

## CONTENIDO ENERGETICO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

Luis Saravia\* y Graciela Lesino\*

INENCO#, Universidad Nacional de Salta  
Buenos Aires 177, 4400 Salta

### Resumen

En este trabajo se presentan datos sobre el contenido energético de materiales de construcción recogidos en la región NOA de la Argentina a partir de consultas directas con responsabilidad de técnicos de fábricas, artesanos, etc.

El estudio se centró en materiales tradicionales de la región o en aquellos que son apropiados para la construcción de viviendas de bajo costo. Ellos son: adobe, adobe estabilizado, suelo-cemento, suelo-cal, ladrillos macizos, ladrillos huecos, bloques de cemento, tejas, cal, cemento, piedra, hie y madera.

Los resultados obtenidos han sido usados para el cálculo del contenido energético de elementos compuestos tales como paredes de algunos tipos de viviendas comunes en la región.

### Introducción

La energía debe ser considerada como un insumo más en el proceso de construcción de viviendas. En el pasado los países industrializados han desarrollado técnicas de fabricación de materiales de construcción que son muy intensivas desde el punto de vista del consumo de energía. Dada la situación económica y la falta de viviendas en los países en desarrollo, debe prestarse más atención al uso de tecnologías apropiadas donde la utilización eficiente de la energía sea tenida en cuenta específicamente.

Si bien se considera el problema de pérdidas térmicas en viviendas y se aconseja el uso de aislaciones adecuadas, no suele analizarse la energía.

\* Miembro de la Carrera del Investigador Científico del CONICET

# Instituto UNSa. - CONICET

que se consume para la producción del material utilizado en la construcción la que puede ser de consideración. Por ejemplo, una pared bien aislada, con un coeficiente de transferencia de  $1 \text{ W/m}^2\text{C}$  tiene una pérdida anual de  $100 \text{ Mj/m}^2$  en un clima como el de la ciudad de Salta. Si está constituida por un muro de ladrillo de 30 cm de espesor, su contenido energético es del orden de los  $1600 \text{ Mj/m}^2$ . Si se reemplaza el ladrillo del muro por un material de bajo contenido energético, usando por ejemplo un adobe, se puede ahorrar alrededor de  $1400 \text{ Mj}$ , lo que de acuerdo a los valores citados equivale a 14 años de consumo por pérdida térmica. Esto implica que desde el punto de vista de una política nacional de consumo resulta tan importante seleccionar materiales con bajo contenido energético como usar una buena aislación.

La herramienta básica para llevar adelante un plan de conservación de energía a través de la substitución de materiales es un manual de contenidos energéticos de materiales. Los estudios realizados indican que se dispone de muy pocos datos relativos a materiales de uso tradicional en la Argentina y de que también los datos de origen nacional suelen diferir de los internacionales. Por tal razón se ha emprendido el estudio que se detalla en este trabajo, haciendo énfasis en la obtención directa de datos a nivel nacional. Los materiales estudiados son los más frecuentemente utilizados en la región NOA ya sea a nivel industrial o artesanal. Para casas urbanas de nivel bajo o medio los materiales más comunes son los ladrillos, ya sea macizos o huecos, los bloques de hormigón, tejas cerámicas, hormigón, asbesto-cemento y techos de chapa galvanizada. En áreas rurales el adobe es lo más usado, a veces en combinación con madera o caña en las zonas más calurosas. También se han agregado en la lista materiales que si bien no son de uso común, tales como el suelo-ce-

mento o suelo-cal, pueden tener ventajas en el futuro por su precio y facilidad de fabricación local.

En las secciones que siguen se explicará sucintamente la metodología usada en el cálculo de los insumos energéticos, se darán los valores obtenidos y se calculará el contenido energético de algunos elementos compuestos como ser paredes y de algunas viviendas típicas, con un fin comparativo más que absoluto.

### Metodología

La metodología es discutida a continuación en forma muy breve.

Contenido energético de los combustibles.

Se usan diferentes tipos de combustibles en la fabricación de materiales de construcción. Dado que las reservas de gas en la Argentina son muy importantes, este combustible es el de uso más generalizado en la industria. El valor oficial del contenido energético del gas natural es de 9600 Kcal/m<sup>3</sup> (40.2 Mj/m<sup>3</sup>) y es el que ha sido usado. El contenido energético de la madera es muy variable. Se ha utilizado una media regional de 7 Mj/m<sup>3</sup> para maderas duras y 4.1 Mj/m<sup>3</sup> para las blandas.

