

## **USO RACIONAL DE LA ENERGÍA COSTO DE AISLACIÓN TÉRMICA VERSUS AHORRO EN CALEFACCIÓN**

D.H.Pizzorno

Unidad Técnica Habitabilidad Higrotérmica – INTI Construcciones – Instituto Nacional de Tecnología Industrial  
Av. General Paz 5445 CP B 1650WAB Provincia de Buenos Aires  
Tel. 011 4724-6200 int. 6482 – Fax 4753-5764 e-mail : pizzorno@inti.gov.ar

**RESUMEN:** El trabajo ha consistido en determinar el tiempo que insume la equiparación del costo inicial de construcción por aislar térmicamente la vivienda, con el ahorro en calefacción asociado, hecho esto para tres niveles de mejoramiento de la aislación. Se ha aplicado el estudio a una vivienda individual, unifamiliar, en planta baja, ubicada en Buenos Aires, ejecutada con mampostería de ladrillo cerámico hueco de 12cm de espesor, revocada de ambas caras y con techo de cubierta metálica. Con el dato de la carga térmica anual de calefacción, se obtienen los costos del gas natural, y se calculan por otro lado los importes para aislar térmicamente. El resultado indica que el costo de aislar la cubierta se recupera a los ocho años; si agregamos los muros, a los siete años y medio, y que utilizando además DVH en las aberturas exteriores, es posible recuperar la inversión mediante el ahorro en calefacción a los diecinueve años y medio.

**Palabras clave:** aislar térmicamente, recuperación de inversión .

### **INTRODUCCIÓN:**

A partir de la información contenida en el trabajo USO RACIONAL DE LA ENERGÍA – Ahorros mediante Aislamiento Térmico en la Construcción – de INTI Construcciones, en julio de 2007, surge la posibilidad de obtener con alguna precisión, valores de costos comparados, relacionados con las medidas que pueden adoptarse desde el punto de vista constructivo en cuanto a aislación, y sus efectos en los gastos de calefacción.

En el trabajo arriba mencionado, se concluía que en todo el país: “El ahorro real de consumo de energía, destinado a calefacción para uso residencial, sería de 42,99% respecto a la actual demanda registrada”, y que, considerando exclusivamente el gas natural consumido en las viviendas conectadas a la red, este nivel de ahorro energético representa una disminución en la demanda diaria, durante el período invernal, equivalente a: “15,4 millones de m<sup>3</sup>/día como valor promedio y 20,7 millones de m<sup>3</sup>/día durante las olas de frío”.

El presente trabajo se encolumna con los objetivos de los antecedentes que se citan en las Referencias, y enfatiza la necesidad de participación y compromiso por parte de los proyectistas y usuarios de la vivienda, a los fines de ahorrar en calefacción, mediante adecuada aislación térmica. Asimismo, ejemplifica con un diseño específico y soluciones aislantes térmicas comercialmente verificables.

Se empieza con el diseño y el conocimiento de materiales y técnicas constructivas por parte de los profesionales proyectistas. El método sectoriza la vivienda en cubierta, muros perimetrales y superficies vidriadas de aventanamiento. El proyectista opera con materiales diversos presentes en el mercado de la construcción, con conocimiento de sus presentaciones comerciales, como el espesor por ejemplo, y debe conocer sus ventajas y desventajas. La precisión de cálculos y presupuestos de cada solución, permite la comparación con los ahorros en calefacción.

Los ahorros anuales en calefacción son crecientes en la medida que se mejora el coeficiente de pérdidas global, en cada zona bioclimática que se trate; y esto se obtiene mediante incrementos de aislación y performance. La cuantificación de ahorro en metros cúbicos de gas natural surge por diferencia de las cargas térmicas en cada tipo de solución propuesta.

El costo de provisión y colocación de todos los materiales y sistemas aislantes térmicos debe compensarse con los ahorros en calefacción derivados, dentro de la vida útil de la vivienda.

