



Vidal Revelo Sandra Lucía ¹

SOLUCIONES DE AISLAMIENTO TÉRMICO EN CONSTRUCCIONES LIVIANAS EN SECO

RESUMEN

Teniendo en cuenta los “Criterios Ambientales para el diseño y construcción de vivienda urbana” del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible basados en el decreto 1285 que regula los enfoques de la Construcción sostenible en Colombia se realizó el Proyecto de investigación aplicada denominado -Análisis y evaluación del desempeño térmico del sistema de construcción liviana en seco- realizado en convenio entre el SENA y la Universidad del Valle cuyo objetivo es analizar, comparar y evaluar el comportamiento térmico del sistema constructivo en diafragmas verticales de muros, sin considerar en una primera fase variables arquitectónicas de espacialidad, forma, función y otras que puedan aplicar y puedan ser simuladas posteriormente haciendo uso de software especializado.

Este análisis de evaluación comparativo y paramétrico se estructuró con base en el clima de la ciudad de Cali en la zona céntrica de la avenida cuarta norte donde se construyeron las probetas para efectos de medición.; las variables que se tuvieron en cuenta en el la construcción del bloque de

probetas fue la temperatura generada al interior de ellas en espacio estanco. Bajo condiciones atmosféricas reales la temperatura al interior de la envolvente tuvo como punto de comparación con respecto a la temperatura externa los datos arrojados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales “IDEAM” y equipos de medición ubicados al exterior de las probetas que permitieron ver los comportamientos a nivel de temperatura en cada una de ellas. Para el desarrollo del proyecto fue de suma importancia comprender el sistema de construcción, los materiales y procesos constructivos que le eran inherentes para así poder abordar las diferentes posibilidades que deja entrever la construcción liviana en seco en cuanto a aislamiento térmico, dado que en varios escenarios ha reemplazado procesos tradicionales con mampuesto en arcilla por su rapidez, versatilidad y economía.

Palabras Claves: *Aislamiento térmico, construcción liviana, ahorro energético, confort, eficiencia energética, desarrollo sostenible, drywall.*

1. Sandra Lucía Vidal Revelo - Arquitecta, Grupo de investigación Eco materiales, Cali, Colombia. Instructora. SENA Centro de la Construcción. - svidalr@misena.edu.co

ABSTRACT

As part of the implementation of the “Environmental Criteria for the design and construction of urban housing” of “Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible” based on the Decree 1285 that regulates approaches to sustainable construction in Colombia, the applied research Project - Analysis and evaluation of the Thermal performance of the drywall construction system - was carried out jointly by SENA and UNIVALLE. Its objective is to analyze, compare and evaluate the thermal behavior of the construction system in (horizontal, inclined) and vertical diaphragms of walls, without considering during the first phase architectural variables like spatiality, form, function and others that can be applied and later simulated using specialized software.

This comparative and parametric assessment analysis was structured based on the climatology of the place where the research was carried out (Cali's downtown urban area where the measurement test cylinders were built). The variable taken into account in the construction of the first block of test cylinders was the inside temperature in watertight space. Under real atmospheric conditions, the temperature inside the enclosure had as a point of comparison in respect of the external temperature, data from “Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM” and the information on temperature levels inside each cylinder given by the measurement equipment located outside the test cylinders.

To develop the project, it was crucial to understand the construction system, materials and the inherent construction processes, in order to deal with the different possibilities that can be explored with drywall systems, in terms of thermal insulation, since they have replaced traditional processes in several scenarios due to their speed, versatility and economy.

Keywords: *Thermal insulation, drywall construction system, sustainable development, comfort, efficiency, energetic savings.*

1. INTRODUCCIÓN

El proyecto “Análisis y evaluación del desempeño térmico del sistema de construcción liviana en seco” partió de la inquietud de encontrar soluciones en términos de aislamientos térmicos en edificaciones de vivienda en la Ciudad de Cali, que fueran tenidas en cuenta por instaladores

del sistema y personas del medio de la construcción en la ejecución de sus proyectos.

El muro hueco compuesto por perfiles y placas da la opción dentro de su composición para la inclusión de diferentes tipos de aislamientos como parte de la solución, dado que abre la posibilidad de medir la efectividad de los materiales comercializados actualmente como aislantes en diferentes partes del diafragma vertical neutralizando para este caso el papel que juega la cubierta y concentrándose en las envolventes de fachada.

