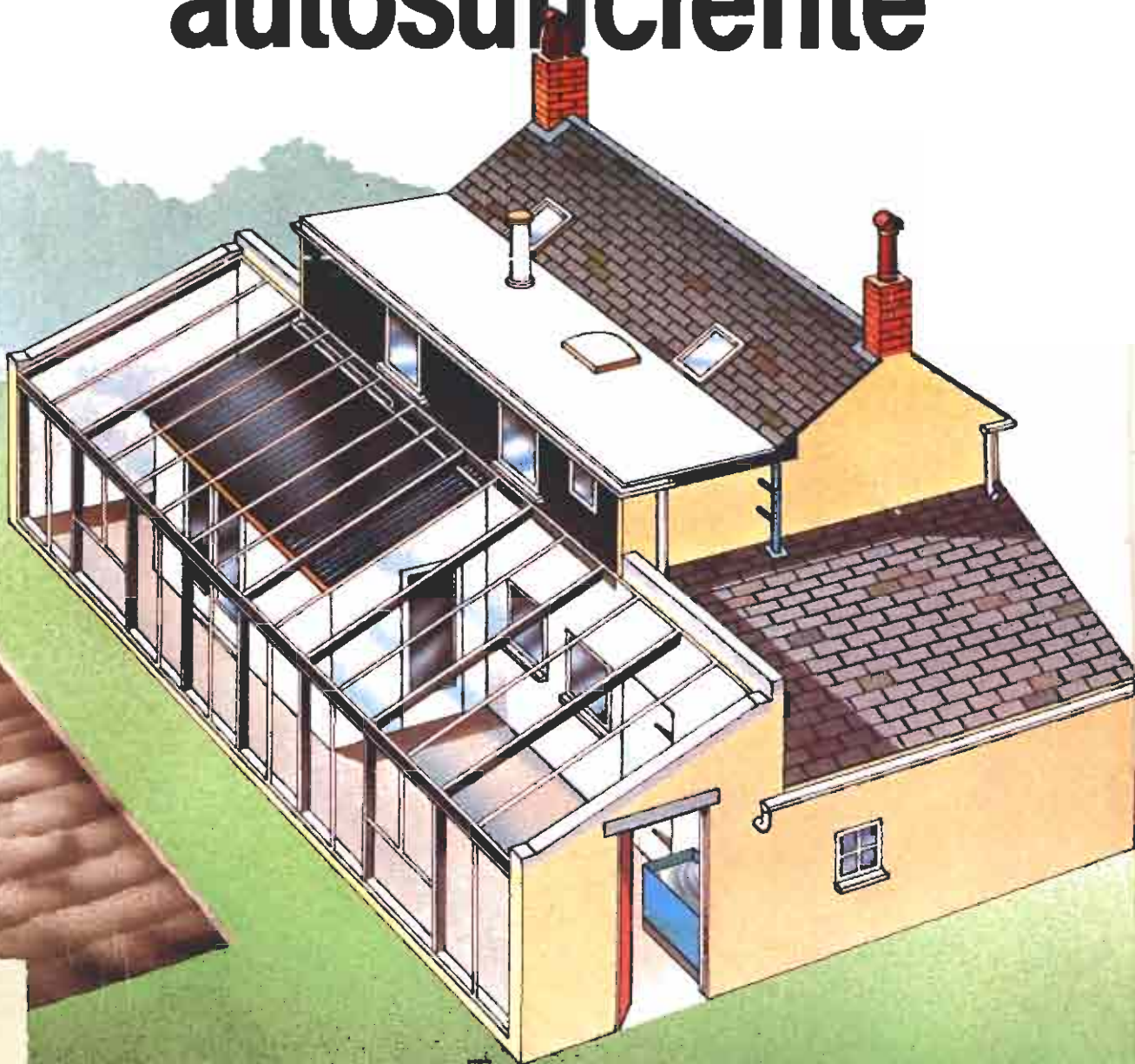


Brenda y Robert Vale

# LA CASA autosuficiente



Tursen

Hermann Blume Ediciones

# Introducción

En 1973 hipotecamos todo lo que teníamos y compramos una casa con un jardín grande: nuestra idea era poner en práctica las teorías de la tecnología alternativa. Este libro se basa en los resultados de nuestras experiencias. Ninguno de nosotros cree haber intentado ya todo lo que quería, y probablemente haya varios proyectos más que todavía no hemos acometido, aunque sólo sea hacer una puerta que abra sin problemas, para entonces poder tener suficiente experiencia práctica y poder establecer algunos principios de la tecnología alternativa para su aplicación en viviendas.

Lo primero es que cuanto más simple sea la idea y su forma de ponerla en práctica más probable es que funcione. No hay nada más que poner algo que se mueva, aunque sólo sea la puerta, y ya empiezan a aparecer problemas. Por tanto, el aislamiento completo de una vivienda, sus muros, cubierta y pisos, si se realizan con cuidado, será una forma de tecnología alternativa potencialmente muy eficaz, aunque no sea muy espectacular. Por otro lado, nuestra experiencia con molinos de viento de alta velocidad, tan interesantes desde el punto de vista cinético y evidentemente alternativos, ha tenido mucho menos éxito: en un molino de viento hay tantas cosas susceptibles de no funcionar que de hecho siempre hay algo que se estropea.

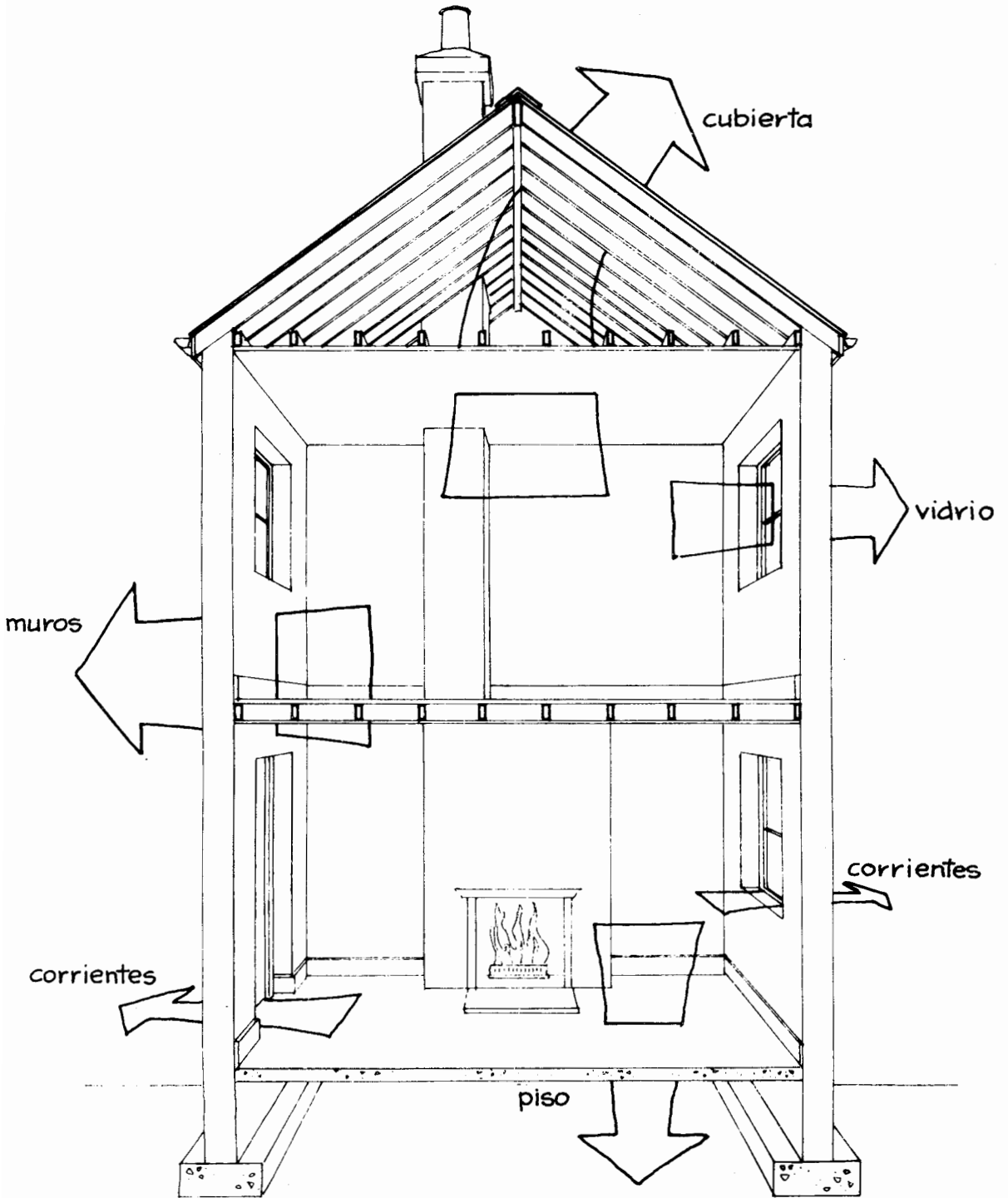
Esta observación sobre el aislamiento en contra del molino ilustra también otro principio bastante evidente y que hemos extraído a partir de nuestra experiencia: es mucho más fácil ahorrar energía que producirla. Por esta

razón muchos de los proyectos estudiados tendrán que ver de una forma u otra con principios y sistemas de ahorro de energía, aunque hemos incluido también sistemas para aprovechar la energía ambiental, lo más baratos y sencillos que hemos podido.

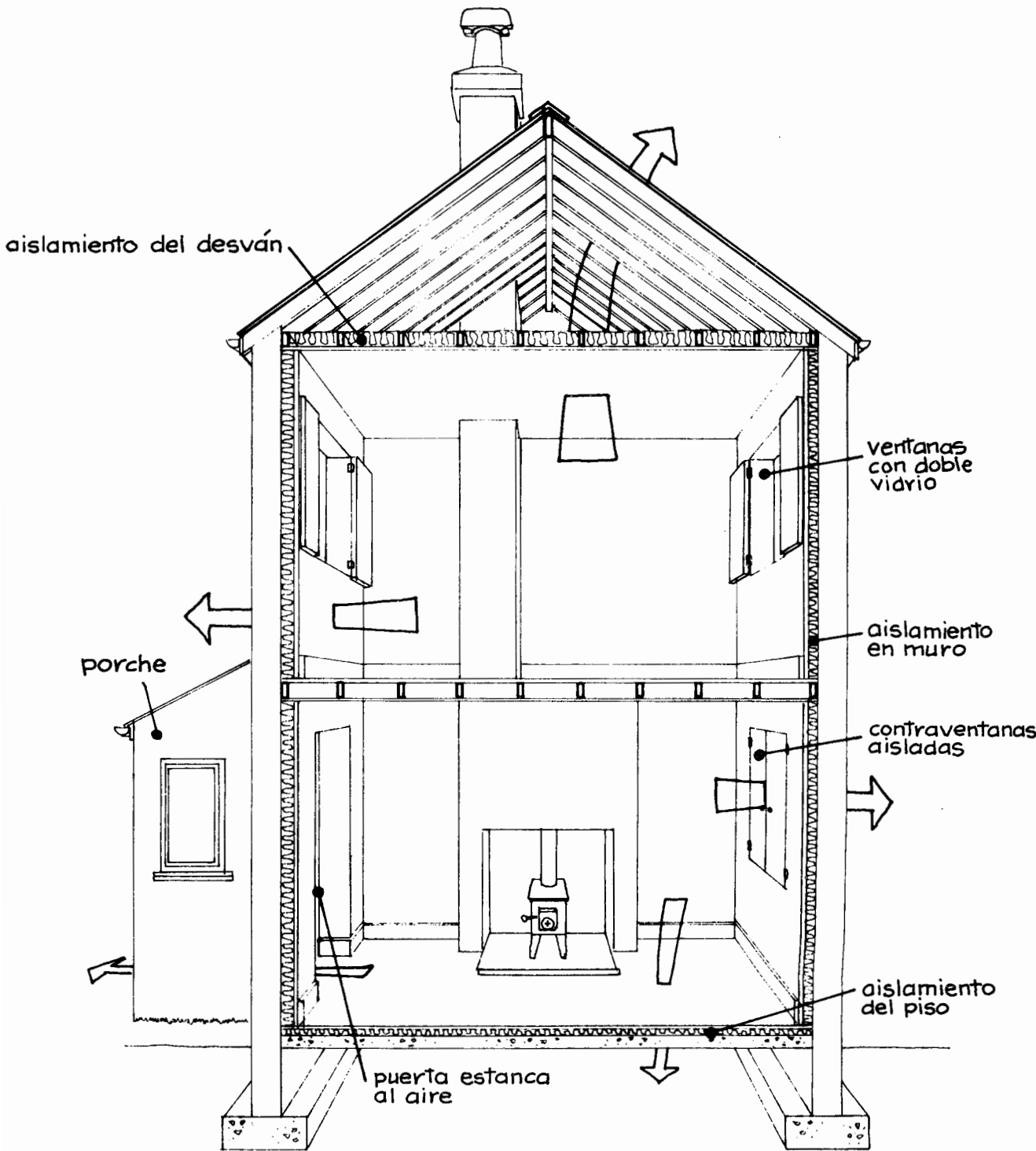
El dinero es siempre el obstáculo para llevar a la práctica los proyectos de tecnología alternativa, ya que la construcción es inevitablemente cara, incluso si la mano de obra la ponéis vosotros. Sin embargo, si no se construye de forma correcta, muchos proyectos de tecnología alternativa nunca serán rentables desde el punto de vista del coste. El aislamiento completo de un edificio amortizará su coste en ahorro de combustible en unos cuantos años; pero para los proyectos de paneles y hornos solares, que son más divertidos, la construcción habrá de hacerse correctamente o el invento se habrá escacharrado antes de haber amortizado el coste en ahorro de combustible. No obstante, esperamos que no os atasquéis con problemas de rendimiento económico, sino que os hagáis entusiastas de la tecnología alternativa por sí misma. Nosotros nos hemos divertido mucho con lo que hacíamos y hemos aprendido algo de construcción. La tecnología alternativa después de cierto tiempo se convierte en un hábito, de forma que ya no se puede dejar de ensayar diferentes formas de aprovechar y conservar la energía. Es posible que en un día nublado de invierno, en diciembre, tengamos los pies fríos, pero siempre existe la solución de ponerse otro par de calcetines de lana.

# Parte I

# **TEORIA**



pérdidas de calor en una casa sin aislamiento



la misma casa aislada

# Importancia de la orientación

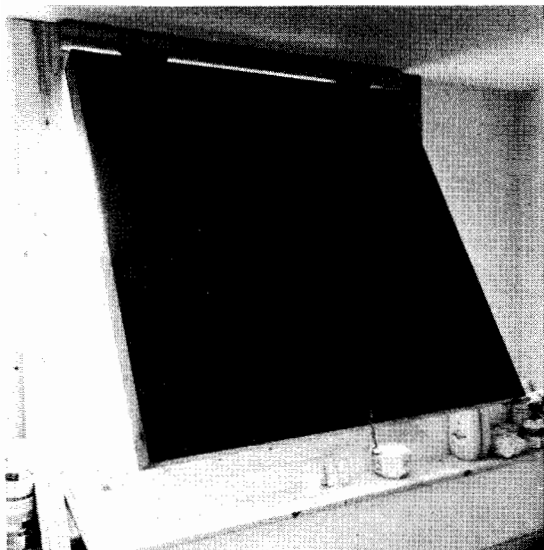
Muy pocos tienen la oportunidad de estudiar la orientación de una casa antes de construirla. Habitualmente lo que hacemos es arreglar de la mejor forma posible algo que ya está hecho. Es poco frecuente que arquitectos y constructores consideren la forma en que el sol se mueve alrededor del edificio, qué cantidad de calor se puede ganar por las ventanas o si el edificio va a estar expuesto constantemente al enfriamiento producido por el viento. Es corriente encontrarnos con hileras de casas nuevas con los mismos ventanales orientados al norte y al sur a cada lado de una calle. Debido a esta falta de previsión tendréis que estudiar atentamente la orientación de vuestra casa antes de aplicar ninguno de los sistemas estudiados en este libro.

## Ventanas

Para empezar necesitaréis una brújula para averiguar qué fachada del edificio está orientada al sur. Después de saberlo, se puede ver si hay ventanas orientadas al sur que se puedan convertir en colectores de energía solar. Una sola hoja de vidrio es un aislante muy malo, aun cuando por la noche se corran las

cortinas; habitualmente se considera que las ventanas son una causa fundamental de que se produzcan pérdidas de calor hacia el exterior cuando la casa está caliente, en vez de ser una forma de aportar calor al interior de la vivienda. En invierno se pierde más calor por una ventana orientada al sur con acristalamiento sencillo que el que se gana cuando el sol incide sobre el cristal. Pero si esa misma ventana tuviese cristal doble y llevase una contraventana aislante, que se cerrara durante la noche, funcionaría como un colector solar, pudiendo aprovechar una energía muy útil durante los meses de invierno.

Se podría diseñar una casa en la que gran parte de su calefacción se realizase solamente a través de las ventanas. Esta casa habría de ser de materiales muy pesados, con aislamiento por la cara exterior, para almacenar el calor y amortiguar las variaciones de la temperatura exterior. Por esta razón, la influencia de las aportaciones de energía a través de ventanas grandes puede no ser tan evidente en una vivienda existente, y deberéis estar seguros de que vuestra casa es adecuada antes de decidir os a aumentar el número o el tamaño de las ventanas orientadas al sur. En los capítulos dedicados a ventanas y

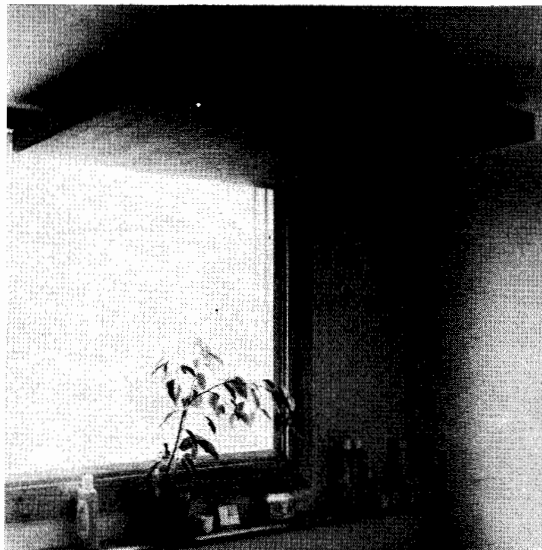


*Contraventana aislante en una ventana sur*

a contraventanas podéis encontrar más detalles sobre este tema.

Toda ventana de cristal orientada al norte o, de hecho, todo lo que no esté orientado al sur producirá pérdidas de calor aun cuando el sol incida sobre ella durante varias horas al día. Si hay grandes superficies acristaladas orientadas al norte como, por ejemplo, ventanas de suelo a techo, convendría reducirlas. Una ventana de suelo a techo se puede cubrir de madera hasta lograr una altura normal de antepecho, poniéndose un buen aislamiento en la parte ciega recién construida.

Toda reducción del número o de la superficie de las ventanas tendrá que cumplir las ordenanzas constructivas locales. En el Reino Unido, éstas obligan a que la superficie de cristal de la ventana o ventanas de una habitación no sea menor de la décima parte de la superficie en planta de esa habitación, para que la iluminación natural sea adecuada, y que la superficie total de ventana practicable no sea menor de la vigésima parte de la superficie en planta de la habitación, para que la ventilación natural sea la correcta. Debemos fijarnos también que en cualquier ventana orientada al norte, situada en la cubierta, habrá más pérdidas de calor que en una ventana parecida situada en el muro vertical, ya que la primera está mucho más expuesta a los agentes ambientales. Asimismo, una ventana orientada al sur, en la cubierta, no recogerá en



*Contraventana abierta durante el día*

invierno tanta energía como una ventana vertical orientada al sur: el sol bajo del invierno incidirá en la ventana vertical directamente, mientras que en la ventana inclinada de la cubierta se reflejará.

*La puerta aislada mantiene fresca la despensa*





*Porche-invernadero*

## Habitaciones

Después de haber estudiado el exterior de vuestra casa conviene considerar la distribución interior. Si hay habitaciones que tengan que estar a menor temperatura o que sólo tengan que tener calefacción de forma ocasional, e incluso que no tengan calefacción (como dormitorios de huéspedes, despensas, almacenes y talleres), lo mejor sería intentar situarlas en el muro norte del edificio. Así, estas habitaciones servirían de separación entre la parte del edificio calefactada, y el ambiente frío exterior. Aunque esta zona de aislamiento no lleve calefacción, su temperatura es superior a la exterior: por tanto, la diferencia de temperatura entre las habitaciones con calefacción y la zona intermedia es menor que la que hay entre las habitaciones con calefacción y el exterior —lo mismo sucede con los desvanes de una casa no calefactada.

## Invernaderos

Sería conveniente ver si hay algún muro orientado al sur, suroeste o sureste donde se

pueda construir un invernadero. El invernadero formará una zona de aislamiento, actuando como colector de energía. Incluso en un día nublado, la temperatura dentro del invernadero, que no lleva calefacción, se eleva, reduciendo así las pérdidas de calor a través de los muros del edificio.

Para construir un invernadero con un volumen menor de 50 metros cúbicos hay que cumplir las normas constructivas, pero no se necesitará licencia urbanística. Tradicionalmente el invernadero siempre se ponía en la fachada posterior de la casa cuando ésta estaba aproximadamente orientada al sur, aunque quizá su función como zona de aislamiento era menos apreciada que su utilización como semillero y para guardar las botas del jardín; pero no hay razón por la cual un invernadero construido sobre una puerta de entrada orientada al sur no pueda servir como porche.

## Cubiertas

La brújula también os servirá para hallar la dirección de la pendiente de la cubierta. Los sis-





*Paneles solares en cubierta*

temas solarés no sólo recogen la energía que incide directamente sobre ellos sino también, y de forma considerable, la radiación indirecta reflejada en el cielo (ver Capítulo 7). Esta separación en las direcciones con que incide la energía solar tiene cierta influencia en la orientación de los colectores solares. Si la cubierta está orientada al sur, será evidentemente el lugar adecuado para el colector, aunque también lo sería un muro orientado al sur. Sin embargo, unos colectores de cubierta recogen más cantidad de energía que unos situados en el muro, aun en invierno, cuando los rayos del sol inciden casi perpendicularmente en el colector vertical montado sobre el muro. Esto es debido a que desde el colector de cubierta se cubre un campo mucho más amplio del cielo, recibiendo mayor cantidad de radiación indirecta.

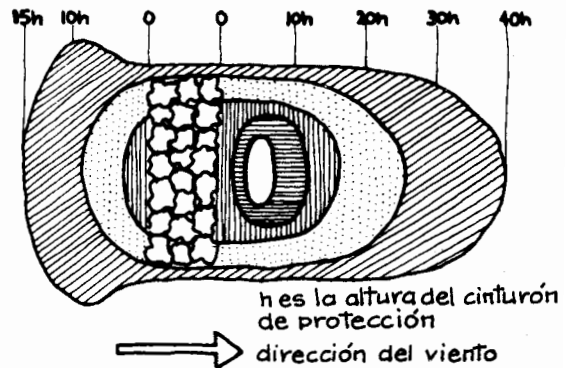
Esto tiene también influencia en la orientación, al considerar una cubierta no orientada al sur. Si la cubierta está orientada con una diferencia de  $30^\circ$  a cada lado del sur, la diferencia de la energía recogida por un colector de cubierta será muy pequeña, e incluso a  $50^\circ$  a cada lado de la orientación sur sólo habrá una reducción del 10%. Sin embargo, un colector montado sobre el muro tendrá un rendimiento mucho menor si no está orientado exactamente al sur, ya que durante gran parte del día el sol no incidirá directamente sobre él, además de no llegarle la radiación indirecta.

Como el arco descrito por el sol en el cielo es diferente en verano que en invierno, los paneles solares que se requieran para el agua caliente, únicamente en verano (el agua caliente en invierno se consigue por otro procedimiento), se pueden situar en un muro vertical orientado al este o al oeste, donde los rayos del sol serán más perpendiculares al co-

lector. No obstante, esta orientación será poco aprovechable en invierno. Si el faldón de la cubierta está orientado al este o al oeste y si se requiere un colector para invierno, habrá que encontrar otro lugar donde colocarlo, como por ejemplo, si construimos una ampliación de la casa, lo situaríamos sobre su cubierta. Se podría construir una estructura sobre la cubierta, sobre la que colocar un colector bien orientado; pero esto podría resultar caro, además de preocupante para las autoridades urbanísticas y para los inspectores del Ministerio. Una posibilidad mejor es utilizar una estructura exenta colocada sobre el jardín.

## Vegetación

Aun en climas fríos, si vuestra casa tiene grandes superficies de cristal orientadas al sur, en verano puede ser un problema el calentamiento excesivo. Esto puede controlarse mediante vegetación correctamente situada, lo cual nos lleva a otra forma de modificación del clima en torno al edificio. Los árboles de hoja caduca darán sombra en verano, lo mismo que los enrejados o pérgolas de rosas y madreselvas, mientras que los mismos árboles y pérgolas, al no tener hojas en invierno, dejarán pasar el sol a la casa. Mediante una vegetación bien estudiada se puede modificar el grado de exposición del edificio al viento. Al incidir el viento sobre el edificio aumentan las



	80% reducción veloc. viento
	60-80% reducción veloc. viento
	40-60% reducción veloc. viento
	20-40% reducción veloc. viento
	20%-0 reducción veloc. viento

pérdidas de calor. Esto lo demuestran las pérdidas de calor relativas para ventanas situadas en lugares resguardados o expuestos (ver página 25).

En las zonas costeras y en los montes, donde las direcciones predominantes del viento son fáciles de averiguar, puede ser interesante plantar setos de protección situados a barlovento del edificio. Un obstáculo macizo no sería tan efectivo como un seto o una fila de árboles, los cuales dejan pasar a su través cierta cantidad de viento, ya que se producirían corrientes turbulentas en el lado de sotavento, en vez de una reducción de la velocidad del viento. Como puede verse en el diagrama, la zona resguardada puede llegar a tener una longitud de hasta treinta veces la altura del seto, pero por razones prácticas será entre cinco y diez veces la altura del obstáculo.

Las auténticas pantallas de protección consisten en dos o tres filas de árboles al tresbolillo; quizá sólo resulta útil para grandes edificios o para un grupo de casas. Para una casa aislada será mejor un seto, que tiene un crecimiento más rápido que los árboles y dará, por tanto, protección mucho antes. Se ha de tener cuidado de que el seto para el viento no obstaculice, al crecer, la incidencia del sol sobre un colector, aunque en algunos casos la sombra puede ser interesante. Por ejemplo, la dirección predominante del viento en casi todo el Reino Unido es del suroeste, por lo que una pantalla hecha con plantas caducifolias dará sombra en verano; por la tarde impedirá también que el sol bajo del estío entre a las habitaciones orientadas al suroeste o al oeste, calentándolas excesivamente. Otro posible uso de la vegetación son las enredade-

ras de los muros. En ellas queda retenida una capa de aire en remanso y, por tanto, más cálido, adosada a un lado del edificio.

## Molinos de viento

Necesitaremos de nuevo la brújula si tenemos la idea de comprar o construir un molino para producir electricidad. Evidentemente, el molino de viento ha de situarse directamente en la trayectoria del viento dominante. Es posible construir una torre para elevar el molino de viento por encima de la casa o de cualquier otro obstáculo; pero la altura ideal de 15 metros puede no ser del agrado de las autoridades urbanísticas. No obstante, siempre que se sitúe entre la casa y la dirección dominante del viento —que se puede hallar a partir de los datos climatológicos, dibujándose en la parcela con ayuda de la brújula— la presencia del edificio tendrá poca influencia en la velocidad del viento. Si la casa está rodeada por grandes árboles que no se puedan cortar, habrá que llegar a una solución de compromiso ubicando quizá el aparato a una distancia del edificio mayor de la ideal.

Al construir muchos de los aparatos y sistemas descritos en este libro tendréis que llegar a veces a una solución de compromiso, pero lo interesante del tema es precisamente el adaptar estos sistemas para adecuarlos a vuestra propia casa, en vez de utilizar soluciones de validez general. Así pues, estudiad el clima y las características concretas de vuestra casa y de la parcela, y decidid qué modificaciones se pueden hacer para mejorarla. Por último: ¡no os olvidéis de colocar el abono orgánico a sotavento de la puerta posterior!

# 2 Rendimiento de los combustibles

## Unidades de energía

La energía eléctrica y mecánica que a diario utilizamos para calefacción se puede medir de muchas formas, pero aquí utilizaremos únicamente la del sistema métrico, fundamentalmente los kilowatios-hora (kWh). Para que la corrección sea total desde el punto de vista científico, todas las unidades de energía de este libro deberían ir en julios, kilojulios, megajulios y gigajulios. Pero aquí estamos tratando de edificios, y en la industria de la construcción siempre se han utilizado los kilowatios-hora. Las ventajas del kilowatio-hora es que es la unidad con que viene el recibo de la luz y, por tanto, todo el mundo la conoce.

El kilowatio es una unidad de potencia, no de energía, lo cual quiere decir que los kilowatios o los vatios miden la energía utilizada por unidad de tiempo. Una estufa eléctrica de 1kW tiene una potencia calorífica de 1kW o de 1000W. Si funciona durante una hora producirá una energía, en forma de calor, de 1kWh o 1000Wh, consumiendo, por tanto, 1kWh o, lo que es lo mismo, 1 unidad de electricidad. Si dejas encendida la estufa durante todo el día consumirá  $1 \times 24 = 24$ kWh, y así sucesivamente. De forma análoga, una

bombilla de 100W, encendida durante 10 horas consumirá  $100 \times 10 = 1000$ Wh = 1kWh; además dará también a la habitación 1kWh de energía calorífica, ya que las bombillas desprenden casi toda la energía en forma de calor.

## Energía primaria

La utilización de combustibles como el gas, carbón y electricidad como fuentes de energía hace surgir la cuestión del rendimiento. Se dice que una estufa eléctrica tiene un rendimiento del 100%, ya que toda la energía eléctrica utilizada se convierte en calor. En un hogar de carbón solamente el 20% de la energía contenida en el carbón se emplea en calor aprovechable; el restante 80% se pierde por la chimenea. En un sistema de calefacción central de gas o de gasóleo o en una caldera moderna de combustible sólido se puede aprovechar hasta un 70% de la energía contenida en el combustible, y, por tanto, se dice que su rendimiento es del 70%.

A primera vista puede parecer que la electricidad debe ser el mejor combustible por su alto rendimiento. Pero para hacerse una idea

completa hay que considerar el modo como se producen los combustibles. Para fabricar la electricidad se quema combustible como carbón o petróleo para calentar agua en una caldera, produciendo vapor que mueve una turbina, que a su vez mueve el generador en el cual se produce la electricidad que utilizamos para iluminar la casa. Cada paso de este proceso no tiene un rendimiento del 100% y el resultado es que menos de la mitad de la energía contenida en el carbón o en el petróleo se convierte en electricidad. Aún hay otras pérdidas en el transporte de la electricidad por el calentamiento de los cables de la red. El resultado final es que el consumidor recibe aproximadamente el 27% de la energía contenida en el carbón. Esto trae a colación la cuestión del uso de la electricidad como combustible para calefacciones, ya que el rendimiento global no es mucho mejor que el de una chimenea de carbón. Este problema ha de tratarse a escala nacional, ya que a la mayoría de los consumidores les importan más sus facturas que el consumo nacional de energía.

A la energía utilizada para producir un combustible, por ejemplo: la energía necesaria para extraer el carbón de las minas, limpiarlo y transportarlo al consumidor, o la energía necesaria para extraer fuel-oil, se le llama «energía primaria». Cuando los políticos y otras personas hablan de la «demanda nacional de energía» o del «consumo de energía», es a esto a lo que se refieren. Todo combustible necesita para su producción cierta cantidad de energía primaria. En el Reino Unido, el Building Research Establishment (Instituto para Estudios de la Construcción) da los siguientes rendimientos para la fabricación de combustibles:

Electricidad a partir de combustibles fósiles	27%
Combustibles elaborados (como el carbón sin humos)	71%
Gas de hulla (estimación)	79%
Petróleo	93%
Gas natural	94%
Carbón y madera (estimación)	98%

Para decirlo de otra forma, para producir 1kWh de electricidad se requieren 3,73kWh de energía primaria, pero para producir 1kWh de carbón se requiere sólo 1,02kWh de energía primaria.

Si combinamos estos rendimientos con los rendimientos de conversión en calor para calefacción de edificios resulta que en conjunto la forma más eficaz para calentar una casa es quemando el carbón con una estufa cerrada, que puede tener un rendimiento de hasta 69% en términos de energía primaria. El sistema de calefacción de menor rendimiento es la electricidad nocturna —durante el período de menor consumo—, que tiene un rendimiento de sólo el 19% en relación con la utilización de energía primaria. Otros rendimientos en relación con el consumo de energía primaria son los siguientes:

Estufa de leña	59%
Calefacción central por gas natural	57%
Calefacción central por gasóleo	56%
Estufa de coque	46%
Calefacción eléctrica en horario diurno	27%
Carbón en chimenea abierta	20%

## Energía neta o útil

Como consumidores es más probable que estemos interesados en el rendimiento del combustible en nuestra casa. Si para calentar una habitación se utiliza una chimenea-hogar, con un rendimiento del 20%, se quemarán 500 pesetas de carbón o leña por cada 100 pesetas de calor real obtenido o 5kWh por cada 1kWh. Si las mismas 500 pesetas de carbón se quemasen en una estufa con un rendimiento del 70% se obtendría una cantidad de calor equivalente a 350 pesetas o 3,5kWh.

Para expresarlo de otra forma se podría calcular que la casa necesitaría 8000kWh para calentarla durante todo el invierno (ver Capítulo 5 para calcular la demanda de energía). Esta es aproximadamente la cantidad de energía contenida en 1 tonelada de carbón. Sin embargo, si la calefacción se va a realizar por medio de una chimenea, se necesitarán 5 toneladas de carbón para producir los 8000kWh de energía útil necesaria, porque el rendimiento de la chimenea es sólo del 20%. Las 5 toneladas de carbón contienen 40000kWh (5×8000) de energía: esta es la demanda «neta» o de suministro de energía del edificio. Los 8000kWh necesarios para calentar la casa es la demanda de energía «útil». Si la misma casa se calentase por una estufa de carbón, que puede tener un rendimiento

del 70%, la demanda de energía neta sería 11429kWh (8000kWh de energía útil divididos por el 70% o 0,7), lo cual se reduciría a 1,5 toneladas de carbón. Para producir la misma cantidad de energía útil la casa calentada con chimenea utiliza más del triple de carbón que la casa provista de una estufa de rendimiento mayor.

El estudio comparativo entre el consumo de energía primaria, neta y útil de los distintos sistemas de calefacción demuestra, en nuestra opinión, que las casas con calefacción central eléctrica, aun estando totalmente aisladas, utilizan mucha más energía primaria que una casa con aislamiento normal y calefacción central de gas o gasóleo; pero como la casa con aislamiento térmico tiene demanda de energía útil menor, la calefacción cuesta me-

nos que otra con sistema a gas o gasóleo. Si se hiciesen corrientes estas casas con todo eléctrico, sustituyendo a otro tipo de calefacción, el consumo de energía primaria nacional subiría, aunque la demanda de cada vivienda se hubiese reducido.

Después de haber aislado térmicamente un edificio, el combustible mejor es el que requiera poca energía primaria para su producción, como la leña, carbón, gasóleo o gas, dejando la electricidad para la iluminación y para otros aparatos eléctricos. A largo plazo es probable que el carbón o el gas se conviertan en los combustibles de mayor utilización; por lo que si estáis proyectando un sistema de calefacción convencional, éstos son probablemente los combustibles que deberéis considerar.

# 3 Aislamiento

El Building Research Establishment ha calculado que hasta un 50% del consumo total de energía primaria en el Reino Unido se utiliza en los edificios: para calefacción, iluminación, agua caliente, cocina y para otros aparatos. De esta energía, aproximadamente la mitad se utiliza para calefacción. Parece evidente pues que para reducir el consumo de energía en los edificios lo más importante es la reducción de energía para calefacción.

Individualmente, las mayores facturas de combustibles son las de la calefacción, siendo mucho más pequeñas las de la cocina, agua caliente e iluminación, si se pudiese saber qué parte corresponde a cada función. Esta suposición la tiene en cuenta el BRE, cuyas cifras demuestran que en una vivienda normal con calefacción central el consumo de energía se puede dividir de la siguiente forma:

Calefacción	71%
Agua caliente	18%
Cocina	8%
TV, luces, etc.	3%

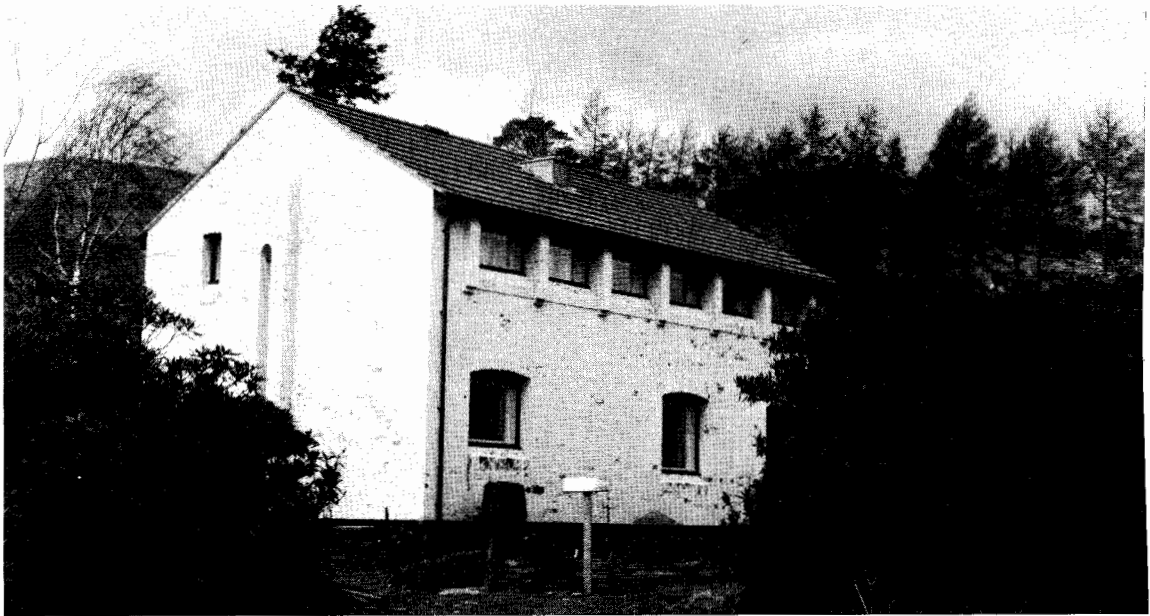
Estas cifras varían algo para las viviendas medias, ya que sólo un tercio de las casas del

Reino Unido tienen calefacción central, lo cual hace que la media sea:

Calefacción	64%
Agua caliente	22%
Cocina	10%
TV, luces, etc.	4%

La diferencia entre estos dos cuadros de cifras se debe al hecho de que habitualmente las viviendas con calefacción central están a mayor temperatura que las que no tienen, por lo que la energía utilizada en calefacción es mayor.

Una forma de consumir menos energía es apagar la calefacción; pero es probable que este método no sea del agrado de la mayoría, cuyas casas en la actualidad tienen insuficiente calefacción. Lo mejor es reducir el calor de la casa que se pierde hacia el exterior. Al calentar una vivienda, el calor que se aporta pasa de forma continua desde el interior caliente al exterior frío y el calor que se continúa aportando sirve para reemplazar estas pérdidas. Las pérdidas en una típica vivienda apareada de 1930 son las siguientes:



*Aislamiento de 450mm en muros, cubierta y piso*

A través de muros	35%
A través de cubierta	25%
A través de la planta baja	15%
Corriente de aire	15%
A través de ventanas	10%

(ver Capítulo 15), por lo que también será prioritario hacerlo, debido simplemente a su efectividad en relación con su costo.

## **Dónde aislar**

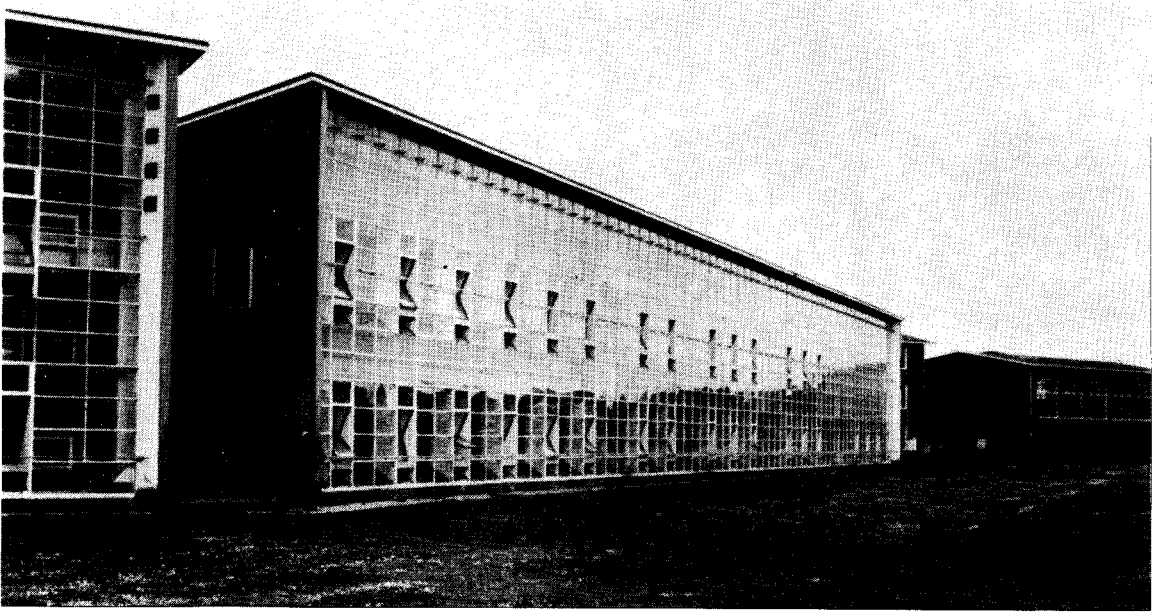
Es muy importante la posición del aislamiento en el edificio. Se dice que una casa con muros

### *Aislamiento exterior con enfoscado*



Una casa de construcción más reciente, con ventanas muy grandes, puede perder más calor a través de las ventanas; en una vivienda antigua puede haber más corrientes. Pero todos los edificios perderán calor, porque éste siempre fluirá hacia los espacios más fríos; si el exterior no estuviese frío, no sería necesaria la calefacción y no habría flujo.

Aunque este flujo de calor no se puede impedir totalmente, sí se puede amortiguar su velocidad. Esto significa que en un período determinado se perderá menos calor, por lo que hará falta menor cantidad de energía para reemplazarlo, y menos energía significa menores facturas de combustible. El sistema para amortiguar las pérdidas de calor es utilizar materiales aislantes en los elementos constructivos del edificio. Parece claro, si examinamos las tablas, que los muros y la cubierta son probablemente los primeros elementos del edificio que hay que aislar, ya que representan la mayor parte de las pérdidas de calor totales. No obstante, las corrientes son algo fácil de eliminar con poco costo



*Escuela de alta inercia térmica con calefacción solar*

de fábrica con aislamiento interior, de estructura de madera o construida con otros materiales ligeros, es térmicamente «ligera», respondiendo rápidamente a la calefacción. Las superficies aisladas de las habitaciones tienen poca masa y, por tanto, requieren poca calefacción para poder calentar el edificio. Pero al apagar la calefacción el edificio se enfriará rápidamente porque los materiales no almacenan el calor.

Una casa «pesada» desde el punto de vista térmico, con materiales de albañilería densos, aislada por el exterior tardará más tiempo en calentarse, porque los materiales pesados tienen alta inercia térmica, requiriéndose gran cantidad de calor para elevar la temperatura del edificio al nivel deseado. La casa almacenará otro tipo de energía como, por ejemplo: el calor desprendido por los ocupantes, por las luces y aparatos eléctricos y por el sol que pasa por las ventanas. Al eliminar el foco calorífico, cualquiera que sea su tipo, el calor almacenado en los muros pesados se desprende lentamente a las habitaciones a medida que se van enfriando, igual que un termo eléctrico desprende calor durante el día después de haberse calentado durante la noche.

La razón por la que se suele decir que las antiguas casas rurales de piedra, con muros de medio metro de espesor, son más calien-

tes en invierno y frescas en verano no tiene nada que ver con el aislamiento de la piedra que es muy bajo; tiene que ver con la masa térmica. Los gruesos muros almacenan el calor que se aporta al edificio igualando las variaciones de la temperatura interior. Si repentinamente baja la temperatura, el calor almacenado retrasará el momento en que se pueda percibir la disminución de temperatura en el interior. Por otro lado, en verano el edificio se calienta muy lentamente y, por tanto, estará más fresco que un edificio cuya respuesta térmica sea más rápida.

La posición del aislamiento depende, hasta cierto punto, de la utilización que se le vaya a dar a la casa. Por ejemplo, si estáis fuera todo el día y sólo necesitáis calefacción por la mañana, por la noche y durante los fines de semana será mejor un edificio de respuesta térmica rápida, ya que la casa se puede calentar rápidamente al llegar. Por otro lado, para un edificio con calefacción más o menos continua es mejor que tenga materiales pesados, con alta inercia térmica.

En el mundo real no hay nada sencillo y directo y en la conversión de un edificio existente puede muy bien haber otros factores además de la utilización que se vaya hacer del edificio y que van a determinar la posición del aislamiento. Pero esto no debe preocuparnos





*Aislamiento exterior revestido de madera*

demasiado; es perfectamente posible calentar un edificio ligero de forma continua, aunque es menos fácil calentar uno pesado de forma intermitente. Sin embargo, un edificio ligero tenderá a sobrecalentarse si se diseña de forma que absorba energía solar a través de las ventanas, mientras que uno pesado absorberá esta energía adicional, desprendiéndola más tarde. Si se pretende utilizar las aportaciones de energía solar es buena idea tratar de conseguir la mayor inercia térmica posible utilizando pisos con pavimento de baldosas o de hormigón, con aislamiento en el borde, tabiquería de albañilería y aislamiento exterior en el muro.

