

Aprovechamiento de la pomeca puzolánica en envolventes: desarrollo experimental de un panel termoaislante para viviendas en zonas áridas en Argentina.

Utilization of puzzolanic pomeca in envelopes: experimental development of an insulating panel for housing in the arid regions of Argentina



Arturo Buigues Nollens abuigues@unsj.edu.ar

Instituto de Mecánica Aplicada - Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de San Juan - Argentina



RESUMEN

Palabras Claves
Estudio experimental
Envolvente termoaislante
Pomeca Puzolánica
Viviendas Sociales
Zonas Áridas

Este trabajo tiene como objetivo el estudio de la pomeca puzolánica y el desarrollo experimental de un panel termoaislante para zonas áridas, destinado al acondicionamiento higrotérmico de viviendas de interés social de San Juan, teniendo en cuenta estándares mínimos de calidad. La metodología considera el desarrollo de estudios de caracterización, diseño térmico y análisis tecnoconstructivo utilizando cerramientos opacos verticales que incluyen como componente a este material natural de origen volcánico. Se han obtenido temperaturas interiores de 23 °C, mientras que la cara exterior de la placa vista con aislante sin pintar alcanza los 54 °C, con 830W/m² de radiación solar. Se demuestra que es posible utilizar a la pomeca, incluida como relleno en adecuados espesores, y como placas aislantes, para poder disminuir pérdidas térmicas con bajos costos. Integrando un sistema tecnológico alternativo, que utiliza técnicas de producción y construcción sencillas, contribuye a mitigar gastos energéticos, satisfacer diferentes necesidades de grupos sociales con bajos recursos y proteger el ambiente.

ABSTRACT

Key Words
Experimental Analysis
Thermoisolating Enclosing
Puzzolanic Pomeca
Social Housing
Arid Areas

The aim of this paper is to analyse the puzzolanic pomeca and to experimentally develop and insulating panel for improving the hygro-thermal conditioning of social housing in the arid regions of San Juan, taking into consideration the minimum quality standards. The methodology considers the development of studies of characterization, thermal design and techno-constructive analysis, using vertical opaque natural materials for the envelope, which includes this one of volcanic origin. Internal temperatures below 23 °C have been obtained, while the outer face of the panel with insulation and no paint reaches 54 °C, with 830W/m² of solar radiation. This demonstrates that it is possible to use Pomeca as filling in adequate thicknesses and as insulation panels, in order to reduce thermal losses at low costs. It integrates an alternative technological system using simple production and construction techniques and contributes to reduce energy expenses, satisfying different needs of the low income social groups and protecting the environment.

1. Introducción

La baja asignación de recursos destinados a la construcción de viviendas sociales para erradicar ranchos y viviendas precarias en diferentes localidades de la provincia de San Juan ha llevado a obtener una baja calidad

higrotérmica de sus envolventes, lo cual ha generado altos consumos de energía. Se añaden refugios y viviendas construidas o por construir, ubicadas en zonas que no cuentan con red de gas natural, o porque los altos costos actuales de los combustibles convencionales alternativos más

utilizados, como gas envasado y kerosén, impiden a las familias a tener acceso a ellos.

En algunos parajes áridos existen inviernos muy rigurosos donde los usuarios deben soportar críticas situaciones a raíz de sus necesidades térmicas (Sáa, et. al, 2005). Estas situaciones llevan a utilizar y hasta depredar el recurso leña del entorno. En muchos casos estos combustibles y recursos convencionales alternativos producen, además de intoxicaciones por monóxido de carbono, incendios, quemaduras, faltas laborales y escolares que se traducen en mayores costos para la salud de los usuarios.

La división construcciones del Instituto Nacional de Tecnología Industrial - INTI, ha determinado coeficientes volumétricos de pérdidas de calor, para 73956 viviendas en Argentina. Estas construcciones de casi 60 m² cada una, consideran el sistema constructivo tradicional utilizado en San Juan de techos de losa de hormigón armado y muros de ladrillo cerámico o bloques de hormigón. Como resultado, siempre que se aisle el techo y los muros con 3" y 2" respectivamente, se estimó un ahorro para la provincia de 39,97 %, y para Argentina un ahorro de 42,99 %. El estudio fue realizado aplicando un aislante térmico convencional de conductividad media, tal como la lana de vidrio (Volantino, et. al, 2007).

Si además se le agrega la posibilidad de un ahorro mayor de energía durante el verano, que surge de la necesidad de acondicionamiento en zonas templado-cálidas, lleva a valorar el importante rol de la aislación térmica, considerando el uso racional de energía (URE) en viviendas, traduciendo su aplicación en una reducción de gastos en electricidad y gas.