Los equipos de medición que se emplearon en esta medición fueron: estaciones meteorológicas para medir temperaturas exteriores de referencia, termo higrómetros para mediciones sobre la superficie interna o externa de la probeta y data loggers que arrojaron las temperaturas al interior del prototipo en intervalos de 30 minutos.

Igualmente, se consideraron factores que son propios del sistema de construcción tales como aplicación de masillas para el tratamiento de juntas, acabados y pintura.

En Colombia se han generado algunas investigaciones al respecto; pero cabe destacar el esfuerzo de algunos investigadores y universidades tanto públicas como privadas que han asumido el reto de confrontar a uno de los sectores económicos más fuertes como es el de la Construcción, ante la respuesta ineficiente en la producción de Viviendas confortables de Interés Social.

El arquitecto Helmuth Ramos Calonge, profesor de arquitectura en la Universidad de la Salle; en su investigación sobre el confort en la vivienda dirigida a sectores de bajos ingresos en Bogotá tuvo como eje central “la habitabilidad”.

Dentro de las hipótesis a investigar el proyecto se ocupó de conocer las condiciones de iluminación, ruido e higrotermicidad en la vivienda, a partir de un modelo metodológico propuesto para diagnosticar la situación de los tres parámetros. Por medio del modelo se establecieron y cuantificaron los niveles lumínicos, acústicos e higrotérmicos, y su relación con los rangos establecidos como confortables.

La afectación de dichos niveles a las personas y a la vivienda misma se enumeró procediéndose a establecer posibles soluciones arquitectónicas, constructivas y técnicas.

Los investigadores Johnny D. Gamboa H., Oswaldo López B., Verónica Iglesias, Miguel E. Rosillo P. y Carlos A. Herrera C. arquitectos e ingenieros mecánicos respectivamente y docentes de la Universidad del Valle que actualmente integran el grupo de investigación “Hábitat y Desarrollo Sostenible” realizaron un análisis urbano y arquitectónico de las condiciones de confort en unidades de vivienda de interés social ubicadas en la ciudad de Cali, en él se precisaron y condensaron los factores ambientales que inciden en la ciudad y concluyeron que la planificación urbana realizada en Cali es deficiente en términos de sostenibilidad y confort.

Los autores respaldaron científicamente los resultados en la fenomenología energética de las edificaciones a través del análisis de los tipos y materiales de construcción, los modos de transferencia energética y el cálculo de cargas térmicas.

En esta relación de confort, paisaje y contexto urbano de la vivienda de interés social, se estudiaron los antecedentes históricos, la alteración del clima, las relaciones urbanas de la vivienda y la clasificación según la tipología, el sistema constructivo y el año de construcción; se realizaron análisis cualitativos por medio de encuestas que evidenciaron una alta percepción de disconfort térmico por parte de los usuarios y, análisis cuantitativos de mediciones en la vivienda de interés social que confirmaron las percepciones de los usuarios y las propuestas de mejoramiento a partir de estrategias de fácil aplicación.

El análisis de las diferentes posibilidades que arroja el uso de los aislantes térmicos al interior de los muros huecos en fachada puede conducir a respuestas efectivas en términos de confort que podrían implementarse en edificaciones de vivienda para la región y en zonas con condiciones atmosféricas similares.

2. METODOLOGÍA

La metodología de desarrollo del Proyecto precisó la información climática del Municipio de Santiago de Cali su área de influencia y las condiciones térmicas de la envolvente arquitectónica en construcción liviana en seco como punto de partida, permitiendo evidenciar las condiciones de

confort higrotérmico disponibles en las diferentes opciones propuestas (probetas). Para dicho diagnóstico se hizo uso de la ecuación de Fanger (1970) que dio las pautas de confort de los usuarios en un determinado espacio comparándose con los postulados de Olgyay, que desde 1968 incorporó de forma científica los factores ambientales y climáticos a la concepción arquitectónica con el ánimo de reducir los impactos ambientales; en el libro *Clima y Arquitectura* este autor muestra la relevancia del conocimiento profundo de tres puntos en la arquitectura (el clima, la relación humano-clima y la relación tecnología-clima) para las variables climáticas propias de la ciudad.

Teniendo en cuenta lo anterior se consideró que las variables debían ser retomadas posteriormente a través de un software que estableciera las pautas necesarias y posibles pero que para el desarrollo del proyecto debía generarse un ambiente de aire estanco que permitiera disminuir el número de variables para el análisis de resultados.

