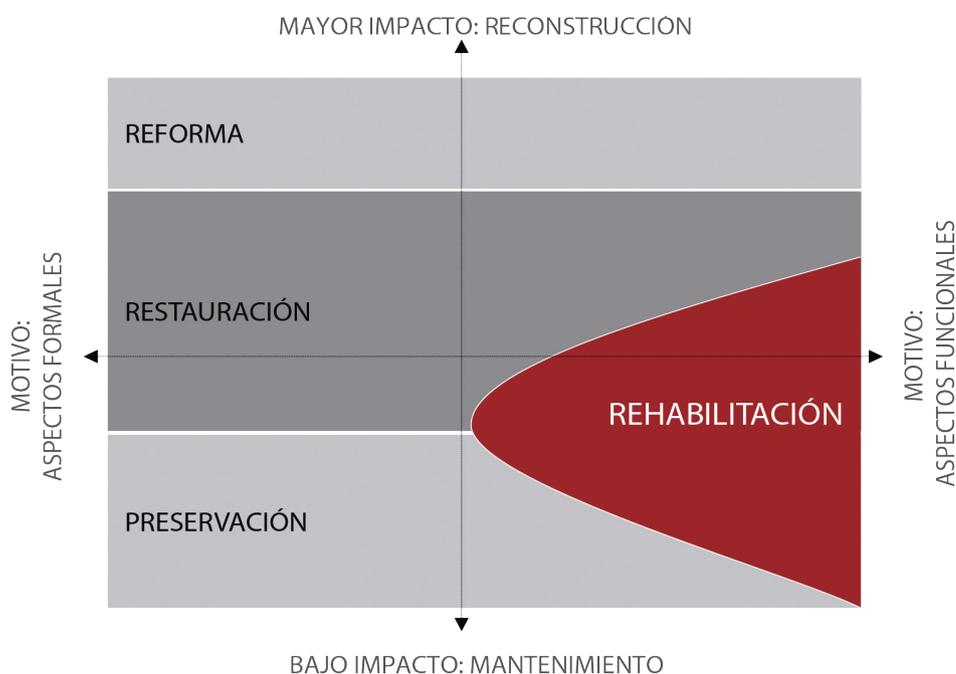
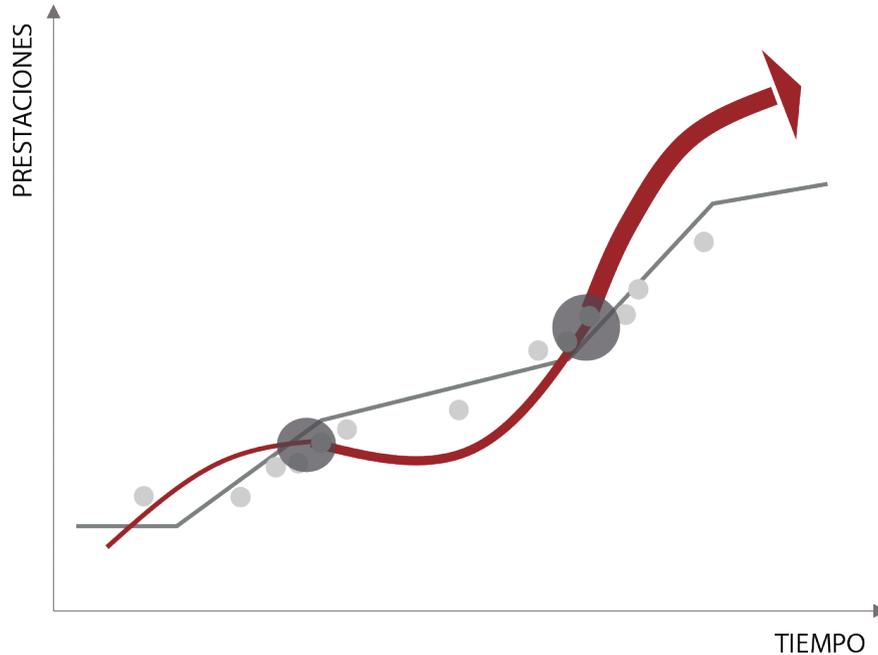


Figura 1. Esquema conceptual de los límites de la rehabilitación. Elaboración propia, 2016.



AGENTES DIRECTOS EN LA EVOLUCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN:

- INDUSTRIA: FACTIBILIDAD
- NORMAS Y CÓDIGOS: EXIGENCIAS
- KNOW HOW: MEJORAS PROPUESTAS
- COINCIDENCIA: MUTACIONES POSITIVAS

Figura 2. Esquema conceptual de la evolución de la tecnología en la construcción. Elaboración propia, 2016.

¿Quién o quiénes intervienen en la aparición de una mejora en los productos industriales? ¿Cuáles son los vectores de evolución que existen actualmente? ¿Qué estrategias se manejan? ¿Después de cuánto tiempo se establecen estos cambios como mejoras universalmente aceptadas? Una respuesta tentativa está en la innovación tecnológica, es decir, en el factor que marca la evolución de los sistemas constructivos. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), luego de un primer estudio sobre esta cuestión realizado en 1971, la define como “la primera aplicación de la ciencia y la tecnología en una nueva dirección, seguida de un éxito comercial” (1971, p. 11).

Esta definición de innovación se concentra en los productos y los procedimientos de producción que, simultáneamente, incorporan un cierto grado de novedad y reciben una sanción positiva del mercado. Sin embargo, como consecuencia de dicha base conceptual en las economías capitalistas, ciertos tipos de I+D que suponen un valor social o ambiental muy importante simplemente no son emprendidos; esto crea una deficiencia en el mercado, de la cual, en muchos casos, el gobierno se ha hecho cargo. La innovación en la arquitectura es principalmente de este tipo. A pesar de que todas las industrias deberían buscar un desarrollo sostenible basado en aspectos sociales, ambientales y económicos, la arquitectura es el único artefacto en el que se habita y, por lo tanto, debe engrandecer al ser humano en vez de servirlo.

Según el economista Hausmann (2015), los agentes que intervienen de forma directa en la evolución tecnológica y desarrollo económico son tres: la industria, los códigos

y el *know-how*. Dentro de la industria se incluye a los fabricantes de productos, los industriales, instaladores, etc.; los códigos son dictados por organismos nacionales, instituciones certificadoras internacionales, etc.; y el *know-how* está constituido por todo el conocimiento incubado durante años en los despachos de arquitectura, las universidades, los institutos de investigación multidisciplinarios, los eventos especializados y los concursos, donde se mide el conocimiento más innovador. De estos tres agentes, el *know-how* es el más activo e influyente en la evolución (ver Figura 2).

Una herramienta seguirá siendo marginal o poco empleada mientras no exista la máquina social o el canal capaz de incluirla; es decir, el usuario y el contexto, los cuales, aunque aparecen como agentes indirectos en el proceso de evolución de todo desarrollo tecnológico, son el fin último.

Este preámbulo permite entender cómo y por qué la rehabilitación es el escenario perfecto para presenciar una mejora en tiempo real en un mismo edificio, y cómo un concurso de arquitectura puede tener otros fines además de seleccionar al ganador. En este sentido, Rafael Moneo, durante la presentación del Concurso de Rehabilitación de la Fachada del Colegio de Arquitectos de Cataluña (COAC) en enero de 2014, refiere que este evento es relevante porque busca resolver preguntas irresueltas que surgen al momento de intervenir un monumento moderno que demanda mejoras energéticas.

Vectores de evolución de la fachada ligera

En el ámbito de la construcción se identifican como vectores aquellas propuestas que destacan por marcar nuevas tendencias y aquellas que generalmente son producidas por el agente más influyente de la evolución, al que hemos denominado *know-how*. Si esta nueva tendencia es aceptada por los otros agentes directos e indirectos, se convierte en un vector de evolución con muchas probabilidades de direccionar el modo en que se construirá en los siguientes años.

La fachada ligera es el resultado de un vector de evolución que apareció principalmente en Liverpool a mediados del siglo XIX, pero no es hasta inicios del siglo XX cuando el *curtain wall* se consolidó como insignia del nuevo pensamiento moderno al liberar la fachada de la estructura. Desde entonces, en respuesta a diferentes necesidades de adaptación de la fachada ligera, se han originado nuevos sistemas, como fachadas tensionadas, dinámicas, de doble piel, etc. (ver Figura 3).

La calificación de "ligera" a la fachada se debe al reducido peso de un muro cortina, el cual fluctuaba entre los 50 y 75 kg/m², y a su espesor de aproximadamente 12 cm. Sin embargo, en la ejecución de los últimos años estas características han mutado, y han buscado otras prestaciones más allá de la ligereza. La norma europea EN 13830, que hace referencia a la fachada ligera, no detalla restricciones; solo la define como una retícula de elementos constructivos verticales y horizontales, conectados conjuntamente, y anclados en la estructura del edificio, la cual es rellenada con paneles ligeros de cerramiento hasta formar una superficie continua y ligera. Aunque cumple con todas las funciones de una envolvente protectora, no participa de la estructura principal del edificio.

Xavier Ferrés (2013), luego de colaborar en los proyectos de arquitectos como Jean Nouvel, Herzog & de Meuron, Toyo Ito, Richard Rogers y David Chipperfield, y en la ejecución de las envolventes ligeras para edificios construidos en su mayoría en España, destaca que las innovaciones significativas en la fachada ligera a nivel de sistema son escasas, pero abundan las mejoras de los materiales y componentes. El ritmo de las innovaciones en la evolución tecnológica de la construcción ha sido descrito previamente, un área donde la industria y los códigos tardan en alinearse a las innovaciones disruptivas.

Actualmente, uno de los vectores de evolución más mencionado por diversos autores es la eficiencia energética durante el proceso, el uso y el ciclo de vida posterior a este.