### Energía eléctrica.

La mayor parte de la energía eléctrica utilizada en la región es de origen hidroeléctrico, razón por la cual este insumo no ha sido afectado por el factor de eficiencia relacionado con la generación eléctrica en máquinas térmicas.

### Transporte.

El transporte se realiza fundamentalmente en camiones o trenes, siendo usado el último para largas distancias. La energía consumida por camiones ha sido calculada teniendo en cuenta cargas máximas medias y el estado real del parque automotor. Un valor de 4.4 Mj/ton es usado en todas las evaluaciones. El consumo de los trenes es considerablemente menor, habiéndose obtenido la información directamente de personal ferroviario. Los valores obtenidos en regiones planas es de 0.2 Mj/ton/km y en regiones montañosas de 0.27 Mj/ton/km.

Cuando el material es fabricado en el mismo lugar de consumo se ha agregado

el transporte de la materia prima. Lo contrario se ha agregado el transporte del material hasta su destino final.

### Energía animal y humana.

Un trabajador ha sido considerado desde el punto de vista de la energía como una máquina térmica con una eficiencia del 10% que consume entre 2500-3000 Kcal/día, por lo que entrega una energía del orden de 1.5 Mj/día. Si se desea incorporar en el cálculo la energía del alimento los valores incluidos en la tablas deben ser multiplicados por 10.

Se ha atribuido una potencia de 0.5 M para el caso de pequeños caballos o buecos, los que a veces son usados para el amasado de barro.

### Datos obtenidos.

Los datos obtenidos para los distintos materiales se han preparado en forma de tablas. Dado que se dispone de datos para varios materiales, los que no podrían ser incluidos en este trabajo por su extensión, se decidió incluir las tablas para dos de ellos, ladrillo macizo y adobe. El resto puede ser solicitado directamente a los autores. Un resumen del contenido energético de todos los materiales se da en la Tabla III.

### Valores calculados.

A partir de los datos iniciales se pueden calcular contenidos energéticos de elementos compuestos tales como paredes, techos, etc. La Tabla IV, da a título de ejemplo, resultados para algunos elementos de uso común.

También se pueden realizar cálculos de contenidos energéticos de viviendas enteras. La Tabla V da resultados para dos viviendas típicas, una con elementos industrializados y otra con materiales locales. No se ha pretendido incluir en detalle todos los materiales que contribuyen al contenido energético final, sino simplemente comparados tecnologías diferentes.

### Discusión final

Los resultados obtenidos muestran claramente que se pueden obtener ahorros substanciales de energía a través de una selección adecuada de materiales. Ello implica el retorno al uso de materiales tradicionales lo que posiblemente involucre el desarrollo de métodos

dos constructivos que, aprovechando las bondades de estos materiales, permitan utilizar eficientemente la mano de obra.

Otro aspecto a recalcar es el relacionado con la eficiencia energética de los procesos de fabricación de materiales de construcción industrializados. Se han detectado variaciones muy importantes del contenido energético del mismo material de acuerdo a las normas de ahorro energético adoptadas por las distintas

compañías. Tal es el caso de los bloques huecos y el cemento, donde existen diferencias del orden del 50%

### Agradecimientos

Se agradece especialmente la colaboración prestada por el Lic. D. Galli, Ferioli, personal de Minetti S.A., Ing. O. Pacheco, el Ing. Biella, el Ing. Soler, el personal de Cerámica S.A. así como a numerosos artesanos y maestros, los que han hecho posible la obtención de los datos suministrados en este trabajo.

Tabla I: Contenido energético de un material

#### Ladrillo

Tipo:	macizo, hecho a mano
Medidas:	0.05 x 0.125 y 0.25 m <sup>3</sup>
Peso:	2.5 kg
Densidad aparente:	1600 kg/m <sup>3</sup>
Materiales:	arcilla, agua, aserrín o bosta.
Proceso fabricación:	1) encaración mecánica de la arcilla 2) amasado 3) moldeado a mano 4) secado al aire 5) aislado 6) horneado de la pila con madera
Mano de obra:	1), 2), 3) un obrero produce 3000 ladrillos/semana 5) 3 obreros apilan 50000 ladrillos en cinco días 6) 2 obreros durante cinco días

Una pila contiene entre 50000 y 100000 ladrillos produciendo 85% de unidades de primera calidad, 10% segunda y 5% de mala calidad.

