



# Aislando bien nuestra casa

**La receta para una arquitectura sostenible es simple: recuperar los valores de la arquitectura tradicional y aprovechar los avances tecnológicos.**

Por **Pilar Valero**, arquitecta interiorista.

**M**ultitud de proyectos avalan este tipo de diseño. Un ejemplo es el REMMA (Residential Energy Management in the Mediterranean Area), iniciativa dentro del programa Thermie de la Comisión de las Comunidades Europeas, que agrupa diferentes proyectos de ahorro energético para viviendas del sector residencial. En España encontramos una aplicación de éste en 242 viviendas edificadas en Castelldefels (Barcelona) donde, gracias a la metodología y la construcción, se ha logrado disminuir el consumo anual de kw en más de 90 € para cada vivienda.

Partiendo de esta base, podemos decir que la ejecución de una construcción eficiente a nivel energético (bioclimática) incorpora criterios como: la captación solar a través de los huecos abiertos a Sur, la inercia térmica en sus muros y la adecuada distribución del aislamiento.

Estos principios demuestran la importancia que tiene en cualquier obra la partida de aislantes, por ello han sido seleccionados en el primer capítulo de las fichas técnicas presentadas en los anteriores cinco números de **ReHabitat** y el cual cerramos con esta entrega. Con estas fichas hemos intentado mostrar el abanico de posibilidades que nos presenta el mercado actual como alternativas para prescindir de los aislantes sintéticos. Para éste número hemos elaborado el siguiente artículo, donde mencionamos otras posibilidades en aislamientos orgánicos, las investigaciones que se llevan a cabo en el sector y nuestra opinión sobre los aislantes sintéticos. Se acompaña de una tabla comparativa, basada en las indicaciones de los fabricantes, que facilita la selección de un aislante frente a otro. En relación con los ensayos realizados en materiales, hay que tener en cuenta que las condiciones de humedad, temperatura, o presión atmosférica, pueden modificar la estructura molecular de estos, pudiendo conceder a un material valores más beneficiosos para el fabricante. Esto nos puede dar una idea de la picaresca que puede existir alrededor de esta información: desde indicar el valor oficial de la conductividad térmica de un producto, al resultado de pruebas experimentales que normalmente son más favorables; el no transmitir información de datos tan importantes como la inercia térmica, por no disponer de un considerable resultado, etc. Por ello, es imprescindible tener en cuenta, en el momento de escoger un ais-

lante, aspectos como: favorable balance energético, composición natural con ausencia de sustancias nocivas, etc., valores que difícilmente pueden conceder los aislantes sintéticos y sí se encuentran en los ecológicos.

La documentación que adjuntamos pretende ser una práctica herramienta de trabajo y una invitación a la continua búsqueda de nuevas posibilidades que se nos presentan cada día y a las que podemos acceder con nuestra curiosidad.

## El mercado de aislantes sintéticos

En un artículo publicado en el número 16 de la revista **Oko-Haus**, se describe el siguiente ensayo, realizado en un instituto alemán, mediante el cual se valoró el comportamiento frente al fuego de tres materiales aislantes: fibra mineral, poliestireno expandido y celulosa.

Cada uno de ellos se coloca en una caja que simula un techo. Directa al panel de yeso que cierra cada una de estas cajas, se proyecta una llama que eleva la temperatura a más de mil grados. Son suficientes diez minutos para que el primer panel se tiña de negro y se abra un hondo cráter que hace fundir el poliestireno que, inmediatamente empieza a quemarse. Poco después, arden las fibras minerales, junto a las cuales se queman las resinas de formaldehído que sirven de aglutinante. El aislante celulósico soporta sin arder, incluso acercando el quemador directamente al material, éste se carboniza superficialmente pero no se inflama.

A pesar de contar con múltiples pruebas de este tipo, los aislantes como las fibras minerales y el poliestireno, son considerados en la clasificación oficial, como más seguros contra incendios que la celulosa. Ésta posee una calificación en reacción al fuego del tipo M3, como gran parte de los aislantes ecológicos. Esto significa "normalmente inflamable", lo cual reduce el espectro de aplicación ya que no pueden ser usados en casas de más de dos pisos, a no ser que la autoridad inspectora conceda un permiso excepcional.

