

PROPUESTA DE CAMBIOS PARA LA MEJORA TERMO-ENERGÉTICA DE LA ENVOLVENTE EXTERIOR DE VIVIENDAS EN EL GRAN SAN MIGUEL DE TUCUMAN

C. F. MARTINEZ

**Centro de Estudios Energía y Medio Ambiente, IAA, Fac. de Arquitectura, Univ. Nacional de Tucumán
Av. Independencia 1900, S.M. de Tucumán, CP 4000, Tucumán - E mail cfernandamartinez@yahoo.com.ar**

Recibido: 29/07/12; Aceptado: 01/10/12

RESUMEN: Se exponen algunos resultados de estudios de comportamiento térmico-energético realizados en viviendas colectivas, construidas en el Gran San Miguel, Tucumán, zona de clima estival cálido-húmedo e inviernos atemperados. Se proponen modificaciones, en aspectos de diseño y materialidad, para mejorar el comportamiento termo-energético de la envolvente y se analizan los cambios y los beneficios obtenidos y se evalúa la amortización de la inversión necesaria al incrementar el costo inicial de construcción. Se utilizó un programa computacional para el cálculo del coeficiente de transmitancia térmica y planilla de cálculo para los balances energéticos de la envolvente exterior considerando un régimen periódico. El mayor costo de inversión necesario para construir envolventes edilicias con eficiencia térmico-energéticas resulta una inversión viable a mediano y largo plazo, que siempre dará beneficios directa o indirectamente al contribuir a reducir el consumo de energía no renovables y realizar un uso más racional de lo que consumimos.

Palabras clave: Eficiencia energética, habitabilidad, pautas de diseño, vivienda social.

INTRODUCCION

En general cuando se considera de forma global una solución al problema energético, se piensa en la sustitución de las fuentes de energía no renovables por el aprovechamiento de recursos renovables alternativos. Esta solución según las actuales perspectivas no resulta totalmente factible a corto plazo, debido a los aspectos de disponibilidad tecnológica y a sus costos.

Al analizar el problema energético se debe pensar como solución más accesible el reducir el consumo de energía, sin disminuir la calidad de vida, es decir, en hacer más eficiente el uso de la misma. Y ésta sí es una solución que resulta muy accesible e inmediata en el campo de la construcción de edificios, ya que es factible reducir la energía que se necesita para acondicionamiento artificial mejorando la eficiencia energética de la envolvente.

El pensar en “vivienda social económica” sólo considerando su menor costo de construcción, no resulta una evaluación adecuada si se desea apoyar el “sentido social” que deben tener los emprendimientos habitacionales financiados por el Estado. El costo de funcionamiento a lo largo de la vida útil de una vivienda descuidadamente planificada, puede llegar a superar el costo inicial de construcción y, si los costos de acondicionamiento interior se hacen elevados y no pueden ser afrontados por el usuario, se reduce sensiblemente la calidad de vida de los ocupantes. Diversos estudios y trabajos han dejado en claro la importancia que tiene la envolvente exterior, vertical y horizontal, en el comportamiento térmico de los edificios, y por ello no solo en el nivel de confort y habitabilidad sino también, en la contaminación que se genera producto del uso de energías convencionales (Mascaró J.J y Mascaró L., Raffo de, 1992; Di Bernardo E. y Perone D., 1994; Picción A., Echeverría C., Girardín M.G., 1998; Gonzalo G. et al, 2000).

Esta situación se manifiesta en las obras habitacionales de tipo social, considerando los resultados obtenidos en encuestas de evaluación cualitativa realizadas a los usuarios de viviendas IPV (Instituto Provincial de la Vivienda), en diversos barrios ubicados en la zona denominada Gran San Miguel de Tucumán (Martinez C., 2001 y 2004). Esta zona ubicada en la provincia de Tucumán, en el NO argentino, se clasifica como Bioambiental II y presenta un clima mixto, de veranos cálidos y húmedos con temperatura máxima media superior a los 32°C y HR media máxima de 85% e inviernos fríos y secos con temperatura media mínima de 6°C y HR media de 65%, siendo las estrategias de diseño más relevantes: a- reducción de ganancias; b- de pérdidas de calor a través de la envolvente; c- la ventilación natural; d- la calefacción solar pasiva, figura 1.