## Condensación

Donde quiera que esté el aislamiento, ha de protegerse de la condensación. El vapor de agua se produce en la cocina, en el lavado de ropa, al abrir el baño y simplemente al respirar. El vapor producido en un día por una vivienda media es equivalente a unos 10 litros de agua. Se difunde a través del edificio y mientras que permanece en forma de vapor

no hay ningún problema. Las dificultades surgen cuando el vapor de agua pasa a través del cerramiento del edificio saliendo al exterior, donde la presión de vapor es menor. El aire caliente puede contener mucho más vapor de agua que el frío, y cuando el aire caliente húmedo se enfría llega a un punto en el que el aire se satura de vapor y ya no puede contener más cantidad. A esto se le llama punto de rocío. Si se sigue enfriando por debajo de este punto de rocío, el vapor de agua se condensa.

En invierno es probable que la temperatura exterior esté por debajo del punto de rocío correspondiente al aire cálido cargado de humedad que hay dentro del edificio. El vapor de agua, al intentar equilibrar la diferencia de presión de vapor entre el interior y el exterior al difundirse a través del cerramiento, llegará hasta un punto en que la temperatura de los muros sea lo suficientemente fría para que el vapor de agua se condense. Si éste tiene lugar en un material que puede estropearse por el agua el resultado puede ser desastroso. Las propiedades aislantes de los materiales dependen de que haya retenidas dentro de ellos unas capas de aire seco y en reposo; si se llenan de agua dejan de ser aislantes, al ser el agua un buen conductor del calor.

Para solucionar el problema del agua dentro del aislamiento es imprescindible colocar una barrera contra el vapor en el lado *caliente* de todo material aislante utilizado en el edificio. También sería una buena idea, siempre que sea posible, poner una cámara de aire ventilada tras el aislamiento, de forma que toda cantidad de agua que pase a su través se evapore en el aire. Una barrera contra el vapor puede ser cualquier material que impida el paso del vapor de agua, por ejemplo: una lámina de aluminio, láminas gruesas de polietileno con juntas dobladas y pegadas con cinta adhesiva o incluso dos capas de pintura brillante al óleo. La pintura brillante no suele ser muy efectiva como barrera contra el vapor y en ningún caso debe aplicarse sobre placas de techo de poliestireno expandido, ya que puede representar un riesgo de incendio.

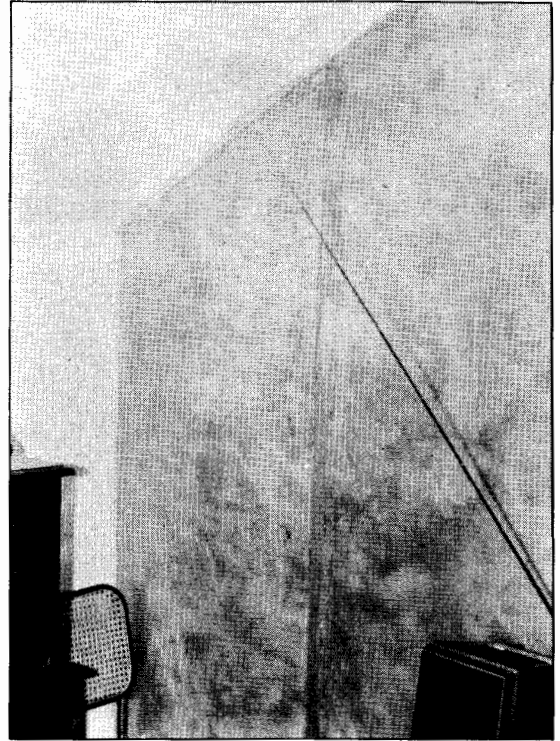
Cuando se aísla un edificio, las temperaturas de las superficies de los muros, cielorraso y otros elementos se elevan y, si la temperatura está por encima del punto de rocío, no habrá condensación en su superficie. Sin embargo, si no hay barrera contra el vapor, dentro del muro se producirán condensaciones (condensación intersticial), y una vez que el

aislamiento se satura, la condensación se extenderá por el interior del muro, pudiendo originar la aparición de moho. El aislamiento, por tanto, soluciona el problema de la condensación de vuestra casa, pero ha de haber una barrera contra el vapor y ha de estar colocada en su lugar correcto para que el aislamiento reduzca las pérdidas de calor y las condensaciones.

## Ventajas del aislamiento

El aislamiento es sin duda la forma más eficaz de ahorrar energía en las casas; otras soluciones que quizá sean más atractivas, como la energía eólica y solar, sólo son útiles después de que la demanda para calefacción o para agua caliente se haya reducido al mínimo mediante la utilización de materiales aislantes. Algunas veces la gente se preocupa sobre la cantidad de energía empleada en la fabricación de estos materiales, pero incluso si se utiliza un material que precise una tecnología relativamente avanzada, como la fibra de vidrio por ejemplo, la energía utilizada en su fabricación se amortiza simplemente con la energía que ahorra en un invierno, o a lo sumo en dos. Durante el resto de la vida del edificio, siempre que el aislamiento se haya instalado correctamente, ahorrará energía.

Si un edificio está perfectamente aislado necesita un sistema de calefacción mucho menor, más sencillo y barato que el mismo edificio no aislado. Si os trasladáis a una vivienda antigua es mucho mejor emplear el dinero en poner un buen aislamiento hasta un grado en el que la calefacción pueda consistir simplemente en una única estufa, en vez de gastar el mismo dinero en un sistema convencional de calefacción central. Los costes de mantenimiento de la casa aislada serán muy bajos comparados con una casa no aislada con calefacción central; sin embargo, la vivienda permanecerá a la misma temperatura



*Aislamiento interior antes de colocar los tableros de yeso, donde se puede ver los listones y la barrera contra el vapor de polietileno*

en los dos casos. Si decidís poner calefacción central, además de aislamiento, veréis que podréis utilizar una caldera y unos radiadores mucho más pequeños; por tanto, os costará menos el sistema de calefacción central que si la casa no estuviese aislada.

Finalmente, merece la pena señalar que, desde nuestro punto de vista, con un programa de aislamiento completo de todas las viviendas existentes en el Reino Unido, junto con el abandono de la calefacción eléctrica, se podría reducir la demanda nacional de energía primaria aproximadamente en un 10%.



# 4 Coeficientes K

Se han desarrollado ciertos métodos para estimar de forma exacta cómo se pierde calor en un edificio, calculando las cantidades de calor que se pierden a través de cada elemento. Utilizando estos métodos, que son sencillos aunque bastante tediosos (una calculadora de bolsillo sería de bastante ayuda al hacer números), se puede calcular la cantidad de calor por unidad de tiempo que se pierde a través de muros, pisos, cubierta, ventanas, etc., sumando los resultados para tener la pérdida de calor de toda la casa.

A la cifra que representa la pérdida de calor unitaria de una parte del edificio se le llama coeficiente K. Por ejemplo, una ventana normal de acristalamiento simple tiene un coeficiente K de 5 watios por metro cuadrado y grado Celsius (centígrados). Esto significa que cada metro cuadrado de ventana perderá una cantidad de calor por unidad de tiempo de 5W por cada grado de diferencia de temperatura entre el interior y el exterior. En otras palabras, si la temperatura interior es 20°C y la temperatura exterior es de 19°C cada metro cuadrado de ventana perderá 5W; si la temperatura exterior baja hasta 0°C (punto de congelación) y la interior se mantiene a 20°C el calor que se pierde a través del cristal su-

birá hasta  $5 \times 20 = 100W$ . Para mantener la temperatura de la casa habrá que suministrar 100W de calefacción por cada metro cuadrado de cristal.

En la primera tabla de la página 20 se muestran algunos coeficientes K característicos para algunas partes del edificio. Cuanto menor sea el coeficiente K mejor será el aislamiento.

## Ejemplo

Para hallar las pérdidas de calor en un muro de ladrillo con cámara de aire con una ventana de cerco metálico y acristalamiento sencillo hay que multiplicar el coeficiente K del muro por la superficie de éste, y el coeficiente K de la ventana por su área. Si el muro tiene 5 metros de largo y 2,3 metros de altura, midiendo la ventana 1 metro por 1,2 metros, la superficie será  $5 \times 2,3 = 11,5m^2$  menos la superficie de la ventana,  $1,0 \times 1,2 = 1,2m^2$ , dando una superficie total del muro de  $10,3m^2$ . Las pérdidas de calor a través del muro serán  $10,3 \times 1,7$  (el coeficiente K se toma de la tabla)  $= 17,51W/°C$ ; las pérdidas de calor a través de la ventana serán  $1,2 \times 5,6 = 6,72W/°C$  por cada grado de diferencia de temperatura.

	<b>W/m<sup>2</sup>°C</b>
<b>Muros</b>	
muro de ladrillo macizo de 225mm, enlucido interior	2,67
muro de ladrillo con cámara de aire, enlucido interior	1,70
muro con cámara de aire con hoja exterior de ladrillo y hoja interior de bloques aislantes	1,00
muro de ladrillo con cámara de aire con cámara rellena de espuma de formaldehído de urea de 50mm de espesor	0,45
<b>Cubiertas inclinadas</b>	
teja o pizarra sobre listones, cámara de aire y techo enlucido	3,18
tejas o pizarra sobre listones, fieltro, cámara de aire y cielorraso enlucido	1,70
tejas o pizarra sobre listones sobre fieltro, cámara de aire y cielorraso enlucido con fibra de vidrio de 50 mm entre las viguetas del cielorraso	0,50
<b>Cubiertas planas</b>	
tres capas de fieltro sobre tablero y viguetas, cielorraso enlucido	1,82
<b>Planta baja</b>	
tablero sobre viguetas: vivienda exenta	0,68
vivienda en hilera	0,53
losa de hormigón vivienda exenta	0,76
sobre encachado: vivienda en hilera	0,48

Nota: debido a que los cuatro bordes del piso de una casa exenta están expuestos al aire exterior, el piso tiene unas pérdidas unitarias de calor mayores que el de una vivienda en hilera, en la cual sólo están expuestos dos bordes paralelos.

#### **Acristalamiento**

acristalamiento sencillo, exposición intensa	6,7
acristalamiento sencillo, exposición normal	5,6
acristalamiento doble, exposición normal	3,4
acristalamiento doble, orientado al sur, resguardado	2,8
acristalamiento triple, exposición normal	2,5

<b>elementos</b>	<b>emisividad superficial</b>	<b>dirección del flujo calorífico</b>	<b>m<sup>2</sup>°C/W</b>
muros	alta	horizontal	0,123
	baja	horizontal	0,304
cubiertas y cielorrasos	alta	hacia arriba	0,106
	baja	hacia arriba	0,218
pisos	alta	hacia abajo	0,150
	baja	hacia abajo	0,562

<b>anchura de cámara</b>	<b>emisividad superficial</b>	<b>resistencia en m<sup>2</sup>°C/W</b>	
		<b>flujo calorífico horizontal o hacia arriba</b>	<b>flujo calorífico hacia abajo</b>
5mm	alta	0,11	0,11
	baja	0,18	0,18
20mm o más	alta	0,18	0,21
	baja	0,35	1,06

## Coeficientes K estándar: pisos y muros

Evidentemente surge un problema en el cálculo de las pérdidas de calor si el elemento constructivo en cuestión no viene en ninguna tabla de coeficientes K o si lo que queréis es saber el efecto que tiene sobre un coeficiente K conocido la colocación de un aislamiento suplementario. Para solucionar este problema necesitaremos saber cómo se hallan los coeficientes K. El siguiente apartado se dedica al cálculo de los llamados «coeficientes K estándar», que se utilizan para poder hacer comparaciones entre un edificio o método constructivo y otro. Estos cálculos se pueden utilizar para hallar los coeficientes K de muros y cubiertas, pero las plantas bajas y las ventanas se tratarán por separado en este capítulo, ya que no pueden deducirse a partir de los principios fundamentales.

La palabra «estándar» significa que se hacen distintas hipótesis sobre el contenido de humedad de los materiales sobre la radiación solar y efectos de conversión y sobre el flujo del aire en las cámaras de aire ventiladas. En la realidad todos estos factores pueden variar según las condiciones atmosféricas, grado de exposición del edificio y otras variables, pero para el cálculo de los coeficientes K estándar, que son muy próximos a los reales, las variables han de estar normalizadas.

### La fórmula

El coeficiente K de cualquier elemento constructivo es el recíproco de su resistencia; así pues,  $K = \frac{1}{R}$ . La resistencia total R es la suma de las resistencias de cada parte de que se compone el elemento constructivo. Por lo tanto:

$$R = R_{si} + R_{sc} + R_{ca} + R_1 + R_2 \dots + R_n$$

En esta ecuación los símbolos tienen los siguientes significados.

$R_{si}$  es la resistencia de la superficie interior; esto es, la propiedad aislante de la delgada capa de aire en reposo que se encuentra inmediatamente detrás del material. Esta capa se encuentra en reposo debido a la aspereza (a veces microscópica) de la superficie, y al estar en reposo no transmite el calor por convección. A medida que nos vamos alejando de la superficie, el aire empieza a moverse, añadiendo pérdidas de calor por convección a las originadas

por conducción y por radiación a través de la capa de aire en reposo.

En la resistencia de la superficie interior influye la emisividad de la superficie, siendo ésta la capacidad del material para reflejar o absorber la energía de radiación. Todos los materiales constructivos, incluido el vidrio, tienen una emisividad alta: los valores de la emisividad más baja a partir de los cuales llamamos valores de  $R_{si}$  (en el centro, a la izquierda) sólo se deben utilizar para superficies metálicas no pintadas como el aluminio, acero inoxidable, acero galvanizado, etc., que reflejan el calor irradiado.

$R_{sc}$  es la resistencia de la capa de aire en reposo que hay en la superficie exterior. A menudo, se supone que este valor varía según el grado de exposición del edificio, pero para hallar los coeficientes K estándar no se tienen en cuenta estas variaciones (que tienen muy poca influencia en la respuesta final) utilizándose los valores siguientes:

elemento	emisividad superficial	m <sup>2</sup> °C/W
muro	alta	0,055
	baja	0,067
cubierta	alta	0,045
	baja	0,053

Nota: un piso expuesto al aire exterior por su lado inferior, un piso que se encuentre sobre una planta porticada, o que esté en voladizo, debe considerarse como si fuese una cubierta, al hallar el coeficiente  $R_{sc}$ .

$R_{ca}$  es la resistencia de las cámaras de aire que haya dentro del elemento. Si, por ejemplo, hay una cámara de aire que tenga lámina de aluminio en ambos lados, su poder de aislamiento mejorará al reducirse las pérdidas de calor originadas por la radiación. Si hay más de una cámara de aire, entonces se ponen en la ecuación tantos coeficientes  $R_{ca}$  como cámaras de aire haya. Los coeficientes estándar son los que se dan en la tercera tabla de la página de la izquierda. La columna de «emisividad superficial» se refiere a la emisividad de los materiales que forman los lados de la cámara de aire.

Estos valores se aplican también a las cámaras de aire en cubiertas, poco ventiladas, para impedir la condensación, y a las cámaras de aire en muros normales, pero para cámaras de aire ventiladas se deben utilizar los valores de la tabla de la página siguiente.

elemento	$m^2C/W$
desván entre cielorraso plano y cubierta inclinada de tejas, pero sin fieltro	0,11
cámara de aire entre las tejas o pizarra y el fieltro de cubierta, sobre una cubierta inclinada (el valor correspondiente al espacio del ático puede hallarse en la tabla de las cámaras de aire, página 20)	0,12
cámara de aire detrás de las plaquetas, en un muro revestido con plaquetas colgadas	0,12

$R_1$ ,  $R_2$ , etc. son las resistencias de los materiales utilizados en el cerramiento. Estas se hallan dividiendo el espesor de material en metros por su conductividad térmica o coeficiente K.

Los coeficientes K de la mayor parte de los materiales constructivos más corrientes se han hallado mediante ensayos de laboratorio, y cuando estos materiales se utilizan en estado seco, el coeficiente K se puede hallar en la tabla y utilizar directamente en los cálculos. Sin embargo, los materiales de albañilería que estén expuestos constantemente a la lluvia como, por ejemplo, los muros exteriores de una casa, perderán parte de su poder aislante debido a la humedad. En la tabla siguiente se dan algunos ejemplos. Los valores «secos» se deben utilizar para los elementos de albañilería de la hoja interior de un muro con cámara de aire y los valores «húmedos» para la hoja exterior. Los valores correspondientes a densidades que no se den en la tabla pueden obtenerse por interpolación.

A continuación damos algunos ejemplos de las densidades más corrientes para algunos materiales de albañilería. Estos se pueden utilizar junto con los de la tabla anterior para hallar el coeficiente K del material

material	$kg/m^3$
ladrillos normales con mortero de cemento	1600-2000
ladrillos resistentes	2000-2400
bloques de hormigón (densos), hormigón armado	2000
bloques macizos «Lignacite»	1400
bloques de hormigón aligerado «Thermalite»	730
arenisca	2200
caliza	2000-2200
granito	2600

Si el muro no tiene cámara de aire no habrá separación entre sus superficies seca y húmeda por lo que se debe utilizar el coeficiente K correspondiente al muro expuesto a la lluvia.

Finalmente para calcular los coeficientes K necesitaréis también una lista de coeficientes K (en la página siguiente) para materiales que no sean de albañilería entre los que están los materiales aislantes.

### Ejemplo

Utilizando estos valores y las fórmulas dadas más arriba podéis calcular ahora el coeficiente K de casi cualquier cosa. Como ejemplo, consideremos un muro que tenga una hoja exterior de ladrillo de 100mm de espesor, una cámara de aire de 50mm y una hoja interior de

densidad en seco	fábrica de ladrillo protegida de la lluvia, humedad 1%	hormigón o piedra protegidos de la lluvia, humedad 3%	ladrillo, hormigón o piedra expuestos a la lluvia, humedad 5%
200	0,09	0,11	0,12
400	0,12	0,15	0,16
600	0,15	0,19	0,20
800	0,19	0,23	0,26
1000	0,24	0,30	0,33
1200	0,31	0,38	0,42
1400	0,42	0,51	0,57
1600	0,54	0,66	0,73
1800	0,71	0,87	0,96
2000	0,92	1,13	1,24
2200	1,18	1,45	1,60
2400	1,49	1,83	2,00

Los porcentajes que hay en los encabezamientos de las columnas representan el contenido de humedad expresado como porcentaje del volumen.

**coeficientes K de materiales constructivos**

	<b>W/m<sup>2</sup>°C</b>
madera blanda	0,13
tablero de fibras	0,13
contrachapado	0,14
madera dura	0,15
aglomerado	0,15
tablero de yeso	0,16
poliestireno (macizo, no expandido)	0,17
enlucido de vermiculita	0,20
plástico reforzado con fibra de vidrio	0,23
pavimento de PVC	0,40
láminas de asbesto cemento	0,40
enlucido de yeso	0,46
acero	0,50
enfoscado arena-cemento	0,53
agua	0,58
impermeabilización de asfalto	0,58
aleación de aluminio	160,00
cobre	200,00

**coeficientes K de materiales aislantes**

poliuretano expandido	0,026
espuma de formaldehído de urea	0,030
poliestireno extruido	0,034
poliestireno expandido	0,035
manta de fibra de vidrio y planchas aglomeradas con resina	0,036
gránulos de poliestireno expandido	0,04
manta de lana mineral	0,042
lana mineral de fibras sueltas	0,045
base de fieltro	0,045
espuma de vidrio	0,05
moqueta	0,055
gránulos de vermiculita	0,065
pavimento de corcho	0,085
base de caucho celular	0,10
planchas de virutas de madera	0,10
tablero de paja	0,11

100mm de bloques de hormigón aligerado con enlucido de 12mm como acabado interior.

Recordando que  $K = \frac{1}{R}$  y que

$$R = R_{si} + R_{sc} + R_{ca} + R_1 + R_2 \dots + R_n$$

es fácil sustituir los valores dados en las tablas dentro de la ecuación en la forma siguiente:

$R_{si} = 0,123$  porque el muro tiene una emisividad alta, y no está hecho de metal pulimentado, y el flujo de calor es horizontal (porque es un muro).

$R_{sc} = 0,055$  porque es un muro de alta emisividad.

$R_{ca} = 0,18$  porque la cámara de aire tiene una anchura mayor de 20mm, tiene superficies de alta emisividad (ladrillo y hormigón), el flujo de calor es horizontal y no está ventilada.

$R_1 = \frac{0,1}{0,96}$ , donde 0,1 es el espesor de 100mm expresado en metros y 0,96 es el coeficiente  $\lambda$  dado en la tabla para ladrillos normales (1800kg/m<sup>3</sup> de densidad en seco) si están expuestos a la lluvia, al estar en la hoja exterior del muro.

$R_2 = \frac{0,1}{0,21}$ . El espesor es igual que en el caso anterior, y el coeficiente  $\lambda$  es el correspondiente al hormigón protegido de la lluvia. Como la tabla no da ningún valor para la densidad de 730kg/m<sup>3</sup> correspondiente al hormigón aligerado, se utiliza un valor intermedio entre las densidades de 600kg/m<sup>3</sup> y 800kg/m<sup>3</sup>.

$R_3 = \frac{0,012}{0,46}$ . El espesor es 0,012 metros y el coeficiente  $\lambda$  es el correspondiente al enlucido de yeso de la tabla.

Sumando todas estas cifras el resultado es:

$$R = 0,123 + 0,055 + 0,18 + \frac{0,1}{0,96} + \frac{0,1}{0,21} + \frac{0,012}{0,46}$$

$$R = 0,123 + 0,055 + 0,18 + 0,104 + 0,476 + 0,026$$

$$R = 0,964$$

$$K = \frac{1}{0,964} = 1,037 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

Después de hallar este coeficiente y después de comprobar que no es mucho el aislamiento que proporciona, quizá decidáis ver el efecto que pueda tener rellenar la cámara con espuma de formaldehído. Para calcular su efecto, no tendréis que empezar desde el principio y sumar todas las resistencias de las superficies interiores y exteriores; simplemente quitáis el valor correspondiente a la cámara de aire y añadís el valor correspondiente a la espuma en el coeficiente K que acabáis de calcular.

En primer lugar se obtiene la resistividad total. Como  $R = \frac{1}{K}$  y en nuestro ejemplo  $K =$

$= 1,037$ ,  $R$  es 0,964. A partir del cálculo anterior  $R_{ca}$  es 0,18, por lo que la resistencia del muro menos la de la cámara es  $0,964 - 0,18 = 0,784$ . El espesor de la espuma será el mismo que el de la cámara de aire, 50mm o 0,05 metros y el coeficiente  $\lambda$  de la tabla es 0,03 de forma que la resistencia de la espuma será

$\frac{0,05}{0,03}=1,667$ . Cuando esto se le suma a la resistencia R del resto del muro, el resultado es  $0,784+1,667=2,451$  lo cual nos da un coeficiente K,  $K=\frac{1}{2,451}=0,408\text{W/m}^2\text{C}$ . La espuma ha hecho que se consiga un aislamiento del muro mayor del doble.

## Plantas bajas

Esta técnica de sumar o alterar unos coeficientes K conocidos es muy útil cuando se trata de hallar las pérdidas de calor en las plantas bajas. Los coeficientes K de las plantas bajas, que pierden calor en dirección al terreno situado bajo el edificio, no se pueden calcular a partir de los principios fundamentales como hacíamos con los muros y cubiertas, pero se han publicado tablas con coeficientes K para plantas bajas de diferentes dimensiones. Las dimensiones son importantes porque en los pisos se pierde calor más rápidamente por los bordes, mientras que, por el contrario, el terreno situado en el centro de un edificio muy grande puede estar más o menos a la misma temperatura que el edificio.

dimensiones del piso en metros	coeficiente K para piso con bordes expuestos
más de 150×30	0,16*
× 15	0,28*
× 7,5	0,48*
150×60	0,11
× 30	0,18
60×60	0,15
× 30	0,21
× 15	0,32
30×30	0,26
× 15	0,36
× 7,5	0,55
15×15	0,45
× 7,5	0,62
7,5× 7,5	0,76
3 × 3	1,47

\* Estos coeficientes también se aplican a pisos en los que el calor se pierda en dos bordes paralelos, por lo que si vivís en una vivienda en hilera que mida 7,5 metros de fachada a fachada y tenga un planta baja de hormigón, el piso tendrá un coeficiente K de  $0,48\text{W-m}^2\text{C}$ .

La primera tabla corresponde a pisos hechos de hormigón. La conductividad térmica de la tierra es parecida a la del hormigón, de forma que el espesor de la losa no es importante ya que se supone que la tierra y la losa funcionan como un todo único. Por la misma razón la presencia de una capa de encachado debajo del hormigón tampoco altera el coeficiente K.

Si vivís en una pequeña hilera de casas o en una vivienda apareada, las dimensiones utilizadas para hallar el coeficiente K de vuestra planta baja serán las de todo el grupo o del total de la casa, no sólo el de la vuestra propia.

En la siguiente tabla se dan los coeficientes K para forjados de madera, desnudo o con vinilo o linóleo, y cubierto con alfombras o placas de corcho.

dimensiones del piso en metros	desnudo o con vinilo o linóleo	con alfombra o corcho
más de 150×30	0,18	0,18
× 15	0,33	0,33
× 7,5	0,53	0,52
150×60	0,14	0,14
× 30	0,21	0,21
60×60	0,16	0,16
× 30	0,24	0,23
× 15	0,37	0,36
30×30	0,28	0,27
× 15	0,39	0,38
× 7,5	0,57	0,55
15×15	0,45	0,44
× 7,5	0,61	0,59
7,5× 7,5	0,68	0,65
3 × 3	1,05	0,99

Como se ha dicho anteriormente, estos coeficientes K se pueden modificar (ver página 23) de forma que se pueda calcular el efecto de añadir materiales aislantes adicionales. Todos los coeficientes K para pisos que se dan aquí se utilizan poniendo la diferencia total de temperaturas entre el interior y el exterior; no es necesario hacer ninguna corrección por estar la tierra más caliente que el aire.

## Ventanas

También existen tablas de coeficientes K para diferentes tipos de ventanas, con acristala-



acristalamiento	exposición		
	resguardada	normal	intensa
sencillo	5,0	5,6	6,7
doble: separación 3mm	3,6	4,0	4,4
6mm	3,2	3,4	3,8
12mm	2,8	3,0	3,3
20mm o más	2,8	2,9	3,2
triple: separaciones 3mm	2,8	3,0	3,3
6mm	2,3	2,5	2,6
12mm	2,0	2,1	2,2
20mm o más	1,9	2,0	2,1

Los grados de exposición de las ventanas son los siguientes:

resguardada: casas en ciudades

normal: zonas suburbanas y rurales

intensa: bloques en torre, montañas y costas

miento simple, doble y triple. En la tabla se puede ver que el poder de aislamiento del acristalamiento doble aumenta a medida que aumenta la separación entre las dos láminas de cristal hasta un máximo de 20mm; a partir de este punto ya no varía el coeficiente K. En la tabla de la página siguiente, arriba, se dan los coeficientes K de ventanas solamente a través del cristal, sin incluir los marcos.

Los coeficientes K corresponden a vidrio transparente, no a los vidrios termorreflectantes, en los cuales se reducen las pérdidas de calor por radiación. Lo mejor es obtener los datos sobre este tipo de cristales directamente de los fabricantes.

Como las ventanas habitualmente tienen marcos, hay que considerar la superficie del marco al calcular el coeficiente K del conjunto de la ventana. Los marcos metálicos tienen aproximadamente el mismo coeficiente K que el cristal, a no ser que se hayan diseñado de

forma que lleven una «barrera térmica» para reducir el flujo de calor a través del metal. Los marcos de madera tienen cierto poder aislante como se puede ver en la siguiente tabla de coeficientes K para ventanas y marcos.

Si se quiere realmente una cifra totalmente exacta se puede hallar para cada ventana la superficie del cristal y la superficie del marco hallando por separado los coeficientes K de cada uno, pero los valores de la tabla nos darán una primera aproximación bastante correcta.

## Pérdidas de calor totales

Utilizando las superficies de puertas, ventanas, cubiertas, muros y otros elementos de vuestra casa, y los coeficientes K calculados (o sacados de las tablas) para cada elemento, se pueden hallar las pérdidas totales de vuestra vivienda, multiplicando el coeficiente K de cada elemento por su superficie, sumando después los resultados, lo cual nos da una cifra expresada en watios por grado C. Al multiplicarla por la diferencia de temperaturas del interior y el exterior, esta cifra nos da la energía calorífica necesaria para equilibrar el calor perdido a través de los materiales del cerramiento del edificio.

tipo de ventana	porcentaje del área total de la ventana ocupada por el marco	exposición		
		resguardada	normal	intensa
acristalamiento sencillo				
cerco metálico	20	5,0	5,6	6,7
cerco de madera	30	3,8	4,3	4,9
acristalamiento doble				
separación 20mm				
metálico con barrera térmica	20	3,0	3,2	3,5
madera	30	2,3	2,5	2,7

# 5 Ventilación y pérdidas de calor

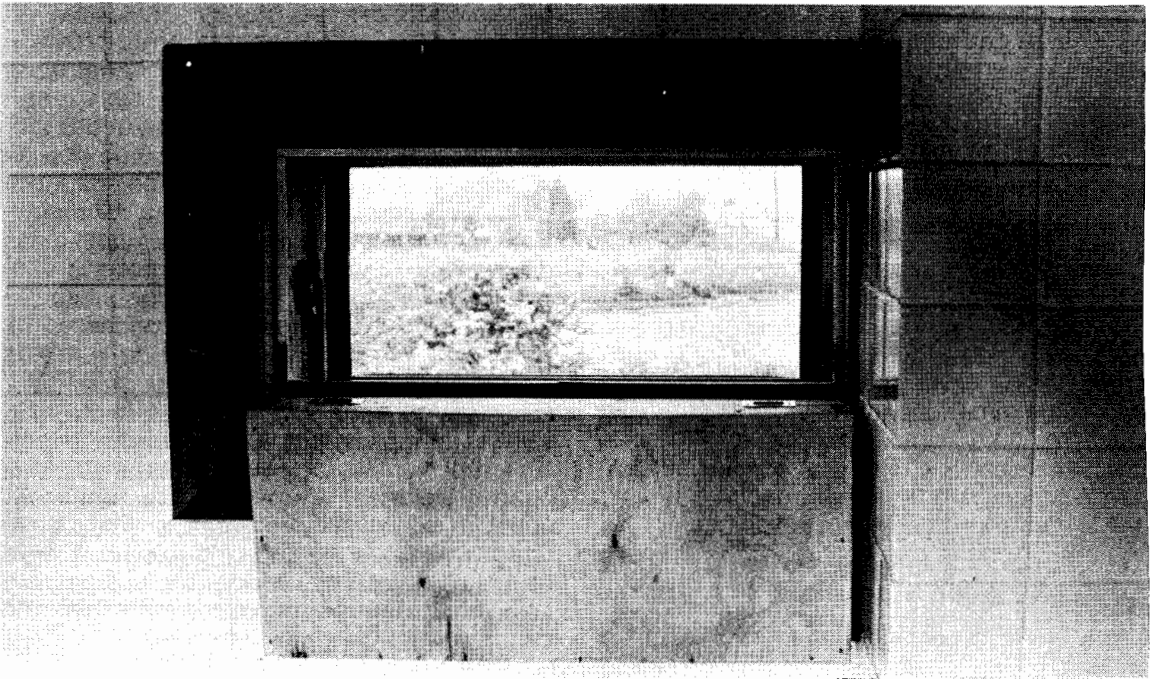
## Corrientes

Como se explica en el Capítulo 3, una casa normal puede perder hasta un 15% de su calor a causa de las corrientes. El aire caliente de la casa es sustituido por aire frío exterior que pasa a través de las rendijas que inevitablemente se producen en todo edificio en puertas y ventanas. El aire frío que entra ha de calentarse pues para que no baje la temperatura de la casa. Cuanto más aire frío entre, mayor energía habrá que utilizar para calentarlo, por lo que, claramente, merece la pena tratar de reducir las corrientes. Las corrientes son una forma de ventilación accidental, por lo que a las pérdidas de calor que ellas originan se les llaman pérdidas de calor por ventilación. Un edificio completamente sellado no tendría pérdidas de calor por ventilación, ¡pero después de un rato los ocupantes morirían por falta de oxígeno!

Las magnitudes de la ventilación, intencional o accidental, se miden en términos de «renovaciones de aire por hora» (ra/h). Si decimos que una casa tiene una ventilación de 1 renovación de aire por hora, significa que en una hora todo el aire del interior de la vivienda ha sido sustituido por aire exterior. No es fácil

medir las renovaciones de aire sin utilizar unos equipos muy complicados, incluso si se puede medir esta magnitud no será de mucha utilidad, ya que la ventilación varía según la velocidad del viento, grado de exposición, tipo de casa, nivel de calidad de la construcción y otros factores variables. Se han medido ventilaciones en casas aparentemente idénticas en una urbanización recién construida y se ha hallado que una casa puede tener una ventilación doble que otra, incluso con todas las ventanas y puertas cerradas. Como indicación, no muy exacta, una casa Victoriana puede tener una ventilación de 2ra/h o más, en una casa moderna puede ser de 1ra/h, y en una casa bien sellada contra las corrientes puede ser de 0,5ra/h.

A pesar de la creencia, heredada de los tiempos victorianos, de que el aire fresco es bueno, un edificio bien sellado será mucho más fácil de mantener caliente y, siempre que las ventanas puedan abrirse si es necesario, no se infringirán las normas constructivas. En una casa con un buen aislamiento en el cerramiento, las pérdidas de calor por ventilación pueden perfectamente ser iguales a las que se pierde a través del cerramiento, y ésta es una razón tan buena como cualquier otra



*Se utiliza una contraventana para sellar la ventana contra las corrientes de aire.*

para hacer todo lo posible por reducir las corrientes.

No es probable que podáis sellar una casa tan perfectamente que no haya suficiente aire para respirar; sólo se necesitan  $6,8\text{m}^3$  de aire fresco por persona y hora, lo cual en una casa con un volumen de  $410\text{m}^3$  significaría alrededor de  $0,01\text{ra/h}$ . Una estufa de combustión cerrada grande, que utilice como combustible la leña, con un consumo de  $1\text{kg}$  de leña por hora necesita  $20\text{m}^3$  de aire por hora, por lo que incluso cinco personas y una estufa grande sólo necesitarían  $0,13\text{ra/h}$ . No es probable que podáis conseguir una ventilación menor de  $0,5\text{ra/h}$ , por lo que no hay necesidad de preocuparse sin motivo sobre la eventualidad de no poder respirar, y si dais una fiesta siempre podréis abrir la ventana cuando la gente empiece a jadear.

No obstante, no se debe reducir la ventilación, eliminando las corrientes, en las habitaciones que tengan elementos de calefacción sin salida de gases, por ejemplo: estufas de gas o de parafina, ya que se corre riesgo de asfixia, sobre todo con las de gas, en una habitación que no tenga suficiente oxígeno. Las chimeneas-hogar, aunque tengan chime-

nea de humos, son tan ineficaces que necesitan gran cantidad de aire para funcionar correctamente, y puede no arder bien en un edificio con muy poca ventilación.

En primer lugar, la forma más sencilla de reducir la ventilación es haciendo que puertas y ventanas estén cerradas; incluso por una ventana que esté entornada simplemente, puede entrar gran cantidad de aire frío. El segundo sistema en orden de sencillez es sellar todas las puertas y ventanas contra las corrientes de aire como se describe en el Capítulo 14, ya que las rendijas que existen alrededor de una puerta normal son equivalentes a que faltase un ladrillo en el muro. Finalmente, las corrientes se pueden reducir por medio de porches, que actúan como esclusas de aire (ver Capítulo 21).

### **La fórmula**

La fórmula utilizada para calcular las pérdidas de calor por ventilación es  $Q_v = 0,36 \times V \times N$ .

$Q_v$  es la pérdida de calor por ventilación en  $\text{W}/^\circ\text{C}$ .

$0,36$  se debe al «calor específico a volumen constante» del aire que es el calor necesario para elevar la temperatura de un metro cúbico

de aire 1°C. El calor específico del aire es 1300 julios por metro cúbico y grado. Celsius (J/m<sup>3</sup>°C); pero si se utilizase esta cifra en la ecuación el resultado daría en julios por hora. Para obtener la respuesta en watios, que son julios por segundo, se divide 1300 por 3600, que es el número de segundos que hay en una hora, lo que nos da  $\frac{1300}{3600}=0,36$ .

V es el volumen en metros cúbicos del espacio a calentar.

N es el número de renovaciones de aire por hora. Este habrá de calcularse a ojo, pero como hemos dicho antes, a modo indicativo podríamos tomar que una casa en la que haya corrientes y se sienta sensación de frío tiene una ventilación de 5ra/h, una casa antigua puede tener 2ra/h, una más moderna tendría 1,5 ó 1ra/h y una casa bien sellada contra las corrientes tendría una ventilación de 0,5ra/h.

### Ejemplo

Como ejemplo consideraremos una casa de un piso, recién construida, con una superficie interior en planta de 81m<sup>2</sup> y una altura de suelo a techo de 2,3 metros. El volumen es 81×2,3=186,3m<sup>3</sup> (el espacio de la cubierta no se considera que forma parte del volumen, ya que no se pretende calentarlo). Como la casa es de nueva construcción, y suponiendo que no hay muchas corrientes, N puede tomarse como 1ra/h. Poniendo estos valores en la ecuación de la ventilación nos da lo siguiente:

$$Q_v = 0,36 \times V \times N$$

$$Q_v = 0,36 \times 186,3 \times 1$$

$$Q_v = \text{aproximadamente a } 67\text{W/}^\circ\text{C.}$$

Por tanto, por cada grado de diferencia de temperatura entre el interior y el exterior se necesitarían aproximadamente 67W para reemplazar las pérdidas de calor por ventilación. Si fuera hiciese mucho frío y quisiérais tener la casa a 20°C, sería necesario más de un kilowatio para sustituir el calor que se pierde por las corrientes (67×20=1340W).

## Condensación y olores

Se podría decir que la reducción de la ventilación produciría condensaciones y aire viciado. Siempre que además del sellado de las corrientes se haga también un aislamiento con una barrera contra el vapor adecuada, como se estudió en el Capítulo 3, la reducción de la ventilación no produce condensaciones. Si és-

tas se producen se pueden solucionar allí donde surgen, habitualmente en la cocina o en el baño, instalando un extractor controlado automáticamente mediante un higrómetro. Este es un dispositivo que enciende el ventilador solamente si hay posibilidad de que se produzca condensación, evitando de esta forma una ventilación innecesaria. Una solución más sencilla si puede haber problemas de condensaciones es abrir un poco la ventana, pero recordad cerrarla de nuevo en cuanto haya desaparecido la condensación. Los olores se pueden solucionar de la misma forma.

Por último, no merece la pena hacer este sellado de las corrientes para reducir las pérdidas por ventilación si dejáis las ventanas y puertas abiertas. A medida que aumenten vuestros conocimientos sobre las formas en que los edificios pierden calor, veréis que se os crea una mayor «conciencia energética», convirtiéndose en automáticos los hábitos de cerrar puertas y apagar las luces.

## Elección del sistema de calefacción

Después de saber las pérdidas de calor a través del cerramiento del edificio y las pérdidas de calor por ventilación se pueden sumar las dos cifras, lo cual nos dará las pérdidas de calor totales de vuestra vivienda. Como ejemplo consideraremos una casa que tenga unas pérdidas de calor unitarias a través del cerramiento de 225W/°C y unas pérdidas de calos unitarias por ventilación de 75W/°C. Si sumamos estas dos cifras alcanzamos unas pérdidas totales de calor unitarias de 300W/°C. Esta cifra la podemos utilizar para averiguar la potencia del sistema de calefacción y la cantidad de energía que se consumirá durante toda la estación fría.

Vuestro sistema de calefacción, ya sea de gas, solar o quemando leña, ha de poder suministrar suficiente energía para mantener caliente el edificio en las condiciones más desfavorables: es absurdo tratar de calentar una habitación con una estufa de 1kW si en la habitación hay unas pérdidas de calor de 2kW durante tiempo muy frío. Por tanto, la energía que ha de ser capaz de suministrar el sistema de calefacción ha de basarse en la máxima diferencia probable entre las temperaturas exterior e interior. Normalmente las diferencias de

temperatura en España serán alrededor de 18 a 22°C, aunque en zonas de mucho frío puede llegar a 25°C o más. Si se utilizan unas diferencias de temperatura excesivamente altas el sistema de calefacción estará sobredimensionado para su función, trabajará por debajo de su capacidad y con un rendimiento bajo durante la mayor parte del tiempo.

Si tomamos como ejemplo una casa con unas pérdidas de calor totales de 300W/°C, y suponiendo una diferencia de temperatura de 20°C, el sistema de calefacción elegido deberá suministrar  $300 \times 20 = 6000\text{W}$  o 6kW.

Un calentador de 6kW no proporciona una potencia calorífica de 6kW durante todo el invierno; si así lo hiciera la temperatura sería excesiva durante la mayor parte del tiempo y los gastos del combustible serían enormes. Un sistema de calefacción bien diseñado suministra suficiente energía para mantener vuestra casa a la temperatura deseada; si en el exterior hace calor, el sistema dará poca energía, si hace frío producirá mucha.

esa variación la que determina la energía necesaria.

En el método de los «grados-día» se tiene en cuenta esta variación diaria de temperatura, representando aquélla la variación entre la temperatura exterior e interior.

En los grados día utilizados en España se supone una temperatura base de 15°C: si la temperatura media exterior durante 24 horas es 14°C (es decir, un grado menos de 15°C), eso significaría un grado-día. Las cifras utilizadas se basan en realidad sobre una temperatura constante interior de 18°C, pero la cifra de 15°C utilizada para calcular el número de grados-día tiene en cuenta las aportaciones de calor debidas al sol, luces eléctricas, cocina y, por supuesto, las personas.

A estas aportaciones caloríficas se les llama «ganancias casuales» y no son despreciables, sobre todo en una vivienda bien aislada. Por ejemplo, una bombilla de 100W desprende 100W de calor, un hombre adulto 114W si está sentado y en reposo, 144W si está comiendo y 264W si está bailando. La cifra de 18,3°C puede parecer ligeramente baja como temperatura media para una casa, pero oficialmente «se considera adecuada para viviendas». De hecho, la mayoría de las casas no alcanzan por la noche este nivel, pero pueden estar más calientes durante el día, por lo que si es posible que resulte la media indicada.

## Grados-día

Para calcular la energía que se puede utilizar durante toda la estación fría (se supone habitualmente entre el 1 de octubre y el 30 de abril) habréis de medir cómo varía la temperatura exterior entre un día y otro, porque es



ZONA A:	≤ 400 grados/día anuales
ZONA B:	401 a 800 grados/día anuales
ZONA C:	801 a 1.300 grados/día anuales
ZONA D:	1.300 a 1.800 grados/día anuales
ZONA E:	> 1.800 grados/día anuales

mapa de zonificación por grados día año

## ZONAS SEGUN GRADOS / DIAS ANUALES

PROVINCIA Población	Zona	PROVINCIA Población	Zona	PROVINCIA Población	Zona
ALAVA		Viladecans	B	Granada	C
Vitoria	D	Villanueva y Geltrú	B	Loja	C
ALBACETE		Vilafranca del Penedés	B	Motril	A
Albacete	D	BURGOS		GUADALAJARA	
Hellín	C	Aranda de Duero	D	Guadalajara	D
Villarrobledo	C	Burgos	E	GUIPUZCOA	
ALICANTE		Miranda de Ebro	D	Eibar	C
Alcoy	B	CACERES		Hernani	C
Alicante	A	Cáceres	C	Irún	C
Benidorm	A	Plasencia	D	Mondragón	C
Crevillente	B	CADIZ		Pasajes	C
Denia	B	Algeciras	B	Rentería	C
Eliche	B	Arcos de la Frontera	C	S. Sebastián	C
Elda	C	Barbate	A	HUELVA	
Orihuela	B	Cádiz	A	Huelva	B
Petrel	C	Chiclana de la Frontera	A	HUESCA	
Villajoyosa	A	Jerez de la Frontera	A	Huesca	D
Villena	C	Linea de la Concepción	B	JAEN	
ALMERIA		Puerto de Sta. Maria	A	Alcalá la Real	C
Almería	A	Puerto Real	A	Andújar	B
Dalias	A	Rota	A	Jaén	C
AVILA		S. Fernando	A	Linares	C
Avila	E	Sanlúcar de Barrameda	A	Martos	C
BADAJOS		S. Roque	B	Ubeda	C
Almendalejo	C	CASTELLON		LEON	
Badajoz	B	Burriana	B	León	E
Don Benito	C	Castellón	B	Ponferrada	E
Mérida	B	Vall de Uxó	B	LERIDA	
Villanueva de la Serena	C	Villarreal	B	Lérida	C
BALEARES		CIUDAD REAL		LOGROÑO	
Ibiza	B	Alcázar de S. Juan	C	Logroño	D
Mahón	B	Ciudad Real	D	LUGO	
Manacor	B	Puertollano	C	Lugo	D
Palma de Mallorca	B	Tornellano	C	Monforte de Lemos	D
BARCELONA		Tomelloso	C	MADRID	
Badalona	B	Valdepeñas	C	Alcalá de Henares	D
Barcelona	B	CORDOBA		Alcobendas	D
Castelldefels	B	Baena	C	Alcorcón	D
Cornellá	B	Cabra	C	Aranjuez	D
Esplugas de Llobregat	B	Córdoba	B	Coslada	D
Gavá	B	Lucena	C	Getafe	D
Granollers	B	Montilla	B	Leganés	D
Hospitalet	B	Priego	C	Madrid	D
Igualada	C	Puente-Genil	C	Móstoles	D
Manresa	C	LA CORUÑA		Parla	D
Mataró	B	Carballo	C	Pozuelo	D
Molins de Rey	B	Coruña (La)	C	S. Sebastián de los R.	D
Mollet	B	Ferrol (El)	C	Torrejón de Ardoz	D
Moncada y Reixach	B	Narón	C	MALAGA	
Prat de Llobregat	B	Ribeira	C	Antequera	C
Ripollet	B	Santiago	C	Coin	A
Rubi	B	CUENCA		Estepona	A
Sabadell	B	Cuenca	E	Fuengirola	A
S. Adrián de Besós	B	GERONA		Málaga	A
S. Baudilio del Llobregat	B	Figueras	C	Marbella	A
S. Cugat del Vallés	B	Gerona	C		
S. Feliu de Llobregat	B	Olot	D		
S. Juan Despi	B	GRANADA			
Sta. Coloma de Gramanet	B	Baza	D		
Sardonyola	B				
Tarrasa	B				
Vich	B				

Continuación

PROVINCIA Población	Zona	PROVINCIA Población	Zona	PROVINCIA Población	Zona
Ronda	C	Lalin	C	TERUEL	
Vélez-Málaga	A	Marín	C	Teruel	E
MURCIA		Pontevedra	C	TOLEDO	
Alcantarilla	B	Redondela	C	Talavera de la Reina	D
Cartagena	A	Vigo	C	Toledo	C
Cieza	B	Villagarcía de Arosa	C	VALENCIA	
Jumilla	C	SALAMANCA		Alacuás	B
Lorca	B	Salamanca	D	Alcira	B
Molina de Segura	B	STA. CRUZ DE TENERIFE		Algemesi	B
Murcia	B	Icod de los Vinos	A	Burjasot	B
Yecla	C	La Laguna	A	Carcagente	B
NAVARRA		La Orotava	A	Cuart de Poblet	B
Pamplona	D	Pto. de la Cruz	A	Chirivella	B
Tudela	D	Los Realejos	A	Gandia	B
ORENSE		Sta. Cruz de Tenerife	A	Játiva	C
Orense	C	SANTANDER		Manises	B
OVIEDO		Santander	B	Mislata	B
Aller	C	Torrelavega	B	Onteniente	C
Avilés	C	SEGOVIA		Paterna	B
Cangas de Narcea	C	Segovia	E	Sagunto	B
Gijón	C	SEVILLA		Sueca	B
Langreo	C	Alcalá de Guadaira	B	Torrente	B
Luarca	C	Camas	B	Valencia	B
Mieres	C	Carmona	B	VALLADOLID	
Oviedo	C	Coria del Rio	B	Valladolid	D
S. Martín del R.	C	Dos Hermanas	B	VIZCAYA	
Siero	C	Ecija	B	Baracaldo	C
Tineo	C	Lebrija	B	Basauri	C
PALENCIA		Morón de la Frontera	C	Bilbao	C
Palencia	D	Los Palacios y Villaf.	B	Durango	C
LAS PALMAS		S. Juan de Aznalfarache	B	Galdácano	C
Arrecife	A	Sevilla	B	Guecho	C
Aruacas	A	Utrera	B	Portugalete	C
Las Palmas	A	SORIA		Santurce	C
S. Bartolomé	A	Soria	E	Sestao	C
Sta. Lucía	A	TARRAGONA		ZAMORA	
Telde	A	Reus	B	Zamora	D
PONTEVEDRA		Tarragona	B	ZARAGOZA	
Cangas	C	Tortosa	B	Zaragoza	C
La Estrada	C			CEUTA	B
				MELILLA	A

### Ejemplo

Los grados-día se pueden utilizar para estimar el consumo de energía de un edificio durante todo el invierno. Tomando el ejemplo que utilizamos antes, de una casa en la que las pérdidas de calor eran 300W/°C, se multiplica esta pérdida por 24 (el número de horas del día) y después por el número de grados-día en la zona donde esté situada vuestra vivienda. La respuesta se divide por 1000 para que el resultado nos dé en kWh. Suponiendo que

en la región donde está vuestra vivienda hay 1400 grados día, la energía total necesaria será:

$$300 \times 24 \times 1400 = 10080000 \text{Wh} = 10080 \text{kWh.}$$

Ahora ya podeis calcular la energía que necesitáis en este momento para calefacción, la que se supone vais a ahorrar por medio del aislamiento y la cantidad de energía útil, diaria, mensual o anual que necesitaréis para que vuestra casa esté caliente.