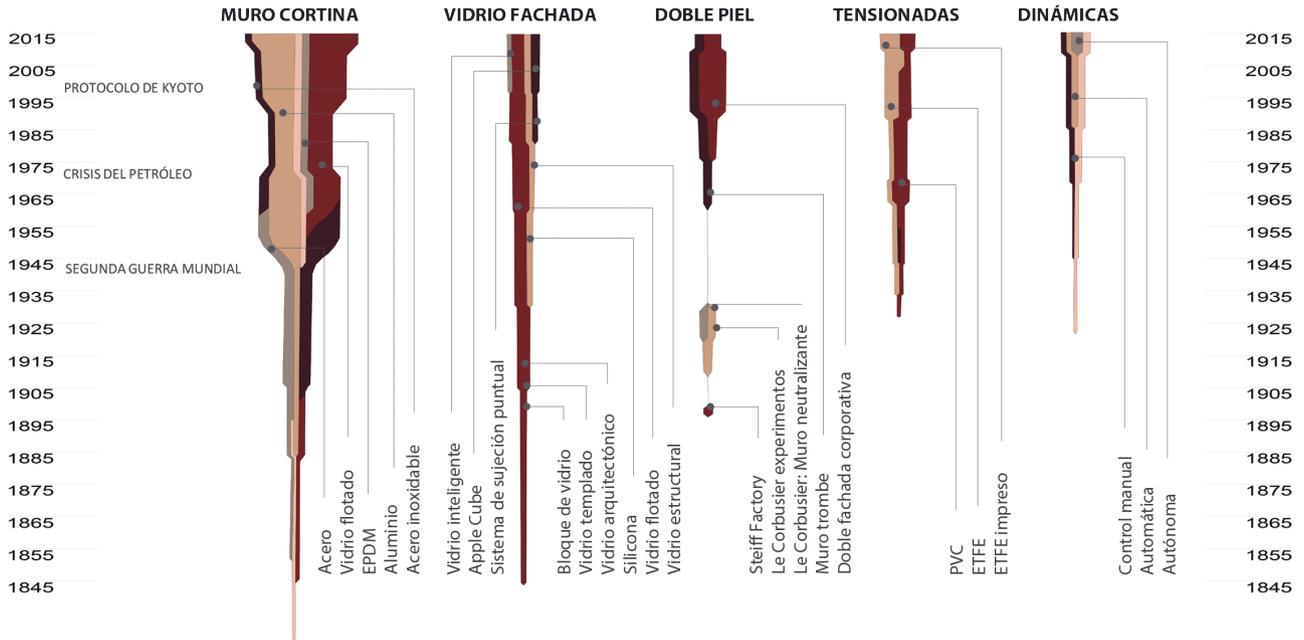


Figura 3. Evolución de la fachada ligera. Diagrama elaborado a partir de *Façade* (p. 758), por A. Zaera-Polo & R. Koolhaas, 2015, Venecia, Italia: Marsilio.

Al respecto, Cuchí (2014), refiriéndose a las innovaciones sociales y ambientales, señala categóricamente que no deben basarse en externalizar costos, lo que las aparta del balance del presupuesto nacional. Más bien, propone un modelo de innovación inverso, especializado en incrementar la eficiencia de los recursos y en redefinir no solo los procesos de producción, sino también aquello que satisface las necesidades para reducir la demanda de recursos necesarios para colmarlas.

Los fabricantes de fachadas Hindrichs & Heusler (2010) manifiestan que en los últimos años las fachadas producidas en Europa han presentado las siguientes tendencias: están hechas de materiales que no son dañinos para el ser humano ni para el medio ambiente, tienen bajos niveles de consumo de energía y una mínima emisión de CO₂, son fácilmente adaptables a cambios y requerimientos de uso, tienen un largo periodo de garantía y requieren poco mantenimiento.

Algunos de estos vectores son repetidos por Knaack (2014), para quien la ligereza aún es un vector de evolución reflejado en las fachadas tipo membrana. Además, menciona que el uso de materiales *composite*, plásticos reforzados con fibra de vidrio y nanomateriales, es el camino para resolver las necesidades de ahorro energético. Con respecto al impacto ambiental, propone los materiales biodegradables como la solución y, finalmente, considera también como vectores el aprovechamiento de energías renovables por medio de la fachada, la deconstrucción planificada y los sistemas de fabricación más eficientes gracias a métodos digitales.

La eficiencia, adaptabilidad y bajo impacto ambiental son constantes también revisadas por Ferrés (2011) y Pardal (2009), a las cuales se ha de añadir versatilidad, tecnificación del funcionamiento moderado, estandarización, máxima prefabricación posible, retraso de la obsolescencia y búsqueda de nuevos usos de las fachadas, como apoyo e intercambio de información. Tras identificar todos estos vectores de evolución contemporáneos, las coincidencias son notorias, y concentran a los industriales, diseñadores e investigadores en cuatro aspectos principales: energéticos, ambientales, económicos y sociales. Por estas mismas razones, se prefiere la rehabilitación en lugar de la reforma al momento de ejecutar una intervención; por lo tanto, la rehabilitación es una consecuencia de los vec-

tores globales mencionados. No es en vano la actividad actualmente más difundida por organismos gubernamentales e internacionales en EE. UU. y Europa. Todo ello fomenta estrategias similares para intervenir la envolvente de los edificios que Ebbert (2010) clasifica en tres grandes tipologías: sustitución, modificación, y adición interior y exterior.

Las tipologías de intervención en fachadas ligeras varían en función de la conservación de las preexistencias por el valor histórico del edificio, donde la intervención puede cubrir desde el interior hasta el reemplazo total de los paneles. Sin embargo, esta clasificación deja en evidencia un vector específico: la conservación de la retícula original. La modulación es el punto de partida indiscutible de toda intervención, y esto se explica si se considera que la fachada ligera fue concebida para recibir actualizaciones constantes, pero no la modulación de carácter más permanente por sus características antropométricas, una preocupación constante del periodo moderno.

Prospectiva de la rehabilitación de la fachada ligera

En la arquitectura moderna, la envolvente se diferenció de la empleada en la tradicional debido a sus dos vectores de evolución: la ligereza y la industrialización. A costa de ello se perdió el confort térmico que en la arquitectura tradicional se alcanzaba de modo pasivo gracias a la inercia de su pesada y voluminosa envolvente. La fachada ligera en sus inicios fue adoptada de modo casi exclusivo por edificios de oficinas, ya que implicaba sobrecostos en climatización mecánica factibles de asumir para este sector. A ello se sumaba la escasa preocupación y conocimiento del impacto en el medioambiente y en la salud de los usuarios. El muro cortina de una sola piel, esbelto y con carpintería estándar, ya era deficiente a mediados del siglo pasado.

Las deficiencias se hicieron más notorias cuando los edificios cambiaron de uso, el sistema constructivo llegó a otras latitudes, empezó la crisis energética y se detectó que la industria de la construcción es uno de los principales responsables del calentamiento global. Las debilidades más evidentes de la fachada ligera salieron entonces a la luz: el sobrecalentamiento, la eliminación de un espacio intermedio semi-abierto en las fachadas típicas de la arquitectura tradicional, los puentes térmicos, las infiltraciones de agua, las cubiertas planas, la ventilación deficiente, etc. Todas estas debilidades, que en conjunto demandan una rehabilitación, se clasifican según Ebbert (2010) en factores inmanentes, legales y económicos.

Dentro del grupo de los factores inmanentes existen motivos generales, de nivel macro, como los urbanos, así como aquellos de nivel micro, como las instalaciones. En este grupo también se encuentran razones que tienen que ver con el confort y la salubridad tanto física como mental, que demuestran que el modo en el que se construía hace 50 años es hoy en día impensable. En el siguiente grupo, los factores legales, están todas aquellas características que pueden atentar contra la integridad de sus ocupantes, como las normativas que regulan los materiales inflamables, las vías de escape en caso de incendio, componentes cuya instalación representan una amenaza para el correcto funcionamiento. Finalmente, en el tercer grupo están las razones económicas, que se enfocan en reducir el consumo energético u optimizar el mantenimiento.

En el caso particular de la obsolescencia de los edificios de Barcelona durante el siglo XX, hay cinco grupos de factores que demandan una rehabilitación, según Garrido (2015): físicos, técnicos, funcionales, económicos y externos. Ante la interrogante de cuánto duran los edificios hasta requerir su primera intervención, en Barcelona la respuesta es que la media es de 30 a 40 años, pero la intervención es evolutiva.

Ante estas deficiencias surgen a finales del siglo pasado los primeros intentos por rehabilitar las fachadas ligeras en toda Europa y Estados Unidos; sin embargo, estas primeras intervenciones no han sido muy acertadas. Por ejemplo, para mejorar el confort se optó por la incorporación de una completa red de aire acondicionado a un edificio que no había

sido diseñado para tal propósito o, en otro caso, se sustituyeron los acristalamientos originales por otros de mejores prestaciones, lo cual presentó problemas, ya que estos cristales templados con protección UV y cámaras de aire poseen un mayor espesor y peso. Para resolverlo, se debió cambiar la carpintería por completo y reforzar todo el sistema.

Estos desaciertos son entendibles, ya que la rehabilitación de fachadas ligeras es una actividad en proceso de especialización. Por ello, en algunos casos, el costo de la intervención puede llegar a ser mucho mayor que el de una fachada nueva, y se corre el riesgo de que una mala elección produzca daños irreparables si se trata de un edificio patrimonial.

Las escalas de intervención varían dependiendo también de aspectos políticos, ya que en ciudades donde hay códigos más estrictos de protección del patrimonio moderno se pueden lograr resultados diferentes. Por ejemplo, el edificio ubicado en 860–880 Lake Shore Drive, Chicago, diseñado por Mies Van der Rohe, construido en 1951 y rehabilitado en 2009, es uno de los pocos edificios modernos intervenidos bajo el concepto de originalidad, hecho que lo aproxima más a una restauración que a una rehabilitación.

La rehabilitación de la arquitectura tradicional ha mostrado que es imprescindible respetar las características inherentes al edificio, como la tecnología constructiva, el uso de los materiales y la estructura al momento de intervenir; estas consideraciones generan líneas directrices que van más allá de la estética, como señala Araujo (2010). En efecto, la buena praxis de la rehabilitación contemporánea debe seguir ese camino con la finalidad de no desaparecer los vestigios de una maduración de la tecnología de las fachadas ligeras durante el siglo XX. Un ejemplo de ello es el edificio de oficinas en la calle Génova, en Madrid, cuya forma original, producto de un estudio de asoleamiento, fue respetada y mejorada durante su rehabilitación, a cargo de Xavier Ferrés en 2004, en la cual se varió la esbeltez pero se conservó la ligereza, lo que evitó sobrecargas por instalaciones.

