

ESTIMACION DE COSTOS ENERGETICOS DE CONSTRUCCION  
EN VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL †

Daniel Perone\* y Elio Di Bernardo\*

Centro de Estudios Bioambientales (CEB)  
Facultad de Arquitectura, Planeamiento y Diseño  
Universidad Nacional de Rosario  
Riobamba 250 bis - 2000 Rosario

RESUMEN

El objetivo de este trabajo consiste en determinar la cantidad de energía necesaria para extraer, procesar y transportar los materiales y componentes constructivos en la ejecución de viviendas "de interés social".

Se logró definir el contenido energético de la mayoría de los materiales de construcción tradicionales, teniendo en cuenta la dispersión de los valores hallados debido a la variabilidad de los procesos, eficiencias, distancias, etc.. Luego se estimaron los contenidos energéticos de los principales componentes constructivos (muros, cubiertas, etc.) y con ellos se realizó el cómputo energético para una vivienda tipo según los planes del FONAVI. El cómputo dió como resultado un costo energético de construcción que oscila entre 1.8 y 2.4 GJ/m<sup>2</sup>, valores comparables a los obtenidos en estudios similares desarrollados en otros países.

INTRODUCCION

En la sociedad contemporánea se presentan, entre varios otros, tres problemas cruciales en cuanto al desarrollo de los asentamientos humanos:

- el constante crecimiento y urbanización de la población
- el creciente deterioro ambiental de la calidad de vida
- el progresivo agotamiento e ineficiente asignación de los recursos

El primer fenómeno tiene como consecuencia la aparición de un usuario masivo y anónimo, relegado a vivir en áreas periféricas y degradadas de las

ciudades, y en la mayoría de los casos sin recursos como para programar, diseñar y/o acceder a la propiedad de la vivienda. Paralelamente, el deterioro ambiental implica un nivel de vida cada vez más bajo para amplios sectores de la población: marginación social y física, comunicaciones y servicios insuficientes, bajos niveles de confort, contaminación de todo tipo, etc.. Por último, la escasez e incorrecta utilización de los recursos productivos básicos (materia, energía y trabajo) agravan las crisis socioeconómicas en los países periféricos: inflación, desocupación, pobreza, desequilibrios regionales, atrasos tecnológicos, etc..

Esta compleja situación, que nuestro país debe enfrentar decididamente en la actualidad, obliga a estudiar cuidadosamente la manera en que se asignan los recursos disponibles en el campo de la construcción masiva de viviendas. Por ejemplo, la localización generalmente marginal de los nuevos "conjuntos habitacionales" no hace sino aquilatar los problemas mencionados: aumentando la degradación y perifización de las ciudades, originando altos costos energéticos de transporte, de comunicaciones y de distribución de servicios, etc.. Por otro lado, es notable observar cómo las normas vigentes para los planes de construcción masiva están orientadas casi exclusivamente a reducir los costos iniciales de ejecución (eliminando terminaciones y aislaciones, utilizando menos materiales o de menor calidad, etc.), pero sin tener para nada en cuenta los futuros costos de mantenimiento y funcionamiento que deberán afrontar los usuarios a causa de una construcción "barata", so pena de vivir condenados a malas condiciones de confort y en viviendas de menor vida útil.

- Becario del CONICPT
- Director del CEB
- Parcialmente financiado por SECYT



A la luz de estas consideraciones es que se plantea en este trabajo un estudio de los costos energéticos de construcción en viviendas de interés social, con lo cual se pretende disponer de una referencia interesante para analizar de qué manera se asignan los recursos naturales (energía y materia) y con qué grado de eficiencia son utilizados estos recursos, cada vez más escasos y más valiosos para el país. La optimización entre los costos energéticos de construcción y los de mantenimiento y funcionamiento, permitirá obtener una ecuación económico-energética más favorable a lo largo de la vida útil de las viviendas de construcción masiva financiadas por el Estado. Por otra parte, será dicha optimización la que va a definir la real conveniencia del aprovechamiento de la energía solar en los edificios.

No obstante esta trascendencia, el tema no ha tenido el suficiente desarrollo en nuestro país como para confrontar los resultados que se esperan obtener en este trabajo. A esto se suma la escasa información estadística sobre insumos energéticos industriales discriminados, hecho éste crucial ya que no hay condición más elemental cuando se pretende economizar energía que saber perfectamente quién, cómo y en qué cantidad se la consume.

