

**CLASIFICACIÓN DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE ENVOLVENTES
VERTICALES OPACAS DESDE EL PUNTO DE VISTA DE SU SOSTENIBILIDAD
La envolvente vertical como herramienta de diseño sostenible**

Michelle Sánchez de León

Arquitectura La Salle, Universidad Ramón Llull, Barcelona, España
michellesanchezb@gmail.com

RESUMEN

La envolvente es uno de los elementos más importantes cuando uno analiza el funcionamiento del edificio en términos de sostenibilidad. Tomando esto en consideración, este trabajo de investigación se centra en armar un sistema de clasificación de los sistemas de envolventes, cruzando los conocimientos y parámetros de los sistemas constructivos con los requerimientos en términos de sostenibilidad. Por lo tanto, en este trabajo se evalúa la importancia que tiene el diseño de la envolvente sobre la sostenibilidad del edificio; se analizan los parámetros que hacen que los sistemas constructivos se comporten de diferentes maneras en términos de sostenibilidad; a su vez, se explica el proceso de clasificación generado a partir de este análisis que da como resultado un cuadro de categorización donde entran todos los sistemas constructivos de envolventes verticales opacas.

Palabras clave: sostenibilidad, fachada, envolvente, muro exterior, construcción, sistema constructivo, eficiencia energética.

INTRODUCCIÓN

Esta investigación nace de la necesidad de cruzar los parámetros y requerimientos de los sistemas constructivos con las aplicaciones que los mismos pueden tener a nivel sostenible sobre el edificio, enfocándonos en el impacto medioambiental que produce el edificio en todo su ciclo de vida.

Los sistemas de envolventes verticales son uno de los puntos más importantes en cuanto a intercambio de energía con el medio ambiente. Esto es evidente si observamos que el ciclo de vida total del edificio puede significar alrededor de 15% de las emisiones de CO₂ y 17% de la energía consumida en todas las etapas de su ciclo de vida¹. Por lo tanto, el buen diseño de este elemento en particular puede significar un gran cambio en el nivel de sostenibilidad del edificio.

La envolvente es uno de los elementos que más contribuye con la cantidad de energía y los parámetros de confort de un edificio. El consumo de energía está claramente relacionado con el diseño de la fachada. La demanda de energía puede ser reducida aplicando materiales con inercia térmica, aislantes térmicos, optimizando la superficie acristalada, y empleando medidas pasivas y activas adicionales a las capas de materiales que componen el sistema constructivo de la envolvente².

Tomando todas estas inquietudes y parámetros en consideración, se plantea una metodología para clasificar los sistemas de envolvente vertical opaca. La misma formará parte de una investigación, desarrollada con el fin de evaluar el nivel de importancia que tienen los diferentes sistemas constructivos de envolventes verticales opacas sobre el impacto medioambiental que el edificio tiene, tomando en consideración todo el ciclo de vida del mismo.

201

Sostenibilidad y arquitectura

El concepto de arquitectura sostenible se basa en el principio de desarrollo sostenible propuesto por las Naciones Unidas en el año 1987³; es un término que describe la conciencia ambiental, económica y social manejada por técnicas de diseño en la arquitectura.

La arquitectura sostenible es la que permite que el diseño de cualquier elemento urbano o arquitectónico respete las necesidades de las futuras generaciones, minimizando el consumo de energía, agua y residuos, que generan los edificios o las ciudades⁴. Por lo tanto, un diseño arquitectónico sostenible es el que respeta el impacto medioambiental, sociológico y económico, siendo su objetivo minimizar las huellas ecológicas que tiene el proyecto a lo largo de su vida útil.

[...] la adaptación de los edificios al cambio climático exige el respeto de tres principios: la envolvente y la superficie ocupada por el edificio son fundamentales para su supervivencia a largo plazo, adaptabilidad y eficiencia energética; la calidad constructiva media debe de ser superior (mejor aislamiento, materiales de mayor calidad, etc.); deben preverse medios para mejorar el acondicionamiento de los edificios, en especial en refrigeración y consumo de energía renovable.

Tomando esto como premisa, los arquitectos deben tomar conciencia de que los proyectos tienen que ser más sostenibles, entendiendo cuáles son los requerimientos de las envolventes de los edificios, reduciendo al máximo el gasto energético, el consumo de agua y la gestión de los residuos de los edificios, sin dejar de lado el confort y satisfacción de las necesidades del usuario. Deben considerar desde la etapa de construcción hasta la de demolición, tomando en cuenta la energía incorporada en la producción de los materiales utilizados para la edificación, el desarrollo de la construcción, el uso, la demolición y reutilización de los materiales.