Como primera fase en el desarrollo del proyecto se contempló la formulación del proyecto y alistamiento de insumos, materiales, equipos y herramientas, igualmente una revisión bibliográfica que dio lugar a la formulación de la hipótesis que en un primer momento se direccionó a postular como mejores opciones los aislamientos con lana de vidrio y el sistema EIFS (Sistema de Aislación Exterior Pintada) por su composición y calidad de los materiales que lo componen.

En un segundo momento se realizó la construcción de probetas con placas de yeso, fibrocemento, óxido de magnesio, tipo sándwich, y placa combinada (Sustrato 1 + aislante térmico), lo anterior con el fin de lograr la medición del comportamiento de las envolventes que comúnmente se usan por parte de los instaladores y profesionales del sector, teniendo en cuenta factores climáticos en el marco de la actual normativa.

Por último se planteó el análisis estadístico de datos de cada una de las soluciones que implicó la formulación de las conclusiones a nivel técnico y económico (en este último caso se tuvo en cuenta el valor por metro cuadrado de cada solución).

El análisis de los resultados se dio de acuerdo a la siguiente categorización de los prototipos:

1. Sistema con alternativas de ventilación natural: Para esta agrupación los sistemas utilizados implementaron la modalidad de revestimiento en las envolventes de fachada o bien ventilación al interior del muro hueco.
2. Sistema con aislante de poliéster: El sistema de espuma de poliéster estuvo compuesto por 2 sustratos a saber y un aislante en la superficie interna de muros.
3. Sistema con aislante en lana de fibra de vidrio: El sistema 3 lo componen 2 sustratos y un aislante en lana de fibra de vidrio con foil de aluminio que se comporta como aislante térmico y acústico.
4. Sistema simple de aislamiento térmico: Los sistemas que se encuentran en esta categoría no incluyen aislantes propiamente dichos tales como lana de fibra de vidrio o espuma tipo poliéster, únicamente incluyen los sustratos propios de los cerramientos que lo componen.
5. Sistema combinado de aislamiento térmico: Los sistemas que se encuentran en esta categoría combinan dos materiales aislantes a saber -espuma de poliéster y lana de fibra de vidrio- al interior de la recámara del muro.

3. DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1. MARCO TEÓRICO

Teniendo en cuenta que la envolvente de fachada es de suma importancia en el proceso de lograr el confort térmico en las edificaciones, entre las que se encuentra la vivienda como núcleo básico del hábitat, se deben incorporar según Vera² desde las fases y pautas iniciales de diseño, factores de tipo ambiental, climáticos, culturales, económicos, sociales y de uso local, al igual que considerar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales en la construcción de los habitáculos optimizando e innovando sobre procesos y técnicas constructivas.

Con respecto a lo anterior, y en función de establecer los criterios con los cuales se regirá el actual proyecto se tocarán diferentes estudios realizados alrededor del tema a nivel mundial y local tales como los realizados

por la Universidad Politécnica de Catalunya a cargo de estudiantes como Gabriela Hernández, donde se infiere que la envolvente de los edificios es la superficie más expuesta a la radiación solar dado el flujo energético que ocurre entre el interior y el exterior.

La fachada bajo este punto de vista está sujeta a mayores fluctuaciones térmicas, ya que a lo largo del día alcanza elevadas temperaturas y durante la noche pierde calor por radiación hacia el espacio, siendo responsable de la creciente emisión de gases de efecto invernadero GEI.

El Grupo de Investigación Energía y Edificación adscrito al Departamento de Ingeniería Mecánica, de la Universidad de Zaragoza, España; plantea en su estudio sobre la inercia térmica de los edificios en su capítulo introductorio que:

“Las paredes que constituyen la envolvente refuerzan la sensación de confort proporcionando un equilibrio natural con la temperatura del aire ambiente. Este equilibrio radiactivo que supone para la persona ocupante un intercambio homogéneo y reducido de energía radiante con la envolvente es una condición clave del confort y es un resultado natural de los edificios con elevada inercia térmica cuando la temperatura interior de los cerramientos se aproxima a los veinte grados. Por así decirlo, las paredes se convierten en un radiador, o mejor en un intercambiador con el contenido, que dará o recibirá energía en función de la temperatura relativa de uno y otro”.

