



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI

EXPERIENCIA PILOTO PARA EL ESTUDIO TÉRMICO DE UN MÓDULO PARA REFRESCAMIENTO DE FACHADAS DE VIVIENDAS SOCIALES CON USO RACIONAL DE ENERGIA EN ZONA ÁRIDA

Buigues Nollens Arturo F. ^{*1,2}, Rojas Esteban O. ^{*2} y Pogrebinsky Leonardo A. ^{*2}

^{*1} CONICET - Instituto de Mecánica Aplicada (IMA) – Facultad de Ingeniería (FI) – Universidad Nacional de San Juan (UNSJ). E-mail: abuigues@unsj.edu.ar.

^{*2} Instituto de Mecánica Aplicada (IMA) – Facultad de Ingeniería (FI) – Universidad Nacional de San Juan (UNSJ) – Av. Lib. Gral. San Martín 1109 – Oeste – C.P. 5400 – San Juan.

RESUMEN

Este trabajo está dirigido al estudio experimental del comportamiento térmico de un módulo para fachadas de viviendas con uso racional de energía. La experiencia piloto fue realizada en el Box de Ensayos de Energías Alternativas del IMA-FI-UNSJ, con el objeto de aportar al refrescamiento y conservación de energía en zonas áridas. Se evalúa el comportamiento térmico estival de un módulo liviano trasventilado en relación al muro norte de una habitación mínima con características similares al de una vivienda de Interés Social construido en bloques de hormigón. Como metodología se utilizaron estudios teórico-prácticos que incluyen el diseño, aspectos técnico-constructivos, térmicos y criterios económicos; construcción e instalación del módulo con aislación térmica; posicionamiento, calibración, e instalación de los sensores; determinación de la frecuencia de lectura, almacenamiento e instalación del sistema de adquisición de datos; aplicación de software avanzado de tendencia y análisis para graficar información en tiempo real. Se obtuvieron lecturas de temperaturas de superficie y aire con sensores de temperaturas integrados alámbricos LM35 e inalámbricos LM73, un solarímetro Keep Zonen, un sistema de adquisición de datos Fluke Hydra 2620A en conjunto con el programa Trend Link para Fluke y el programa Matlab 7.0.4. Los resultados preliminares a mediados de abril, a las 13,27 h, con una radiación solar de 689 W/m^2 , permitieron obtener una diferencia de $15,2^\circ\text{C}$, entre el muro de bloques de hormigón visto expuesto en el exterior ($40,2^\circ\text{C}$), y la pared interior ($24,9^\circ\text{C}$). Las conclusiones son alentadoras y determinan la necesidad de avanzar en el desarrollo de una envolvente integral destinada al ahorro de energía incluyendo terminaciones constructivas y que permita incrementar mediciones a lo largo del conducto ventilado, mediante la instalación de un sistema distribuido para medir comportamientos térmicos simultáneos en tiempo real, en las distintas épocas del año.

Palabras Claves: *Experiencia piloto, estudio térmico, módulo, fachada ventilada, aridez.*

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes sobre investigaciones experimentales de fachadas ventiladas con distintos materiales.

Desde 1994, existen publicaciones considerando investigaciones con distintos materiales en fachadas de mamposterías tradicionales, aisladas y ventiladas, [1] y [2].

Hasta hace poco, por fachada ligera se entendía casi exclusivamente el tipo de cerramiento vertical construido con la tecnología del muro cortina. Todos los mecanismos de equilibrio de presiones

son los mismos que se aplican en las Fachadas Ventiladas (FV) y eran, por lo tanto, perfectamente conocidos por los expertos en muro cortina.

Diferentes tipos de materiales más o menos ligeros pueden colocarse sobre estos montantes para dar la imagen del edificio. Las experiencias realizadas, permiten una fácil implementación de la FV, dado que resuelve los problemas de la fachada convencional y resulta atractiva para el diseño arquitectónico.

En este sentido, también se han publicado los resultados de la monitorización de una fachada activa de doble piel de vidrio en condiciones reales de funcionamiento. Los principales objetivos de la investigación fueron: evaluar las características reales de la fachada, tanto en términos de ahorro energético como para obtener un conocimiento más detallado de su comportamiento termo-fluido-dinámico. El componente de análisis consta de una fachada con ventilación mecánica integrado con un sistema de Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado (HVAC), en la que se midieron Temperaturas, Flujos de calor y Velocidad del aire, por un periodo de dos años, [1].