# 6 Temperaturas de bienestar

Es muy fácil medir la temperatura del aire de una habitación mediante un termómetro, pero es mucho más difícil decir a qué temperatura una persona tiene sensación de bienestar dentro de una habitación. El hecho de que un estado de ánimo optimista nos predispone a sentirnos bien y si estamos preocupados nos hace sentirnos más críticos con el ambiente, son fenómenos que no se pueden medir. Si se está viendo por la noche en la televisión una buena película de misterio puede que no nos demos cuenta de la disminución de la temperatura de la habitación que se ha producido al haberse apagado automáticamente la calefacción central a las 10 de la noche. La película es absorbente, la butaca es cómoda y el cuerpo está relajado, el vino es de una cosecha especialmente buena y por la mañana habéis acabado todo el trabajo que había que hacer en el jardín.

Lo único que los científicos pueden hacer es medir ciertas condiciones físicas dentro de una habitación, como la temperatura del aire, humedad, temperatura superficial de muros, piso, cielorraso y la distribución de las corrientes en la habitación; después, teniendo en cuenta cómo van vestidas las personas y la actividad que desarrollan, les preguntan si se

sienten cómodos. Haciendo un estudio de una muestra suficientemente grande de edificios se pueden calcular una serie de condiciones ambientales para las que unas personas, con una determinada actividad, dicen estar a gusto. Esto, a su vez, hace que en los edificios se den las temperaturas recomendadas en las tablas oficiales.

Las medidas ambientales que se pueden hacer dentro de una habitación están relacionadas con la cantidad de calor que las personas desprenden de su cuerpo. Excepto si se está enfermo, la temperatura del cuerpo debe estar alrededor de 37°C. Esta temperatura relativamente alta significa que cada persona desprende continuamente calor. A medida que se digiere la comida se va generando calor en el cuerpo. Cuanto más trabajo se hace, más calor se produce y mayor es nuestra necesidad de comer. Cortar madera durante dos horas en una fría mañana de domingo hará que tengamos más hambre a la hora de comer que si estamos sentados leyendo delante de la chimenea. No obstante, como la mayor parte de la aportación calórica se utiliza simplemente para mantener el funcionamiento del cuerpo, aun en climas cálidos, hemos de comer. En reposo se desprenden algo más de



100W, pudiendo subir hasta 250W para una actividad como, por ejemplo, fregar suelos.

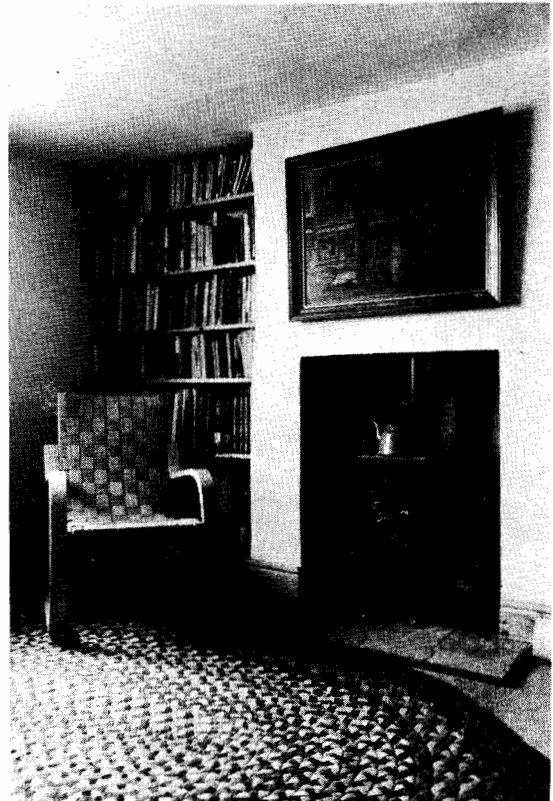
Siempre que las condiciones adecuadas para un determinado nivel de actividad permanezcan constantes uno se sentirá a gusto. Al variar las condiciones, la mayoría de las personas, excepto los niños muy pequeños, los enfermos y los muy mayores, lo compensan automáticamente, modificando la cantidad de calor que se desprende de la superficie de la piel. Si estos mecanismos compensatorios no fuesen suficientes se puede aumentar el aislamiento poniéndose un chaleco al anochecer, o se puede aumentar la eliminación de calor a través de la piel por el movimiento del aire abriendo la ventana cuando haga calor. Únicamente no se puede efectuar esta compensación automática cuando se duerme. Si nos acostamos con tres mantas y la ventana abierta en una noche fría, podemos levantarnos con calor y sudando a la mañana siguiente si el tiempo ha cambiado, está lloviendo y hace calor.

La pérdida de calor en reposo de 100W depende de dos factores principales: uno es la diferencia de temperatura entre la piel y la masa de aire que la rodea (de lo cual depende el calor que se pierde por convección); la otra es la diferencia de temperatura entre la piel y las temperaturas superficiales de muros, piso y muebles de la habitación (de lo que depende el calor perdido por radiación). La cantidad de agua contenida en el aire de una habitación, la humedad, tiene muy poca influencia en el equilibrio de pérdidas de calor y, por tanto, en la sensación de bienestar. La humedad sólo tiene efecto cuando se tiene calor y se está sudando. De aquí la sensación de incomodidad que se siente los días cálidos y húmedos.

## Tipo de calefacción

El hecho de que perdamos calor por radiación y por convección tiene también influencia en los diferentes tipos de calefacción que se pueden utilizar en una habitación para mantener unas condiciones agradables.

Si estamos sentados en una habitación en la que la temperatura del aire es muy baja, pero estamos cerca de un foco calorífico por radiación (como una estufa encendida por la mañana temprano), es posible que no tengamos frío. Estamos ganando más calor por radiación del que se pierde y, aún cuando pueda



*Calor de radiación de una estufa.*

ser considerable el calor que se pierde, las pérdidas totales unitarias de calor pueden quedar equilibradas.

La cantidad de calor que pierde el cuerpo también permanecerá constante si estáis sentados cerca de un calentador eléctrico con ventilador. En este caso la temperatura del cuerpo será mayor que la del aire, que está a 20°C, y continuaremos irradiando calor en dirección a las superficies de la habitación (que están a una temperatura inferior a la del aire), pero habrá muy poco calor que se pierda por convección.

En un sistema de calefacción central normal, con radiadores de agua, se calienta el aire, creando corrientes de convección e irradiando simultáneamente calor cuando nos situamos cerca de los radiadores, al ser la temperatura de la superficie del radiador superior a la de la piel. Es curioso que muchas personas dicen que se encuentran mejor cuando están sentadas cerca de un foco de radiación calorífica (una chimenea o una estufa de carbón) que en una habitación con calefacción central.



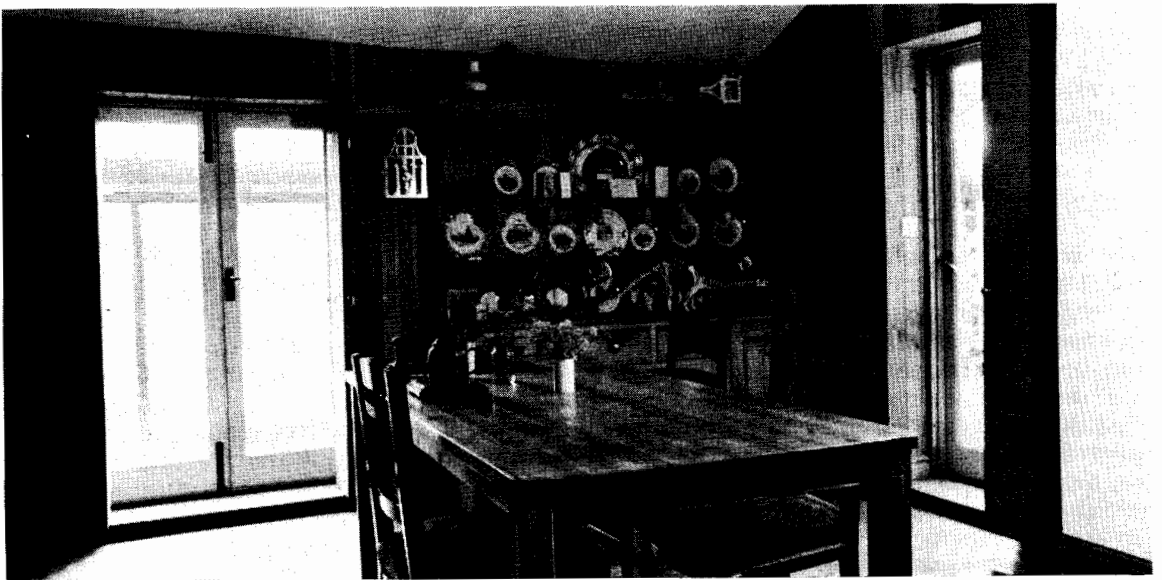
*Estufa en posición central*

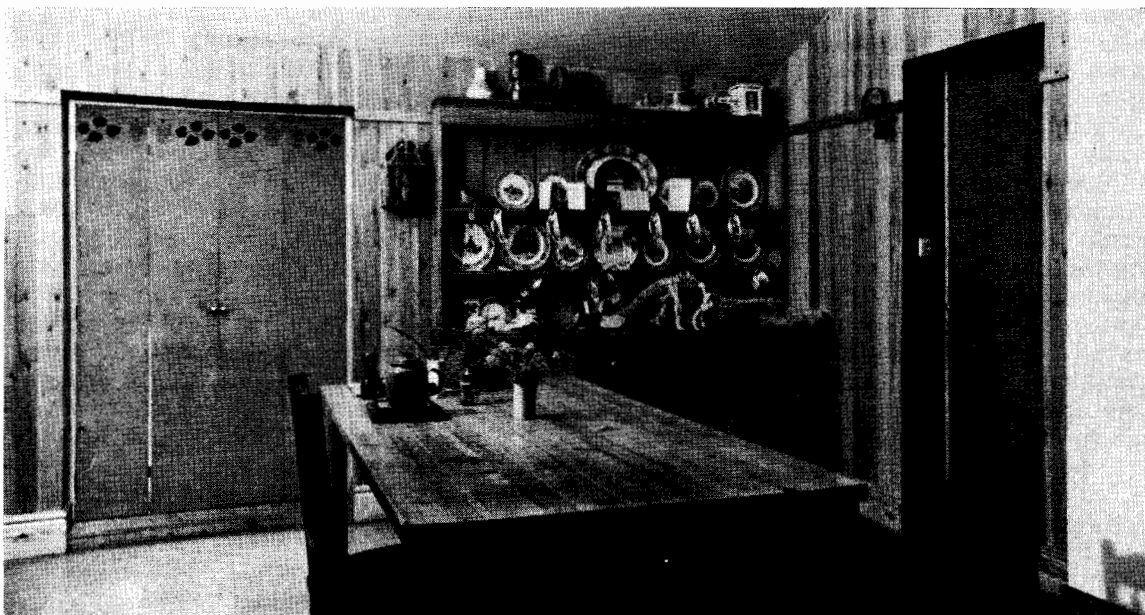
## **Aislamiento para regular la temperatura**

Aislando la casa se modifican las condiciones del bienestar térmico. Además de reducir las pérdidas de calor, lo cual puede significar que

el edificio se pueda calentar mediante una única estufa colocada en posición central, el aislamiento influirá en las temperaturas de las superficies de la habitación. Cuando se calienta la habitación, ésta y sus superficies estarán a la misma temperatura que el aire, y

*Ventanas selladas con contraventanas*





*Contraventanas cerradas por la noche*

siempre que las ventanas estén cubiertas mediante contraventanas aislantes no habrá puntos fríos hacia los cuales se pueda perder calor por radiación. Será necesario menos calor para seguir manteniendo la sensación de bienestar. Al mismo tiempo, si se han eliminado todas las corrientes no habrá aire frío que aumente las pérdidas de calor por convección. Las corrientes que habitualmente se producen a nivel de los pies originan una sensación de incomodidad, ya que enfrían solamente una parte del cuerpo.

Una ventaja que se puede perder al arreglar una casa para que consuma poca energía es el control de temperaturas para cada habitación que se puede conseguir en algunos tipos de calefacción central. No sería posible prefijar esas temperaturas en una vivienda aislada cuya única calefacción consistiese en un foco calorífico por radiación como, por ejemplo, una estufa de leña. La habitación donde estuviese la estufa sería la más caliente, pero también se calentaría la habitación que hubiese encima y, hasta cierto grado, las que estén alrededor, teniendo en cuenta que el aire caliente subiría por el hueco de la escalera. La única forma en que se podría controlar la temperatura de una habitación sería abriendo y cerrando las puertas. Este sistema podría ser adecuado para una vivienda que estuviese

continuamente ocupada. En el extremo opuesto, si el aislamiento se coloca en los muros interiores, cada habitación se puede calentar muy rápidamente utilizando en cada una, una estufa de gas; este sistema iría bien para una vivienda cuyos habitantes estuviesen trabajando o en el colegio durante todo el día. Si se hace un trabajo físico intenso en este tipo de habitaciones aisladas es posible acabar teniendo mucho calor; pero las actividades en las que las pérdidas de calor sean de 175W (tareas domésticas normales, como cambiar una cama) sólo se hacen generalmente durante períodos cortos de tiempo en la mayoría de las habitaciones, excepto quizá en la cocina.

En la tabla de la página 36 se muestran cuatro tipos de actividades, las habitaciones donde se realizan y las temperaturas aconsejadas para estas habitaciones.

Lo que las temperaturas aconsejadas no tienen en cuenta son las diferentes utilizaciones, como los dormitorios que los niños pueden utilizar como cuartos de juego durante el día o como cuartos de estudio por la noche. Utilizando sistemas como la calefacción central, a menudo con temperaturas prefijadas, también se tiende a prefijar la forma de utilización que se le va a dar a la casa. En una vivienda bien aislada ocupada de forma conti-

	temperaturas recomendadas en °C	pérdidas de calor en vatios, mujeres (los hombres un 20% mayor)			
		65 (durmiendo)	90 (sentado)	125 (actividad ligera)	175 (actividad moderada)
cocina	13			x	
cuarto de estar	18		x	x	ocasionalmente
dormitorios utiliza- dos durante el día	18	x		x	x
escalera/vestíbulo	13			x	x

na es mucho más fácil hacer que todas las habitaciones estén a una temperatura bastante agradable y puede dejar más libertad para su utilización. Si una habitación está caliente se utilizará, mientras que, por el contrario, no resulta muy agradable aguantar leyendo durante media hora mientras esperamos a que el dormitorio se caliente de 15 a 20°C.

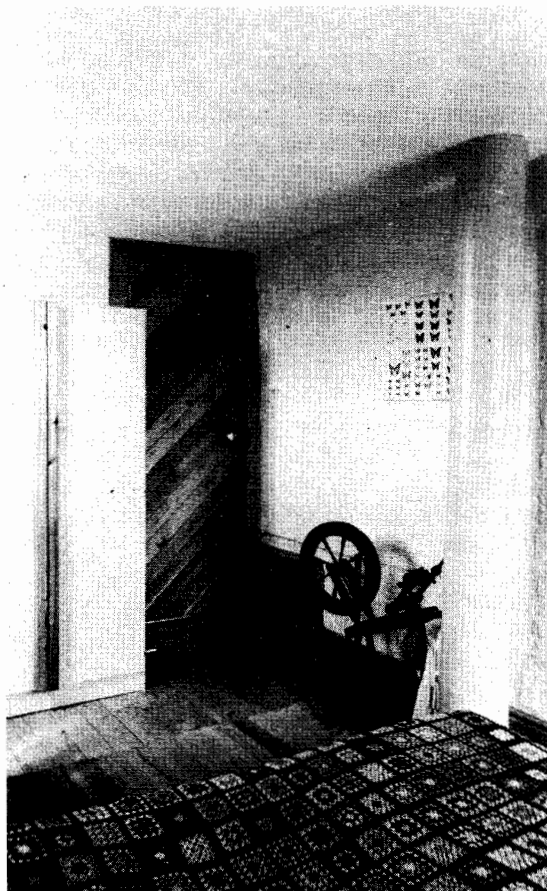
### Ropa

Es mucho más fácil modificar la cantidad de ropa que se lleva que ajustar la temperatura de una habitación. Hoy en día, los niveles de aislamiento de nuestra ropa son mucho menores que a principios de siglo; nos hemos habituado a tener calientes los edificios y a llevar menos ropa. Además, también variamos la cantidad de ropa según la estación. Si en el verano llevamos una camisa y unos pantalones vaqueros será necesaria una temperatura de 23°C para sentirse a gusto si estamos sentados dentro de la casa; pero si llevas una camisa, vaqueros, chaleco, calcetines de lana y camiseta en invierno sólo será necesaria una temperatura interior de 20°C. El hecho de que la ropa sea adaptable resuelve el problema de tener que modificar la temperatura de una habitación para adecuarse a la actividad que en ella se desarrolle. Si encima de nuestras ropas normales de invierno nos ponemos un abrigo podríamos estar perfectamente en una habitación a 17°C, pero debido al hecho de que se supone que dentro de casa no hay que ponerse abrigo es improbable que uno se sienta a gusto a esta temperatura.

Por las razones apuntadas, toda escala de temperaturas recomendadas dentro del edificio han de ser bastante arbitrarias. No obstante, si se aísla la casa y se utiliza algún tipo de calefacción, ya sea una estufa única, calefacción central o incluso un sistema solar por

agua a baja temperatura, siempre habrá un lugar dentro del edificio donde uno se encuentre agradablemente con las ropas normales. Como regla general, dentro de una vivienda aislada los dormitorios, situados en el piso superior, pueden calentarse por el calor que sube a través del piso y por el hueco de las

*Dormitorio (con chimenea prefabricada)*



escaleras. La mayoría de las personas, excepto los niños pequeños, los ancianos y los enfermos, pueden dormir sin problemas cuando la temperatura baja de 0°C. Pero para poder salir a gusto de la cama y vestirse por la mañana, quizá fuese mejor una temperatura de 15°C. La fuente calorífica debe situarse en el cuarto de estar para mantener la temperatura a 20°C; pero para la cocina basta con que esté a una temperatura de 17°C.

Como se mencionó en el Capítulo 5 las ganancias casuales, como el sol que incide por

las ventanas, alterarán la cantidad de calor del edificio según los días. Pero si se quieren sustituir las temperaturas siempre constantes de un sistema de calefacción central por sistemas de ahorro de energía, con aislamiento y reducción de la calefacción, veréis que se aceptan unas temperaturas más variables. En días fríos y nublados puede ser necesario cerrar las habitaciones del dormitorio y ponerse un jersey más; pero el hecho de que al hacer esto se ahorra energía puede contribuir a que sintáis sensación de bienestar físico y mental.

# 7 Calor solar

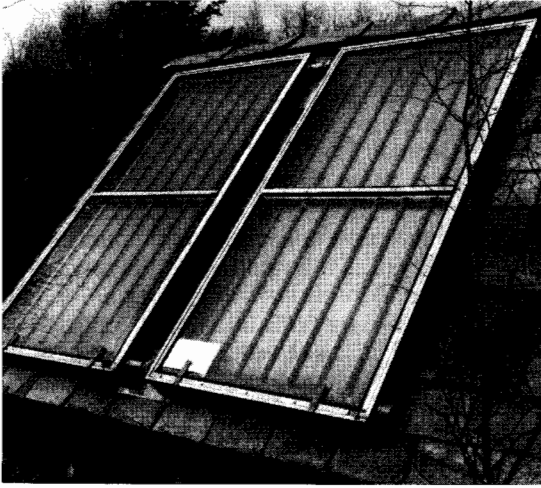
En Gran Bretaña se calcula que en una vivienda media se consumen 170 litros de agua caliente al día a una temperatura de 55°C. Esto representa una demanda de energía útil de aproximadamente 3350kWh al año. Otras estimaciones dan un consumo por persona de 50 litros diarios, con una demanda de energía útil de 18kWh por persona a la semana o 3750kWh al año para una familia de cuatro personas. También se estima que un colector solar con una superficie de 4m<sup>2</sup> podría suministrar 1400kWh de energía útil al año, menos de la mitad de la demanda anual de una vivienda normal. Aun en el caso de que la energía solar sustituya el consumo de energía eléctrica a tarifa normal\*, que es el método más caro de calentar agua, el valor de los 1400kWh de electricidad ahorrada no será muy alto y el ahorro en términos económicos será escaso.

Antes de pasar a considerar la energía solar, conviene tratar de reducir la demanda de agua caliente, ya que esto ahorrará combustible convencional y permitirá que el sistema solar

constituya una mayor proporción del agua caliente consumida. La forma evidente de reducir la cantidad de energía utilizada para calentar agua es poner gruesas coquillas de aislamiento alrededor del termo del agua caliente y de las tuberías, como se describe en el Capítulo 12. Otra forma de ahorrar energía puede ser instalar grifos con rociadores o cortachorros, que utilizan menos agua. También contribuye que simplemente nos acostumbremos a no lavarnos dejando correr el grifo y arreglarlos cuando gotean (ver también el Capítulo 12).

Solamente después de haber llevado a cabo todos los métodos posibles para reducir la demanda de energía, se puede pasar a considerar la utilización de energía solar para el agua caliente. Si entonces decidís instalar un colector solar obtendréis una mayor cantidad de energía útil si modificáis vuestros hábitos de vida para que coincidan con el sol. Haced el lavado en días que haya sol, que es cuando se recibe gran cantidad de calor y baños después de un día con sol en lugar de hacerlo en días nublados. Si haceis esto utilizaréis la energía solar de la mejor forma posible y reduciréis la demanda de combustible convencional.

\* En Gran Bretaña, durante la noche, la electricidad tiene una tarifa más baja (N. del T.).



Paneles solares comerciales

## Cálculo de la energía recibida

Quizá queráis calcular cuánta energía os puede proporcionar un colector solar. Un colector normal de 4m<sup>2</sup>, orientado al sur y colocado a 30° con respecto a la horizontal, dará alrededor de 1400kWh de energía útil al año (en Gran Bretaña), proporcionando la mayor parte de esta energía durante el verano.

Para hallar la cantidad de energía útil, multiplicad estas cifras por el rendimiento del colector, que se suele considerar que es del 35% a lo largo de todo el año; por tanto, habréis de multiplicar por 0,35.

## Cálculo a partir de los principios fundamentales

Si no se tienen los datos precisos sobre la energía solar incidente, se puede calcular a partir de los principios fundamentales. Esta es una tarea larga y tediosa, por lo que sólo merece la pena hacerla si realmente tenéis mucho interés.

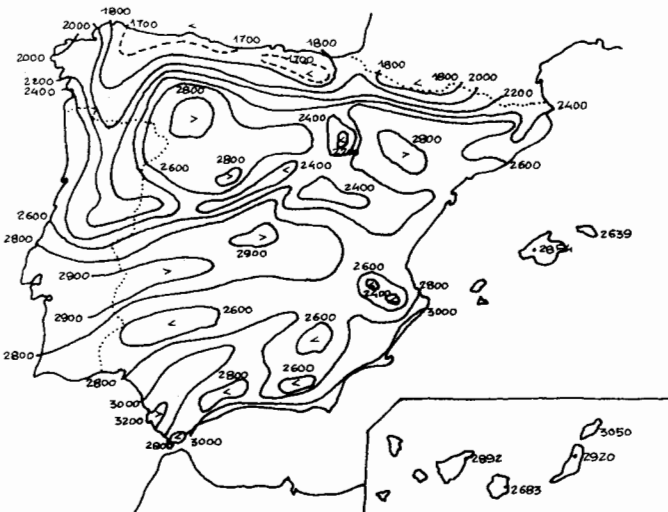
Para empezar habréis de saber el número de horas de sol que se dan al mes en el lugar donde viváis. El mejor sitio donde os lo pueden decir es en la biblioteca pública, si tienen una copia de los datos meteorológicos oficiales. Si esto falla, se puede intentar en alguna base del ejército del Aire, en algún aeropuerto o también en una universidad. Siempre se deben utilizar aquellos datos de la estación meteorológica más cercana.

Para hallar la energía solar que recibe el colector hay que hacer dos cálculos independientes, uno para la radiación directa (que no necesita mayor explicación) y otro para la radiación indirecta, que es aquella parte de la radiación difundida por las nubes, reflejada en el terreno que procede de todo el cielo y no solamente del sol.

### Fórmula para la radiación directa

En un mes determinado un colector solar recibirá  $0,698 I n \sin(\theta + a)$  kWh de radiación directa por metro cuadrado.

$I$  es la intensidad media mensual de la radiación solar directa, en días de alta radiación, medida en calorías por centímetro cuadrado



horas de sol efectivas al año

por minuto, sobre una superficie normal a la radiación. No os tiene que preocupar excesivamente la definición; a continuación os damos una tabla de valores de  $I$ . El coeficiente 0,698 de la fórmula sirve para convertir las cal/cm<sup>2</sup>/min en kWh/m<sup>2</sup>.

Enero	0,41	Julio	0,63
Feb	0,49	Ag	0,71
Marzo	0,62	Sep	0,63
Abril	0,65	Oct	0,57
Mayo	0,76	Nov	0,46
Junio	0,77	Dic	0,41

$n$  es el número de horas de sol durante el mes.  $\theta$  es el ángulo que forma el colector con la horizontal.  $a$  es la altura media del sol en el mes correspondiente. Este es el ángulo aparente del sol sobre la horizontal y variará según la latitud, que se pueden hallar fácilmente en cualquier carta solar. En el apéndice incluimos un ábaco para calcular la altura solar.

También se puede hallar trigonómicamente por la fórmula  $\sin a = \cos D \cdot \cos H \cdot \cos L + \sin D \cdot \sin L$ , donde  $D$  es la declinación,  $H$  es el ángulo horario y  $L$  la latitud.

Tendréis que hacer el cálculo doce veces para obtener la radiación solar directa sobre el colector para cada mes.

### Fórmula de la radiación indirecta

El paso siguiente es hallar la radiación indirecta que incide sobre el colector. En un mes determinado un colector recibe  $0,698 i n \frac{1}{2}$

$(1 + \cos \theta)$  kWh de radiación indirecta por metro cuadrado.

$i$  es la intensidad media mensual de la radiación difusa, medida en calorías por centímetro cuadrado por minuto, sobre una superficie horizontal. Los valores de  $i$  se muestran en la tabla de la página siguiente.

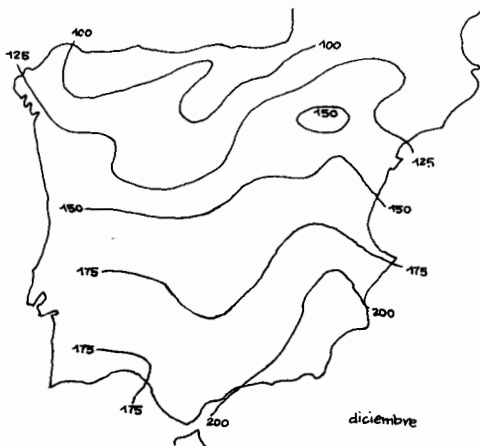
Los valores son casi lineales, pudiéndose hallar por simple interpolación los valores de  $i$  correspondientes a ángulos que no vengan en la tabla. Por ejemplo, el valor de  $i$  para un ángulo de  $52,5^\circ$  que está a la mitad entre  $50^\circ$  y  $55^\circ$  será la media entre 0,36 y 0,40, es decir: 0,38.

$n$  es el número de horas de sol durante el mes. Hay que introducir este valor porque la radiación indirecta sólo se puede recoger de forma aprovechable durante los períodos que haga sol, que es cuando hay suficiente radiación directa para que el colector pueda funcionar.

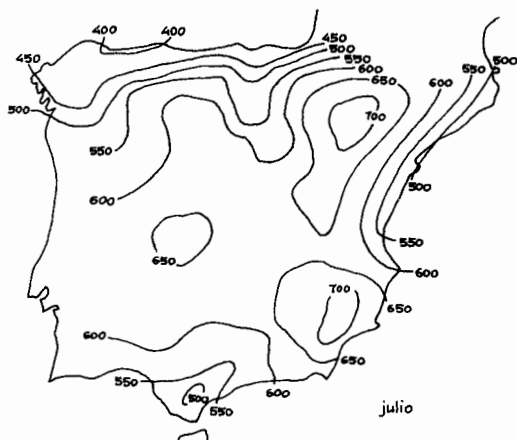
$\theta$  es el ángulo que forma la superficie del colector con la horizontal.

### Combinación de los dos resultados

Se calcula la radiación indirecta para cada mes, sumándose el resultado a la cifra de la radiación directa correspondiente a ese mes, hallada anteriormente. Esto nos da el número total de kWh de radiación solar que incide en un mes sobre un metro cuadrado de colector. Todo lo que falta por hacer es multiplicar esta cifra por el área total de la superficie absorbente del colector y por el rendimiento supuesto, por ejemplo: 35% (o 0,35) para un panel solar hecho por vosotros y 30% (o 0,3)



radiación media diaria en el mes de diciembre (cal/cm<sup>2</sup> día)



Radiación media diaria en el mes de julio (cal/cm<sup>2</sup> día)



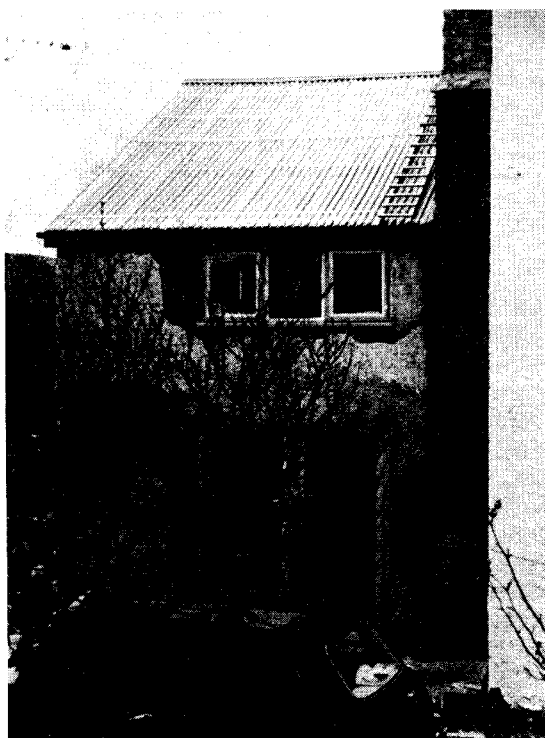
Altura solar	i cal/cm <sup>2</sup> /min
10°	0,07
15°	0,11
20°	0,15
25°	0,185
30°	0,22
35°	0,255

Altura solar	i cal/cm <sup>2</sup> /min
40°	0,29
45°	0,325
50°	0,36
55°	0,40
60°	0,44

para un techo solar por el que escurra el agua (ver Capítulo 20).

En estos rendimientos se suponen las peores condiciones: al hallar las cifras de la radiación solar se supone que el colector sólo funciona durante los períodos de sol, cuando los rendimientos son mayores de la media. Pero es más seguro hacer unos cálculos conservadores en lugar de unos muy optimistas. De esta forma la instalación tiene al menos la oportunidad de funcionar mejor de lo previsto. Después de haber multiplicado los resultados por la superficie del colector y por el rendimiento, finalizaréis haciendo una estimación de la cantidad de energía útil que nos proporcionará el colector en cada mes.

*Cubierta solar de PVC, de bajo costo*



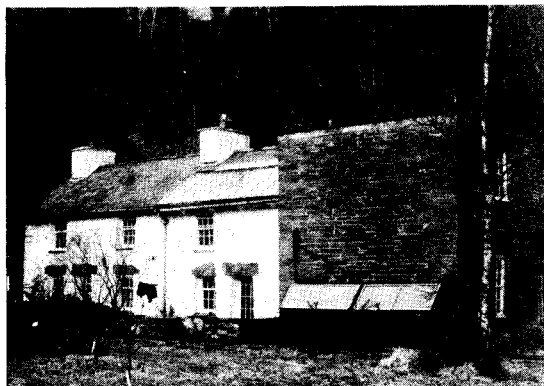
## Colectores solares para agua caliente

Un típico sistema solar para agua caliente consta de un colector solar en el que se calienta el agua, un termo de almacenamiento calirifugado y un sistema de tuberías que los conecta entre sí. En la mayoría de los sistemas también se coloca una bomba y un controlador diferencial, dispositivo electrónico que enciende la bomba únicamente cuando el colector está a mayor temperatura que el agua del termo.

### La lámina

Un colector de lámina plana consta de una lámina de color negro, sobre la cual o a través de la cual se puede hacer pasar fluidos, habitualmente agua (otros fluidos que se pueden utilizar son el aire y aceites especiales). La lámina negra va cubierta con una lámina transparente o translúcida, que permite la incidencia del sol en la lámina. Al ser la lámina negra absorbe muy bien la radiación. Si dudáis esto, tocar la carrocería de un coche oscuro y de uno blanco, ambos aparcados al sol: el coche oscuro estará más caliente porque los colores oscuros absorben la radiación solar más que los colores claros. El negro mate es el más absorbente de todos.

*Casas de campo con colectores solares*



La lámina de recubrimiento, habitualmente de vidrio o plástico transparente, reduce la pérdida de calor en la superficie absorbente, permitiendo simultáneamente que la radiación solar incida sobre la superficie. Sin la lámina de recubrimiento el colector perdería tanto calor que nunca alcanzaría la temperatura suficiente para poder tener utilidad alguna. Si se pone un mayor número de láminas de recubrimiento, poniendo acristalamiento doble, se aumenta la temperatura del colector y por consiguiente del agua caliente, pero resulta más caro y de mayor complejidad constructiva. El acristalamiento doble reduce además la cantidad de radiación que llega a la superficie del colector, ya que parte de la radiación es absorbida en cada una de las láminas de vidrio, reflejándose también parcialmente en cada una de las superficies. La mayoría de los colectores solares en viviendas suelen ser de acristalamiento sencillo. Por detrás de la lámina negra se coloca una gruesa capa de aislamiento para reducir las pérdidas de calor de la lámina y del fluido que la atraviesa.

### **El depósito**

El depósito para el almacenamiento del agua caliente puede ser abierto, de plástico reforzado con fibra de vidrio o un termo convencional de cobre. Deberá utilizarse un sistema indirecto; dicho de otra forma: el agua calentada por el sol debe pasar a través de un serpentín (o intercambiador de calor) situado dentro del depósito del agua caliente, de forma que el calor del agua calentada por el sol pase al agua del depósito a través de las paredes de las tuberías del serpentín. La desventaja de este sistema es que hay pérdida de energía en el intercambio de calor.

Esto puede solucionarse utilizando un sistema directo en el que el agua del depósito pase a través del colector solar, yendo directamente al depósito sin tener que pasar por el intercambiador. En este sistema sobre el agua del depósito cae constantemente agua fresca procedente de la general. En un sistema indirecto es siempre la misma agua la que atraviesa el colector, no siendo sustituida por agua fresca. El aire disuelto en el agua, según sale de la red, acelera la corrosión de los colectores solares, tuberías y depósitos, aun cuando estén hechos de cobre. En un sistema directo pasa constantemente agua fresca, favoreciendo la corrosión; pero en un sistema

indirecto el aire disuelto y otras impurezas del agua no aumentan de forma continua al no entrar constantemente agua nueva, por lo que el daño es menor.

En la disposición más sencilla, el agua caliente pasa del colector al depósito y en sentido contrario por «termosifón»: el agua caliente es menos densa que la fría por lo que se eleva, creando un flujo en el circuito. Cuando deja de haber sol, el agua se enfría y deja de fluir. En las instalaciones solares por gravedad se producen dos problemas fundamentales.

El primero es que la parte inferior del depósito del agua caliente ha de estar como mínimo a 900mm por encima de la parte superior del colector para que el flujo se realice de forma correcta. A menudo, esto hace que sea difícil encontrar la ubicación adecuada del colector, que habitualmente no puede ir sobre la cubierta, ya que no habría espacio para colocar encima el depósito. Una solución consiste en colocar el colector sobre una cubierta orientada al sur de un porche o garaje, de forma que esté a un nivel más bajo que el de la cubierta principal, pudiéndose colocar el depósito en el desván.

El otro problema es que el agua del colector puede helarse por las noches, porque la superficie negra, que tan bien recoge la radiación solar durante el día, transmite rápidamente el calor hacia el cielo en noches despejadas y frías. Este problema se puede solucionar poniendo anticongelante en el circuito del colector solar, el cual debe ser por sistema indirecto para que no se contamine el suministro de agua caliente de la casa.

### **La bomba**

En la mayoría de las instalaciones de agua caliente solar se utiliza una pequeña bomba, como las que se utilizan en las calefacciones centrales, para impulsar el agua en el circuito. Esto da mucha mayor libertad en la ubicación de los depósitos y los colectores, permitiendo utilizar menores diámetros y, por tanto, unas tuberías más baratas para conectarlos. A menudo, la bomba se enciende y se apaga mediante un controlador diferencial de temperatura que enciende la bomba cuando la temperatura del colector es mayor que la del agua caliente del depósito. Con esto se consigue que el circuito no funcione, a no ser que en el colector haya energía aprovechable.



*Colectores por termosifón, a poca altura*

### **Cómo sacar el máximo partido de un sistema solar**

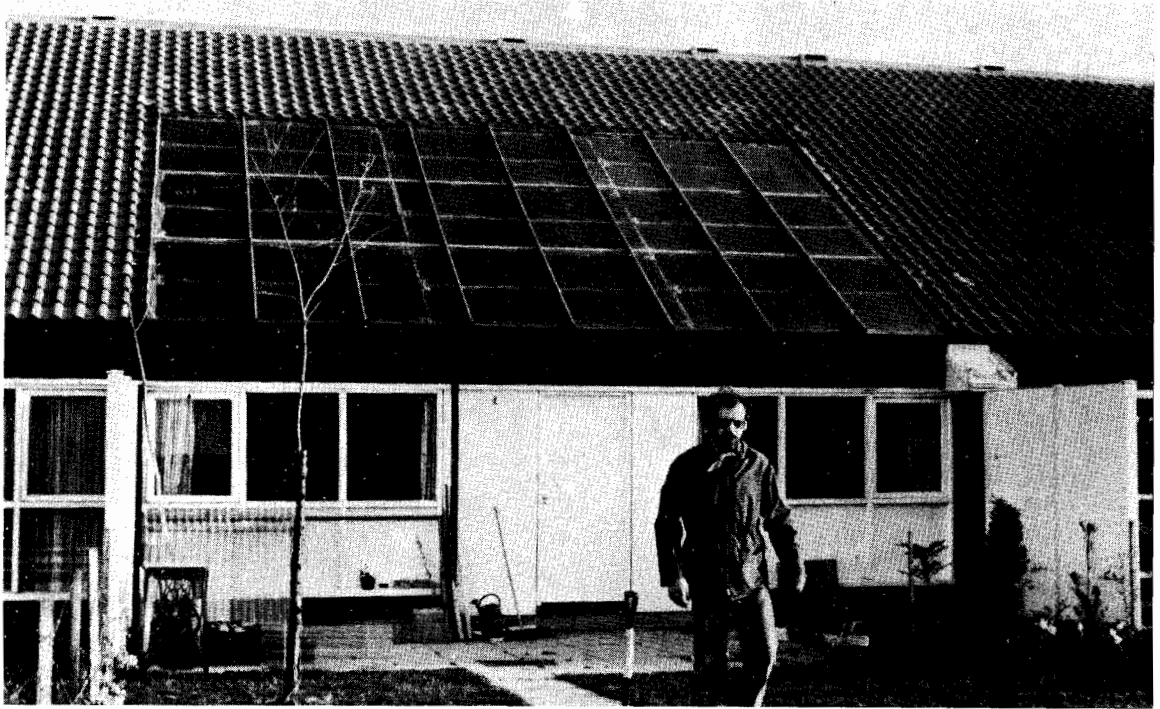
La mejor forma de utilizar un calentador de agua solar es para precalentar el agua de un sistema convencional. Esto requiere la utilización de un depósito para el agua caliente solar, cuya agua sirva de alimentación al depósito de agua caliente del sistema convencional. Cuando hace mucho sol el agua que llega al depósito convencional tendrá una temperatura suficiente para su utilización directa. Cuando haga poco sol por lo menos el agua que llega al depósito estará algo más caliente que el agua de la calle, por lo que la caldera u otro sistema de calentar el agua emplearán menos combustible para alcanzar la temperatura deseada. Los sistemas de mejor rendimiento tienen una válvula que es controlada por el mismo dispositivo que controla la bomba: esto permite utilizar directamente el agua del depósito solar, si su temperatura es

suficiente, sin que pasen por el depósito convencional.

## **Calefacción solar**

### **Con colector y depósito**

La energía solar se puede utilizar también para calentar la vivienda. Una forma puede consistir en utilizar una gran superficie de colectores y un gran depósito para el agua caliente. De forma indicativa se puede considerar que hacen falta 50-60 litros de depósito por metro cuadrado de superficie de colector, aunque hay quien sugiere hasta 140 litros/m<sup>2</sup>. Por ejemplo, un depósito de 3000 litros ó 3m<sup>3</sup> de agua (es decir, un depósito de 1m×1m×3m) proporcionará 87kWh si estaba a 50°C y se enfría a 25°C. En este caso se supone que el sistema de calefacción permite la utilización de agua a baja temperatura como, por ejem-



*Colectores para calefacción y agua caliente*

plo, calefacción bajo el pavimento con tuberías embebidas en el piso de hormigón.

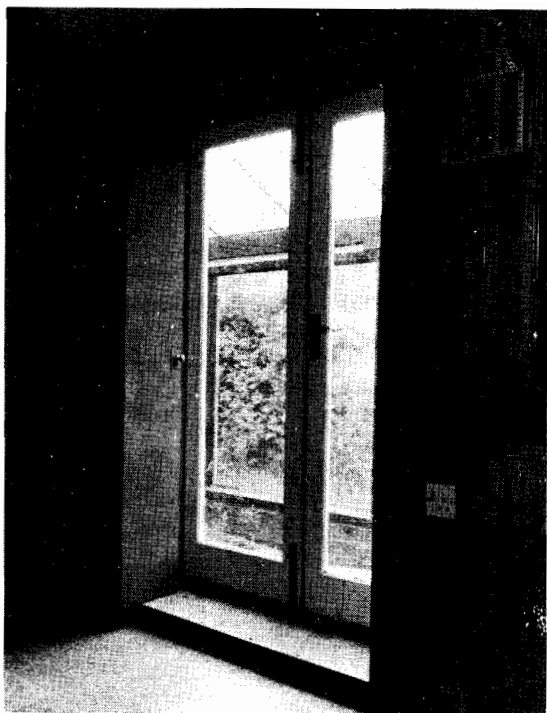
Este cálculo se basa en el calor específico del agua, que es  $1,16\text{Wh}/1^\circ\text{C}$ . Esto significa que un litro de agua, cuya temperatura baja  $1^\circ\text{C}$ , desprenderá  $1,16\text{Wh}$  de su calor almacenado. Los  $87\text{kWh}$  contenidos en los  $3\text{m}^3$  de agua, cuyo peso es de 3 toneladas, calentarían una vivienda *muy bien* aislada durante  $2\frac{1}{2}$  días. Este depósito necesitaría una superficie de colector de  $30\text{-}60\text{m}^2$  según su rendimiento. El coste de los depósitos, debido a que han de tener una capa muy gruesa de aislamiento a su alrededor para conservar el calor, no deben corroerse y no deben tener filtraciones, es solamente un factor que ya hace que este tipo de calefacción sea muy caro.