Está claro que los estándares alcanzados por una fachada rehabilitada no son comparables a los de un edificio nuevo; por ello, los códigos y normas deben adaptarse a este hecho. Aun cuando se reemplaza la fachada por completo, los niveles de eficiencia energética pueden no ser los esperados, como en el caso de la torre Mannesmann-Vodafone en Düsseldorf, Alemania, construida en 1958 y rehabilitada en el año 2001, en la cual se reemplazaron todos los paneles, conservando la modulación original, y aun así no se obtuvieron niveles de eficiencia energética equivalentes a los de un edificio nuevo. Gracias a este ensayo se sabe que para el caso de los acristalamientos con orientaciones desfavorables sin protecciones solares no basta cambiar de vidrio; es necesario usar sistemas de sombra fijos o móviles que se integren adecuadamente a los elementos preexistentes.

El principal problema frente a la rehabilitación energética no es únicamente el aislamiento térmico. Además, la fachada no es la única fuente de ganancia térmica, ya que personas y equipos pueden generar calor en climas mediterráneos hasta el punto de que se requiera refrigeración invernal. Por otro lado, la ventilación natural requiere en general de intervenciones de mayor escala y mayores necesidades tecnológicas, por ejemplo, el uso de dobles fachadas. El consumo de energía es necesario, por lo que el desarrollo de sistemas de instalaciones más eficientes y compatibles con los sistemas pasivos, así como su integración en el diseño, es fundamental.

Las cubiertas planas fueron el siguiente desafío; al no poseer cámaras de ventilación y contar con escaso aislamiento, se determinó que la mejor alternativa era aislar los espacios por el exterior. La arquitectura moderna nació de unos sistemas constructivos modulares y prefabricados, que, sin embargo, implican un tiempo de vida útil más reducido que los de los sistemas de la antigua arquitectura. Por ello, estos edificios requieren un mantenimiento periódico, así como la sustitución paulatina y planificada de sus componentes. Cada edificio es un laboratorio experimental para las futuras intervenciones.

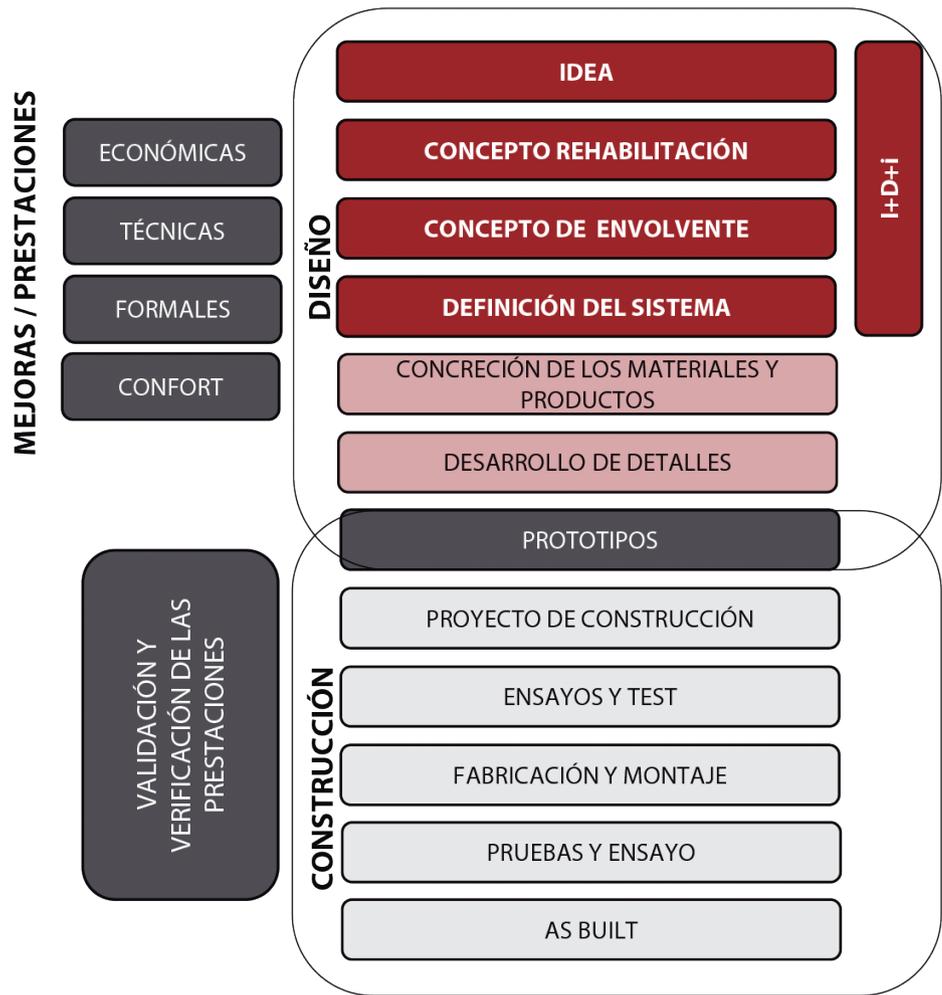


Figura 4. Proceso de creación de la fachada ligera. Elaborado sobre la base de *Façanes lleugeres, el procés cap al límit* (tesina final de maestría), por X. Ferrés, 2011, Universitat Politècnica de Catalunya Barcelona, España.

Clasificación de las mejoras estudiadas

La pirámide de Maslow, publicada a mediados del siglo pasado, jerarquizó las necesidades del ser humano al colocar a las fisiológicas y de seguridad como las bases para el crecimiento. Esta pirámide es una señal de cuáles eran los vectores de evolución de esa época. Sin lugar a dudas, gracias a ello ahora son necesidades muy bien formalizadas en los códigos técnicos de construcción. Existen, sin embargo, muchas otras necesidades a las que la arquitectura debe responder, posteriores a la publicación de Maslow.

Las mejoras analizadas conciernen a las prestaciones de la fachada ligera, no a su fabricación, a los materiales, al sistema constructivo, al concepto de fachada ni, mucho menos, al concepto de rehabilitación, por solo mencionar algunos de los términos más usados en la actualidad. Según Ferrés (2016), estas prestaciones pueden clasificarse en económicas, técnicas, formales y de confort, lo que además idea un sistema en el cual prevé cuál es el mejor momento durante el proceso de diseño para que sean aplicadas (ver Figura 4). Las prestaciones califican básicamente cuatro aspectos, que ya Zamora (2006) describe de modo muy preciso: confort, seguridad, uso y cuidado por el medioambiente. A esto habría que añadir aquellos aspectos subjetivos propios de cada contexto social y de la sensibilidad de los usuarios.

Es fundamental señalar que bajo esta óptica las mejoras no son necesariamente requisitos formales, ya que pueden referirse a parámetros subjetivos como la usabilidad, funcionalidad o fiabilidad, o a tendencias como la comunicación visual o la captación energética. Luego de revisar los vectores de evolución de la fachada ligera desde varios autores y los motivos de su rehabilitación, es posible agrupar las mejoras en cuatro grupos de análisis.

En el grupo tecnológico-científico se encuentran las mejoras relacionadas a las necesidades fisiológicas, la seguridad y la resistencia, es decir, todas aquellas prestaciones como las acústicas, térmicas, visuales, resistencias mecánicas, seguridad ante el fuego, seguridad ante a la abrasión, protección de los usuarios, y todo aquello que tiene que ver con las técnicas de construcción y la influencia de las condiciones atmosféricas y físicas del exterior.

El grupo de mejoras económicas abarca todas aquellas relacionadas a la eficiencia, la disminución de costos, la mejora del uso, el aumento de la durabilidad, y el tiempo de vida eficiente de los materiales y sistemas. Al seleccionar un material se debe tomar en cuenta tanto el proceso de manufactura como el de explotación, el mantenimiento en general y el grado de desarrollo tecnológico.

La principal característica de las mejoras formales se fundamenta en la estética y la percepción visual. En cuanto a fachadas ligeras, incluye todo aquello que tiene que ver con la transparencia; la reflexión y refracción de la luz; el control, color y forma de la sombra; la visibilidad de afuera hacia adentro y viceversa; y, en general, todo aquello que está vinculado a las formas y las proporciones. Ya que las fachadas ligeras se caracterizan por ser esbeltas, estas mejoras son las más sutiles de todas.

Por último, las mejoras sociales y ambientales están conectadas con la identidad del usuario y del ciudadano, y con el impacto ambiental que puede producir más allá de su radio de influencia. Son mejoras relacionadas a la historia, a la apropiación colectiva de un ícono urbano, que también influyen en la conciencia y los pensamientos sociales como el cuidado del medio ambiente, la protección de los recursos naturales, etc.

El edificio del Colegio de Arquitectos de Cataluña y su rehabilitación

Un punto de partida para confrontar la evolución y la rehabilitación es el análisis de un caso que, además, cuente con una condicionante histórica, lo que evita especular con respecto a la forma solo por la forma. La rehabilitación de la fachada del COAC, edificio que mantiene su uso original de oficinas, es un caso que cuenta con estas características.

En octubre de 1956 se abrió la convocatoria al concurso de anteproyectos para el nuevo edificio del COAC, ubicado frente a la Plaza Nova, espacio de vital importancia dentro del barrio gótico y del ambiente monumental más importante de la ciudad, a pocos metros de la catedral (ver Figura 5). A este primer concurso se presentaron 22 propuestas; sin embargo, el jurado decidió anular el concurso y lanzar una nueva convocatoria, ya que las propuestas presentadas mostraban planteamientos tan diversos en su interpretación de la normativa urbana que la comisión organizadora tuvo que definir nuevos objetivos en enero de 1958, a saber:

- a) El volumen total edificado sobre las rasantes de las calles no podrá exceder los 15,000 metros cúbicos, cuyo volumen resulta de la aplicación a este solar de las Ordenanzas municipales, e incluye cuerpos salientes, terrazas, áticos y sobreáticos.
- b) El edificio proyectado, cualquiera que fuere la ordenación en volumen, deberá quedar inscrito, en todas sus partes y como envolvente máxima, dentro de un gálibo formado por un prisma de cuatro metros de altura y planta la del solar, más un saliente de 0.20 metros de alineaciones oficiales, otro prisma superpuesto al anterior, de altura 26.50 metros y planta la del solar, más un saliente de un metro de alineaciones oficiales.

c) El proyecto deberá resolver satisfactoriamente la ocultación de las medianeras vecinas o su dignificación

d) Sin perjuicio de la libertad estilística de composición, el edificio deberá armonizar con el conjunto monumental en que se halla ubicado, principalmente en cuanto a composición de volúmenes. (Solá-Morales, 1958, p. 5)

Esto produjo cuatro retos: la integración al entorno urbano, la organización funcional del edificio, la correcta composición en planta en concordancia con su construcción y, finalmente, la solución plástica a las fachadas. El jurado estuvo compuesto de figuras muy resaltantes, como Manuel de Solà-Morales, Antoni Bonet Castellana, Alfred Roth, Adolf Florensa, José María Ros Vila, Antoni Perpinyà y Jordi Vilardaga, en calidad de secretario, con la presencia internacional de Gio Ponti y J. H. Van den Broek.