La envolvente arquitectónica

Se entiende como envolvente de un edificio el sistema constructivo que separa el ambiente interior del exterior, delimitando así el espacio habitable⁶. La envolvente comprende las cuatro fachadas principales del edificio, la cubierta del mismo y la superficie en contacto con el terreno, las cuales no solo limitan el espacio que ocupan, sino que forman parte integral del edificio, influenciando tanto el espacio interior como el exterior, y relacionándose con el diseño, uso, estructura, función y servicios de la construcción².

La envolvente vertical “[...] es el cerramiento arquitectónico por excelencia, ya que, además de definir básicamente los espacios interiores, constituye la envolvente más aparente de la obra arquitectónica, a través de la cual se puede expresar la funcionalidad del edificio y definir el valor escultórico-arquitectónico del mismo con todos los aspectos históricos, creativos y sociales que esto conlleva⁶.

No cabe duda que sea la envolvente la que nos proporciona la imagen que percibimos del edificio a primera vista, y es lo que le da carácter y forma al mismo⁸. Es la única parte que observamos desde el exterior, por lo tanto, es uno de los elementos a los que se le presta más atención al nivel de diseño en el edificio. Esta especial atención debe abarcar su funcionamiento y requerimientos como “el control de la humedad, la luz, y el ruido; además de la definición geométrica (volumetría) de espacios y su separación e independencia del exterior”⁶. El cerramiento crea el espacio interior y lo condiciona a aspectos ambientales, como son la humedad, la temperatura, la iluminación, acústica, durabilidad, estanqueidad y seguridad⁶.

Una de las características más importantes que tiene que tener la envolvente del edificio para contribuir con el comportamiento sostenible del edificio es que sea una piel tipo membrana, la cual se adapte al clima local, permita la relación entre el ambiente interior y el exterior, ya que mientras más estanca y rígida sea, menos permitirá la adaptabilidad a los comportamientos extremos que pueda tener el clima local (figura 1).

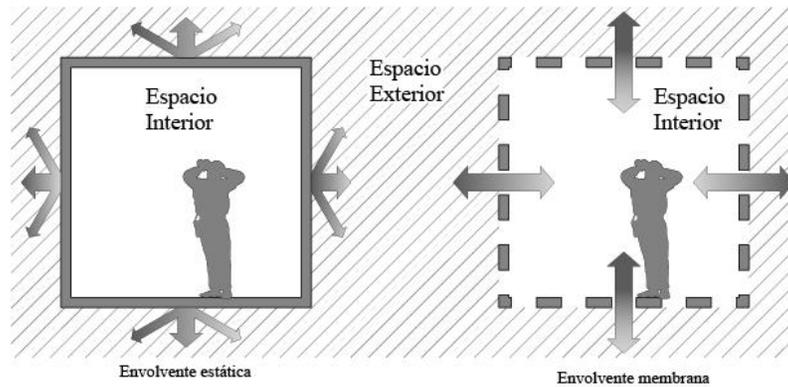


Figura 1. Envoltura estanca *versus* membrana

La envolvente vertical y la sostenibilidad

Tomando en consideración todas estas funciones que tiene que cumplir este sistema, durante esta investigación nos concentramos en las funciones de sostenibilidad (confort térmico, confort lumínico, minimizar los intercambios de energía, reducir las emisiones de CO₂, etc.), teniendo en cuenta los principios y exigencias físicas básicas para el intercambio de energía, y tomando como principio el apartado DB-HE1 del Código Técnico de la Edificación de España.

Los edificios dispondrán de una envolvente de características tales que limite adecuadamente la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico en función del clima de la localidad, del uso del edificio y del régimen de verano y de invierno, así como por sus características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar, reduciendo el riesgo de aparición de humedades de condensación superficiales e intersticiales que puedan perjudicar sus características y tratando adecuadamente los puentes térmicos para limitar las pérdidas o ganancias de calor y evitar problemas higrotérmicos en los mismos⁹.