### **A través de las ventanas**

Una forma mucho más sencilla de aprovechar el sol es utilizar las ventanas como colectores solares. Las cifras que dimos al principio de este Capítulo nos muestran que sobre una ventana vertical orientada al sur inciden aproximadamente  $700\text{kWh}$  por metro cuadrado al año, o algo más de  $300\text{kWh}$  durante los meses de invierno (1 de octubre a 30 de abril). Si

la ventana tiene acristalamiento doble, un 70% de la radiación solar llega al interior de la vivienda, dando  $200\text{kWh}$ . La misma ventana perderá  $150\text{kWh}$  durante el mismo período si no va protegida. Pero si durante 16 horas se cubre mediante contraventanas aislantes, la pérdida de calor se disminuye a  $75\text{kWh}$ , lo cual nos da una ganancia térmica por metro cuadrado dentro del edificio de  $125\text{kWh}$  durante el período de calefacción. Dando por supuesto que el edificio sea de construcción pesada desde el punto de vista térmico, con el aislamiento colocado exteriormente sobre los pesados muros de fábrica, piso de hormigón, tabiques interiores de ladrillo (ver Capítulo 3), esta ganancia de calor solar se almacenará en el edificio, desprendiéndose lentamente a su interior.

Esta clase de calefacción pasiva, que no requiere elementos mecánicos y utiliza la propia casa como colector y como sistema de almacenamiento, puede reducir la demanda de combustibles convencionales. No obstante, no es fácil de controlar y requiere la cooperación de todos. Por esta razón los baratos, seguros y elegantemente sencillos sistemas pasivos han hallado poco apoyo por parte de ar-



*Ganancias solares pasivas en una ventana orientada al sur (arriba) y un invernadero (abajo)*

quitectos e ingenieros en la construcción de proyectos experimentales; prefieren instalar el máximo posible de bombas, termistores, controles electrónicos y válvulas motorizadas para darle a sus proyectos un aire de gran perfección técnica. Un argumento que dan es que la gente no quiere manejar colectores solares y se supone que estos sistemas complejos son de un funcionamiento tan sencillo como la calefacción central de gas.

### **Invernaderos**

Otra fuente pasiva de calor solar es el invernadero, situado en la fachada sur. Un invernadero puede contribuir a reducir la potencia de la calefacción de distintas maneras. En primer lugar, el aire del invernadero se calienta al darle el sol debido al llamado «efecto de invernadero». Así pues, el muro sobre el que se adosa el invernadero perderá menos calor porque la diferencia de temperatura en sus dos caras será menor que la que hay entre el interior de la casa y el exterior. En primavera y en otoño es muy posible que el invernadero esté a mayor temperatura que la casa, habiendo, por tanto, un flujo de calor a través del muro en dirección al interior. El flujo de calor



puede aumentarse colocando rejillas en el muro de la casa, cerca de la parte superior del invernadero donde se acumula el aire más caliente. Si estos respiraderos tienen un recubrimiento de protección aislante puede abrirse cuando el aire del invernadero esté más caliente que el de la casa, siendo una fuente de calor solar. Por último, el invernadero, incluso durante la noche cuando no hay sol, hará que haya siempre una capa de aire en reposo al lado de la casa. El viento hace que aumente la pérdida de calor en la superficie de un edificio, por lo que la capa de aire en reposo tendrá un efecto aislante.

No es fácil evaluar la contribución térmica que supone el invernadero, ya que en gran

parte dependerá de factores variables, como su tamaño, sistema constructivo y aislamiento de la casa a la que se adosa, tipo de acristalamiento y estanqueidad al aire, así como el número de horas de sol. Se han hecho estimaciones que van desde el 10 al 60% de la demanda total de calefacción de un edificio. La ventaja de los invernaderos es que no sólo sirven de colectores solares. Se pueden utilizar para cultivar higos, uvas, melocotones y albaricoques, además de tomates, berenjenas y melones. Dentro del invernadero se puede utilizar como ampliación de la casa durante los días de invierno que haga sol y cuando llueva en primavera. Esto no pueden hacerlo los paneles solares.

# Molinos de viento

Los molinos de viento son unos mecanismos de tecnología alternativa que al parecer provocan un gran entusiasmo entre sus diseñadores y usuarios. Parte de su atractivo es visual: se mueven impulsados por el viento, al contrario que los colectores solares que permanecen en reposo absorbiendo el calor del sol (si se tiene suerte) o el aislamiento, que ni siquiera lo podemos ver. Los molinos de viento tienen algunos de los encantos de los primeros aeroplanos, con sus aspas giratorias y ligera construcción; ofrecen una buena oportunidad al aficionado a la ingeniería para poner en práctica sus teorías, e inventar quizá un mejor sistema para aprovechar la energía del viento. En Inglaterra las maquetas de los molinos de viento, que van desde los de plástico producidos en serie hasta las reproducciones a gran escala de antiguos molinos de grano, hacen la competencia a las figurillas de enanos que se suelen colocar en los jardines como adorno en las zonas rurales, lo cual nos sugiere que la imagen de las aspas giratorias es grata a muchas personas.

Los molinos de viento, considerados como tecnología alternativa, se emplean frecuentemente para producir electricidad; a menudo se les ponen nombres que quizá son algo más

tecnológicos que «molinos de viento» (Don Quijote tendría algo que decir en esta cuestión) como: turbinas de viento, aerogeneradores o incluso «sistemas de conversión de la energía eólica». Excepto en zonas de mucho viento, los molinos de viento utilizados para producir electricidad no son en realidad económicos si hacen falta baterías para almacenar la electricidad, debido al alto coste de las baterías y de su sustitución; pero si se vive en una casa aislada, sin suministro eléctrico, y se quieren tener luces eléctricas, radio, televisión y tocadiscos la solución práctica puede ser el molino de viento. Si no os preocupa su rendimiento económico, o si tenéis la posibilidad de obtener materiales de deshecho, ¡jadeante!: construid como sea un molino de viento. Son divertidos, un símbolo magnífico de tecnología alternativa y una demostración cinética de la utilización de las fuentes naturales de energía.

## Elección del emplazamiento

### La fórmula

Antes de construir o de comprar un molino de viento habréis de saber si en el emplaza-

miento donde pensáis ponerlo hay suficiente viento para que merezca la pena. La energía que proporciona un molino de viento se puede calcular utilizando una fórmula ideada por el Dr. R. Rayment, del Instituto de Investigaciones de la Construcción de Gran Bretaña, por la cual  $E$  es aproximadamente igual a  $10 V_{50}^3$ .

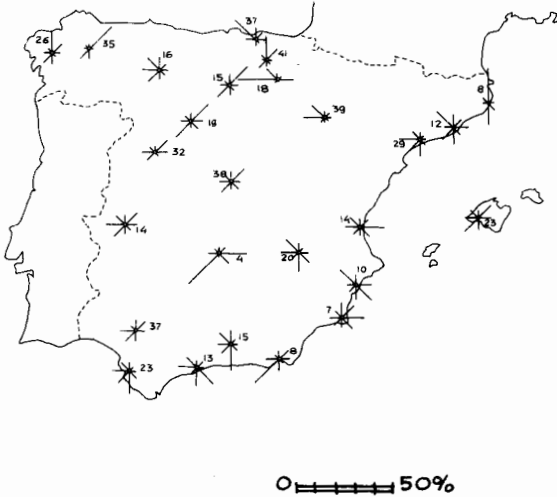
ciudad	0,7
suburbios	0,8
en el campo	1,0
en la costa	1,1
en montes	1,2

Los valores de  $V_{50}$  os darán una idea aproximada de la energía que en potencia se puede conseguir del viento, que no es la misma que la energía que realmente se obtiene del molino de viento. No obstante, en una parcela concreta el viento puede tener una velocidad un 50% superior o inferior al valor de  $V_{50}$ , dependiendo de la topografía, presencia de árboles y de otros factores. Pero si os tomáis en serio el tema de la energía eólica deberéis elegir con cuidado el emplazamiento propuesto y medir allí la velocidad del viento.

El principio general para elegir el emplazamiento es encontrar el que esté más expuesto. El mejor lugar será un monte sin árboles, preferiblemente uno con forma redondeada que tienda a acelerar el viento al pasar sobre él; el peor emplazamiento posible sería en un claro de un monte o bosque. Tratad de elegir un emplazamiento en el que el molino esté como mínimo a más de 150-200 metros de cualquier árbol u otros obstáculos, ya que éstos impiden el paso del viento y originan turbulencias que pueden estropear el molino. Si vais a utilizar el molino de viento para producir electricidad tendrá que estar bastante próximo a vuestra vivienda, o en caso contrario el coste del cable que une el molino de viento y la casa será excesivamente alto. La mayoría de las parcelas no son tan grandes como para que haya muchas posibilidades de emplazamiento del molino y para elegir su ubicación se requiere habitualmente hacer un compromiso.

### Utilización de un anemómetro

Para establecer de la forma más exacta posible la cantidad de energía disponible en una parcela habréis de utilizar un anemómetro, preferentemente un «anemómetro de cubetas». Este es un aparato al que hace girar el viento: a medida que gira hace funcionar un contador como el de los coches. En él se registra el número de kilómetros o de metros de viento que han pasado al impulsar el anemómetro. Por ejemplo, si lo ponéis a cero y después de una hora en el contador se puede leer 10 kilómetros, la velocidad media del viento durante ese periodo ha sido de 10km



escala de frecuencia de los vientos  
las cifras indican días de calma

$E$  es la energía que puede proporcionar el viento en kWh por año y por metro cuadrado de área barrida por él, siendo el área barrida el círculo u otra forma descrita por las aspas giratorias del molino. La ecuación tiene en cuenta la pérdida de energía que el molino no es capaz de aprovechar cuando la velocidad del viento es muy baja o muy alta.

$V_{50}$  es la velocidad del viento con posibilidad de sobrepasarse en un 50% del tiempo, que coincide sensiblemente con la velocidad media. En España no hay datos generales, aunque si los podréis obtener de los observatorios meteorológicos. En el mapa que incluimos, se dan las frecuencias de los vientos según las distintas direcciones. Al dato de  $V_{50}$  le debéis aplicar los siguientes factores de corrección, según el emplazamiento:



por hora. Si leéis diariamente el anemómetro podréis dividir el resultado por 24 horas para hallar la velocidad media del viento durante el día en km por hora. Si dividimos la cifra registrada en un año por 8760 (el número de horas del año), tendremos la velocidad media anual, que se acerca bastante a la velocidad  $V_{50}$ . Si la velocidad está en km por hora se puede convertir en metros por segundo para poderla utilizar en la ecuación, multiplicándola por 0,28 —de forma análoga, cuando las cifras están en metros por segundo se pueden dividir por 0,20 para pasarlas a km por hora. Utilizando la velocidad media anual del viento y la media diaria os haréis una idea de la distribución de la energía eólica durante todo el año.

## Elección del molino de viento: tamaño y potencia

### Velocidad de máximo rendimiento

Es probable que la mayoría de la gente no se moleste en comprar un anemómetro: si queréis construir un molino de viento probablemente lo que haréis sea construirlo sin más. Lo que habréis de saber es qué tamaño darle y cuánta potencia es probable que produzca. Lo primero a considerar es la «velocidad de máximo rendimiento» del molino. Esta es la velocidad del viento en la que el mecanismo da un rendimiento máximo. El BRE sugiere las siguientes velocidades de máximo rendimiento según los valores de  $V_{50}$ :

$V_{50}$ en m/seg	velocidad de máx. rendimiento en m/seg
3,0	7
3,5	8
4,0	9
4,5	11
5,0	11
5,5	13
6,0	14

El valor de  $V_{50}$  de vuestra parcela lo podéis obtener del observatorio meteorológico más próximo si no pensáis calcularlo con un anemómetro y hacer mediciones durante todo un año. Las velocidades de máximo rendimiento de la tabla se han elegido para que el molino de viento tenga durante el año el máximo rendimiento para los correspondientes valores de  $V_{50}$ . Si la velocidad de máximo rendimiento que elegís es excesivamente alta o demasiado baja no podréis recoger la energía

para velocidades bajas o altas, por lo que el aprovechamiento será menor que si se usan los valores de la tabla. Consideremos que diseñáis un molino de viento para utilización en una zona en la que sabemos que  $V_{50}$  es 4m/seg. Según la tabla, la velocidad de máximo rendimiento habrá de ser 9m/seg para que el aparato tenga un buen rendimiento.

### Generadores y alternadores

El punto de partida para el diseño ha de ser el uso que se le va a dar a la máquina. Si va a ser para producir electricidad, el factor más importante es la elección del generador o alternador. El alternador determinará la potencia eléctrica máxima del molino, y ésta será la potencia generada para la velocidad de máximo rendimiento. Por ejemplo, si vuestro alternador tiene una potencia máxima de salida de 500W deberéis dimensionar el molino de viento de forma que produzca 500W para su velocidad de máximo rendimiento, que es 9m/seg en nuestro ejemplo.

Sin embargo, cualquiera que sea el alternador que elijáis, éste no tendrá un rendimiento del 100% al convertir la energía mecánica del eje del molino en electricidad. La mayoría de los fabricantes de alternadores dan unas cifras correspondientes a la potencia absorbida para mover el alternador para un número determinado de revoluciones por minuto y una curva que relaciona la potencia eléctrica de salida con las revoluciones por minuto. La potencia de salida en vatios para una velocidad dada, divididas por la potencia de entrada en vatios para la misma velocidad, da el rendimiento.

Por ejemplo, si la potencia de entrada es 1kW a 3500rpm, y la potencia eléctrica de salida es 500W a 3500rpm, el rendimiento es  $\frac{500}{1000}=0,5$  o, lo que es lo mismo, el 50%.

Algunos alternadores dan la potencia absorbida en HP, y habréis de multiplicar este número por 746 para convertirlo en vatios. Si la potencia de salida del molino ha de ser 500W y el alternador tiene un rendimiento del 50%,

el molino de viento deberá producir  $\frac{500}{0,5}=$

$= 1000W$  para su velocidad de máximo rendimiento.

Si podéis encontrar un alternador cuyo rendimiento sea del 70%, el molino de viento tendrá únicamente que producir

$\frac{500}{0,7}=714W$  para dar la misma cantidad de

electricidad.

## Engranajes y correas

Si los engranajes son poco eficientes, el molino habrá de aumentar la cantidad de energía producida. Unos engranajes bien diseñados para aumentar la velocidad del eje del molino pueden tener un rendimiento del 94%, mientras que por medio de correas en V y poleas, el rendimiento puede ser del 90%. Si en el molino se utiliza más de un juego de poleas y correas o una caja de engranajes, se debe tener en cuenta el rendimiento de cada uno en el cálculo de la energía total que tendrá que producir el molino. Se pueden conseguir en el mercado cajas de engranajes con una relación de 1:20, pero las correas en V ya no son prácticas cuando su relación es mayor de 1:7.

## Fórmula de la potencia

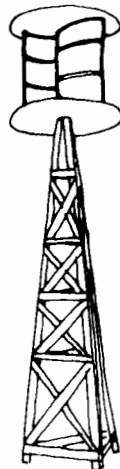
Supongamos que habéis calculado que vuestro molino ha de producir una potencia total de 1200W teniendo en cuenta el rendimiento de los engranajes, correas y alternador, de forma que la potencia eléctrica de salida sea 500W. Ahora lo que tenéis que hacer es calcular el diámetro necesario del molino de viento para producir los 1200W para la velocidad de máximo rendimiento elegida, que en este ejemplo es 9m/seg. La potencia de salida de un molino de viento, para una velocidad dada, se calcula por la fórmula  $P = 0,00064 \times A \times V^3 C_r$ .

P es la potencia de salida en kW. A es el área barrida por el molino de viento en metros cuadrados. V es la velocidad del viento en m/seg.

$C_r$  es el coeficiente de rendimiento: ésta es la cantidad de potencia que el molino puede extraer del viento. Se ha demostrado que un molino de viento con un rendimiento del 100% podría extraer un 59,3% de la energía del viento o, lo que es lo mismo, tendría un coeficiente de rendimiento de 0,593. Por supuesto, ningún molino puede tener un rendimiento del 100%, siendo los valores más típicos de  $C_r$  para distintos tipos de molinos los siguientes:

rotor Savonius	0,15
molino tradicional de grano	0,17
molino Cretense	0,3
molino de bombeo de muchas aspas de acero	0,3
rotor Darrieus	0,35
propulsor de alta velocidad	0,45

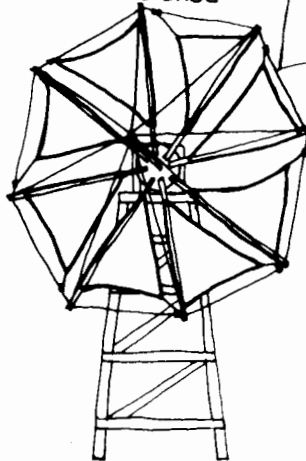
rotor Savonius



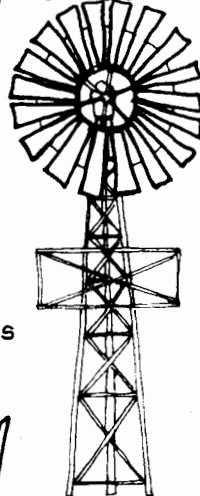
molino tradicional de grano



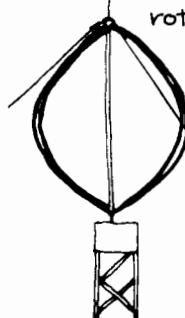
molino Cretense



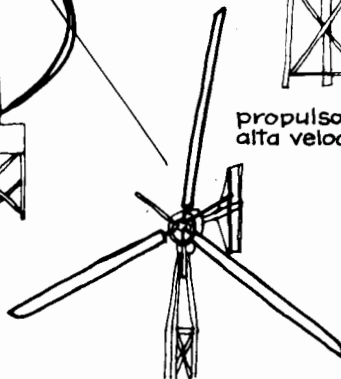
molino de bombeo de aspas múltiples de acero

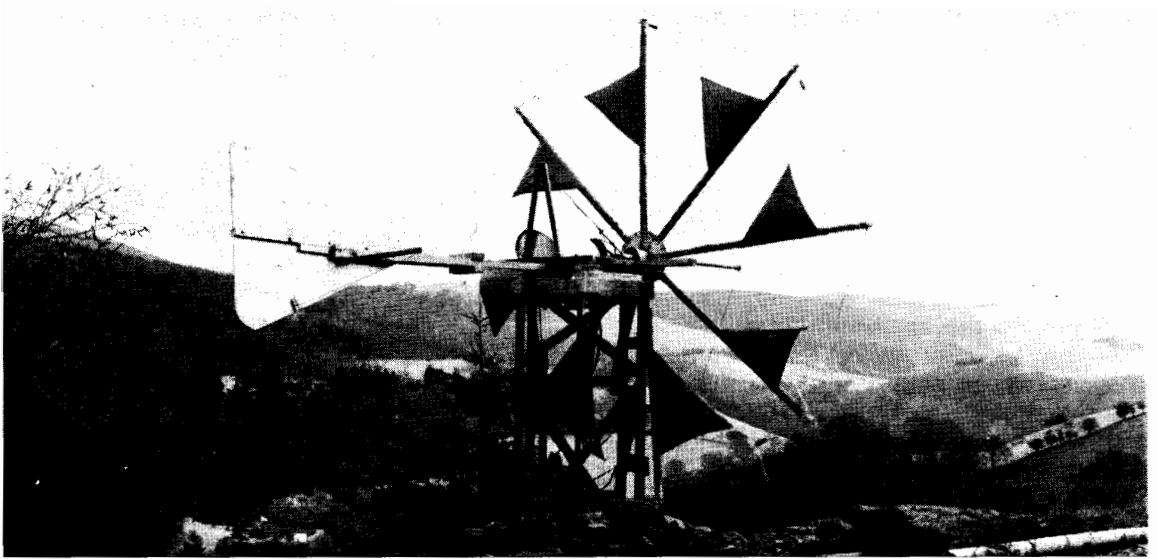


rotor Darrieus



propulsor de alta velocidad



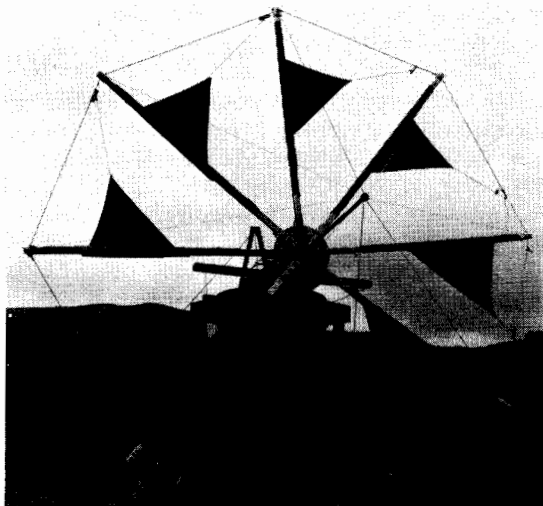


*Molino Cretense en Machynlleth*

## Elección del molino de viento: diseño

El único tipo de molino de viento que recomendamos para que os lo pudiérais hacer vosotros mismos es el Cretense. El rotor Savonius puede hacerse muy fácilmente con un bidón de petróleo, pero su  $C_p$  es muy bajo por lo que no dará mucha potencia. Las máquinas de alta velocidad, como el rotor Darrieus y los propulsores, pueden ser peligrosos por la ve-

*Detalle de las aspas*



locidad con que giran sus aspas. El sentido común nos dice que un molino de viento para producir electricidad ha de girar muy de prisa porque es preciso que el generador gire rápidamente. Si el molino de viento gira a gran velocidad no habrá necesidad de poner engranajes que la aumenten, los cuales absorben energía y el aparato tendría menor rendimiento.

Los problemas de los molinos de alta velocidad son, en primer lugar, que han de estar equilibrados de forma muy exacta o en caso contrario se destrozán por completo, y, en segundo lugar, que su velocidad ha de estar controlada. Si esto no se hace así, el propulsor girará tan de prisa cuando el viento es fuerte que se romperá en el aire. Incluso los generadores eólicos que existen en el mercado, fabricados al parecer para resistir vientos huracanados, han sufrido averías en las aspas, esparciendo sus restos en un área de cientos de metros, y también han sido numerosas las roturas de los sistemas caseros de alta velocidad.

Para impedir que vosotros o vuestros vecinos os convirtáis en los primeros mártires de la tecnología alternativa os sugerimos que únicamente construyáis el tipo de molino Cretense. Este tiene aspas de lona en vez de aspas diseñadas aerodinámicamente y gira muy lentamente, por lo que no es importante la exactitud del equilibrado. Si gira demasiado deprisa las aspas empiezan a sacudir desapro-

vechando el viento, lo cual hace que disminuya su velocidad. Para producir electricidad necesita muchos engranajes, pero al ser muy barato de construir podéis simplemente aumentar su diámetro un poco para que pueda suministrar la energía suplementaria necesaria para mover los engranajes. Por último, si algo se rompe, los trozos no se esparcirán por el aire a las casas de vuestros vecinos.

### Fórmula de dimensionamiento

Volviendo a los cálculos, ya tenemos todas las cifras necesarias para hallar el tamaño del molino si queremos que produzca 1200W de potencia en el eje (para impulsar un alternador cuya potencia de salida sea 500W) para una velocidad del viento de 9m/seg.

Recordando que  $P=0,00064 \times A \times V^3 \times C_r$ ;  
 $P=1,2\text{kW}$  (1200W).

A es el área barrida en  $\text{m}^2$ .

V es 9m/seg, velocidad de máximo rendimiento.

$C_r$  es 0,3, correspondiente a un molino Cretese.

Poniendo estos valores en la ecuación, tenemos

$1,2=0,00064 \times A \times 9^3 \times 0,3$ , así pues:

$$A = \frac{1,2}{0,00064 \times 9^3 \times 0,3} = 8,57\text{m}^2$$

La fórmula de la superficie del círculo es  $A=\pi r^2$ , donde A es la superficie,  $\pi$  es 3,142 y r es el radio; de esta forma podemos utilizar A para hallar el radio:

$$8,57 = 3,142r^2$$

$$r^2 = \frac{8,57}{3,142} = 2,73$$

$$r = 1,65\text{m}$$

Por lo que el diámetro requerido es 3,3 metros.

### Engranaje acelerador

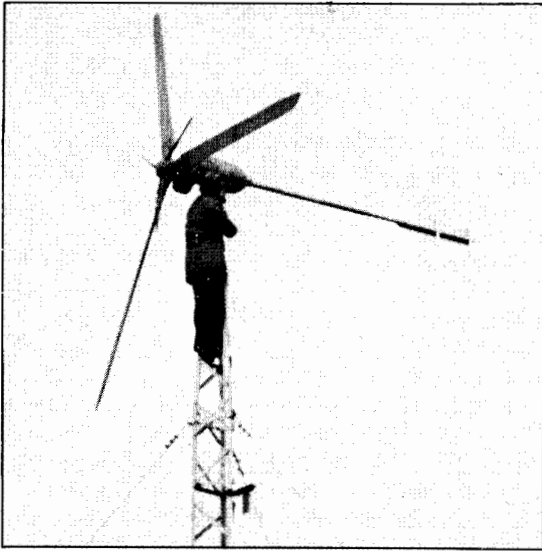
Todo lo que queda por hacer ahora es hallar la relación del engranaje acelerador que será necesario para mover el alternador elegido mediante el eje del molino de viento. Todos los molinos de viento tienen una característica llamada «relación de velocidad periférica», que es la relación entre la velocidad con que se mueven las aspas y la velocidad del viento. En un molino de viento con una relación de velocidad periférica de 5, el extremo de las aspas girará a 25m/seg con un viento de 5m/seg.

A continuación se dan las relaciones de velocidad periférica más habituales:

rotor Savonius	1
molino tradicional de grano	2-3
molino Cretese	1
molino de bombeo de acero con varias aspas	1
rotor Darrieus	6
propulsor de gran velocidad	5-6

Utilizando la relación de velocidad periférica podéis calcular la velocidad de giro del eje del molino para la velocidad de máximo rendimiento del viento. En nuestro ejemplo esta velocidad es 9m/seg y la relación de velocidad periférica es 1: por lo tanto, para la velocidad de máximo rendimiento, el extremo de las aspas se desplaza 9 metros en un segundo. La circunferencia del círculo barrido por las aspas es  $\pi d$ , donde d es el diámetro del molino, que sabemos es 3,3 metros. Esto nos da 10,4 metros como longitud de la circunferencia. En un segundo el extremo del aspa se desplaza 9 metros, por lo que tardará algo más de un segundo en dar una vuelta completa. En 60 segundos girará un total de  $9 \times 60 = 540\text{m}$ . Dividiendo esta cifra por la longitud de la circunferencia hallamos el número de revoluciones del eje en un minuto, es decir:  $\frac{540}{10,4} = 52\text{rpm}$ .

Ahora habréis de mirar las cifras correspondientes al alternador para ver a qué rpm el alternador proporciona su máxima potencia de salida. Supongamos que es a 3500rpm, el engranaje de aceleración deberá tener una relación de  $\frac{3500}{52} = 67:1$  para que pueda proporcionar la velocidad adecuada al alternador. Probablemente, la mejor forma de conseguir una relación tan alta es utilizar unos engranajes de los de tipo comercial desde el primer momento, con una correa de transmisión final al alternador en V, ya que la mayoría de los alternadores para vehículos están diseñados para ser movidos mediante correas o poleas del motor del coche. Si una caja de engranajes nos da una aceleración de 20:1, necesitaréis además un sistema de polea y correa en V que pueda aumentar en la relación 3,35:1. Los valores de aceleración se multiplican entre sí para dar la relación total entre el eje del molino y el del alternador:  $20:1 \times 3,35:1 = 67:1$ .



*El arte del mantenimiento del molino de viento*

## **Elección de la torre y del equipo de mantenimiento**

Después de haber hecho el diseño del molino de viento aún no habéis acabado. Necesitáis una torre donde montarlo, de forma que pueda recoger el viento. La torre ideal debe tener 15-20 metros de altura, pero este tipo de estructura sería cara de construir y comprometido el subir a ella, por lo que la mayoría de la gente opta por una más pequeña. Probablemente la torre más barata sea un poste de telégrafos o de electricidad de segunda mano, comprado como material de desecho a las compañías de telégrafos o a la eléctrica. Si en algún sitio cerca de donde vivís están sustituyendo los postes, os podrán dar uno por muy poco dinero. Si están escasos los postes de segunda mano, y a veces hay una lista de espera de doce meses, intentad preguntar a la compañía de teléfonos dónde compran los nuevos. El precio será mayor, pero también el poste no habrá estado plantado durante 15 años, sujeto a toda clase de fenómenos atmosféricos, antes de que pase a vuestro poder. Si compráis uno nuevo aseguráos de que está tanalizado y no creosotado, ya que os pringaréis de creosota cada vez que subáis al poste para engrasar el molino.

Además de la torre, vais a necesitar un cinturón de seguridad para sujetaros cuando llegéis a la punta. Preguntad a los trabajadores

de mantenimiento de teléfonos, que suben a los postes, qué es lo que utilizan, o mirad en las *páginas amarillas* en el apartado «aparatos y equipamientos de seguridad». Un cinturón de seguridad normal es parecido a los de los coches y va unido mediante una cuerda muy gruesa a un gran gancho que se puede cerrar.

Hay que trepar a la torre, teniendo cuidado de no enredarse con la cuerda, colocad la cuerda alrededor de la torre, fijad el gancho sobre una argolla del cinturón y cerradlo. A veces hemos visto fotos de heroicos trepadores de molinos, en Suiza, sujetos únicamente por el cinturón y utilizando ambas manos para arreglar la maquinaria; pero uno se siente más tranquilo si se está agarrado a algo sólido por lo menos con una mano, empuñando con la otra la llave inglesa y el engrasador. El mantenimiento de los molinos de viento tiene bastante de arte. Lo esencial es tener todas las herramientas y demás chismes al alcance de la mano y repuestos de todo. Resulta bastante lamentable cuando se te cae una arendela importantísima y tienes que bajar de la torre para tratar de encontrarla entre las verduras del jardín. Antes de empezar poned todo dentro de un cubo, y atad una cuerda al asa para poder tirar de ella tras trepar hasta el final, atándola a la torre.

## **Instalación**

Si utilizáis un poste telegráfico como torre, hay que poner cables de anclaje para impedir que caiga al suelo; éstos han de anclarse sólidamente al terreno. Un aparato de 3 metros de diámetro puede necesitar unos anclajes del cable consistentes en unos hoyos de 900mm de profundidad y 600mm de lado, rellenos de hormigón. Para un molino de 5m de diámetro necesitaréis 1 metro cúbico de hormigón. Es importante que todo tenga bastante resistencia para evitar desgracias durante las tormentas, pero como medida de precaución final la torre deberá estar a una distancia de la casa mayor de su altura; en ese caso, por lo menos, si se cae ¡no caerá sobre el techo de vuestra casa!

Lo mejor es levantar primero la torre y colocar después el molino en su extremo, ya que esto impide que el molino sufra daños si la torre cae al instalarla. En los dibujos del Capítulo 23 se muestra una forma de erigir la torre utilizando sólo la fuerza de los músculos. Veréis que la construcción de molinos de viento

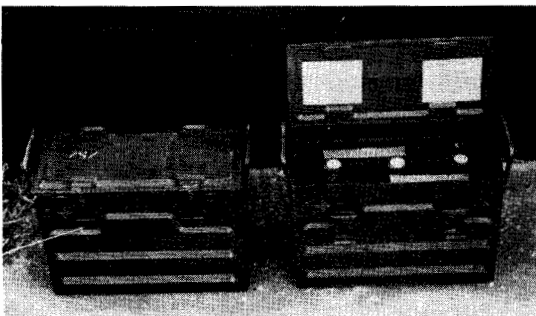
y su instalación es mejor hacerla en grupos, ya que no es posible que una o dos personas puedan instalar sin riesgos un molino de viento. Hay que pedir que alguien sujete la torre cuando tiráis de ella para fijarla en posición y para que no se mueva hasta que esté totalmente anclada y atirantada. No intentéis hacerlo nunca un día de viento: incluso una brisa suave puede tirar la torre antes de haberla anclado pudiendo herir a alguien.

Como alternativa al poste telegráfico se puede utilizar una torre autoportante. Este tipo de torre no necesita cables de atirantado, y es más fácil fijar sobre ella plataformas que os permitan apoyaros cómodamente para hacer los trabajos de mantenimiento del molino. Dentro de la torre se puede poner una escalera para subir a la plataforma para que todo esto de subir y bajar trepando sea lo más fácil y seguro posible. Este tipo de torre puede costar más que un poste telegráfico porque tiene más madera y será más difícil de construir, pero sus ventajas la hacen preferible.

## Almacenamiento de la electricidad: baterías

Una vez que el molino reposa sobre la torre ya podéis empezar a fabricar electricidad, pero pronto veréis que necesitáis algo para almacenarla cuando no sopla el viento. Si queréis utilizar el molino de viento para calentar agua mediante un calentador eléctrico de inmersión podéis utilizar un termo de agua bien aislado como el que se utiliza con los colectores solares, pero si, como parece más probable, pensáis utilizar el molino para la iluminación, aparatos de radio y otros de poca potencia, habréis de almacenar la potencia producida en forma de electricidad. En la práctica esto sólo se puede hacer mediante baterías.

### *Baterías de excedentes del gobierno*



## Elección de la batería

Si dejamos a un lado las baterías exóticas que ya no es posible obtener, como las de sulfuro de sodio de alta temperatura, podéis elegir entre baterías de ácido sulfúrico (baterías ácidas) y las que llevan hidróxido potásico (baterías alcalinas).

Las baterías de los coches son siempre ácidas al plomo, y al fabricarse en grandes cantidades son también las más baratas. Pero están diseñadas para ser portátiles —cosa no necesaria para una batería de molino de viento— y para proporcionar intensidades muy altas y de corta duración para el arranque del motor. El principal problema con las baterías ácidas al plomo cuando se utilizan en molinos de viento es que se pueden estropear por sobrecarga o por descargarse totalmente. Un juego de baterías utilizado para almacenar electricidad para iluminación puede descargarse totalmente con facilidad durante períodos en los que el viento sople con poca velocidad. De forma ideal, un conjunto de baterías ácidas al plomo deberán tener el doble de capacidad de lo que podáis prever que necesitáis, de manera que con un poco de suerte nunca se descarguen por completo. El doble de capacidad significa el doble de precio, pudiendo ser más barato tener un pequeño generador diesel para cargar las baterías si se desgastan excesivamente.

Las baterías alcalinas —los dos tipos que se fabrican son las de níquel-hierro y de níquel-cadmio— son más pesadas que las baterías ácidas al plomo, pero esto no tiene importancia si no tenéis que instalarlas en un coche. Su ventaja es que no se estropean ni por descarga total ni por sobrecarga, pero como mínimo su precio es doble que el de las baterías ácidas al plomo porque no se producen en grandes cantidades para la industria automovilística.

El mejor sitio donde conseguir las baterías son los suministradores de materiales excedentes del gobierno. Las baterías para fines militares o de otro tipo empleadas por el gobierno son mucho más fuertes que las baterías de los coches y tienen mayor duración. Se venden sin usar y precintadas, listas para llenarlas por primera vez y cargarlas, y son mucho más baratas que las baterías de los coches. Si tenéis suerte podréis comprar baterías alcalinas procedentes de los excedentes del gobierno, y si vuestro presupuesto os lo permite os durarán hasta 20 años. También

sería conveniente que os pongáis en contacto con la oficina local de la Compañía Telefónica y de las empresas eléctricas, ya que a menudo las baterías alcalinas se utilizan como reserva de energía en las centrales eléctricas y de teléfonos. Si están derribando o modernizando uno de sus edificios puede que tengan un juego de baterías de sobra.

### **Tamaño ideal**

Para tener una idea del tamaño de la batería que necesitáis deberéis saber vuestra demanda diaria de electricidad y la duración probable de los periodos de viento insuficiente para que el molino pueda cargar las baterías. Se puede decir que la potencia de salida no será aprovechable para velocidades menores de 4m/seg. Os podéis poner en contacto con la estación meteorológica o base de la Fuerza Aérea para saber la duración de los periodos en que la velocidad del viento es menor de 4m/seg; sabido esto deberéis dimensionar vuestra batería de acuerdo con este periodo.

Supongamos que sólo queréis utilizar el molino de viento para iluminación. Si el molino produce 24 voltios, podéis utilizar lámparas fluorescentes de corriente continua de 24 voltios, que utilizan menos energía que las bombillas de filamento incandescente. Cada bombilla necesita aproximadamente 0,5 amperios, por lo que si suponemos que utilizáis cinco bombillas y que funcionan durante cinco horas diarias, la demanda total será de  $0,5 \times 5 \times 5 = 12,5\text{Ah}$  (amperios hora). Un juego normal de baterías puede consistir en cuatro baterías procedentes de los excedentes oficiales de 6 voltios y 100Ah, lo cual nos da una capacidad de almacenamiento de 100Ah a 24 voltios (o  $2,4\text{kWh}$ , ya que  $\text{voltios} \times \text{amperios} = \text{vatios}$ ); así pues, las baterías tendrán una duración de  $\frac{100}{12,5} = 8$  días. Si comprobáis que los periodos de poca velocidad del viento no duran más de 8 días, no se agotará la electricidad almacenada; pero si las baterías son ácidas al pomo, deberéis de utilizar su capacidad a 200Ah para disminuir la posibilidad de una descarga total.

### **Cálculo de vuestra demanda de energía**

Para tener una idea del tamaño que ha de tener el molino de viento y de la capacidad de

las baterías, se puede calcular el consumo de energía de cualquier conjunto de aparatos que queráis utilizar. Hay que hacer notar que todo aparato en el que se utilice la electricidad para calentar tendrá un consumo de electricidad muy alto si se utiliza durante un periodo prolongado, por lo que si sois sensatos no intentaréis hacer funcionar una cocina eléctrica mediante un molino de viento y unas baterías.

No es posible dar los consumos de electricidad de los distintos aparatos porque variarán de unos a otros y del usuario que se trate. Lo mejor es que hagáis vuestros propios cálculos basándoos en la potencia de cada aparato y en el número de horas diarias que lo vais a utilizar. La potencia va habitualmente escrita en algún lugar del aparato, cerca de la marca del fabricante, pero en caso de duda os lo pueden decir en la tienda de electrodomésticos más próxima.

Para ciertos aparatos, como neveras y congeladores que funcionan con termostatos y que no están en marcha todo el tiempo, habréis de hacer una estimación con la ayuda de la compañía eléctrica. Debéis recordar que una nevera o congelador utilizará menos energía si está en una habitación fresca o en una despensa que si está en una cocina donde haga mucho calor. Como indicación, diremos que una nevera de tamaño medio en una cocina normal empleará aproximadamente  $1\text{kWh}$  al día, y un refrigerador grande utilizará  $3\text{-}4\text{kWh}$ . En una cocina sin calefacción, una nevera de tamaño medio, de las que van bajo el plano de trabajo de la cocina, utilizará  $0,5\text{kWh}$  al día. La única forma de estar seguros es que consigáis un medidor de consumo, lo conectéis al cable de la nevera o de los otros aparatos y que veáis lo que marca todos los días durante un año.

Para calcular la cantidad de electricidad que se consume en un día, multiplicad la potencia de cada uno de los aparatos por el número de horas que lo utilizáis. Esto os dará la demanda de electricidad en watios-hora al día (dividid por 1000 y tendréis la respuesta en kWh).

### **La fórmula**

Aproximadamente se puede calcular que el consumo medio de electricidad en viviendas para electrodomésticos e iluminación, excepto cocina, calefacción o agua caliente, es  $840\text{kWh}$  anuales por vivienda, o  $2300\text{Wh}$  al día. Si queréis generar esta cantidad de electricidad en un año en la misma zona de uno

de los ejemplos anteriores, en el que  $V_{50}$  es 4m/seg, el tamaño del molino de viento se halla de la forma siguiente:

$$A = \frac{E_c}{10V_{50}^3 \times C_r \times R_a \times R_c}$$

A es la superficie barrida por el molino.  $E_c$  es la potencia eléctrica de salida necesaria en kWh al año. La cantidad de electricidad requerida debe aumentarse en un 10% para tener en cuenta la falta de eficacia y las pérdidas producidas en las baterías y en los cables, y para poder tener un margen de seguridad sobre la demanda estimada. Esto nos dará una cifra de alrededor de 925kWh, partiendo del valor medio mencionado anteriormente, que era 840kWh.

$C_r$  es el coeficiente de rendimiento.  $R_a$  es el rendimiento del alternador.  $R_c$  es el rendimiento de los engranajes de aceleración.

Utilizando el valor de 4m/seg para  $V_{50}$  de nuestro ejemplo anterior, y siendo los otros factores iguales que los que hemos utilizado antes, llegaríamos al resultado siguiente:

$$A = \frac{925}{10 \times 4^3 \times 0,3 \times 0,5 \times 0,8} = 12\text{m}^2$$

por lo que el diámetro es 3,9 metros.

La potencia de salida en el eje para un molino de este diámetro se hallará mediante la velocidad de máximo rendimiento correspondiente, 9m/seg en nuestro ejemplo, utilizando la fórmula empleada anteriormente  $P = 0,00064 \times A \times V^3 \times C_r$ . En este caso será 1680W. Como el tipo de alternador elegido determinará el coeficiente de rendimiento empleado, y no podéis elegir el alternador hasta que sepáis la potencia de salida necesaria en vatios, deberéis repetir el cálculo unas cuantas veces para poder hallar el diámetro con cierta exactitud, la potencia de salida anual y el tipo de alternador.

Podéis multiplicar vuestra demanda media de electricidad diaria por el número de días en el que es posible que la velocidad del viento sea excesivamente baja para generar electricidad, lo cual nos da la capacidad de la batería en kWh o Ah. Por ejemplo, para un consumo de 2,4kWh diarios, durante 10 días sin viento, se necesitará una batería que tenga una capacidad de 24kWh. O lo que es lo mismo 2000Ah a 12 voltios o 1000Ah a 24 voltios. Una batería para dos días sólo habría de tener 400Ah o 200Ah, respectivamente, y sería más barata de mantener si utilizáis un pequeño generador diesel para cargarla durante perio-

dos de calma más largos. En gran parte dependerá del precio de las baterías.

Para molinos de viento caseros, la tensión de las baterías será de 12 ó 24 voltios, porque éstas son las únicas tensiones de los alternadores baratos (de la industria automovilística). El problema de las tensiones bajas es que se necesitarán conductores muy gruesos para transportar la corriente. Por ejemplo, para la tensión de la red, una bombilla de 60W tendrá una intensidad de corriente de solamente

$$\frac{60}{240} = 0,25\text{A. Un cable normal de iluminación}$$

de 5A podrá llevar electricidad a un número de bombillas igual a  $\frac{5}{0,25} = 20$  bombillas,

para la tensión de la red. A 12 voltios una bombilla de 60W tiene una intensidad de corriente de  $\frac{60}{12} = 5\text{A}$ , por lo que en un cable

de 5A sólo se podrá conectar una bombilla.

El amperaje de los cables está determinado por el área de su sección, cuanto más grueso sea el cable, mayor será el amperaje y, por ende, su coste. A 12 voltios, incluso el cable grueso de 30Ah que se utiliza para conectar las cocinas eléctricas, sólo podría conectar 6 bombillas de 60W. Este problema se puede paliar utilizando luces fluorescentes transistorizadas de bajo voltaje de las que se fabrican para los caraván y que consumen una intensidad de corriente mucho menor que las bombillas incandescentes convencionales, con el mismo poder de iluminación.

Para otros aparatos puede ser conveniente comprar un transformador transistorizado que nos convertirá una corriente continua de 12 voltios en una alterna de 240 voltios, por lo que se pueden utilizar los cables y otros aparatos normales de las viviendas. Si os decidís por un transformador, aseguraos de que produce una tensión lo suficientemente exacta para que sea adecuada a los aparatos que vais a enchufar.

De todo lo anterior podéis ver que la construcción del molino de viento es sólo el principio de los problemas, pero si realmente queréis hacerlo no esperéis que vaya a funcionar bien a la primera y estad preparados para periodos sin electricidad. No podréis hacer que funcione una vivienda con todos sus aparatos eléctricos con energía eólica, pero sí podréis tener luz y quizá un aparato de radio sin demasiados problemas.



# 9 Recogida del agua de lluvia

A nivel nacional hay suficiente lluvia para suministrar agua potable a todo el mundo, pero por supuesto los centros de población no se sitúan obligatoriamente en las zonas más húmedas de los países. Al contrario de como suele suceder con la distribución de energía eléctrica, no hay redes nacionales de distribución de agua. Es necesaria la construcción de presas próximas a las ciudades, pero el emplazamiento de las nuevas presas siempre se encontrará con la protesta del público, quizá con razón ya que inunda zonas cultivables y a menudo casas e incluso pueblos.

Puede que no recibáis apoyo oficial si tratáis de ahorrar o de reciclar agua, pero como alguno de los sistemas para hacerlo son tan sencillos es una pena no intentarlo. Se ha demostrado que el consumo de agua en viviendas puede reducirse y si se hace un esfuerzo para reducir permanentemente nuestro consumo se eliminaría la necesidad de construir nuevas presas como previsión para las épocas de sequía. Además, sería más económico para el bolsillo si cada uno redujese su consumo de agua potable.

Las casas tienen cubiertas para protegerlas de la lluvia, y las cubiertas han de tener un sistema para eliminar este agua, por lo que si

tenéis una casa tendréis la posibilidad de retener y acumular el agua. No importa el destino final que se le dé al agua de lluvia, ya sea si va del canalón al drenaje de las aguas superficiales y después al río o si va a vuestro aljibe.

