

ANÁLISIS EN DOS CASOS COMPARATIVOS TOMADOS COMO MODELOS DE
LA FACTIBILIDAD ECONÓMICA DEL AHORRO DE ENERGÍA Y DEL EMPLEO
DE SISTEMAS SOLARES PASIVOS EN VIVIENDAS INDIVIDUALES.

Varke E. y Fujol M.

Instituto Solar Arquitectura Buenos Aires (ISABA)
Acoyta 217 - (1405) - Buenos Aires - Argentina

RESUMEN

Desarrollando una línea de Investigación que cuenta con el apoyo de la Secyt, se exponen en este trabajo la metodología seguida para un análisis de sobrecostos y las mejoras técnicas obtenidas, sobre dos modelos de viviendas. Publicada una en Buenos Aires y la otra en Bariloche) sobre las cuales se aplican métodos constructivos de complejidad creciente.

Se analiza también la factibilidad económica de estas mejoras (para el usuario) de acuerdo al tipo de combustibles empleados, utilizando el método de comparar el costo anual equivalente y se sacan conclusiones.

INTRODUCCION:

No se acepta como válida la hipótesis de que en una localidad determinada los sobrecostos que se agregan a la construcción de una vivienda por el empleo de técnicas de conservación de la energía térmica y el aprovechamiento pasivo de la energía solar, pueden ser analizados siguiendo el mismo método que el que se utiliza para determinar los costos de construcción (indicado generalmente como un índice o como A/m^2), estamos en condiciones de encargar algún método general que determine los niveles de factibilidad económica que estas mayores inversiones producen en relación con los combustibles supuestamente ahorrados.

Una profundización de este método permitiría optimizar las inversiones en relación con la rentabilidad esperada. Pero esa rentabilidad está en función principal de los combustibles ahorrados y éstos dependen de la localización de la vivienda, de sus características constructivas, su diseño y uso.

Debido al escaso número de estudios en el campo que se propongan aclarar estos aspectos considerando que tales estudios son indispensables para cuando se buscan establecer normas, reglamentaciones, incentivos, etc., que tiendan al URE en vivienda, el ISABA ha recordado desde hace un tiempo una línea para el análisis de este tema.

Los autores agradecen al Lic. D. Bouillon el apoyo prestado para el análisis de los parámetros económicos.

Como primer resultado se realizó el trabajo de la ref. (1) que se presentó en la XII Reunión de Trabajo de Asades (Bs. As.-Nov/87).

Desde entonces se amplió el análisis incorporando la ciudad de S. Carlos de Bariloche y se revisó y actualizó la metodología empleada. Ese enfoque está centrado en la conveniencia para el usuario, de emplear técnicas conservativas en la construcción de su vivienda, pero de él se pueden extraer conclusiones de mayor alcance.

Un hecho que tiene por lo menos igual o mayor importancia que la factibilidad económica, es el aumento en los niveles de confort térmico que las mejoras producen pero no hay hasta el momento, o por lo menos los autores no lo conocen, un método integrador que valore la satisfacción que para el usuario produce el mayor confort térmico en relación con los parámetros económicos en juego.

Los métodos usuales para establecer el llamado costo construcción se apoyan en el análisis de los precios detallados que mensualmente presenta un modelo que sirve de referencia. Este modelo es una vivienda ideal perfectamente definida y cada índice de los habituales (Índec, B. Hipotecario, CAC, revista Vivienda, diario Clarín, etc.) tiene un modelo de análisis diferente. Los precios así determinados solo son válidos para el área de la Cap. Fed. y el Gran Buenos Aires y con respecto del resto del país sólo existen algunos índices aproximativos.

Fue así que para Buenos Aires bastaba con elegir algunos de los modelos que existen pero, para Bariloche había que seleccionarlo de acuerdo a un análisis tipológico.

LOS MODELOS ELEGIDOS Y LAS MEJORAS SUCESIVAS APLICADAS SOBRE LOS MISMOS:

Para la elección de los modelos se tuvieron en cuenta una serie de parámetros.

Estos parámetros respondían a la intención de analizar a aquellos modelos que fueran representativos en los respectivos medios locales del tipo de vivienda, técnicas constructivas y estilo que los sectores medios consideran "standard". Por lo tanto quedaban afuera

Fig. 1: Modelo elegido para Buenos Aires (diario Clarín).