#### CONSIDERACIONES PRELIMINARES

Las fuentes de información para el desarrollo de este trabajo fueron las siguientes: en primer lugar se acudió a diversas industrias proveedoras de materiales de nuestro medio a los efectos de obtener los datos necesarios de insumos energéticos, montos de producción, equipos utilizados, eficiencias de los procesos, medios de transporte, etc.; por otro lado, se rastreó bibliografía en el exterior, obteniéndose valiosa información de varios centros de investigación reconocidos internacionalmente: Buildind Research Establishment (UK), Centre Scientifique et Technique du Batiment (Francia), Consiglio Nazionale delle Ricerche (Italia), y Los Alamos Scientific Laboratory (USA), entre otros.

Todas las estimaciones fueron realizadas en valores de energía primaria, para lo cual se estudiaron las eficiencias de cada una de las energías secundarias consumidas, teniendo en cuenta las pérdidas globales por extracción, transformación, almacenamiento, transporte, etc. (1). La figura 1 muestra los valores medios de eficiencia ( $\bar{e}$ ) y los poderes caloríficos (PC) adoptados

para cada fuente de energía secundaria

Fuente secundaria	$\bar{e}$ %	PC (Kcal/Kg)	
		inf	sup
diesel oil	98	10000	10700
gasoil	98	10200	10900
naftas	81	11200	11350
fuel oil	85	9750	10500
carbón	78	5200	6200
gas natural (m3)	85		9300
leña	77	2300	3500
electricidad *	41		

\* si bien la eficiencia para la electricidad generada por usinas térmicas es aproximadamente del 33%, se ha tenido en cuenta que en el sistema interconectado zona litoral alrededor de un 30% del suministro proviene de centrales hidroeléctricas

Figura 1

Se realizó, además, una estimación de los costos energéticos del transporte de los materiales, desde su origen hasta la obra, tomándose como referencia el traslado en camión ya que es éste el medio más usual para el transporte de materiales de construcción en nuestra zona. Los valores aproximados obtenidos se detallan en la figura 2, estimados sobre la base de que un camión consume alrededor de 20 litros de gasoil para transportar 6 m3 de arena o cemento (10 ton) a una distancia de unos 35 a 40 Km:

Tipo de material	MJ/tnKm
muy pesados (cemento)	2.3 : 2.6
semipesados (maderas)	5.7 : 6.5
livianos (poliestireno)	57 : 65
(2) ladrillos y arena	3 : 6 *
(3) ladrillos y cemento	3.3 *
(3) maderas	2.2 *
(4) cemento	2.0 *
(4) metales	9.0 *

\* datos encontrados en la bibliografía extranjera consultada

Figura 2

De todas maneras, como se verá más adelante, la incidencia de los costos de transporte en el contenido energético total es prácticamente despreciable en casi la totalidad de los materiales de construcción, y mucho más aún si se considera el caso del transporte ferroviario.



Finalmente, cabe aclarar que en ningún caso se han incluido los costos energéticos de la mano de obra. En primer lugar, porque sería irrelevante considerar solamente la energía metabólica gastada en ejecutar una tarea, y en segundo término porque el tema del trabajo humano (única variable productiva, junto a la energía y la materia, que agrega valor a los bienes) tiene connotaciones que escapan a cualquier análisis de tipo económico utilitario. En consecuencia, no se ha tenido en cuenta este factor en el presente trabajo, y en esto coincidimos con la totalidad de los autores extranjeros consultados.

#### CONTENIDO ENERGETICO DE MATERIALES Y COMPONENTES

A partir de la consulta a los proveedores, se logró establecer el contenido energético de los siguientes materiales de construcción: cemento, arena y grava, cerámicos ordinarios, azules y lozas, ladrillo común, ladrillo cerámico hueco, hormigón de piedra, hormigón pobre, bloques de