Cabe mencionar que si bien una mejora en la aislación de la vivienda social probablemente no redundará en una disminución concreta de los gastos de facturas eléctricas y de gas, dado que la población más pobre seguirá destinando pocos recursos a dichos rubros, sin embargo mejorará la calidad de vida de dichos habitantes.

Se destaca que en la actualidad, en general, existe ausencia de aislación en las envolventes verticales de las viviendas localizadas en la zona árida de la provincia de San Juan – Argentina (Buigues, 2010), por lo tanto resulta muy necesario desarrollar técnicas constructivas aplicadas en muros tradicionales, por presentar características constructivas de mayor complejidad que las utilizadas en techos.

El uso eficiente de la energía (UEE) constituye una de las opciones tecnológicas de expansión del sistema energético más importantes en el contexto del desarrollo sustentable (CEPAL, 1998). En este sentido, el aporte de esta investigación es buscar una solución concreta a las viviendas de zonas áridas en lo que respecta a la aislación térmica, contribuyendo a mejorar la calidad de vida de los habitantes.

Se aclara que en este trabajo no se abordará el análisis económico ni el ahorro que se produce, dado que ya fue estudiada en forma extensa en otras investigaciones, (Volantino et. al, 2007). Si se buscará demostrar la contribución al desarrollo sustentable de una innovación tecnológica (Villavicencio A., 2004), que tiene como objetivos específicos el aprovechamiento a nivel experimental de la pomeca puzolánica, material aislante regional de origen natural, y su aplicación en diferentes envolventes verticales de viviendas de interés social como panel termoaislante.

2. Materiales

La piedra pómez (PP) es una lava vítrea celular. Esta lava, en su formación como "ceniza o tufo volcánico", cuando es proyectada al aire se desgasifica, quedando espacios vacíos separados por delgadas paredes de vidrio volcánico, compuesto por trióxido de sílice y trióxido de aluminio, entre otros. Es una roca efusiva joven, de terciaria a reciente, que contiene feldespato potásico, cuarzo y plagioclasa; pasta de grano fino a vítrea en las que cristales de biotita forman fenocristales. En su estado natural, se presenta suelta y sin consolidar y en algunos casos cementada formando depósitos superficiales o estratos cubiertos posteriormente como resultado de fenómenos geológicos. Tiene baja densidad, es muy porosa, de color blanco, gris y rosa claro.

Tanto la piedra pómez como todos los derivados volcánicos poseen características documentadas desde mediados del siglo XX sólo en Argentina. Tal es así que la norma IRAM 11601 incluye estos productos como aislantes desde fines de los años '70.

La pomeca puzolánica (IMA -1) también es un material termoaislante y en la actualidad se comercializa a granel en San Juan, (Fig.1). Tiene baja densidad, de 500 a 750 kg/m³, flota en el agua y es muy porosa, de color blanco o gris.

La IMA -1 que contiene rezagos de la piedra pómez, es extraída en la ciudad de Mendoza a

160 km de la ciudad de San Juan – Argentina. En la actualidad algunas empresas dedicadas al rubro de la construcción han comenzado a aplicarla a granel, como aislación termoacústica incorporada a la cubierta de techos.



Figura 1: Características generales de la pomeca puzolánica. Fuente: Elaboración Propia.

Figure 1: General characteristics of the puzzolanic pomeca. Source: Own Elaboration

Pero aún se desconocen investigaciones específicas que caractericen en forma adecuada a sus componentes. Y además, también se desconoce que se hayan realizado estudios, como el que se desarrolla en este trabajo, en el que se demuestren las posibilidades de aplicación de la IMA -1 utilizando técnicas de aislamiento térmico de fachadas en viviendas de interés social en zonas áridas.

En este sentido, y para determinar los minerales presentes, fue analizada a través de un estudio de difracción de rayos X una muestra con material molido de IMA -1. Estas muestras fueron comparadas como una de las fases presentes en la muestra molido de un trozo de PP con 5,5 cm x 5,0 cm x 4,0 cm.

En la Figura 2 se observa una fotografía de ambas muestras molidas la PP triturada de color beige claro y la IMA – 1 de color marrón medio. Esta última contiene vidrio, feldespato, mica y calcita.

En la Figura 3 se muestra el difractograma obtenido sobre una fracción finamente molido de piedra pómez, donde la única especie presente con estructura cristalina y abundancia que puede ser detectada por el método es la biotita.

Observaciones realizadas en microscopio óptico permitieron ver las principales diferencias que existen entre ambas muestras. La muestra de PP molida presenta una imagen donde se

observa fundamentalmente la presencia de vidrio (isótropo) (Fig. 4 izquierda).



Figura 2: Muestras trituradas de la piedra pómez (PP) y la pomeca puzolánica (IMA – 1). Fuente: Elaboración Propia.