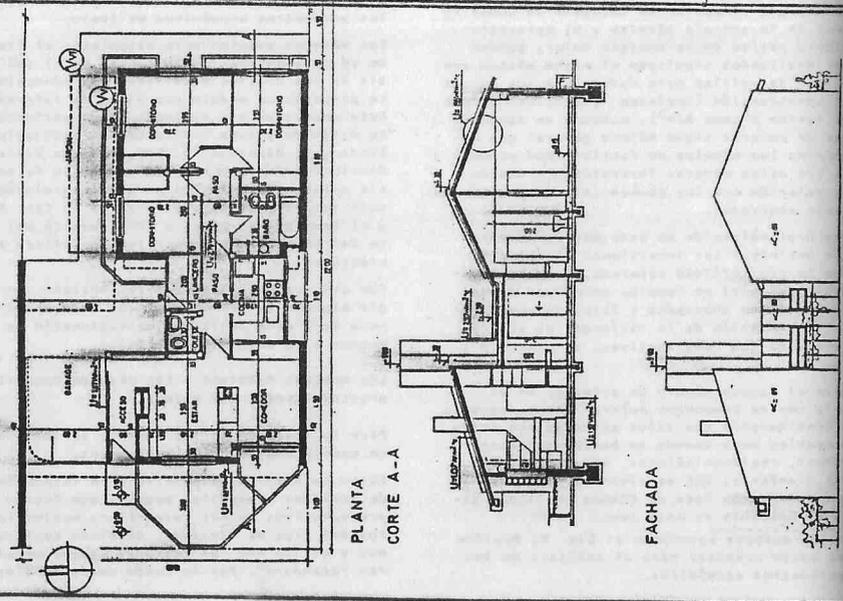


Fig. 2: Modelo elegido para Bariloche (Tipo C).

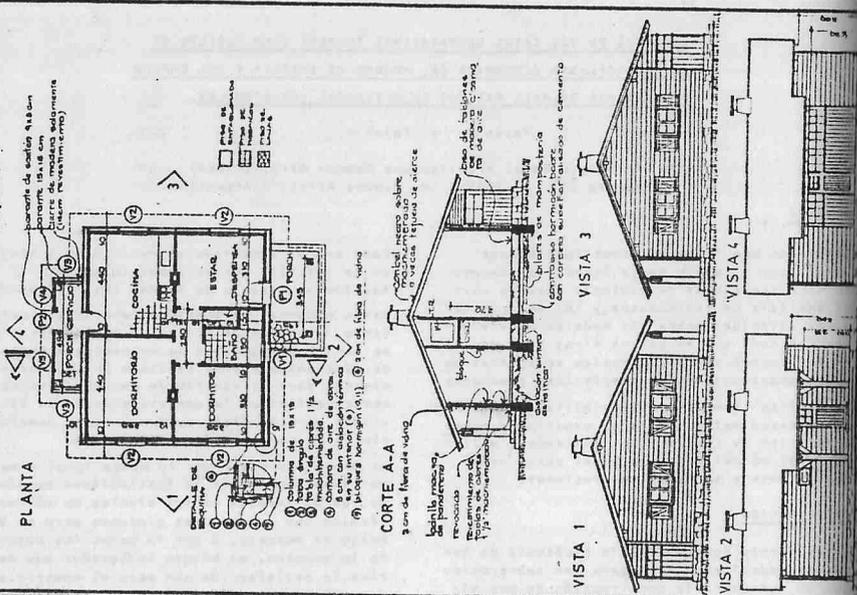


Fig. 1: Modelo elegido para Buenos Aires (diario Clarín).