Se desarrollaron estudios y evaluaciones higro-térmicas sobre un prototipo de uso generalizado en viviendas colectivas, planta baja y dos niveles, construidas por el IPV, tomando en cuenta la unidad habitacional del último piso, por lo cual los resultados obtenidos también son válidos para el caso de vivienda unifamiliar, figuras 2 y 3. (Martinez C., 2004 y 2005).

Los datos obtenidos (Martinez, 2005), permiten establecer líneas de acción para proponer modificaciones tendientes a mejorar la eficiencia termo-energética de la envolvente exterior, considerando para ello dos aspectos básicos: I- De diseño, que no implica necesariamente mayores costos de construcción, puesto que se trata de aplicar adecuadamente pautas de diseño en relación a las condicionantes del clima local; II – De materialidad o constructivo, los que si generan un incremento del costo inicial de construcción, dado que se trata de modificar los materiales del cerramiento de exterior mejorando su aislación, pero que claramente se debe ver como una “inversión” y no como un gasto, ya que la energía que se ahorra en acondicionamiento térmico permite amortizar el mayor costo en plazos razonables (Martinez C., 2011). Por último se realiza el análisis de las posibles reducciones en el requerimiento energético de acondicionamiento combinando las mejoras propuestas que se analizaron en primera instancia de forma aislada.

MODIFICACIONES PROPUESTAS Y ANÁLISIS DE LAS MISMAS

I- Aspectos de diseño: Tomando en cuenta los resultados de la evaluación de carga térmica de la envolvente del prototipo original (Martinez C, 2005) y las estrategias para verano e invierno, se establecen, entre otros posibles, tres puntos para modificación:

- *Agrupamiento y Orientación.* El agrupamiento de viviendas en T, caso original, deja expuesta una gran superficie de envolvente vertical, por lo cual se recomienda como pauta de diseño disponer las unidades habitacionales en tira longitudinal, con las viviendas apareadas por una o dos caras. La orientación del conjunto debe ser sobre un eje E-O con las mayores superficies expuestas al Norte, para aprovechar la radiación solar directa invernal, y al Sur para aprovechar los vientos dominantes S-SO en el verano, figura 4.

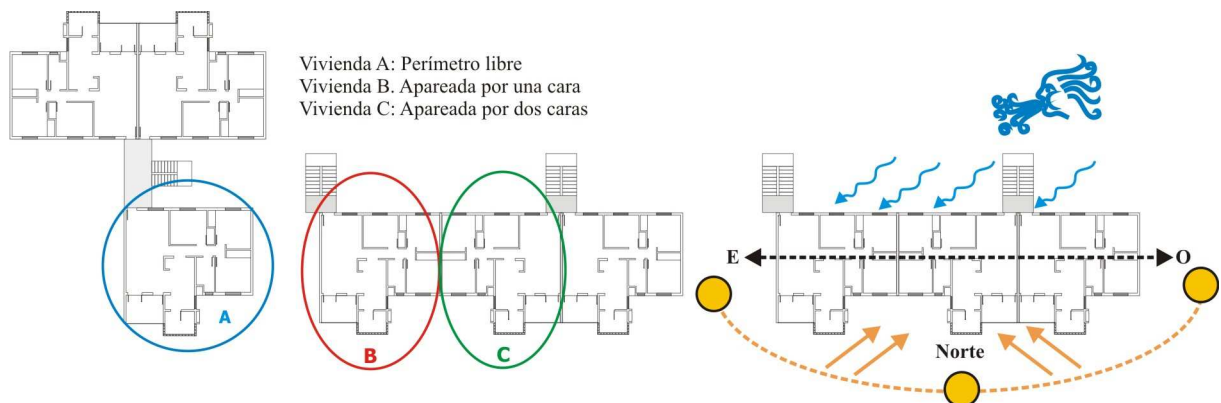


Figura 4: Agrupamiento original (forma T) y agrupamiento propuesto (forma longitudinal)

Los resultados del análisis de carga térmica Q para cada caso, tabla 1, muestran que esta simple decisión de diseño permite lograr un ahorro anual de energía en acondicionamiento de entre 13% y 26%, según se vinculen las viviendas por uno o dos muros.

