

"Análisis de resistencias térmicas de muros exteriores en cinco locales, empleo de productos en base a hormigones que incorporan residuos"

Julia Elena C. Plaza¹, Marina González², Marta E. Yajnes³, Susana Caruso⁴

Resumen

El objetivo de este trabajo es exponer los resultados de la aplicación de las Normas IRAM de Acondicionamiento Térmico de Edificios y Etiqueta de Eficiencia Energética de Calefacción en el análisis de muros de bloques y placas de hormigón con material reciclado aptos para uso en emprendimientos sociales y generación de empleos verdes. El análisis se realiza con un software para el cálculo de Transmitancia Térmica, cuyos valores determinan el Nivel de Etiquetado de Eficiencia Energética. Se propusieron 5 sectores del país, geográficamente distantes, de manera de obtener resultados que contemplaran situaciones extremas de temperaturas. La intención es obtener la mejor alternativa constructiva que alcance el nivel de Eficiencia Energética A, además se plantea un promedio entre el nivel aceptable (B) y el nivel óptimo (A), determinando una situación intermedia de espesor de aislación, siendo ésta la variable a modificar, respondiendo a requerimientos económicos posibles de inversión en la construcción.

Palabras clave: arquitectura ambientalmente consciente, eficiencia energética, acondicionamiento térmico de edificios.

Analysis of thermal resistance in exterior walls in five locations based on concrete incorporating waste.

Abstract

The aim of this paper is to present the results of the application of IRAM thermal conditioning of Buildings and Energy Efficiency Label Heating in analyzing concrete block and boards walls with recycled material suitable for use in social entrepreneurship and generation of green jobs. The

^{1 a 4} Centro Experimental de la Producción, CEP FADU UBA Int. Guiraldes 2160 Pab III, Ciudad Universitaria, CP 1428 CABA Argentina. Tel/fax: +54-1-49910465. e-mail: meyarch@gmail.com

analysis is performed with software for calculating thermal transmittance, whose values determine the level of energy efficiency labeling. 5 sectors of the country, geographically distant, in order to get results that contemplate temperature extremes were proposed. The intention is to obtain the best constructive alternative to reach the level of Energy Efficiency In addition an average between the acceptable level (B) and the optimal level (A) arises, determining an intermediate status of insulation thickness, this being the variable to change, responding to potential economic investment requirements in construction.

Keywords: environmentally conscious architecture, energy efficiency, buildings thermal conditioning.

Introducción

El hormigón es el material de construcción más empleado en el mundo gracias a sus excelentes propiedades: durabilidad, resistencia y adaptación a los moldes. Su uso produce grandes costos medio ambientales como cantidad de energía consumida para extracción, acarreo, fabricación y traslado de sus componentes. El poliestireno expandido (EPS) es uno de los residuos de construcción y demolición más perjudiciales para el medio ambiente, ya que no es un material que biodegradable. Actualmente solo una empresa que recicla exclusivamente EPS, SIRPLAST, con un promedio de 25 toneladas mensuales de EPS, lo cual es equivalente a 50 camiones de 18 mts cada uno, material que antes se descartaba en los Rellenos Sanitarios y hoy es reconvertido en materia prima y devuelto al mercado del plástico como Poliestireno. Datos del año 2013 revelaron que aproximadamente 650.000 embalajes circulaban por mes lo que representaría aproximadamente a 19.000 m³. Aprovechando que este material contiene grandes cantidades de aire que ocupan mucho espacio a pesar de su pequeño peso, contribuye a ganar mayor liviandad en el bloque de hormigón (**Figura 1**).

También otros residuos urbanos tales como papeles de bolsas de cemento, cales, adhesivos, aditivos, cajas de cartón de revestimientos y cajas de griferías y equipamiento son arrojados diariamente a los volquetes, teniendo como destino final los rellenos sanitarios donde generan gases de efecto invernadero. Además existen otros Residuos Sólidos Urbanos (RSU) como vasos y cartulinas de polipapel y etiquetas de papel descartadas por embotelladoras que no se reciclan en la CABA. Todos estos residuos de papel y cartón son aprovechables para su uso en hormigones. De acuerdo a la Asociación de Fabricantes de Cemento Portland (AFCP) en 2013 se despacharon en la CABA 199.044 toneladas embolsadas (3.980.880 bolsas de 50 kg). Cada bolsa pesa 200 gramos, sumando 796.176 kg al año. Según encuesta propia a un Hipermercado de Construcción local, el cemento solo representa el 16,55% del total de ventas de productos embolsados.

Por otro lado, el cascote, llamando así a todos los residuos inertes de superficies ásperas y rugosas, de forma irregular, provenientes de los deshechos de construcción, remodelación y/o demolición, también causa un importante impacto ambiental a tener en cuenta dentro de los que se consideran Residuos de Construcción y Demolición. En nuestra área se estima que aproximadamente 14 empresas cascoterías mueven un volumen de 22.900 m³ equivalente a entre 32.000 y 39.000 toneladas por mes, que provienen todos en un solo predio en CABA con el alto gasto

Figura 1. Preparación de Hormigón con EPS



Fuente: Imagen tomada por el autor

ambiental de traslados que ello implica, mientras que hay aún un volumen no mensurado que tiene destinos no formales.