Teniendo en cuenta que las propiedades físicas cambian de acuerdo con los materiales con que se construyen las envolventes³; para Evans hoy en día puede realizarse la aplicación de una metodología de estudio que evalúa y verifica el comportamiento de la envolvente y espacios interiores al impacto solar para lograr un buen porcentaje de iluminación natural y confort visual.

De la misma manera⁴, Martínez refiere que existen planteamientos frente al comportamiento térmico-energético de uno de los sistemas constructivos de cerramiento exterior de uso más frecuente tanto en obras públicas como privadas, a fin de verificar su adecuación al clima local y su efectividad para brindar condiciones de confort al edificio.

2. Evaluación del desempeño energo-termico de una vivienda social en Chile, utilizando un programa de simulación energética de edificios.

3. Estudio relacionado con la evaluación del impacto del sol en envolventes vidriadas.

4. Investigación que utilizó un programa computacional para el cálculo del coeficiente de transmitancia térmica y una planilla de cálculo para los balances energéticos de la envolvente exterior en diferentes orientaciones considerando un régimen periódico de variación de temperaturas

Cengel, en su libro “Heat Transfer” señala que estas situaciones de desconfort térmico hacen necesario el uso de sistemas mecánicos de ventilación, pero antes de recurrir a estas soluciones recomienda darle un tratamiento integral a los edificios frente a la ganancia de calor, controlando las tres formas en que se transmite: por conducción con el incremento de la resistencia térmica de los materiales, por radiación con el uso de barreras radiantes y finalmente, si no es posible por las dos anteriores; por convección con el uso de escapes o chimeneas en las cubiertas.

Siguiendo los parámetros expuestos por investigadores como Vera⁵ se plantea que la edificación es un sistema dinámico, por lo que el análisis del comportamiento térmico de su envolvente no se circunscribe sólo a evaluar las propiedades térmicas de los materiales constituyentes, sino que ha de entender su funcionamiento como un sistema integral tal como lo refiere Hunn, por tanto el análisis del comportamiento energo-térmico para las edificaciones de vivienda se centra en la utilización de un procedimiento de cálculo manual y de un programa computacional que modele la interacción de los procesos térmicos de una edificación, los cuales varían significativamente en su facilidad de implementación y comprensión dado el nivel de detalle que se presenta en el ingreso de datos y resultados entregados.

Para el caso de la vivienda de interés social debe tenerse en cuenta la relación de confort, paisaje y contexto urbano, para lo cual deben estudiarse antecedentes históricos, alteraciones del clima, relaciones urbanas de la vivienda y la clasificación según la tipología, el sistema constructivo y el año de construcción; para este efecto en el desarrollo del proyecto se realizaron análisis cualitativos y cuantitativos por medio de encuestas que evidenciaron desconfort térmico por parte de los usuarios.

En este tipo de viviendas construidas en una tecnología liviana (paneles de poliuretano, muros en fibrocemento) se observaron algunas falencias que van desde la forma como se abordaron los diseños que no incluyeron estrategias arquitectónicas que permitieran mejorar las condiciones internas de temperatura o bien no se tuvo en cuenta por parte de los constructores el enorme potencial de aislamiento que tienen estas tecnologías constructivas.

3.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS

A través de un paneo previo de tecnologías modulares de ensamble en la ciudad de Cali y su uso por parte de comunidades en estratos 1, 2 y 3 se concluyó sobre la implementación de los sistemas de construcción en seco en actividades edificatorias relacionadas con vivienda de interés social, detalles constructivos direccionados al logro del confort térmico y sus ventajas al momento de implementar las mejoras de acuerdo a las normativas vigentes.

Teniendo en cuenta las categorías anteriormente expuestas en la agrupación de probetas la que mostró un mejor comportamiento fue aquella que utilizó doble sustrato en la fachada permitiendo el paso del aire en un flujo continuo que iba de abajo hacia arriba permitiendo refrigerar de manera natural el espacio interno. En este caso no se utilizó ningún tipo de aislamiento adicional a la solución planteada. Los grados de diferencia entre el exterior e interior fueron de 5 a 6 grados Celsius.