#### Energía (en Mj)

Unidad: 50000 ladrillos

Proceso	Mano de obra	Gasoil	Madera	an. eléctrica	Transporte	Total
1,2,3	150	0	-	0	-	150
5	45	-	-	-	-	45
6	15	-	5,3x10 <sup>5</sup>	-	-	5.3x10 <sup>5</sup>
Productos final a 50 Km	210	-	5,3x10 <sup>5</sup>	-	2.3x10 <sup>4</sup>	5.5x10 <sup>5</sup>

Energía por ladrillo	:	10.6 Mj
Energía por kilo	:	5.0 Mj/kg
Energía por kilo a 50 Km	:	5.2 Mj/kg

Tabla II: Contenido energético de un material

Adobe

Tipo:	hecho a mano
Medidas:	0.10 x 0.20 x 0.50 m <sup>3</sup>
Peso:	16 kg
Densidad aparente:	1600 kg/m <sup>3</sup>
Materiales:	tierra (arcilla y arena), agua paja o bosta
Proceso fabricación:	1) mojado con agua y excavado 2) mezclado y agregado de agua y paja Contenido de agua: 23% 3) moldeado y presecado 4) apilado 5) secado al aire libre 20 o 30 días
Mano de obra:	un trabajador produce una media de 50 piezas por día

Energía (en Mj)

Unidad: bloque de 16 kg

Proceso	Mano de obra	Total
1,2,3,4	0.03	0.03
Total	0.03	0.03

Energía por kilo  $1.9 \times 10^{-3}$  Mj

Dado que el adobe suele ser fabricado en el sitio de uso, no se agrega energía por transporte.

Tabla III: Contenido de energía primario de materiales de construcción

Material	Contenido (in situ)* Mj/kg
Adobe común	$1.9 \times 10^{-3}$
estabilizado asfalto	0.2
Bloques hormigón (escala artesanal)	0.46
hormigón (pequeña escala)	0.45
suelo-cemento	0.7
suelo-cal	0.7
arena-cemento	0.51
Ladrillos macizos (artesanal)	5.0
Cemento con recuperación calor fábricas antiguas	3.8 7.0
Ladrillos gran escala	2.14
Cerámicos pequeña escala	4.75
Huecos	
Cal	8.8
Madera	0.42
Acero al carbón barras	3.9

\*Agrega 0.2 Mj/kg por transporte a 50 km

Tabla IV: Contenido energético de viviendas

<u>Caso I</u> :	Superficie:	80 m <sup>2</sup>
	Descripción:	4 dormitorios, 1 living comedor, 1 cocina, 1 baño
	Paredes:	ladrillos huecos
	Techo:	vigas pretensadas y ladrillones
	Columnas y vigas:	hormigón
	Piso:	baldosa calcárea
<u>Caso III:</u>	Superficie:	80 m <sup>2</sup>
	Descripción:	4 dormitorios, 1 living comedor, 1 cocina 1 baño
	Paredes:	adobe
	Techo:	chapa galvanizada y vigas maderas
	Piso:	baldosa cerámica

Material	Contenido energético (Mj)	
	Caso I	Caso III
Adobe	-	147
Cemento	40636	21544
Arena	9537	6105
Cal	11511	9711
Cerámicos	51828	-
Madera	-	477
Hierro	3608	-
Chapa galvanizada	-	2640
Piedra	9042	6072
Ventanas y puertas	528	528
<b>Total</b>	<b>126690 Mj</b>	<b>47224 Mj</b>

Tabla V: Contenido energético de elementos constructivos

Elementos	Contenido de 1 m <sup>2</sup> en Mj
Pared de ladrillos huecos 21 cm de espesor	361
Pared de ladrillos huecos 12 cm de espesor	239
Pared de ladrillos macizos 15 cm de espesor	718
Pared de ladrillos macizos 30 cm de espesor	1468
Pared de adobe 43 cm de espesor	55
Pared de adobe 23 cm de espesor	54
Pared de hormigón 23 cm de espesor	369
Contrapiso 10 cm de espesor	122