El grupo de presión de la industria química, ha ayudado a mantener en esta clasificación a los aislamientos de fibras naturales. Gigantes como BASF o G&H pueden vivir con la participación de sólo un 2 % en el mercado para el corcho, las fibras de madera, la lana y de todo el resto de aislantes orgánicos juntos, por lo que verían con buenos ojos que la competencia ecológica se mantuviera sólo



**Paja mezclada con cal para aislamiento en cubierta.**

en el mercado de las viviendas unifamiliares. Pero a principios de los años 90 se inició un debate sobre el peligro de las fibras minerales y esta industria necesitó de una gran inversión en investigación y promoción para no perder posiciones en éste suculto mercado.

En septiembre de 1993 el aislante mineral industrial más popular, fue clasificado en Alemania como "probablemente causante de cáncer" por la delegación federal de sanidad, la oficina de medio ambiente y la oficina federal para la protección laboral. Es por ello que en enero de 1995 la empresa Rockwool presentó una nueva generación de productos bajo el nombre "La nueva Rockwool". Esta ofrecía, según estudios del "Instituto Fraunhofer", una mejora en la posibilidad de desintegración biológica de las fibras en el cuerpo humano, lo cual no deja tranquilo respeto al peligro de provocar cáncer. Frente a esta noticia, la asociación de industrias de espuma dura, intenta aprovechar el revés para la competencia más grande y elogia el Styropor como sustituto de la lana mineral. Pero eso sería mal cambio, porque en la producción de los aislantes de espuma se originan sustancias tóxicas peligrosas que son difícilmente eliminables.

### Otros aislamientos también técnicamente superiores

La solución a estos problemas podría centrarse en la divulgación de otro tipo de aislamientos que cumplen cualquier exigencia tecnológica, sin perjudicar la salud de las personas ni la del planeta. Los aislantes ecológicos se encuentran en un momento de crecimiento y cada vez son más las empresas que comercializan diferentes materias primas naturales, en formatos aplicables a la construcción: la industria del lino ha desarrollado un panel aislante, que puede colocarse de un modo similar a la fibra mineral, la lana se transforma en esteras aislantes y el algodón se emplea en formato de mantas.

Además de los productos comercializados, existen multitud de posibilidades en el uso de materias primas vegetales para aislar nuestras casas de un modo económico y eficiente, sólo tenemos que mirar a nuestro alrededor para encontrar la mejor solución.

Los ejemplos presentados a continuación, han sido descubiertos en construcciones tradicionales y continúan empleándose en nuestros días. Algunos de ellos no cumplen los requisitos exigibles en la construcción actual, en lo referente a normas, ensayos, etc, por lo que se plantean como alternativas en autoconstrucción o edificaciones experimentales.

### Paja

Ha sido un material de construcción desde hace miles de años. En Inglaterra se usaba para cubrir techos o mezclarla con barro para hacer un tipo de mortero. La paja es un conductor muy pobre del calor, por lo que la temperatura, en el interior del edificio, se mantiene estable.

Su uso exige una mineralización previa que elimine las proteínas existentes en la materia, pues podría atraer a insectos y parásitos. Esta tarea puede realizarse sumergiendo la paja en una disolución de agua con un 5 % de cal.

### Fibra de coco

Se extrae de la cáscara de nuez del coco. Su uso se centra, sobre todo, en el aislamiento acústico de suelos ya que con tan sólo 18 mm puede conseguirse un poder fonoaislante de 26 dB. Posee una densidad de 124 kg/m<sup>3</sup>. Su clasificación al fuego es

M3. No le atacan el moho ni la humedad. Su conductividad térmica es de 0,045 W/mk. Su difusión al vapor es 1. Su instalación evita la corriente electrostática y es un producto que permite ser compostado.

Es importada del Extremo Oriente, lo cual puede llevar a una contradicción, ya que su transporte exige un elevado consumo de combustible frente a otros materiales, pero también es cierto que es muy abundante, que en su mayoría se quema y que su uso abriría fuentes de ingresos para las, normalmente, maltrechas economías.

### Algas

Se han utilizado durante mucho tiempo en construcciones tradicionales de Ibiza e Islas Baleares.

Su colocación en cubiertas se realiza tal y como muestra la imagen:

- 1- Arcilla,
- 2- Residuos provenientes de hornos de cal (mezcla de ceniza y cal) que absorben la humedad y aseguran la evaporación,
- 3- Algas que aíslan los techos de la humedad y constituyen una barrera térmica,
- 4- Techos de sabina, o cañas, ramas o también "piedras de marès".