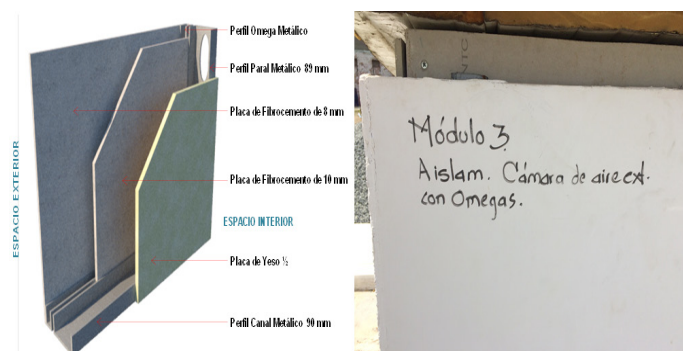


Figura 1. Probeta de fachada ventilada.

Fuente: Elaboración propia del autor

Como segunda mejor solución se tuvo aquella que incluyó la espuma de poliéster adosada al sustrato externo con el foil de aluminio hacia afuera antes de la placa de fibrocemento actuando como barrera radiante e hidrófuga. En función de su emisividad (relación entre la energía absorbida y aquella que se emite desde la superficie) resultó baja en las mediciones de la probeta dado el aluminio adherido a la espuma de poliéster (0,04) mientras que el grado de reflectividad para el mismo material fue alto siendo muy apropiado como aislante térmico. Los grados de diferencia entre el exterior e interior oscilaron entre 4 y 5 grados Celsius.

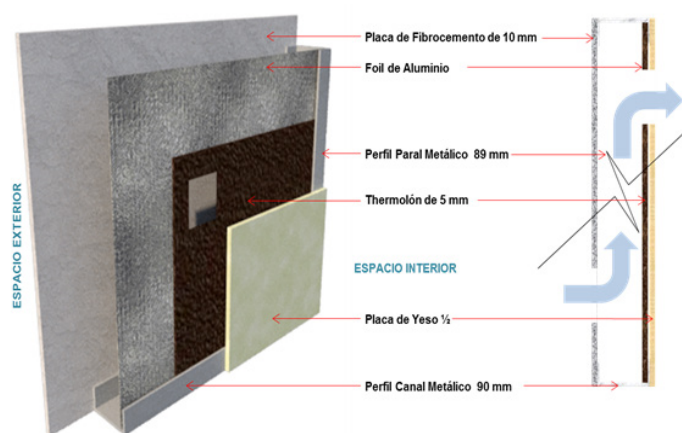


Figura 1. Probeta con espuma de poliéster.
Fuente: Elaboración propia del autor

Como tercera solución la lana en fibra de vidrio con foil de aluminio tuvo como *g* rados de diferencia entre el exterior e interior de 3 a 4 ° Celsius.

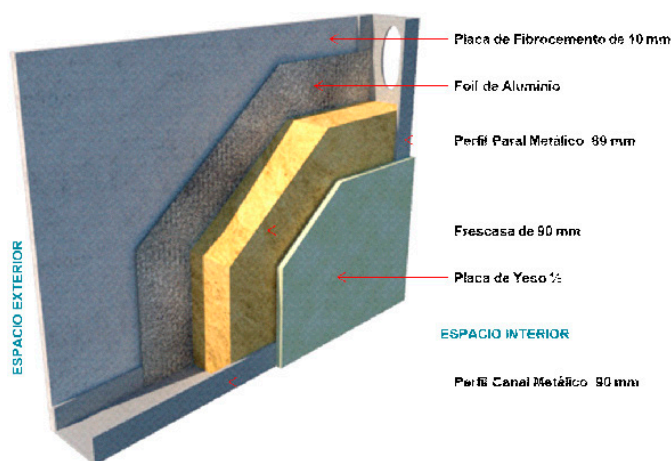


Figura 1. Probeta con lana de vidrio
Fuente: Elaboración propia del autor

4. CONCLUSIONES

Para adoptar criterios de mejora energética en las probetas se tiene como primera solución pasiva separar el prototipo de la base de piso para permitir la circulación de aire evitando el contacto de la construcción con gases presentes en la tierra; igualmente y bajo la misma perspectiva prevenir la ascensión de humedad por efecto de capilaridad en los muros.

La cubierta juega un papel representativo que debe neutralizarse para medir únicamente la envolvente de muros, para ello la estrategia empleada es utilizar teja tipo sándwich (lámina metálica+poliuretano+lámina metálica) de mayor espesor con el fin de lograr una transferencia de calor mínima en el transcurso de las primeras 6 horas posteriores al momento de mayor incidencia térmica.