Los principales parámetros que hay que tomar en cuenta al diseñar la envolvente que intervienen en el desempeño sostenible del edificio son los siguientes (figura 2):

- Requerimientos del lugar: intercambio de energía, conexión con visuales, adaptabilidad al clima local, etc.
- Requerimientos de confort usuario-acondicionamiento climático: la iluminación y la ventilación natural, la radiación, la humedad y requerimientos de higiene, vistas, etc.
- Requerimientos constructivos: la estanqueidad, la energía incorporada a los materiales, la durabilidad, el ciclo de vida, etc.

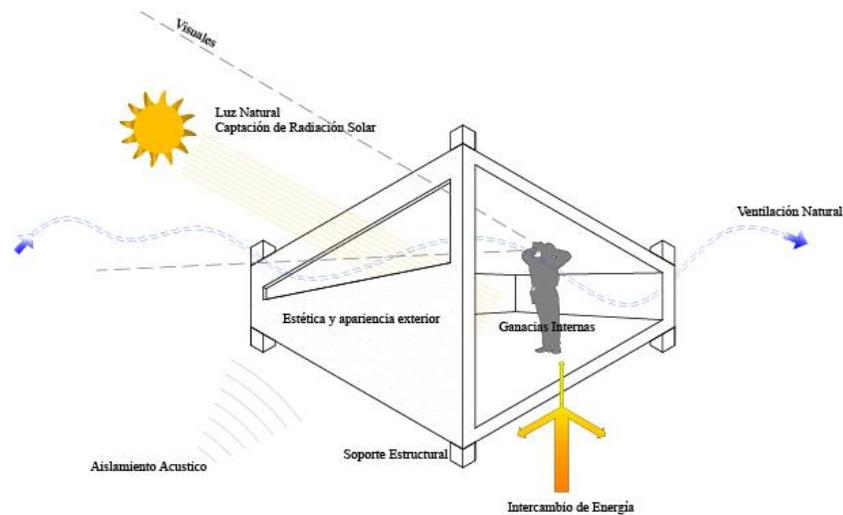


Figura 2. Funciones sostenibles de la envolvente

Función y composición de la envolvente vertical

El diseño de la envolvente se debe de plantear tomando en cuenta los requisitos técnicos a los que este elemento necesita responder. Estos aspectos se pueden definir tomando en cuenta los siguientes parámetros:

- *Datos climáticos:* La composición y diseño de la envolvente debe de tomar en cuenta los datos climáticos de la localidad en la que está ubicado el edificio. Estos datos climáticos serían: la temperatura del aire exterior, el asoleamiento, la dirección de los vientos dominantes, entre otros.
- *Requerimientos y confort térmicos-Consumo de energía necesario para llegar a los parámetros de confort preestablecidos:* El confort térmico en el edificio se controla evitando los intercambios de energía entre el espacio interior y el exterior. En esto la composición y diseño de la envolvente juega un papel muy importante². En el siguiente aparte se explicará mejor este requerimiento.
- *Requerimientos y confort con las visuales:* Este requerimiento lo cumple la fachada vertical acristalada. El objetivo es relacionar el usuario con el ambiente exterior. A su vez esto ayuda con el ingreso de luz natural a los espacios interiores de los edificios².
- *Resistencia y estabilidad:* “El cerramiento podrá ser portante o no portante, pero en ambos casos debe de cumplir con las resistencia y estabilidad mecánica ante las cargas verticales, gravitatorias y horizontales, eólicas y eventualmente sísmicas”⁰⁹.
- *Requerimientos y confort higiénico-ventilación natural:* La calidad del aire del ambiente interior juega un papel significativo en términos de comodidad e higiene. Esta higiene puede garantizarse por medio de la renovación del aire interior, introduciendo aire fresco por medio de aberturas en el diseño de la envolvente que permita la ventilación natural del espacio².
- *Requerimientos y confort de aislamiento acústico:* El confort acústico en una habitación se ve influenciado por los sonidos transferidos desde el exterior al interior. La envolvente del

edificio tiene que filtrar estos sonidos del exterior para evitar que el nivel de confort del espacio interior baje².

- *Estanqueidad al agua y al aire:* La envolvente vertical actúa como pantalla ante el agua de lluvia y el aire exterior, impidiendo que estos entren al interior del edificio.
- *Requerimientos de seguridad:* Los sistemas de fachadas deben asegurar las condiciones mínimas requeridas en la normativa para seguridad y resistencia al fuego.