Figure 2: Crushed samples of stone pumice (PP) and puzzolanic pomeca (IMA – 1). Source: Own Elaboration

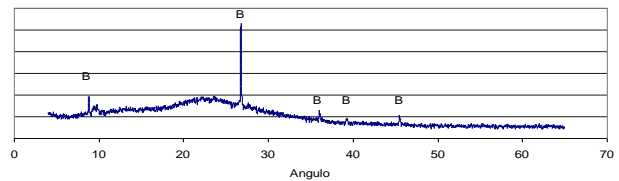


Figura 3: Difractograma de la muestra piedra pómez, y la biotita (B). Fuente: Elaboración Propia.

Figure 3: Sample Diffractiongram stone pumice and biotite (B). Source: Own Elaboration

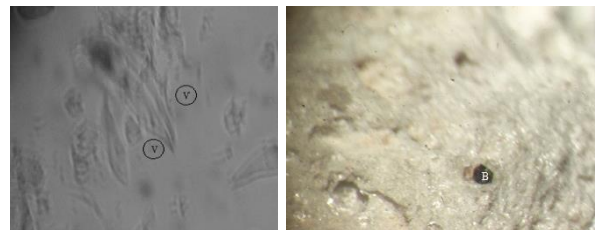


Figura 4: Microfotografías de un campo donde se observa a izquierda la presencia de vidrio (V) y a derecha superficie de un trozo de piedra pómez, con inclusión de mica (B). Fuente: Elaboración Propia.

Figure 4: Photomicrographs of a field where there is left to the presence of glass (V) and the right surface of a piece of pumice, including mica (B). Source: Own Elaboration

También en la Figura 4 pero a derecha se muestra mediante una fotografía de PP con inclusiones de mica (biotita). Por otro lado y como resultado del estudio de difracción de rayos X y observación óptica realizada en el Instituto de Investigaciones Mineras de la FI-UNSJ, se pudo confirmar que los minerales presentes con estructura cristalina y abundancia que pueden ser detectados por el método son: cuarzo, feldespato, calcita y mica (biotita), tal como puede observarse en la Figura 5. Las observaciones realizadas en lupa binocular sobre la muestra molido permitieron confirmar la presencia de vidrio volcánico, mica (biotita), feldespato y calcita.

Estimando que el porcentaje de minerales aislantes tales como el vidrio es alto, y de alrededor del 60 % comparado con la baja presencia de mica y del orden del 6 %.

La muestra molida de IMA - 1 presenta además de vidrio (isótropo), minerales anisótropos (silicatos y carbonatos), como puede observarse en la Figura 6.

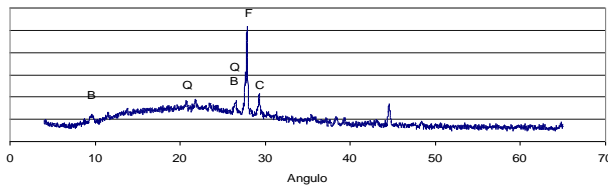


Figura 5: Diffractograma de la muestra "IMA - 1", con Biotita (B), Cuarzo (Q), Feldespato (F) y Calcita. Fuente: Elaboración Propia.

Figure 5: Sample Diffractogram "IMA - 1", where: B = biotite, quartz and Q = F = C = Feldspar and Calcite. Source: Own Elaboration

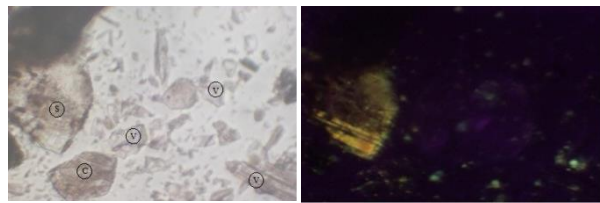


Figura 6: Microfotografías de un campo del microscopio donde se observa: a izq. presencia de vidrio (V), silicatos (S) y carbonato (C); y a der. con nicols cruzados, los puntos brillantes que indican la presencia de impurezas (S) y (C). Fuente: Elaboración Propia.

Figure 6: Photomicrographs of a field of the microscope which observes presence left glass (V), silicates (S) and carbonate (C) and right with crossed nicols, the bright spots indicating the presence of impurities (S and C). Source: Own Elaboration

Para la determinación de las propiedades físico mecánicas del hormigón aligerado empleado se utilizó una muestra con una relación de cemento portland puzolánico (CPP) - pomeca

puzolánica 1:10. Esta dosificación ha sido aplicada en esta región árida en muros de quincha mejorada con alentadores resultados térmicos (Fernández, et. al, 2004).

La muestra fue ensayada a compresión en una probeta cilíndrica de altura: 30.30 cm, diámetro: 15.10 cm, peso: 6.500 gr, peso unitario: 1.2 gr/cm³. A los 28 días, al recibir una carga máxima de 2800 Kg, alcanzó una Tensión de Rotura de 15.63 Kg/cm² (Fig. 7).