El presente informe enfoca exclusivamente la situación de la vivienda unifamiliar, con la idea de que ésta representa la escala adecuada para que el usuario, y los profesionales de la construcción, encuentren fundamentos convincentes para mejorar la toma de decisiones racionales, contribuyendo así al cambio de pautas culturales y sociales contraproducentes desde el punto de vista económico, para la calidad de vida, y que descuidan la preservación del medioambiente.

### **DESARROLLO DEL TRABAJO:**

Se confeccionó la *Tabla 1, “Ahorros anuales en calefacción según medidas de aislación, sistema constructivo y tipología de la vivienda”*.

Esta *Tabla 1*, considera uno de los modelos de “hogares casa”, -*Figura 1-*, el del sistema constructivo con muros de ladrillo hueco de 12 cm de espesor y techo de cubierta metálica, con su correspondiente superficie a calefaccionar, situado en Buenos Aires, -a los efectos de la definición de los GD20 ( grados-día de 20°C ) y las pérdidas volumétricas totales ( W/m²K )- a considerar en los cálculos-. Las cargas térmicas anuales unitarias ( kWh/año ) permiten obtener, conociendo los valores tarifarios a aplicar, los costos de calefacción, mediante el uso del gas natural.

En la conversión de las cargas térmicas a m³ de gas natural de 9.300 kcal/m³ equivalentes, se ha considerado que el rendimiento térmico de los artefactos a gas de tiro balanceado es de alrededor del 70% . Por ese motivo, la fórmula empleada para la conversión es, desarrollando el caso 1A:

$$2.553 \text{ m}^3 = ( 859,845 \text{ kcal/kWh} * 19.311 \text{ kWh/año} ) / ( 9.300 \text{ kcal/m}^3 * 0.70 ) \quad ( 1 )$$

El costo anual en calefacción es en pesos, y se obtiene en el caso 1A, aplicando el valor tarifario sin IVA a los m3 de gas natural obtenidos mediante la fórmula ( 1 ):

$$584,70 \$ = 2.553 \text{ m}^3 * 0,229 \$/\text{m}^3 \quad ( 2 )$$

Se han obtenido en la última columna de la *Tabla 1*, los ahorros anuales de gas natural relacionados con el nivel creciente de medidas aislantes. Como a mayor aislación, menor carga térmica anual unitaria, existen ahorros anuales de calefacción consecuentes, aislando –o mejorando la aislación-, primero solamente del techo, del techo y los muros perimetrales luego, y finalmente agregando a la condición anterior el empleo de DVH en las ventanas, que son los casos 1B, 1C y 1D de la *Tabla 1*.

SISTEMA	CARACTERÍSTICAS	volumen m³	pérdidas volumétricas totales W/m²K	GD20 (grados-día de 20°C)	carga térmica anual unitaria kWh/año	equivalente en m³ de gas de 9300kcal/m³	costo anual de calefacción en \$	ahorro anual relativo al sistema 1A en \$
						(-) (-)		
<b>En hogares casa</b>								
1A - muro ladrillo hueco del 12	sin aislaciones	168,67	3,19	1497	19.331,32	2.553	584,70	0,00
1B - muro ladrillo hueco del 12	con aislación en techo	168,67	2,50	1497	15.149,94	2.001	458,23	126,47
1C - muro ladrillo hueco del 12	con aislación en paredes y techo	168,67	1,84	1497	11.150,36	1.473	337,26	247,45
1D - muro ladrillo hueco del 12	c/aisl.en par.y techo y DVH	168,67	1,56	1497	9.453,56	1.249	285,94	298,77
(-) 1kWh = 859,845 kcal								
(-) para la conversión se ha considerado una eficiencia de artefactos a gas con tiro balanceado del 70%								

*Tabla 1, “Ahorros anuales en calefacción según medidas de aislación, sistema constructivo y tipología de la vivienda”.*

La *Tabla 2*, “Costo por m3 de gas natural para calefacción a 9300 kcal/h”, responde al cuadro tarifario final de usuarios de Gas Natural Ban S.A.