Objetivos

- Verificar el aporte a la Resistencia térmica de componentes constructivos de bloques que incorporan en su composición el uso de EPS, proveniente de deshechos de embalajes de electrodomésticos, de obra e industria farmacéutica por ejemplo, y el uso de cascote proveniente de residuos y de placas que incorporan diferentes papeles y otras fibras y que tiene por objetivos:
- Aumentar la propiedad de aislación térmica de productos de construcción; Contribuir a una producción ecológica y económica por el reciclaje de materiales que responda satisfactoriamente al contexto social donde se busca su inserción; Obtener bloques y placas más livianas que los elementos convencionales del mercado con sus mismas dimensiones.

Hipótesis

Es posible desarrollar componentes constructivos que aporten significativamente a la resistencia térmica de componentes constructivos a partir de la utilización de Residuos de Construcción y Demolición y Residuos Sólidos Urbanos. RSU

Metodología

Descripción de productos

En el proyecto de inserción de este análisis se desarrollaron distintas fórmulas utilizando EPS molido y cascotes fraccionados mezclados con ligantes como cementos, cales o yesos para aplicar a Materiales Constructivos durables, económicos, de bajo peso y con buena aislación térmica, reduciendo el impacto ambiental que produce la fabricación tradicional de bloques, ladrillos y revestimientos. (Figura 2)

Composición del Bloque:

- Tricapa exterior MC 1:3 con cerecita 10% del agua 1 cm

- Alma Hormigón EPS TRP N° 1 densidad aprox. 1000 kg/m³ 1:1:1:3,75 dosificación cemento, arena y cascotes con medición en kilos y EPS con medición en litros consumo por m³ de cada uno 300 kilos y EPS litros 1125 por m³., - Interior MC 1:3 con cerecita 0,5 cm. (Figura 3)

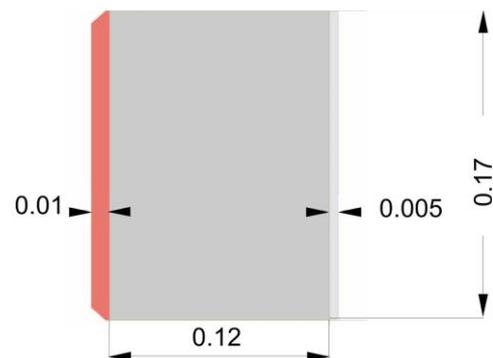
Placa de papel cemento interior: Para su fabricación se utiliza papel reciclado y fibras naturales mezcladas con una

Figura 2. Bloque de Hormigón con EPS con terminación



Fuente: Imagen tomada por el autor

Figura 3. Esquema de perfil del bloque con acotaciones



Fuente: Esquema realizado por el autor

Figura 4. Placas de papel cemento



Fuente: blog papel cemento. CEP

pequeña proporción de ligantes como cemento, cal o arcilla. Resultando un material constructivo durable, económico, de bajo peso y con buena aislación térmica, reduciendo significativamente el impacto ambiental que produce la fabricación tradicional de bloques, ladrillos y revestimientos (**Figura 4**)

Se espera que estas mezclas puedan ser utilizadas para autoconstrucción y planes de vivienda social contribuyendo a la disminución del CO2 producido por la Construcción, generando empleo y conciencia ante el reciclado de materiales.

Aplicación de Software y Normas IRAM

La aplicación del software de Isover, facilitará el análisis del comportamiento de un muro exterior con este bloque considerando distintos sectores del país. La composición del Muro analizado consiste en: un revestimiento interior de placa de papel cemento (papel reciclado y fibras naturales mezcladas con una pequeña proporción de ligantes), una barrera de vapor, una aislación térmica de lana vidrio, una capa de mortero, y los bloques con una terminación exterior de una capa mortero de color incorporado en el proceso de fabricación del bloque. De esta manera se podrá analizar que este cerramiento, para responder satisfactoriamente y proporcionar el confort adecuado en el interior, considerando una vivienda unifamiliar, requerirá de la incorporación de un material aislante como la Lana de vidrio.

Se implementa la Norma IRAM 11603:1996 “*Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina*”. La cual establece la zonificación de la República Argentina de acuerdo con un criterio bioambiental, indicando las características climáticas de cada zona. La Norma IRAM 11549 “*Aislamiento Térmico en Edificios. Vocabulario*” de la cual se seleccionaron de la Norma los conceptos relevantes que se aplican al análisis del muro desarrollado en este informe. (**Tabla 1.** Definiciones relativas a características térmicas de materiales y elementos constructivos. Instituto Argentino de Normalización y Certificación, Norma IRAM 11549:2002).

La Norma IRAM 11601 “*Aislamiento Térmico en Edificios. Método de Cálculo*” que establece los valores y los métodos fundamentales para el cálculo de las propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario.

Resistencia Térmica:

1. *Capas Homogéneas*: La resistencia térmica de una capa homogénea de material sólido, R, en metro cuadrado kelvin por watt, se calcula mediante la fórmula siguiente: $R = e/\lambda$
2. *Resistencia Térmica de un Componente y Componentes formados por diversas capas Homogéneas*: La resistencia térmica de un componente plano formado por diversas capas homogéneas perpendiculares al flujo de calor se calcula mediante las fórmulas siguientes:
 - a) *entre ambas caras, Rt* : $R_t = R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{c1} + R_{cn}$
 - b) *de aire a aire, RT* : $R_T = R_{si} + R_t + R_{se}$; Los valores R_{si} y R_{se} se obtienen de **Tabla 2.** Instituto Argentino de Normalización y Certificación, Norma IRAM 11601:2002.