Participaron 25 equipos en la convocatoria definitiva y en mayo de 1958 se publicaron los resultados, donde se nombraba como ganador a Xavier Busquets y se otorgaba el segundo lugar al equipo conformado por Oriol Bohigas, Guillermo Giráldez, Pedro López, Josep Maria Martorell y Xavier Subias.

El nuevo edificio se inauguró en abril de 1962, pero nueve años después se encargó su primera rehabilitación, la cual consistía en intervenir la fachada ligera para mejorar las prestaciones técnicas no resueltas previamente. Esto se debió a que a mediados de los años 60 Barcelona se encontraba en un auge económico, con diversificación industrial y mejoramiento de las tecnologías creadas en el lugar e importadas. Se fabricaban nuevas soluciones constructivas y mejores materiales con prestaciones más idóneas para esta tipología de fachada.

La nueva fachada de 1971 propuso recubrir los antepechos de vidrio con plafones de fibrocemento, con el objeto de mejorar la transmitancia térmica del panel opaco y, con ello, reducir el consumo energético. También se colocaron lamas horizontales al interior de la fachada ligera para evitar los excesos de radiación durante el verano (Ver Figura 8).

El 14 de enero de 2014, más de 50 años después de la construcción del COAC, se convocó un nuevo concurso para la rehabilitación de la fachada con los siguientes objetivos (ver Figuras 6 y 7):

a) Reinterpretar la visualidad y materialidad de la fachada del proyecto original del arquitecto Xavier Busquets i Sindreu del 1962. El edificio se encuentra dentro del Conjunto Especial del Sector de las Murallas Romanas, con grado de protección C, inscrito en el Registro DOCOMOMO ibérico, que agrupa a los edificios del movimiento más significativo de España y Portugal, como claro exponente de la arquitectura moderna internacional, ya que, además de representar una tecnología de la época, está compuesto volumétricamente por un friso diseñado por el artista Pablo Picasso.

b) Mejorar las prestaciones atendiendo los criterios actuales especialmente en los ámbitos de eficiencia ambiental y energética, control asoleamiento, control acústico y facilidad de mantenimiento. (Colegio de Arquitectos de Cataluña [COAC], 2014).

El concurso se organizó en dos etapas. Durante la primera se eligieron cuatro finalistas para cada una de las tres categorías propuestas, las cuales se diferenciaban con respecto a la trayectoria y experiencia de sus representantes. De entre de los 12 finalistas de esta primera parte, en la segunda etapa se eligió al ganador. El principal reto fue la rehabilitación de un elemento con valor cultural, medioambiental y de ahorro energético. Otro reto fue satisfacer los requerimientos de un edificio para el siglo XXI a nivel funcional, medioambiental y de ahorro energético. Finalmente, se debió mantener el compromiso de ejemplaridad que tiene el Colegio de Arquitectos en cuanto a sus actuaciones. Este concurso fomentó el debate y la mejora continua en un ámbito, el de la rehabilitación, que es y será el ámbito protagonista de las intervenciones a realizar en el parque edificado existente.

En la primera fase participaron 98 equipos, principalmente de Cataluña. Se presentaron 13 equipos en la categoría profesional de amplia experiencia directa, 27 en la de experiencia intermedia o indirecta, y 58 de los nuevos despachos o profesionales.

El resultado de la segunda fase fue dado a conocer en febrero de 2014. El jurado estaba compuesto por Lluís Comerón, decano del COAC, y los vocales Rafael Moneo Vallés, Carme Pigem Barceló, Elisabeth Capdeferro Pla, Albert Cuchí Burgos, Carlos Ferrater Lambarri, Ana Tostoes (presidenta de DOCOMOMO Internacional), Fernando Marzá, Manuel Ruisánchez y Enric Mir. El primer lugar lo obtuvo el equipo compuesto por la sociedad Fuses-Viader Arquitectos SLP, y los arquitectos Jorge Perea y Jordi Mansilla.

En octubre del mismo año se eligió por concurso al despacho encargado del Project Management. Finalmente, en noviembre de 2016, se inició la construcción, luego de un largo periodo de espera que se debió a la fabricación del prototipo y los ensayos respectivos.

El edificio, antes de iniciar la rehabilitación, presentaba las siguientes características y deficiencias (ver Figura 9):

a) El sistema compositivo de la fachada es de ritmo vertical y pausa estructural continua, y la materialidad de la fachada ligera es un contraste entre sistemas prefabricados y acabados artesanales. Existen dos tipos de ventanas, deslizantes y basculantes con doble acristalamiento, con marco de latón cadmiado. El antepecho está constituido exteriormente de vidrio impreso de color verdoso y hacia el interior se dispusieron paneles de Tablex agujereados, pintados de color morado, para que al componerse con el cristal verde diera como resultado color gris. Finalmente, para el aislamiento se utilizó Porexpan de 1.5 cm, sujeto a los listones de madera colocados en la cara interior de la fachada.

b) Los materiales predominantes son acero y madera; la ventilación es mixta, natural y mecánica; el aislamiento y estanqueidad son insuficientes, por lo que sufre de sobrecalentamiento de la fachada sur, la principal. El uso de las persianas es incompatible con la apertura de las ventanas.

Figura 5. Volumetría del entorno y del edificio del COAC. Elaboración propia, 2017.

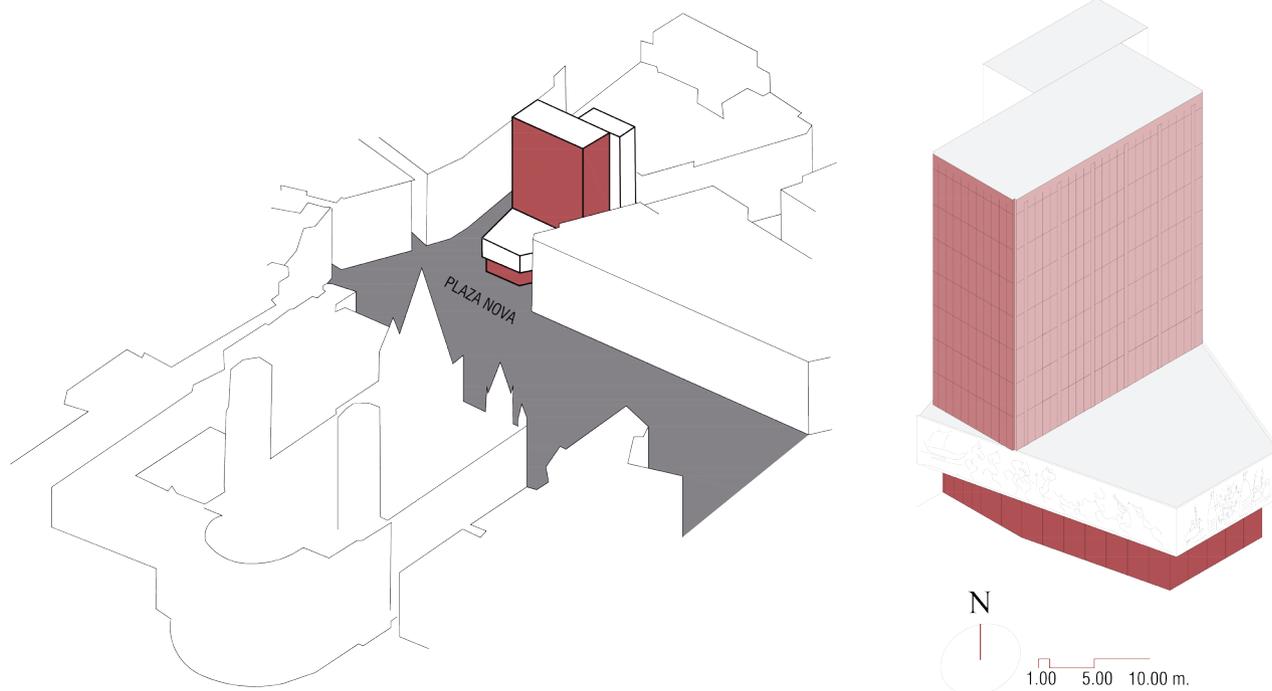


Tabla 1. Mejoras y estrategias en las 12 propuestas finalistas para la fachada del Coac. Identificación de las estrategias recurrentes, agrupadas según tipología de mejora.

I. TECNOLÓGICAS					
MEJORAS	Confort térmico y acústico		Control de asolamiento	Ventilación	
ESTRATEGIAS	Cámara gestionada		Filtro regulable en cámara	Gestión de la permeabilidad	Cámara estancia al exterior
II. ECONÓMICAS					
MEJORAS	Eficiencia energética activa		Ahorro de consumo	Mantenimiento del exterior y adaptabilidad	
ESTRATEGIAS	Aporte en autosuficiencia	Automatización	Gas y electricidad kWh/año	Adaptable	Limpieza desde de galería Desde el interior
III. AMBIENTALES Y SOCIALES					
MEJORAS	Eficiencia ambiental			Valor histórico	
ESTRATEGIAS	Reutilización de materiales	Materiales de bajo impacto en paneles opaco		Intervención normalmente reversible	
IV. FORMALES					
MEJORAS	Reinterpretación formal y material			Esbeltez	
ESTRATEGIAS	Composición y aspecto original exterior	Composición y aspecto original interior	Menor a 250 mm	251 - 749 mm	Mayor a 750 mm

Elaboración propia, 2016.

c) Existe un desajuste entre temperatura radiante y ambiental, y descompensación térmica entre zonas, lo cual provoca una demanda energética excesiva a causa del sobrecalentamiento y a la infiltración de aire. (COAC, 2014)