		Carga térmica kWh (muros + cubierta)			Reducción de carga térmica kWh					
		Refrigeración*	Calefacción**	Anual	Refrigeración		Calefacción		Anual	
					Diferencia	%	Diferencia	%	Diferencia	%
Organización original T	Vivienda A	6269,41	3946,11	10215,52	-	-	-	-	-	-
Organización propuesta	Vivienda B	5460,25	3421,75	8882,01	809,33	12,90	524,36	13,30	1333,51	13,10
	Vivienda C	4651,79	2895,34	7547,14	1617,62	25,80	1050,77	26,60	2668,38	26,10

* Oct-Nov-Dic-Ene-Feb-Mar ** Abr-May-Jun-Jul-Ago-Set

Tabla 1: Reducción de carga térmica Q según perímetro expuesto de la vivienda según agrupamiento

Esta forma de agrupamiento también permite reducir los costos de construcción al tener el edificio menos muros, dado que el grado de compacidad y la relación entre área de planta y perímetro influyen en gran medida en los costos iniciales de construcción (Mascaró, 1979 a y b).

- *Color exterior.* Como lo han establecido ya otros estudios (Volantino y Echeuchory, 2002; Gonzalo et al, 2000), el color de la envolvente es una condicionante de mucha importancia en el comportamiento térmico global. Este aspecto que no implica costo adicional en la inversión inicial, si obliga a considerar la necesidad de un plan de mantenimiento. Se determinó a través de los relevamientos que los conjuntos habitacionales, de colores claros al momento de su entrega, con el paso del tiempo y la falta de mantenimiento oscurecieron, en mayor o menor grado, sus muros.

Considerando el agrupamiento original en T, caso A figura 4, si la envolvente conserva adecuadamente un color claro ($\alpha = 0,30$ a $0,40$) a lo largo de su vida útil, se puede ver en la tabla 2 que se logra una reducción importante en el requerimiento

energético de refrigeración (33,3%) aunque aumenta levemente el de calefacción (3,50%). En el balance final se logra reducir la carga térmica total anual en un 19 %.

	Carga térmica kWh (muros + cubierta)		
	Refrigeración *	Calefacción **	Anual
Vivienda A color oscuro	6269,41	3946,11	10215,52
Vivienda A color claro	4183,01	4089,15	8272,15

* Oct-Nov-Dic-Ene-Feb-Mar ** Abr-May-Jun-Jul-Ago-Set

Tabla 2: Requerimientos energéticos según color de la envolvente exterior en vivienda original de análisis

II- Aspectos de materialidad o constructivos: Tomando en cuenta los resultados del análisis de coeficiente de transmitancia térmica K (Martinez C., 2005) y las estrategias determinadas de “reducción de ganancias y pérdidas de calor a través de la envolvente”, se plantea como muy necesario la modificación del tipo de cerramiento exterior usado.

Es fundamental dar a la envolvente una mayor capacidad aislante a fin de reducir la transferencia de calor, procurando que su coeficiente K llegue a verificar con un nivel B de confort según normas IRAM 11.605 (IRAM, 1996). En este punto ya se contemplan modificaciones que si producen un incremento de la inversión inicial de construcción, dado que se trata de cambiar la composición material del cerramiento. Se establecen como criterios generales:

- 1- Muros dobles para paredes y se mantiene la cubierta liviana pero con aislación de 0,075 m.
- 2- Coeficiente de transmitancia térmica: Los cerramientos deberán cumplir como mínimo con el nivel B máximo de Normas IRAM 11.605.
- 3- Estructura, deberá cumplir con los valores máximos de transmitancia térmica para puente térmico, 1,5 veces el K de muro.
K máximo verano 1,65 W/m²°C y K máximo invierno 1,50 W/m²°C.

Se analizaron tres posibles tipos de muros dobles, figura 5, considerando los materiales de uso más frecuente en el medio:

- a- Muro A: Ladrillo hueco de 0,08 m y 0,12 m y poliestireno expandido de 0,05 m.
- b- Muro B: Ladrillo hueco de 0,08 m y 0,18 m y poliestireno expandido de 0,05 m.
- c- Muro C: Ladrillo hueco de 0,08 m y ladrillo macizo de 0,13 m y poliestireno expandido de 0,05 m.