Para hablar del nivel de eficiencia desde el punto de vista sostenible que tiene un tipo de envolvente, hay que tomar en cuenta que la propuesta a nivel constructivo dé respuesta frente al clima y orientación que esta envolvente debe enfrentar.

La envolvente de los edificios funciona como filtro entre el espacio interior y el ambiente exterior. La misma actúa como interfaz a través de la cual el aire y el calor pueden ser adquiridos y ser disipados. Ese elemento ayuda a proporcionar confort, como se comentó en el apartado anterior. Con el fin de proporcionar al usuario este confort ambiental, la fachada debe ser una membrana flexible que se adapte al clima local, que minimice el intercambio de energía entre el ambiente interior y el exterior. Si la envolvente no es suficientemente maleable se puede apoyar esta flexibilidad en sistemas pasivos y activos que se incorporen al diseño de la fachada².

Para analizar el desempeño sostenible de un sistema constructivo debemos tomar en cuenta los procesos físicos activos y pasivos que puede tener una envolvente y que ayudan a que la misma sea más eficiente.

A nivel pasivo tenemos que tomar en cuenta los siguientes procesos: el intercambio de energía, con tres tipos de respuestas básicas ante este aspecto, que son la composición del aislamiento térmico, la presencia o no de materiales con inercia térmica y el control de la radiación solar (sea para captar o para disipar esta radiación). Otros procesos pasivos sería la gestión del intercambio de agua, la cual también juega una posición clave en el desempeño de la envolvente en términos de sostenibilidad, teniendo posibles sistemas que ayudan a controlar este intercambio, como sería la evaporación pasiva, la captación o recolección de aguas de lluvia, la humedad por medio de vegetación, entre otras.

A nivel activo debemos tomar en consideración la producción de energía renovable, la adaptación al clima y la aplicación de materiales fotocatalíticos al sistema constructivo.

Diferencia entre la envolvente opaca y vidriada

Existen dos diferencias principales entre los tipos de envolventes que podemos encontrar en los edificios; una es la envolvente opaca y otra la vidriada o acristalada.

La diferencia más importante entre ambas es que la envolvente vidriada se caracteriza por estar ubicada en los huecos o vanos de la fachada de un edificio, por medio de los cuales se generan las conexiones visuales entre el ambiente exterior y el ambiente interior. A su vez, se identifica porque tiene como material principal el vidrio. Este material es translúcido y permite tanto la conexión visual como la entrada de calor e iluminación natural en el ambiente interior, por lo tanto, es uno de los materiales que permiten más intercambio de energía. Esta tipología de

envolvente se compone por diferentes capas de materiales acristalados (tipo vidrio), gases o fibras en la cámara de aire como aislamiento térmicos y elementos de protección solar.

En cambio, la envolvente opaca es la que está compuesta por materiales no translúcidos, por uno o varios materiales y puede funcionar con varios procesos físicos a la vez, como es el aislamiento y la inercia térmica.

En esta investigación nos concentramos en la envolvente opaca, ya que es la que menos se encuentra estudiada a nivel sostenible en el ámbito académico.

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE ENVOLVENTE VERTICAL OPACA

El proceso de clasificación consta en cruzar las tipologías de los sistemas constructivos a nivel mundial con los procesos físicos (explicados anteriormente) que afectan el desempeño sostenible de un edificio. Tomando esto en cuenta, podemos tener de un lado los sistemas constructivos, teniendo como principales los sistemas monohoja y multihoja; y cruzando esta información con la posibilidad de tener materiales con inercia térmica, la posición del aislamiento térmico si tiene y la ubicación o no de una capa de cámara de aire, teniendo de esta manera el cruce de conocimientos técnicos del ámbito constructivo con los del ámbito sostenible o del impacto medio ambiental que los edificios producen. Este cruce de conocimientos aporta una nueva visión de estos parámetros y esta nueva visión puede contribuir a la futura escogencia de tipologías de envolvente opaca y a su vez reducir el impacto medioambiental que actualmente tienen los edificios.

206

Clasificación de sistemas constructivos

El primer paso de la clasificación fue enunciar las dos grandes tipologías de sistemas constructivos, teniendo de esta manera las envolventes verticales opacas multihoja o monohoja (figura 3).