Los diafragmas verticales o muros demuestran un mejor comportamiento manejados como fachadas ventiladas en las probetas, esto es un sustrato inicial que lo configura el muro a dos caras con un tipo de placa al interior, otro tipo hacia su cara externa y la aplicación de una segunda capa de revestimiento sobre la cara externa que permita la circulación del aire con una menor transferencia de calor hacia el 1er sustrato de la fachada. En cuanto al segundo mejor resultado en el primer bloque de probetas, se tiene como solución el uso de la espuma de poliéster con foil de aluminio ubicado en el sustrato interior con el foil direccionado hacia la cavidad hueca del muro, este material funciona como pantalla termorefectante que reverbera la radiación en dirección a su procedencia y reduce la transferencia térmica por conducción – convección dadas las burbujas de aire que contiene.

Con respecto a los resultados en las probetas menos exitosas se tiene la implementación de morteros flexibles como materiales de acabado sobre sustratos de placas de yeso para exteriores, en este caso se detecta que el cemento posee una conductividad térmica de 1,047 (W/(m·K)), muy representativa frente a otros materiales usados en las probetas tales como :

- Placas de yeso conductividad térmica de 0,29-0,58
- Placas de fibrocemento conductividad térmica de 0,22 -0,75

Se observa que pese a la condición térmica de la placa de yeso para exteriores al ubicar el mortero flexible sobre el sustrato aminora su capacidad como aislante e incrementa su conductividad térmica. Se realizó con base en los resultados preliminares módulos adicionales con cerramientos tipo sándwich (lámina metálica+poliuretano+lámina metálica) y con placas a base de óxido de magnesio como materia prima para establecer parámetros de comparación entre las diferentes opciones comerciales existentes; para los dos casos anteriores se obtuvo una conducción térmica alta que podría mejorar con la implementación de estrategias de tipo arquitectónico para el manejo de la salida de calor.

AGRADECIMIENTOS

Doy mis agradecimientos a Carlos Iván Zuluaga y Ángela Camelo SENNOVA Cali por su colaboración y ayuda constante, a Mauricio Gómez Coordinador Académico SENA Centro de la Construcción por su apoyo a cada uno de los procesos realizados y a Jorge Orlando Duque Subdirector del SENA Centro de la Construcción en anterior vigencia por su apoyo incondicional y confianza hacia el trabajo desarrollado por los investigadores.

REFERENTES BIBLIOGRÁFICAS

Código Colombiano de construcción sostenible, Colombia, (2015). Decreto 1077 y 1285. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, Corporación Financiera Internacional del Grupo Banco Mundial (IFC), Cámara colombiana de construcción (CAMACOL).

Cengel, Y. A. (2003). Heat transfer a practical approach. McGraw-Hill.

Calonge, H. R. (2011). El confort en la vivienda de bajo costo: modelo metodológico para diagnosticar higrotermicidad, iluminación y acústica. Traza, 2(4).

Cónsul Steel. (2008). Manual de procedimiento construcción con Steel framing. Buenos Aires: Autor.
Evans, J. M., Eguía, S., Pérez, A., & Evans, J. (2003). Evaluación de impacto del sol en envolventes vidriadas. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, ISSN, 0329-5184.

Fanger, P. O. (1970). Thermal comfort. Analysis and applications in environmental engineering. Thermal comfort. Analysis and applications in environmental engineering.

Hernández Morel, G. D. L. M. (2016). Fachadas disipadoras de calor: recursos para el diseño arquitectónico (Master's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).

Hunn, B. D. (Ed.). (1996). Fundamentals of building energy dynamics (Vol. 4). MIT Press.

IDEAM (2017). En Acerca de la entidad. Recuperado de: <http://www.ideam.gov.co/web/entidad/acerca-entidad>.

Martínez, C. E. C. I. L. I. A. (2005). Comportamiento térmico-energético de envolvente de vivienda en SM de Tucumán en relación a la adecuación climática. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, 9, 05-01.

Olgyay, V. (1968). Clima y arquitectura en Colombia. Universidad del Valle.

Vera, S. (2002). Evaluación del desempeño energo-térmico de una vivienda social en Chile, utilizando un programa de simulación energética de edificios= Evaluation of thermal and energy performance in social housing in Chile, using energy simulation software for buildings.