según factura de vivienda individual de 80 m2 en conurbano bonaerense - período 04/08			
tipo de cliente: doméstico , tipo de servicio: Residencial R3			
1 GAS	\$/m3	m3	
cargo fijo			\$ 10,08
suministro	0,167	390,00	\$ 65,03
impuesto s/IB ( transporte )			\$ 0,63
impuesto ley 25413			\$ 0,82
impuesto s/IB ( distribución )			\$ 2,69
cláusula IV Acta Acuerdo Dto.PEN 385/06 cta 7 y 8/55			\$ 1,38
subtotal 1			\$ 80,63
2 CARGOS ADICIONALES			
intereses por mora en el pago periodos anteriores			\$ 0,00
subtotal 2			\$ 0,00
3 IMPUESTOS-TASAS-CONTRIBUCIONES			
iva 21% s/ 1+ 2			\$ 16,93
imp.prov.ley 9266 - 9% de 1			\$ 7,26
fdo.fiduciario subs.cons. 2% de 1			\$ 1,61
subtotal 3			\$ 25,80
4 SERVICIOS POR TERCEROS			\$ 0,00
5 OTROS CONCEPTOS			\$ 0,00
6 TOTAL A PAGAR			\$ 106,44
TOTAL A PAGAR SIN IVA			\$ 89,50
CONSUMO PERÍODO ( m3 )			390,00
<b>costo gas s/iva</b>		\$/m3	<b>0,229</b>

*Tabla 2. Costo por m3 de gas natural para calefacción a 9.300 Kcal/m3*

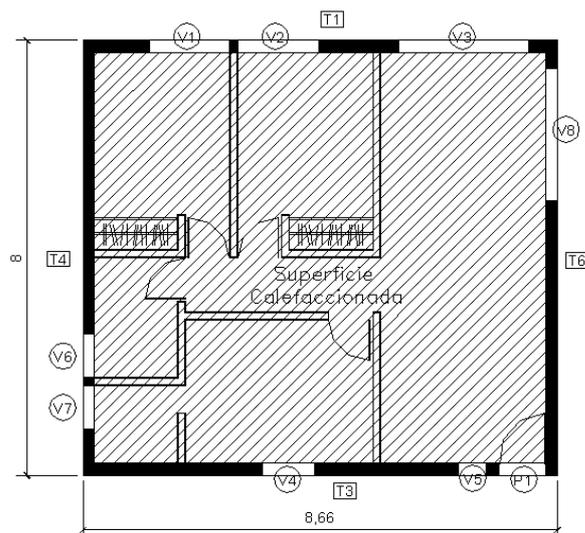


Figura 1: Planta vivienda individual considerada-“Hogares casa”

Se confeccionó según la Tabla 3, “ Mayores costos por aislaciones agregadas según sistema y características de la vivienda”, el balance de economías-demasías en muros, cubierta y ventanas ( DVH ), por agregado de capacidad aislante, lo que permite confeccionar la última columna de esta Tabla 3, en la que resultan los mayores costos en cada caso.

SISTEMA	SISTEMA			CARACTERÍSTICAS			datos de la vivienda (m2)			total mayor costo aislación ( \$ )
	en muros	en cubierta	en ventanas	muros	cubierta	ventanas				
En hogares casa										
1A	muro ladrillo hueco del 12			sin aislaciones			72,34	56,07	15,80	
1B	muro ladrillo hueco del 12			con aislación en techo			72,34	56,07	15,80	
1C	muro ladrillo hueco del 12			con aislación en paredes y techo			72,34	56,07	15,80	
1D	muro ladrillo hueco del 12			c/aisl.en par.y techo y DVH			72,34	56,07	15,80	
cálculo de mayores costos por aislación en pesos										
SISTEMA	en muros			en cubierta			en ventanas			total mayor costo aislación ( \$ )
	economía	demasía	diferencia	economía	demasía	diferencia	economía	demasía	diferencia	
1 A										
1 B				1.012,49	1.012,49					1.012,49
1 C	3.476,66	4.304,98	828,32	1.012,49	1.012,49					1.840,81
1 D	3.476,66	4.304,98	828,32	1.012,49	1.012,49	1.241,12	5.224,05	3.982,93		5.823,74