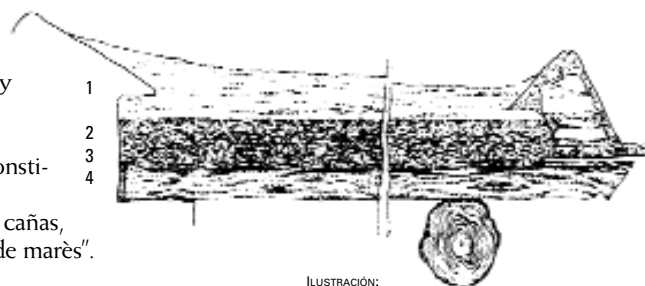


ILUSTRACIÓN: VALERIE GEVERS

### Cáscara de arroz

La literatura sobre distintas aplicaciones de la cáscara de arroz en construcción data de más de un siglo, llegando a clasificar 262 referencias bibliográficas sobre propiedades y empleos de éste material. Un ejemplo lo encontramos en el proyecto de investigación "Materiales, Tecnologías y Prototipos de Viviendas de muy Bajo Coste" realizado en el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, a través del cual se analizó la fabricación de un

## La opinión de los profesionales

Hemos enviado un cuestionario a los siguientes profesionales del sector: Neus Guin de CASA ECOLÓGICA, Connie Otto de CONNIE OTTO & CO. y Stefan Natke de BIOHAUS GOIERRI. Sus respuestas nos han servido para exponer la situación actual del mercado español:

**¿Cuál es la principal razón por la que tus clientes eligen aislantes orgánicos?**

Encontramos una unificación en la respuesta: "Lo que más interesa al público es que el producto sea ecológico, sobre todo por el beneficio que obtienen en su salud"

**¿Cuál es el mayor problema que encuentras a la hora de implantarlo en el mercado actual?**

Parece ser que el precio es el factor más significativo, unido a la falta de información en el público en general. Stephan comenta "En este país todavía existe la política de cuanto más sintético mejor".

**¿Generalmente, qué figura te presenta mayores problemas en las obras: el técnico, el**

**constructor, el organismo público,...**?

El constructor es una pieza clave en el momento de instalar estos aislantes en la obra. "El constructor suele mostrar miedo o inseguridad a la hora de realizar cambios o utilizar productos innovadores", comenta Neus. Stephan asegura que "algunos constructores hacen viviendas con materiales convencionales para el mercado y para su casa, compran aislantes naturales".

**¿Qué podría ayudar a aumentar el uso de estos aislantes en nuestro país?**

La respuesta se centra en la información, formación y subvenciones. Según Neus: "Quizá que los gobiernos y/o instituciones concedieran ayudas a las obras realizadas con materiales ecológicos, también información que ayudara a cambiar un poco la mentalidad, apoyando la construcción sostenible en general".

**¿Cómo ves la demanda de estos materiales en nuestro país?**

Para los tres es ascendente, entre otras cosas porque "cada

vez hay mayor conciencia de respeto hacia el medio ambiente".

**¿Existe una demanda real por parte de los organismos públicos?**

Ante esta pregunta Neus es tajante: "No, sólo sobre papel o con fines propagandísticos".

**Para finalizar, preguntamos su opinión personal sobre: ¿cuál es su mejor característica frente los aislamientos sintéticos?**

Encontramos diferencia de opiniones: Neus centra su interés en "La inexistencia total de sustancias nocivas, sin que eso impida que cumpla las características técnicas correspondientes a cualquier otro tipo de aislamiento convencional". Para Connie es importante el hecho de que "Es un producto natural y ecológico que protege el medio ambiente, tanto en su producción como durante su uso". Por último, a Stephan le interesa el hecho de: "Como son orgánicos tienen capacidad de transpirar y son reguladores de la humedad".