3. *Cámaras de Aire*: Los valores de resistencia térmica de cámaras de aire (RC) están indicados en la **Tabla 3**. Resistencias Térmicas de cámaras de aire no ventiladas, en las cuales las medidas superficiales son mucho mayores que el espesor (1)

Transmitancia Térmica:

La Transmitancia térmica de un elemento constructivo, de aire a aire, es la inversa de la resistencia térmica total, es decir: $K = 1 / RT$

Conductividad Térmica (Λ):

Los valores dados en la **Tabla 4**. Conductividades Térmicas. Instituto Argentino de Normalización y Certificación, Norma IRAM 11601:2002, para una determinada densidad, deben considerarse genéricos, dado que existen variaciones de conductividad térmica de acuerdo con la composición del material y también según sea la tecnología de producción utilizada.

Planilla de Cálculo:

A los efectos de ordenar y facilitar los cálculos necesarios para la obtención del valor de la Transmitancia térmica de un componente, se incluye en la **Tabla 5** (IRAM 11601) una planilla de cálculo, acompañada con las correspondientes referencias para su correcta utilización. La empresa Isover desarrollo el software en base a la planilla de cálculo propuesta por las Normas IRAM. (**Figura 6**)

Figura 6. Software Isover



Fuente: Imagen tomada de software Isover

Niveles de Confort Higrotérmico:

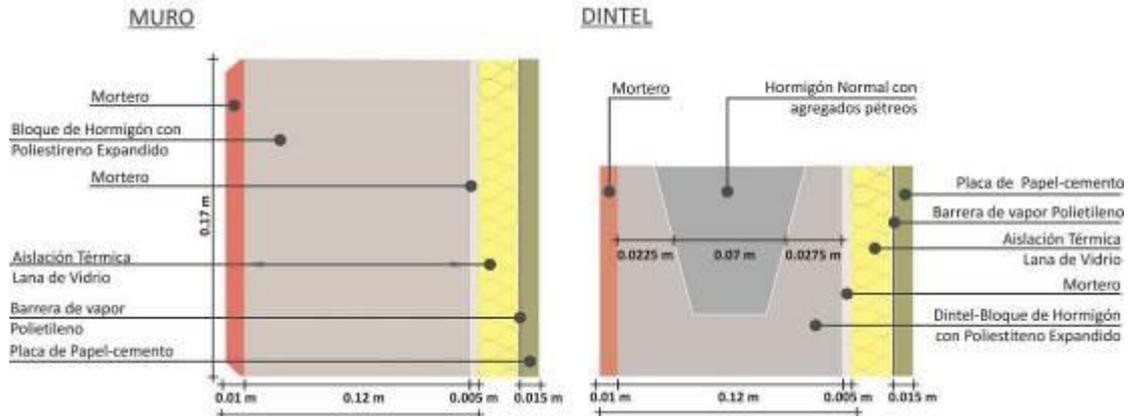
La Norma IRAM 11605 *“Aislamiento Térmico en Edificios. Condiciones de Habitabilidad en Edificios”* establece tres niveles diferentes, los cuales corresponden en grado decreciente a condiciones de confort higrotérmico. Para invierno **Tabla 6**. Valores de KMAX ADM para condiciones de Invierno y para verano **Tabla 7** Valores máximos de Transmitancia térmica para condiciones de Verano para muros. Instituto Argentino de Normalización y Certificación, Norma IRAM 11605:1996.:

- a) NIVEL A: RECOMENDADO
- b) NIVEL B: MEDIO
- c) NIVEL C: MÍNIMO

Esquema Constructivo:

En el siguiente esquema se representa el detalle constructivo a nivel de corte del muro y corte del dintel (**Figura 7**).

Figura 7. Esquemas de corte.



Fuente: Esquemas realizados por el autor.

Resultados

A continuación se exponen las tablas con resultados de software Isover con mapa de ubicación del sector analizado y tablas resúmenes con relaciones propuestas (**Figuras 8a, b, c, d, e**).

Figura 8a. Tablas Isover CABA-Aeroparque.



BS. AS. EZEIZA	Diseño según norma IRAM	Relación % DIFER. / TIPO	K	K	Relación % K real / K adm.	Relación % DIFER. / TIPO	K	K	Relación % K real / K adm.	MURO
			real Verano w /m2 k	adm. Verano w /m2 k			real invierno w /m2 k	adm. Invierno w /m2 k		
NIVEL A	T	1.09	0.41 w /m2 k	0.50 w /m2 k	0.8	1.07	0.26 w /m2 k	0.32 w /m2 k	0.8	
	D		0.45 w /m2 k				0.28 w /m2 k	0.87		
NIVEL A/B	T	1.13	0.46 w /m2 k	0.67 w /m2 k	0.5	1.09	0.33 w /m2 k	0.59 w /m2 k	0.55	
	D		0.52 w /m2 k				0.36 w /m2 k	0.6		
NIVEL B	T	0.88	0.52 w /m2 k	1.24 w /m2 k	0.4	1.09	0.41 w /m2 k	0.86 w /m2 k	0.47	
	D		0.59 w /m2 k				0.45 w /m2 k	0.5		

Figura 8b. Tablas Isover BS.AS.-Ezeiza

Figura 8c. Tablas Isover Misiones-Iguazú.