Este trabajo de investigación tiene como objetivo específico, el estudio experimental de un módulo para fachadas ventiladas livianas con juntas cerradas, que utilizan materiales aislantes de origen regional, para el mejoramiento del comportamiento térmico de viviendas y edificios sociales, con uso racional de la energía (URE) en zonas áridas, teniendo en cuenta estándares mínimos de calidad, [2].

El estudio se desarrolla en la ciudad de San Juan, en un Box de Ensayos con características similares a una Vivienda Social, localizado dentro de un área expuesta al clima exterior árido, que pertenece al Laboratorio de Energías Alternativas – IMA – UNSJ, considerando criterios de diseño propios del Componente Fachada Ventilada (CFV), y procedimientos experimentales confiables para la evaluación in situ, mediante el seguimiento de la medición o monitorización, en las que se incluyen los tipos de sensores a utilizar y los parámetros a evaluar, con el objeto de contribuir a desarrollos y estudios teóricos posteriores.

Cabe destacar que el proyecto del CFV y sus resultados buscan aportar soluciones, a la falta de confort higrotérmico estival, del 45% de las viviendas localizadas en la árida región de Cuyo, clasificadas en relación a la calidad de sus materiales como “recuperables e irrecuperables” y que constituyen cerca de 390.760 viviendas, de acuerdo al Censo de Población Hogares y Viviendas 2010. En la fig. 1, se muestra la vista del CFV y de su ubicación en la dirección norte.



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI

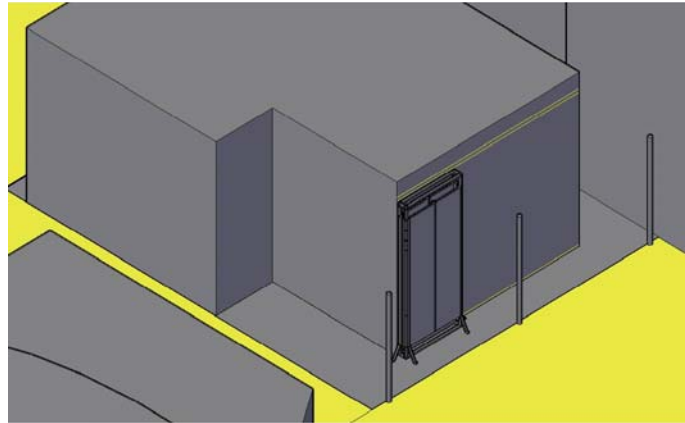


Figura 1: Croquis del CFV y de su ubicación norte en el box de ensayos del IMA - FI - UNSJ

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Características y composición del CFV

La composición del CFV consiste en una hoja interior de bloques de hormigón trabados de 20x20x40 cm, conformando un muro inserto entre vigas y columnas de hormigón armado, con su cara exterior vista con juntas de asiento enrasada a los cantos de los bloques.

Sobre esta superficie continua se extiende adherido en seco el aislamiento térmico, formado por placas de 50 mm de espesor de poliestireno expandido de 16 kg/m³, y del que emerge el sistema de fijaciones que permite disponer la hoja exterior que conforma un conducto y brinda imagen de fachada a la vivienda.

La hoja exterior puede estar formada por piezas de tamaños y materiales diversos. En este juego formal hay sitio para varios materiales, donde las características particulares de cada uno de ellos establecen sus posibilidades de integración con la imagen de la vivienda social, [3].

Se podría distinguir entre una hoja exterior más pesada, formada por piezas de mampostería o revestimientos tradicionales; de una mas ligera constituida a partir de materiales que, o bien tienen un peso específico bajo, o son materiales pesados como el acero, pero que pueden ser trabajados en láminas de poco espesor. Debido a que una hoja exterior pesada por su alto peso específico para una zona con alto riesgo sísmico como la árida zona de San Juan, es poco conveniente no ha sido considerada, y por lo tanto es a los metales a los que hemos dirigido el objetivo de nuestro trabajo.

Esto es debido a que estos últimos, además de un peso final reducido, admiten una amplia variedad de soluciones estéticas en relación a los diferentes usos de colores y acabados. También



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERIA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI

se ha añadido a nuestro criterio de selección, la utilización de materiales con reducidos costos. Eligiendo las chapas de zinc galvanizado, o la chapa y los caños negros laminados pintados.