El sistema monohoja está compuesto por una única materia, la cual tiene que responder a las funciones de confort, intercambio de energía y soporte. Normalmente, son envolventes de materiales de origen pétreo, los cuales basan su desempeño en términos de intercambio de energía en la capacidad de inercia térmica que puede tener o no este material, teniendo en consideración la masa, grosor y transmitancia térmica del mismo (ejemplo: muros de fábrica, tapial, piedra, etc.), (figura 3).

El sistema multihoja está formado por varias capas especializadas de materiales distintos; estos materiales componen la sección de la envolvente, teniendo cada uno de ellos una función específica en el funcionamiento de la fachada, ya sea a nivel estructural, estético o sostenible. Los materiales que componen una fachada multihoja pueden ser muy variados, pero generalmente como mínimo encontramos una capa que soporta las funciones estructurales, y otras capas que cumplen con las funciones estéticas, teniendo luego otras posibles capas que cumplen con el aislamiento térmico, la inercia térmica, la disipación de calor, el control de la radiación, etc., dependiendo de cuál sea la configuración que se quiera diseñar para adaptarse al clima local (figura 3).

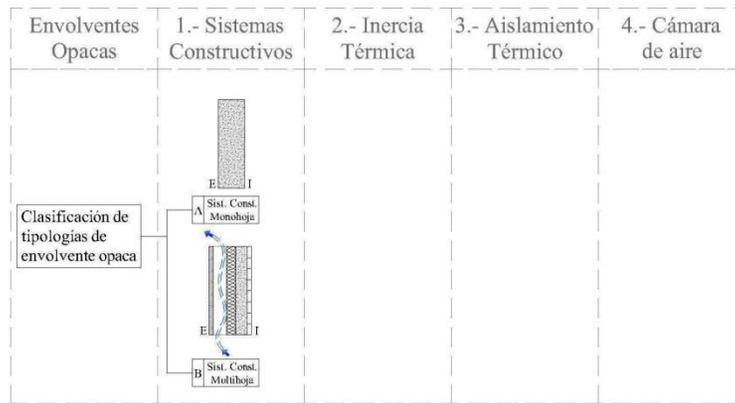


Figura 3. Cuadro de clasificación del sistema constructivo (Leyenda: Sistema constructivo monohoja: A. Sistema constructivo multihoja: B)

La incorporación de la inercia térmica

El segundo paso de la clasificación es la existencia o no de materiales con inercia térmica en la composición del sistema constructivo. Este proceso físico lo tomamos en cuenta, ya que la presencia o no de inercia térmica en el sistema constructivo define una reacción directa que tiene el sistema ante el clima local, teniendo amortización sobre el intercambio de energía entre el espacio interior y el exterior.

La inercia térmica generalmente se presenta en materiales pesados (ejemplo: fábricas de obra, tapial, derivados pétreos), y en los materiales ligeros es casi inexistente. Esto sucede porque la inercia dependerá de la masa, el calor específico y el coeficiente de conductividad térmica que tenga el material.

El beneficio que tiene este tipo de envolvente es que amortiza el calor, absorbiendo el calor generado por el intercambio de energía que se da durante el día, y cediendo este calor durante la noche. Esto funciona muy bien en climas variables, donde durante el día hay temperaturas elevadas y en la noche hay una disminución de temperatura considerable.

Tomando todos estos parámetros en cuenta se clasifican los sistemas constructivos considerando si el sistema constructivo está compuesto por alguna capa con un material que tenga inercia térmica (figura 4).

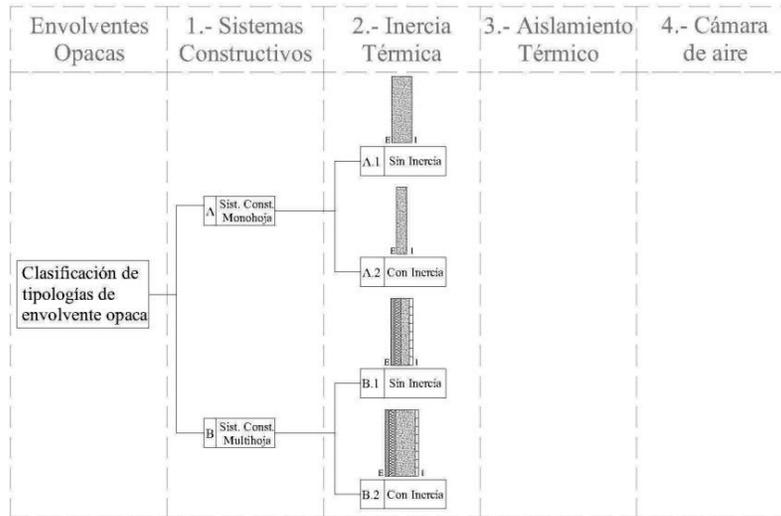


Figura 4. Cuadro de clasificación incorporación de la inercia térmica (Leyenda. Sin inercia: A1 y B1. Con inercia: A2 y B2)