Para calcular la cantidad de agua que podéis recoger necesitaréis primero hallar el volumen de lluvia anual de vuestra región. Esta cifra deberá ser la media de los tres años consecutivos de menos lluvia, si podéis disponer de esa información, de forma que no se sobreestime la cantidad de lluvia que se puede recoger. Estos datos pluviométricos los podéis obtener en cualquier observatorio meteorológico. Pero si no podéis conseguir esta información, utilizad en vuestros cálculos las dos terceras partes de las precipitaciones medias anuales que se dan en el mapa, teniendo en cuenta que se dan en  $\text{mm/m}^2$ . Todo lo que afecte a la estimación de la lluvia recogida es literalmente eso, una estimación, por lo que probablemente no nos debe preocupar excesivamente la exactitud del dato.

Debemos recordar que 1mm de lluvia da un litro de agua por metro cuadrado de superficie. La superficie en este caso es el área de la cubierta cuando ésta es plana o su proyección



### pluviométrico

altura de lluvia en milímetros

1 de menos de 300 4 de 1.000 a 1.500  
 2 " 300 a 500 5 " 1.500 a 2.000  
 3 " 500 a 1.000 6 más de 2.000

- isoyetas

límite entre España árida y húmeda

examinar los consumos actuales de agua en viviendas. Las diferentes fuentes informativas dan cifras ligeramente distintas, siendo la normal la que se da a continuación: las cifras representan el consumo medio de agua en litros por persona y día.

en planta cuando es inclinada. Dependiendo de la utilización que se le vaya a dar al agua de lluvia os interesará o no recoger el agua cuando empieza a llover. Este agua inicial, al escurrir por la cubierta, contendrá suciedad, excrementos de pájaros y hojas; así pues, si queréis utilizar la lluvia para el lavado de ropa, lo mejor es no utilizar este agua. Si el agua se va a utilizar solamente en el jardín, podéis simplemente poner algún tipo de filtro en la entrada del aljibe, en el que se depositen los materiales más gruesos. Suponiendo que se pierde el 10% de la lluvia en este agua inicial que no se recoge, en la evaporación durante el verano y en la que se desborda por el canalón cuando la lluvia es intensa, la cantidad de lluvia recogida en litros será igual a la superficie de la cubierta multiplicada por la pluviosidad media corregida y por 0,9.

Si pretendéis utilizar toda la lluvia recogida necesitaréis algún tipo de aljibe; éste ha de tener un tamaño suficiente para contener como mínimo el 25% de la lluvia anual estimada. Este volumen de almacenamiento impedirá desbordamientos, de consecuencias desagradables durante las tormentas, aunque de todas formas, por si acaso, el aljibe se debe conectar con un sumidero o con un curso de agua. La cifra estimada de la recogida anual de lluvia sólo nos dará una indicación, no muy exacta, de la cantidad de agua que puede recoger la cubierta, pero puede servir de ayuda a la hora de decidir las dimensiones del aljibe.

Antes de entrar a considerar la utilización que se le va a dar al agua de lluvia conviene

	total	caliente	fría
WC	43		43
higiene personal	55	40	15
lavado de ropa	21	7	14
lavado de platos	6	5	1
beber y guisar	4		4
jardín y coche	2		2
<b>Total</b>	<b>131</b>	<b>52</b>	<b>79</b>

Además de este total de 131 litros, hay que hacer notar que del total de agua que se nos suministra, aproximadamente un 13%, se pierde a través de filtraciones y roturas de las tuberías; esto no sólo representa un despilfarrero de agua en general, sino también un desperdicio de agua pura, y el agua pura cuesta dinero. El ahorro que hagáis reduciendo vuestra demanda de agua será mayor por el simple hecho de que también se desperdiciará menos.

Para hacer que coincida el agua de lluvia con la demanda de agua fría imaginémosnos una vivienda con cuatro personas, en una casa cuya cubierta tiene una superficie de 50m<sup>2</sup>:

lluvia media anual=549mm

2/3 de la lluvia media anual=366mm

lluvia recogida=366×50×0,9=16470 litros al año.

La utilización más obvia para el agua de lluvia entre los consumos que se dan en la tabla son regar el jardín y lavar el coche. Para la vivienda de nuestro ejemplo el consumo de agua anual en el jardín y en el coche es:

2×4×365 litros al año=2920 litros al año.

Esto puede ser una hipótesis bastante baja ya que hay otras fuentes que ponen esta cifra en 10 litros por persona y día, lo que daría un

consumo anual de la vivienda de 14600 litros, que se puede seguir satisfaciendo mediante el agua de lluvia. Puede que tengáis que usar algún tipo de bomba como, por ejemplo, las procedentes de excedentes del gobierno para transferir el agua del aljibe al jardín. Como consecuencia se perderá la comodidad que representa la presión de la red, pero tampoco serán de aplicación las limitaciones sobre el uso de mangueras de goma.

Una utilización estupenda que se le puede dar al agua de lluvia es para la cisterna del retrete. El agua de lluvia es demasiado impura para recomendarla como bebida, especialmente en ciudades donde no sólo lleva polvo, óxido sulfuroso disuelto y otras sustancias contaminantes, sino también plomo disuelto, producto de una industria automovilística que exige combustible de alto octanaje. Se puede utilizar para aclarar la colada, en baños y para lavarse el pelo. Pero como nos hemos acostumbrado a pensar de que todo agua que sale de un grifo es lo suficientemente pura para poderla beber, no merece la pena hacer el esfuerzo y correr el posible riesgo de hacer una red independiente con grifos de agua de lluvia. Esto se puede aceptar en los trenes donde a los lavabos se les pone la etiqueta «agua no potable», pero puede sonar extraño en una casa.

La descarga de la cisterna, sin embargo, no presenta ninguno de estos problemas y el único inconveniente es la gran cantidad de agua fría que se requiere en las cisternas modernas. Para una vivienda de cuatro personas el total es 62780 litros al año, una cantidad que se puede recoger sobre la cubierta en algunas regiones. No obstante, las cantidades de agua utilizadas para la higiene personal y el lavado de ropa que se muestra en la tabla comprenden también la utilizada en la cisterna, y puede ser que una solución mejor sea reciclar este agua utilizada.

La otra manera de ahorrar agua es cambiar el tipo de aparatos que haya en la casa. Un baño, dependiendo de su tamaño y de los há-

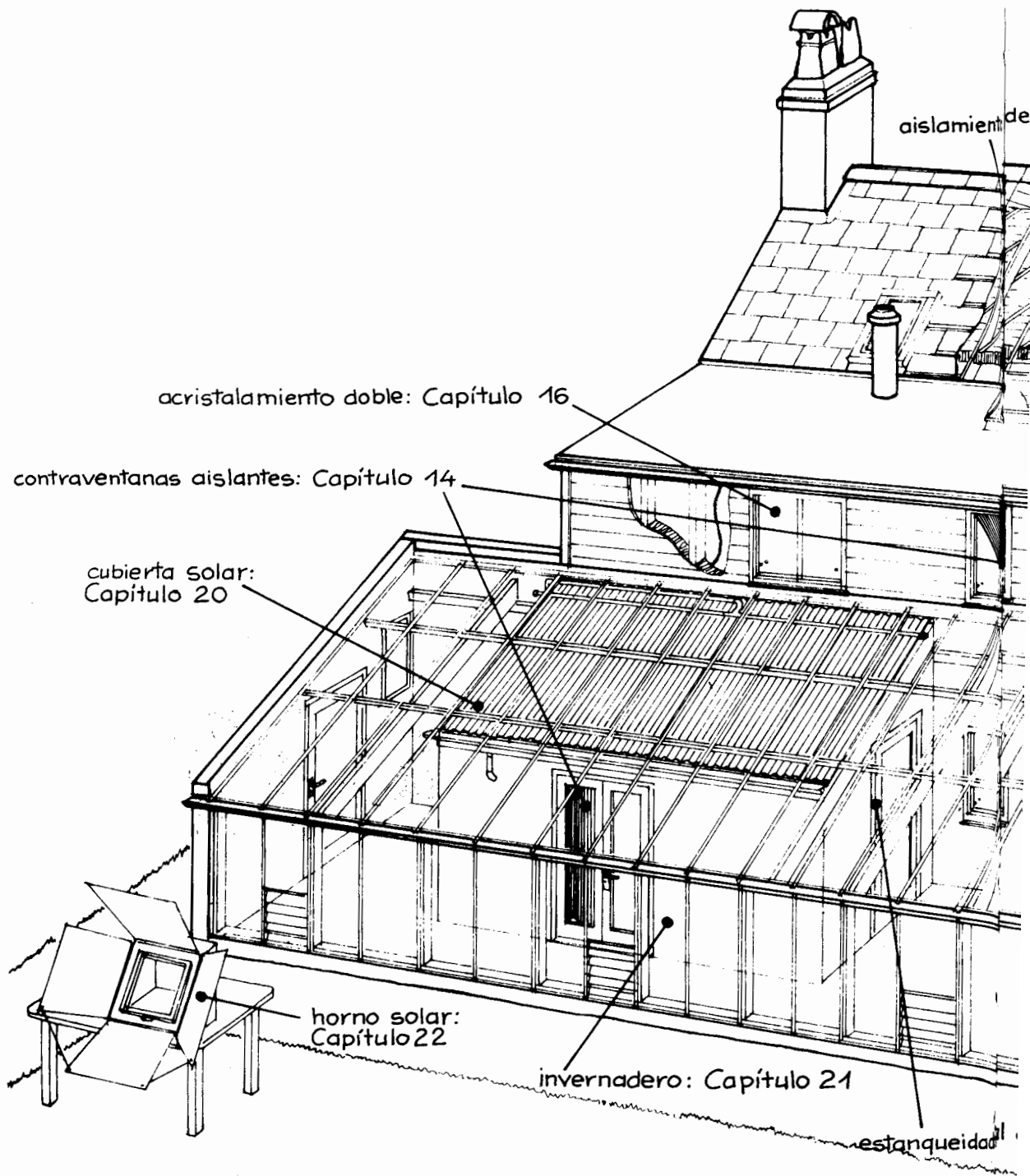
bitos higiénicos de sus usuarios, consume entre 60 y 100 litros de agua, mientras que una ducha utiliza solamente 4-5 litros por minuto: se ha llegado a decir que si todos los habitantes del Reino Unido se bañasen una vez a la semana se produciría una seria carestía de agua, sin necesidad de que haya sequía. El uso de la ducha no sólo ahorra agua, sino también agua caliente y eso significa ahorro de dinero, bien si la pagáis directamente o haciendo que se gaste más despacio el agua caliente de vuestro sistema solar.

El Instituto para Investigaciones de la Construcción (BRE) en el Reino Unido, ha hallado que mediante el empleo de grifos con rociadores disminuye a la mitad el consumo de agua caliente utilizada en un lavabo. Aunque estas medidas se hicieron en lavabos de edificios de oficinas este ahorro se puede hacer también en una casa. La tentación siempre es lavarse las manos bajo el chorro, que es más rápido que llenar y vaciar el lavabo, y aquí es donde se puede ahorrar agua utilizando un grifo con rociador o cortachorros. Después de instalar todos estos sistemas de ahorro de agua puede que os encontréis con que no tenéis suficiente agua para reciclar y utilizar en la cisterna del retrete, pero siempre se puede suplementar con parte del agua de lluvia recogida.

Está claro que si todos disminuimos nuestro consumo de agua no serán necesarias las restricciones en época de sequía y además se evitarán los gastos e inconvenientes de tener que inundar más tierras para embalsar más agua. Es evidente que ahorraréis dinero instalando duchas y grifos con rociadores que ahorren energía, y aunque el agua sea barata o incluso no tengáis contador como en muchas partes del Reino Unido, es evidente que el agua de lluvia no debe ir directamente a la alcantarilla. Como mínimo se debe recoger y utilizar para regar el jardín. Hay que ahorrar agua aunque sólo sea para que las lechugas que cultivemos en el jardín sean más suculentas y tengan mejor sabor.



Parte II  
**PRACTICA**



acristalamiento doble: Capítulo 16

contraventanas aislantes: Capítulo 14

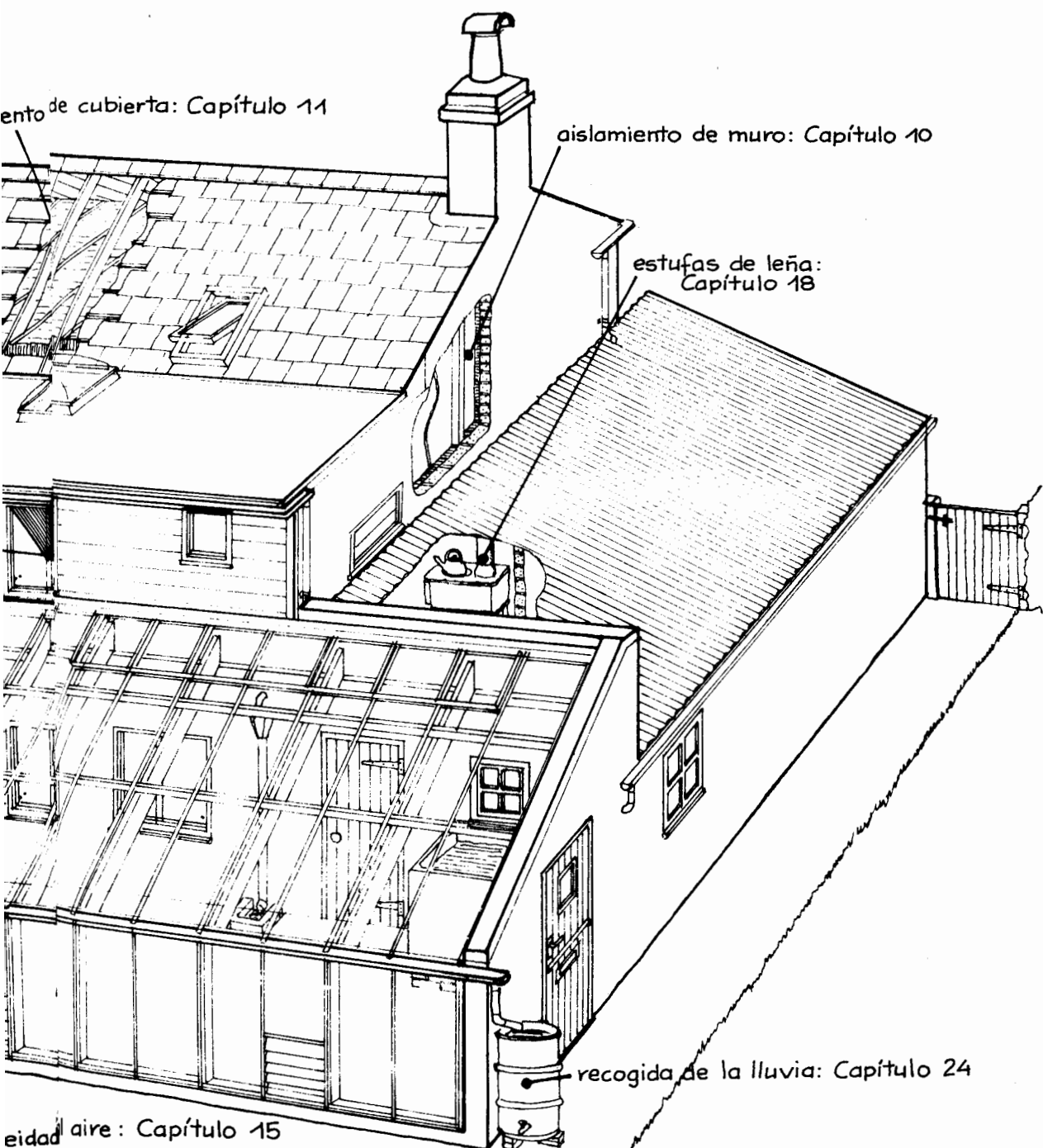
cubierta solar:  
Capítulo 20

horno solar:  
Capítulo 22

invernadero: Capítulo 21

aislamiento de

estanqueidad



ento de cubierta: Capítulo 11

aislamiento de muro: Capítulo 10

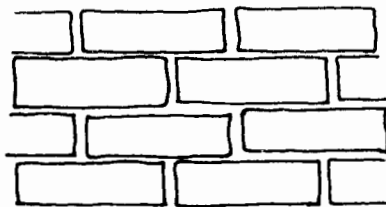
estufas de leña:  
Capítulo 18

recogida de la lluvia: Capítulo 24

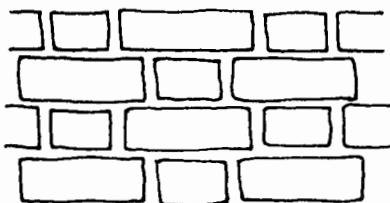
edad aire: Capítulo 15

# 10 Aislamiento de muros

Antes de que podáis aislar los muros tenéis que saber cómo es vuestra casa. Por regla general, las casas están hechas de ladrillo y las de más reciente construcción tienen muros con cámara de aire, que consisten en dos hojas de ladrillo con una separación entre ellas. A estos muros se les distingue por su



muro con cámara de aire



muro macizo

espesor, habitualmente 270mm, hechos con dos hojas de ladrillo de 110mm con una cámara de aire de 50mm entre ellas. Si medís el muro en una ventana o en una puerta, su espesor será alrededor de 280mm si es un muro con cámara de aire y si tenemos en cuenta los 10mm del enlucido. Si el muro, con el enlucido, mide 230mm o 350mm, entonces es probable que sea un muro macizo. Se puede distinguir también un muro con cámara de aire por el hecho de que en el exterior, cuando están a la vista, todos los ladrillos se ponen a soga, mientras que en un muro macizo habrá sogas y tizones.

## Aspectos legales

Independientemente del tipo de muros de que se trate, necesitaréis licencia para poder aislarlos. En el Reino Unido, el relleno de una cámara de aire va oficialmente contra las normas constructivas a no ser que la empresa que lo ejecute tenga un certificado que la dispense de cumplir las normas. El aislamiento de muros macizos requerirá un permiso en toda regla, y quizá también una licencia urbanística si modifica el aspecto de la casa.



Lo mejor es ir a ver a las autoridades locales en materia de construcción y explicarles lo que pensáis hacer. Os darán algunos papeles para rellenar y, probablemente, también algunos consejos que os pueden ser útiles. Además de que os puedan servir de ayuda con toda probabilidad, siempre es bueno estar en buenas relaciones con ellos en vez de tratarles como a burócratas desconocidos.

Si estáis considerando la posibilidad de aplicar aislamiento por la cara exterior del muro macizo tendréis que hablar con alguien del departamento de planeamiento, ya que las obras podrían cambiar el aspecto externo del edificio. El planeamiento es una materia más resbaladiza ya que no hay reglas —el departamento de construcción municipal os dará siempre la licencia si cumplís las normas constructivas, pero las autoridades urbanísticas pueden rechazar todo de forma bastante arbitraria—. Con esto no queremos decir que las autoridades urbanísticas siempre van a rechazar lo que propongáis; si les preguntáis antes de solicitar el permiso, os podéis hacer una idea de cuál es su actitud. Si todo esto falla, siempre os queda el recurso de poner el aislamiento por dentro.

## Aislamiento de muros con cámara

Si los muros tienen cámara de aire no hay nada que podáis hacer vosotros mismos, a no ser que los consideráseis como si fuesen muros macizos, como se explica después. La solución más fácil es coger las *páginas amarillas* y mirar en el apartado «contratistas de aislamiento». Veréis que hay tres formas habituales de aislar un muro con cámara de aire: espuma de formaldehído de urea (fu), fibra mineral y gránulos de poliestireno. En todos estos métodos hay que empezar haciendo agujeros en el muro a través de los cuales se mete el aislamiento en la cámara. Los agujeros realizados en el muro se cubren con mortero después de terminado el trabajo y todo el proceso dura aproximadamente un día para una casa normal.

La espuma de fu se hace mezclando dos compuestos químicos e insuflando la mezcla dentro de la cámara de aire donde se expande, rellenando el espacio y al fraguar forma una espuma bastante rígida. La espuma

es barata, pero no es lo suficientemente resistente para que se pueda hacer en láminas como el poliestireno expandido; cuando se insufla en una cámara de aire no importa que no tenga resistencia ya que la sujetará la fábrica de ladrillo. Una vez que esté colocada, la espuma de fu no se puede eliminar sin tirar el muro, mientras que la fibra mineral y los gránulos de poliestireno tienen la ventaja de que se pueden eliminar si surgen problemas.

Desgraciadamente en las cámaras rellenas con aislamiento, un problema que suele aparecer es la humedad. La misión de la cámara de aire es impedir que la lluvia llegue al interior del edificio. Normalmente, la hoja exterior del muro alcanza un alto grado de humedad cuando llueve; el agua escurre por el interior de esta hoja escurriendo por el fondo. Si rellenáis la cámara con algún producto, tenéis que aseguráros de que cualquiera que sea el material no conduzca la humedad al interior a través del muro. Debido al riesgo de humedad, algunos tipos de relleno de cámara sólo son adecuados para aquellos lugares que estén resguardados de la lluvia. En España los materiales de aislamiento están controlados por el Instituto Eduardo Torroja, donde se ensayan los materiales constructivos y sus posibles utilidades. Nunca contratéis a una empresa de aislamiento que no esté homologada. En el certificado se garantiza que se cumple la disposición de las normas constructivas que prohíben el que se formen puentes de humedad en la cámara de aire, y también dirán el grado de exposición bajo el que se puede utilizar cada material. En este campo hay algunas empresas piratas, pero si vais siempre a las que tengan la homologación oficial podréis estar seguros. Lo mejor es ir a distintas empresas y que os hagan gratuitamente un presupuesto antes de tomar la decisión final.

El aislamiento de los muros con cámara de aire tiene la desventaja de que el espesor del aislamiento depende de la anchura de la cámara de aire, habitualmente 50mm o 75mm. Si queréis conseguir un coeficiente K mejor del que os pueda dar este aislamiento (0,4 a 0,5W/m<sup>2</sup>C) tendréis que aplicar un aislamiento adicional al muro como si fuese macizo.

Si vuestra casa aún no está construida podéis barajar otras posibilidades. Se puede aumentar la anchura de la cámara a 100mm siempre que se utilicen «llaves de atado», se-



paradas en horizontal 750mm y en vertical 450mm. El aislamiento se puede meter en la cámara de aire a medida que se va construyendo el muro, lo que permite utilizar materiales en planchas como el poliestireno expandido o la fibra de vidrio conglomerada con resina, tratada con un material hidrófugo para impedir la transmisión de la humedad a través de la cámara de aire. La hoja interior del muro se puede construir con bloques aislantes de hormigón aligerado para incrementar aún más el aislamiento. Si queréis que el aislamiento de un muro que se está construyendo tenga más de 100mm, las hojas interior y exterior del muro tendrán que diseñarse como si fueran muros independientes, sin llaves de atado.

## Aislamiento de muros macizos

Si desde el exterior de vuestra vivienda veis que la fábrica de ladrillo tiene sogas y tizones, lo más probable es que los muros sean macizos y, por tanto, bastante más difíciles de aislar. Antes de intentar aislarlos deberéis aseguraros de que están protegidos mediante una barrera antihumedad. Si veis que no la hay o si tenéis duda, merece la pena que intentéis que alguna empresa os haga gratis una inspección y un presupuesto; las direcciones las podéis encontrar en las *páginas amarillas* en el apartado «impermeabilizaciones». Una buena empresa os dará una garantía de su sistema, y hasta es posible que en

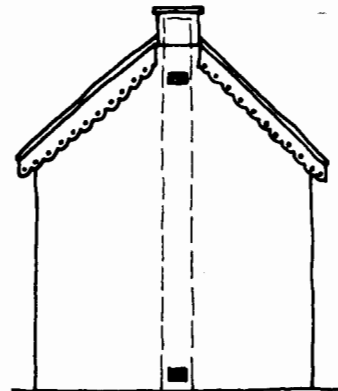
algunos lugares las autoridades locales os den una subvención para mejora de la vivienda, que puede cubrir hasta la mitad del coste.

Antes de hacer la impermeabilización tendréis que picar el enlucido húmedo, pero si vais a poner aislamiento no es necesario que volváis a enlucir, ya que el aislamiento se puede poner sobre el muro sin enlucido. Si solicitáis la subvención, esto contará como coste de enlucido, o de los listones y del tablero de yeso si el aislamiento lo ponéis después de impermeabilizar. Únicamente cuando el muro está perfectamente impermeabilizado se puede pensar en aislarlo.

### Aislamiento interior

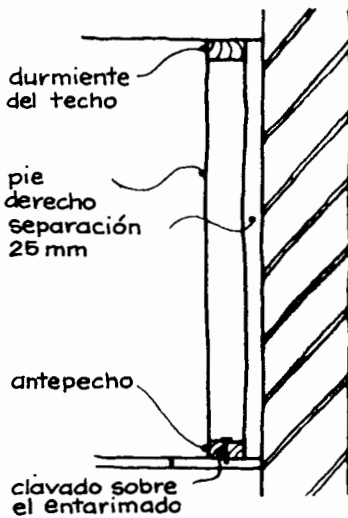
El método más barato es aislar los muros macizos por el interior, pero esto puede originar bastantes molestias en el interior de vuestra casa y puede que lo mejor sea trabajar sólo en una habitación cada vez. Antes de colocar el aislamiento por el interior habréis de decidir lo que vais hacer con las chimeneas de calefacción. Si la chimenea se va a seguir utilizando, se debe interrumpir el aislamiento a cada lado. Los tiros de la chimenea que estén en el piso superior, encima de una estufa o de un fuego que esté encendido constantemente será un emisor de calor aprovechable y se puede también dejar sin aislamiento.

Si la chimenea no se va a utilizar podéis cubrirla con el aislamiento. En este caso el tiro debe estar ventilado para impedir que se produzcan condensaciones en la chimenea al quedar cerrada. Para evitar una ventilación excesiva en el edificio se deben utilizar dos ladrillos huecos (225x225mm), uno en el muro exterior en la parte baja de la chimenea, y el otro en la parte superior, si la chimenea de la



cubierta se va a demoler o se va a tapar. Por supuesto, podéis quitar por completo la chimenea, pero en edificios antiguos las chimeneas sirven de contrafuertes y su eliminación puede debilitar la resistencia de los muros.

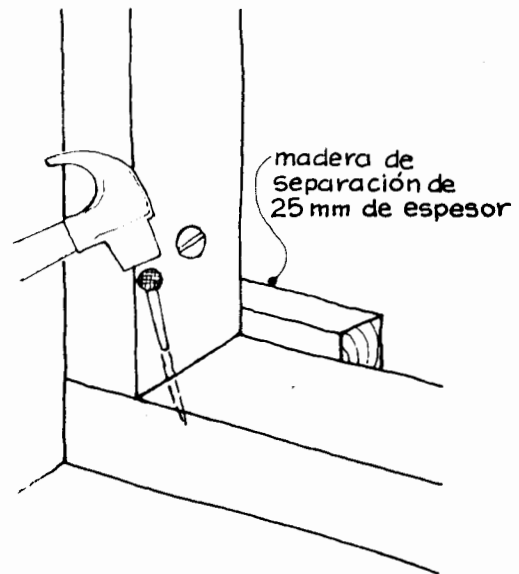
Para empezar a colocar el aislamiento en el interior de un muro hay que eliminar los rodapiés. Lo mejor es dejar una cámara de aire ventilada entre el aislamiento y la fábrica de ladrillo. Esto se puede hacer construyendo unos bastidores de madera clavados sobre sopandas en el suelo y en el techo, dejando una separación de 25mm entre la parte posterior de los pies derechos y el muro. Los pies derechos han de tener como mínimo 50mm x 75mm (lo que nos da un aislamiento de 75mm) o de 50mm x 100mm; si es más delgado de 50mm x 75mm no tendrá la suficiente resistencia para ir del suelo al techo sin que se doble si os apoyáis contra el muro.



Es esencial utilizar una madera que haya sido tratada al vacío con un material preservativo (por ejemplo, por tanalización). Este es un proceso comercial, por lo que podéis comprar la madera ya tratada. También se pueden conseguir unos resultados bastante buenos aplicando tres capas de un producto preservativo de la madera si no la podéis comprar ya tratada. Si utilizáis madera sin ningún tipo de tratamiento es muy probable que se pudra en cuanto la metáis en el muro.

La estructura de madera se empieza colocando una sopanda sobre el suelo como mínimo a 25mm de la superficie del muro. Si el piso es de madera podéis clavar la sopanda utilizando unos clavos lo suficientemente largos para que sujeten la sopanda, pero que no atraviesen las tablas del piso cuando haya debajo cables o tuberías; para una sopanda de 50mm se pueden utilizar clavos de 63mm. Si el piso es de hormigón podéis intentar sujetar la sopanda con tornillos y tacos como en la fijación de listones sobre muros (página 70). Si no podéis fijar la sopanda al piso, colocadla en posición y medid la longitud necesaria de los pies derechos de los bordes. Esta medida será igual a la altura de la parte superior de la sopanda hasta el techo, menos 50mm, que es el espesor del durmiente del techo.

Atornillad los pies derechos al muro como se describe en la página 70, asegurandoos de que estén verticales y de que se mantenga la separación con el muro. Se debe sujetar muy fuertemente; utilizad como mínimo cinco tornillos por cada pie derecho. Clavad los pies derechos a la sopanda con clavos inclinados de 100mm, utilizando un trozo de madera detrás de la sopanda para impedir que se mueva al entrar los clavos.

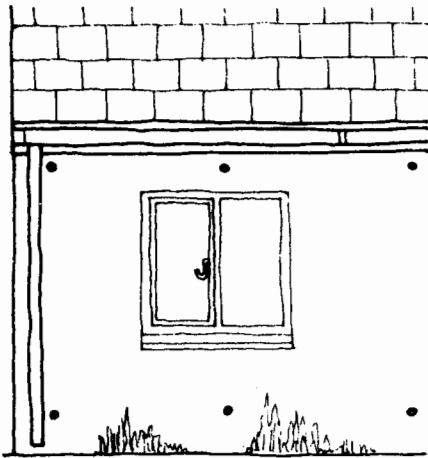


A continuación cortad a la longitud necesaria el durmiente, colocadlo en posición, encima de los pies derechos y clavadlo con los clavos inclinados, utilizando de nuevo un trozo de

madera para separación. Cortad los pies derechos para que se puedan colocar entre la sopeanda y el durmiente; si entran muy justo podéis ponerlos inclinados, golpeándolos después con una maceta hasta colocarlos en posición vertical. Se debe sujetar con clavos inclinados en su parte superior y en la inferior y se deben colocar con una separación de 400mm o 600mm.

En los huecos de las ventanas y de las puertas se debe hacer un marco (como se puede ver en las ilustraciones) con tablas verticales y horizontales.

Para impedir que el vapor de agua se acumule entre el muro de estructura de madera que estamos construyendo y el muro antiguo,

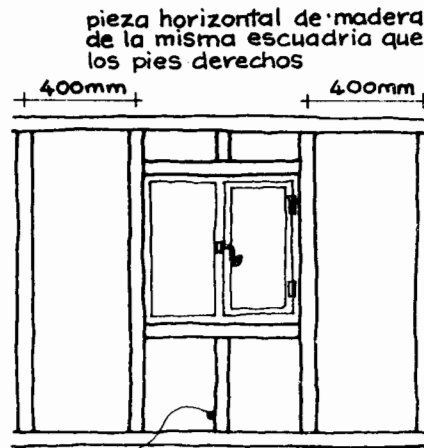


se debe ventilar la cámara de aire, haciendo agujeros en el muro existente, que comuniquen la cámara de aire con el exterior. Estos agujeros deberán tener un diámetro de 20mm aproximadamente con una separación de 900mm, haciendo una fila cerca de la parte superior de la cámara de aire y otra cerca de su parte inferior. Dentro de los agujeros se pueden sujetar con mortero trozos de tubería de PVC para que quede más limpio, metiéndole trozos pequeños de aislamiento de fibra de vidrio para que no puedan pasar los ratones. Lo mejor para hacer los agujeros es que alquiléis una taladradora percutora, de las que dan unos golpes muy rápidos al mismo tiempo que giran, y utilizar una broca de widia larga y de gran diámetro.

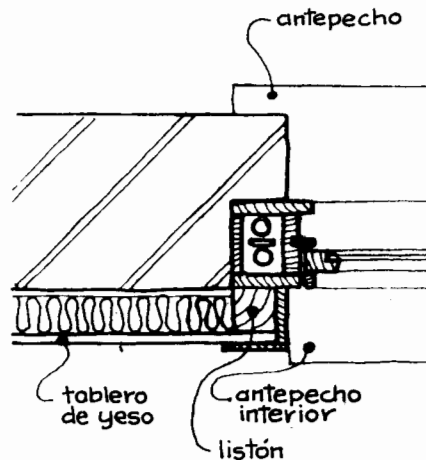
Tendréis que ensanchar los marcos existentes de puertas y ventanas para adaptarse al nuevo espesor del muro. En la ilustración (a la

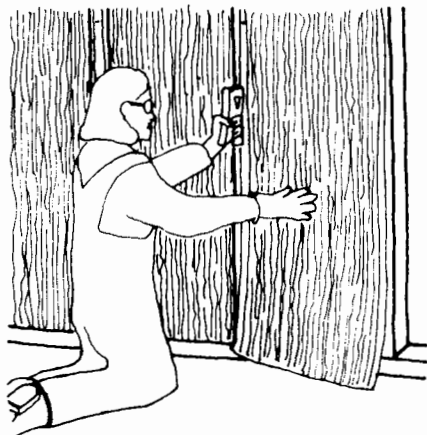
derecha) se muestran algunos métodos para hacerlo.

El aislamiento se debe poner después entre los pies derechos, pero al haber una cámara de aire detrás puede traer problemas el poner el aislamiento sin tajar la cámara. La solución consiste en utilizar un aislamiento de fibra de vidrio que viene en rollos y tiene pestañas: está diseñado de forma que se pueda fijar entre los pies derechos y tiene una pestaña en cada lado para fijarlo a la madera. Si utilizáis un aislamiento con acabado superficial de polietileno, éste servirá como barrera contra el vapor, necesaria para que el vapor no entre en el muro (ver Capítulo 3). Es importante que los pies derechos se coloquen a las distancias



pie derecho suplementario si la ventana es más ancha de 400-600 mm

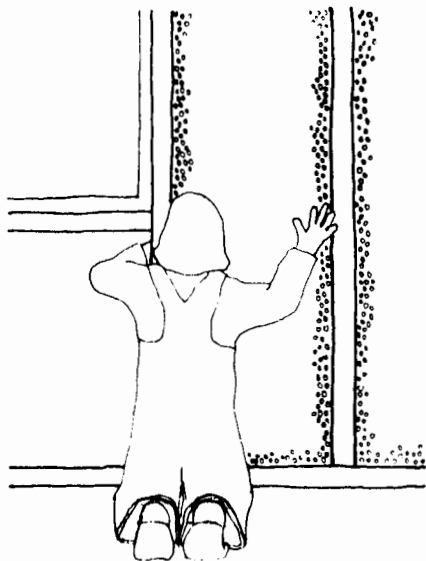




adecuadas para que quepa el rollo de aislamiento, debiéndose colocar con unas separaciones de 400mm x 600mm.

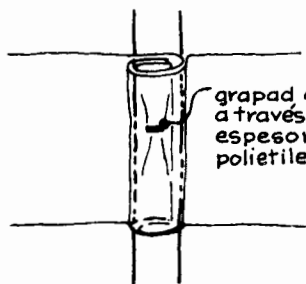
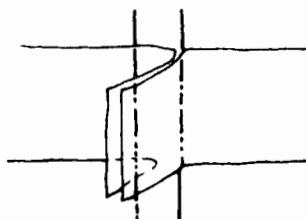
Si se utilizan separaciones mayores, habréis de utilizar un tablero de yeso más grueso para revestir interiormente la habitación, de 12,7mm en vez de 9,5mm; pero se consigue un aislamiento mejor porque hay menos superficie de pared ocupada por la madera, que no es tan buen aislante como la fibra de vidrio. El aislamiento se desenrolla encima de los pies derechos grapándose sobre ellos la pestaña de polietileno.

También es posible utilizar para el aisla-



miento del muro poliestireno expandido. En este caso se debe cortar el material de forma que ajuste exactamente entre los pies derechos, empujándolo con mucho cuidado al ponerlo en su lugar. Aseguraos de que el poliestireno no tapa la cámara de aire: su cara interior debe estar a nivel con los pies derechos. En el extremo de cada plancha donde no haya aislamiento podéis sujetarlo con la mano, pero en el otro lado habréis de empujarlo muy despacio hasta colocarlo en su lugar. El poliestireno expandido deberá tener un aditivo retardador de las llamas.

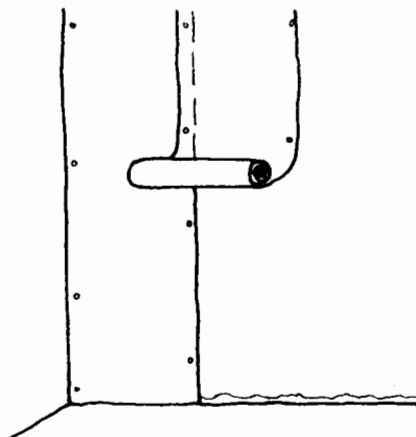
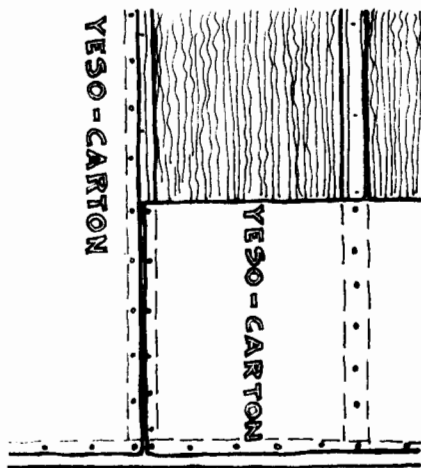
El muro se debe revestir con un tablero de yeso cuando el aislamiento está colocado. Se emplea normalmente tablero de yeso porque es barato y la propagación de las llamas a la superficie del muro es pequeña. Si habéis utilizado aislamiento en rollos, con barrera contra el vapor con pestaña, podéis utilizar tableros de yeso sencillos; en caso contrario utilizad



grapad al pie derecho a través de todo el espesor del polietileno

tableros de yeso con lámina de aluminio, el cual actúa como barrera contra el vapor. Si decidís poner otro tipo de revestimiento tendréis que comprobar las normas contra incendios, y deberéis colocar una barrera contra el vapor de polietileno de bastante espesor (con las juntas dobladas para hacerlas estancas al vapor) encima de los pies derechos y del aislamiento antes de colocar el revestimiento.

Si utilizáis tableros de yeso, clavados sobre los pies derechos con clavos largos galvanizados de 38mm, con una separación de 150mm. Los tableros de yeso han de cortarse



clavo de cabeza plana

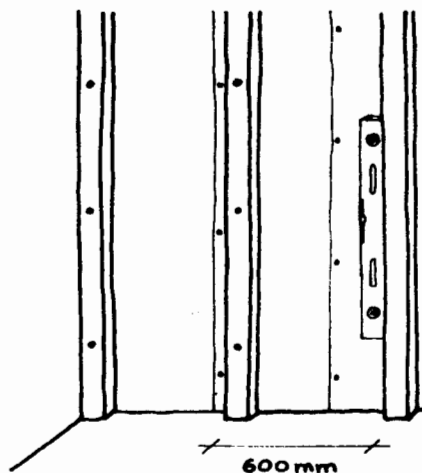
a la medida para que ajusten exactamente en el suelo y en el techo. Para cortar los tableros de yeso haced una marca en el papel con un cuchillo afilado doblando después el trozo cortado para romper el núcleo de yeso. Por último, cortad el papel del otro lado. Los tableros de yeso también se pueden cortar con un serrucho viejo. Al juntarse dos tableros de yeso por medio de un pie derecho tratad de que los clavos no lleguen a los bordes del tablero y no dar muy fuerte con el martillo para que no se dañen los bordes. Por último, para que quede un buen acabado se debe dar una capa delgada de enlucido.

Las juntas entre los tableros de yeso y los agujeros hechos por los clavos se pueden rellenar con rellenos especiales y con cintas que suministran los propios fabricantes. Se supone que con esto se puede pintar o empapelar directamente los tableros, pero no se consigue un acabado tan bueno como el que se logra con una capa delgada de enlucido, sobre todo porque os permite utilizar trozos sueltos de tablero y también porque no os tenéis que preocupar si no está colocado perfectamente. El enlucido cubrirá todos los errores.

Si no hay espacio suficiente para dejar una cámara de aire ventilada entre el aislamiento y el muro antiguo podéis aplicar el aislamiento directamente sobre la superficie del muro. En este caso lo primero que hay que hacer, después de eliminar los rodapiés, es sujetar un «papel transpirable» en toda la superficie del muro. El papel permitirá que escape el vapor de agua del muro a través de la fábrica de ladrillo, si es lo suficientemente porosa. Además impedirá que la humedad o la lluvia que

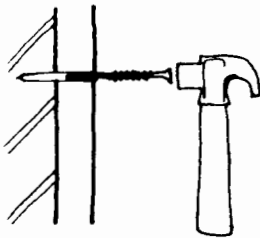
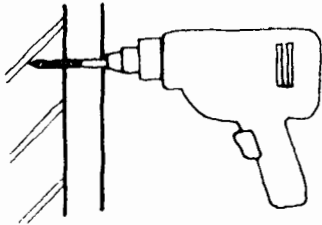
empape el muro de ladrillo moje el material aislante. Colocad el papel con solapas de 100mm —veréis que es más fácil colocarlo verticalmente que horizontalmente como el empapelado. El papel se puede sujetar al muro (colocando el lado que dice «exterior» hacia afuera) utilizando clavos de cabeza plana como los que sujetan los fieltros impermeables de cubierta; habréis de utilizar suficientes clavos para impedir que el papel se caiga del muro mientras realizáis el paso siguiente.

Ahora atornillad listones de madera tanalizada al muro. Los listones deberán tener una anchura de 50mm y un espesor igual al del aislamiento que queráis utilizar. Los espesores estándar de la madera son 50, 75 y

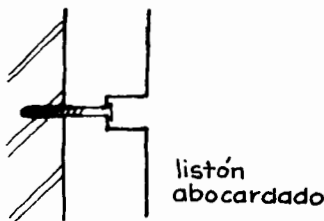
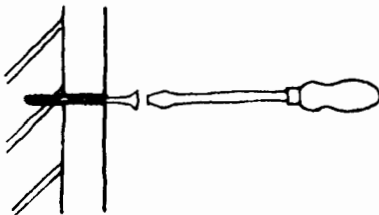


100mm. Los listones de 50mm×50mm se deben atornillar directamente sobre el muro de ladrillo o de piedra utilizando tornillos de 100mm del número 12 y tacos de plástico.

Para colocar los listones necesitaréis una taladradora eléctrica con una broca de widia de 6mm, que sobresalga al menos 110mm del



portabrocas. Poner el listón en su lugar sobre el muro apoyado sobre el papel transpirable, comprobad que la madera está vertical, después taladrad a través de la madera y el muro en toda la profundidad que permita la broca. Coged un taco y ponedlo en el agujero hecho en la madera hasta que esté a nivel con su superficie. Después poned la punta del tornillo en el agujero del taco y golpead suavemente con un martillo para que

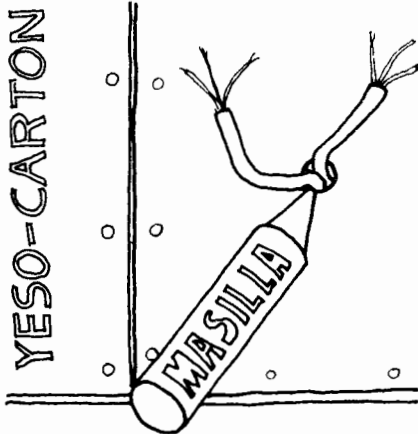


pase a través de la madera hasta llegar al agujero hecho en la fábrica. Utilizando el destornillador más grande que podáis encontrar, apretad el tornillo y el listón quedará en su sitio. Cada listón necesitará aproximadamente cuatro tornillos uniformemente distribuidos. Este sistema es mucho más fácil que tratar de marcar por separado la posición de los tacos en el muro. Poned sobre el muro los listones separados entre sí 600mm, asegurándoos que estén verticales y paralelos entre si.

Si pensarais utilizar listones de 50mm×75mm o de 50mm×100mm para que el aislamiento sea mayor, deberéis abocardar los agujeros de los listones. Esto consiste en taladrar unos agujeros de 20mm de diámetro en los listones con un berbiquí hasta una profundidad en que la distancia entre el tablero y la parte posterior de la madera sea aproximadamente de 50mm. Si no se hace esto los tornillos no tendrán suficiente longitud para clavarse en el muro al atravesar la madera. Después de haber hecho el abocardado, los listones se sujetan como en el caso anterior; la única diferencia es que es necesaria una broca de widia más larga, ya que el portabrocas no podrá pasar por el abocardado.

Cuando los listones estén colocados se puede poner el aislamiento. Este puede ser de lana mineral, fibra de vidrio, poliestireno expandido, poliestireno extruido (que como barrera contra el vapor es mejor que el poliestireno expandido), poliuretano expandido si vuestro presupuesto os lo permite, o cualquier otro material en láminas o en mantas. En la elección, lo mejor es guiarse por el coste, siendo otra limitación los materiales que se puedan encontrar fácilmente en las tiendas. La elección más probable será la fibra de vidrio o el poliestireno expandido porque son baratos y fáciles de conseguir.