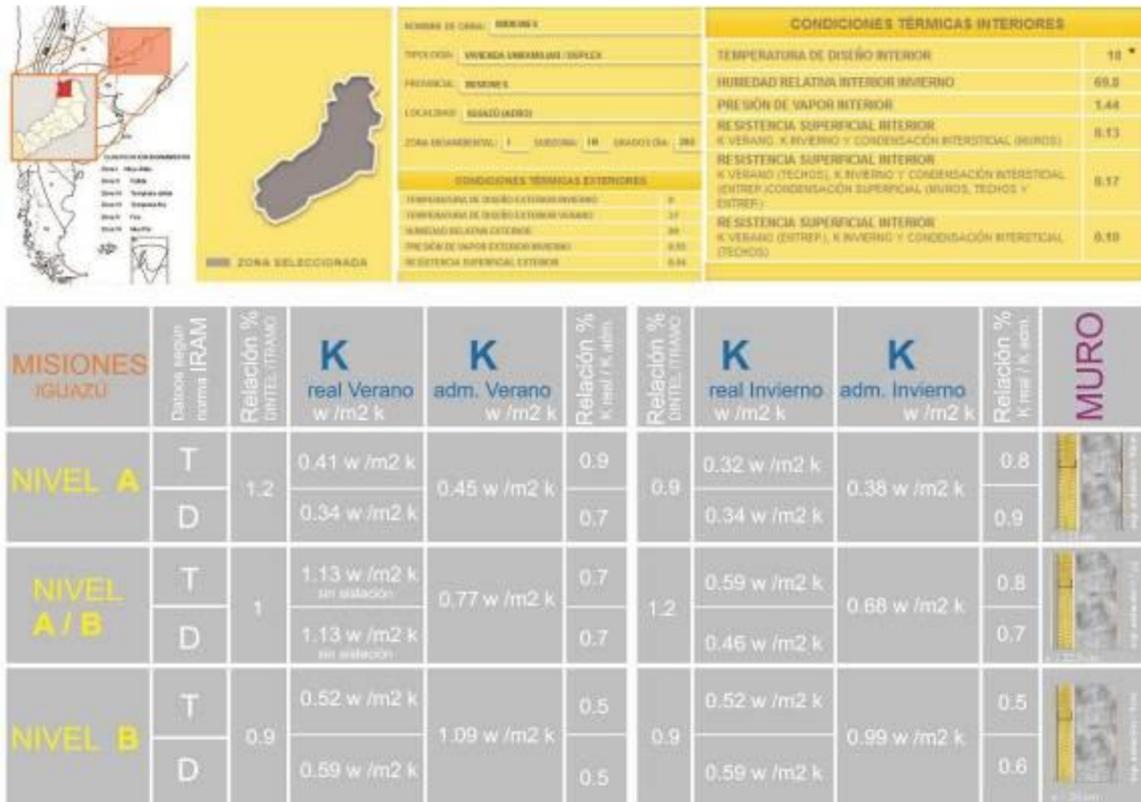
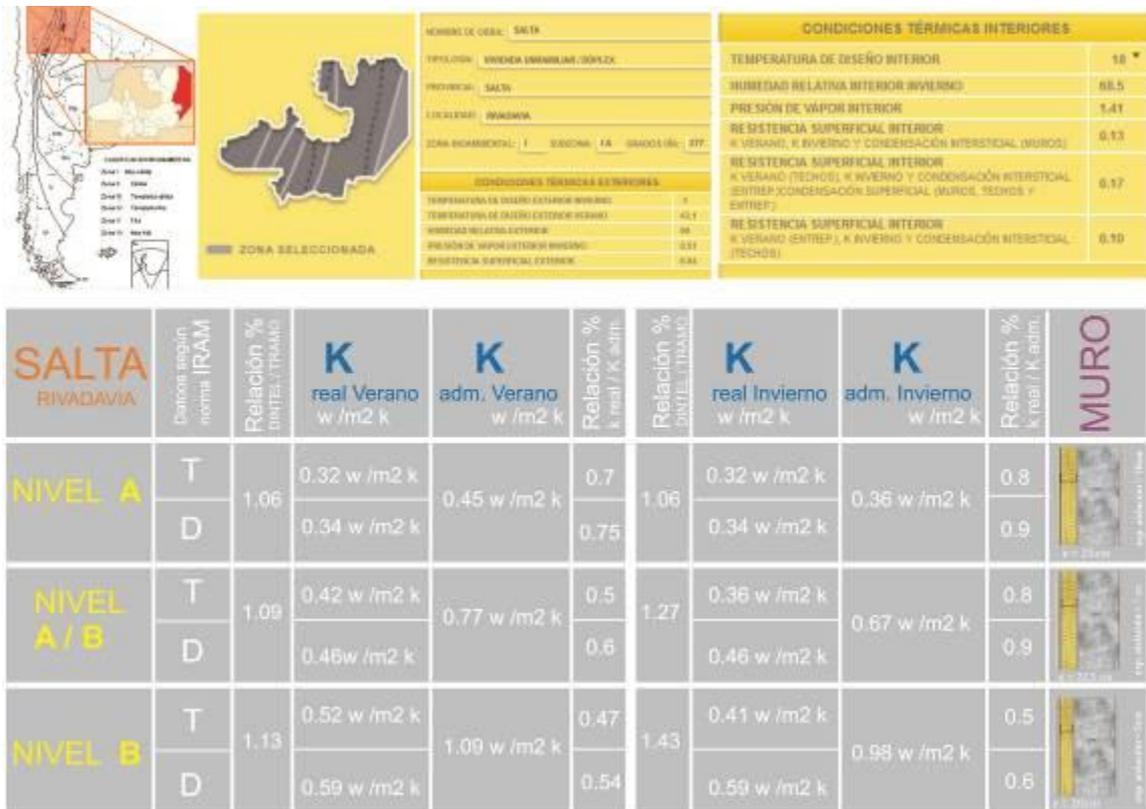
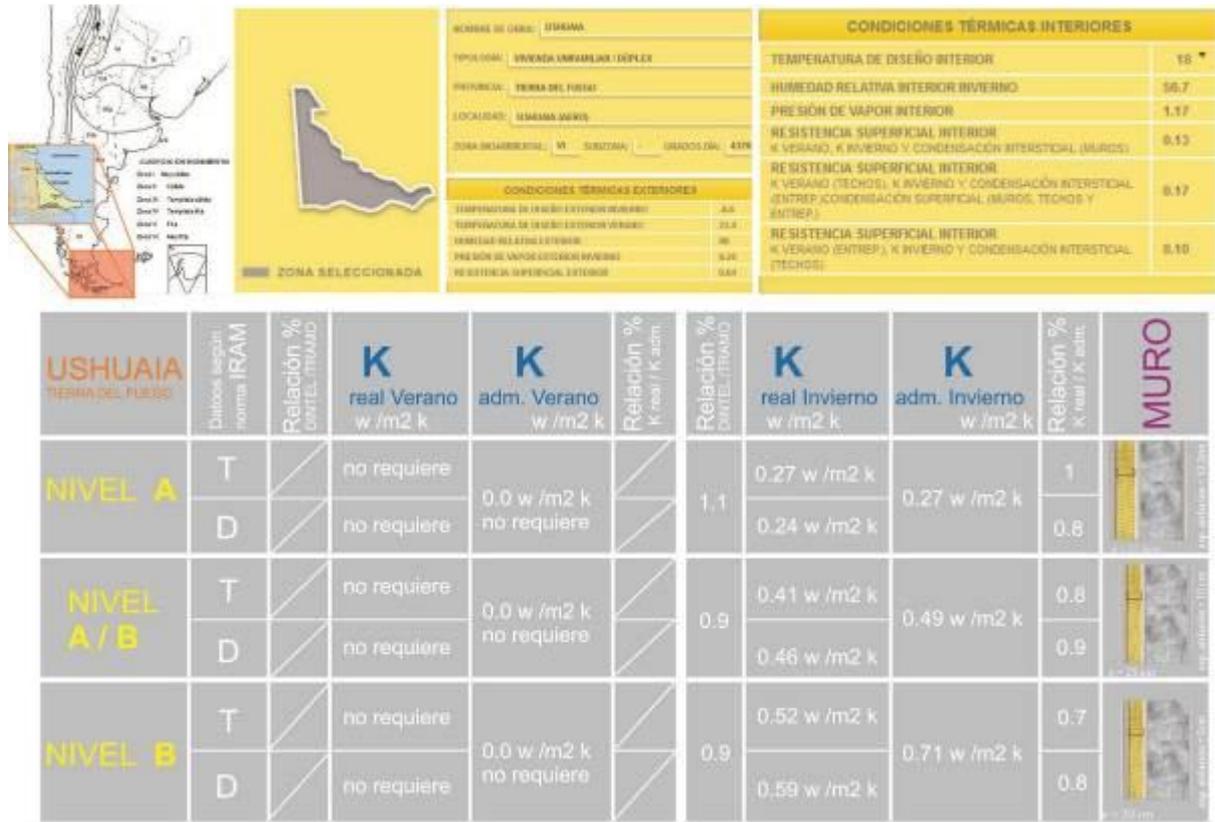