En la fig. 2, se observa una vista de la Placa o Capa Externa cuyas dimensiones exteriores son 302 x 110 x 19 cm e interiores de 302 x 100 x 14 cm. También en la fig. 2, se observa un croquis de la mencionada capa externa liviana, compuesta por una doble chapa negra N° 20 en forma de sándwich, pintada con antióxido incluyendo la estructura de soporte en caños estructurales laminados y terminada con pintura color blanco conformando una cámara de aire de 3 cm.



Figura 2: Vista y Croquis de la capa externa

En la fig. 3 se muestra un esquema vertical de la fachada ventilada propuesta. En este caso las diferentes partes que componen el CFV, desde el exterior al interior, son respectivamente: 1- Placa o Capa externa, 2- Conducto, 3- Aislante térmico, 4- Placa o capa interna constituida por una pared de Bloques de Hormigón.

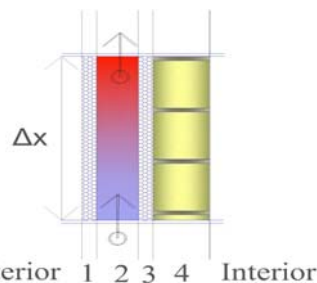


Figura 3: Esquema vertical del CFV

2.2. Funcionamiento y Clasificación del CFV

El CFV es un sistema de recubrimiento liviano y en seco, para fachadas existentes térmicamente aisladas, diseñado con multicapas. La capa externa a juntas cerradas dispuesta en forma de U,



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI

genera un conducto por el que circula el aire ambiente exterior, que permite crear una discontinuidad térmica entre el interior y el exterior, para mejorar las condiciones energéticas de viviendas sociales, constituyendo una solución tecnológica que permite contribuir durante el periodo estival al Confort Higrotérmico Interior y aportar al Ahorro Energético.

2.2.1 Confort higrotérmico interior

En la estación cálida, dentro del conducto se produce un flujo convectivo del aire caliente que circula de abajo hacia arriba mediante un movimiento ascendente, hasta que es expulsado afuera. Esto evita el recalentamiento de las paredes y por tanto, reduce el paso de calor dentro del edificio, y además permite la evacuación del exceso del vapor de agua presente en la cavidad.

Las principales contribuciones que este sistema ofrece es la protección frente a los agentes atmosféricos. La presencia de una pantalla opaca sobre la pared exterior de la construcción, separándolo de la radiación directa, permite el control del asoleamiento y, en consecuencia, una reducción de la carga de calor del edificio en verano.

El revestimiento o capa exterior, en realidad, tiene el doble papel, reflejar la radiación solar y evitar el recalentamiento de las paredes del edificio, por un lado, y por otro facilitar dentro del conducto la circulación del aire caliente acumulado y así activar el efecto chimenea para favorecer el fenómeno de la ventilación natural anteriormente dicha. De entre la sucesión de hojas de materiales diversos con un alto grado de especialización que pueden conformar las fachadas, la hoja más importante no es de material constructivo alguno sino el aire que llena el conducto.

Estos sistemas, al igual que cualquier revestimiento, permiten también una excelente protección contra la acción del viento y de la lluvia. Como cualquier sistema de revestimiento alejado de la pared interior, además, ayuda a evitar puentes térmicos y la presencia de condensación intersticial.

2.2.2 Ahorro Energético

De acuerdo a la cuantificación de la eficiencia de la fachada cerámica ventilada mediante técnicas de la mecánica de fluidos computacional realizada en la Universidad Politécnica de Valencia, el efecto del enfriamiento del muro hace que la energía para mantener la temperatura interior en ese momento, sea un 58,7% menos si se dispone de la fachada ventilada que si no se dispone de la misma. Este ahorro energético, obviamente depende de la situación térmica externa y en las condiciones puntuales de modelación en régimen permanente. Y siempre que las proporciones entre la toma o entrada y salida aire, el ancho del conducto, la forma estructural sea correcta y

además se tenga en cuenta la altura entre otros aspectos así como el tratamiento de los elementos del revestimiento, el dispositivo será capaz de reducir las cargas de energía interior, [4].

En este sentido en la Universidad de Pisa se ha desarrollado un método analítico para distintas aplicaciones, en la que determinaron que con el uso cuidadoso del diseño de las FV, en edificios acondicionados durante el verano, se alcanzan ahorros de energías superiores al 40%, [5].

3. ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO DEL CFV

Tal como se mencionara, fue realizada una experiencia piloto para evaluar el comportamiento térmico de un ambiente con características similares al de las viviendas de interés social en el árido San Juan. En este ensayo experimental se utilizó como célula de trabajo el muro Norte de una habitación mínima de bloques de hormigón aislada por el exterior, donde se localizo el CFV.

Esta experiencia fue implementada mediante la utilización de un sistema de adquisición de datos Fluke Hydra 2620A, un solarímetro Keep & Zonen, sensores de temperaturas integrados alámbricos LM35. Mediante el programa Trend Link para Fluke se obtuvieron las lecturas de temperaturas de superficie en la envolvente vertical del Box mencionado, previo posicionamiento, calibración, e instalación de los sensores; determinación de la frecuencia de lectura, y aplicación de software avanzado de tendencia y análisis para graficar información en tiempo real.

Debido a las características y posibilidades de aplicación que brindan los sensores de temperaturas integrados inalámbricos LM73, utilizando el programa Matlab 7.0.4, se realizaron las lecturas del comportamiento térmico de superficie y aire tanto en el ingreso como así también en egreso al CFV, [6].

3.1. Resultados y Discusión

En este estudio piloto, se busca conocer cual es el desempeño energético que se logra colocando el CFV por el exterior, ya que de esta forma se evita que el cerramiento de la habitación sea solicitado directamente por la radiación solar, comparado con la situación en la cual no existiera un módulo instalado. Tanto las lecturas de la pared compuesta de la habitación como las de las distintas capas y aire dentro del conducto trasventilado se realizaron en tiempo real. La distribución de los sensores se observan destacados en rojo, en la fig. N° 3. La visualización en tiempo real del comportamiento térmico adquirido mediante el Programa Trend Link para Fluke, se observa en la fig. N° 4. Y el comportamiento térmico detallado del muro de Bloques de Hormigón sin y con el CFV, se muestra en la Tabla 1.