En la Tabla 1 se observan las proporciones empleadas en el preparado de la mezcla con CPP e IMA-1 y sus propiedades físicas, después de 180 días. De los resultados del ensayo de compresión realizado según la Norma IRAM 1546 en el Instituto de Materiales y Suelos de la FI – UNSJ, e información obtenida con la adición de puzolanas en morteros (Granuterm, 2009), se observó que el desarrollo de resistencia a primeras edades es lento, pero que a mayor edad se obtiene mayor desarrollo de resistencia para las mezclas con adiciones (Becker, 2001).

3. Métodos

Diseño y Análisis de la Situación Térmica

El objetivo de este trabajo es sistematizar la incorporación de materiales con bajo impacto ambiental en la envolvente vertical (Klees, 2003), con características termoaislantes a través del desarrollo de nuevas técnicas constructivas (Baño Nieva, 2005). El fin del mismo es aportar estrategias de conservación de energía, originadas en características constructivas, térmicas y valorar la transmitancia térmica (IRAM 11601, 2002), de acuerdo las modificaciones introducidas en los elementos constructivos tradicionales tal como lo son las fachadas de viviendas de interés social.

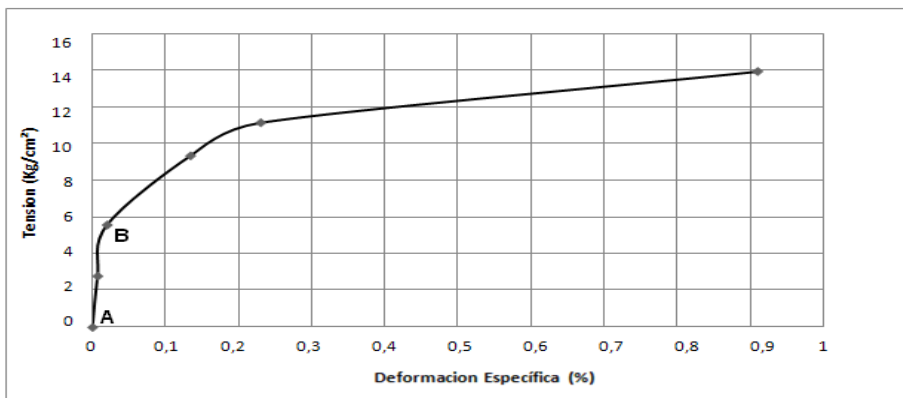


Figura 7: Resultados del ensayo y equipo de compresión a los 28 días. Fuente: Elaboración Propia.

Figure 7: Test results and compression equipment at an age at 28 days. Source: Own Elaboration

Tabla 1: Propiedades Físicas del compuesto con Pomeca Puzolánica a los 180 días. Fuente: Elaboración Propia.
Table 1: Physical Properties of Pozzolanic Pomeca compound at 180 days. Source: Own Elaboration.

Relación CPP – Pomeca (IMA-1)	CPP 33 l.	Pomeca l.	Agua l.	Compresión Resistencia Kg/cm ²	Conductividad Térmica	Densidad Peso/ Volumen H°Seco
1:10	1	360	100	80 a 120	0,07- 0,09	0,690

El diseño de estas envolventes contempla dos capas, una interna y otra externa. Ambas capas fueron estudiadas con el material termoaislante de origen volcánico, de la muestra IMA -1. La capa, o “piel” exterior, necesita resistencia mecánica, debido a que tiene como función proteger y contener a la capa interna. Esta “piel” se encuentra constituida por placas compactadas con un ligero vibrado, previo amasado con CPP y agua (p/mortero de perlita con CPP de 300 a 700 kg/m³ la conductividad térmica varía entre 0.088 a 0.18 W/m²K).

Así la capa interna, con IMA -1 suelta (amasada con agua para su manipuleo), se complementa con la “piel” para disminuir aún más el intercambio térmico entre exterior e interior (Arambarri y Aglietti, 2000). Como consecuencia de sus microcélulas cerradas y vacías presenta una resistencia térmica similar a la perlita expandida suelta o granulada, para una densidad aparente entre 30 -130 kg/m³ alcanza un valor de 0.054 W/mK.

Un material aislante se caracteriza por el valor de su conductividad térmica; su poder aislante es tanto más elevado cuanto más pequeña es su conductividad (ATECOS, 2011). El valor de la perlita expandida representa una baja conductividad térmica si lo comparamos con la alta conductividad térmica del cobre que para una densidad aparente de 8900 kg/m³ asume un valor de conductividad térmica de 384 W/mK (IRAM 11601 2002).