Figura 8d. Tablas Isover Salta-Rivadavia.



Fuente: Tabla realizados por el autor.

Figura 8e. Tablas Isover Tierra del Fuego-Ushuaia.



Fuente: Tabla realizados por el autor.

Conclusiones

Tabla 9. Tabla síntesis.

	ubicación	análisis para nivel A		análisis para nivel A-B		análisis para nivel B	
		espesor de aislacion cm	espesor de final muro cm	espesor de aislacion cm	espesor de final muro cm	espesor de aislacion cm	espesor de final muro cm
1	CABA	10	25	7	22,5	5	20
2	BS AS	12,5	27,5	7	21,5	5	20
3	MISIONES	10	25	7	22,5	5	20
4	SALTA	10	25	7	22,5	5	20
5	USHUAIA	12,5	27,5	10	25	5	20

VERANO	ubicación	nivel A		nivel A-B		nivel B	
		k requerido	k alcanzado	k requerido	k alcanzado	k requerido	k alcanzado
1	CABA	0,5	0,4	0,87	0,57	1,24	0,52
2	BS AS	0,5	0,4	0,87	0,46	1,24	0,52
3	MISIONES	0,45	0,41	0,77	0,52	1,09	0,52
4	SALTA	0,45	0,32	0,77	0,42	1,09	0,52
5	USHUAIA	no requiere					

INVIERNO	ubicación	nivel A		nivel A-B		nivel B	
		k requerido	k alcanzado	k requerido	k alcanzado	k requerido	k alcanzado
1	CABA	0,38	0,32	0,68	0,52	0,99	0,52
2	BS AS	0,32	0,26	0,59	0,33	0,86	0,41
3	MISIONES	0,38	0,32	0,68	0,59	0,99	0,52
4	SALTA	0,36	0,32	0,67	0,36	0,98	0,41
5	USHUAIA	0,27	0,27	0,49	0,41	0,71	0,52