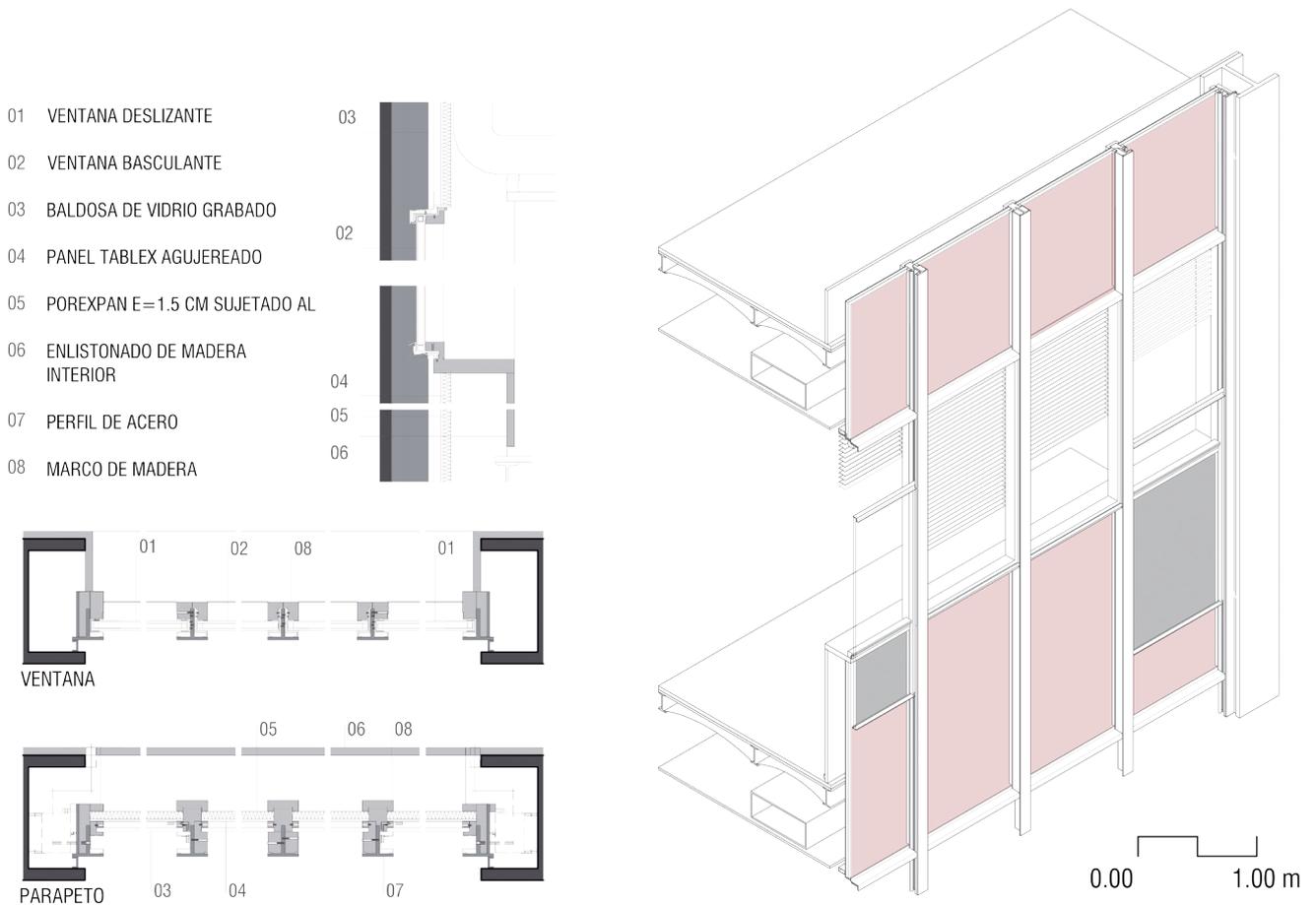
La comisión encargada del concurso determinó seis exigencias, las cuales se han repartido en los cuatro grupos de mejoras previamente propuestos (Tabla 1).

Cabe resaltar que una de las mejoras es la nomenclatura usada para los aspectos generales que varían poco en el tiempo; estos nacen de las carencias o necesidades. Sin embargo, las estrategias son específicas y aparecen en la etapa de propuesta, lo cual significa que pueden ser infinitas. La motivación para elegir una estrategia u otra está relacionada con la tipología de intervención, y con el tipo de mejora o mejoras que se desean abordar (Figuras 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12).

Análisis de las 12 propuestas

Existen tres tipos de propuestas clasificadas de antemano por las bases del concurso, pero no serán tomadas en cuenta sino hasta el final. El análisis de las 12 propuestas se inició en las estrategias empleadas en cada una de las cuatro tipologías de mejoras propuestas. Estas estrategias pueden ser medidas de modo cuantitativo, de modo descriptivo y de modo disyuntivo, como se puede ver en la Tabla 1.

Mediante esta primera comparación se han determinado una serie de tendencias. En primer lugar, al analizar la totalidad de las propuestas, se detectaron tres sistemas



constructivos de los ocho más usados en la actualidad. Estos son el sistema de montantes y travesaños, *unitized*-modular y, finalmente, el de colocación de doble piel, el cual es un sistema mixto de los dos anteriores y el más usado en las propuestas.

Figura 6. Isometría, sección y planta de un módulo de la fachada original del COAC. Elaboración propia, 2017.

En cuanto a las mejoras tecnológicas, el uso de una cámara gestionada como estrategia de control de las necesidades fisiológicas como el confort higrotérmico y acústico fue la opción del 75% de las propuestas presentadas. Esto no deja lugar a duda de que la cámara gestionada en sus distintas concepciones ofrece mejores posibilidades que la piel una sola capa o los vidrios de cámaras múltiples, los cuales no permiten la interacción con los usuarios. Otra tendencia fue la permeabilidad de la cámara gestionada, ya que casi el 60% de las propuestas optaron por dejar que las cámaras puedan ser manipuladas desde el interior o que no sean herméticas del todo.

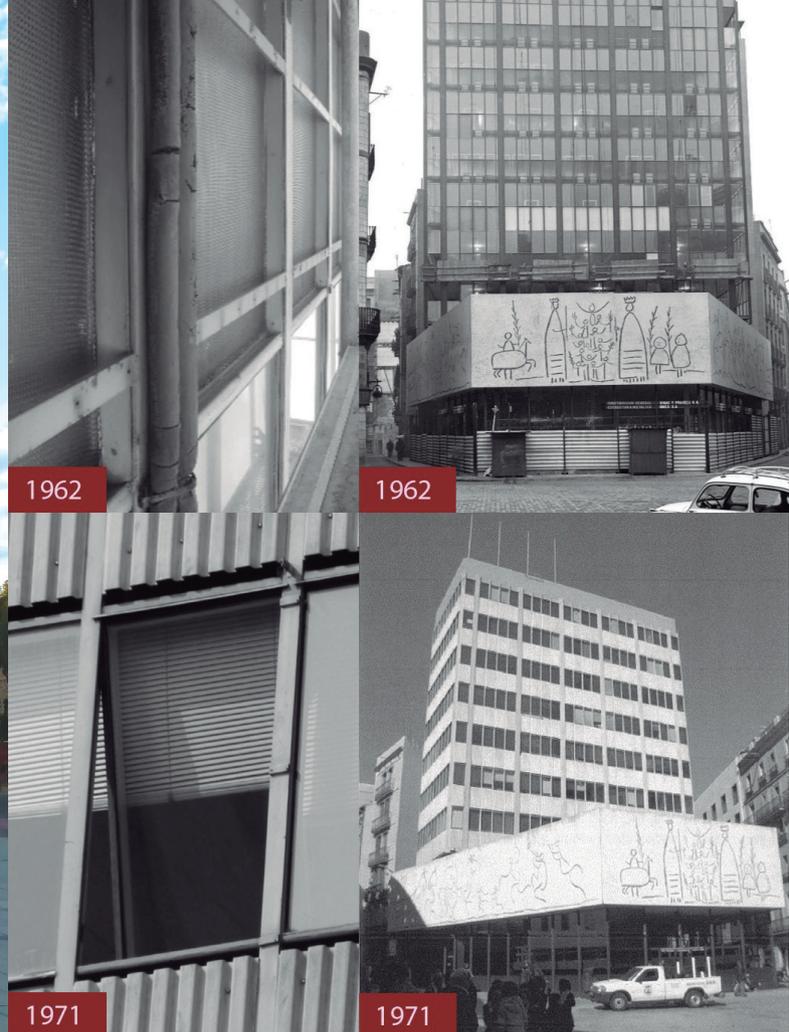
En cuanto a las mejoras económicas, no se han percibido tendencias; por el contrario, se aprecia una ausencia importante en la automatización de las funciones, factor que en estudios similares de hace algunos años parecía ser una inversión segura. Más de la mitad de propuestas mostraron preocupación por la limpieza de las superficies nuevas que aparecen al crear la cámara ventilada, pero más que una tendencia se puede marcar como una consecuencia de lo descrito anteriormente. Más del 65% de las propuestas logran disminuir el consumo a menos de 100 kWh/m², lo que es igual a la tercera parte de su consumo promedio al año antes de la rehabilitación y un ratio aceptable en edificaciones rehabilitadas para oficinas.



Figura 7. Vista principal del COAC.
Fotografía por J. Carbonel, 2016.

Figura 8. Evolución de la fachada del COAC. Archivo personal E. Granell & A. Ramon, 2012.

Figura 9. Vista lateral del COAC desde la Calle de los Capellans. Fotografía por J. Carbonel, 2016.



En cuanto a las mejoras socioambientales, no se marcó ninguna tendencia, pero la mitad de equipos determinaron que la mayor reutilización posible de los materiales era factible y necesaria, por razones ambientales y por el significado histórico de la fachada. Una de las características de toda intervención en edificaciones con valor histórico es la reversibilidad y una tercera parte de las concursantes la elige como estrategia para salvaguardar el concepto del muro cortina, desde su materialidad hasta su funcionamiento.

Finalmente, en cuanto a las mejoras formales, hubo más de 80% de recurrencia en las técnicas de conservación de la composición geométrica de los paneles, los llenos y vacío que conservan la retícula y modulación original, y los espesores de los perfiles de parantes y travesaños en relación al original. Una particularidad a resaltar en este edificio es el basamento, con un friso diseñado por Picasso; por ello, el muro cortina original es de coloración oscura, característica que conservan el 75% de las participantes. La mayoría de las propuestas sustituyeron los paneles porque lograr que estos sean eficientes en lugar de reemplazarlos demanda una acumulación extra de peso en la fachada; lo mismo ocurre con los parantes y travesaños.