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI

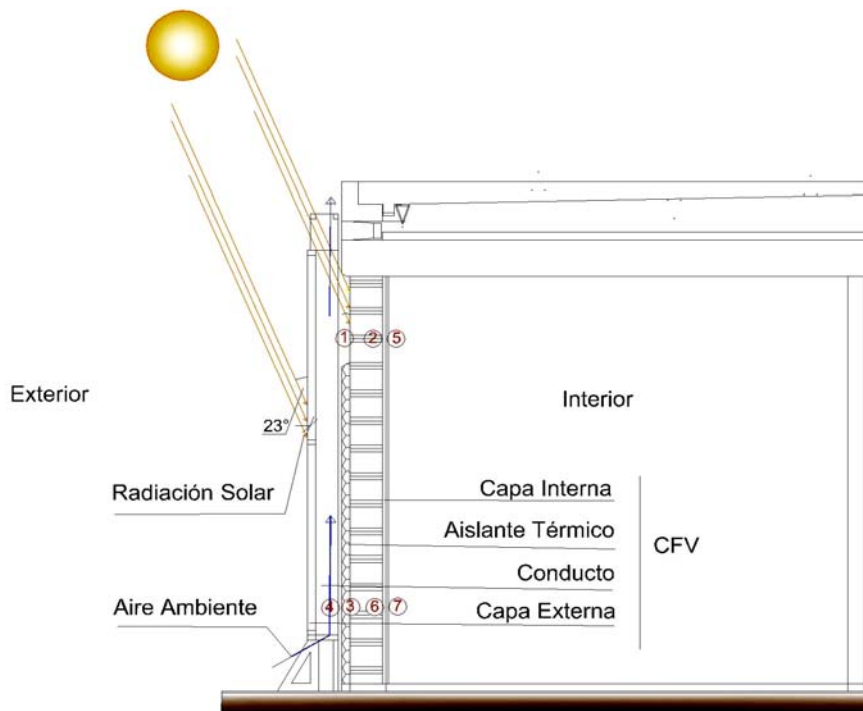


Figura N° 3: Distribución de sensores en el CFV y Box de ensayos

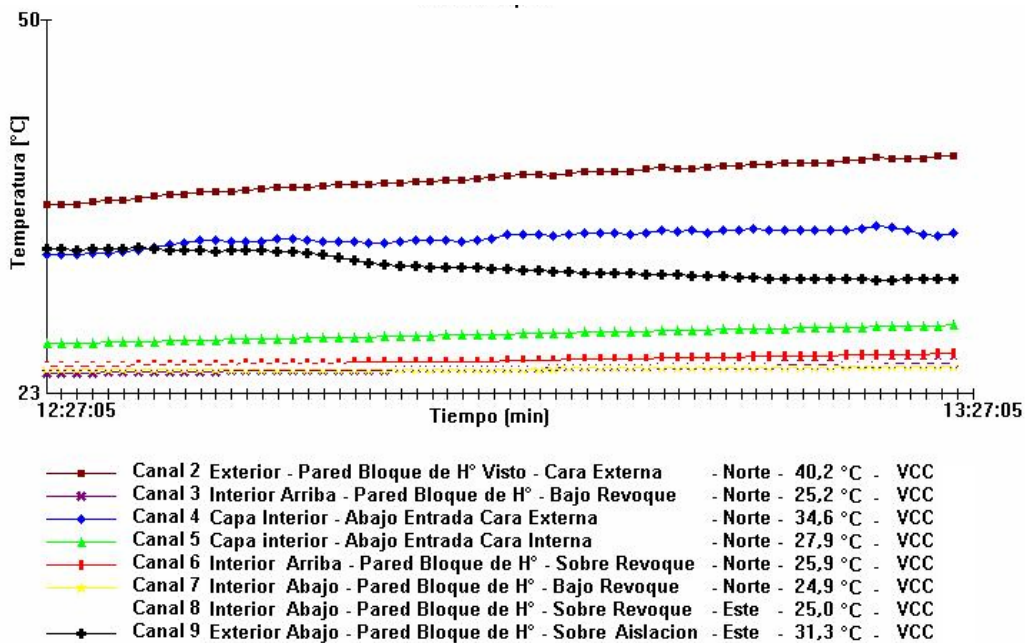


Figura N° 4: Visualización en tiempo real del Comportamiento Térmico adquirido mediante el Programa Trend Link para Fluke



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERIA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI

Tabla 1: Comportamiento térmico detallado de un muro de Bloques de H° sin y con CFV

Ubicación	Descripción	Sensor N°	Canal N°	Temp. °C	Características Ambiente	
Sin Aislante Térmico						
Sin CFV - Norte						
Exterior	Pared Bloque H° Visto - Cara Externa	1	2	40,2	Viento en Calma Asoleado Sin nubes	
Con Aislante Térmico						
Con CFV - Norte						
Conducto: Capa o placa interior	Abajo Entrada – Cara Externa	3	4	34,6	Viento en Calma Asoleado Sin nubes	
Conducto: Capa o placa interior	Abajo Entrada – Cara Interna	4	5	27,9		
Interior Box de Ensayos						
Con CFV- Norte						
Interior	Abajo - Pared de Bloques de H° – Bajo revoque	6	7	25,9		
Interior	Abajo - Pared de Bloques de H° – Sobre enlucido	7	8	24,9		

Los resultados preliminares a mediados de abril a las 13,27 h, con una radiación solar de 689 W/m², permitieron obtener una diferencia de 15,2°C, entre un muro de bloques de hormigón visto expuesto en el exterior (alcanzó 40,2 °C), y la pared interior (sobre el enlucido pintado) dispuesta detrás del CFV de bloques de hormigón (alcanzó 24,9 °C).

Las lecturas en tiempo real también permitieron visualizar los siguientes periodos característicos, vinculados a la Capa o Placa Externa y el Muro del CFV, fig. 5 y Tabla 2:

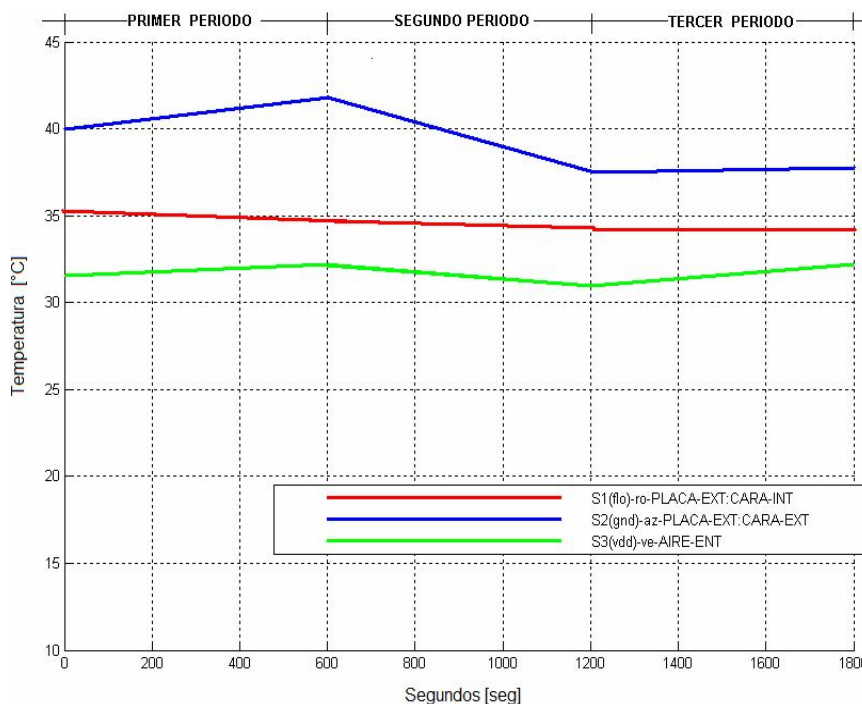


Figura 5: Temperatura de los sensores LM73



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI

Tabla 2: Comportamiento térmico detallado de la Capa o Placa Exterior del Conducto con CFV

Ubicación	Descripción	Sensor N°	Canal N°	Temp. °C	Características Ambiente
Sin Aislante Térmico	Con CFV- Norte	-	-	-	Viento Leve Asoleado Con nubes pasajeras
Conducto: Capa o placa exterior	Entrada. Cara Externa	S1		42	
Conducto: Capa o placa exterior	Entrada. Cara Interna	S2		34,9	
Conducto: Aire		S3		32	
Interior	Abajo - Pared de Bloques de H° – Sobre revoque	7	8	24,9	

- Primer periodo: Cuando se produce el calentamiento del conducto por el asoleamiento. Tal como se observa hasta los 600 s, cuando la cara externa de la placa externa llega a 42 °C muestra una variación creciente de la línea de color azul, y cuando el aire de entrada al conducto que forma el CFV alcanza los 32 °C, también muestra una variación creciente de la línea color verde. Es en ese momento, cuando se produce un efecto de "aislación térmica" entre la cara externa del CFV y el aire del conducto, que se comprueba con la diferencia de temperaturas mostradas entre las líneas azul y verde, respectivamente.

- Segundo periodo: Cuando se produce enfriamiento del CFV por ausencia de asoleamiento. Desde los 600 s a los 1200 s, debido a que construcciones cercanas orientadas al oeste del box de ensayo, ocultaban en forma progresiva la incidencia solar sobre la Placa Externa del CFV, es posible observar que en la medida que, en la cara externa aumenta el área sombreada, se evidencia como dicho efecto de "aislación térmica" disminuye.

Según Ciampi et. al, [4] es a partir de ese instante, cuando la estructura de ventilación o CFV deja de ser eficiente como conducto de ventilación y por lo tanto disminuye progresivamente su capacidad de Ahorro de Energía, Tabla 7.

- Tercer periodo: Cuando se produce el calentamiento del aire que ingresa al conducto del CFV con ausencia de asoleamiento. Desde los 1200 s a los 1800 s, la temperatura del aire del conducto (único elemento físico que esta en contacto con la superficie externa del muro del Box) comienza a ascender pocos minutos después de que comienza a caer la temperatura de la cara exterior del CFV.

No obstante, la tendencia de la línea verde no supera los 35 °C, lo cual indica que, aun sombreada la cara externa del CFV, el aire del conducto transmite menos calor al interior del Box respecto al que transmitiría el CFV a través de su superficie interna (línea color rojo), si estuviese dicho módulo en contacto directo con el muro del Box.

Entonces, la presencia del CFV paralelamente ubicado respecto al muro del Box, impone una diferencia de temperaturas entre la superficie exterior del CFV y la del aire del conducto, lo que hemos dado en llamar "efecto de aislación térmica". En la situación de mayor temperatura exterior, la "aislación" se manifiesta con una diferencia aproximada de 10°C; y en la situación de menor temperatura exterior en el módulo, la temperatura del aire del conducto tiende a ser unos 3° C menor. Por lo tanto, cabe mencionar que la temperatura interior del módulo y la del aire del conducto tienden a igualarse (equilibrio térmico).