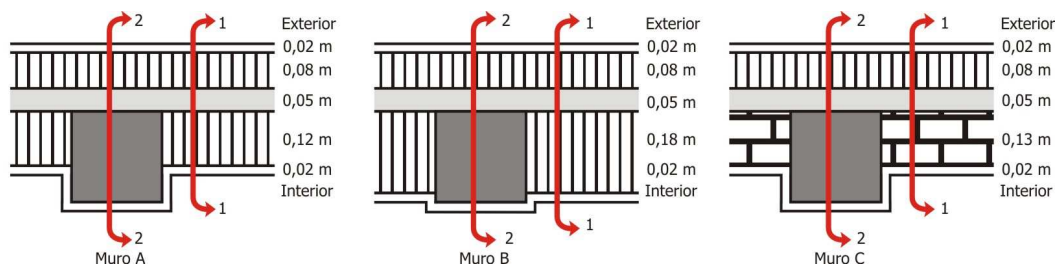


Figura 5: Muros dobles propuestos para cerramiento vertical exterior (sección 1 muro y sección 2 puente térmico)

Para todos los cerramientos propuestos se verifica su coeficiente de transmitancia térmica K, tablas 4 y 5. Para la determinación de K se utilizó el software CEEMAKMP.xls (Gonzalo et al, 2003).

Gran San Miguel de Tucumán - Zona bioclimática II - Temp. Mín. diseño -0,2°C - Norma IRAM 11.603 (vigente 2012)					
Caso cubierta	Características	Coeficiente de transmitancia térmica K (W/m ² K)			
		K de cálculo		K máximo admisible nivel B Norma IRAM 11.605 (vigente 1996)	
		K verano	K invierno	K ver = 0,45	K inv = 0,82
Original	Chapa, cámara de aire, aislación de 2,5 cm	0,89	0,95	No	No
Propuesta	Chapa, cámara de aire, aislación de 7,5 cm	0,38	0,40	Si	Si

Tabla 4: Valores de transmitancia térmica K determinados para cubierta original y cubierta propuesta

Gran San Miguel de Tucumán - Zona bioclimática II - Temp. Mín. diseño -0,2°C (IRAM 11.603, 2012)							
Caso	Denominación / Características	K calculado	K máximo admisible nivel B (W/m ² K)				
			Superficie opaca		Puente térmico		
			K ver=1,10	K inv=1,01	K ver=1,63	K inv=1,50	
Cerramiento original	Muro	Ladrillo hueco 0,18 m Ambas caras revocadas	1,72	No	No	-	-
	Puente térmico	Columna/Viga H°A° Ambas caras revocadas	2,88	No	No	No	No
Cerramientos propuestos	Muro	Muro A sección 1	0,49	Si	Si	-	-
		Muro B sección 1	0,46	Si	Si	-	-
		Muro C sección 1	0,51	Si	Si	-	-
	Puente térmico	Sección 2	0,51	Si	Si	Si	Si

Tabla 5: Valores de transmitancia térmica K determinados para cerramiento original y cerramientos propuestos

Se puede ver en los resultados obtenidos que todos los nuevos elementos propuestos para la envolvente exterior verifican su coeficiente de transmitancia térmica con el nivel B máximo, brindando con ello mayor confort y eficiencia al reducir la transferencia de calor. De las tres posibilidades de cerramiento vertical se selecciona, para el análisis de carga térmica, la alternativa B por presentar menor coeficiente K. Considerando este tipo de muro y mantenimiento las características de las carpinterías del prototipo original se determina el K medio ponderado (KMP) para cada cerramiento que compone la envolvente exterior de la vivienda analizada.