Para clasificar los conceptos de rehabilitación durante el análisis se ha considerado la clasificación hecha por Ebbert (2010): sustitución, modificación, y adición interior y exterior. La sustitución puede ser completa o conservar algunos elementos estructurales. La modificación considera la reparación y restauración de elementos, y añade la complejidad a la recuperación. Las intervenciones desde el exterior son las más propicias en edificios con actividad constante; es el caso contrario con respecto a las modificaciones desde el interior, aunque no requieren de la colocación de andamios.

Además, se ha determinado cuatro conceptos de fachadas o subtipos para clasificarlas, los cuales dependen del funcionamiento e interrelación entre los huecos: cámara ventana, doble piel particionada o *box window*, doble piel continua no registrable, y



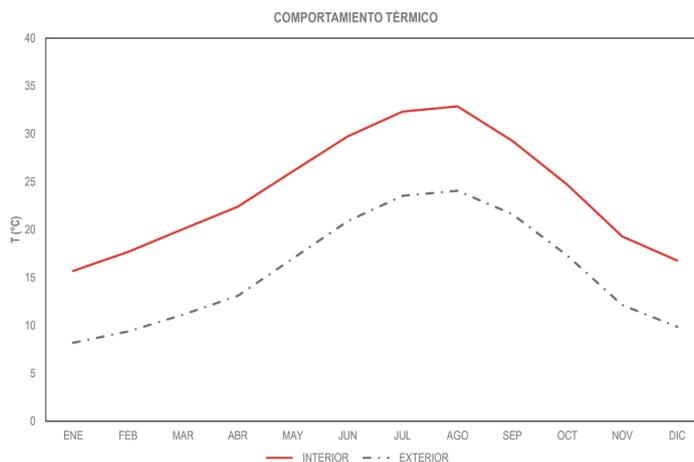
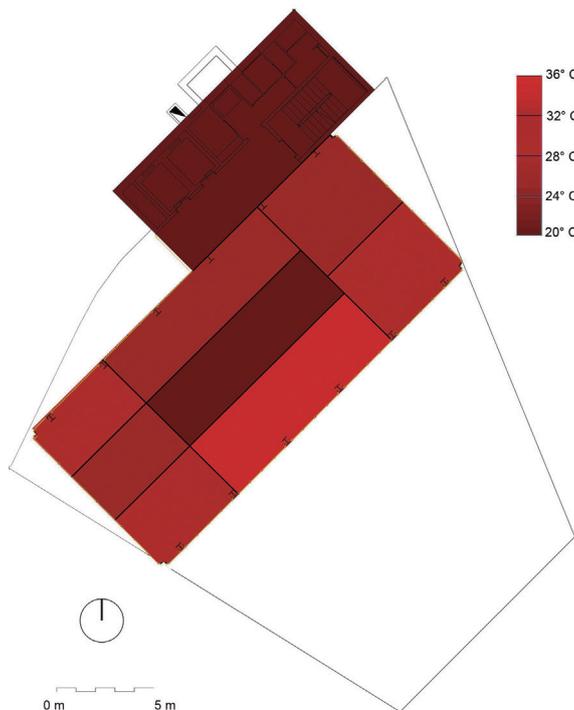
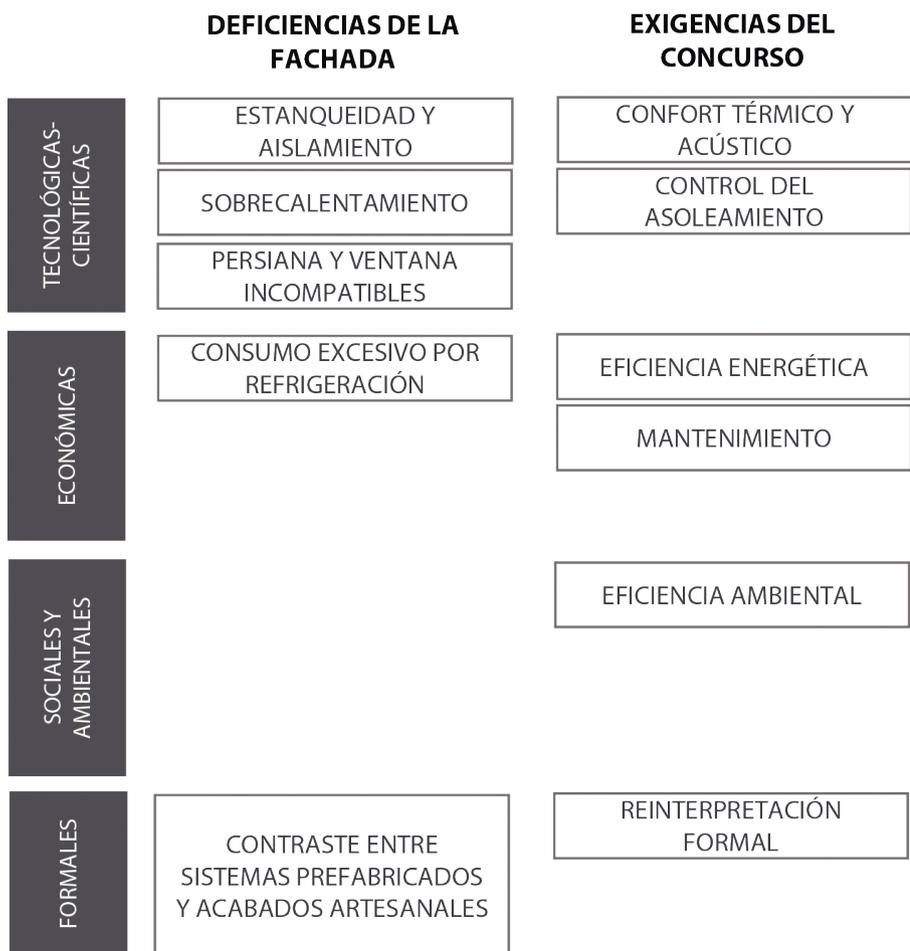
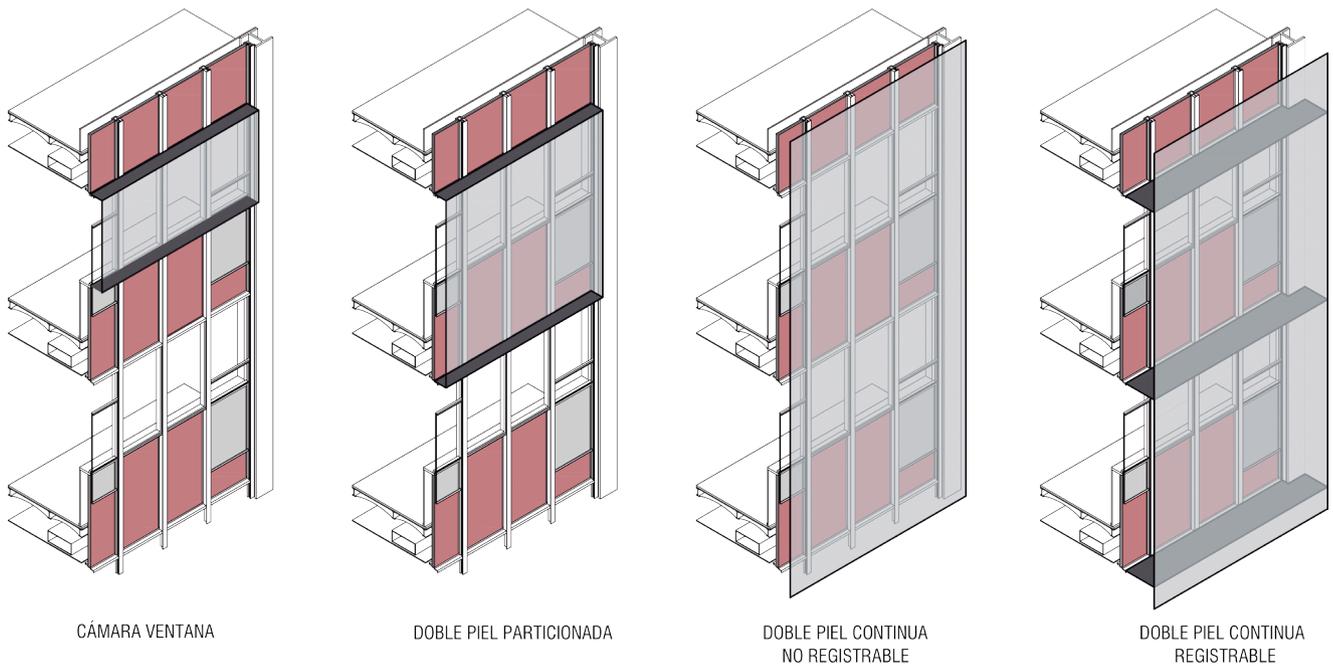


Figura 10. Distribución de la temperatura interior en verano. Simulación de la radiación directa en el día más caluroso del año sobre la vista de planta del último piso del edificio. Elaboración propia a partir de los promedios mensuales de datos meteorológicos para la región de Barcelona en España, recuperados de <https://www.temperatureweather.com/mediterr/tiempo/es-tiempo-en-espana-barcelona.htm>.

Figura 11. Comportamiento térmico anual. Elaboración propia a partir de los promedios mensuales de temperatura en la ciudad de Barcelona, recuperados de <https://www.temperatureweather.com/mediterr/tiempo/es-tiempo-en-espana-barcelona.htm>.

Figura 12. Deficiencias de la fachada y exigencias del concurso. Elaboración propia, 2016.





doble piel continua registrable. Se diferencian básicamente en la gestión de la cámara interior y en la independencia de funciones. Las particionadas son propicias cuando existen oficinas muy diferenciadas en el edificio, mientras que las dobles pieles continuas favorecen un mejor control de la eficiencia del sistema (ver Figura 13).

Figura 13. Isometrías de los conceptos de envolvente según su intervención y funcionamiento. Elaboración propia, 2017.

Respecto a las tendencias por mejoras de prestaciones, se verifica que aquellas que aparecen en el grupo de mejoras tecnológicas y económicas optan por el uso de los conceptos doble piel particionada y doble piel continua registrable. Sin embargo, en el grupo de las tendencias en las mejoras formales, es notoria la preferencia por el concepto de cámara ventana. En ningún caso el de doble piel continua simple resulta exitoso a nivel de preferencia y funcionalidad (ver Figuras 14, 15 y 16).