El laboratorio acondicionado como vivienda de interés social del IMA se encuentra localizado en la Facultad de Ingeniería UNSJ dentro de la ciudad de San Juan. Como respuesta a la necesaria calidad higrotérmica que deben tener los elementos opacos en este lugar, los valores máximos de transmitancia de cerramientos (K max) responden a la macrozona bioclimática templado cálido IIIa. Según la temperatura exterior de diseño de la localidad, corresponde para invierno 1,5 °C y para verano 37,1 °C.

Se definieron las temperaturas superficiales interiores de los cerramientos según el nivel de confort, fijándose como las diferencias de temperaturas o gradientes entre el interior y la superficie interior del cerramiento (Alías, et. al, 2000).

Se adoptó el nivel medio B para casos generales de viviendas que impliquen URE. Y que corresponde a la transmitancia térmica (K) que asegure aceptables condiciones de confort térmico a través del control de la temperatura superficial interior en invierno, contemplando también los requerimientos de confort en edificios con acondicionamiento natural en verano.

Y también se consideró el nivel mínimo C para viviendas de interés social, que si bien no implica ahorro, evita el riesgo de condensación superficial en condiciones normales de uso y para controlar excesos de desconfort en verano (IRAM 11603, 1996).

- Para el nivel medio B de 2,5 °C, los valores de K máx resultante para verano son para muros 1.25 y en techos 0.48. Mientras que para invierno son en muros 0.97 y en techos 0.785. Considerando dar cumplimiento anual a los límites de la Norma (IRAM 11605, 1996), se adopta en muros 0.97 y en techos 0.48.

- Para el nivel mínimo C de 4 °C, los valores de K máx resultante para verano son para muros 2 y en techos 0.76. Mientras que para invierno son en muros 1.71 y en techos 1. Considerando dar cumplimiento anual a los límites de la Norma (IRAM 11605, 1996), se adopta en muros 1.71 y en techos 0.76.

El estudio fue desarrollado en relación al Diseño y Cálculo del K de un muro con bloques de hormigón constituido por unidades de 20 cm x 20 cm x 40 cm, de densidad normal con 2 cámaras de aire interior, terminado al revoque en el interior de 2,5 cm de espesor (Fig. 8).

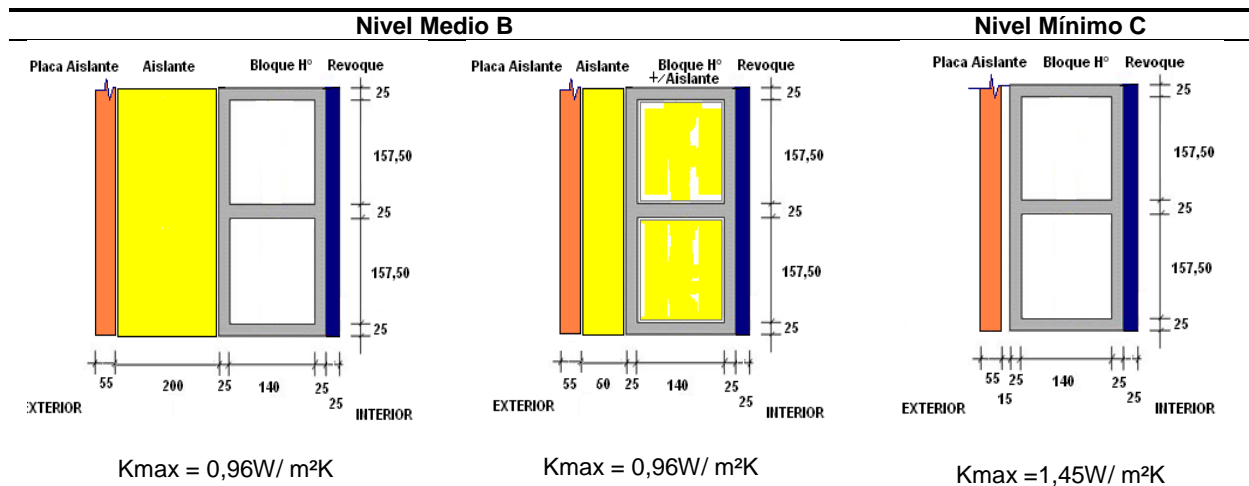


Figura 8: Diseño y Estudio de alternativas para viviendas terminadas o por construir. Fuente: Elaboración Propia.
Figure 8: Design and Study of alternatives for homes completed or for build. Source: Own Elaboration



Figura 9: Proceso de fabricación y terminación de la capa externa. Fuente: Elaboración Propia.
Figure 9: Process of manufacturing and finishing of the outer layer. Source: Own Elaboration.

Según resultados teóricos del INTI, mediante la utilización de un programa de simulación numérica que analiza el fenómeno de transmisión de calor en geometría bidimensional, el K para un muro de bloques de hormigón con estas características es de $2.46 W/m^2K$.