Material	Empresa	Tipo de producto	País de producción	Sector de aplicación	Espesor m <sup>3</sup>	Densidad específica kg/m <sup>3</sup>	Peso m <sup>2</sup> Kg	Precio m <sup>2</sup> €	Conductividad térmica Kcal/h·m·°C	Conductividad térmica a 20°C - W/m·°C	Resistencia térmica R m <sup>2</sup> ·°C/W	Transmisión térmica K W/m <sup>2</sup> ·°C	Difusión al vapor, μ	Absorción de
<b>CORCHO</b>	Hermanos Berná	aglomerado expandido granulado	España Portugal	relleno de cámaras, cubiertas, suelo	0,04	95 - 130	0,85	9,05	0,032	0,037	1,081	0,925	5-10	< 0,3
<b>CÁÑAMO</b>	Casa Ecológica	manta	Alemania, Francia	relleno de cámaras, cubierta, suelos	0,04	20 - 25	2,4	6,6	0,034	0,039	1,026	0,975	1-2	7
<b>FIBRA DE MADERA</b>	Gutex Biohaus	panel	Alemania	pared, techo, cubierta, suelo	0,04	150	6,4	10,38	0,034	0,04	1,000	1	5	25
<b>LANA</b>	Calana	manta	España, Alemania	pared, techo, cubierta, tuberías	0,04	25 - 65	s.i.	8,7	0,030	0,035	1,143	0,875	1	s.i.
<b>VIDRIO CELULAR</b>	Polydros	placa	España, Alemania	pared, techo, cubierta, suelo, puentes térmicos	0,04	170	7,11	22,66	0,041	0,048	0,833	1,2	infinita	0
<b>CELULOSA</b>	Climacell Biohaus	copos	Alemania	pared, techo, cubierta	0,05	35-55	2,25	4,18	0,03	0,035	1,143	0,875	1-2	10
<b>ARCILLA EXPANDIDA</b>	Arlita	bolas	España	pared, techo, suelo, prefabricados	0,04	325	14	7	0,073	0,085	0,471	2,122	s.i	20
<b>PLACA FIBRA MADERA</b>	Celenit	tablero	España, Alemania	pared, techo, suelo, revestimiento, falso techo	0,035	300-500	14		0,052	0,060	0,583	1,714	4-6	s.i.
<b>ALGODÓN Ecobau Compuesto</b>	Biollar 2000	manta	España	relleno de cámaras, cubiertas, depósitos, acústicos	0,018	60	de 5 a 8	8,12	0,029	0,034	0,534	1,873	s.i.	s.i.
<b>VERMICULITA</b>	Europerlita Vermiculita 3	granulado Española	España, Francia	relleno cámaras, protección contra fuego, hormigones ligeros	0,04	85-100	s.i.	4,26	0,053	0,062	0,649	1,541	s.i.	s.i.
<b>PERLITA B-12</b>	Europerlita Española	granulado	España, Francia	relleno de cámaras, prefabricados, hormigones ligeros	0,04	105-125	s.i.	3,65	0,045	0,052	0,764	1,308	s.i.	s.i.
<b>LINO</b>	Juan Alkain S.A.	manta	Francia, Alemania	relleno de cámaras, cubierta, techo	0,04	25	1	5,51	0,033	0,038	1,053	0,95	1-2	8
<b>LANA DE VIDRIO Colover</b>	Isover	panel	España	relleno de cámaras, medianeras	0,04	s.i	s.i.	2,85	0,030	0,035	1,143	0,875	(3)	idrofugo
<b>LANA MINERAL Arena 40</b>	Isover	panel	España	aislamiento acus. entre tabiques	0,04	s.i.	s.i.	2,95	0,030	0,035	1,143	0,875	s.i.	idrofugo
<b>ESPUMA DE POLIURETANO S403</b>	Synthesia Española	espuma	España	pared, techo, cubierta	0,04	43	1,72	8,75 inst.	0,034	0,04	1,0	1	s.i.	<5
<b>POLIESTIRENO EXPANDIDO tipo2</b>		placa	España	relleno cámaras y medianeras	0,04	12	s.i.	2,25	0,034	0,04	1	1	s.i.	0,6-2,5
<b>POLIESTIRENO EXTRUIDO Styrodur 2500</b>	Basf	placa	España	relleno cámaras cubierta, suelo	0,04	25	s.i.	10,93	0,031	0,036	1,11	0,901	160-100	<0,3

## Notas de la tabla

El precio es venta al público incluye el IVA. Existen materiales con precio m<sup>2</sup>. La unificación a m<sup>2</sup> ha sido realizada por ReHabitat teniendo en cuenta el espesor tomado como ejemplo (Perlita, Vermiculita y Celulosa).

Algunos fabricantes han facilitado la clasificación de comportamiento ante el fuego según la norma Europea DIN 4.102. ReHabitat la ha trasladado a la norma UNE española del siguiente modo:

A, A1, A2= M0; B= M1; B1= M2; B2= M3; B3= M4  
La valoración GEA ha sido confeccionada por el Consejo Asesor de ReHabitat tomando como valor más favorable el 1 y desfavorable el 10.

El paso de kg/cm<sup>2</sup> a N/mm<sup>2</sup> se realiza multiplicando por 9,8 (gravedad) y dividiendo por 100. El primero es una unidad de masa y el segundo una unidad de potencia, realizar esta conversión de unidades de medida es bastante libre y no garantiza el dato real.