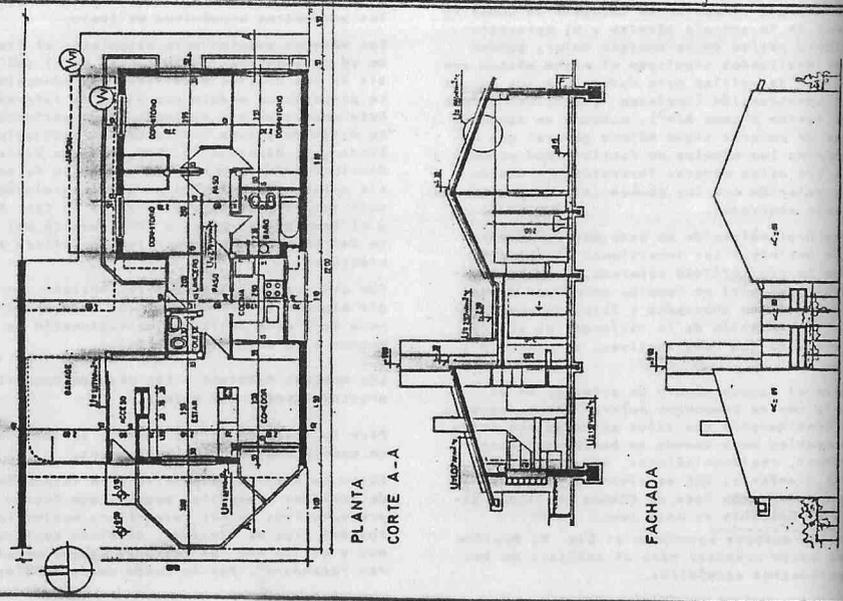
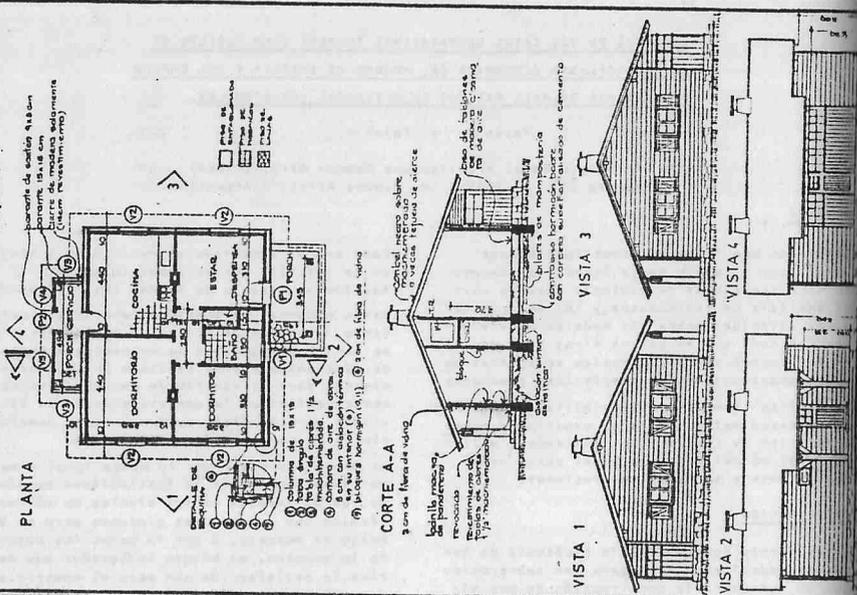


Fig. 2: Modelo elegido para Bariloche (Tipo C).



Por definición del modelo buscado las viviendas económicas del tipo FONAVI, las viviendas de propiedad horizontal, las autoconstruidas y las suntuosas.

Para el caso del Gran Buenos se eligió el que publica el diario Clarín (2) del cual se muestran sus principales características en la fig. 1.

Para la ciudad de Bariloche se eligió uno de los tipos de las viviendas construidas por la APN que (con variantes) más se repite y que a criterio de los autores mejor representa la gama de valores que con respecto a la vivienda demuestran los sectores medios locales. Esta vivienda según el estudio realizado por ISADA para la APN (3) se la denomina Tipo 1 y se muestra en sus características principales en la fig. 2.

Sobre los modelos elegidos se realizaron una serie de mejoras que tendían a elevar paulatimamente el nivel de respuesta energética de las mismas. Los primeros tramos de estas mejoras correspondían a medidas sucesivas para la conservación de la energía que se acumulaban una más otra y los últimos tramos correspondían con situaciones alternativas de aprovechamiento pasivo de la energía solar que se sumaban a las medidas de conservación, aunque se descartaban mutuamente.

En el trabajo de la ref. (1) figuran mayor cantidad de alternativas para la vivienda modelo del Gran Buenos Aires, que aquí se han sintetizado, ajustado y reordenado para su mejor comprensión y para compararlos con el modelo adoptado para Bariloche. De este nuevo análisis han surgido para Bs. As. sobrecostos menores que los que se presentaban en el trabajo anterior.

Para cada caso las variantes presentadas responden a los siguientes criterios:

Variante I: Disminución de las infiltraciones mediante la modificación de las carpinterías para obtener buenos contactos y agregado de burletes. En el caso de Bariloche se suprimen además hojas de abrir ya que las previstas son excesivas para el clima local y además se cierra el porche para crear un espacio tépido.