Tabla 3. Mayores costos por aislaciones agregadas según sistema y características de la vivienda

La Tabla 4 , “Análisis de precio para cálculo de mayores costos por aislación”, está confeccionada con valores de costo de materiales y mano de obra a julio de 2008, según la Revista Vivienda de agosto de 2008, incrementados en un 20% para tener en cuenta gastos generales y beneficio de subcontratación.

Los materiales que constituyen el mejoramiento de la aislación en cada caso, se corresponden con los necesarios para la verificación del mejoramiento del coeficiente de pérdidas volumétricas totales que aparecen en la Tabla 1 para cada característica de aislación.

<b>1</b>	<b>REVOQUE - (economía)</b>		
	en interiores, a la cal, terminado al fieltro, jaharro 20l de mezcla (1/4:1:3), enlucido 5l de mezcla (1/8:1:3)		
	mat.	\$/m2	4,08
	mano de obra	\$/m2	35,97
	subtotal material y mano de obra	\$/m2	40,05
	gastos generales y beneficio (20%)	\$/m2	8,01
	<b>TOTAL PRECIO UNITARIO</b>	<b>\$/m2</b>	<b>48,06</b>
<b>2</b>	<b> AISLACIÓN TÉRMICA EN CUBIERTA ( demasia )</b>		
	fieltro "FL" en rollo, 1,20x18m e= 75mm	\$/m2	13,68
	mano de obra colocación	\$/m2	1,37
	subtotal material y mano de obra	\$/m2	15,05
	gastos generales y beneficio (20%)	\$/m2	3,01
	<b>TOTAL PRECIO UNITARIO</b>	<b>\$/m2</b>	<b>18,06</b>
<b>3</b>	<b> AISLACIÓN TÉRMICA EN PAREDES ( demasia )</b>		
	placa standard 12,5mm esp. Sobre sobre perfil omega de chapa galvanizada n°24, cada 48cm, junta tomada con masilla y cinta		
	mat.	\$/m2	23,80
	mano de obra	\$/m2	14,00
	fieltro "Acustiver R" 0,40/0,80 x 18,20m e= 50mm	\$/m2	10,72
	mano de obra colocación	\$/m2	1,07
	subtotal material y mano de obra	\$/m2	49,59
	gastos generales y beneficio (20%)	\$/m2	9,92
	<b>TOTAL PRECIO UNITARIO</b>	<b>\$/m2</b>	<b>59,51</b>
<b>4</b>	<b> VIDRIO COMÚN LAMINADO ( economía )</b>		
	vidrio float 4mm		
	mat.	\$/m2	65,46
	subtotal material y mano de obra	\$/m2	65,46
	gastos generales y beneficio (20%)	\$/m2	13,09
	<b>TOTAL PRECIO UNITARIO</b>	<b>\$/m2</b>	<b>78,55</b>
<b>5</b>	<b> DVH ( demasia )</b>		
	doble vidriado hermético 3+4+3		
	mat.	\$/m2	275,53
	subtotal material y mano de obra	\$/m2	275,53
	gastos generales y beneficio (20%)	\$/m2	55,11
	<b>TOTAL PRECIO UNITARIO</b>	<b>\$/m2</b>	<b>330,64</b>
	( según Revista Vivienda de agosto 2008 )		

Tabla 4 , Análisis de precio para cálculo de mayores costos por aislación.