Si compráis fibra de vidrio en rollos de 1200mm de anchura podéis cortarlos mediante un serrucho (antes de desliarlos) haciendo rollos de 600mm, que se pueden sujetar entre los listones. La fibra de vidrio produce muchos picores al cogerla con las manos; lo mejor es llevar guantes con manguitos —los guantes de apicultor sirven bastante bien. Los fabricantes dicen que su producto no produce cáncer de pulmón debido a la forma en que se fabrica, haciendo salir un chorro de vidrio derretido a través de pequeñas boquillas, lo que hace que el diámetro de las fibras sea constante y mayor que el diá-



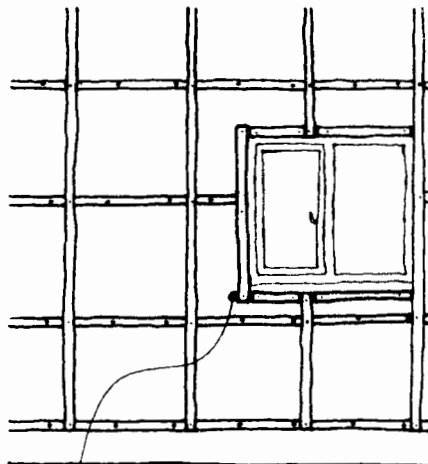
metro de las fibras naturales como el asbesto, que se saben originan problemas respiratorios. En cualquier caso no estaría de más ponerse una mascarilla por si las moscas.

Después de haber puesto en su sitio el aislamiento podéis colocar el tablero de yeso. Este ha de llevar una lámina metálica en uno de sus lados que actúe como barrera contra el vapor, y de 12,7mm de espesor si los listones se han colocado con una separación de 600mm. Si pensáis poner enchufes o interruptores eléctricos en el muro después de aislado deben montarse sobre la superficie, debiéndose sellar con masilla los agujeros por los que pasan los cables a través del tablero de yeso. Si habéis colocado los listones a 600mm, verticales y paralelos entre sí, veréis que ahora el tablero de yeso se puede clavar con bastante facilidad. Aseguraos de que es tablero de yeso de 1200mm de anchura. Por último, volved a poner los rodapiés (después de hacer el enlucido, en su caso) y habréis terminado.

### Aislamiento exterior

La forma más cara de aislar un muro macizo es aplicar el aislamiento por el exterior. El coste es debido a la necesidad de colocar una impermeabilización bastante resistente encima del aislamiento en vez de utilizar el tablero de yeso que se emplea en el exterior. En el Capítulo 3 se estudian las ventajas del aislamiento exterior.

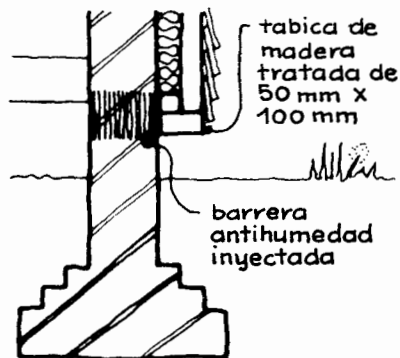
Suponiendo que os habéis decidido por el aislamiento exterior, deberéis empezar colocando listones sobre el muro, tanalizados o tratados exactamente como se dijo para el aislamiento interior. Los listones deberán colocarse con una separación de 600mm entre sí.



recercado de la ventana para ponerla a nivel con la superficie de los listones

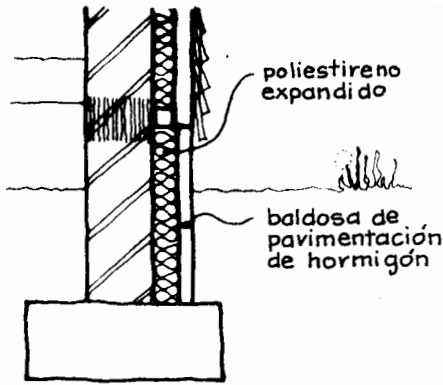
Si queréis poner un aislamiento muy grueso podéis empezar colocando en el muro listones horizontales, clavando sobre éstos otros listones verticales sobre los que se colocará el revestimiento. La separación de los dos tipos de listones seguirá siendo 600mm. En la base del muro, el revestimiento exterior ha de rematarse como mínimo 150mm por encima del nivel del terreno; en las ilustraciones se sugieren dos sistemas para hacer la intersección entre el nuevo aislamiento y el terreno para impedir que dañe al revestimiento cuando salpique la lluvia.

El aislamiento puede ser de poliestireno expandido o extruido, pudiéndose utilizar ambos por debajo del nivel del terreno, o de fibra

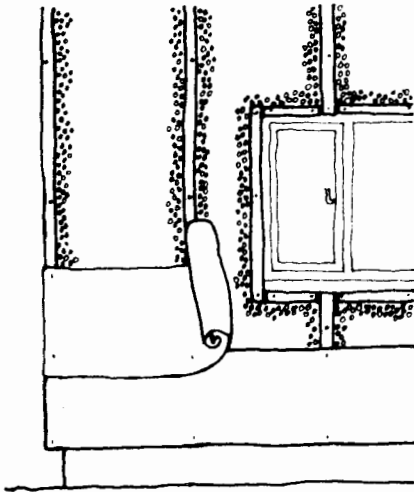


Esto produce pérdidas de calor a través de la base del muro a no ser que el piso lleve aislamiento



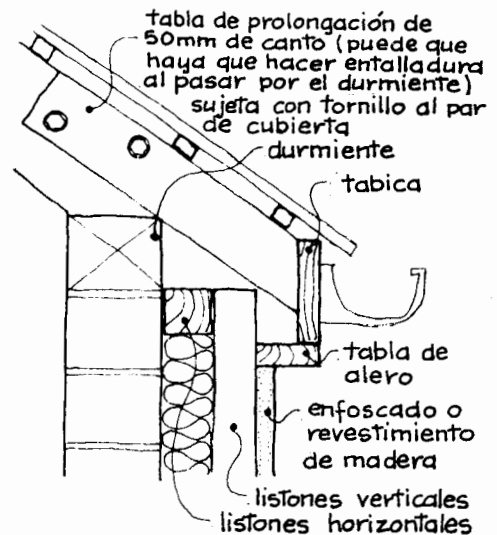
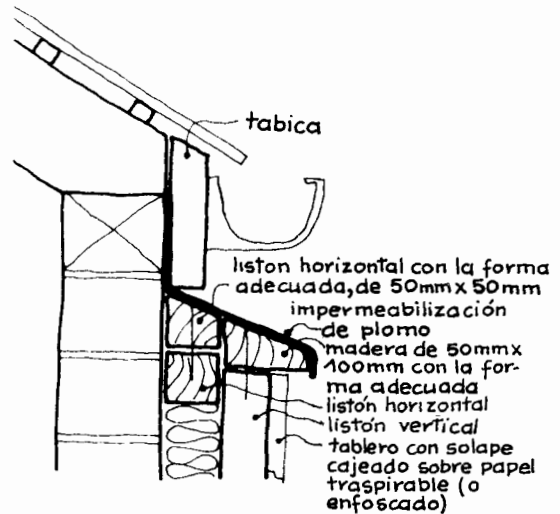


Este detalle no se puede utilizar si la casa es contigua a la acera



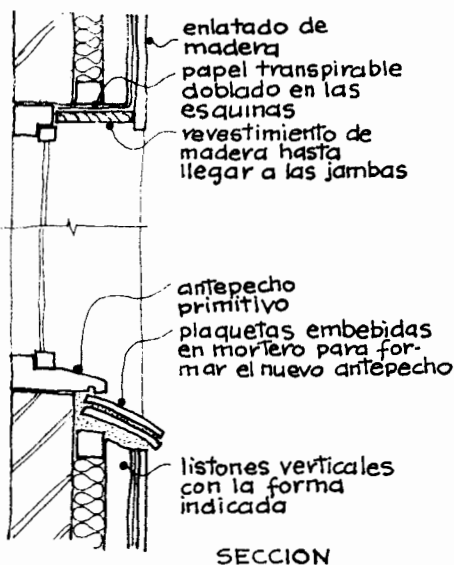
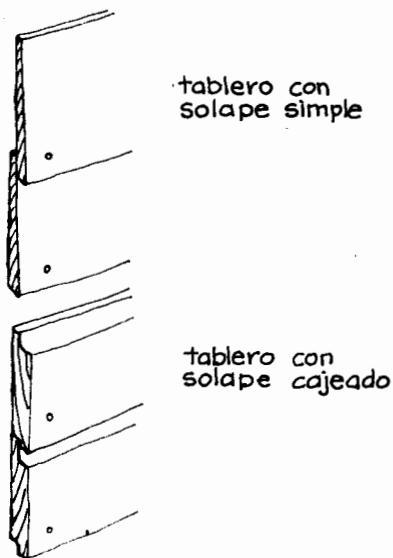
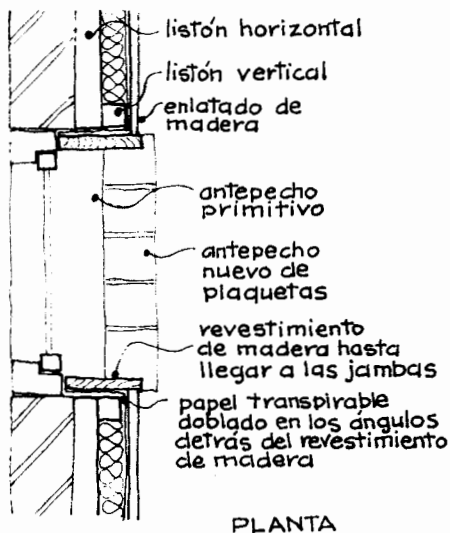
sale de la fachada tendréis que diseñar una impermeabilización de plomo para proteger de la lluvia la parte superior del aislamiento. La mejor solución es hacer que la cubierta se prolongue por encima del aislamiento, lo cual es fácil si pensáis poner cubierta nueva al edificio. Por esta razón lo mejor es utilizar mucho aislamiento, como mínimo 100mm, si lo aplicáis por el exterior, en caso contrario no merece la pena montar todo el tinglado.

En las ventanas y en las puertas hay dos posibilidades. La primera y mejor es quitar los marcos de las ventanas y de las puertas y sustituirlos por otros colocados por el exterior del nuevo muro. Si esto os resulta difícil ten-



de vidrio o lana mineral conglomerada con resina, que han de rematarse a 150mm por encima del nivel del terreno. Después de haber metido a presión el aislamiento entre los listones se debe colocar con grapas una capa de papel traspirable sobre los listones y el aislamiento. El papel debe colocarse horizontalmente, empezando por la parte de abajo del muro, colocando las sucesivas capas de papel solapando sobre las anteriores 10mm. La función del papel traspirable es impedir el paso de la lluvia que penetra a través del revestimiento.

Las puertas y ventanas presentan problemas, así como los aleros y los hastiales de las cubiertas. Si la cubierta tiene suficiente voladizo no habrá dificultades, pero si no sobre-



dréis que construir, alrededor de los huecos existentes, un cerco hecho con listones tratando de hacer un sellado estanco al agua en las intersecciones entre el nuevo revestimiento y los antiguos cercos. En el antepecho podéis utilizar dos capas de plaquetas lisas recibidas con mortero y con juntas contrapeadas encima de los nuevos listones. El nuevo antepecho deberá tener bastante pendiente para que pueda expulsar el agua que cae del muro lo más rápidamente posible. Un método alternativo puede consistir en quitar el antepecho existente haciendo unos nuevos de

hormigón más grandes, utilizando una dosificación en volumen de una parte de cemento, dos partes de arena y tres partes de árido (tamaño máximo 10mm). Ahora podéis ver por qué el aislamiento exterior es caro.

Para revestir el aislamiento exterior hay varias posibilidades, pero sólo describiremos dos. La más sencilla de construir son los tableros de madera tanalizada (o tratada), preferiblemente con solapes cajeados, ya que es más fácil de utilizar que los tableros con solape simple. Las tablas, que deben de tener un espesor mínimo de 16mm, se clavan sobre listones con clavos galvanizados, de cabeza



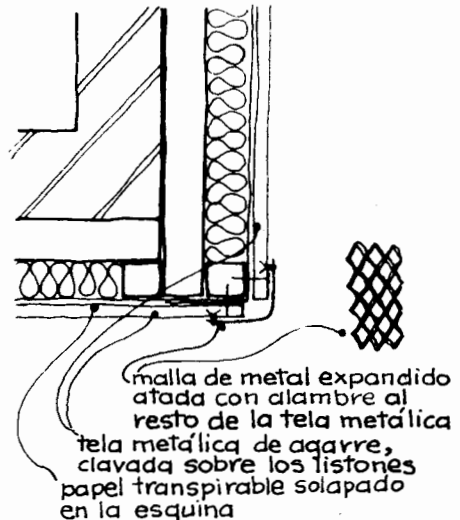
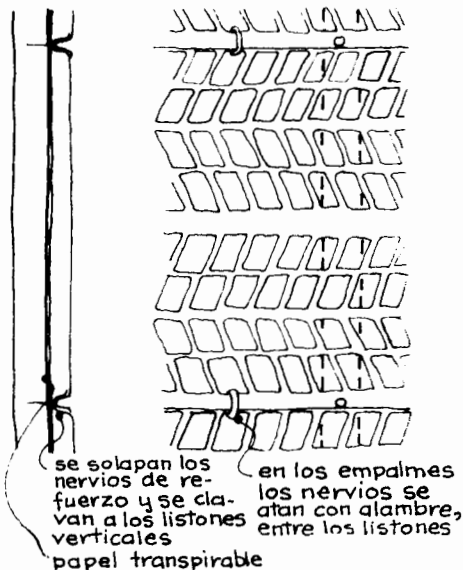
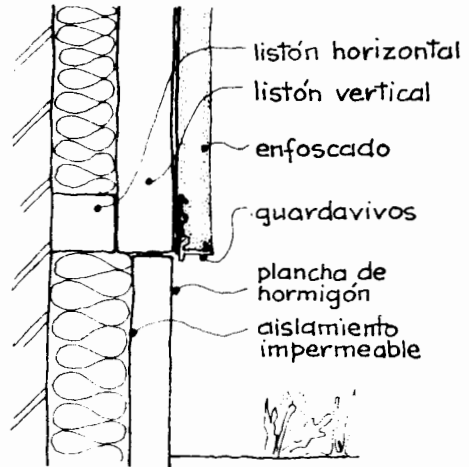
perdida, de 50mm. Empezad por la parte inferior empleando todo el tiempo preciso para que estén perfectamente niveladas, ya que



van a servir de base a las otras tablas. Habréis de comprobar con frecuencia la horizontalidad de las tablas mediante un nivel de burbuja. Sólo deben hacerse juntas coincidiendo sobre los listones, y las juntas de una hilera de tablas no deben coincidir con las de la que está inmediatamente debajo (en las ilustraciones se muestran diversas soluciones para las esquinas y los ángulos). Ahora ya se puede pintar la madera o mejor tratarla con un producto preservativo o incluso con creosota que no se descascarilla como la pintura.

Como alternativa al revestimiento del aislamiento se puede utilizar un enfoscado de cemento sobre tela metálica de agarre. La tela

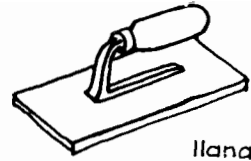
metálica, que sirve de agarre al enfoscado, se clava a los listones de madera sobre los cuales se habrá grapado papel transpirable, como el caso anterior, con clavos galvanizados de 38mm sobre los nervios de refuerzo. Estos nervios van incluidos en la lámina de metal expandido y permiten que la tela metálica se pueda unir entre sí mediante alambre galvanizado de 1,22mm cada 100mm, con los bordes remetidos para que no sobresalgan a través del enfoscado.



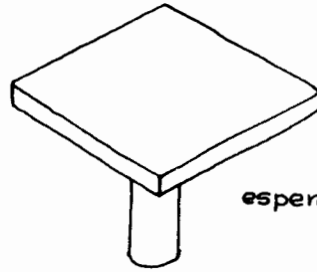
La tela metálica se debe rematar como mínimo a 150mm por encima del nivel del terreno mediante un guardavivos, que es una tira metálica que facilita el poder hacer el

borde en el enfoscado. Esta tira metálica se debe utilizar también encima de los huecos de ventanas y de puertas. En las esquinas deben emplearse trozos de malla metálica expandida doblados, atándose al resto de la tela metálica con alambre como en el caso anterior para que se pueda realizar el enfoscado en el ángulo sin que se agriete. El enfoscado se debe aplicar en tres capas, todas con una dosificación de una parte por volumen (una pala) de cemento, una parte de cal hidratada y seis partes de arena de machaqueo.

El enfoscado es algo más fácil que el enlucido porque no ha de tener un acabado tan plano, pero ha de estar bastante liso y sin grietas; en caso contrario podrá pasar la lluvia a su través. Si tenéis duda de al hacerlo contratad a un especialista o, al menos, preguntadle a alguien cómo se hace. Si os habéis decidido a hacerlo vosotros mismos, haced una pequeña cantidad de pasta y practicar poniendo la pasta sobre la llana y después en algún lugar del muro donde no importa que salga un poco áspero. En gran parte el éxito depende de que la pasta del enlucido tenga la consistencia adecuada antes de aplicarla, por lo que os podéis ir haciendo a la idea de estar un día entero practicando hata que le cojáis el tranquillo antes de empezar hacer el muro. Cuando acabéis se puede pintar el enfoscado con pinturas para exteriores. Generalmente el revestimiento de madera es más fácil que el enfoscado, pero el enfoscado pintado tiene un



llana



esperavel

aspecto más convencional y es más fácil desde el punto de vista de la obtención del permiso urbanístico, especialmente en aquellos lugares donde el acabado tradicional sea el enfoscado.

El caso en que más indicado está el aislamiento exterior es cuando se hace una renovación total de un edificio antiguo. Cuando hay que quitar las tejas o las pizarras de una cubierta porque hay que reparar la estructura porque están podridas o rotas es mucho más fácil hacer un diseño en el que el aislamiento esté en la superficie exterior del muro.

# Aislamiento de cubierta

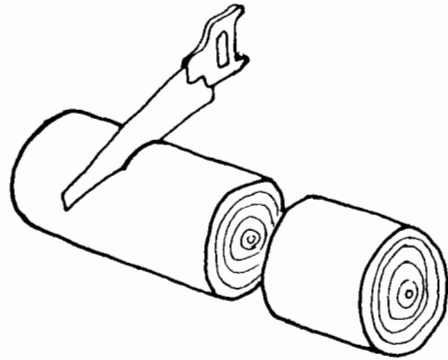
En muchos casos las cubiertas son las partes de las casas más fáciles de aislar, e incluso es posible obtener subvención oficial para colocar el aislamiento en la cubierta. Antes de hacer nada, id a la gerencia municipal y preguntad por las subvenciones al aislamiento; no tendréis derecho a esta subvención si la cubierta ya tiene algún tipo de aislamiento.

## Cubiertas inclinadas

### Sin fieltro de impermeabilización

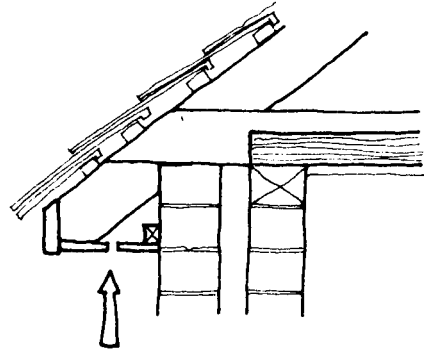
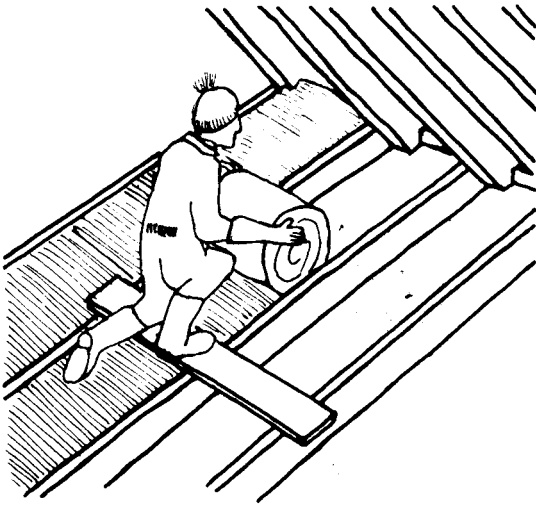
Para empezar, decimos que hay dos tipos principales: aquéllas en que la pizarra o las tejas se colocan sobre fieltro de impermeabilización y las que no llevan fieltro. En el desván podéis ver a simple vista de qué tipo se trata; si no hay fieltro podréis ver la parte posterior de las tejas y habitualmente también pasará la luz a su través.

Las cubiertas de este tipo son fáciles de aislar, ya que no hay problema con la ventilación del espacio de cubierta. Si pensáis utilizar un material como la fibra de vidrio, suministrada en rollos, podréis cortar el rollo con un serrucho a las longitudes adecuadas a la separación de las viguetas. Desenrollad el material y presionadlo ligeramente hasta colocarlo en su



lugar, entre las viguetas del techo. Tendréis que ponerlo sobre un tablón apoyado entre las viguetas para que no tengáis que estar haciendo equilibrios. No comprimáis el material porque se reducirá su espesor y, por consiguiente, sus cualidades aislantes. Si el aislamiento es más ancho que la separación de viguetas podéis doblar los bordes para que encaje.





agujero de ventilación en el alero

Para manejar la fibra de vidrio y la lana mineral es necesario ponerse guantes, un mono y unas botas de goma altas para que las fibras, que producen picor, no caigan en la ropa o en la piel, y si es posible también poner una mascarilla en la boca y en la nariz para que las fibras no entren en los pulmones.

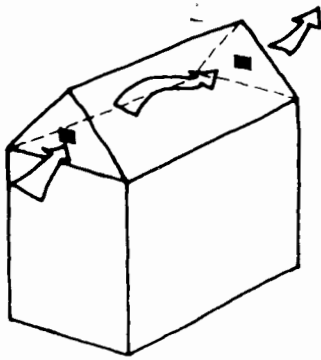
No es necesario llevar el aislamiento hasta los aleros, siempre que cubra la parte superior de los muros. El espesor queda a vuestra elección: en el Reino Unido, la recomendación oficial es 100mm en viviendas, pero tampoco estaría mal 150mm. Antes de tomar una decisión hacer algunos cálculos. Si queréis utilizar el desván como lugar de almacenamiento, el espesor habrá de ser el mismo que el canto de las viguetas del techo de forma que podáis colocar tableros entre las viguetas para tener un plano donde colocar cosas. Hay muchos materiales adecuados para el aislamiento de desvanes, siendo el principal factor que nos va a decidir por uno u otro tipo, su coste y su facilidad de conseguirlo. Sin embargo, si la cubierta no tiene fieltro bajo las tejas, no es aconsejable utilizar un material suelto como los gránulos de vermiculita o de poliestireno expandido. En un día con viento el aire que se filtra por las tejas hará que el material se traslade de un sitio a otro y comprobaréis que en un sitio hay mucho espesor, mientras que en otros se habrá eliminado por completo.

### Con fieltro de impermeabilización

Si debajo de las tejas hay fieltro de impermeabilización es algo más difícil aislar la cu-

bierta, ya que el desván ha de ventilarse para impedir la temida pudrición seca, que se desarrolla en condiciones de humedad y poco aire. Debajo de una cubierta inclinada impermeabilizada con fieltro puede no haber ventilación y, sin embargo, puede haber humedad al subir a la cubierta el vapor de agua procedente de las habitaciones que hay debajo; esto crea las condiciones para que las esporas que producen la pudrición, que siempre están presentes en el aire, echen raíces y se desarrollen. Por esta razón la mayoría de las cubiertas impermeabilizadas con fieltro llevan pequeños agujeros o una rendija en los aleros para dejar pasar aire suficiente para que ventile. Los agujeros suelen estar en la tabla horizontal que tapa los extremos de los pares de cubierta que sobresalen del muro para formar los aleros. Los agujeros se pueden hacer también en la tabica a la que se fija el canalón.

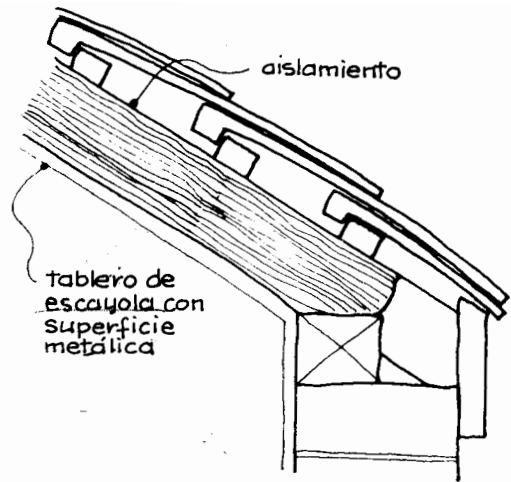
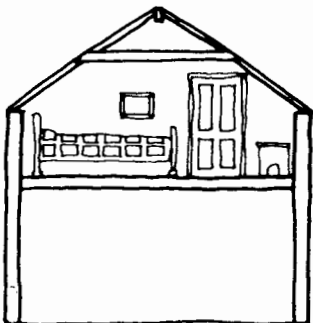
Si la cubierta tiene impermeabilización de fieltro y veis que no hay agujeros, subid al desván un día que haga viento y comprobad si hay corrientes de aire. Si podéis ver que hay corrientes, es probable que la ventilación sea suficiente, si no hay agujeros, o si al retejar una cubierta antigua hacéis una impermeabilización de fieltro sobre la que colocáis las tejas; tendréis que hacer agujeros de ventilación de 25mm de diámetro aproximadamente a una distancia de 600mm a lo largo del alero. Es buena idea colocar trozos de tela metálica sobre los agujeros para que no puedan pasar los pájaros y los ratones que, en caso contrario, anidarían en el aislamiento. Otra posibilidad, si es una vivienda exenta, es poner un ladrillo especial de ventilación en cada hastial para conseguir la ventilación cruzada.



Al colocar el aislamiento debajo de una cubierta impermeabilizada es muy importante que el aislamiento no tape los orificios de ventilación. Si la ventilación se realiza a través del alero, comprobad que el aislamiento llega hasta la parte superior de los muros, pero no se prolonga hasta el alero porque puede interrumpir el flujo del aire. Si en la cubierta hay depósitos de agua fría —y esto se puede aplicar a cualquier espacio de cubierta, no sólo a las cubiertas que estén impermeabilizadas— el aislamiento no se debe poner debajo de ellos: esto impediría que el calor de la casa llegue a los depósitos, pudiendo congelarse. El aislamiento se debe llevar por encima del depósito. La forma más fácil de hacerlo es construir una caja a base de poliestireno expandido de 100mm sujeto con clavos de 150mm medidos a presión en los bordes. La tapa de la caja se podrá levantar para tener acceso al depósito.

### Cielorrasos aislados

En algunas casas las habitaciones superiores están situadas en el espacio de la cubierta y tienen techo inclinado, por lo que no hay dónde colocar el aislamiento. Probablemente, en este caso, tendréis que sustituir el



cielorraso por uno que sirva de barrera contra el vapor como, por ejemplo los tableros de yeso con lámina metálica en uno de sus lados. Otra posibilidad es eliminar el material de cubierta para colocar el aislamiento, pintando el techo existente con tres capas de pintura brillante cubriéndola con pintura de emulsión si no os gusta el brillo) para que sirva de barrera contra el vapor.

El problema es que si debajo de las tejas no hay fieltro, con toda probabilidad la lluvia y la nieve penetrarán por debajo de ellas. Por tanto, se deberá utilizar un material que no se estropee con la humedad. Los mejores materiales son el poliestireno expandido o extruido o la fibra de vidrio conglomerada con resina, de la que se usa para las cámaras de aire. Después de haber eliminado el cielorraso podéis cortar el aislamiento para que ajuste entre los pares de cubierta, presionándolo para colocarlo en su sitio. Es importante no dejar separación entre la parte posterior del tablero de yeso y el aislamiento ya que este espacio podría servir para que aparezca la pudrición seca. Mediante la utilización en el techo de una barrera contra el vapor se reducen las posibilidades de que haya humedad en la estructura de cubierta.

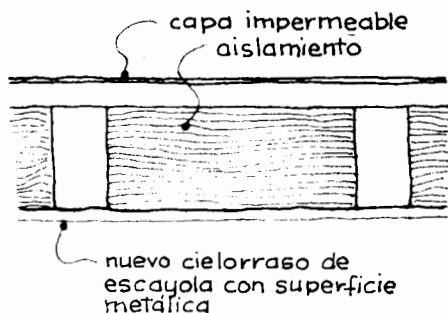
Si las tejas se colocan sobre fieltro, no es necesario que el aislamiento sea impermeable, pero en ese caso es imprescindible rellenar todo el espacio que queda entre el cielorraso y el fieltro con aislamiento para impedir que haya bolsas de aire estancado, siendo también en este caso necesaria una barrera contra el vapor en el cielorraso. En todos los casos, para tener garantía

de que no se produzcan pudriciones, deberéis cubrir la madera de la estructura de cubierta con tres gruesas capas de tratamiento preservativo para madera después de haber quitado los techos o el material de cubrición.

## Cubiertas planas

### Aislamiento interior

Las cubiertas planas presentan problemas por el hecho de no tener un espacio de cubierta por el que se pueda entrar fácilmente como en las inclinadas. El único sistema fácil de aislarlas —suponiendo que son de madera— es eliminar el cielorraso, rellenar el espacio que



queda entre la cubierta y el cielorraso con aislamiento, asegurándose también de que no haya separaciones, y poner después un nuevo cielorraso a base de tableros de escayola con acabado de lámina metálica para que sirva de

barrera contra el vapor. El problema con las cubiertas planas es que la superficie impermeable actúa de segunda barrera contra el vapor, no pudiendo escapar la humedad que entre en la cubierta; así pues, en este caso también sería una buena idea aplicarle a la madera tres buenas capas de tratamiento preservativo antes de volver a poner el cielorraso.

### Aislamiento exterior

Si no queréis quitar el cielorraso, es posible colocar planchas de poliestireno extruido encima de la cubierta plana, suponiendo que la capa de impermeabilización de la cubierta esté en buen estado. La impermeabilización de la cubierta sirve como barrera contra el vapor, quedando protegida del sol por medio del aislamiento. El problema de este método es que sobre el aislamiento ha de ponerse algo que pese, bien mediante baldosas o con 50mm de gravilla. Esto supondrá una carga adicional de unos 100kg/m<sup>2</sup> sobre las viguetas de la cubierta; la mayoría de las viguetas no tendrán resistencia suficiente para soportar la carga adicional sin infringir las normas de cálculo. Si pensáis aislar la cubierta de esta forma, consultar a las autoridades correspondientes. Los fabricantes de poliestireno extruido recomiendan que este tipo de construcción de cubierta «invertida» sólo la hagan contratistas especializados en cubiertas que tengan homologación oficial, ya que las operaciones a realizar no son posibles de hacerlas uno mismo.

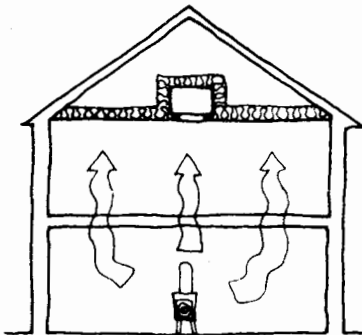
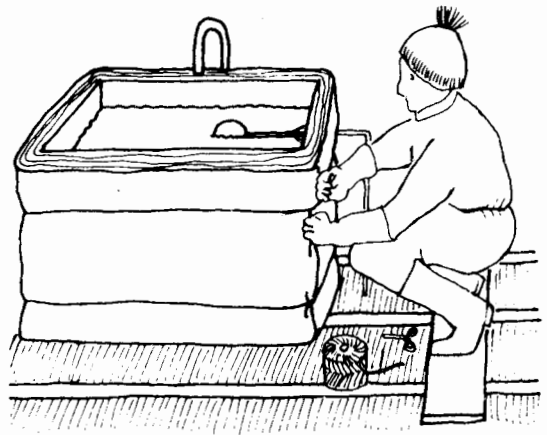


# 12 Aislamiento de depósitos y tuberías

## Depósitos

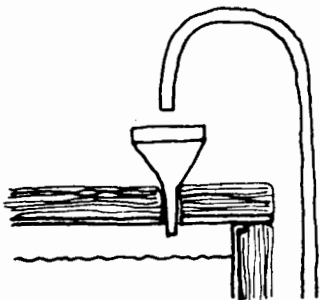
Si ponéis aislamiento encima del cielorraso de la última planta, la consecuencia será que el desván estará más frío: el aislamiento reducirá en gran medida la cantidad de calor que sube a la cubierta procedente de las habitaciones de abajo. Será mucho más probable que los depósitos de agua o tuberías que haya en la cubierta se congelen, incluso si no hay roturas durante un invierno muy frío se producen en el mejor de los casos pérdidas de agua y en el peor puede explotar la caldera.

La primera forma de impedir que se congele el depósito del agua fría es no poner de-

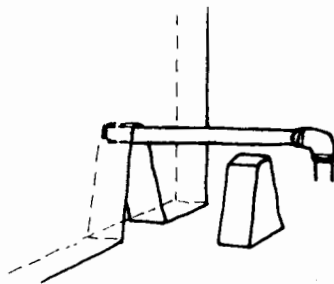
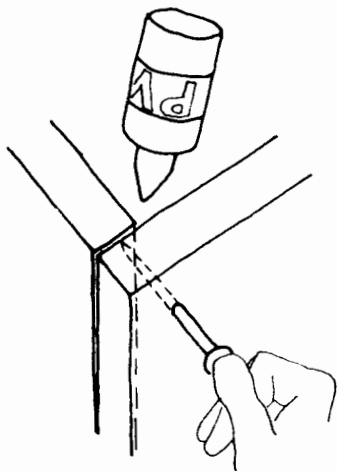


bajo de él ningún aislamiento al hacer el aislamiento del techo. Esto permitirá que suba cierta cantidad de calor procedente de la casa, manteniéndose templado el depósito. El paso siguiente es poner el aislamiento por la parte exterior del depósito. Las fibras de vidrio y la mineral son relativamente fáciles de utilizar. Envolvéd con el aislante los lados del depósito, con un espesor de 100mm, y sujetadlo con una cuerda no muy apretada para no comprimirlo. Tapad el depósito con un tablero

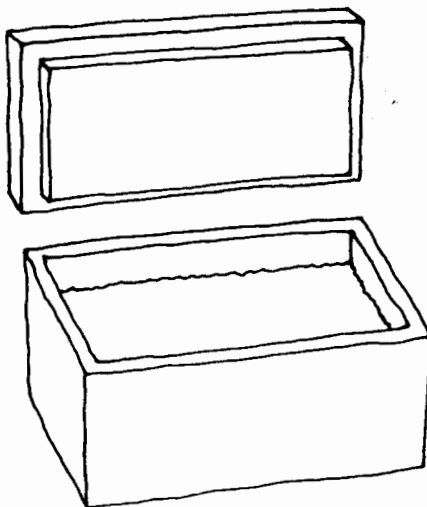
de contrachapado, aglomerado o con una tapa comprada al efecto antes de poner el aislamiento en los lados. También podéis cubrir la tapa con un trozo de fibra de vidrio o de lana mineral. Si el depósito lleva una tubería de rebosadero que descargue sobre él, cosa bastante frecuente, haced un agujero en la tapa debajo de la salida de la tubería y poned un embudo de plástico, de unos 200mm, en su lado más ancho para que recoja la posible agua que rebose por la tubería.



Un depósito envuelto con fibra de vidrio u otro material blando se mantendrá a una temperatura suficiente. Pero es posible que de vez en cuando queráis subir al desván para echar un vistazo a los depósitos; y seguro que no querréis tener que moveros entre los picos que produce el aislamiento cada vez que queráis examinar la válvula de flotador. En este caso, la mejor solución es construir alrededor del depósito una caja a base de poliestireno expandido de 75mm de espesor. Podéis cortar el poliestireno a su tamaño mediante

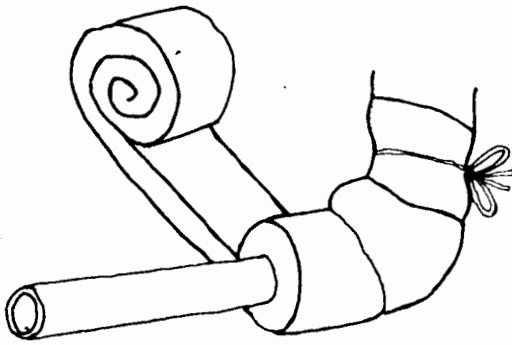


un serrucho, uniendo las piezas entre sí mediante clavos de 150mm, metidos a presión con el dedo en los bordes. Si ponéis en las juntas una capa de adhesivo de PVA el conjunto tendrá mayor resistencia, pero no intentéis utilizar otro tipo de pegamento, como los adhesivos de contacto, ya que se puede disolver el poliestireno. En los lugares donde las tuberías atraviesan el aislamiento se puede cortar una cuña, como se muestra en el dibujo, volviéndola a pegar en su lugar después de colocado el aislamiento. Haced una tapa, también de poliestireno expandido, clavada o poniendo otra pieza más pequeña pegada en su interior si sois así de perfeccionistas (ver dibujo). No olvidad el embudo de la tubería del rebosadero si fuese necesario. Este tipo de tapa de depósito será más fácil de abrir.

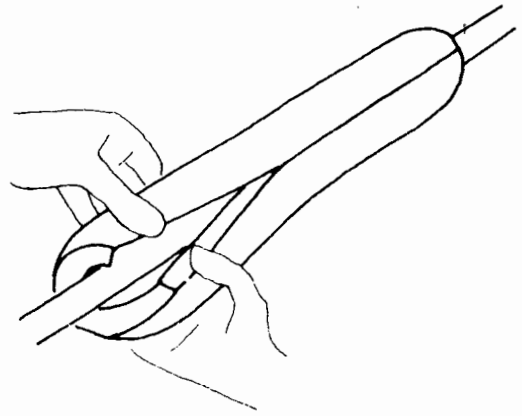


## Tuberías

Todas las tuberías del desván deberán encoquillarse para impedir que se congelen y para que no se desperdicie calor en las tuberías de



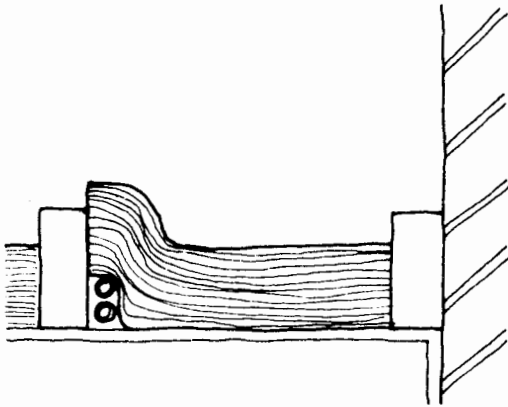
agua caliente. Podéis comprar coquillas especiales para aislar tuberías, o podéis cortar tiras de fibra de vidrio o de lana mineral para hacerles a las tuberías una especie de vendaje. El aislamiento debe tener como mínimo 25mm de espesor, sujetándolo con una cuerda no muy apretada. Cuando las tuberías vayan por el cielorraso o cerca de él colocad el aislamiento de la cubierta por encima, de forma que la tubería quede del lado caliente del edificio.



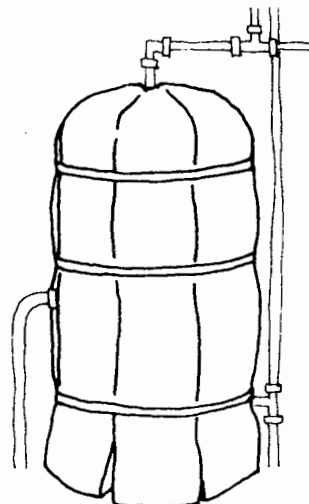
dréis que atarla con cinta adhesiva para que no se abra por la raja —podéis utilizar cinta aislante de PVC de la que usan los electricistas. En los empalmes en T y otras uniones complejas no queda otra solución que colocar el aislamiento como mejor podáis.

## Depósitos de agua caliente

En lo que respecta al sistema de agua caliente la mayor parte del calor se pierde en el cilindro del agua caliente que, por tanto, habrá de llevar un forro aislante de 75mm de espesor como mínimo. Estos forros los podéis comprar ya hechos, y se ajustan a los tipos y tamaños de depósitos cilíndricos normalizados, pero es mejor comprar uno que quede grande a que quede pequeño. Otra posibilidad



También es importante recubrir las tuberías del agua caliente en la mayor parte de su recorrido para impedir que se pierda calor al fluir el agua desde el termo a los grifos. Si las tuberías van expuestas, no es aconsejable utilizar trozos de fibra de vidrio atados con cuerdas; en este caso es preferible comprar coquillas aislantes en forma de tubo, que tengan un diámetro interior que se ajuste a la mayoría de los diámetros de las tuberías. La coquilla va abierta por uno de sus lados para poderla meter en la tubería. La mayoría de las coquillas se pueden doblar en las esquinas, pero ten-



es atar alrededor del cilindro fibra de vidrio, con una cuerda sin apretar demasiado para aumentar el espesor del aislamiento a 100mm o a 150mm. Tapad el aislamiento con una lámina de polietileno pegada con cinta adhesiva o atada para reducir al mínimo el problema del picor que producen las fibras. También podéis hacer una caja de contrachapado alrededor del depósito sobre un marco de madera, haciendo agujeros para las tuberías y para tener acceso a las válvulas; rellenad el espacio que queda entre el depósito y la caja con recortes sobrantes de fibra de vidrio o de poliestireno expandido, que a menudo podéis conseguir gratis en las tiendas, cortados en trozos de unos 10mm, o aislamiento en gránulos comprado al efecto. En cualquier método que eli-

jáis intentad darle un espesor mínimo de 75mm, preferiblemente 100mm.

Como hemos indicado antes, también se puede conseguir ahorro en la energía utilizada en calentar agua mediante un esfuerzo consciente y no por métodos técnicos. Por ejemplo, no lavad los platos, ropa ni tampoco lavaros las manos dejando correr el grifo, utilizad un balde o llenad el lavabo; arreglad las arandelas que produzcan filtraciones para evitar el goteo de los grifos de agua caliente; cerrad bien los grifos; no aclaréis la ropa en agua caliente después de lavada. Todas estas cosas son evidentes y habrá otras muchas formas de ahorrar que se os ocurran a vosotros al aumentar vuestra conciencia sobre la utilización de la energía.

# 13 Aislamiento de pisos



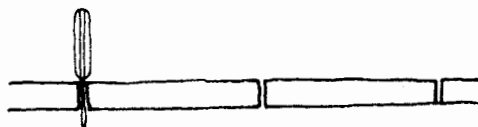
En la planta baja de una casa no se producen tantas pérdidas de calor como en los muros o en la cubierta, pero al hacer un buen aislamiento completo no se debe olvidar el piso. Las plantas bajas suelen estar hechas de hormigón vertido directamente sobre el terreno o de entarimado clavado sobre viguetas con una cámara de aire ventilada debajo (forjado). A veces el entarimado se clava sobre tacos de madera embutidos en el hormigón. Al saltar sobre el suelo sabréis si es entarimado sobre viguetas ya que cederá ligeramente. Otra indicación de que se trata de un forjado son los respiradores que habrá próximos al terreno en los muros exteriores del edificio.

## Forjados de madera

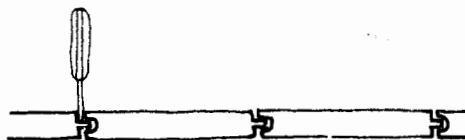
Las pérdidas de calor en este tipo de pisos se producen a través de los propios materiales que forman el forjado de madera y a través de las corrientes de aire que puede haber. El problema consiste en que la cámara de aire bajo el piso ha de estar bien ventilada para que no se forme humedad y por consiguiente se pudra la madera, pero si está bien ventilada

a menudo se producirán fuertes corrientes en la casa a través de las rendijas que dejan las tablas del entarimado.

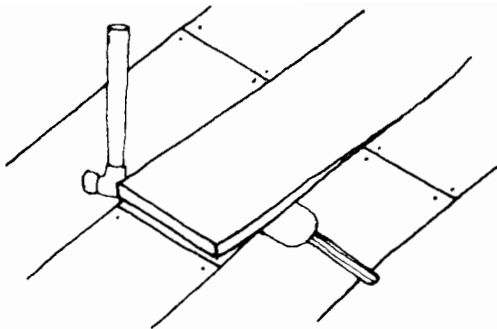
La solución más completa al problema de las corrientes y del aislamiento es quitar el entarimado poniendo el aislamiento entre las viguetas. El mejor material en este caso es el poliestireno expandido estándar con aditivo para retrasar la propagación de las llamas. Si pensáis volver a utilizar el entarimado, tendréis que quitar las tablas con mucho cuidado; acordaos de quitar los plomos antes de empezar.



entarimado con tablas a tope

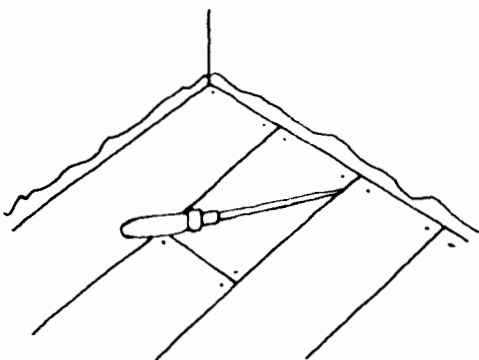


entarimado con tablas machihembradas



El primer paso es averiguar si las juntas del entarimado son a tope o machihembradas. Meted un cuchillo entre dos tablas en varios puntos: si podéis meterlo fácilmente el entarimado tiene juntas a tope. Levantad con cuidado, mediante un cincel, uno de los lados de una tabla con juntas a tope, hasta que podáis meter las orejas del martillo debajo para dejar la tabla levantada. A continuación meted por la rendija el cincel, haciendo palanca con cuidado para levantar la tabla. una vez levantada la primera tabla utilizad el martillo para despejar las otras de las viguetas, utilizando el cincel, aflojadlas cuando sea necesario. No caigáis en la tentación de utilizar una palanca, ya que partiréis las tablas y quedarán inservibles.