La incorporación del aislamiento térmico

El tercer nivel de la clasificación es la existencia o no de materiales de tipo aislante térmico en la constitución del sistema constructivo, identificando a su vez la ubicación dentro de la composición del mismo. La importancia a nivel sostenible está identificada según el tipo de clima en el que se está trabajando. La presencia de materiales aislantes térmicos puede conseguir reducir considerablemente el flujo de intercambio de energía con rangos de pocos centímetros

208

Lo que caracteriza un material aislante térmico en términos de intercambio de energía es el nivel de transmitancia térmica que tenga el mismo, ya que esto es lo que controla el intercambio de calor entre el interior y el exterior, lo cual es la relación entre el espesor del material y la conductividad térmica. Cuando hablamos de aislamientos térmicos hacemos referencia a materiales de baja conductividad térmica, del orden de 0,04 W/m °K o inferior.

Estos tipos de materiales son muy importantes para contrarrestar los intercambios de energías en las envolventes localizadas en climas fríos. Esto es porque durante el invierno el aporte de estos materiales es el de frenar el intercambio de energía, haciendo que la energía de la hoja interior se decante hacia el espacio exterior.

Tomando todos estos parámetros en cuenta, se clasifican los sistemas constructivos considerando si el sistema constructivo está compuesto por alguna capa con un material aislante térmico y se identifica la ubicación del mismo dentro de la constitución del sistema, teniendo como posibles ubicaciones: hacia el interior del sistema, central y hacia el exterior del sistema (figura 5).

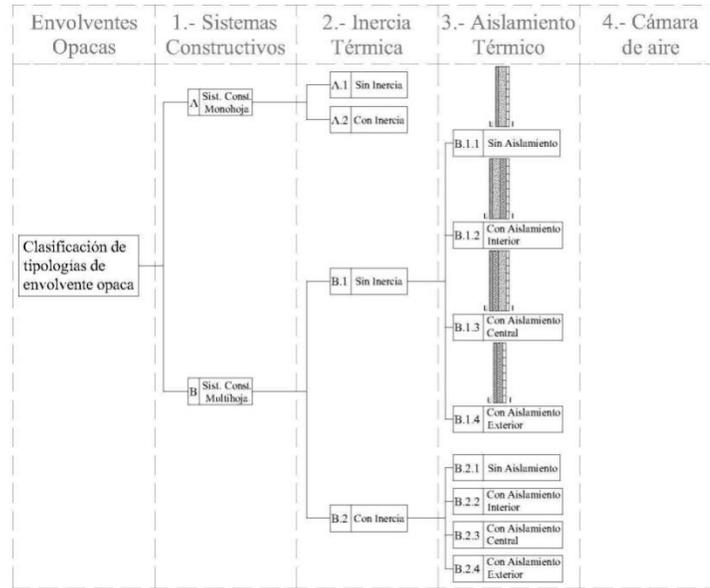


Figura 5. Cuadro de clasificación incorporación del aislamiento térmico
 (Leyenda. Sin aislamiento: B1.1 y B2.1. Con aislamiento interior: B1.2 y B2.2.3.
 Con aislamiento central: B1.3 y B2. Con aislamiento exterior: B1.4 y B2.4)

La incorporación de la cámara de aire

El cuarto paso de la clasificación es la identificación de la existencia de una cámara de aire dentro de la composición del sistema constructivo, siendo esta una de las posibles capas del mismo. La presencia de la cámara de aire permite disminuir los efectos de la radiación solar, arrojándole sombra al sistema y ventilando las capas exteriores del sistema, haciendo que el aire exterior al que está expuesto el sistema esté a menor temperatura que el clima local. Este efecto ayuda mucho cuando se está trabajando con climas muy cálidos o con fluctuaciones de temperatura que en las épocas de verano tenga altas temperaturas.