Gran San Miguel de Tucumán - Zona Bioclimática II - Temp. Mín diseño -0,2°C (iram 11.603, 2012)								
Verificación de coeficiente de transmitancia medio ponderado (W/m ² K)								
Cerramiento (referencia muros fig. 2)	Componentes	KMP verano/invierno		Disminución %	K máximo admisible Nivel B			
		Original	Propuesto		K verano: 1,10		K invierno: 1,01	
					Original	Propuesto	Original	Propuesto
Muro 1	Muro-Estructura-Ventana-Puerta	2,45	1,20	51	No	No	No	No
Muro 2	Muro-Estructura	1,98	0,47	76	No	Si	No	Si
Muro 3	Muro-Estructura-Ventana-Puerta	2,88	1,67	42	No	No	No	No
Muro 4	Muro-Estructura-Ventana	3,31	1,90	42	No	No	No	No
Muro 5	Muro - Puerta	3,39	1,72	49	No	No	No	No
Muro 6	Muro-Estructura	2,68	0,46	83	No	Si	No	Si
Muro 7	Muro-Estructura-Puerta	3,49	2,71	22	No	No	No	No
Muro 8	Muro-Estructura	1,98	0,47	76	No	Si	No	Si

Tabla 6: Análisis de transmitancia media ponderada de cerramiento

En los resultados de tabla 6, vemos que en para la mayoría de los muros que componen la envolvente exterior, los valores de transmitancia térmica media ponderada obtenidos no llegan a verificar con nivel B de Norma, debido a la gran influencia de las ventanas, (estándar de chapa, vidrio simple) por tener un elevado coeficiente de transmitancia térmica K. Sin embargo es de destacar que los valores de K disminuyen considerablemente, desde un 22 % en el caso del muro 7, el más desfavorable por la gran superficie vidriada (puerta balcón), hasta un 76 % a 83 % para los muros 6, 2 y 8, que no presentan aventanamientos.

Se ve así la importancia que adquiere el adecuado tratamiento de la envolvente transparente y la necesidad de implementar el uso de sistemas de carpinterías con un comportamiento térmico más adecuado, como podría ser el doble vidriado hermético. Sin embargo este sistema de aventanamientos no es factible de proponer en una obra de tipo "social" debido al incremento del costo inicial de construcción que supone, por lo cual no es una posibilidad aceptable para los entes públicos. Por otro lado las Normas IRAM vigentes sólo exigen que los cerramientos opacos cumplan con los niveles de K máximo admisible, y no se toma en consideración el valor de K medio ponderado, aun siendo claro que es este el parámetro que definiría mejor el comportamiento energético global de un cerramiento exterior.

Considerando la situación original del prototipo de análisis en cuanto a sus características de agrupamiento, color, carpinterías, etc., pero con la envolvente exterior propuesta (muros y cubierta), vemos en tabla 7, que se logran reducciones superiores al 50% para los requerimientos energéticos tanto de calefacción como de refrigeración, obteniéndose en el balance energético anual una disminución del 56 % en la carga térmica con respecto a la envolvente constructiva del caso original.

Situación (referencia figura 3)	Carga térmica kWh (muros + cubierta)			Reducción de carga térmica kWh					
	Refrigeración*	Calefacción**	Anual	Refrigeración		Calefacción		Anual	
				Diferencia	%	Diferencia	%	Diferencia	%
Vivienda A Envoltente original	6269,41	3946,11	10215,52	-	-	-	-	-	-
Vivienda A Envoltente propuesta	2591,21	1877,71	4468,92	3678,2	58,70	2068,4	52,40	5746,6	56,00

* Oct-Nov-Dic-Ene-Feb-Mar ** Abr-May-Jun-Jul-Ago-Set

Tabla 7: Requerimientos energéticos de acondicionamiento en prototipo de vivienda analizada con envolvente exterior nueva

III- Combinación de mejoras: Se ha visto ya que se pueden lograr importantes reducciones en el requerimiento energético anual para acondicionamiento artificial, mediante modificaciones que van desde simples decisiones que no afectan al costo de construcción, hasta considerar la utilización más conveniente de materiales para obtener una envolvente exterior de mayor eficiencia energética. Se analiza ahora la posibilidad de reducción en el requerimiento de acondicionamiento al combinar las propuestas de mejora analizadas anteriormente de forma individual.