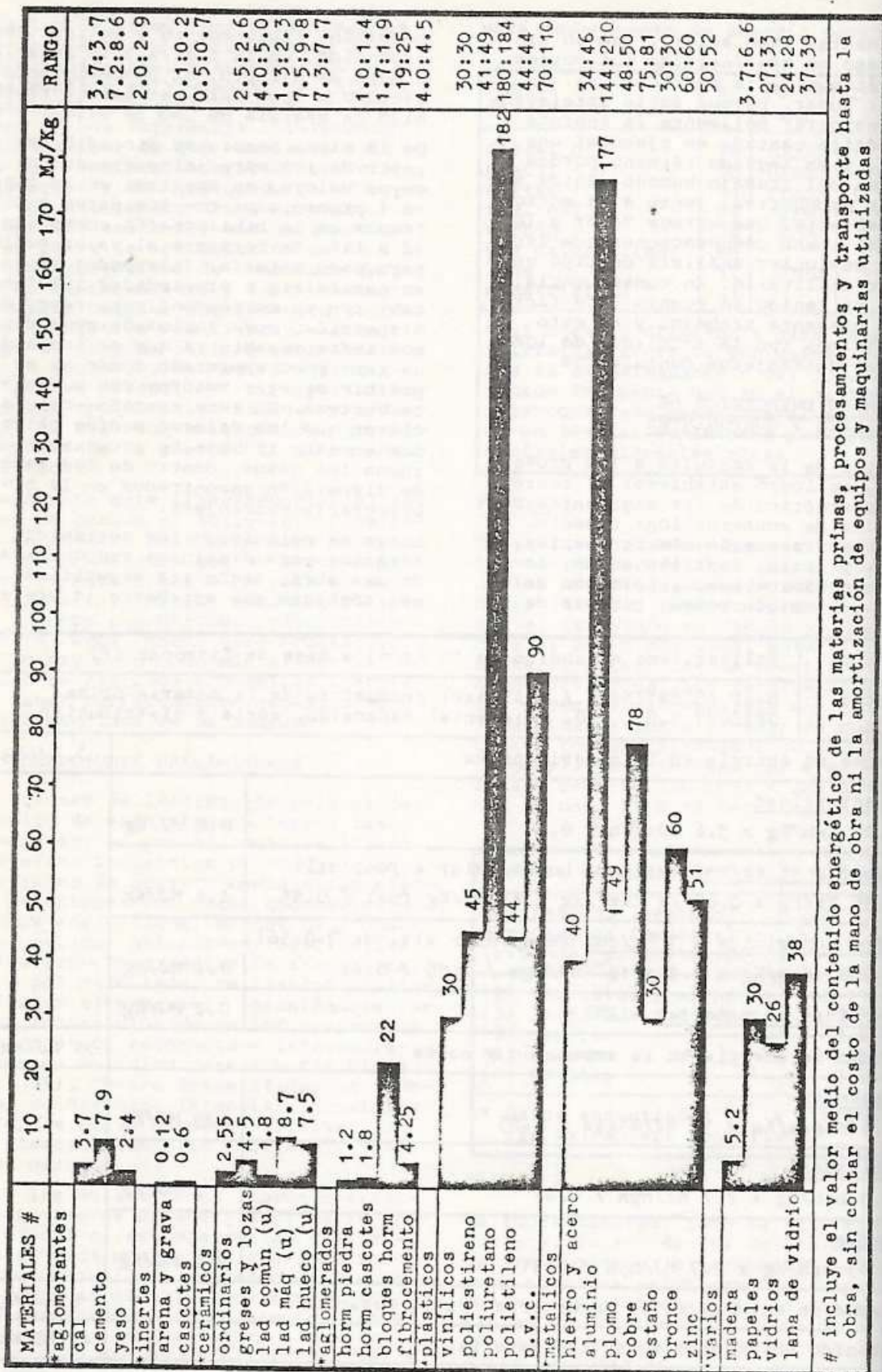
hormigón, fibrocemento y poliestireno expandido. En la figura 3 se detalla, a modo de ejemplo, el procedimiento llevado a cabo para estimar el contenido de energía de uno de ellos.

De la misma manera se procedió con el resto de los materiales estudiados, cuyos valores se muestran en la figura 4 promediados con los datos encontrados en la bibliografía consultada (2 a 14). Se consigna el valor medio para cada material (agrupados según su naturaleza o propiedades intrínsecas) con su correspondiente rango de dispersión, cuya inclusión consideramos indispensable ya que se trata de un tema poco explorado donde no es posible manejar valores con suficiente certeza. En este sentido, cabe aclarar que los valores medios obtenidos en este trabajo se encuentran, en todos los casos, dentro de los rangos de dispersión encontrados en la bibliografía extranjera.