Finalmente, se volcaron los valores correspondientes al tipo de vivienda seleccionada a la Tabla 5, "Costos de aislación y ahorros en calefacción"

Años	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
costo de aislación- caso A	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012
costo de aislación- caso B	1.841	1.841	1.841	1.841	1.841	1.841	1.841	1.841	1.841	1.841	1.841	1.841
costo de aislación- caso C	5.824	5.824	5.824	5.824	5.824	5.824	5.824	5.824	5.824	5.824	5.824	5.824
ahorro en calefacción- caso A	126	252	378	504	630	756	882	1.008	1.134	1.260	1.386	1.512
ahorro en calefacción- caso B	247	494	741	988	1.235	1.482	1.729	1.976	2.223	2.470	2.717	2.964
ahorro en calefacción- caso C	299	598	897	1.196	1.495	1.794	2.093	2.392	2.691	2.990	3.289	3.588

Años	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
costo de aislación- caso A	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012
costo de aislación- caso B	1.841	1.841	1.841	1.841	1.841	1.841	1.841	1.841	1.841	1.841	1.841	1.841
costo de aislación- caso C	5.824	5.824	5.824	5.824	5.824	5.824	5.824	5.824	5.824	5.824	5.824	5.824
ahorro en calefacción- caso A	1.764	1.890	2.016	2.142	2.268	2.394	2.520	2.646	2.772	2.898	3.024	3.150
ahorro en calefacción- caso B	3.458	3.705	3.952	4.199	4.446	4.693	4.940	5.187	5.434	5.681	5.928	6.175
ahorro en calefacción- caso C	4.186	4.485	4.784	5.083	5.382	5.681	5.980	6.279	6.578	6.877	7.176	7.475