Esto no se hace con el modelo de Bs. As. también por razones climáticas.

Variante II: Modificación del criterio constructivo de muros y cubiertas agregando o aumentando aislaciones, barreras de vapor, etc. En el caso de Bariloche se incluye también aislaciones de pisos.

Variante III: Se agregan dobles vidriados a las carpinterías principales y en el caso Bariloche se los protege de las pérdidas nocturnas mediante postigones interiores.

Variante IV: Se agrega masa. En el caso Bs. As. modificando contrapisos y reemplazando

los pisos de madera por otros pisos (mosaicos) con mejor capacidad de acumulación. En el caso Bariloche rellenan los huecos de los bloques con materiales pétreos y modificando pisos (idem anterior).

Variante V: Creación de un Muro Trombe. En el caso de Buenos Aires se utiliza la pared lateral del sector dormitorios (suponiéndola orientada al norte) y en el caso Bariloche toda la cara lateral de la vivienda donde están los dormitorios también considerada como orientada al norte.

Variante VI: Como alternativa a la variante anterior creación de un espacio solar que en el caso Buenos Aires se ubica en el mismo lugar en el que se había considerado al Muro Trombe y en el caso Bariloche se completa al porche (ahora orientado al norte) por ser la solución de menor precio para esta variante.

Los detalles de estas variantes para ambos casos se muestran en las figs. 3 y 4.

LOS SOBRECOSTOS DE LAS MEJORAS Y EL FACTOR DE AHORRO ENERGÉTICO (FAE)

Para ambos casos a cada variante aplicada le corresponde un sobrecosto con respecto al valor original de la vivienda tal cual fue concebida en un principio y al mismo tiempo para cada variante aplicada le corresponde una disminución de su consumo energético con respecto del consumo de la vivienda según su construcción original.

Cabe aclarar que este análisis se hace sobre el supuesto que la vivienda es construida según el detalle de cada variante y no, como puede suponerse, que una vez terminada se hacen las mejoras.

Los valores así determinados son aplicables entonces para viviendas nuevas que se construyan según las variantes señaladas y no para viviendas existentes que se modifiquen para adaptarlas a las mismas. Este último caso es evidentemente más costoso.

Para las variantes de conservación de energía los sobrecostos se acumulan y para las variantes solares se suponen uno y otro sistema como el adoptado. En el caso del espacio solar no se toma en cuenta el aumento de superficie aprovechable que ello significa.

Para el Factor de Ahorro Energético se tienen en cuenta los aportes solares sobre todos los componentes de la envolvente sobre la base de considerar los días medios mensuales del período invernal.

En las fig. 5 y 6 se muestran las curvas que relacionan los sobrecostos en términos porcentuales de incremento con el ahorro energético obtenido como fracción de la unidad. Las viviendas según su concepción original no tendrán sobrecosto (SC = 0% y FAE = 0).

Fig.3: Variantes constructivas del modelo para Bs. As. (Diario Clarín).

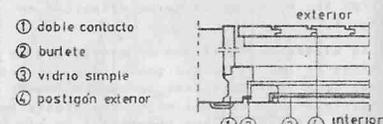
VARIANTE I	FAE=0.12	SC=2.3%
------------	----------	---------

Disminución de las infiltraciones modificando las carpinterías para obtener buenos contactos y agregando burletes.

Fig.4: Variantes constructivas del modelo para Bariloche (Tipo C)

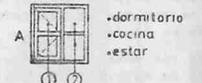
VARIANTE I	FAE=0.15	SC=5.3%
------------	----------	---------

Disminución de las infiltraciones modificando las carpinterías para obtener buenos contactos y agregando burletes.



Reducción de la cantidad de hojas de abrir (las previstas son excesivas para el clima local).

- 1) hoja de abrir
- 2) paño fijo



Cierre del porch para crear un espacio tapón

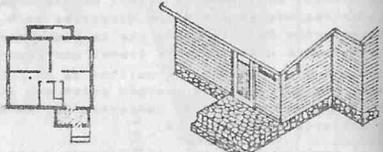


Fig.3: Variantes constructivas del modelo para Bs. As. (Diario Clarín).

VARIANTE II	FAE=0.49	SC=4.1%
-------------	----------	---------

Modificación del criterio constructivo de muros y cubiertas.