Es decir que para dar cumplimiento al nivel medio B, fue necesario que el muro aumentara su Resistencia total [Rt] a $6,126 m^2 \text{ } ^\circ C/W$ y para el nivel mínimo C a $1,126 m^2 \text{ } ^\circ C/W$.

3.2 Diseño y Técnica Constructiva

El sistema constructivo fue diseñado con placas aislantes modulares de $0.50 m \times 0.50 m \times 0.05 m$. Este sistema ha sido desarrollado considerando una producción en serie para revestir muros de fachadas, dadas las necesidades de contener, proteger el aislante térmico y brindar terminación según las alternativas de diseño que surgieron en relación con viviendas terminadas o por construir.

Como respuesta a la coordinación modular, la propuesta corresponde a limitar la transferencia

de calor de un $1 m^2$ de muro de bloques de hormigón trabados. Esta unidad está soportada por un sistema de fijación y estructura liviana que alberga la capa interna y sostiene la capa externa o "piel" constituida por módulos premoldeados con IMA-1.

El procedimiento de ejecución para la capa interna es el siguiente:

- Selección del material aislante absorbente por utilizar.

- Cargado de la hormigonera para el mezclado de la pomeca y el agua. Este mojado previo, debe ser ejecutado 24 h antes, con escurrido durante la noche para facilitar la posterior trabajabilidad.

- Colocación dentro y/o entre el muro de bloques de hormigón y la piel externa

Y para la fabricación de la capa o "piel" externa además se realiza (Fig. 9):

- El agregado del CPP y se continúa mezclando hasta lograr mayor uniformidad.

- La preparación y llenado de los moldes metálicos. En estos encofrados se ha considerado previamente al desmolde, la disposición de protecciones constituidas por insertos o camisas que pertenecen a la placa y el pintado interior del molde con hidrófugo.

- Breve vibrado de alta frecuencia contra los moldes para conformar la placa exteriormente.

- Ligero alisado sin apisonar con regla o fratacho evitando la compactación.

- Desmolde previo secado a la sombra y posterior secado final al sol, durante dos días según proceso de fraguado.

El procedimiento de fijación no requiere de mano de obra especializada. Las placas fueron sujetas al muro estructural de base, utilizando un taladro eléctrico con percutor neumático. Como elementos de fijación se utilizaron tarugos con tornillos con cabeza carrocera.

El apilado vertical, previo alineado y aplomado de la placa, fue ajustado según dimensiones del muro, utilizando reglas desmontables a modo de zócalos.

4. Resultados Experimentales y Discusión

- Los módulos premoldeados presentan gran versatilidad a distintos acabados, ya sea con terminación lisa o texturas rústicas creadas con diferentes granulometrías según aplicaciones y necesidades del proyecto.

Estas placas pueden incluir además de la aislación térmica propiamente dicha y la protección mecánica que surge del ligero vibrado, barrera de vapor, preagujereado, prepintado hidrófugo de base y coloración según la estética buscada.

- Para evitar la infiltración del agua entre las uniones de placas las juntas fueron tomadas con una masilla de altas prestaciones y durabilidad con resistencia a los rayos UV para el sellado de juntas de movimientos y conexión entre materiales iguales o distintos.

- El diseño del sistema de envolvente para fachadas "vistas" se adapta a cambios posteriores considerando las propiedades físicas del compuesto con pomeca (Fig.10). Esto facilita, al final de su ciclo de vida como envolvente, la recuperación de todo el aislante suelto dispuesto a modo de capa interna dada las características de diseño con que ha sido creada.

- Atendiendo los estándares vigentes de nivel de calidad B y C la envolvente aislante propuesta para este caso permite reducir la transmitancia térmica a un 61 % y 41 % respectivamente.

- La aplicación de la IMA -1 suelta, resulta un 86,43 % más económica por metro cúbico que la perlita expandida, incluyendo el flete de traslado a la ciudad de San Juan.

- El rendimiento de la mano de obra empleada para la ejecución de la envolvente en forma de placas premoldeadas con técnica de montaje "en seco" fue el adecuado. Esta tarea fue ejecutada con placas atornilladas y sin tomar juntas. Un oficial y un ayudante terminaron en 1 h un 1 m². Los rendimientos promedios obtenidos, tiene validez para 100 m² mínimo.

En este tiempo y entre capas no fue necesario considerar demoras en el secado por clima adverso. Esto incluyó también descargas de materiales durante todo el proceso constructivo, disposición de reglas para ejecución de buñas o cortes, y hasta la limpieza de obra.

- Durante la campaña de mediciones realizadas en la ciudad de San Juan, en el mes de octubre, mediante la utilización de un sistema de adquisición de datos Fluke 2625 A, solarímetro Keep & Zonen y sensores de temperaturas integrados LM35 (Fig.11).