Para mostrar la factibilidad de ahorro que se lograría al combinar estas modificaciones se analiza en forma comparativa, tabla 8, el aporte de sucesivas mejoras a partir de la vivienda original. Los casos considerados son:

- Caso I: Envolvente original; color oscuro ($\alpha = 0,70$ muro y $\alpha = 0,60$ cubierta); agrupamiento T, perímetro libre (Caso base)
- Caso II: Envolvente original; color oscuro ($\alpha = 0,70$ muro y $\alpha = 0,60$ cubierta); *agrupamiento longitudinal, apareada por un muro*
- Caso III: Envolvente original; *color claro* ($\alpha = 0,30$ muro y $\alpha = 0,30$ cubierta); agrupamiento longitudinal, apareada por un muro.
- Caso IV: *Envolvente propuesta*; color claro ($\alpha = 0,30$ muro y $\alpha = 0,30$ cubierta); agrupamiento longitudinal, apareada por un muro.

	Carga térmica kWh (muros + cubierta)			Reducción de carga térmica kWh (en relación a vivienda A)					
				Refrigeración		Calefacción		Anual	
	Refrigeración *	Calefacción **	Anual	Diferencia	%	Diferencia	%	Diferencia	%
Caso I (original)	6269,41	3946,11	10215,52	-	-	-	-	-	-
Caso II	5460,25	3421,75	8882,01	809,33	12,90	524,36	13,30	1333,51	13,10
Caso III	3701,20	3564,79	7265,99	2568,21	40,90	381,32	9,70	2949,53	28,90
Caso IV	1589,69	1685,72	3275,42	4679,72	74,60	2260,39	57,30	6940,11	67,90

* Oct-Nov-Dic-Ene-Feb-Mar ** Abr-May-Jun-Jul-Ago-Set

Tabla 8: Requerimientos energéticos de acondicionamiento para los casos analizados

Como ya se vio, para el caso II, al aparear la vivienda por una de sus caras se reduce la carga térmica anual en un 13,10 %, en función a adoptar una decisión de diseño que no aumenta el costo de construcción.

Si a esta situación se la provee de una envolvente de color claro, Caso III, llevando adelante un adecuado plan de mantenimiento a lo largo de la vida útil del edificio, se logra disminuir la carga térmica anual en casi un 29 %, solo por adoptar dos modificaciones que no llevan a incrementar el costo inicial de construcción.

Si sobre esta situación, caso III, se modifica la envolvente exterior, caso IV, utilizando una de mejor eficiencia energética como la planteada en los análisis, se podría reducir la carga térmica anual requerida en un 67,9 % en comparación con el caso original.

Para realizar una evaluación económico energética se considera que la energía utilizada para acondicionamiento artificial es la eléctrica, ya que según los resultados obtenidos en los relevamientos y encuestas (Martinez C, 2004), ésta es la de uso frecuente tanto para calefacción como para refrigeración.

El costo de la energía eléctrica se estima tomando como datos los precios del kWh, según bloques de consumo, establecidos en la zona. El consumo promedio mensual para la vivienda en análisis se establece en 600 kWh, distribuidos en. 200 kWh bloque 1; 100 kWh bloque 2 y 300 kWh bloque 3, considerando una ocupación de 6 personas (vivienda de tres dormitorios) y el consumo promedio anual per cápita establecido por la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDS, 2008), tabla 9.

Concepto	Costos (\$)	
	Con subsidio	Sin subsidio
Consumo	66,15	164,82
Cargo fijo	13,79	13,79
IVA	16,78	37,51
Impuestos Ley 6608 y 25413	2,33	5,23
Total	99,05	221,35
\$/kWh	0,1651	0,3689

Tabla 9: Datos y determinación del precio unitario de energía eléctrica

Teniendo en cuenta los valores de energía de tabla 9 y comparando el requerimiento energético del caso I (original), y el caso IV (modificaciones completas propuestas), se obtienen los costos anuales para acondicionamiento artificial de la vivienda en estudio, tabla 10.

	Requerimiento energético en acondicionamiento kWh / año	Costo anual (\$) (con subsidio)	Costo anual (\$) (sin subsidio)
Caso I (original)	10215,52	1686,58	3768,50
Caso IV (modificado completo)	3275,42	540,77	1208,29
Diferencia	6940,11	1145,81	2560,21

Tabla 10: Análisis de requerimiento y costo de acondicionamiento artificial para los casos comparados

La reducción en el requerimiento energético, 6940,11 kWh/año, genera una reducción en la contaminación asociada de 0,578 tCO₂/año por persona. Esto implica una reducción general del 10% sobre la huella de carbono promedio para el argentino, estimada en 5,71 tCO₂/año según Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDS, 2008), de la cual el 10,5% corresponde al consumo de energía eléctrica.