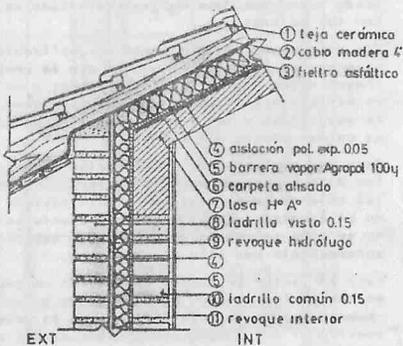


Fig.4: Variantes constructivas del modelo para Bariloche (Tipo C)

VARIANTE II	FAE=0.69	SC=21.4%
-------------	----------	----------

Modificación del criterio constructivo de muros, cubiertas y pisos.

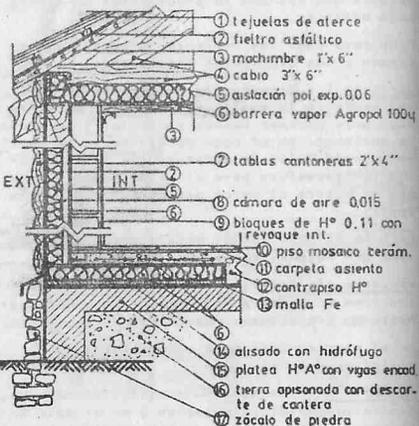


Fig.3: Variantes constructivas del modelo para Bs. As. (Diario Clarín).

VARIANTE III	FAE=0.63	SC=7.0%
--------------	----------	---------

Agregado de dobles vidriados a las carpinterías principales.

VARIANTE IV	FAE=0.67	SC=8.7%
-------------	----------	---------

Agregado de "masa" (modificando contrapisos y eliminando pisos de madera).

VARIANTE V	FAE=0.77	SC=14.6%
------------	----------	----------

Creación de un Muro Trombe. Se utiliza la pared lateral del sector dormitorios suponiéndola orientada al norte.

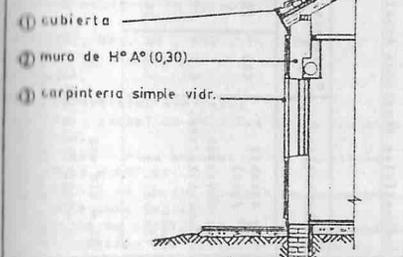


Fig.4: Variantes constructivas del modelo para Bariloche (Tipo C)

VARIANTE III	FAE=0.72	SC=25.8%
--------------	----------	----------

Agregado de dobles vidriados a las carpinterías principales y de postigones interiores (protegen de las pérdidas nocturnas).

VARIANTE IV	FAE=0.73	SC=25.8%
-------------	----------	----------

Agregado de "masa" (modificando contrapisos, eliminando pisos de madera y relleno los huecos de los bloques de hormigón con materiales pétreos).

VARIANTE V	FAE=0.77	SC=33.3%
------------	----------	----------

Creación de un Muro Trombe. Se utiliza la cara lateral de la vivienda donde están los dormitorios suponiéndola orientada al norte.

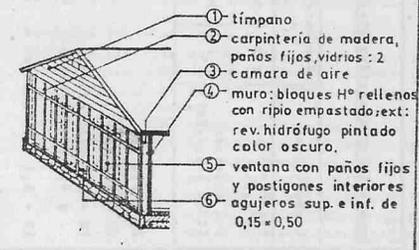


Fig.3: Variantes constructivas del modelo para Bs. As. (Diario Clarín).

VARIANTE VI	FAE=0.76	SC=18.5%
-------------	----------	----------

Creación de un espacio solar en el mismo lugar en que se había considerado al Muro Trombe.

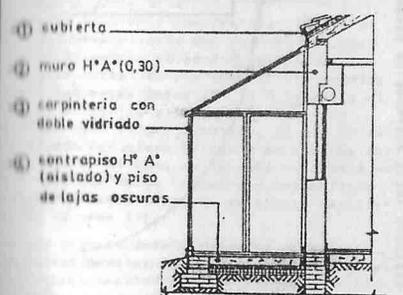


Fig.4: Variantes constructivas del modelo para Bariloche (Tipo C)

VARIANTE VI	FAE=0.76	SC=56.6%
-------------	----------	----------

Creación de un espacio solar completando el porch y suponiéndolo orientado al norte.