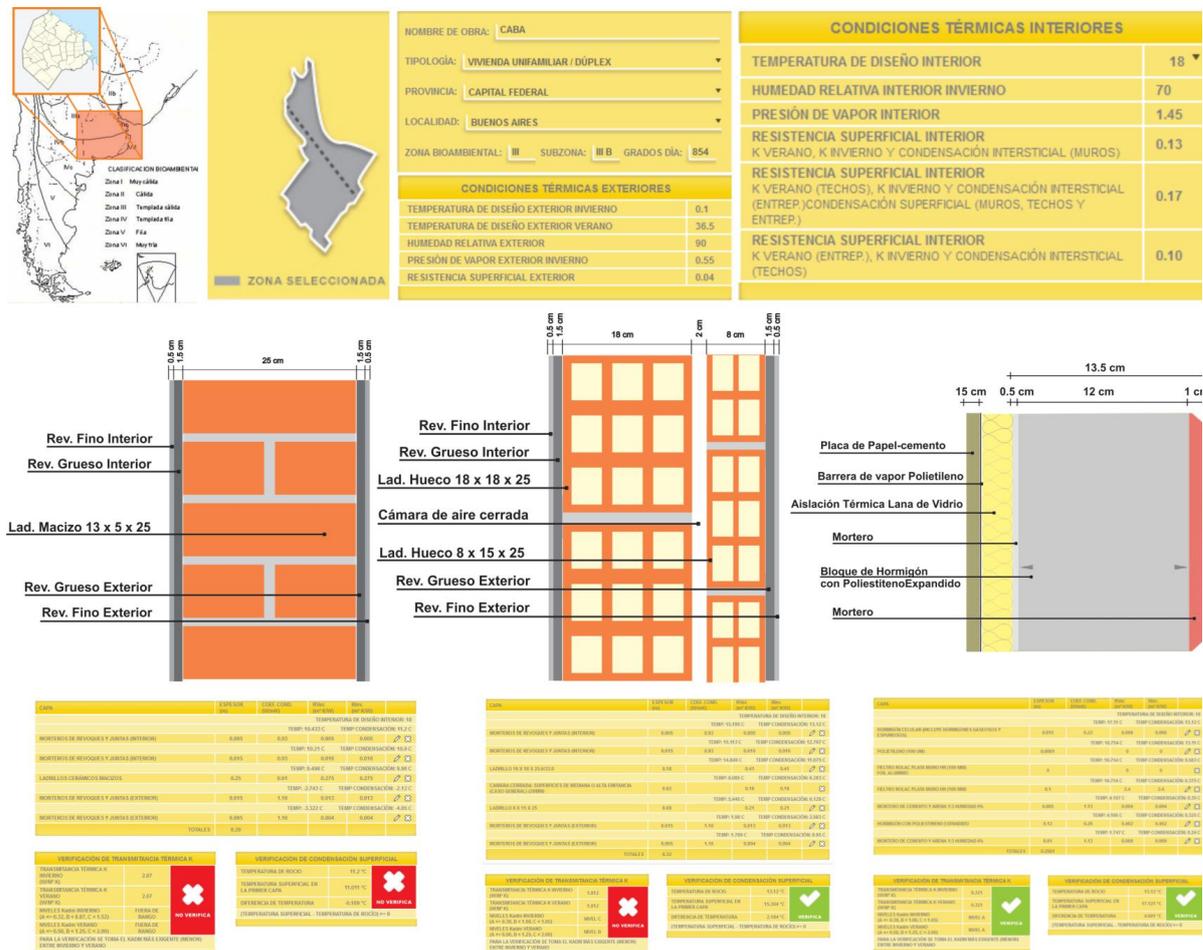
Fuente: Tabla realizadas por el autor.

Por lo tanto, a partir del análisis realizado (**Tabla 9**) a mayor espesor de la aislación mejor es el comportamiento del cerramiento alcanzando el Nivel A de Confort Higrotérmico. Pero, a su vez, siendo aceptable el Nivel B, más factible de alcanzar con espesores menores de aislación, y de esta manera no incrementando demasiado los costos de construcción. Para esto, además, se establece una alternativa promedio entre el Nivel A y Nivel B, alcanzado en cada caso; de esta manera se busca tener una opción próxima al mayor nivel de confort contemplando costos de construcción.

Con el software de cálculo se demuestran las características térmicas del bloque verificando el valor de los niveles de Transmitancia K tanto en invierno como en verano y verificando la condensación intersticial del muro en los sectores de análisis. Variando el espesor de lana de vidrio se puede comprobar que el muro puede alcanzar sin ningún otro complemento los niveles K admisibles, tomando para la verificación el K admisible más exigente, es decir, el menor, entre invierno y verano.

Incluso siendo más eficiente en comparación con muros de construcción tradicional en nuestro medio. Tomamos dos sectores como ejemplos de comparación: CABA-Aeroparque y Salta-Rivadavia. (**Figuras 9 y 10**). Por otro lado, al realizar el análisis del comportamiento térmico en muros de construcción tradicional respetando la misma cantidad de capas que el muro propuesto de hormigón reciclado podemos observar que si bien se alcanzan niveles de confort favorables el muro propuesto continúa siendo la mejor opción al obtener mejores resultados en el análisis térmico. (**Figuras 9a y 10a**).

Figura 9. Comparativa construcción tradicional y muro propuesto. CABA.