Tabla 5 – Costos de aislación y ahorros en calefacción

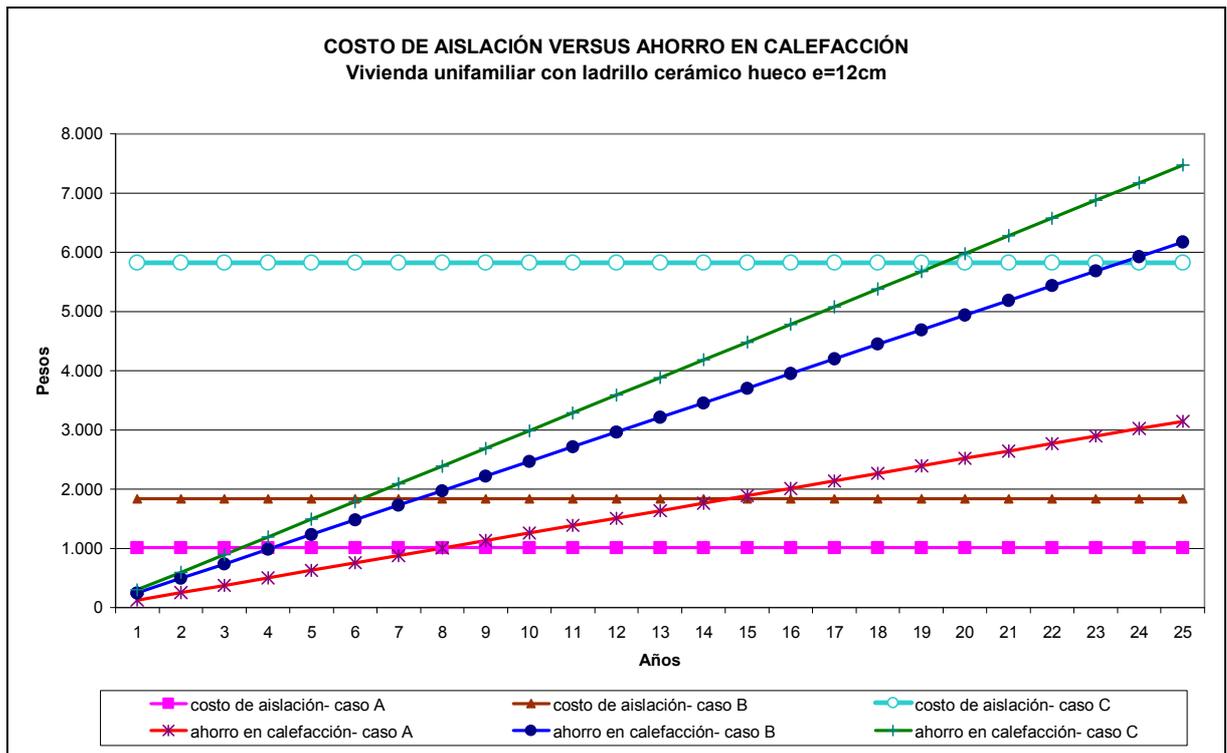


Figura 2 – Costo de aislación versus ahorro en calefacción –

En el gráfico de la figura 2, el caso A se refiere a la vivienda con aislación del techo, el caso B es aislando el techo y las paredes, y finalmente el caso C es agregando DVH en las ventanas exteriores.

Se observa el cruce de los costos de aislación con los ahorros en calefacción para los tres casos mencionados.

## CONCLUSIONES:

La adecuada aislación del techo, o la cubierta en general, con una inversión relativamente baja - \$1012- durante la construcción, es la que principalmente no debería desatenderse, ya que es sencilla de materializar, y a los ocho años se recupera por los ahorros en calefacción.

La correcta aislación de muros y techo, contempla el cálculo de economía-demásia en la cara interior de los muros perimetrales, ( producto indirecto del diseño de la aislación ), y representaría un mayor costo durante la construcción de \$1.840-, lo que se equipara a los siete años y medio de vida útil de la vivienda, con los ahorros acumulados en calefacción.

Para la tipología de vivienda y el sistema constructivo considerado, agregar además el costo del DVH en las ventanas, implica \$5.824, que se recuperan mediante el ahorro en calefacción a los diecinueve años y medio.

Para los cálculos que fundamentan el presente informe, hay algunos aspectos que merecen aclararse:

- No se ha considerado que los montos de economía en construcción por no aislar, constituyan un capital inicial que generaría intereses durante la vida útil de la vivienda. En parte porque significaría presuponer una capacidad de ahorro de improbable aplicación por este caso, también por la actual situación de las tasas de interés y finalmente para equilibrar la desestimación de la seguramente creciente evolución del precio de los combustibles que se explica más abajo.
- Sobre los costos de construcción se han tenido en cuenta gastos generales y beneficio de contratistas, porque en el caso de la vivienda individual predomina la modalidad de ejecución por administración del mismo usuario.
- Todos los precios, incluso los de las tarifa de servicio de gas natural son sin IVA.
- Se ha desestimado tener en cuenta hipótesis sobre la evolución inflacionaria de los combustibles, no obstante que esa tendencia aparece como inevitable y de real magnitud. La consecuencia del crecimiento de precios de estos recursos no renovables, significará que los tiempos de equiparación de los gastos en aislación con la economía en calefacción, se acortarán significativamente respecto a los resultados del presente estudio.

- Existe un aspecto que, para no perder objetividad tampoco se ha tenido en cuenta, pero que merece destacarse. Debería desarrollarse algún mecanismo de cuantificación que tenga en cuenta la incidencia de los siguientes factores:
1. Demasia en gastos de mantenimiento y reparaciones durante la vida útil de la vivienda por deterioros debidos a falta de correcta aislación termohidrófuga. Es el caso de la pintura, cielorrasos, revoques y algunos revestimientos.
  2. Pérdida de valor de mercado de la vivienda por baja calidad relativa, si se compara por ejemplo, y a igualdad de superficie, una casa con doble pared, buena aislación de cubierta y DVH .
  3. Influencia sobre la salud de las personas, por patologías asociadas a inadecuadas condiciones higrotérmicas del hábitat y por mal funcionamiento de artefactos e instalaciones de calefacción. En este punto, también podría incluirse el caso del DVH, como notable mejorador de las aislaciones, tanto de la térmica como de la acústica.
  4. Mayores costos de construcción por sobredimensionamiento de instalaciones y equipamientos para cubrir las mayores exigencias de calefacción debidas a la falta de aislación. ( es el caso de instalaciones eléctricas y de gas ).