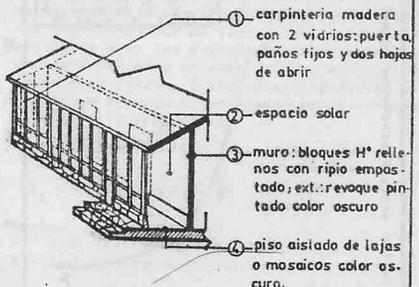


Fig. 5: Relación entre sobrecostos acumulados y FAE-Buenos Aires

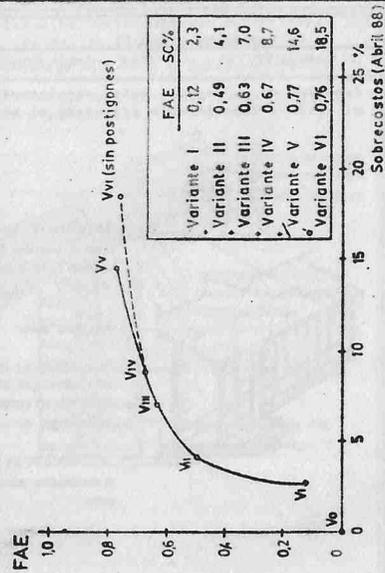


Fig. 6: Relación entre sobrecostos acumulados y FAE-Bariloche

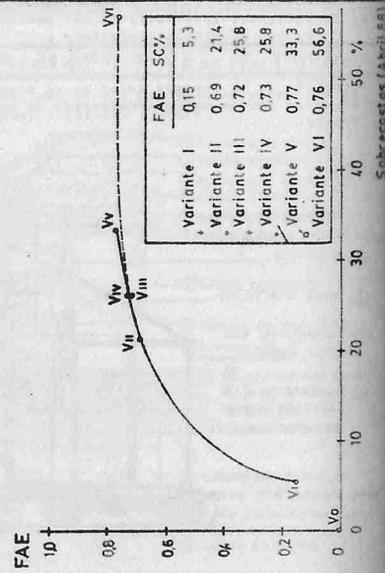


Fig. 7
Combustibles Ahorrados Anualmente - Caso Buenos Aires

Combustibles	Variantes I + II + III + IV + V ó VI					
Gas Natural (m ³ /año)	192	782	1006	1070	1229	1213
Gas Envasado (Tubo 4.5kg/año)	2,6	10,5	13,5	14,3	16,5	16,3
Poder calorífico:						
UA = 592 w/c						
GD = 945						
FU = 0,9 gas natural y 0,7 gas envasado						
EF = 0,7 calefacción						
Gas Natural = 9300 Kcal/m ³						
Gas Envasado = 12000 Kcal/kg						

Combustibles	Variantes I + II + III + IV + V ó VI					
Gas Natural (m ³ /año)	646	2972	3101	3145	3317	3274
Gas Envasado (Tubo 4.5kg/año)	8,7	39,8	41,5	42,1	44,4	43,9
Leña (Tn/año)	2,6	11,9	12,5	12,6	13,3	13,1
Poder calorífico:						
UA = 410 w/c						
GD = 3682 (Base 18°C)						
FU = Gas iden anterior y 0,5 leña						
Leña = 4500 Kcal/kg						
Pe leña = 0,7 Tn/m ³						

Combustibles Ahorrados Anualmente - Caso Bariloche

Es de notar que, los costos de construcción originales son mucho menores en Bariloche (A 1322/m²/Abril-88) que en Buenos Aires (1973/m²/Abril-88) pero que el sobrecosto que agregan las variantes es, por el contrario, mucho mayor en Bariloche que en Bs. As.

LOS PARAMETROS ECONOMICOS Y ENERGETICOS CONSIDERADOS

Para cada variante construida corresponde una disminución de los consumos energéticos que referidos a los combustibles más habituales para cada región nos permitirá conocer los niveles de combustibles ahorrados en sus unidades más conocidas de comercialización.

Los combustibles ahorrados anualmente se determinan mediante la fórmula:

$$CA = (24 \cdot UA \cdot GD \cdot FAE \cdot FU \cdot CU) / EF$$

Donde:

- CA = Combustibles ahorrados
- UA = Coef. global de pérdidas de la vivienda (w/c)
- GD = Grados - días anuales de la localidad (Base = 18° C)
- FAE = Factor de Ahorro Energético calculado para cada variante
- FU = Factor de utilización de los sistemas de calefacción (se estima en función de encuestas, precios combustibles o apreciaciones de la realidad).
- CU = Coef. para convertir unidades a las utilizadas comercialmente
- EF = Eficiencia de los equipos utilizados.