Estos cuatro conceptos también se diferencian por las distintas profundidades de sus respectivas cámaras: el de mayor profundidad es el grupo de la segunda piel continua corredor, que supera al de doble piel particionada, en segundo lugar; en tercer lugar se encuentra la segunda piel continua simple; y, en último puesto, la cámara ventana, la más angosta en promedio. Al momento de contrastar estas profundidades con la eficiencia energética, los resultados muestran que el grupo de la segunda piel continua es el más eficiente energéticamente, con una profundidad de cámara de 35 cm en promedio. Pese a no ser la más popular entre las propuestas, este concepto de fachada o subtipo encontró una profundidad de cámara que si bien no es suficiente para ser transitable, sí tiene la capacidad de brindar mejores prestaciones (ver Figuras 17 y 18).

Se observa que todas las propuestas plantean la intervención a través de una lógica de capas superpuesta en diferentes posiciones, que va depender de la respuesta a la disyuntiva de conservar o no los elementos originales. Esto la diferencia de discusiones sobre las fachadas estructurales, donde dicha decisión debe gestionarse al miligramo.

Aunque las fachadas ligeras siguen vigentes en las nuevas construcciones, las fachadas rehabilitadas tienen un sello que destaca por cuatro razones: la disminución, de un metro menos en promedio, de la altura en relación a la de los pisos de su época; una menor cantidad de instalaciones que la de los edificios actuales; los sistemas de apertura de las

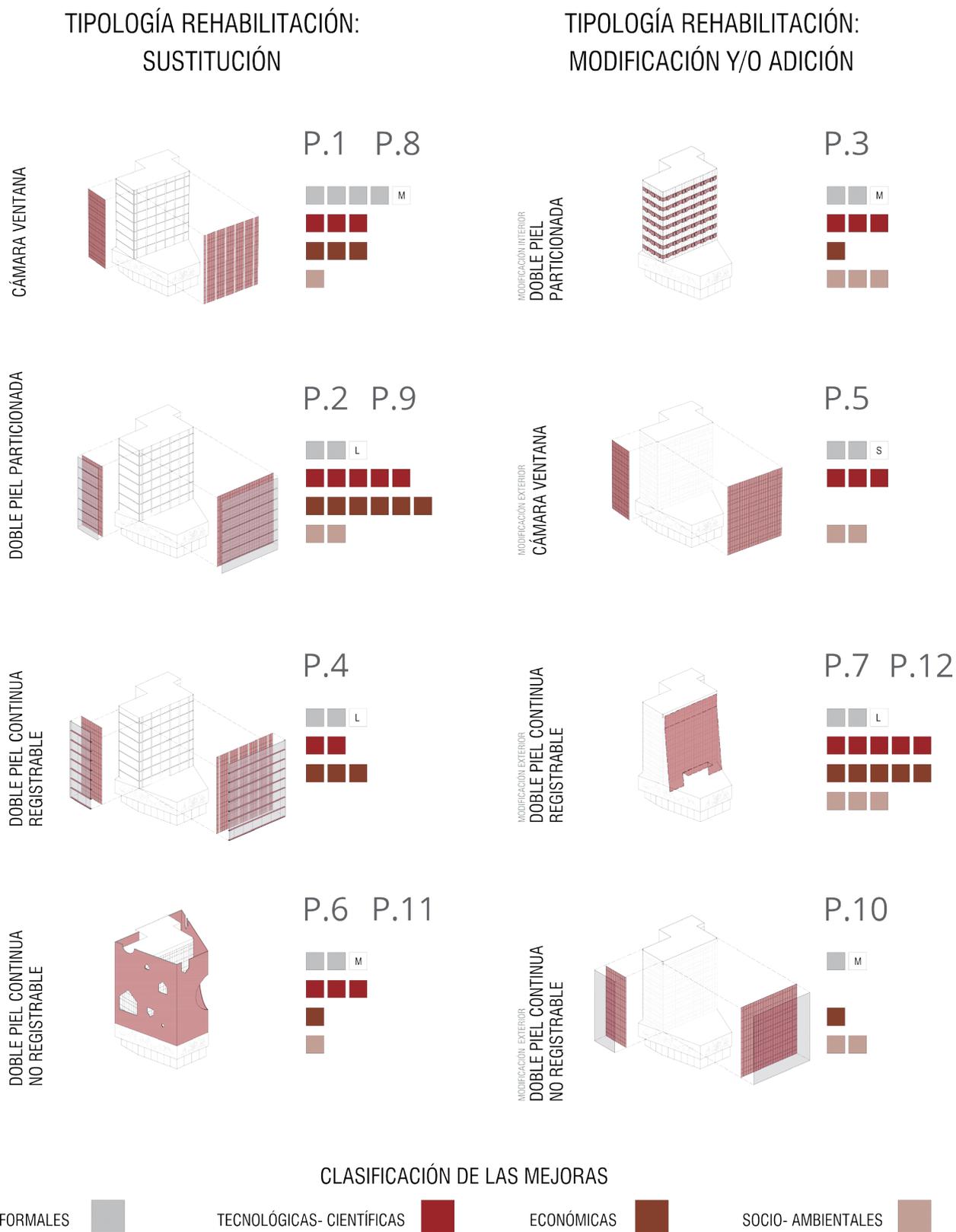


Figura 14. Tipologías de intervención vs. mejoras en las 12 propuestas. Concentración de las mejoras según tipología. Elaboración propia, 2017.

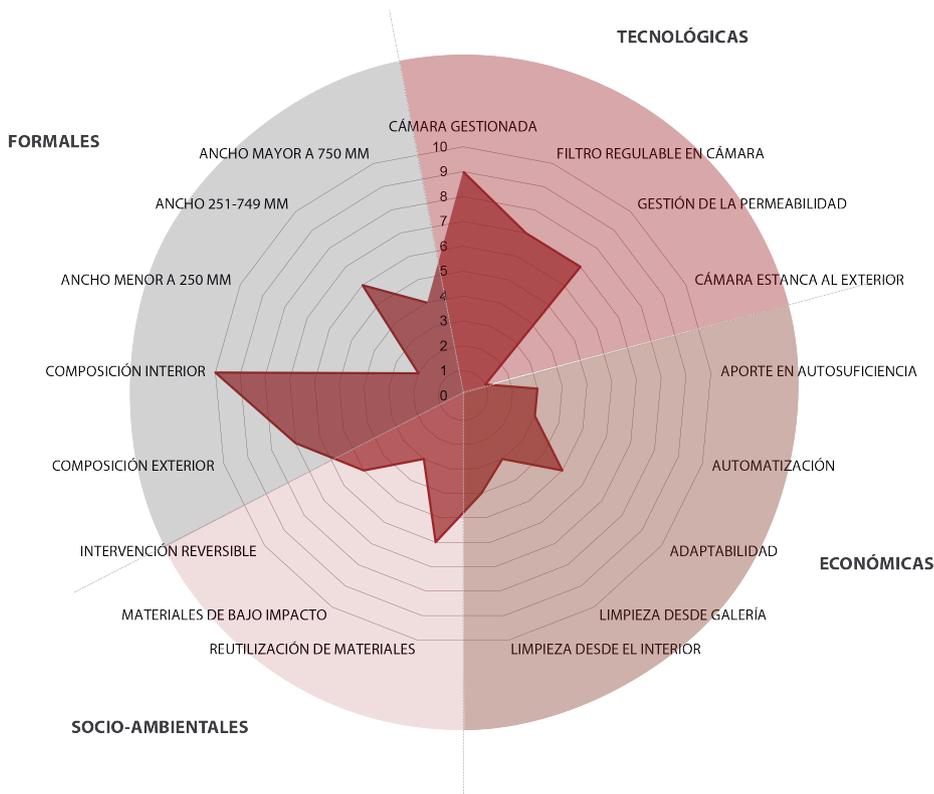


Figura 15. Gráfico de las tendencias en las estrategias. Elaboración propia, 2016.

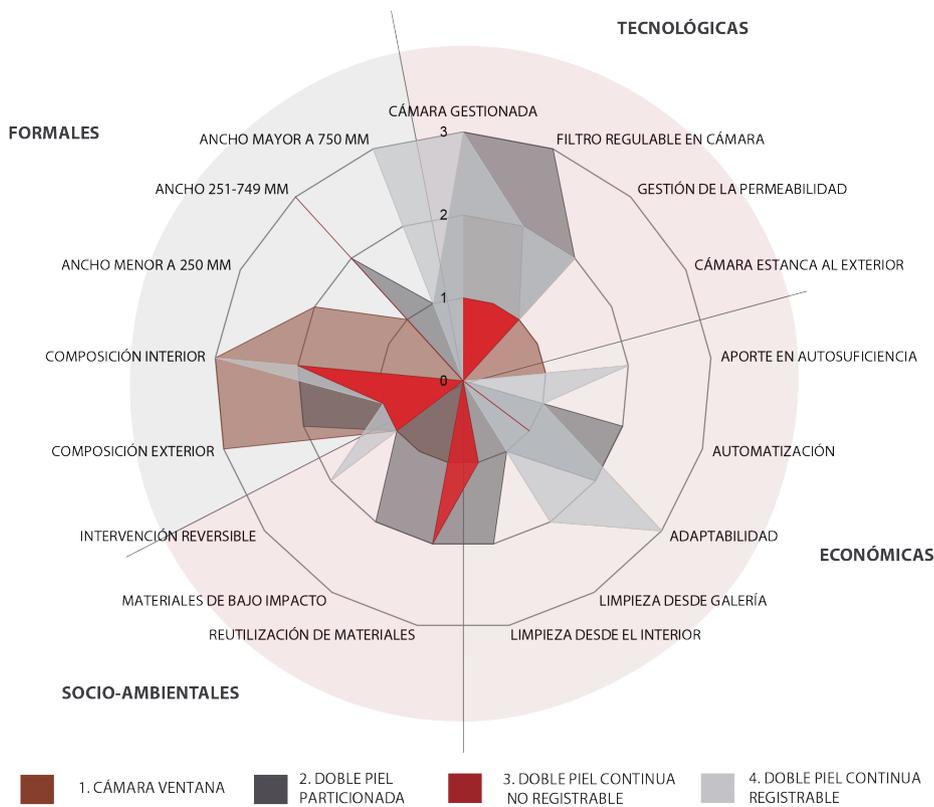


Figura 16. Gráfico de las tendencias según los conceptos de fachada o envoltente. Elaboración propia, 2016.