## CONSIDERACIONES COMPLEMENTARIAS

El objetivo del presente informe, es recalcar lo imperioso que resulta contribuir a que se tomen medidas para el uso racional de la energía, sobretudo cuando ésta proviene de fuentes no renovables. El hecho de enfocar el estudio en la vivienda, que se lo merece, es para participar al usuario consumidor y al profesional proyectista de esta problemática.

También se mencionó en USO RACIONAL DE LA ENERGÍA – “Ahorros mediante Aislamiento Térmico en la Construcción”, la necesidad de hacer extensivas esta economía de energía a los establecimientos educativos, hospitales y edificios públicos, logrando aliviar las consecuencias de la crisis energética, de la cual nuestro país no está exento.

Por otra parte, en el caso particular del gas, la moderación de su consumo, contribuiría a disminuir la emisión de gases de efecto invernadero, constituyendo otro factor que justifica este estudio.

También merece puntualizarse, que este método de cálculo es orientativo, fue efectuado a sabiendas de que las tarifas de energía para uso residencial, tanto eléctricas como de gas, están fuertemente subsidiadas, no obstante lo cual, con las consideraciones del caso y por los resultados obtenidos, debe concluirse que invertir en aislar la vivienda en el momento de construirla es necesario y solidario, que el usuario de la vivienda y la sociedad se beneficiarán económicamente y en cuanto a calidad de vida se refiere.

Resta finalmente, advertir la necesidad de consideración de esta situación por parte de los profesionales proyectistas, tanto en el ámbito público como en el privado. Es de su exclusiva responsabilidad, incluir el diseño de adecuadas aislaciones térmicas en todas sus partes, y hacerle ver a los usuarios del hábitat que las mismas no son un gasto sino una inversión.

## REFERENCIAS:

- V. L. Volantino, P. A. Bilbao ( 2007 ) -USO RACIONAL DE LA ENERGÍA – “Ahorros mediante Aislamiento Térmico en la Construcción” -INTI Construcciones-
- Instituto Argentino de Normalización ( 1996 ). Norma Iram 1739, IRAM, Buenos Aires. Materiales Aislantes Térmicos- Definiciones de tipos de espesores y criterios de aplicación
- Carlos Raspall Galli – John Martin Evans. Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente 7/2003.Espesores Económicos de Aislación Térmica. Impacto de la Crisis Económica
- P.U. Bittner Definición de espesores de Aislantes Térmicos para los Climas de la Argentina. Anales del 2º Congreso Internacional en Argentina de Tecnología de techos, INTI, Buenos Aires
- Southern California Gas Company- New Building Institute- Advanced Design Guidelines Series. Noviembre, 1998. New Building Institute. “ Roof Insulation” , y su correspondiente Bibliografía:
  - ASHRAE 1997 Fundamentals Handbook, Chapter 22.
  - ASHRAE Standard 90.1-1989R
  - ORNL web site ( [www.ornl.gov/roofs+walls/](http://www.ornl.gov/roofs+walls/))-
  - Insulation Fact Sheet, DOE/CE-0180, June 1997.
  - Plant Engineers and Managers Guide to Energy
  - Conservation, Albert Thumann, Fairmont Press,
  - Lilburn, GA 1989
- Karl E. Munther. Building Research and Practice mayo/junio 1978.- Cutting household energy use by 40 per cent
- Revista Vivienda – agosto de 2008-
- Gas Ban – Cuadro Tarifario -

## **ABSTRACT**

The work has consisted in the determination of time spent in matching building thermal insulation initial cost with associated heating savings for three insulation improvement levels. Study has been applied to a single-family detached home in Buenos Aires, built of 12cm width hollow ceramic brick masonry walls with both faces plastered and a metallic cover. Natural gas expenses are obtained from annual heating load. On the other hand, costs of thermal insulation are calculated. Results show that investment in roof insulation is recovered in eight years. This time is of seven years and a half with the addition of insulation in external walls. Meanwhile it is possible to recover the investment adding double glazing for external Windows at nineteen years and a half.

**Keywords:** thermal insulation, investment recovery