Luego se calcularon los contenidos unitarios para distintos componentes de una obra, según las especificaciones técnicas que establece la opera-

Material	Poliestireno expandido de 16 Kg/m <sup>3</sup> a base de Styropor (R)	
Fuentes	BASF ARGENTINA S.A. (Alvear) productora de la materia prima GRICORT S.R.L. (G. Baigorria) expansión, corte y distribución	
Consumo de energía en la materia prima		3 MJ/Kg
• <u>Electricidad</u>		
0.09 Kwh/Kg x 3.6 MJ/Kwh / 0.41	0.8 MJ/Kg	
• <u>Vapor a 15 Kg/cm<sup>2</sup></u> (caldera humotubular a fuel oil)		
0.35 Kg/Kg x 0.09 Kg fuel/Kg x 43 MJ/Kg fuel / 0.85	1.6 MJ/Kg	
• <u>Aire comprimido a 7 Kg/cm<sup>2</sup></u> (compresor alt. de $\eta=0.56$ )		
- 9900 Kgm/Kg x 9.8 x 10 <sup>-6</sup> MJ/Kgm / 0.56 / 0.41	0.4 MJ/Kg	
• <u>Pérdidas de material</u> (12%)	0.2 MJ/Kg	
Consumo de energía en la expansión y corte		31 MJ/Kg
• <u>Expansor</u>		
0.6 m <sup>3</sup> gas/Kg x 39 MJ/m <sup>3</sup> gas / 0.85	29 MJ/Kg	
• <u>Agitador</u>		
0.3 hph/Kg x 2.7 MJ/hph / 0.41	2 MJ/Kg	
• <u>Corte</u>		
0.03 hph/Kg x 2.7 MJ/hph / 0.41	0.2 MJ/Kg	
Consumo de energía en el transporte (radio Rosario)		6 MJ/Kg
Contenido energético total del material		40 MJ/Kg

Figura 3



# incluye el valor medio del contenido energético de las materias primas, procesamientos y transportes hasta la obra, sin contar el costo de la mano de obra ni la amortización de equipos y maquinarias utilizadas

Figura 4



Componente	hormigón simple de 2200 Kg/m <sup>3</sup>	
Dosaje	1 : 3 : 3 cemento, arena y grava	
Volumen real = volumen aparente x coeficiente de aporte (15)		
1 m <sup>3</sup> cem x 0.47 = 0.47 m <sup>3</sup>	1 m <sup>3</sup> cem/4.77 m <sup>3</sup> x 1400 Kg/m <sup>3</sup> =	294 Kg/m <sup>3</sup>
3 m <sup>3</sup> are x 0.57 = 1.71 m <sup>3</sup>	3 m <sup>3</sup> are/4.77 m <sup>3</sup> x 1600 Kg/m <sup>3</sup> =	1006 Kg/m <sup>3</sup>
3 m <sup>3</sup> gra x 0.53 = 1.59 m <sup>3</sup>	3 m <sup>3</sup> gra/4.77 m <sup>3</sup> x 1300 Kg/m <sup>3</sup> =	818 Kg/m <sup>3</sup>
1 m <sup>3</sup> H <sub>2</sub> O x 1.00 = 1.00 m <sup>3</sup>		
	4.77 m <sup>3</sup>	
Contenido de energía (según figura 4)		
294 Kg/m <sup>3</sup> x (7.20 ÷ 8.60) MJ/Kg =	2177 ÷	2528 MJ/m <sup>3</sup>
1006 Kg/m <sup>3</sup> x (0.08 ÷ 0.16) MJ/Kg =	80 ÷	161 MJ/m <sup>3</sup>
818 Kg/m <sup>3</sup> x (0.08 ÷ 0.16) MJ/Kg =	65 ÷	131 MJ/m <sup>3</sup>
10% por pérdidas de material =	232 ÷	282 MJ/m <sup>3</sup>
	2554 ÷	3122 MJ/m <sup>3</sup>
		1.16 ÷ 1.42 MJ/Kg

Figura 5

La FONAVI para la construcción de viviendas masivas, Ley 21581. En la figura 5 se detalla el procedimiento adoptado para estimar el contenido energético de uno de los componentes de la obra, según los valores indicados en la figura 4.

En la figura 6 se muestran los resultados para el resto de los componentes, agrupados en los distintos rubros que, por lo general, integran la obra de construcción tradicional.

#### CONTENIDO ENERGETICO DE VIVIENDAS

Se seleccionó una vivienda de un conjunto de 36 unidades ya construidas en las inmediaciones de la ciudad de Rosario por una empresa local, que suministró los legajos de obra y las especificaciones técnicas y económicas ajustadas a las normas FONAVI.