Dentro del sistema de clasificación se identifica la presencia o no de esta cámara de aire en el sistema. A su vez, se identifica si esta cámara de aire es ventilada o no ventilada. Esta diferenciación existe, ya que hay sistemas constructivos que solo utilizan la cámara de aire para minimizar los efectos de la radiación sin ventilar el aire interior de la cámara (figura 6).

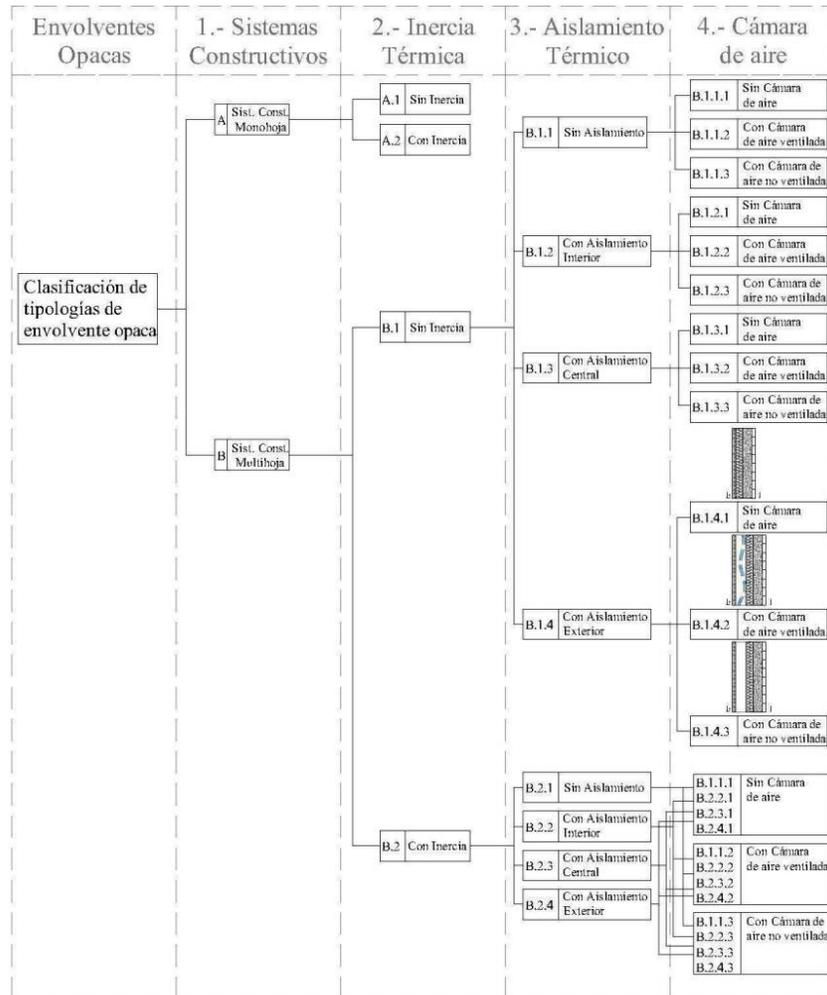


Figura 6. Cuadro de clasificación según la incorporación de la cámara de aire
 (Leyenda. Sin cámara de aire: B1.1.1, B1.2.1, B1.3.1, B1.4.1, B2.1.1, B2.2.1, B2.3.1 y B2.4.1.
 Con cámara de aire ventilada: B1.1.2, B1.2.2, B1.3.2, B1.4.2, B2.1.2, B2.2.2, B2.2.3 y B2.4.2. Con
 cámara de aire no ventilada: B1.1.3, B1.2.3, B1.3.3, B1.4.3, B2.1.3, B2.2.3, B2.3.3, B2.4.3)

Luego de tener este sistema de clasificación claro, se contrasta con otro cuadro de clasificación, donde se tiene estudiado y diagramado todas las tipologías de sistemas constructivos de envolventes verticales opacas, y estas tipologías se ubican en el cuadro de clasificación final, llenando cada posibilidad de clasificación. De esta manera se verifica la veracidad de la clasificación y se identifican los parámetros de selección.

CONCLUSIONES

La descripción de esta metodología de clasificación para envolventes verticales opacas según su comportamiento en términos de sostenibilidad, logra una visión global de todos estos sistemas y sus implicaciones en el comportamiento sostenible del edificio. Esto genera un nuevo panorama y una nueva mirada hacia la escogencia y el diseño de estas envolventes, ya que actualmente el

entendimiento de estos sistemas se basa en clasificaciones sobre los procesos constructivos o los materiales de revestimiento. Con esta clasificación los arquitectos hoy en día pueden gestionar de mejor manera la escogencia del tipo de sistema que aplican en cada uno de sus diseños.