Desde un punto de vista económico se pueden ver en tabla 11 los costos asociados a la implementación de la mejora en la calidad de la envolvente, modificación que requiere de una mayor inversión en el costo inicial de construcción.

		Superficie (m ²)	Costo / m ² (\$) (2)	Costo total (\$)	Inversión en mejoras (\$)
Vivienda original (caso I)	Cubierta (1)	78,93	17	15.918,83	16.940,24
	Muros	100,67	144,8		
Vivienda mejorada (caso IV)	Cubierta	78,93	38	32.859,07	
	Muros	100,67	296,61		

(1) En cubierta se considera sólo el aislante, sobre cielorraso plano. El resto de los componentes se mantienen iguales en ambos casos.

En muros no se consideran los revoques ya que son iguales en ambos casos. Se toma en cuenta solo la modificación de la composición del muro simple a doble.

(2) Valores medios estimados para la localidad de análisis según proveedores y revistas especializadas (junio-julio 2012)

Tabla 11: Análisis de costos de aplicación de mejoras en la envolvente exterior analizada

Considerando la diferencia de costo anual para acondicionamiento entre ambos casos, tabla 10, y la inversión necesaria para la mejora de la envolvente, tabla 11, en un análisis básico considerando el período de pago simple de retorno, obtenemos que la recuperación de la inversión se daría en un plazo de aproximadamente 15 años, si el costo de la energía se mantiene con subsidio del Gobierno, condición que en muchos casos ya no existe. El período de recuperación se reduce a menos de 7 años si se considera el costo de la energía sin subvención del Estado.

CONCLUSIONES

Es claro que hay aspectos de diseño que afectan el comportamiento térmico-energético de los edificios, los que, por su simplicidad, no pueden ser desconocidos por los proyectistas, no existiendo argumento válido para no considerarlos e implementarlos, puesto que son pautas cuya aplicación no conlleva necesariamente un aumento del costo de construcción.

Una pauta significativa, como es la decisión de implementar una envolvente exterior con un adecuado grado de aislación térmica, si implica el aumento del costo de construcción, pero no por ello debe ser descartada por razones económicas, ya que no se trata de un “gasto” sino de una “inversión”, que permitirá lograr ahorros importantes en el consumo de energía, permitiendo lograr edificios en los cuales disfrutar de condiciones adecuadas de habitabilidad por un período de tiempo mucho mayor al de amortización. El hecho de que las envolventes edilicias se construyan térmicamente más eficientes no solo permitirá un ahorro en el costo de funcionamiento, sino que también proporcionará ambientes interiores sanos, física y psicológicamente, con lo que se eleva el rendimiento personal y la eficiencia laboral, evitando el llamado Síndrome de Edificio Enfermo.

Una envolvente exterior energéticamente eficiente también permite retrazar algunos problemas de deterioro que afectan a los cerramientos exteriores, exigiendo menores gastos de mantenimiento para las mismas. Así mismo implica la reducción de otros costos, no relacionados directamente con la obra, como por ejemplo la disminución en la inversión para la compra de artefactos de calefacción y refrigeración, ya que la mayor eficiencia térmica del cerramiento lleva a que se necesiten equipos de acondicionamiento artificial de menor capacidad o tamaño, además de permitir una mayor eficiencia en su funcionamiento y por ello alargando su vida útil.

Es así que el incremento monetario necesario a hacer para construir envolventes edilicias con eficiencia térmico-energética, sea vivienda o no, debería ser considerado no como un “gasto de dinero perdido”, sino como una “inversión a mediano y

largo plazo”, que siempre nos dará beneficios directa o indirectamente al contribuir a reducir el consumo de energía no renovables y realizar un uso más racional de lo que consumimos.