La unidad elegida cuenta con estar, cocina, baño y dos dormitorios, en una sola planta de 53 m<sup>2</sup>, y está ejecutada en forma tradicional: muros portantes de mampostería de ladrillos comunes, cubierta de chapas de hierro galvanizado, tabiques interiores de ladrillos cerámicos huecos, revoques comunes terminados a la cal, carpinterías metálicas con vidrios comunes, pisos de baldosas cerámicas, etc..

Se realizó el correspondiente cómputo energético cuyos detalles describe la figura 8, con los valores absolutos y la incidencia de cada rubro en el total de la obra.

El costo energético de construcción para esta vivienda FONAVI se ubica en el rango de 96 a 128 GJoules, es decir, entre 1.8 y 2.4 GJ/m<sup>2</sup> que repre-

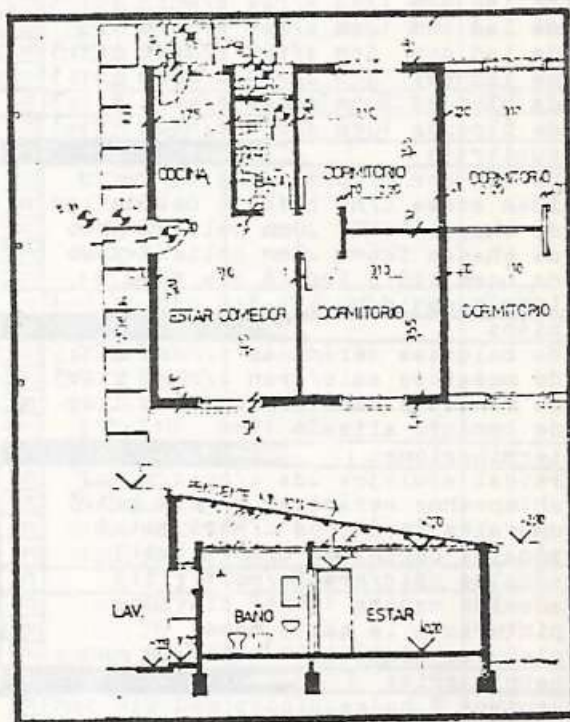


Figura 7 Unidad seleccionada

sentan unos 580 Kwh/m<sup>2</sup> aproximadamente.

Se estima que los rubros considerados abarcan alrededor del 90% de la obra, ya que no fueron computados los artefactos sanitarios ni las instalaciones eléctricas.

Comparando los valores obtenidos con los resultados de otros estudios similares realizados por centros de investigación extranjeros, puede comprobarse una aproximación más que aceptable.