4. CONCLUSIONES

En ningún momento del periodo de experimentación la diferencia de temperatura entre el aire del conducto y la temperatura de la superficie externa del módulo se mantuvo baja y casi constante. Siempre la temperatura del aire del conducto fue inferior y no superó a la temperatura de la superficie externa del módulo. Esto asegura no aumentar la transferencia de calor hacia el interior del Box (comparado con la situación en la cual no existiera un módulo instalado). Lo observado en el estudio experimental permite comprobar la baja inercia térmica que presenta el aire del conducto. También se aprecia cuando, a medida que la sombra cubre la cara externa del módulo, sensiblemente comenzó a enfriarse la superficie interna del CFV. Esto resulta conveniente a la hora de disminuir el calor acumulado en el CFV limitando la transferencia de calor por conducción y convección hacia el muro del Box.

Por lo tanto en climas cálidos de zonas áridas el CFV opaco, demuestra ser un elemento de atenuación de la radiación solar con grandes posibilidades de aplicación.

Los resultados experimentales obtenidos son útiles para alto porcentaje de las viviendas existentes, localizadas en la árida región de Cuyo, en donde nuestras actuaciones dirigidas a habitantes de escasos recursos pueden llegar a aportar un significativo potencial de ahorro energético. Cabe explicitar que la perspectiva de los problemas de confort en viviendas, tanto en las áreas urbanas como suburbanas de esta región, además crecerá en la misma medida que la población aumenta. Esto deja en claro, la alta posibilidad de aplicación del CFV considerando el punto de vista de solución higrotérmica que aporta al diseño bioclimático integral de las distintas tipologías de viviendas sociales.



IV CAIM 2014

Cuarto Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE INGENIERIA
Resistencia Chaco - Rep. Argentina

FORO
DOCENTE
DEL AREA
MECANICA
DE LAS
INGENIERIAS

FoDAMI

En general, el sistema tecnológico alternativo del CFV, que utiliza técnicas de producción y construcción sencillas, contribuye a mitigar gastos energéticos, a satisfacer diferentes necesidades de grupos sociales con bajos recursos, y a proteger el ambiente.

La experiencia piloto si bien muestra resultados alentadores, determina que es necesario avanzar en el desarrollo del CFV, incluyendo terminaciones constructivas, puesta a punto, e incremento de las mediciones a lo largo del conducto ventilado, mediante la instalación de un sistema distribuido para medir comportamientos simultáneos en varios de puntos, además de estudiar y verificar comportamientos térmicos en tiempo real, para distintas épocas del año.

5. REFERENCIAS

- [1] E. Giancola, Tesis Doctoral: El comportamiento energético de una fachada ventilada de juntas abiertas. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, 2010.
- [2] A. F. Buigues Nollens, Envolventes Termoaislantes con Pomeca Puzolánica para Viviendas de Zonas Áridas: Estudios Preliminares y Ensayos Experimentales para Fachadas, Ref. Artículo, Congreso Nacional Ambiental 2012, Rectorado, UNSJ, San Juan, 2012.
- [3] C. Balocco, Validación de un modelo analítico utilizado para simular una fachada ventilada. Florencia. Dipartimento di Energetica S. Stecco, Università degli Studi di Firenze, Florencia, Italia, 2001.
- [4] M. Mora Pérez, G. López Patiño, M. A. Bengochea Escribano, P. A. López Jiménez, Cuantificación de la eficiencia de la fachada cerámica ventilada mediante técnicas de la mecánica de fluidos computacional. Artículo. Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio. **Vol.** 50, 2, 99-108, Valencia, 2011.
- [5] M. Ciampi, F. Leccese, G. Tuoni, Ventilated facades energy performance in summer cooling of buildings. *Solar Energy*. **Vol.** 75, Issue 6, pp. 491–502, 2003.
- [6] A. F. Buigues Nollens, L. A. Pogrebinsky Mazarico, Desarrollo de un sistema alternativo de medición distribuida: Experiencia piloto en un horno solar híbrido, AVERMA, **Vol.** 16. pp 08.183-192, 2012.