Figura 10: Situación de viviendas con fachadas "vistas". Fuente: Elaboración Propia.

Figure 10: Location of houses with walls "seen". Source: Own Elaboration.



Figura 11: estudios de mejoramiento experimental en el Box de ensayos del IMA. Fuente: Elaboración Propia.

Figure 11: Studies in experimental breeding trials IMA Box. Source: Own Elaboration.

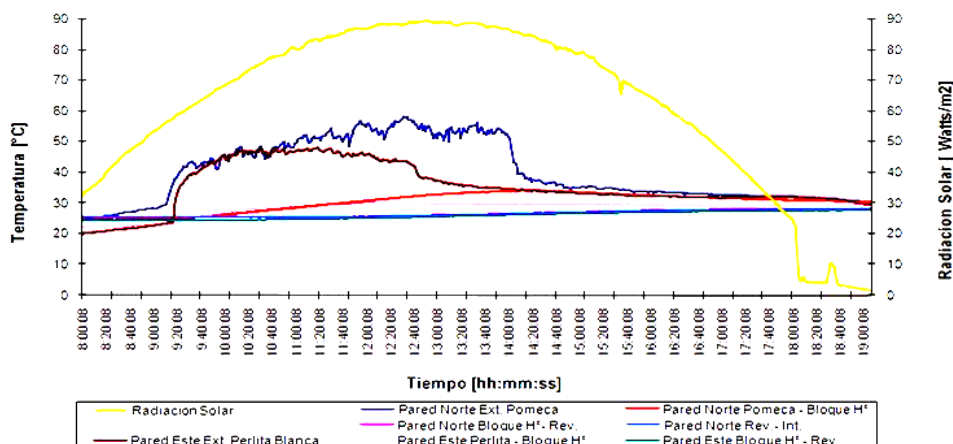


Figura 12: Comportamiento térmico del muro con envoltorio de placas con pomeca puzolánica. Fuente: Elaboración Propia.
Figure 12: Thermal performance of the wall plates with surround pomeca puzzolanica. Source: Own Elaboration.

El aporte aislante de la “piel” envolvente, permitió obtener temperaturas de confort, manteniendo la cara interna del muro en relación con el ambiente interior (sensor block-revoque y block-revoque interior) por debajo de los 23°C.

Mientras la cara exterior de la placa con aislante natural sin pintar (sensor aislante-exterior) llega a alcanzar los 54 °C, con una temperatura exterior de 28 °C y radiación solar de 830 W/m² (Fig.12).

5. Conclusiones y Prospectivas

A través de la investigación desarrollada se demuestra el beneficio cuantificado que brinda una solución innovadora al problema de URE en las viviendas, a través de la incorporación de la aislación térmica. Como tecnología sustentable facilita la adaptación del hombre en zonas áridas y permite satisfacer las necesidades de habitabilidad, lo que significa tener en cuenta además del confort y el ahorro de energía que surge de una vivienda bien aislada térmicamente, a la salud y calidad de vida de sus habitantes. Para ello, se ha cumplido con un proceso de aplicación de conocimientos científico-técnicos que vincula el estudio de un material aislante regional de origen natural, con el diseño y análisis térmico para diferentes fachadas de viviendas construidas o por construir, y concluye con el diseño y experimentación como panel. Este proceso ha permitido determinar:

- Respecto del material aislante térmico

La pomeca puzolánica es un material de la región de origen volcánico, y contiene un alto

porcentaje de minerales aislantes térmicos como el vidrio, y la mica.

- Respecto de la disposición y aptitud de empleo

Este material dispuesto suelto y en combinación con una piel prefabricada externa a un muro de bloques de hormigón, contribuye a reducir pérdidas térmicas según diferentes necesidades de proyectos de fachadas terminadas y por construir. De esta manera la envolvente vertical brinda respuesta a requerimientos de transmitancia máxima que cumplir según estándares mínimos de calidad, tanto de viviendas de interés social como para casos generales de viviendas con URE.

- Respecto del diseño y uso como panel

Diseño sustentable

Al servir tanto de protección como de contención de la pomeca puzolánica suelta facilita al final de su ciclo de vida como envoltorio, la recuperación de todo el aislante suelto dispuesto a modo de capa interna.

Rápida ejecución de obra

El diseño y las características de la envolvente con placas aislantes térmicas contribuyen a un proceso industrializado planificado, desde su fabricación hasta la obra, lo que favorece la rapidez de construcción.

Adaptable a diferentes proyectos y obras

Tanto matrices, plantillados como estructuras de soporte permiten brindar el orden vertical y horizontal con distintos acabados o terminaciones

que favorecen una conveniente y flexible disposición en fachadas según necesidades de diseño.