\*Corresponde a la unidad de medida proporcionada por el fabricante, la conversión de N/mm<sup>2</sup> a Kg/cm<sup>2</sup> ha sido realizada por ReHabitat.

(1) Consultar soluciones constructivas ensayadas.

(2) Con una carga de 250 Kg/m<sup>2</sup> un 6%.

(3) Necesario incorporar barrera de vapor

(4) En cámara entre hoja de 1/2 ladrillo caravista y ladrillo hueco sencillo.

(5) Para su colocación necesita betún polímeros elastoméricos.

(6) Emplea escoria de fundición.

(7) Para 10% de deformación.

## Propuestas de aplicación

Una de las ventajas con que cuentan los aislantes orgánicos es que permiten, en la mayoría de los casos, un montaje sin barreras de vapor ya que son capaces de redifundir la humedad absorbida. Esto es una mejora para el ambiente de la casa y un ahorro de dinero.

En general se recomienda utilizar aislantes que tengan homologación oficial, con ello evitaremos posibles problemas con las oficinas inspectoras o los seguros y contaremos con el control de un instituto de ensayo de materiales que siempre es un indicador suplementario de calidad.

- Aislamiento bajo teja: Indicados los paneles de fibra blanda de madera y corcho aglomerado. Son muy resistentes, aguantan mejor la accidentada caída de una teja, la humedad y además son más herméticos frente al viento.

- Aislamiento entre el cabrio: se recomienda un material flexible, que se puede instalar simplemente a presión o soplado. Lana (interesante por el empleo de los inmensos excedentes en vez de quemarlos o enterrarlos con el arado), cáñamo, lino, algodón o un aislamiento de celulosa hecho de periódicos reciclados que presenta un mejor comportamiento en el caso de un incendio.

- Fachada: Indicados paneles de corcho y con limitaciones los paneles de fibra de madera como segunda fachada, detrás de la cual se introduce por ejemplo celulosa.

- Paredes separadoras: La celulosa, el cáñamo y la fibra blanda de madera. Con limitaciones lana y materiales similares.

- Aislamiento térmico en techos y suelos: recomendable los materiales a granel tipo corcho triturado o

arcilla expandida. Estos son de aplicación en la formación de hormigones aligerados recomendables en capas de compresión.

- En el aislamiento acústico funcionan muy bien los aislantes naturales ya que sus fibras no transmiten las vibraciones del sonido. Recomendable las placas de fibras de madera y el corcho.

- Aislamiento en construcciones de piedra: aislamiento de paredes deben ser sensibles a la humedad. Vidrio celular y los aislantes minerales obtenidos de piedras volcánicas o esquistos micáceos, los cuales podrían ser una solución pero si tenemos en cuenta los enormes gastos técnicos en su producción puede convertirse en contrario si se realiza una mala ejecución.

- Aislamiento en construcciones de madera: Indicados todos los materiales blandos, los que sirven también entre el cabrio. Con limitaciones los paneles de fibra blanda de madera.