Igualmente, se reafirma la importancia que tiene la envolvente en cuanto al funcionamiento sostenible del edificio y cómo un buen diseño de este elemento arquitectónico se puede utilizar como herramienta estratégica para generar un buen funcionamiento del edificio en todo su ciclo de vida, ya que es este elemento el que controla los intercambios energéticos del espacio interior y el espacio exterior. Debido a esto, su buen funcionamiento es básico para generar el confort de los usuarios del edificio, y además apoyar la búsqueda de la reducción de demanda energética, la utilización de agua y la producción de emisiones de CO₂ en los edificios.

A su vez, unificando los criterios, como se está haciendo en esta investigación, se aporta un mejor entendimiento al nivel de su funcionamiento sostenible, tomando en consideración que se fusionó la información de sistemas tradicionales con los sistemas innovadores. Además, se unifican los conceptos sobre la arquitectura sostenible activa y pasiva, con los sistemas constructivos y sus implicaciones en el funcionamiento sostenible del edificio.

El aporte más importante de esta investigación es que entendiendo bien cada tipología y evidenciando cómo funcionan, sobre qué latitudes y tipos de climas funcionan mejor, y sus diferentes aplicaciones, los arquitectos podrán utilizar estos conceptos para diseñar de mejor manera sus proyectos futuros, tomando en consideración la importancia que tiene el buen funcionamiento de la envolvente y las implicaciones que tienen sus diseños en la eficiencia de los edificios.

211

Hay que tomar en consideración que luego de la selección por medio de este sistema de clasificación de la tipología de sistema constructivo que se va aplicar a un proyecto, hay que considerar que la selección de los materiales que van a componer este sistema también variará el nivel de sostenible que aporte ese elemento de la fachada en el edificio. Por ejemplo, existen materiales sintéticos que son muy flexibles a la hora de adaptarse al clima local, pero que tienen una carga muy grande de energía incorporada al material. Por lo tanto, aunque ayudan en la fase de uso del ciclo de vida del edificio, en la fase de producción de los materiales y posiblemente de transporte no tienen aportes positivos. Para evaluar estas diferencias se continuará la investigación analizando el impacto medioambiental de cada sistema de envolvente vertical opaca, utilizando como herramienta el análisis del ciclo de vida, para tener en cuenta el impacto total que tienen estos elementos.

Por lo tanto, la recomendación es que luego de la utilización de este sistema de clasificación para la selección del sistema constructivo, cuando se seleccionen los materiales finales que van a crear su composición, se soporte esta decisión con un análisis del ciclo de vida completo del edificio para identificar cuál es la configuración que genera el menor impacto medioambiental y así lograr un edificio más sostenible.

REFERENCIAS

- ¹ Cuchí, A.; Sagrera, A.; López, F. y Wadel, G. (2009). *29 La qualitat ambiental als edificis, Manuales d'ecogestió*. Barcelona-España: Generalitat de Catalunya Departament de Medi Ambient i Habitatge.
- ² Knaack, U. (2007). *Facades, principles of construction*. Berlín, Alemania: Birkhäuser.
- ³ Naciones Unidas. (1987). *Our common future*. Oxford-Inglaterra: Oxford University Press.
- ⁴ Edwards, B. (2009). *Guía básica de la sostenibilidad*. Barcelona-España: Gustavo Gili. Segunda edición ampliada.
- ⁵ Olgyay, V. (2010). *Arquitectura y clima. Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas*. Barcelona-España: Gustavo Gili.
- ⁶ Monjo Carrió, J. (2003). *Tratado de construcción fachadas y cubiertas*. Vols. 1 y 2. Madrid-España: Munilla-Leria.
- ⁷ Sánchez, A. y Gutiérrez, O. (2011). *Fachadas, cerramientos de edificios*. Madrid-España: El Duende.
- ⁸ Código Técnico de la Edificación Española (2010). “CTE. Revisado: 02.24.2012”. Ministerio de Fomento Español. <http://www.codigotecnico.org>. Madrid, España 2012.
- ⁹ Más Tomas, A. (2005). *Cerramientos de obra de fábrica. Diseño y tipologías*. Valencia-España: Universidad Politécnica de Valencia.