COMPONENTES PRINCIPALES DE OBRA s/especificaciones planes FONAVI	Contenido energético en Megajoules									
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
<b>hormigones</b>										
de piedra 1:3:3 FeØ8 (encad. 12x25)	m									130
de piedra 1:3:3 FeØ8/6 (losa 12cm)	m <sup>2</sup>									520
de piedra 1:3:3 FeØ8 (postes 10cm)	u									
de cascotes 1:3:5 (zapatas 30x45)	m									390
de cascotes 1:3:5 (zapatas 30x30)	m									260
de cascotes 1:1:3:6 (contrapisos)	m <sup>2</sup>									120
<b>morteros</b>										
de cemento 1:2½ (20mm revoque hid)	m <sup>2</sup>									120
de cemento 1:1 (5mm alisados)	m <sup>2</sup>									35
de cemento 1:4 (15mm fratazados)	m <sup>2</sup>									60
de cemento y cal 1:1:3 (20mm int.)	m <sup>2</sup>									40
de cemento y cal 1:1:3 (15mm rev.)	m <sup>2</sup>									30
de cal 1:3 (5mm enlucidos)	m <sup>2</sup>									5
de cal 1:3 (asiento p/mamp. 30cm)	m <sup>2</sup>									65
de cal 1:3 (asiento n/mamp. 15cm)	m <sup>2</sup>									25
<b>mamposterías</b>										
de lad com 26cm s/rev c/mort 1:1:3	m <sup>2</sup>									405
de lad com 26cm s/rev c/mort 1:3	m <sup>2</sup>									335
de lad com 12cm s/rev c/mort 1:1:3	m <sup>2</sup>									185
de lad com 12cm s/rev c/mort 1:3	m <sup>2</sup>									160
de lad com 5cm s/rev c/mort 1:1:3	m <sup>2</sup>									70
de lad cer 8cm s/rev c/mort 1:1:3	m <sup>2</sup>									240
de bloques 20cm s/rev c/mort 1:1:3	m <sup>2</sup>									325
de bloques 10cm s/rev c/mort 1:1:3	m <sup>2</sup>									250
<b>cubiertas *</b>										
de vig cer c/horm 1:3:5 cie yeso	m <sup>2</sup>									490
idem acces c/hp 1:1:3:6 dob de lad	m <sup>2</sup>									850
de chapas BGW24 20mm poliest+yeso	m <sup>2</sup>									480
de chapas fc6mm 20mm poliest+yeso	m <sup>2</sup>									250
de horm 1:3:3 FeØ8/6 cie yeso	m <sup>2</sup>									490
idem acces c/hp 1:1:3:6 dob de lad	m <sup>2</sup>									95
<b>pisos</b>										
de baldosas ceramicas c/mort 1:1:3	m <sup>2</sup>									120
de mosaicos calc/gran c/mort 1:1:3	m <sup>2</sup>									340
de mosaicos vinílicos c/mort 1:2½	m <sup>2</sup>									90
de cemento alisado 15mm	m <sup>2</sup>									60
<b>terminaciones</b>										
revest azulejos 2da c/mort 1:1:3	m <sup>2</sup>									75
antepechos cerámicos c/mort 1:1:3	m									15
umbrales cerámicos c/mort 1:1:3	m									40
zócalos cerámicos c/mort 1:1:3	m									10
zócalos calc/gran c/mort 1:1:3	m									35
zócalos madera 1½"x½" clavados	m									5
pinturas a la cal 3 manos	m <sup>2</sup>									1.5
pinturas sintéticas base + 2 manos	m <sup>2</sup>									5
<b>carpinterías</b>										
ventana 2 hojas c/post mad vid 3mm	m <sup>2</sup>									410
idem en chapa BGW 18/22 cont Al	m <sup>2</sup>									95
ventana balancín madera vid 3mm	m <sup>2</sup>									250
idem en chapa BGW 18/22 cont Al	m <sup>2</sup>									580
puerta placa madera terc 3mm	u									240
idem en chapa BGW18 hoja BGW24	u									660
vidrio común 3mm	m <sup>2</sup>									220
vidrio común 6mm	m <sup>2</sup>									470
<b>instalaciones</b>										
pileta de patio abierta	u									155
boca de desagüe tapada	u									300
caños fibrocemento 0.060	m									15
caños cemento sprobado 0.100	m									35
caños plomo 0.013	m									85
caños hierro galvanizado 0.019	m									40

\* no se incluye el contenido energético de las impermeabilizaciones hidráulicas

Figura 6



RUBROS	unid	cant	MJ/unid.	MJ/comp.	GJ/rubro	r.c.		
<b>(1) cimentaciones</b>								
* zapatas hp	m	39	265:337	10330:13130	14.9 : 18.8	0.5		
* capas aisladoras	m2	37	123:153	4550:5660				
<b>(2) mamposterías</b>								
* de 30cm mort 1:1:3	m2	12	275:405	3300:4860	23.6 : 35.5	0.36		
* de 30cm mort 1:3	m2	69	215:335	14835:23115				
* de 15cm mort 1:1:3	m2	5	120:185	600:925				
* de 15cm mort 1:3	m2	28	100:160	2800:4480				
* de 10cm mort 1:1:3	m2	9	230:240	2070:2160				
<b>(3) revoques</b>								
* interior bolseado	m2	118	35:40	4130:4720	10.9 : 13.2	0.1		
* exterior grueso	m2	68	95:120	6460:8160				
* fino a la cal	m2	68	4:5	270:340				
<b>(4) pisos</b>								
* contrapiso hp	m2	60	100:120	6000:7200	11.8 : 13.6	0.11		
* baldosas ceramicas	m2	46	110:120	5060:5520				
* cemento alisado	m2	14	50:60	700:840				
<b>(5) techo</b>								
* cielorraso	m2	46	90:130	4140:5980	18.4 : 25.2	0.19		
* cubierta de chaba	m2	55	260:350	14300:19250				
<b>(6) aberturas</b>								
* ventanas c/postigo	m2	4.5	730:950	3285:4275	5.5 : 7.3	0.36		
* ventana balancín	m2	1	450:580	450:580				
* puertas exteriores	u	2	500:660	1000:1320				
* puertas interiores	u	3	270:390	810:1170				
<b>(7) terminaciones</b>								
* azulejos	m2	18	65:75	1170:1350	2.3 : 2.7	0.33		
* zócalos cerámicos	m	52	8:9	420:470				
* antepechos	m	7	14:15	100:105				
* umbrales	m	2	36:39	70:80				
* pinturas a la cal	m2	170	1:1.5	170:255				
* pinturas sintéticas	m2	45	4:4.5	180:225				
* mesada de granito	u	1	145:170	145:170				
<b>(8) instalaciones</b>								
* tanque fibrocemento	Kg	75	4:4.5	300:340			8.2 : 10.4	0.38
* boca desagüe tapada	u	1	220:300	220:300				
* cámara séptica	u	1	3900:5000	3900:5000				
* pozo absorbente	u	1	1100:1400	1100:1400				
* pileta de patio	u	2	115:155	230:310				
* caños fc 0.060	m	10	13:15	130:150				
* caños ca 0.100	m	18	30:35	540:630				
* caños pb 0.013	m	8	80:85	640:680				
* caños hg 0.019	m	35	30:40	1050:1400				
* caños hb 0.013	m	4	30:45	120:140				
<b>(9) exteriores</b>								
* postes ha	u	7	65:80	455:560	0.9 : 1.2	0.01		
* relleno hp	m3	0.05	1200:1500	60:75				
* alambrado	m	140	1.5:2	210:280				
* pilar medidores	m3	0.2	800:1200	160:240				
Contenido energético total (GJ)					96 : 128	1.00		
Superficie cubierta total (m2)					53			
Contenido energético unitario (GJ/m2)					1.8 : 2.4			