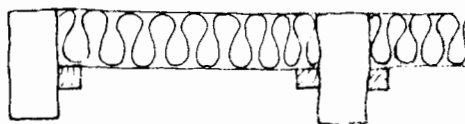
Si las tablas van machihembradas, deberéis cortar la lengüeta de una de las tablas me-



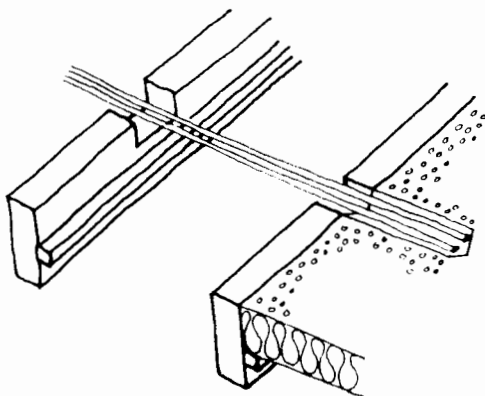
dante un formón de manera que podáis hacer palanca con el cincel. Esta operación lleva tiempo, por lo que deberéis elegir una tabla de poca longitud para hacerlo. Después de haber hecho el primer corte con el formón vertical, ponedlo muy inclinado cortando muy despacio, utilizando la punta. Después de unos cuantos golpes, levantadlo y metedlo

por la rendija para ver si hay tuberías, viguetas y cables eléctricos. Después de haber cortado la lengüeta de la primera tabla las demás se pueden levantar como en el caso anterior, pero hará falta un cuidado especial para evitar que se partan las lengüetas. En todo esto hemos supuesto que al examinar el piso no habéis podido encontrar una tabla que se haya quitado en alguna ocasión y se haya atornillado después, para colocar cables o en algún trabajo de fontanería.

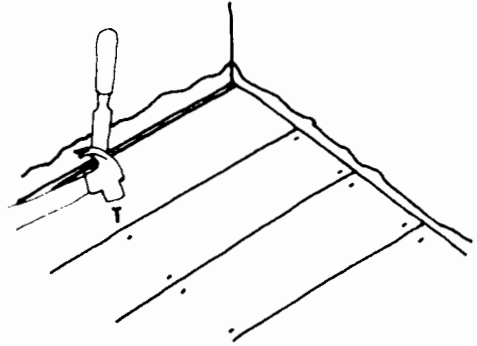
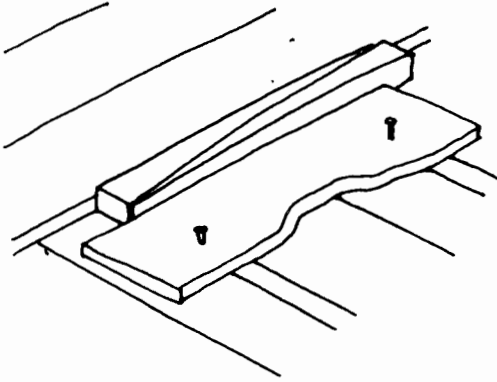
Después de haber quitado las tablas se puede colocar el aislamiento. Limpiad la parte superior de las viguetas con un raspador y aplicadles tres capas de preservativo de madera. A continuación clavad listones de 25mmx25mm de madera tanalizada (o pintada con un preservativo) en los lados de las viguetas, 50mm por debajo del borde superior, si el aislamiento es de 50mm, 75mm si el aislamiento es de 75mm, etc. A continuación



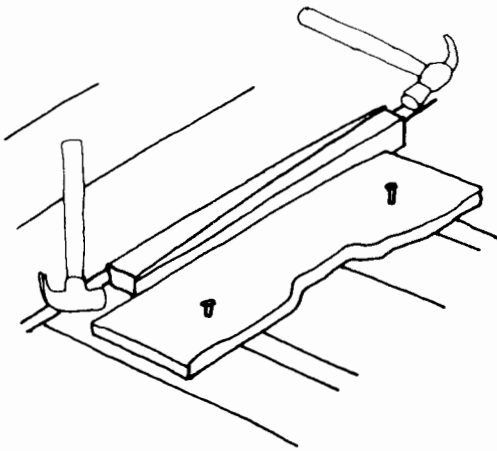
cortad el poliestireno expandido para que ajuste entre las viguetas utilizando un serrucho. Haced que las piezas de poliestireno ajusten exactamente para que no haya corrientes de aire que pasen a través del piso.



Cuando por encima de las viguetas pasen cables eléctricos, utilizad un cuchillo Stanley para cortar unos surcos, estrechos en forma de V en la parte superior del aislamiento para poder alojarlos.



Una vez que el aislamiento está en su sitio ajustado a presión a los muros y entre las viguetas, ya podéis volver a poner el entarimado. Para hacerlo correctamente se deben utilizar cuñas; tienen que tener un grosor de 25mm, debiendo tener una longitud de 500mm y una anchura en su lado más ancho de 50mm. Para ajustar cada metro de entarimado necesitaréis dos cuñas de este tipo. Colocad unas cuantas tablas sin apretarlas y sin clavarlas a las viguetas, a continuación colocar un par de cuñas en el borde de las tablas a



intervalos de un metro. A continuación clavad una tabla cualquiera junto a cada par de cuñas dejando que sobresalga la cabeza del clavo para que sea fácil quitarlo. Para apretar las cuñas utilizad dos martillos golpeando ambos hacia dentro para hacer que se junten las tablas, trabajando alternativamente en diversas cuñas para que las tablas del suelo se mantengan paralelas.

Cuando estén las tablas bien colocadas y bien apretadas, clavadlas, empezando por la tabla que esté más cerca de las cuñas, utilizando clavos de sección cuadrada o de alambre de sección ovalada de unos 75mm de longitud. Cuando estén clavadas todas las tablas quitad la tabla auxiliar y las cuñas, poned otras cinco tablas y encajarlas nuevamente con cuñas. Cuando se han colocado todas las tablas, haced palanca con fuerza en la última tabla contra las demás con un cincel y clavadla.

Podéis pensar que levantar las tablas del piso y volverlas a colocar es demasiado para vuestro cuerpo. En este caso, una solución más sencilla sería sellar las rendijas que haya en el piso para eliminar las corrientes. La forma más fácil es cubrir el piso con láminas de tablero aglomerado: colocadlo con el lado áspero hacia arriba sin pensáis poner una moqueta o baldosas, o por el lado liso hacia arriba si va a quedar visto. El tablero aglomerado deberá guardarse en la habitación donde se vaya a utilizar 72 horas antes de colocarlo para impedir que se combe, debido a las variaciones en el contenido de humedad. Clavad las planchas de aglomerado (que deberán medir 1200mm x 1200mm por facilidad de colocación) sobre el piso cada 150mm en toda su superficie y cada 100mm en los bordes con clavos especiales para aglomerado. Si se ha colocado el aglomerado con su lado áspero hacia arriba se pueden poner sobre él los pavimentos habituales, o se le puede dar un tratamiento al tablero aglomerado en su lado liso para que sirva como superficie vista.

Otra forma de sellar las rendijas es colocando una moqueta bien ajustada más una capa de base, o un pavimento laminar encima de varias capas de periódicos viejos. Sin embargo, si queréis un piso de entarimado de

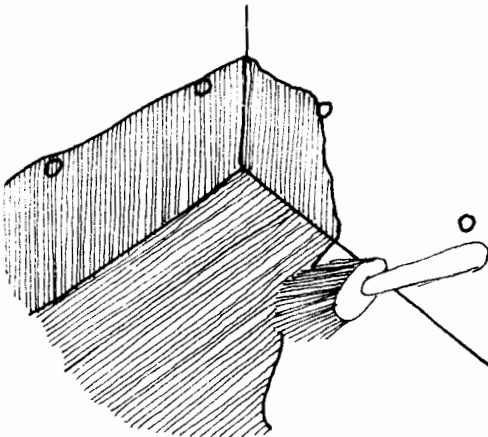
madera vista tenéis que rellenar las rendijas entre las tablas para eliminar las corrientes. Este relleno se puede hacer mediante un material de sellado especial, que es un relleno flexible que se fabrica en distintos colores parecidos a los de la madera del suelo. Este sellante viene ya hecho en una lata y se puede introducir en las rendijas con una espátula. Este relleno es preferible a la madera plástica ya que es más flexible.

Otra posibilidad en lugar de este material de relleno es hacer papel maché, haciendo tiras con papeles viejos aproximadamente de 20mm, haciendo con ellas una pasta densa, añadiendo de vez en cuando agua hirviendo. Cuando la pasta se ha enfriado echad pasta celulósica para empapelar y revolver para hacer una pasta muy densa. Si el papel maché va a quedar visible habrá de ser blanco (el papel de periódico al secarse queda de color gris). Pero si queréis que la pasta tenga el color del piso podéis colorearlo con un tinte líquido antes de utilizarlo. Colocadlo haciendo presión sobre las rendijas con una espátula y lijadlo después de unos tres días.

Si a través del piso se producen muchas corrientes, el sellado de las grietas será muy importante para disminuir las pérdidas de calor de la casa. No obstante, es más eficaz colocar un aislamiento debajo del entarimado, ya que además de las pérdidas por ventilación eliminará las pérdidas por conducción.

## Pisos de hormigón

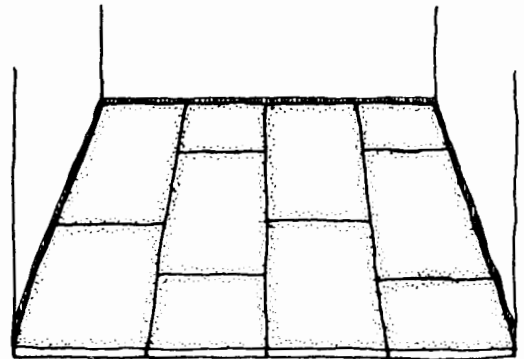
En muchas casas el piso inferior consiste en una losa de hormigón vertida sobre grava o directamente sobre el terreno. No es posible



levantar un piso de este tipo y colocar debajo el aislamiento como hacíamos con el entarimado, pero se puede poner una capa de aislamiento encima. Para empezar quitad los rodapiés de los muros. Si la casa es vieja y sospecháis que no hay barrera antihumedad en los muros, ni membrana impermeable (m. imp.) para que no pase al hormigón la humedad que sube del terreno, tratad de que una empresa de impermeabilización vea gratuitamente la casa. Si los muros necesitan impermeabilización, ésta ha de hacerse antes de poder aislar el piso.

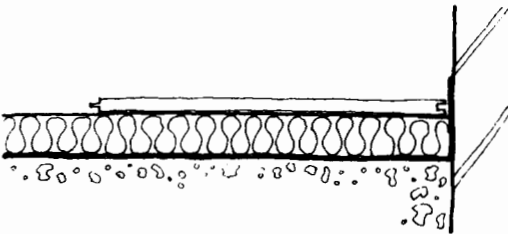
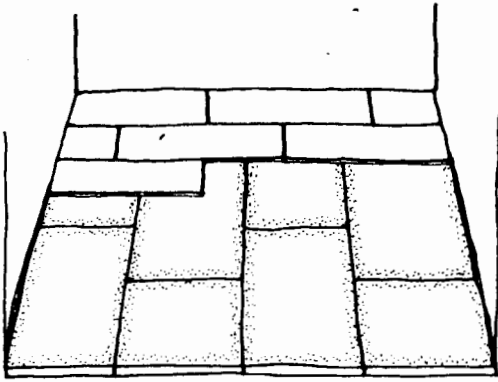
Si el piso está húmedo deberéis tratarlo con un material impermeable para impedir que suba la humedad a la habitación. La forma más fácil de hacerlo es utilizar una impermeabilización líquida como, por ejemplo, emulsiones bituminosas negras. Aplicada a brocha sobre el hormigón, en tres capas, utilizando una brocha vieja que se pueda tirar después, y os deberéis poner guantes y botas. Cualquiera que sea el material utilizado se han de seguir las instrucciones del fabricante en lo que respecta a su preparación y a la imprimación del piso. Doblad el material de impermeabilización unos 300mm en los muros antes de volver a enlucir o a aislarlos, de forma que llegue hasta la nueva barrera antihumedad.

Si el piso de hormigón no está húmedo podéis omitir la emulsión negra, debiendo seguir



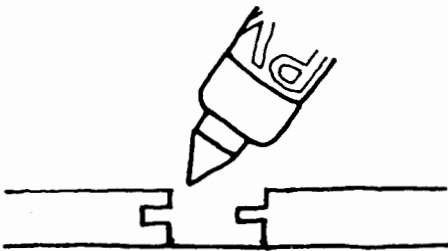
en este caso el mismo proceso que para suelos húmedos o secos. Colocad sobre el piso láminas de poliestireno expandido, del espesor que os haya salido en los cálculos. El poliestireno debe ser de calidad estándar, preferentemente con un aditivo que retrase la propagación de las llamas. El aislamiento debe ponerse con el menor número posible de jun-





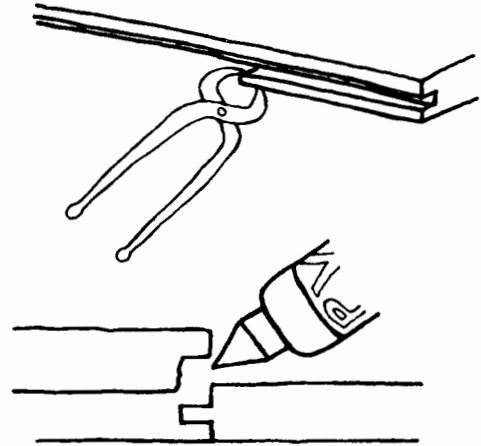
tas, por lo que se deben utilizar planchas de 1200m×2400mm. Aprietad las planchas de poliestireno firmemente entre sí para que no haya rendijas y tratad de contrapear las juntas. Si tenéis que andar sobre el aislamiento colocad trozos de contrachapado o de aglomerado para poder pisar, para repartir las cargas e impedir que se aplaste la relativamente blanda espuma.

Encima del aislamiento colocad láminas de aglomerado machihembrado para suelos, con las juntas colocadas en dirección contraria a



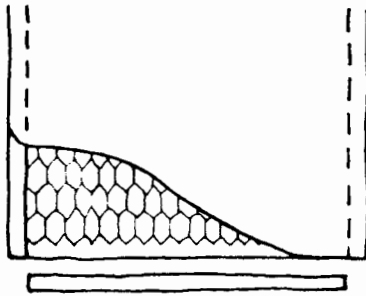
las del poliestireno. Probablemente en el aglomerado irá pintado qué lado debe colocarse arriba y cuál abajo, y habitualmente el machihembrado no encajará si se coloca una de las láminas invertidas. Comprobad todas las planchas antes de colocarlas, ya que algu-

nas veces solamente algunas planchas de un lote tienen pintada la indicación de qué lado se coloca hacia arriba. Colocad la primera plancha con el surco pegado al muro y la lengüeta hacia la habitación. Esto hace más fácil colocar la última plancha. Colocad las planchas de aglomerado como si fuesen ladrillos, con juntas contrapeadas, y echad pegamento de PVA en el surco antes de ajustarla sobre la lengüeta de la anterior. Se trata de hacer una especie de plancha flotante de aglomerado encima del aislamiento. Si pensáis tratar la superficie del aglomerado con un sellante para poderlo utilizar como pavimento, aseguraos de



que no dejáis sobre ella pegamento, ya que cambiará su color; las salpicaduras de pegamento de PVA se pueden eliminar antes de que se sequen con un trapo humedecido.

Para las dilataciones deberá dejarse una separación de unos 10mm entre los tableros de aglomerado y el enlucido de los muros. Esta separación, que quedará cubierta por el rodapié, también nos deja algo de espacio para poder manejar las planchas de aglomerado y hacer que ajusten entre sí. Lo único que puede resultar un poco difícil es la colocación de la última plancha y si no podéis ajustarla haciendo palanca contra el muro con un cincel podéis cortar uno de los lados del surco con tenazas, pegando el aglomerado a la lengüeta de la plancha siguiente. Cuando todas las planchas estén en su sitio, hay que dejar secar el pegamento durante veinticuatro horas. A continuación colocad el rodapié para tapar la junta de dilatación y apretad hacia abajo los bordes del piso. Por último, aplicad un se-



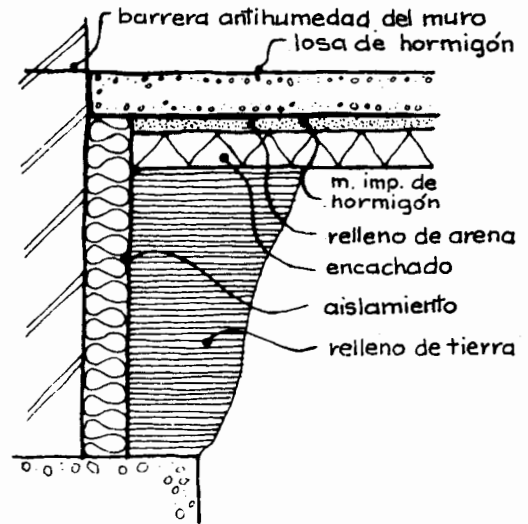
llante a todo el piso o cubridlo mediante un material convencional de pavimentación como baldosas de corcho, moquetas o láminas de vidrio.

El nivel del pavimento nuevo estará algo más alto que el antiguo, por lo que habréis de cepillar las puertas por su parte de abajo para que encajen. Esto significa que esta técnica sólo es realmente adecuada para edificios antiguos que tienen puertas que son de madera de verdad, las puertas modernas normales que consisten en dos láminas de madera, separadas por un cartón en forma de panal de abeja en el núcleo, sólo tienen unos delgados bordes de madera. Si decidís aislar el piso mediante 50mm de poliestireno más 19mm de aglomerado habréis de cortar unos 75mm de la parte inferior de la puerta, siendo posible que de esta forma se elimine toda la madera que hay allí. Podéis cortar la puerta, hacer una nueva pieza de madera que se ajuste en su parte de abajo y encolarla en su sitio.

Este sistema de aislamiento reducirá también la altura de techo de la habitación y, por tanto, pueden poner ciertas pegas los inspectores.

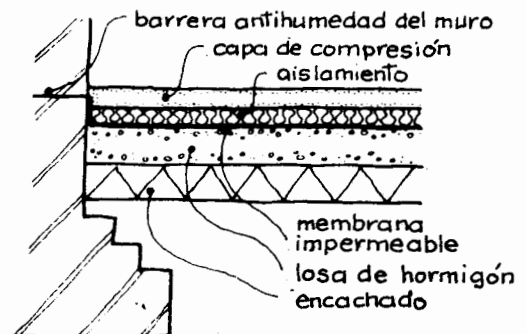
## Pisos nuevos

Si los pisos de un edificio, ya sean de hormigón, forjados de madera o ladrillos colocados sobre el terreno, se encuentran en mal estado (pudrición seca, pudrición húmeda, carcoma, hundimientos etc.) podéis decidir sustituirlo. En este caso el piso nuevo habrá de ser obligatoriamente de hormigón y se le puede poner el aislamiento al construirlo. Las técnicas que se describen a continuación están indicadas si queréis que el edificio tenga una inercia térmica alta, como se estudió en el Capítulo 3. Si queréis que la inercia térmica sea baja para poder poner calefacción intermitente, sería mejor que colocaseis encima del nuevo piso



de hormigón un piso de aglomerado flotante como el que se ha estudiado anteriormente.

Suponiendo que os decidís a aprovechar las ventajas de la inercia térmica del hormigón, la mejor forma de aislar el piso es cavar al lado de los muros exteriores para hacer una estrecha zanja que llegue hasta la cimentación. Colocad adosado al muro poliestireno expandido de 100mm de espesor, apoyado encima de la cimentación, y relleno por detrás con tierra para que el aislamiento no se mueva de su sitio. Aseguraos de que no escaváis por debajo de la parte inferior de la cimentación ya que el edificio empezaría a moverse y puede derrumbarse. A continuación, se puede poner una losa normal de hormigón sobre un encachado, encima del piso existente y encima del borde del aislamiento. Si se utiliza una membrana impermeable de polietileno se puede colocar debajo del hormigón sobre una capa de arena para que el encachado no rompa la lá-



mina. Si preferis una membrana impermeable aplicada a brocha, se debe poner encima de la losa, colocando después encima una capa de compresión de 50mm para recibir el pavimento.

Algunos edificios antiguos no tienen una cimentación adecuada. Podéis cavar al lado del muro y descubrir que a unos 150mm por debajo del nivel del terreno el muro se ensancha y se interrumpe. En este caso no sigáis cavando o debilitaréis el edificio. La solución es colocar la solera sobre un encachado, poner la membrana impermeable (pintada o de material en láminas) sobre el hormigón y después colocar encima el aislamiento. El aislamiento puede consistir en poliestireno expandido de 50mm o 75mm de calidad estándar. Encima del aislamiento colocad una capa de compresión de 50mm de una dosificación de una parte en volumen de cemento por cada tres o cuatro partes de árido fino. La capa de compresión puede llevar una armadura de malla de alambre galvanizado (se puede poner alambre de gallinero) colocado cerca de la parte inferior de la capa de compresión para evitar que se agriete, pero esto no es necesario normalmente en viviendas.

Estamos suponiendo, quizá de forma equivocada, que si os habéis decidido a hacerlo

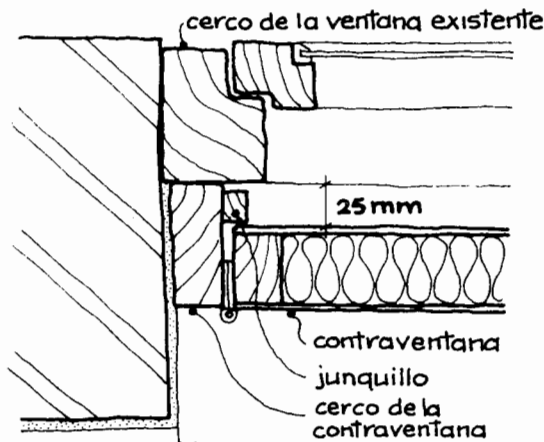
vosotros mismos es porque sabéis cómo hacerlo. En caso contrario, mirad los libros que se dan en la bibliografía. Si nunca habéis trabajado el hormigón, hacer un piso aislado no sea quizá la mejor forma de aprender. Si pensáis que no vais a ser capaces de hacer el hormigonado vosotros mismos —y, en general, todas aquellas tareas que impliquen la utilización de pastas como el enlucido, hormigonado y colocación de ladrillos, parecen más difíciles que las tareas en seco que sólo necesitan martillos, sierras y clavos— podéis seguir utilizando las ideas que hemos dicho anteriormente para los pisos de hormigón, incluso realizar las tareas que no exijan cualificación, pero para colocar el hormigón y la capa de compresión contratad un constructor.

El problema que tienen aquellos trabajos que implican un cierto grado de habilidad es que habréis de hacerlo unas cuantas veces antes de dominarlo, pero en la mayoría de los trabajos caseros para hacerlos uno mismo sólo se requiere hacerlos una vez, por lo que no se tiene la suficiente práctica. Quizá os podríais juntar con un grupo de amigos o de vecinos que también vayan a hacer pisos de hormigón para hacerlo entre todos, ¡pero tendréis que echar a suertes quién va a ser el primero!

# 14 Instalación de contraventanas

## Ejecución del cerco

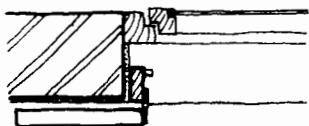
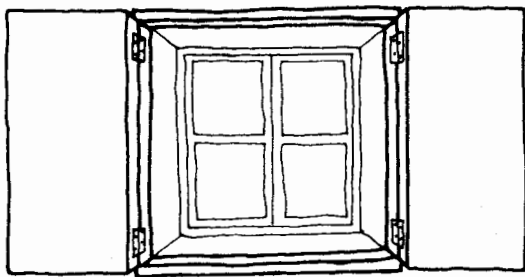
Es preferible colocar las contraventanas aislantes por el lado *interior* de las ventanas o puertas acristaladas (las cuales han de sellarse primero contra las corrientes de forma que no haya que salir al exterior para cerrarlas por la noche. Además, las contraventanas interiores no quedan expuestas a los elementos y, por tanto, son más fáciles de hacer. El primer paso consiste en colocar un cerco alre-



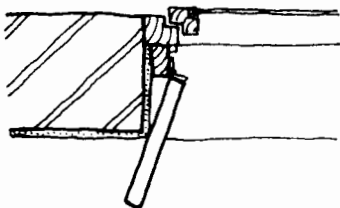
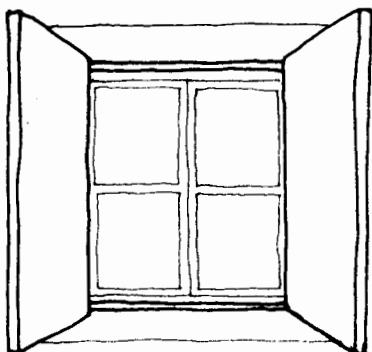
dedor del hueco donde vayáis a poner las contraventanas. Este cerco sirve para poder cerrar la contraventana y para poder colocar los pernios. Puede ser de madera de pino cepillada de las dimensiones adecuadas; un espesor adecuado serían 26mm (32mm antes de cepillarla). La madera ha de tener el espesor suficiente para que quede bastante rígida para que no se alabee al fijarla, ya que no se podrían abrir despues.

El ancho del cerco deberá ser igual al espesor de la contraventana más 25mm para poder clavar un junquillo. Si se doblan hacia el muro, el cerco se debe colocar más o menos a nivel con la superficie del muro; si se doblan en los lados del hueco, el cerco se puede colocar junto al cerco existente de la ventana o de la puerta. Si sois muy exigentes con este tipo de cosas se pueden cortar a inglete las esquinas del cerco nuevo, pero es mucho más fácil hacer juntas a tope, y su aspecto es bastante aceptable.

Acuñar los elementos del cerco con trozos de contrachapado, de tablero de fibras o de trozos sobrantes de madera si el hueco no es cuadrado. A continuación comprobad las piezas verticales con un nivel para asegurarnos de que están realmente verticales; en caso con-



PLANTA



PLANTA

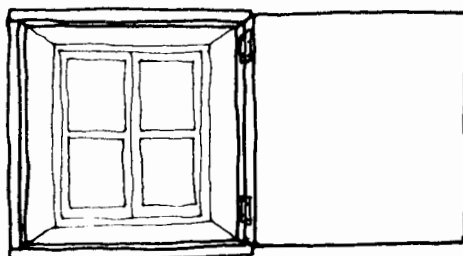
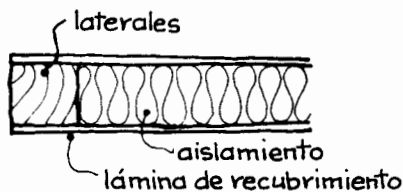
trario no se podrán colgar de forma correcta las contraventanas. Comprobad que los ángulos son rectos, midiendo ambas diagonales —si los ángulos son rectos ambas medidas serán iguales—. Si el cerco está desplomado será difícil hacer las contraventanas, por lo que merece la pena tomarse algo de tiempo para hacer esto perfectamente. Cuando estéis plenamente convencidos de que está a escuadra, atornillad el cerco al hueco con tornillos del número 10 o del número 12 y aseguraos de que está rígidamente sujeto.

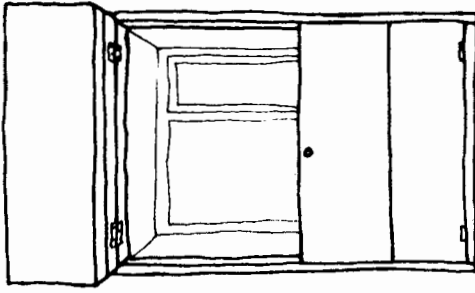
## Ejecución de la contraventana

Después de colocar en su sitio el cerco ya se pueden hacer las contraventanas. Su espesor dependerá de varios factores como el coste, espacio disponible para doblarlas y el coeficiente de aislamiento deseado. Como ejemplo, una contraventana de poliestireno expandido de 50mm de espesor cubierta a ambos lados con contrachapado de 4mm reducirá las pérdidas de calor en una ventana con acristalamiento doble, de  $3,4W/m^{2}C$  a  $0,5W/m^{2}C$  (consultar el Capítulo 4, donde se explican las pérdidas de calor y cómo calcularlas), mientras que una contraventana análoga con un aislamiento de 25mm sobre una ventana de acristalamiento simple produciría una reducción de  $5W/m^{2}C$  a  $0,8W/m^{2}C$ . El límite práctico del espesor del aislamiento es 50mm aproximadamente; si se sobrepasa, las contraventanas se harían difíciles de manejar.

La forma más sencilla de hacer las contraventanas es utilizar poliestireno expandido, bastante barato y muy fácil de manejar; la fibra de vidrio, el poliuretano expandido, la lana mineral y materiales análogos son también adecuados. Si se utiliza un material rígido, como el poliestireno expandido, aumentará la resistencia de las contraventanas. Cualquiera que sea el aislamiento que elegís, habréis de colocar un material de acabado para que no se estropee, y un marco para poder fijar a la contraventana los pernios y los tiradores.

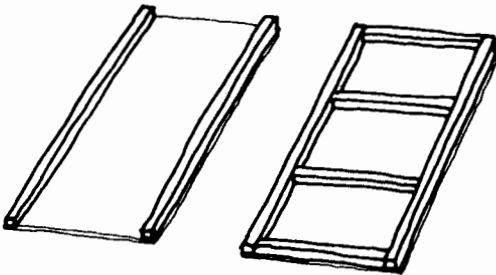
Para construir las contraventanas, medid las





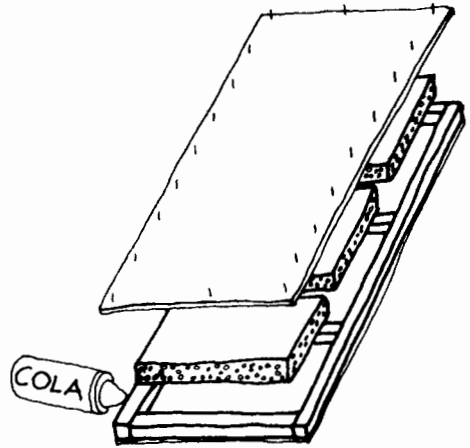
dimensiones interiores del cerco que habéis colocado en el hueco y después tendréis que decidir cuántas contraventanas vais a utilizar para rellenar el espacio. Cuanto menor sea el número de contraventanas más fácil será hacerlas y colocarlas, pero al abrirlas ocuparán más espacio. Muchas contraventanas estrechas ocuparán menos espacio al estar abiertas, pero exigirán mayor habilidad para fabricarlas y mayor número de pernios.

El acabado superficial de las contraventanas puede ser a base de contrachapado o tablero de fibras de 4mm. Dividid la dimensión interior del cerco en partes iguales según el número de contraventanas y cortad las láminas de acabado a estos tamaños. Es preferible que estas láminas sean algo mayores a que queden pequeñas ya que siempre se podrán cepillar para que ajusten. Los bordes de las contraventanas pueden ser de madera de 25mm x 25mm si estáis utilizando un aislamiento de 25mm, o de 25mm x 50mm si el aislamiento es de 50mm. Esta madera no es preciso que esté cepillada.

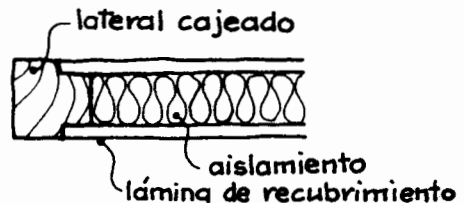


Cortad primero los dos bordes correspondientes a los lados largos de una contraventana, dándoles toda la longitud de la lámina de recubrimiento, a continuación pegad y clavad el recubrimiento sobre los listones de madera. Tened cuidado de utilizar un pegamento que no dañe el material aislante; para el poliester-

eno expandido se puede utilizar pegamento de PVA y la cola en caliente tradicional. Cortad otros listones para ponerlos en los bordes en los lados pequeños, y unas piezas transversales colocadas con separaciones de 400mm, pegando y clavando todos estos elementos en su sitio. No pongáis los clavos justo en los bordes de las contraventanas para que no estorben al cepillar los laterales. Cuando la estructura se ha fijado sobre una de las láminas de recubrimiento, cortad trozos de aislamiento para que ajusten a presión en los espacios que quedan entre los elementos de madera, presionad el aislamiento hasta colocarlo en su sitio, echad cola sobre el cerco y clavad el otro lateral. Dejad que seque la cola: la contraventana está terminada.



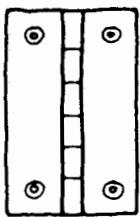
En la descripción anterior hemos mostrado un método sencillo de construcción de la contraventana, pero son posibles toda clase de perfeccionamientos. Por ejemplo, los listones del borde pueden ir cajeados para que no se vean los bordes de la lámina de recubrimiento o podéis hacer la lámina de recubrimiento de tablas de pino para que sean más bonitas. Lo único realmente imprescindible es el aislamiento, al ser lo que hace que las contraventanas ahorren energía y no sean simplemente elementos decorativos.



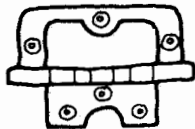
## Colocación de contraventanas

Cuando estén hechas las contraventanas han de colocarse en su sitio. En primer lugar, cepillarlas para que ajusten perfectamente en el nuevo cerco. Utilizad el cepillo más largo que podáis en los lados largos; si es posible utilizad un cepillo de carpintero poniendo la cuchilla para que corte virutas muy delgadas. Cuanto mayor sea el cepillo y más delgado sea el corte, menos posibilidades hay de que las contraventanas acaben teniendo bordes cóncavos que no coincidan en su parte central. Este problema es peor cuando hay muchas contraventanas al haber más bordes que ajustar. Comprobad frecuentemente el ajuste de las contraventanas para evitar cepillar demasiado. En los lados cortos cepillad de los extremos al centro para impedir que se parta la testa de los listones.

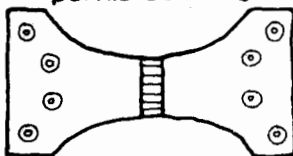
Ahora ya podéis clavar sobre el cerco un junquillo, colocad los tiradores en las contraventanas y ponedlas en su sitio; cuando no se utilicen se pueden colocar sobre el muro. No obstante, las contraventanas son más fáciles de manejar y, por tanto, es más probable que se utilicen si se colocan con pernios sobre el cerco. Cada contraventana se puede articular en los lados, en la parte superior y en la parte inferior, aunque si se hace en la parte superior necesitará un elemento para mantenerla abierta. Cuando haya dos o más contraventanas se pueden colocar los pernios a los lados. Como mejor ajustan es mediante pernios normales colocados sobre un cajeadado practicado en el cerco y en la contraventana, pero también se pueden utilizar bisagras que queden a nivel con la contraventana y que se atornillan sobre la superficie, no necesitando cajeadado. Cuando las contraventanas se abran y puedan quedar adosadas al muro se pueden utilizar visagras en H. Estas permiten que se



pernio de cantos



pernio de caras

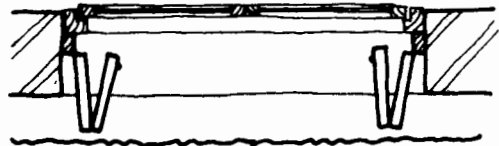
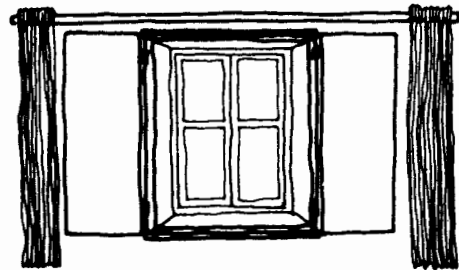


pernio en H

abran sin que para ello molesten los rodapiés, cornisas, molduras u otros obstáculos.

Después de haber sujetado las contraventanas con bisagras, clavad sobre el cerco un listón de madera como el que se pone en los topes de las puertas (tamaño final 8mm×19mm) para que al cerrar las contraventanas den contra él. Poned tiradores en las contraventanas para poder abrirlas. Si veis que las contraventanas no se mantienen cerradas, podéis poner un par (o más si hay varias contraventanas) de pasadores pequeños para mantenerlas cerradas. Los pasadores se deben atornillar a los laterales de madera de las contraventanas, no sobre la lámina de recubrimiento. Por último aplicad sobre el cerco y las contraventanas un tratamiento para madera de color claro o pintura normal, según sea el caso.

Si además de las contraventanas aisladas queréis poner cortinas convencionales de manera que, por ejemplo, podáis utilizar las cortinas durante el verano y no las contraventanas, deberéis prolongar el riel de la cortina para que se puedan abrir suficiente para permitir doblar las contraventanas. Si las contraventanas se doblan en los laterales del hueco,



sobresaliendo por la habitación, deberéis utilizar unas grapas que saquen el riel de la cortina hacia fuera para que al correr las cortinas no estorben las contraventanas cuando están abiertas.

Cuando estén acabadas las contraventanas sólo tenéis que recordar cerrarlas al caer la noche para aprovechar las ventajas que supone este aislamiento adicional.

# 15 Corrientes de aire

## Cómo detectar las corrientes

Una manera barata y sencilla de ahorrar combustible es sellando las grietas y agujeros por los cuales entran en las casas las corrientes de aire; por lo menos es mucho más sencillo que aislar un muro macizo o construir un sistema de calefacción solar. Antes de que os precipitéis rápidamente a la tienda a comprar grandes longitudes de burletes habréis de saber por dónde se producen las corrientes. Sin duda, algunas de ellas ya las tendréis localizadas, pero otras puede que hayan pasado desapercibidas hasta ahora, por lo cual lo primero que hay que hacer es hallar todas las corrientes. El detector más eficaz es el humo, el método de la vela no es suficientemente seguro. Si sois fumadores el problema está resuelto, pero si no fumáis nos sentiríamos culpables de haberos iniciado en el vicio, por lo que os sugerimos que compréis palitos de estos que se queman y producen humo aromático. De lo que se trata es de recorrer la casa en un día con viento con un palito de estos en la mano: aunque es posible que los vecinos piensen que habéis empezado a «ver la luz», por lo menos hallaréis de dónde vienen las corrientes. Si no hay corrientes el

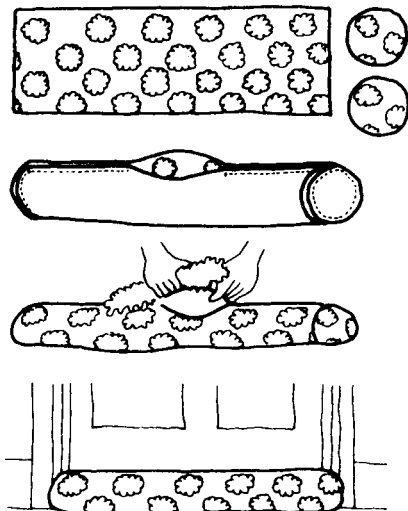
humo subirá vertical. Vuestra casa olerá a incienso durante un tiempo, pero si hay corrientes el olor se pasará rápidamente.

## Soluciones sencillas

Ahora que sabéis de dónde vienen las corrientes podéis empezar a eliminarlas. En el capítulo 13 hemos estudiado cómo se sellaban los pisos, por lo que aquí vamos a tratar fundamentalmente de puertas y ventanas. En primer lugar os damos algunas soluciones baratas y caseras.

Podéis hacer un burlete mediante un trozo de tela en forma de cilindro cosidos dos de sus bordes, rellenos de guata o viejas medias de nylon cortadas en trozos pequeños. Dadle un diámetro aproximado de 75mm, de una longitud 150mm mayor que la puerta que vayáis a sellar. Empezad haciendo dos círculos de tela de unos 95 ó 100mm de diámetro y cosed uno de ellos en uno de los lados de una pieza de tela larga y rectangular, haciendo una costura de 10mm. Coged con alfileres los trozos de tela y cosedlos, dejando un hueco de forma que cuando esté acabado le podáis volver del revés. A continuación poned el relleno, apretando mucho, utilizando para apretar un

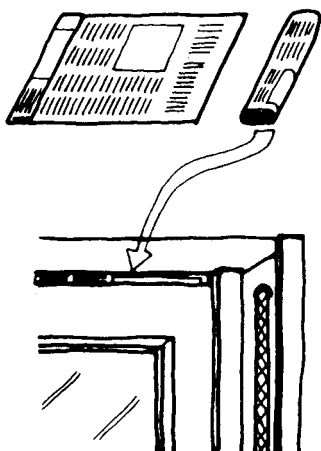




clavo grande o el lado sin punta de una aguja de tricotar; a continuación cosed el agujero para que no se salga el relleno. Puede quedar bastante bonito si utilizáis la tela apropiada.

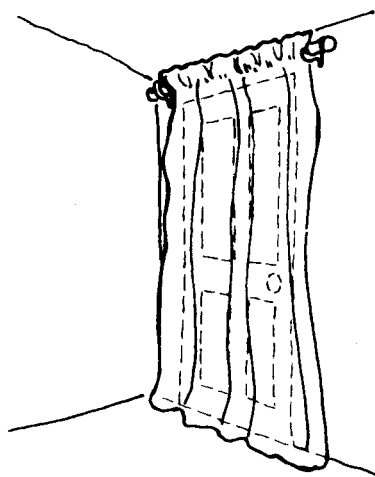
Otro burlete contra la corriente aún más sencillo podía hacerse con una pernera de un pantalón viejo cosida por uno de sus lados, relleno de guata cosiendo después el otro lado. Si no os apetece o no sabéis coser podéis atar los extremos con un trozo de cuerda. Si sabéis hacer punto, venden unos patrones especiales para hacer burletes, que habitualmente tienen forma de perros, orugas o serpientes.

Para sellar las puertas o ventanas que no vayáis a utilizar hasta que venga el tiempo cálido, hay un método que es incluso más ba-



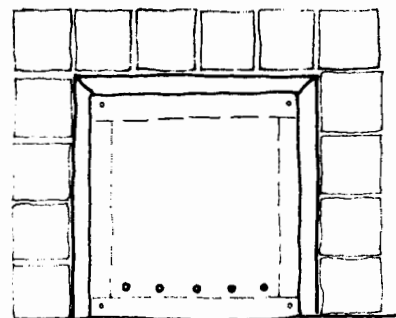
rato. Tomad una hoja de periódico y doblada varias veces partiendo de uno de sus lados para hacer una tira de unos 15mm de ancho y del grosor necesario para rellenar la rendija. Meted el trozo de periódico en el hueco y habréis reducido o incluso eliminado del todo la corriente. Este método funciona muy bien para ventanas de guillotina. En las ventanas y puertas giratorias las tiras de periódico se pueden grapar a la madera de la parte abatible (no en el cerco) para que no se muevan.

Si encontráis en las rebajas un trozo de felpa gruesa o de terciopelo lo podéis utilizar para hacer una cortina contracorrientes en una puerta exterior. La cortina debe ajustarse muy exactamente a la puerta y debe tocar el suelo en su parte inferior para que tape las rendijas, lo mejor sería que también tocara en el techo. Colgadla de un riel de cortinas o sobre una de estas barras de latón con anillas, de forma que en verano se pueda correr. Comprobaréis que se convertirá en el sitio preferido para esconderse los niños.



## Chimeneas

Si en vuestra casa tenéis una chimenea que no utilizáis, ésta puede ser una causa importante de las corrientes. En este caso os quedan tres posibilidades. La primera es instalar una buena estufa dentro de la chimenea como se estudia en el Capítulo 18. La segunda es cerrar con ladrillos la chimenea, recordando dejar un conducto de ventilación al exterior si es posible (ver Capítulo 10). Por último, podéis hacer un cerco de madera de 50mm x 50mm de escuadria clavando sobre él un trozo de ta-

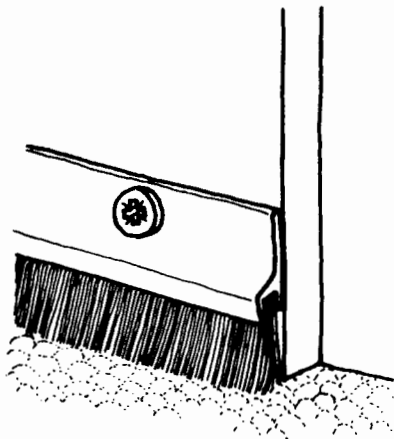


blero de fibras o contrachapado que se puede meter a presión en el hueco de la chimenea. Si la chimenea va adosada en un muro exterior y os decidís por este método deberéis hacer una fila de agujeros en la tapa, de manera que pueda circular el aire por la chimenea y no se produzcan condensaciones. Esta ventilación es inevitable, pero al menos será muy inferior a la corriente que se produce cuando la chimenea se deja abierta.

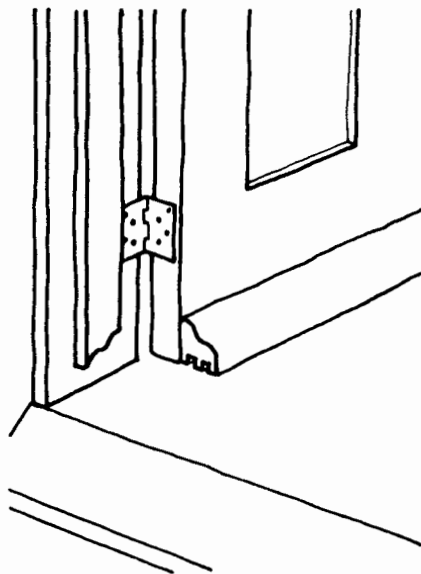
Al tratar de eliminar las corrientes no os olvidéis de la trampilla para subir al desván. Si el espacio de la cubierta está bien ventilado puede producirse un flujo de aire alrededor de la trampilla, debiéndose emplear para sellarla cualquiera de las técnicas que se describen después para las rendijas de las puertas.

## Puertas

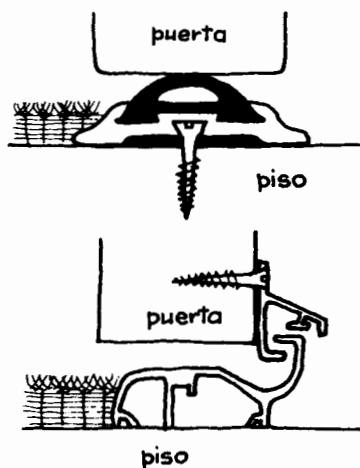
Hay dos tipos diferentes de burletes para puertas, los que se ponen en la parte inferior de la puerta y los que se ponen a los lados y en la parte superior. Los burletes de la parte inferior o de «umbral» han de tener gran du-



rabilidad, sobre todo en los sistemas que se colocan sobre el pavimento, porque la gente los pisará. En todos los burletes hay que hacer un compromiso entre coste y durabilidad, pero uno de los mejores burletes para umbral sea quizá el de cepillo, adecuado para puertas interiores o exteriores. Consiste en un cepillo delgado hecho de fibras muy apretadas entre sí, habitualmente de nylon, dentro de un marco de plástico o de aluminio que se atornilla al borde inferior de la puerta. El cepillo se

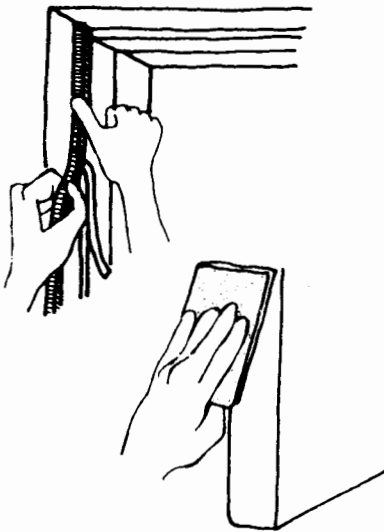


fija por el interior de la puerta de forma que las fibras se aprieten con fuerza sobre el umbral. Las fibras se deforman cuando los pisos son irregulares y pasan por encima de las moquetas u otros obstáculos.