En continuidad con el proceso desarrollado, el conocimiento adquirido, y los resultados obtenidos respecto de las características y uso de la pomeca puzolánica, en el futuro se realizarán investigaciones vinculadas a las fachadas transventiladas, con el objetivo de ampliar sus posibilidades de aplicación y así poder mejorar el comportamiento térmico. En estos estudios se buscará favorecer las pérdidas de calor por convección y así poder contrarrestar aún más el paso del calor al interior de las viviendas y edificios de departamentos localizados en las zonas más cálidas de zonas áridas.

Agradecimientos

La investigación es financiada por CONICET, SECYT, Rectorado, UNSJ, IMA, FI, UNSJ. Se agradece la cooperación de Leonardo A. Pogrebynski y Franco J. Rojaspor en tareas realizadas, en la disposición de sensores y adquisición de datos térmicos.

Referencias Bibliográficas

Alías, H., Jacobo, G., Pilar De Zalazar, C. (2002). Nueva normativa de acondicionamiento térmico de edificios: desarrollo del método de cálculo de la transmitancia térmica y condensaciones según normas IRAM actualizadas. Comparación con normativas anteriores. ITDAHu - www.unne.edu.ar/Web/cyt/cyt/2002/07-Tecnologías/T-017, 1-4.

Arambarri, G. y Aglietti E.F. (2000). *Materiales aislantes de perlita y silicato de calcio. Conductividad Térmica y Propiedades. CETMIC (Centro de Tecnología de Recursos Minerales y Cerámica)*. En: Memorias de las Jornadas SAM 2000 - IV Coloquio Latinoamericano de Fractura y Fatiga, Agosto. 941-947.

ATECOS. (2010). Asistente Técnico para la Construcción Sostenible - Materiales Aislantes Térmicos - Fundación Entorno-BCSD la Fundación de la Universidad Autónoma de Madrid (FUAM) y la empresa Miliarium.com España.

Baño Niev,a A. y Vigil E. Del Pozo, A. (2005). Guía de construcción sostenible. Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud (ISTAS), España, 57-69.

Becker, E. (2001). *Cemento Portland Puzolánico - Características y Recomendaciones de Uso - Asesoría Técnica* – Publicación de LOMA NEGRA C.I.A.S.A, 1-10.

Buigues, A. F. (2010). Integración sustentable de sistemas de cocción solar a la vivienda bioclimática:

estudio de envolventes con materiales termoaislantes de origen volcánico. En Memorias del II Simposio Aprovechamiento de Residuos Agro-industriales como Fuente Sostenible de Materiales de Construcción. Universidad Politécnica de Valencia, 395-408

CEPAL. (1998). Promoción del Uso Eficiente de la Energía en América Latina – *Serie 10 Medio Ambiente y Desarrollo - Proyecto CEPAL / Comisión Europea - Naciones Unidas, Comisión Económica para América Latina y El Caribe*, 7-17.

Fernández, J., Esteves, A. (2004). Conservación de energía en sistemas autoconstruidos. El caso de la quinchá mejorada. Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda INCIHUSA – CONICET AVERMA,8, 5.121 - 5.128 .

IRAM 11601. (2002). Argentina. Aislamiento térmico de edificios. Métodos de Cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario. Tabla de Conductividades Térmicas. Corresponde a la revisión de la norma IRAM 11601:1996. Ref. Numérica: IRAM 11601,14- 20.

IRAM 11603. (1996). Acondicionamiento Térmico de Edificios. Clasificación bioambiental de la Argentina, 1-47.

IRAM 11605, (1996). Argentina. Acondicionamiento Térmico de Edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos, 1-27.

Klees, D. R. y Coccato, C. (2003). *Ciclo de vida sostenible de los materiales de construcción.- 1º y 2º Etapa*. En Memorias de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas Depto. de Estabilidad – Fac. de Ingeniería – U.N. del Nordeste, 1-4

Sáa, M., Verstraete, J., y Vilapriñó, R. (2005). Perspectivas del ahorro energético debido a la solarización de viviendas sociales. AVERMA, 9, 07.19-07.20.

Villavicencio, A. (2004). Mitos y realidad del mecanismo de Desarrollo Limpio - *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 1, 56-65.

Volantino, V., Bilbao, P., Azqueta, P. E., Bittner P., Englebert A. y Schopflocher M. (2002). Ahorro energético en el consumo de gas residencial mediante aislamiento térmico en la construcción, Unidad Técnica Habitabilidad Higrotérmica – Instituto Nacional de Tecnología Industrial INTI Construcciones - Comisión de trabajo URE en edificios. AVERMA, 11, 08.123 – 08.130.

Recibido: 17|12|2012
Aceptado: 08|05|2013