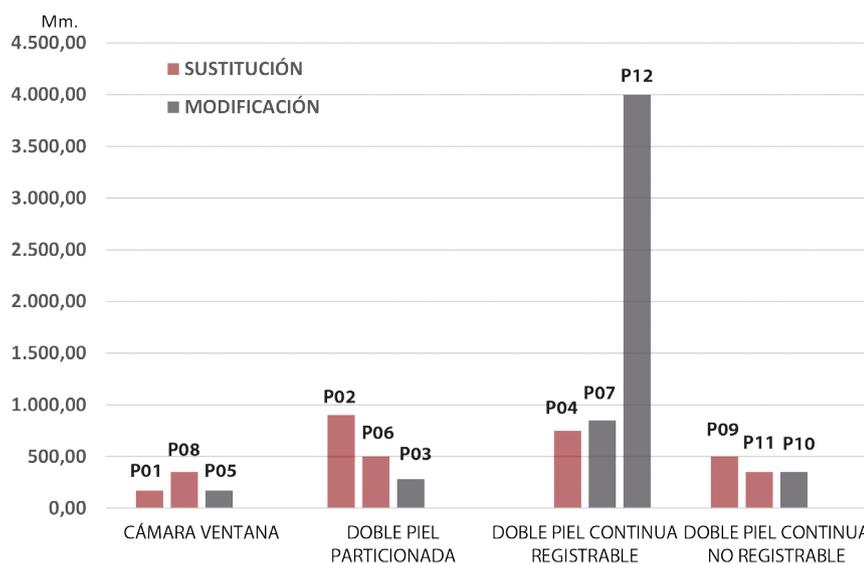
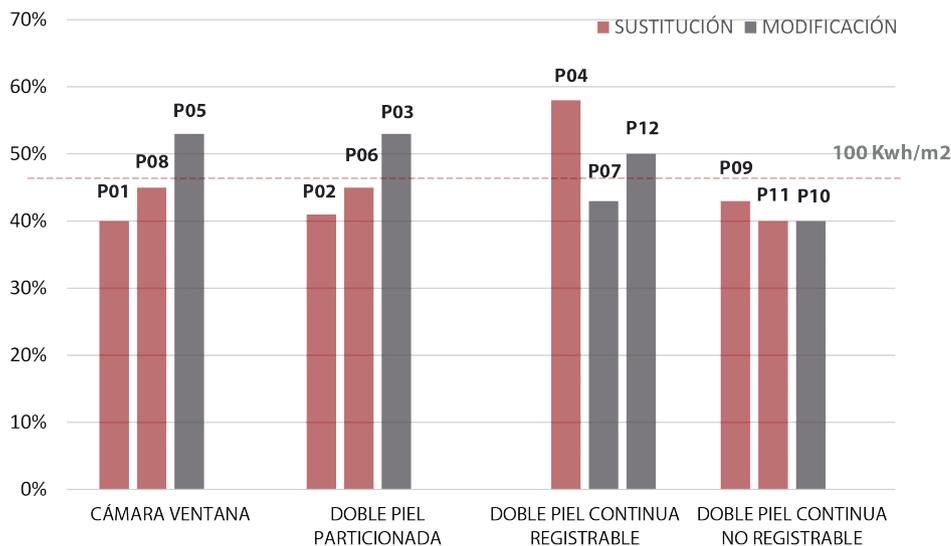


Figura 17. Gráfico del espesor resultante de las fachadas propuestas. Elaboración propia, 2016.

Figura 18. Gráfico del ahorro energético en las fachadas propuestas. Elaboración propia, 2016.

ventanas, muy necesarios ya que funcionan con una climatización pasiva o mixta; las capas o pieles verticales; y, por último, el ancho final de la fachada, mayor al de una nueva. Esta imagen es importante porque pone en manifiesto los vectores globales antes mencionados; esta honestidad, reflejada en la transparencia constructiva de los cambios, es un valor presente en toda respuesta coherente con las mejoras estudiadas. Finalmente, el resultado sirve de prototipo para generaciones futuras de fachadas ligeras.

Conclusiones

Existe una coincidencia entre los vectores de evolución de la fachada ligera, estudiados por diversos autores, y los aquellos que aparecen en la rehabilitación de la fachada ligera del COAC. Estas coincidencias demuestran, por un lado, que es posible mirar a la fachada ligera como una oportunidad de investigación e innovación, y que entre el aporte de las nuevas fachadas y los conocimientos rescatados de su rehabilitación se crea una simbiosis de perfeccionamiento y evolución.

Según los ejemplos mostrados por los concursantes, es factible hablar de la rehabilitación de un edificio que representa el patrimonio moderno en un ambiente urbano monumental, y a la vez innovar en el concepto de la envolvente, de tal forma que la fachada se adapta a dos momentos de la historia, como ha sucedido con la fachada del COAC en el barrio gótico de Barcelona. Para ello, las propuestas han considerado un lenguaje y tratamiento específico para cada capa, lo que resulta en que la suma de todas proporcione valores de eficiencia energéticos acordes a nuestra época, prolongue la vida útil de un edificio y, al mismo tiempo, exhiba la técnica constructiva de mediados del siglo pasado.

En cuanto a los vectores de evolución encontrados en el caso específico del COAC, se ve que la estrategia de doble piel o el uso de una cámara gestionada representan la intención de acudir a técnicas pasivas a la vez que se procura la sostenibilidad. Sin embargo, no parece haberse logrado compatibilizar con la adaptabilidad a futuras mejoras, ya que son soluciones muy tecnificadas o específicas. En la búsqueda de la rehabilitación que conserve las directrices formales de la fachada ligera se han forzado mejoras en el funcionamiento fisiológico que limitan la perfectibilidad.

El peso promedio de las fachadas ligeras se ha duplicado en las propuestas, y ha cambiado de 60 kg en promedio a 130 kg por m² en elevación, lo que aumenta el ancho y almacena aire, y deja de ser un elemento casi bidimensional para volverse uno menos denso pero más volumétrico.

Se comprueba que el cambio más resaltante en la fachada ligera en comparación a la de hace 50 años es la calidad de los materiales, su prefabricación más eficiente, y, también, el orden lógico en el que deben ser colocados para alcanzar mejores ratios de confort y eficiencia. Sin embargo, a nivel de sistema no hay cambios sustanciales. Aunque en algún momento durante los 10 últimos años se pensó que la automatización y el dinamismo podrían producir mutaciones positivas en la fachada ligera, aún no se encuentran resultados significativos, y los métodos pasivos y mixtos son los preferidos por los concursantes en respuesta al mercado actual.

Por otro lado, el concurso, que fue dividido en tres categorías dependiendo de la experiencia profesional, tuvo mayor acogida en los grupos de jóvenes y arquitectos de larga experiencia, detalle que debe ser mencionado para determinar cuál es el origen del know-how que ha participado y que demanda una atención de parte de las generaciones intermedias en el contexto español.

Finalmente, está claro que la rehabilitación seguirá siendo una constante en las ciudades con altos coeficientes edificatorios que sobrepasen los 50 años de antigüedad en promedio, tanto la de fachadas ligeras como la de las que no lo son. Por ello, planificar la llegada de ese momento es un vector de evolución y un tema de discusión importante a considerar en los diseños contemporáneos, en la industria y, también, en los códigos de construcción.

Referencias

- Araujo, R. (2010). La rehabilitación de la arquitectura moderna. *Tectónica. Revista de Arquitectura, Tecnología y Construcción*, 1(33), 4-9.
- Bilow, M., Tillmann, K. & Ulrich, K. (2008). *Imagine 01 Façades*. Rotterdam: 010 Publishers.
- Colegio de Arquitectos de Cataluña. (2014). *Concurso para la rehabilitación de la fachada de plaça Nova. Proyectos seleccionados, 2ª fase*. Recuperado el 10 de mayo de 2016 de <https://www.arquitectes.cat/es/concurso-fachada-coac-proyectos-seleccionados-2a-fase>
- Cuchí, A. (10 de marzo de 2014). *Renovar la innovación*. Recuperado el 8 de marzo de 2016 de El blog de Albert Cuchí, <https://albertcuchi.wordpress.com/2014/03/10/renovar-la-innovacion/#comments>

- Ebbert, T. (2010). *Re-face refurbishment strategies for the technical improvement of office façades* (tesis de doctorado sin publicar). Universidad Tecnológica de Delft, Países Bajos.
- Ferrés, X. (2011). *Façanes lleugeres, el procés cap al límit* (tesina final de maestría sin publicar). Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, España.
- Garrido, P. (2015). *Vida y obsolescencia de fachadas del siglo XX en la ciudad de Barcelona* (tesis de doctorado sin publicar). Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, España.
- Granell, E., & Ramon, A. (2012). *Col·legi d'Arquitectes de Catalunya 1874-1962* (1era ed.). Barcelona, España: Colegio de Arquitectos.
- Hindrichs, D. U. & Heusler, W. (2010). *Façades-building envelopes for the 21st Century* (3era ed.). Basilea, Suiza: Birkhäuser.
- Knaack, U., Bilow, M., Konstantinou, T. & Lieverse, B. (2012). *Imagine 06. Reimagining the envelope* (1era ed.). Rotterdam: 010 Publishers.
- Knaack, U., Klein, T., Bilow, M. & Auer, T. (2014). *Façades principles of construction* (2da ed.). Basilea, Suiza: Birkhäuser.
- Muñoz Pardo, M. J. & García Martínez, M. (2011). *Enfoques y prácticas de innovación en la arquitectura española*. Valencia, España: Escuela Técnica Superior de Arquitectura Universidad Politécnica de Valencia.
- Pardal, C. (2009). *La hoja interior de la fachada ventilada. Análisis, taxonomía y prospectiva* (tesis de doctorado sin publicar). Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, España.
- Paricio, I. (2010). *La piel ligera: maduración de una técnica constructiva*. Barcelona, España: Grupo Folcra Edificación.
- Hausmann, R. (2015, 1 de diciembre). Entrevista para la revista *Progreso*. Recuperada de <http://progresomicrofinanzas.org/ricardo-hausmann/>
- Solá-Morales, M. (1958). 2º Concurso de anteproyectos para sede del Colegio Oficial de Arquitectos de Cataluña y Baleares. *Cuadernos de Arquitectura*, 1(32), 373-395. Barcelona
- Zaera-Polo, A., Trüby, S., Koolhaas, R. & Boom, I. (2014). *Façade*. Venecia, Italia: Marsilio.
- Zamora, J.-L. (2006). *Façanes lleugeres. Manual del projecte arquitectònic*. Barcelona, España: Universidad Politécnica de Cataluña.