En los cuadros de la fig. 7 se han volcado los valores calculados para cada variante y localidad, tomando al gas natural o envasado como los combustibles con los que mayoritariamente se cubren las necesidades de calefacción. En el caso Bariloche se considera además a la leña cuyo uso está altamente extendido en toda la región patagónica.

Entre las hipótesis consideradas figura el 10% de ahorro para el caso del gas natural por considerar que en el sector social elegido el precio actual de ese combustible permite cubrir las necesidades (Un 10% lo cubre el sistema eléctrico y los ocupantes) y un 10% de ahorro para el gas envasado, ya que el mayor precio del mismo obliga a un uso más restringido. En el caso de la leña se adoptó un 10% de ahorro que surge (igual que los anteriores) del procesamiento de encuestas realizadas en la zona (4).

Los ahorros determinados se calcularon en Costos Anuales Equivalentes (CAE) de las inversiones realizadas y de los combustibles ahorrados. La inversión será económicamente viable cuando el CAE de la inversión sea igual o por lo menos igual al CAE de los combustibles ahorrados.

Para el caso de las variantes el CAE será:

$$CAE = (SV \times E_1) + SH$$

SV = Sobrecosto total inicial de la variante (o de las variantes sumadas) = en A/gio bal.

SH = Sobrecosto anual del mantenimiento para cada caso (A/ier año) considerado constante.

E₁ = Parámetro de ajuste económico.

El sobrecosto SV se calculó aplicando el porcentaje establecido para cada caso al precio total de la vivienda.

Para el SH se hicieron las siguientes hipótesis:

Variante I - cada 2 años se renuevan burletes

Variante II - no tiene mantenimiento

Variante III - Se estima un 4% anual del sobrecosto inicial de la variante por renovación de vidrios rotos

Variante IV - No tiene mantenimiento

Variante V y VI - Se estima un 7% anual como valor medio y con respecto del sobrecosto inicial de la variante por limpieza, renovación de vidrios rotos y pintura carpinterías.

En cuanto al E₁ depende de varios factores. De ellos se destacan el ciclo de vida útil esperado para el edificio y c/u de las variantes y la tasa de descuento, el valor de reventa de las variantes y el tiempo dentro de la vida útil en el que se considera que el usuario vende su propiedad recuperando la totalidad o parte de la inversión realizada para las mejoras.

Entre las hipótesis consideradas se estimó en 50 años la vida útil del edificio para Buenos Aires y 40 años para Bariloche. Para la tasa de descuento se adoptó el 12% anual a valores constantes que es la tasa de rentabilidad que establecen los organismos internacionales de financiación y se consideró el valor de reventa como igual a 1 (optimista) y que el usuario no vende su propiedad en el período de vida útil (pesimista).

Para estas hipótesis:

$$E_1 = \frac{[(1 + R)^n] \cdot R}{(1 + R)^n - 1}$$

Donde:

n = Vida útil del edificio en años.

R = Tasa de descuento considerada.

En el caso de los combustibles ahorrados el Costo Anual Equivalente será igual a

$$CAE = PC \times E_2$$

donde;

REFERENCIAS:

- 1.- Di Constanzo M., Yarke E. y Fabris A. "Criterios de Cálculo de los Sobrecostos de Sistemas Solares Pasivos en Viviendas Individuales" - ISABA - Trabajo presentado en la XII Reunión de Trabajo de Asados - Bs. As. Nov/87.
- 2.- Diario Clarín - Sección Arquitectura "El presupuesto al día". Se publica los 3ros. viernes de cada mes.
- 3.- Fujol M. y otros "Estudio del Comportamiento Energético de Edificios ubicados dentro de áreas patagónicas bajo jurisdicción de Parques Nacionales". Informe Final - Volúmenes I y II - ISABA - Convenio Secretaría de Energía-APN-CFI-Bs.As. Dic./87.
- 4.- Yarke E. y otros "Estudio y elaboración de propuestas para la aplicación de energías no-conventionales en áreas patagónicas bajo jurisdicción de Parques Nacionales" - Informe Final - Volúmenes I y II - ISABA. Idem convenio anterior.
- 5.- Passive Solar Design Handbook - Supplement to Volumen III - Capítulo H y Appendix E.
Holl S. y Barley D. - American Solar Energy Society - NY - 1983.