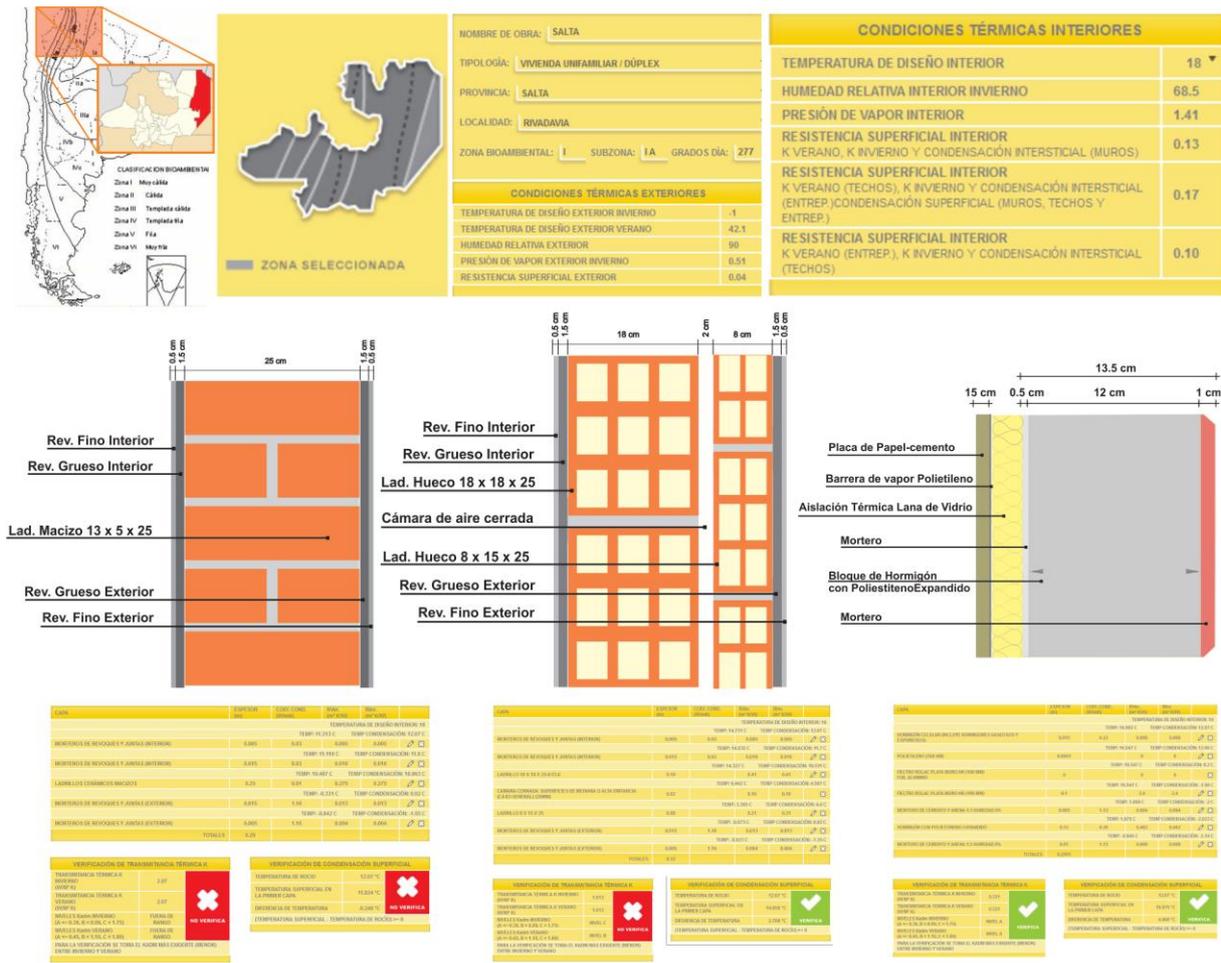
Fuente: Tablas de software Isover y esquemas del autor

Figura 9a. Comparativa construcción tradicional y muro propuesto. CABA.



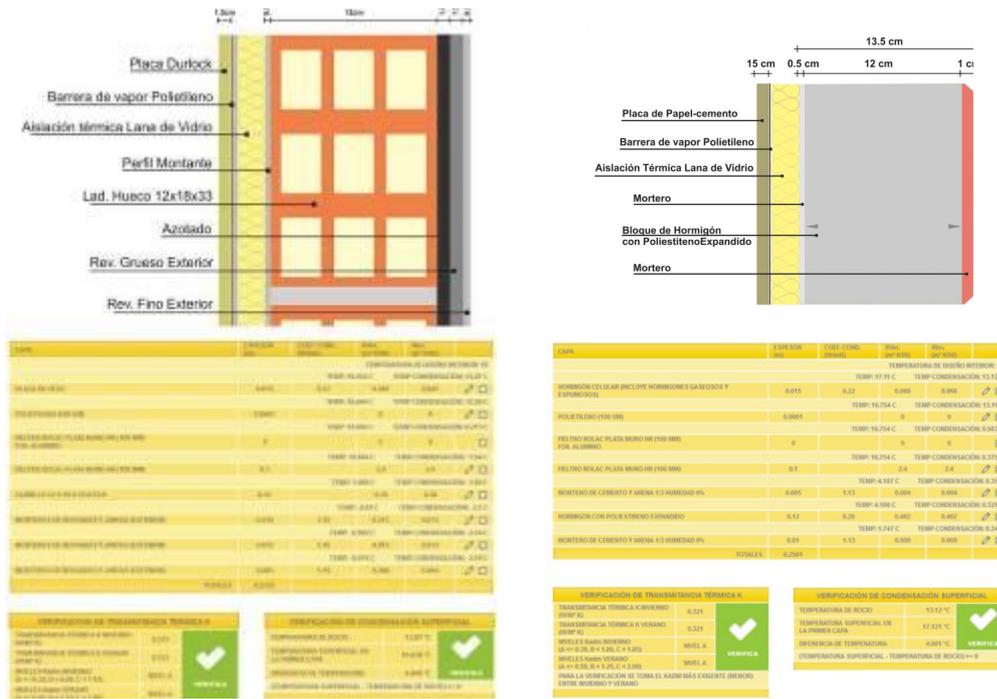
Fuente: Tablas de software Isover y esquemas del autor

Figura 10. Comparativa construcción tradicional y muro propuesto. Salta.