	Resistencia al fuego minutos	Emisión gases tóxicos en caso de incendio	Resistencia a heladas	Temperatura máxima de utilización °C	Poder fonosorbente Hz	Poder fonoisolante dB	Resistencia a compresión kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia a flexión kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia a tracción kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia a los agentes químicos	Resistencia a los microorganismos	Resistencia a insectos y parásitos	Aditivos	Producto de reciclaje	Reciclable	Resistencia al peso	Necesario protección al trabajar	Valoración EXPERTOS
4	incombustible	no	si	100	s.i.	s.i.	densidad 100kg/m <sup>3</sup> y espesor 10 mm graves: 4 medios:11 agudos: 39	5	>1,4	1	Inalterable (excepto a la acción de ciertos agentes alcalinos y oxidantes)	inatacable	inatacable	no	si	si	no	1,8
3	s.i.	no	si	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	0,184 *1,80 N/mm <sup>2</sup>	s.i.	s.i.	inatacable	inatacable	no	si	s.i.	no	1,8
3	s.i.	no	s.i.	s.i.	(1)	(1)	(2)	2,04 *0,2 N/mm <sup>2</sup>	s.i.	s.i.	s.i.	inatacable	no	si	si	s.i.	no	3
3	difícil combustión	no	s.i.	160	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	bórax derivado de urea	no	si	no	no	2,4
0	180	no	si	1257	s.i.	s.i.	8	11	s.i.	inatacable	inatacable	inatacable	Oxido silicio, carbono	si	si	no	no	4
3	s.i.	no	s.i.	s.i.	(1)	(1)	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	si	sal bórica 18%	si	limitado	no	buena protección de polvo	3,2
0	s.i.	no	si	1200	s.i.	24/26 (con 5 cm)	*10 kp/cm <sup>2</sup>	s.i.	s.i.	inatacable	inatacable	inatacable	no	no	si	en seco 10 kp/cm <sup>2</sup> (1 MPA)	no	3,6
1	s.i.	no	si	200	entre 125 y 4000	22 (panel de 25 mm)	2,96 *0,29 N/mm <sup>2</sup>	19,79 *1,94 N/mm <sup>2</sup>	0,51 *0,05 N/mm <sup>2</sup>	s.i.	s.i.	inatacable	cemento Portland gris	no	si	s.i.	no	4,8
	s.i.	no	s.i.	20	s.i.	9	s.i.	s.i.	s.i.	inatacable	inatacable	inatacable	no	si	si	si	no	4
0	incombustible	no	s.i.	1370	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	buena protección de polvo	4,6
	s.i.	no	s.i.	1000	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	buena protección de polvo	4,6
3	s.i.	no	s.i.	s.i.	s.i.	55	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	inatacable	inatacable	bórax, silicato de sodio	si	si	s.i.	no	2
	s.i.	no	si	s.i.	s.i.	53 (4)	s.i.	panel flexible	s.i.	inatacable excepto ácido fluorhídrico y clorhídrico	inatacable	inatacable	ligantes sintéticos (5)	no	no	s.i.	ojos, sist. respiratorio, piel	7,2
0	s.i.	no	si	s.i.	s.i.	53 (4)	s.i.	s.i.	s.i.	inatacable excepto ácido fluorhídrico y clorhídrico	inatacable	inatacable	ligantes sintéticos	(6)	no	s.i.	ojos, sist. respiratorio, piel	7,2
3	s.i.	si	no	s.i.	s.i.	s.i.	2,5	3,5	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	mezcla de polioles que contienen catalizadores ignífugantes y agentes espumantes y MDI	no	no	no	protección sistema respiratorio y piel	9,2
1	s.i.	si	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	0,4-0,6 (7)	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	no	no	s.i.	guantes	9,2
1	s.i.	si	s.i.	75	s.i.	s.i.	2,04 (7)	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	s.i.	CFC, HCFC, HFC	no	no	s.i.	guantes	9,2

material de construcción para su empleo como aislante térmico, a base de cemento y cáscara de arroz tratada con cal. La propuesta es la presentación del proceso de producción de elementos ligeros a base de un subproducto agrícola (cáscara de arroz) y otro industrial (ceniza volante).

Otro proyecto de investigación del IETCC fue "Materiales, Tecnologías y Prototipos de Viviendas de muy Bajo Coste", en el cual se estudió el comportamiento puzolánico de las cenizas de cáscara de arroz en hormigones.

Los resultados obtenidos en estos proyectos fueron satisfactorios y han ayudado a demostrar la eficiencia en el uso de algunos subproductos naturales.

Es de gran interés mencionar las intenciones que impulsaron estos trabajos:

- Ahorro de materiales escasos (conglomerantes tipo portland) mediante su sustitución parcial por ceniza volante y ceniza de cáscara de arroz.
- Puesta a punto del proceso de producción de un material de reducido peso específico, excelente comportamiento como aislante térmico, buena respuesta fónica y frente al fuego, fácil trabajabilidad,...
- Industrialización del proceso productivo de la

vivienda como vía a la solución de los problemas de alimentación, salud y vivienda.

- Posibilidad de creación de plantas productoras autóctonas, en países en desarrollo, que ayuden a reducir su dependencia con el extranjero en la importación de materiales como el cemento y que reduzcan la especulación y el mercado negro que rodea este producto.

### Mazorcas de maíz

Existen diversos ejemplos en el uso de este subproducto agrícola, en la mezcla de morteros, concediéndoles ligereza y poder aislante. El hecho de incluir la cal en la mezcla de mortero evita el ataque de insectos o parásitos.

### Corteza de pino

Su uso en construcción exige un tratamiento previo a base de sales de bórax.

### Corteza de avellanas, almendras y nueces

Puede emplearse en el relleno de cámaras en muros y cubiertas. Para ello, es necesario realizar un tratamiento previo de pentaborato consistente en mezclar ácido bórico y bórax en proporción de 1:1 disuelto en 100 litros de agua. ☺