ABSTRACT: The presentation summaries some results of thermal - energetic behavior studies realized in social collective housings, constructed in the Great San Miguel, Tucumán, zone with a subtropical climate with hot-wet summers and warm-dry winters. Some modifications are proposed, in aspects of design and materiality, to improve the thermal-energetic behavior of the external surfaces. The changes and the benefits obtained are analyzed and there is evaluated the amortization of the necessary investment on having increased the initial cost of construction. Computational programs were used to calculate the U-value coefficients of the external surfaces, and to make the energy balance of its considering a periodic regime. The major cost of investment to built external surfaces with thermal - energetic efficiency, turns out to be a viable investment in medium and long term, which always will give us benefits directly or indirectly on having helped to reduce the consumption of conventional energy and to do a rational use of this.

Keywords: Energy efficiency, habitability, thermal behavior, strategies, social houses.

REFERENCIAS

- Di Bernardo E. y Perone D., 1994. Propuesta para la optimización energética en viviendas de interés social. Taller "Energía, Hábitat y Ambiente", XVII Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energía Solar. Rosario, Argentina, 11 al 15 de Octubre.
- Gonzalo G, Ledesma S, Nota V, Martinez C, Cisterna S, Quiñones G, Márquez G, Tortonese A, Garay A, 2000. Determinación y análisis de los requerimientos energéticos para el acondicionamiento térmico de un prototipo de vivienda ubicada en San Miguel de Tucumán. Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 4 N° 1. pp. 05.19-05.24. ISSN 0329-5184. Ed. Milor. Salta, Argentina.
- Gonzalo G, 2003. Manual de Arquitectura Bioclimática. Editorial Nobuko. Buenos Aires.
- IRAM, 2012. Norma 11.603: Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina. www.iram.com.ar
- IRAM, 1996. Norma 11.605: Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos. www.iram.com.ar
- Koenisberger O., 1977. Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales. Paraninfo, Madrid.
- Martinez C, 2001. Análisis del comportamiento higrotérmico de los cerramientos exteriores en viviendas del IPV en San Miguel de Tucumán. Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 5 N° 1. pp. 05.19-05.25. ISSN 0329-5184. Ed. Milor. Salta, Argentina.
- Martinez C., 2004. Evaluación cualitativa de condiciones ambientales de viviendas del IPV en S. M. de Tucumán. Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 8 N° 1. pp. 05.01-05.06. ISSN 0329-5184. Ed. Milor. Salta, Argentina.
- Martinez C., 2005. Comportamiento térmico-energético de envolvente de vivienda en S. M. de Tucumán en relación a la adecuación climática. Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 9 N° 1. pp. 05.01-05.06. ISSN 0329-5184. Ed. Milor. Salta, Argentina.
- Martinez C., 2006. Tesis de Maestría Auditoría energética en edificios y el hábitat, Capítulo 6: Análisis climático y bioclimático de la zona, Pág. 67-82. FAU – UNT. Tucumán.
- Martinez C., 2011. Conveniencia del uso de aislaciones térmicas en la envolvente exterior de los edificios desde el punto de vista de la habitabilidad. CRETA_2011, Congreso Regional de Tecnología Arquitectónica, Resistencia, Chaco.
- Mascaró J.C., 1979 a. “Aspectos de las decisiones arquitectónicas”. Revista SUMMA n° 141, pp. 21 a 23.
- Mascaró J.C., 1979 b. “Influencia de la forma y distribución de los locales de los edificios en costos de construcción”. Revista SUMMA n° 149, pp. 23 a 25.
- Mascaró J.J y Mascaró L., Raffo de, 1992. Incidência das variáveis projectivas e de construção no consumo energético dos edificios, Capítulo V. SAGRA-DC LUZZATTO Editores. Porto Alegre, Brasil. (Traducción personal).
- Picción A., Echeverría C., Girardín M.G., 1998. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 2 N° 1, pp. 03.123 ISSN 0329-5184. Revista de la Asociación de Energías Renovables y Medio Ambiente. Salta, Argentina.
- SAYDS, 2008. La huella de carbono del argentino promedio. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/UCC/File/030608_metodologia_huella_carbono.pdf
- Volantino y Echeuchory, 2002. Evaluación del comportamiento de muros en función de su absorción solar. Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol.6, Octubre 2002, pp. 08.97 a 08.102. ISSN 0329-5184. Ed. Milor.