Figura 8

entre los distintos trabajos consultados y este proyecto, tal como se observa en la figura 9.

#### CONCLUSIONES

En primer lugar, es interesante cotejar las incidencias de cada rubro en

el total de la obra en términos energéticos (según los estimados en este trabajo) y en términos monetarios (según el cronograma de inversiones reales suministrado por la empresa contratista). La figura 10 expresa dicha comparación, donde puede observarse que, en general, las incidencias están en el mismo orden



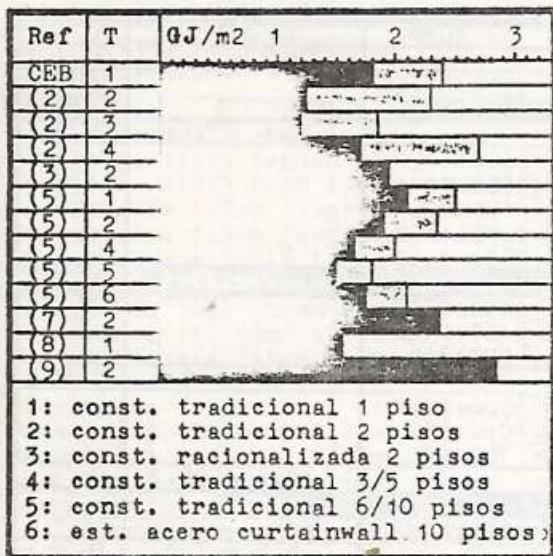


Figura 9

de magnitud, salvo en el caso de las cimentaciones e instalaciones sanitarias.

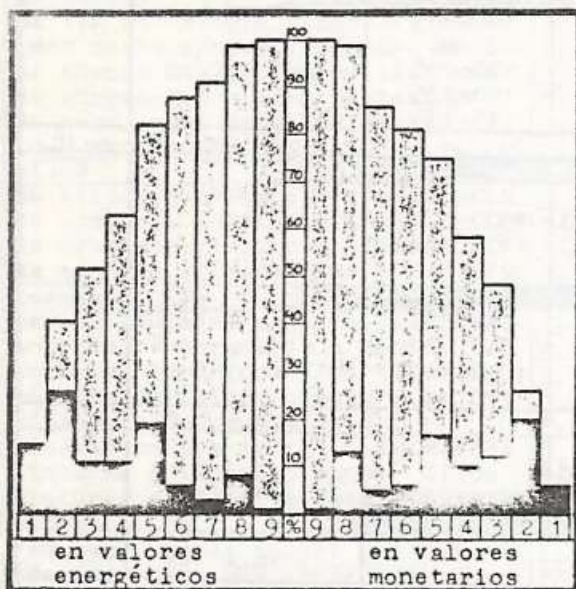


Figura 10

En las cimentaciones, la incidencia energética (15%) es bastante mayor que la monetaria (6%) debido, probablemente, al gran insumo de materiales y a que la mano de obra es más barata en este rubro. Inversamente, en las instalaciones (9 y 13 % respectivamente) la cantidad relativa de materiales es mucho menor pero interviene más mano de obra y de mayor especialización.