Fuente: Tablas de software Isover y esquemas del autor

Figura 10a. Comparativa construcción tradicional y muro propuesto. CABA.



Fuente: Tablas de software Iover y esquemas del autor

Por lo tanto, el desarrollo de productos que garanticen los requisitos térmicos de aislación en un edificio, en este caso una vivienda unifamiliar, tiene como objetivo buscar reducir el consumo de energía, que implica el acondicionamiento artificial cuando no se tiene en cuenta los condicionantes climáticos donde se emplaza la construcción. De esta manera, se contribuye a un mayor cuidado del medio ambiente y se protege la economía de los usuarios. En nuestro caso se propone además darle una segunda vida a los residuos bajo el protocolo de la cuna a la cuna. Se expone a continuación un cuadro comparativo de costos Fig. 11 para los modelos de ciudad de Buenos Aires tradicional y propuesto. Se ve allí que se reduce a un 88% el costo de la solución propuesta. Se logra fundamentalmente por el uso de residuos como insumos y la reducción de tareas de obra.

Figura 11. Comparativa costos construcción tradicional y muro propuesto. CABA. Fuente el autor

	Construccion tradicional	Material	Mobra	Total		Construccion propuesta	Material	Mobra	Total
1	Placa interior durlock y soporte	\$ 76,7	\$ 110,0	\$ 186,7	1	Placa papel cemento y soporte	\$ 76,7	\$ 82,5	\$ 159,2
2	Barrera de vapor poliet 100 u	\$ 1,4	\$ 0,0	\$ 1,4	2	Barrera de vapor poliet 100 u	\$ 1,4	\$ 0,0	\$ 1,4
3	Lana de vidrio 100 mm	\$ 90,8	\$ 0,0	\$ 90,8	3	Lana de vidrio 100 mm	\$ 90,8	\$ 0,0	\$ 90,8
4	Hueco 12/18/33	\$ 137,9	\$ 160,7	\$ 298,6	4	Bloque Hormigon EPS	\$ 296,0	\$ 200,9	\$ 496,9
5	Azotado	\$ 9,1	\$ 47,7	\$ 56,8					
6	Revoque grueso exterior	\$ 17,7	\$ 91,6	\$ 109,2					
7	Revoque fino exterior	\$ 3,3	\$ 103,3	\$ 106,6					
	Total \$/m2 + iva	\$ 337,0	\$ 513,2	\$ 850,2		Total \$/m2 + iva	\$ 464,9	\$ 283,4	\$ 748,3

Se tomaron los valores de construcción tradicional de la Revista Vivienda, mes enero de 2016, materiales generales de sitios web y precios de productos elaborados en el centro con datos propios. Se observa que el costo de materiales en el ítem bloques de hormigón es elevado ya que incluye la mano de obra de su fabricación con baja tecnología, de momento se están perfeccionando máquinas para mejorar el rendimiento y llevar el sistema a media tecnología para reducir costos finales.

En cuando a la mejora en el valor de K no es notable dado que al trabajar con categoría A, el mayor aporte a la resistencia final lo lleva adelante el material propiamente aislante común a ambas propuestas.

Por otro lado se debe tener en cuenta que los bloques de hormigón requieren por Normas Iram, aun para muros de cerramiento de una resistencia a compresión de 2.5 Mpa, con un alto coeficiente de seguridad por dichas normas, valor alcanzado con las mezclas de hormigones propuestas para el alma de los bloques de 950 a 1000 kg/m³ y que este punto repercute en la imposibilidad de llegar a una mejor resistencia térmica.

Bibliografía

CEP ATAE FADU. Centro de Experimentación la Producción, Arquitectura y Tecnología Apropriadas a la Emergencia. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. Buenos Aires. <http://cep-fadu.blogspot.com.ar/>

CEP ATAE FADU. Centro de Experimentación la Producción, Arquitectura y Tecnología Apropriadas a la Emergencia. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. Buenos Aires. El camino del cascote en la ciudad de Buenos Aires. http://cep-fadu-uba.blogspot.com.ar/2015_01_23_archive.html

CEP ATAE FADU. Centro de Experimentación la Producción, Arquitectura y Tecnología Apropriadas a la Emergencia. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo. Buenos Aires. El camino del cascote en la ciudad de Buenos Aires. <http://papelcemento.blogspot.com.ar/>

Guillermo Enrique Gonzalo; Viviana María Nota. *Pautas y Estrategias para una Arquitectura Bioclimática*.

Norma IRAM 11603:1996 Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina. Instituto Argentino de Normalización y Certificación IRAM. Buenos Aires.

Norma IRAM 11549 Aislamiento Térmico en Edificios. Vocabulario. Instituto Argentino de Normalización y Certificación IRAM. Buenos Aires.

Norma IRAM 11601 Aislamiento Térmico en Edificios. Método de Cálculo. Instituto Argentino de Normalización y Certificación IRAM. Buenos Aires.

La Norma IRAM 11605 Aislamiento Térmico en Edificios. Condiciones de Habitabilidad en Edificios. Instituto Argentino de Normalización y Certificación IRAM. Buenos Aires.

SIRPLAST, Recicladora exclusiva de Poliestireno Expandido. <http://www.labioguia.com/notas/sirplast-recicladora-exclusiva-de-poliestireno-expandido>