Aparentemente, los valores energéticos reflejan en buena medida los costos monetarios pero tienen la ventaja de indicar, además, de qué manera el Estado ha asignado los recursos naturales de la sociedad, y permiten analizar posteriormente con qué eficiencia han sido utilizados tales recursos. Un uso inadecuado de la energía en la construcción masiva de viviendas económicas, esto es, una construcción "barata" de la que se reduzcan indiscriminadamente los costos iniciales, tendría 'a priori' por lo menos dos consecuencias no deseadas:

- \* mayores costos de mantenimiento a los efectos de prolongar la vida útil de los edificios a términos razonables (50 o 60 años, como mínimo) de manera de justificar la gran inversión inicial que significa para el Estado la construcción masiva de viviendas
- \* mayores costos de funcionamiento para poder lograr condiciones de habitabilidad adecuadas ya que de lo contrario, si no se poseen recursos para hacer frente a dichos costos, se condena al usuario a vivir en condiciones de confort inaceptables.

Estas consecuencias, irracionales e innecesarias, podrían ser evitadas en buena medida planificando correctamente la asignación de los recursos y teniendo en consideración la totalidad de los costos energéticos de las viviendas en cuanto a su construcción, mantenimiento y funcionamiento a lo largo de toda su vida útil. En este sentido, el CEB está trabajando en la optimización económico-energética de la siguiente expresión:

$$\frac{CEC + CEM + CEF}{VU} = CEa \quad \text{siendo:}$$

CEC: costo energético de construcción (materiales, componentes, transporte, etc.)

CEM: costo energético de mantenimiento (reparaciones, reposiciones, limpieza, etc.)

CEF: costo energético de funcionamiento (confort, iluminación, etc.)

VU: vida útil de la vivienda

CEa: costo energético total por cada año de vida útil

La optimización de esta "ecuación", en análisis en conjunto de todos los costos energéticos involucrados en la vida útil de los edificios, deberá ser el punto de partida para definir el menor CEa en términos sociales, es decir el costo total que implica para la sociedad cada nuevo asentamiento humano.



## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer la colaboración del Arq. J. Vazquez en la recolección de datos, y a las siguientes empresas por las informaciones suministradas: GLIKSTEIN y CANETA S.A., BASF S.A., GRICORT S.R.L., V.A.S.A., INTERNIT S.A., Cerámicas ALBERDI, Instituto Argentino del Cemento Portland, Escneras CRUZ y ROSAS, Ladrillera CAERANZA SAROLI, y TRANSBETON S.A.

## REFERENCIAS

- (1) Instituto de Economía Energética. "Escenarios de Planeamiento Energético Argentino". 12º Curso Latinoamericano de Economía y Planificación Energética, Fundación Bariloche, 1982.
- (2) E. Gartner y M. Smith. "Energy cost of house construction". Building Research Establishment Current Paper 47/76 extraído de Energy Policy, Vol 4, June 1976, pp 144-157.
- (3) A. Mc Cillop. "Low energy house". Ecologist, Vol 2, 1972, p 12.
- (4) A. Makhijani y A. Lichtenberg. "Energy and well-being". Environment 14, June 1972, pp 10-18.
- (5) F. Ossola. "Contenuti di energia di costruzioni e consumi di esercizio nell' edilizia residenziale". Energia Progetto (PFE-CNR), 1981, pp 225-248.
- (6) R. Kegel. "The energy intensity of building material". Handbook of Energy Conservation for Mechanical Systems in Building, Section I, Cap 9, 1978, pp 33-40.
- (7) G. Brown y P. Stellon. "The material account". Built Environment, August 1974, pp 415-417.
- (8) D. Barnes y L. Rankin. "The energy economics of building construction". Building International, Vol 8, 1975, pp 31-42.
- (9) Building 3, January 1975, pp 41-59
- (10) R. Stein. "Energy costs of building construction". Energy & Building N°1, 1977, pp 27-29.
- (11) Energy Studies Unit, University of Strathclyde, Scotland. Comunicación personal del Dr. Malcolm Slessor, Director.
- (12) Centre Scientifique et Technique du Batiment. CAHIER du CSTB N°154.

- (13) S. Noll y L. Palmiter. "Passive, active and conservation: an energetic and economic analysis". Publicación de Los Alamos Scientific Laboratory (USA), 1979.
- (14) R. Stickel. "Solar energy structures in the USA".
- (15) M. Pasman. "Materiales de construcción". 1978.