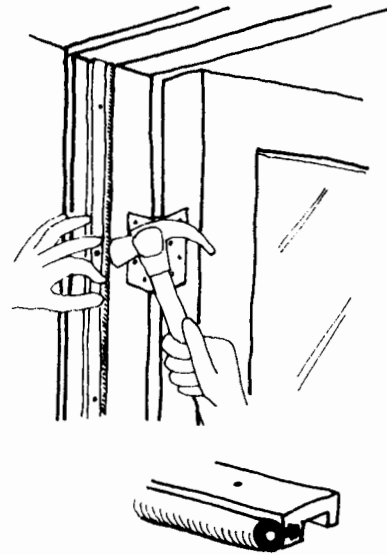
Sería una buena idea colocar un vierteaguas para que no entre la lluvia. La moldura la podéis comprar en una tienda de maderas; pintadla con un preservativo de madera e imprimadla antes de fijarla en la parte inferior de la puerta mediante tornillos zincados. Cortad el tranquillo de la puerta (como se muestra en la figura) con un cortafíos estrecho para poder meter el burlete. En la ilustración se pueden ver también otras formas de sellar el umbral de las puertas; existen muchos tipos y la elección dependerá probablemente del tipo que vendan en las tiendas.

Los sistemas de sellado de los lados y del cabecero de la puerta van desde los muy baratos, que tienen corta vida, hasta los sistemas que duran tanto como la propia puerta. El tipo más barato es el burlete de espuma de plástico autoadhesivo que se vende en rollos. Se abre la puerta, se desenrolla un trozo de burlete y se corta aproximadamente a la longitud deseada. Quitad el papel de protección en la parte superior de la tira y pegadla en la parte superior del cerco de la puerta, contra el cajeadado. Si éste no está limpio se debe limpiar con un trapo húmedo, dejándolo secar antes de hacer el sellado, ya que el burlete no se pega si el cerco tiene grasa o está sucio.



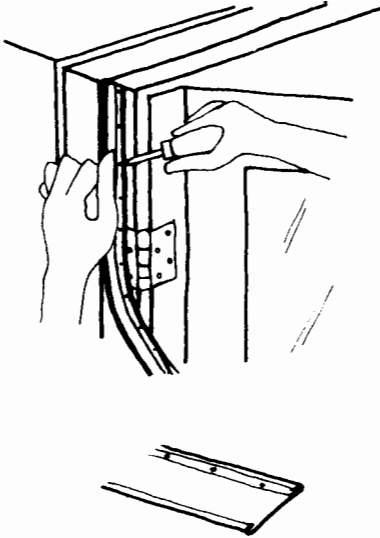
Después de pegar la parte superior del burlete despegad un poco más de papel de protección y seguid pegando la tira. Cuando lleguéis a la parte inferior de la puerta cortad el burlete a la longitud correcta, antes de eliminar todo el papel de protección. Cuando esté fijada

toda la tira conviene redondear los bordes de la puerta que toquen al burlete. Esto impide que se estropee la goma-espuma al abrir la puerta. Incluso haciendo esto es probable que no dure más de un año o dos si la puerta se emplea frecuentemente. Existen unas tiras de goma-espuma algo más caras, metidas dentro de una cubierta de PVC y que tienen un cordón de refuerzo en el centro. La funda protege a la espuma para que no se rompa, siendo aconsejable utilizar este tipo en vez de la espuma simplemente, aunque sea más barato.



Si buscamos un tipo de sellado barato y de larga duración el paso siguiente sería utilizar uno que consiste en una tira de plástico hueca y flexible contra la que dé la puerta al cerrarse, va en un soporte de plástico rígido que se clava al marco de la puerta. Se corta la longitud deseada y se coloca mediante clavos que van incluidos con el burlete. Al clavarlo se debe apretar de forma que la parte flexible haga algo de fuerza contra la puerta antes de clavar. Comprobad que la puerta cierra fácilmente sin aplastar el plástico, habiendo sujetado la tira con unos cuantos clavos. No metáis los clavos del todo hasta haber terminado de ajustarlos. Una variación de este tipo de burlete consiste en una tira de goma de neopreno dentro de un soporte de aluminio, pero ésta, como podría suponerse, es más cara que la de plástico.

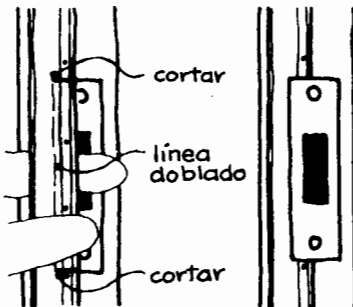
Un tipo de sellado (en desuso pero que es



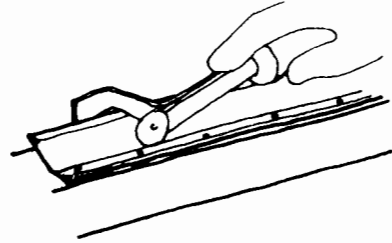
efectivo y duradero) consiste en una tira de metal flexible de bronce al fósforo, una aleación de cobre, por lo que no se oxida. La tira se clava al marco de la puerta con clavos, colocado de tal forma que el lado fijo quede hacia la parte exterior del cerco y el lado libre quede a unos 3mm del cajeadado.

Si la puerta es exterior deberéis comprar clavos macizos de bronce, ya que los clavos que se venden con la tira son de acero con un baño de latón y se pueden oxidar. La forma más fácil de poner los clavos es mediante una herramienta especial llamada clavapuntas, que consiste en un tubo fino que se mete en el mango. Se coloca el clavo en el tubo, se pone la herramienta en el punto donde se vaya a colocar el clavo y se presiona con el mango o se golpea con un martillo para poner el clavo en su sitio. El burlete lleva pequeñas muescas cada 30mm, debiéndose poner los clavos en cada marca.

Es muy importante que el burlete quede plano, no combándose en absoluto. Clavad

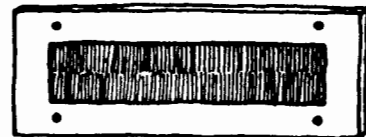


primero las piezas de los lados. En los pernios y cerraduras cortad la tira con una cizalla, doblándola como se muestra en el dibujo para salvar los obstáculos antes de fijarla en su sitio. Cuando las dos piezas estén sujetas, se debe utilizar una herramienta especial para este tipo de burletes metálicos, metiéndola



por la línea marcada en el burlete para ir levantando ligeramente el borde libre, de forma que presione contra la puerta cuando se cierra. La tira se levanta más o menos según lo fuerte que se apriete: para empezar, hacedlo con cuidado y presionando ligeramente, porque si levantáis demasiado será muy difícil cerrar la puerta. Cuando los bordes estén suficientemente levantados para que la puerta quede sellada podéis cortar un trozo para colocarlo en el cabecero, cortando los bordes en ángulo para que se ajusten a los bordes de las piezas laterales colocadas en el cerco. Finalmente, clavad la pieza del testero y levantadla con la misma herramienta que antes hasta que toque a la parte superior de la puerta.

Antes de pasar a otra cosa conviene sellar también el buzón. Para esto comprad un dispositivo especial que consiste en dos burletes de cepillo entrelazados entre sí, suficientemente blandos para poder doblarse cuando se mete una carta. Se atornilla en el hueco del buzón, en el interior de la puerta.



Las ventanas abatibles se pueden sellar de la misma forma que las puertas, pero se puede utilizar en toda la ventana el mismo sistema que se emplea para los laterales y testero de las puertas porque nadie suele pisar sobre el antepecho. Las ventanas de guillotina

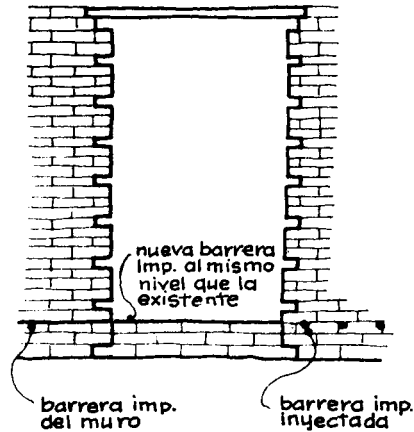
se pueden sellar, como se estudia más adelante, con papel de periódico o haciendo un acristalamiento doble en todo el cerco (ver Capítulo 16).

## Construcción de un porche

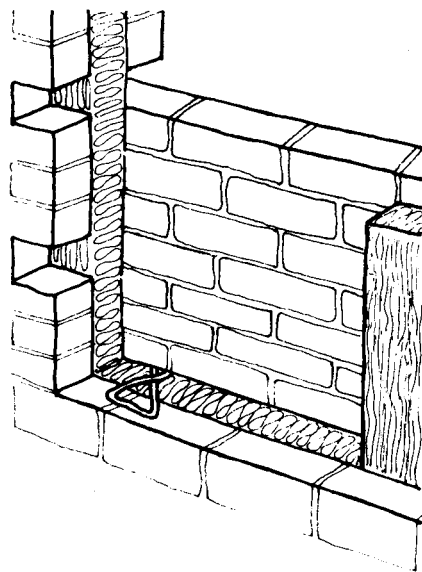
Por muy bien que selléis la vivienda con esos trocitos de plástico clavados, el aire frío siempre entrará por la puerta de entrada cuando se abra. La única forma de resolver ese problema es contruir un porche de suficiente tamaño para que permita cerrar la puerta exterior antes de abrir la interior, impidiendo así que entren en la casa ráfagas de aire frío. Antes de entrar a considerar el diseño de un porche conviene estudiar la forma de utilización del edificio. Normalmente, las casas siempre han tenido dos puertas, una delante y otra detrás, y en las viviendas en hilera ambas son habitualmente imprescindibles. En las viviendas adosadas o exentas sería posible utilizar solamente una puerta: pudiéndose cubrir ésta con un buen porche, clausurándose la puerta no utilizada. Además de dar una solución definitiva al problema de las corrientes en las puertas de entrada, podéis ganar un espacio utilizable adicional dentro de la vivienda al eliminar el vestíbulo.

Después de haber quitado la puerta, el cerco y el umbral quedará un agujero rodeado de ladrillos. Tendréis que encontrar un ladrillo parecido al que había en el muro. El almacenista de materiales os podrá ayudar si le lleváis un ladrillo de muestra. Si no hay ladrillos viejos en los alrededores del edificio, sobrantes de obras anteriores como, por ejemplo, al colocar una ventana nueva, podéis quitar un ladrillo de muestra del hueco después de haber quitado la puerta. En cualquier caso tendréis que quitar los ladrillos para recibir la fábrica de ladrillo sobre el hueco existente. Otra posibilidad, también para el caso en que no podáis encontrar un ladrillo parecido, es poner el mejor que encontréis y colocar una enredadera o un arbusto donde antes estaba la puerta.

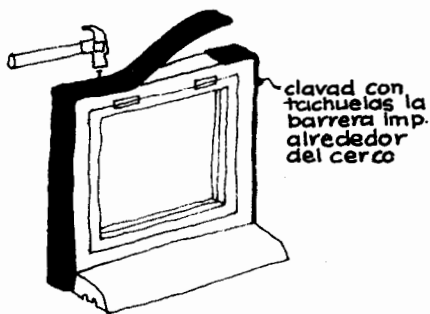
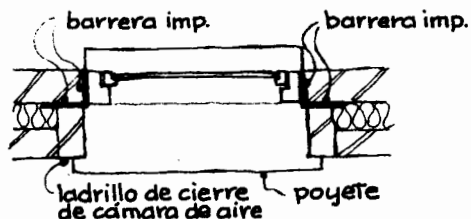
Si el muro tenía cámara de aire, la hoja interior la podéis hacer de ladrillo normal o de bloques para cerrar el hueco de la hoja interior. Quitad un ladrillo en los dos lados cada cuatro hiladas para tener agarre (para esto utilizad un cortafíos y un martillo), y empezad a poner ladrillos a partir de la barrera impermeable. Esta la podéis ver, ya que forma una línea negra a lo largo de una de las juntas de



mortero a unos 150 ó 225mm del terreno. Si la casa es antigua y los muros son de ladrillo macizo, es posible que la barrera impermeable se haya colocado por inyección, en cuyo caso veréis que hay una fila de agujeros relleños de mortero equidistantes del terreno. Al levantar de nuevo la fábrica de ladrillo ponded una tira de barrera antihumedad de plástico negro, bien encima del muro macizo o en cada hoja, cuando el muro tenga cámara de aire, recibiendo con mortero. Continúad levantando el ladrillo por encima de la barrera antihumedad, pero si estáis dejando una cámara de aire, poned un par de llaves de atado de acero galvanizado, de tipo mariposa, a cada lado del hueco, empezando al nivel de la barrera antihumedad y después a intervalos de 450mm.

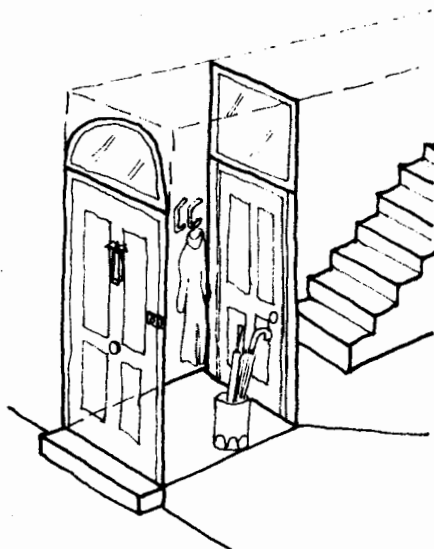


Si os habéis tomado la molestia de rellenar previamente la cámara de aire con espuma aislante, tendréis que volver a poner aislamiento en la nueva cámara. Para esto lo mejor son las tiras de fibra de vidrio, fáciles de utilizar y que se deben poner encima de las llaves de atado que vayan encima de la barrera antihumedad para que no se mojen. Poned las tiras en su sitio a medida que se va construyendo el muro.

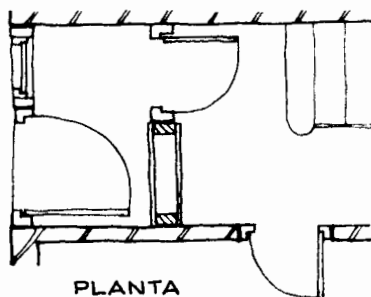
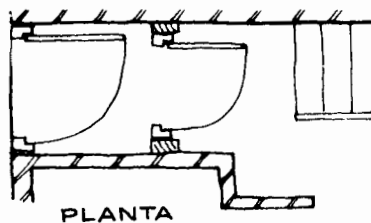


En el hueco de la puerta se puede poner una ventana poniendo el testero pegado al dintel de la puerta antigua, poniendo barrera antihumedad alrededor de todo el cerco de la ventana y detrás de los ladrillos que cierran la cámara de aire (como se muestra en el dibujo). La ventana debe situarse en la hoja exterior del muro colocando una tabla de madera encima de la cámara y de la hoja interior. Si habéis decidido tapar con ladrillo la puerta, tendréis que buscarle otro sitio al buzón. El lugar mejor para colocarlo sería la nueva puerta del porche. Nuestro cartero ha sido bastante comprensivo al haber aumentado la distancia que tiene que andar para ir al otro lado de la casa. En otros sitios hemos visto puertas clausuradas con ladrillo en las que el buzón se ha dejado donde antes, embebido en el nuevo muro de ladrillo.

Si no queréis cerrar la puerta con ladrillo, podéis poner otra puerta en el vestíbulo para crear una esclusa. A menudo se suele adoptar esta solución en las viviendas en hilera. La



puerta interior no ha de ser necesariamente resistente a la agresión ambiental, por lo que podéis comprar una puerta y un cerco para interiores, será más barata que la puerta exterior. Lo mejor es sellar la nueva puerta, además de la exterior. Si el vestíbulo es más ancho que la puerta deberéis sujetar el cerco con piezas de madera de 50mm x 100mm o incluso haciendo un tabique con pies derechos, acabado con tableros de escayola. Cuando esté terminada la esclusa deberéis recordar cerrar una puerta antes de abrir la otra o todo el esfuerzo habrá resultado baldío. ¡Deberíais imaginaros que vivís en una nave espacial!



Si tenéis sitio fuera de la casa, una forma muy buena de hacer la esclusa es mediante un porche totalmente cerrado. Un invernadero (ver Capítulo 21) puede servir muy bien de porche, además de ser una fuente de calor solar. Una buena solución sería colocar un invernadero prefabricado, ya que son baratos, de aspecto admisible y fáciles de conseguir. Habitualmente se asientan sobre una sencilla base de ladrillo y de hormigón prefabricado sobre una cimentación muy pequeña, por lo que no hay que cavar ni hormigonar mucho. Antes de empezar a diseñar el porche consultad con las autoridades municipales: no debería necesitar permiso urbanístico, pero sí habrá de cumplir las ordenanzas de edificación, y quizá tengáis que hacer cimientos bien hechos, etc. En este caso probablemente merezca la pena hacer un porche bastante grande, porque para hacer uno pequeño no merece la pena tomarse la molestia de cavar la cimentación.

En los dibujos se muestran algunos ejemplos de casas con porches añadidos.



# 16 Doble acristalamiento

Las pérdidas de calor a través de las ventanas sólo suponen un 10% de las pérdidas de calor totales para viviendas apareadas, por lo que incluso si pudieseis eliminar por completo las pérdidas de calor en ventanas os restarían aún por solucionar la mayor parte de las pérdidas de calor de la casa. Si las ventanas llevan doble acristalamiento, las pérdidas de calor se reducen a la mitad: si en una casa se necesitan 10kW para mantenerla a 20°C cuando en el exterior la temperatura está por debajo de los 0°C, si las ventanas llevan acristalamiento doble se necesitarán tan sólo 9,5kW. Estos comentarios vienen a ser el punto de vista convencional sobre la eficacia del acristalamiento doble, pero si éste se emplea para sellar las ventanas contra las corrientes de aire, reducirá más las pérdidas de calor al eliminar o reducir las corrientes.

La decisión sobre instalar o no acristalamiento doble dependerá de cada casa concreta y tendréis que hacer un cálculo de las pérdidas de calor para hallar qué cantidad de calor se pierde a través de las ventanas y cuál sería la reducción si se pusiese acristalamiento doble. El efecto del acristalamiento doble sobre las pérdidas de calor por ventilación es menos sencillo de calcular: las co-

rrientes se deben sellar por todos los métodos posibles como se estudió en el Capítulo 15, no pudiéndose hallar por separado la contribución del acristalamiento doble.

## Colocación de ventanas nuevas

Si las ventanas de vuestra casa son muy viejas y están podridas puede que merezca la pena ir pensando en sustituirlas por ventanas nuevas en lugar de simplemente colocar acristalamientos dobles. Esto es una cuestión difícil porque también hay que considerar fac-





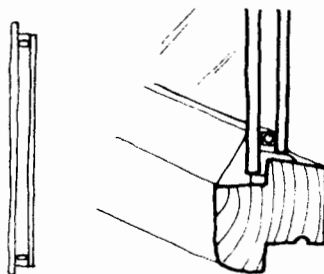
tores urbanísticos, que hacen complicada la elección de las ventanas. Hay muchas viviendas en hilera en el Reino Unido de la época victoriana que basan su efecto arquitectónico en el hecho de que las casas son más o menos idénticas, y que han sido estropeadas al sustituir las antiguas ventanas de guillotina por otras nuevas cuyo diseño no tiene mucho que ver. A menudo tienen la culpa las constructoras pequeñas y las empresas que se dedican a la «sustitución de ventanas» al no ofrecer a sus clientes consejo alguno sobre la elección de las ventanas. El efecto global puede ser parecido al que supondría cortarle las patas a un sillón Chippendale y sustituirlas por unas de acero cromado, pero con un poco de atención y cuidado en el detalle se pueden sustituir las viejas ventanas sin estropear toda la calle.

Si vais a cambiar las ventanas de madera lo mejor es pedir presupuesto a una empresa pequeña de carpintería para hacer una ventana que vaya bien con las existentes. La nueva ventana habrá de cumplir las normas constructivas, pero deberá llevar burletes incorporados para hacerla estanca al aire. Si hacéis esto, tendrá poca importancia en las pérdidas de calor el hecho de que la ventana no lleve acristalamiento doble, sobre todo si le hacéis a la ventana unas contraventanas aislantes como se estudió en el Capítulo 14. Resulta sorprendente lo baratas que son las ventanas hechas a la medida y a menudo cuestan menos que las ventanas fabricadas en serie.

### **Cristales dobles sellados**

Si os decidís finalmente a poner acristalamiento doble al sustituir las ventanas tenéis dos posibilidades. La primera es utilizar elementos de acristalamiento doble con hojas selladas («Thermopane») en las ventanas de madera sustituidas como se describió anteriormente. Estos elementos consisten en dos láminas de vidrio selladas entre sí mediante una tira separadora colocada en el borde. Antes de sellar la ventana se seca el aire de la cámara para que no se produzcan condensaciones en el interior del elemento. Estos acristalamientos sellados son caros y además el sellado puede fallar, originando la formación de condensación entre las hojas de vidrio. Cuando esto sucede la única solución es comprar un elemento nuevo.

Algunos de estos elementos se fabrican de forma que se pueden colocar en una ventana



con masilla igual que para el vidrio normal. Si os decidís a utilizar este tipo de acristalamiento al sustituir una ventana antigua tened en cuenta el mayor peso de la ventana, ya que quizá tengáis que reforzar los pernios, poner alguno más en las ventanas abatibles o aumentar las contrapesas en las ventanas de guillotina para que se queden abiertas.

### **Ventanas de aluminio**

La alternativa a las ventanas de madera son las de aluminio. Hasta hace poco el diseño de estas ventanas era deficiente y casi siempre estropeaban el aspecto de los edificios antiguos; pero si queréis utilizarlas, en la actualidad se hacen unas ventanas de aluminio que van bastante bien con las antiguas. Tened mucho cuidado al elegir la ventana de que se corresponda con el estilo de la casa. Una desventaja de las ventanas de aluminio es que en los marcos metálicos se forma condensación por su alta conductividad térmica, lo que hace que estén siempre muy fríos. Los marcos de las ventanas de madera tienen cierto grado de aislamiento térmico y nunca alcanzan una temperatura tan baja como para que se puedan producir condensaciones. Ultimamente se han empezado a utilizar marcos de aluminio con un núcleo de material aislante como barrera térmica entre el interior y el exterior del marco de la ventana.

El precio de las ventanas de aluminio en relación con las ventanas de madera varía mucho según las calidades de unas y otras. Las de aluminio casi siempre llevan incorporado acristalamiento doble. Habitualmente están muy bien selladas al aire y tienen la ventaja de que, si las elegís de aluminio anodizado, no necesitan pintura. Algunos de los tipos de ventanas más modernos llevan un acabado acrílico que se supone tiene una duración de diez o quince años, pero nadie sabe exactamente qué es lo que hay que hacer cuando el acabado empieza a estropearse como inde-

fectiblemente lo hará. Lo más seguro es elegir marcos de aluminio natural: aunque con el tiempo se ponen de color gris y le salen manchas, seguirán funcionando.

## Acristalamiento doble en ventanas existentes

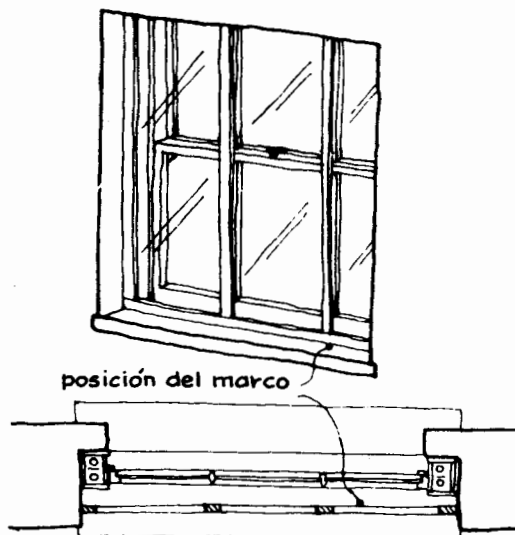
Lo normal es no quitar por completo las viejas ventanas; en su mayor parte se pueden reparar sin tener que sustituirlas. El carpintero puede hacer nuevas hojas, cercos, colocar nuevos antepechos de madera y en general arreglar una ventana con un coste inferior al de sustituirla por completo. Si tenéis dudas, pedirle presupuesto a varios carpinteros para las reparaciones necesarias o la sustitución de la ventana, haciendo una copia de la existente. La mejor forma de poner un acristalamiento doble en una ventana existente es colocar el cristal directamente en la ventana, sobre el marco, ya que esto además de servir de acristalamiento doble da estanqueidad a la ventana para que no entre el aire. Si únicamente vais a poner cristales en aquellas partes de la ventana que sean de cristal, tendréis después que sellar las ventanas para que no pase el aire por las rendijas (ver Capítulo 15).

### Plástico adhesivo transparente

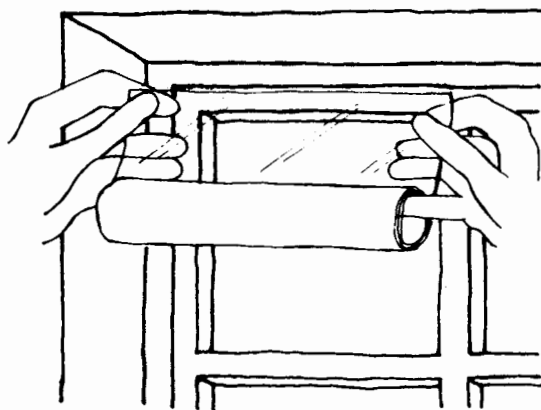
Antes de seguir con el acristalamiento doble conviene considerar un método muy barato ideado por Geoffrey Horsley, científico del centro de energía atómica de Harwell.

Consiste en poner una película de plástico de las que se utilizan en la cocina para envolver cosas, en sustitución del cristal de la hoja interior. El acristalamiento doble en parte funciona porque deja retenida una capa de aire estancado junto a la ventana, siendo esta capa de aire la que da el aislamiento: el efecto aislante del vidrio u otro material no es grande si lo comparamos con el del aire. Mediante ensayos, se ha demostrado que el acristalamiento doble hecho con película de plástico tiene una efectividad como mínimo del 80% en relación con el acristalamiento doble normal y, por supuesto, es enormemente barato.

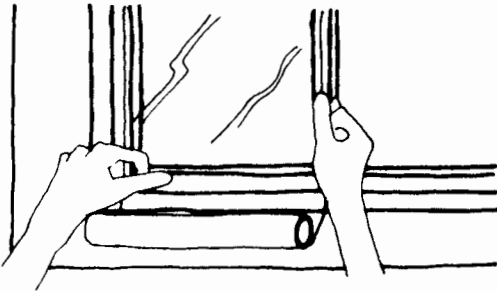
El método consiste en aprovechar la cualidad de este tipo de plásticos para envolver, de que se pega sobre la pintura limpia, por lo que el primer paso es limpiar todo el cerco de la ventana con un detergente y agua para eliminar la grasa y también para lavarlos las ma-



nos. Esta película se fabrica en rollos de 300mm o 450mm de ancho, lo cual significa que no puede utilizarse en ventanas de mayor anchura. Si vuestras ventanas son anchas podéis considerar la posibilidad de hacer un marco de madera cepillada de 25mm x 50mm para que se ajuste en la ventana y pueda servir de soporte a la película. Si hacéis esto, deberéis lijar cuidadosamente el marco para eliminar cualquier aspereza en el lado que dé a la habitación, y a continuación deberéis dar una mano de imprimación, una capa de base y dos capas de pintura brillante. Análogamente, si la pintura del marco de la ventana se encuentra en mal estado deberá lijarse y repintarse para conseguir una superficie lisa. Dejar secar la pintura durante veinticuatro horas, por lo menos, antes de poner el plástico.



Cuando esté terminada la pintura sacad el rollo de plástico de la caja y desenrollad unos 50mm. Meted los dedos meñiques en cada extremo del rollo donde va enrollado el plástico y agarrad con el pulgar y el índice las esquinas del plástico que habéis desenrollado. Llevad el rollo a la ventana asegurándoos de que el plástico se va desenrollando por el lado más cercano al cristal. Apretad el plástico que tenéis agarrado con el pulgar y el índice contra la parte superior del marco de la ventana, haciendo que el borde del plástico se solape siempre con los laterales del marco de la ventana. Utilizando los pulgares, presionad el plástico contra el marco pintado de la ventana e ir apretando a medida que bajais el dedo para eliminar burbujas de aire.

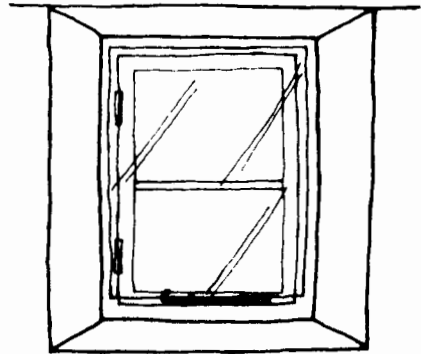


Cuando el plástico haya quedado bien pegado coged el rollo con una mano a la vez que vais apretando el plástico de la parte superior del marco. A continuación desenrollar lentamente el plástico e ir apretándolo a los lados del marco, haciéndolo por trozos de 100mm. Al llegar a la parte de abajo de la ventana apretad firmemente el plástico contra la ventana y cortadlo con una cuchilla de afeitar o con un cortatramas.

Después de hecha esta primera operación el aspecto de la ventana no será excesivamente bueno ya que el plástico quedará bastante arrugado, por lo que el paso siguiente será eliminar las arrugas. Para ello, despegad una de las esquinas superiores del plástico unos 100mm aproximadamente. Tirad suavemente del plástico para que quede tenso y volved a pegarlo de nuevo. Poco a poco ir haciendo lo mismo con toda la ventana, levantando el plástico, tensándolo sin que se parta, y volviéndolo a colocar en su sitio. Con un poco de suerte con esta operación se eliminarán las arrugas y os quedará un plástico transparente y tenso cubriendo la ventana.

Si habéis añadido a la ventana un marco de madera para que los vanos fuesen lo suficientemente estrechos como para poder colocar el plástico, aseguraos de que el plástico no pase de la mitad de las piezas verticales que forman el marco. Cortadlo si fuese necesario con la cuchilla. Si no hacéis esto os podéis encontrar con que se afloja el plástico que acabáis de poner al despegar y volver a colocar el siguiente. El plástico debe durar como mínimo un año si lo maneáis con cuidado, pudiéndose sustituir al cabo de este tiempo por otro nuevo.

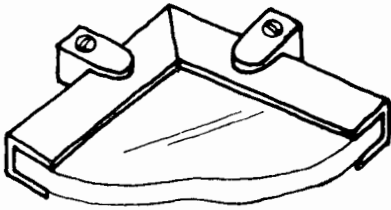
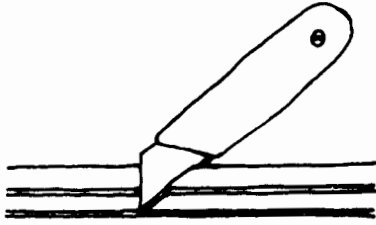
Debido al problema de la limitación de anchura el método del plástico está más indicado cuando las ventanas están divididas en vanos pequeños. Si necesitáis utilizar un marco de madera para dividir la superficie de la ventana en espacios más pequeños el coste aumentará, pero este método seguirá siendo mucho más barato que cualquier otra técnica de acristalamiento doble.



Si el plástico cubre toda la superficie de la ventana contribuirá a reducir las pérdidas de calor por ventilación sellando la ventana, pero si utilizáis un calentador de combustión abierta, como las estufas de parafina o las estufas portátiles de gas, aseguraos de que pueda entrar en la habitación aire suficiente para la combustión, en caso contrario corréis el riesgo de que se os llene la habitación de humo. Si tenéis una chimenea de carbón o de leña sabréis que no hay suficiente aire porque la chimenea no tirará.

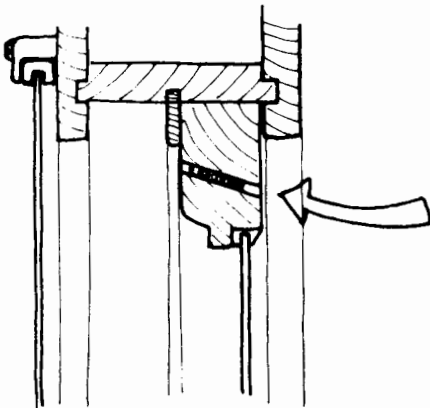
### **Acristalamiento doble temporal**

Si no queréis tener que sustituir todos los años el plástico adherente, el siguiente sistema de acristalamiento doble consiste en utilizar cristal de verdad con bordes planos para



colocarlo en su lugar. Este tipo de acristalamiento no es practicable, por lo que tendréis que quitarlo al llegar la primavera y guardarlo en algún sitio hasta el otoño, tratando de que no se rompa durante ese tiempo. Lo más sencillo es utilizar una moldura de plástico que se mete a presión en los bordes del cristal, cortando a inglete las esquinas con un cortatras para que ajusten exactamente. A continuación se colocan pequeñas pinzas de plástico en el borde para sujetar la moldura de plástico que habéis colocado en el borde del cristal. El plástico presiona sobre el cristal y sirve como sellado para eliminar las corrientes de aire y el ruido.

La cámara de aire que queda entre la ventana existente y la nueva hoja de vidrio debe estar ventilada con aire exterior. Si el ajuste de la ventana antigua no es muy bueno no será necesario hacer nada, pero si el ajuste es bueno deberéis hacer en la parte de arriba y

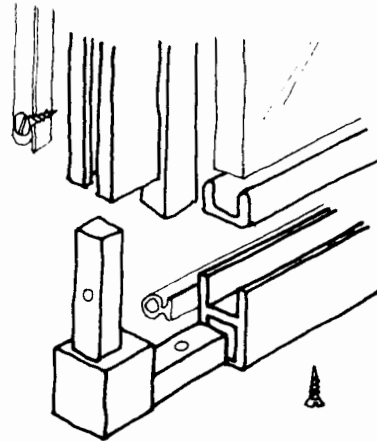


de abajo de la ventana agujeros de 6mm con una separación de 300mm. Dadle a los agujeros cierta pendiente para que la lluvia no pueda entrar por ellos y rellenalos con trozos de fibra de vidrio para que no puedan pasar los insectos, pero permitiendo el paso del aire. El objeto de los agujeros es permitir el paso de una cantidad suficiente de aire en la cámara para que se evapore la humedad producida por condensación.

Si vais a añadir a una ventana una hoja de cristal fija, deberéis tener en cuenta las ordenanzas y normas constructivas que fijan la superficie mínima de los elementos practicable. Necesitaréis algo de ventilación siempre que utilizéis estufas de parafina o de gas. Si pensáis utilizar alguno de estos tipos de calentadores no selléis las ventanas o es posible que algún día ya no os levantéis por la mañana.

### Cómo hacer el acristalamiento

Es más fácil de utilizar si el acristalamiento doble se puede abrir para ventilar, y es mucho más cómodo no tener que quitar el cristal y guardarlo en verano cuando queráis abrir las ventanas. Hay varios sistemas para hacerlos vosotros mismos acristalamientos dobles abatibles y correderos. Al elegir uno de estos sistemas hay que fijarse en que estén hechos de materiales de larga duración y que sean fáciles



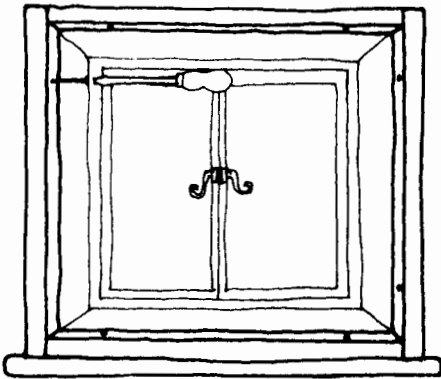
de montar. La mayoría de los sistemas de acristalamiento doble abatible están hechos de perfiles de aluminio con juntas de plástico para sujetar el vidrio y el plástico o tiras de neopreno, de mayor duración, que se colocan

junto al marco de la ventana. Habitualmente las bisagras y los pestillos son de nylon.

Los más fáciles de montar llevan piezas de esquina que eliminan la necesidad de cortar ángulos a inglete en los perfiles del marco: es mucho más fácil cortar a la longitud deseada un trozo de marco en ángulo recto que tratar de cortarlo con una esquina a inglete. Los sistemas deslizantes son más caros porque se necesita un marco independiente por donde deslicen las otras hojas. El sellado entre la parte deslizante y el marco fijo se consigue mediante tiras especiales que son como pequeños cepillos que se deslizan a lo largo del perfil. Los marcos deslizantes se hacen de forma análoga a como hemos descrito para los abatibles. La mayoría de estos sistemas llevan instrucciones muy claras y lo mejor es seguirlas escrupulosamente, leyéndolas por lo menos dos veces antes de empezar a cortar las piezas del marco. En las instrucciones también se dirá a qué tamaño habréis de cortar el cristal para que ajuste en los marcos.

### **Marcos**

En muchos de estos sistemas tendréis que colocar un sencillo marco de madera en el hueco de la ventana existente. Si tenéis ventanas de guillotina probablemente podréis atornillar directamente el acristalamiento doble sobre el marco de la ventana, pero en las casas modernas lo más frecuente es que las



ventanas sean metálicas siendo los costados de los huecos de ladrillo guarnecido. En este caso se debe atornillar sobre el hueco de la ventana un marco de madera cepillada de 50mm x 50mm mediante tornillos de 75mm, preferiblemente zincados, y tacos de plástico. En la parte superior del hueco habrá un dintel

sobre el que se apoya el muro; si es de hormigón será muy difícil poder taladrarlo. La solución más fácil es alquilar una taladradora percutora, que a la vez que gira va dando golpes; con esta taladradora y broca de widia se podrán hacer los agujeros. Tratad de nivelar la superficie del marco por todas partes de forma que el cristal pueda ajustar perfectamente. Antes de colocar el acristalamiento, el marco de madera se debe imprimir y pintar o bien se le debe hacer un tratamiento con un preservativo.

## **Soluciones alternativas**

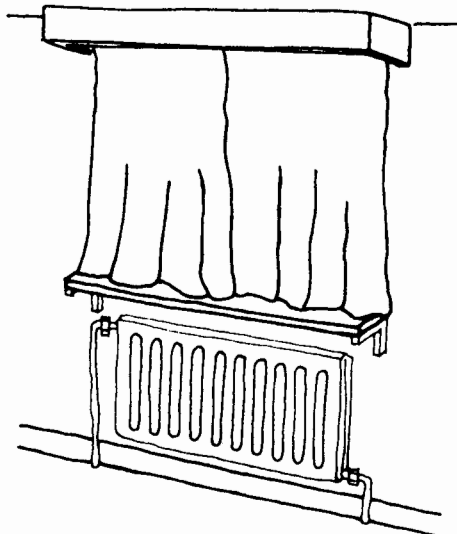
### **Cortinas**

Antes de que os decidáis a poner acristalamiento doble deberéis pensar si verdaderamente es necesario. Si las ventanas son bastante pequeñas (10-15% de la superficie total del muro exterior del edificio), y si podéis sellarlas correctamente puede que no necesitéis en absoluto acristalamiento doble. Entre los sistemas que se pueden utilizar para impedir que se pierda por las ventanas más calor del que sea absolutamente inevitable están las cortinas gruesas que lleguen hasta el techo o bien que tengan una galería para reducir la circulación del aire en la parte superior. Lo mejor es que las cortinas sean lo suficientemente largas para que caigan sobre el suelo e impidan el paso del aire frío que tiende a bajar por la ventana. Si cerráis las cortinas en cuanto oscurezca ahorraréis una apreciable cantidad de energía.

### **Radiadores**

Otra forma de ahorrar es no poniendo los radiadores debajo de las ventanas si se instala calefacción central, al contrario de lo que se suele hacer. La idea es utilizar el calor de los radiadores para contrarrestar las corrientes descendentes de aire frío de la superficie del cristal y tratar de calentar el aire antes de que entre a la habitación. Lo que sucede es que el calor del radiador se pierde casi de inmediato por las ventanas no pudiendo aprovecharlo. El mejor lugar para colocar los radiadores es en los muros interiores para que calienten los materiales que componen la casa y no en los muros exteriores que están más fríos.

Si vuestros radiadores están ya instalados debajo de las ventanas y no queréis cambiarlos de sitio podéis poner encima un cubreradiadores para desviar de la ventana el aire



frio; disponed las cortinas de forma que lleguen hasta el cubrerradiador. También podéis colocar detrás de los radiadores una lámina metálica brillante que refleje el calor a la habitación y lo aleje del muro exterior. Por último, no abráis la ventana mientras dormís en una habitación con calefacción. Dejad la calefacción puesta y abrid la puerta o bien apagar la calefacción y abrir la ventana. Cuando queráis ventilar la casa hacedlo en un día que haga calor y cuando no esté funcionando la calefacción a toda su potencia y recordad cerrar las ventanas cuando se haya limpiado el aire.

### Coeficientes K

Para ayudaros a decidir si merece la pena poner acristalamiento doble o si lo mejor es poner simplemente contraventanas aislantes o ventanas selladas contra el aire, a continuación damos algunos valores de K, suponiendo en todos los casos un grado de exposición normal.

Acrilamiento	W/m <sup>2</sup> °C
sencillo	5,6
doble separación 6mm	3,4
separación 12mm	3,0
separación 20mm o más	2,9

Contraventanas (cerradas)	W/m <sup>2</sup> °C
Acrilamiento sencillo, contraventana 12,5mm	1,14
25 mm	0,82
50 mm	0,53
Acrilamiento doble 12,5mm	0,96
25 mm	0,72
50 mm	0,49

En la tabla siguiente se dan valores de K en relación con la utilización de las contraventanas. En la primera tabla se dan valores medios si las contraventanas están abiertas durante ocho horas diarias y en la segunda se supone que están abiertas durante doce horas. En todos los casos se supone que las ventanas están selladas.

### Abierta ocho horas, cerrada dieciséis horas

Acrilamiento sencillo, contraventana 12,5mm	2,6
25 mm	2,4
50 mm	2,2
Acrilamiento doble 12,5mm	1,6
25 mm	1,4
50 mm	1,3
100 mm	1,2

### Abierta doce horas, cerrada doce horas

Acrilamiento sencillo, contraventana 12,5mm	3,4
25 mm	3,2
50 mm	3,1
Acrilamiento doble 12,5mm	1,9
25 mm	1,8
50 mm	1,7

Los valores medios para veinticuatro horas pueden ser ligeramente diferentes a estas cifras porque por la noche hace más frío que durante el día y en estos valores medios no se tiene en cuenta.

La elección final dependerá de vosotros y del dinero que os queráis gastar. Lo importante es no poner acristalamiento doble simplemente porque es lo que hace todo el mundo, porque puede que no sea lo mejor para tratar de ahorrar realmente energía. Los costes tendréis que hallarlos vosotros mismos.

# 17 Tratamiento de las condensaciones

En el Capítulo 3 se estudia cómo se producen las condensaciones; el objeto de este Capítulo es describir métodos para impedir las y controlarlas. En pocas palabras, el vapor de agua contenido en el aire produce condensación cuando se pone en contacto con superficies frías, porque el aire frío puede contener menos vapor de agua que el aire caliente; al enfriarse el aire alcanza la temperatura correspondiente al punto de rocío porque el vapor de agua que contiene no puede permanecer en forma de gas, condensándose. Esto se puede ver frecuentemente en las ventanas, y en algunos casos la condensación se produce también en los muros, originando la aparición de moho.

La cantidad de vapor de agua contenido en el aire depende de la actividad que realicéis en la casa, por lo que una manera de reducir la condensación es modificar vuestros hábitos de vida. Por ejemplo, si tenéis la costumbre de hervir los pañales en la estufa o si fregáis frecuentemente el piso con mucha agua estáis haciendo que aumente el vapor de agua del aire. Algunas actividades son inevitables, pero otras se pueden modificar para reducir el contenido de vapor del aire. En la tabla siguiente se da el vapor de agua emitido en las

actividades caseras, medido en kilogramos por día.

dos adultos durmiendo ocho horas	0,6
cocina de gas: desayuno	0,4
comida	1,2
cena	1,2
Lavado de platos: desayuno	0,1
comida	0,3
cena	0,3
fregado de suelos	1,1
lavado de ropa	2,0
secado de ropa	12,0
baño	0,05
ducha	0,23
plantas interiores	0,84
estufa de parafina	0,35/hora
estufa portátil de gas	0,13/kWh

En la tabla podéis ver que no es bueno colgar la ropa por toda la casa para que se seque; tratad de colgarla fuera o utilizar un secador centrifugo antes de ponerla a secar dentro de la casa. Si tenéis que tender la colada dentro, porque llueve o porque no hay otro sitio donde tenderla, ponedla en el cuarto de baño y abrid la ventana para que mediante la ventilación se elimine algo de vapor de agua.

Otra forma de reducir los efectos de la condensación es utilizar materiales y muebles de materias naturales. Materiales como la madera, algodón, lino y lana absorben la humedad; siempre que los períodos de humedad excesiva tengan una duración limitada, estos materiales pueden absorber el exceso, desprendiéndolo después. Tratad de utilizar cortinas de algodón o lino, muebles de madera con tapicería de lino, sábanas de algodón, moquetas de sisal o lana y otros materiales naturales con preferencia sobre las fibras artificiales, y es posible que se reduzca la condensación. No obstante, estos materiales no resolverán aquellas situaciones más serias y que requieran remedios más drásticos.

Los sistemas habituales para solucionar la condensación son la ventilación, el aislamiento y la calefacción. Si selláis la casa para reducir las pérdidas de calor por ventilación impediréis que circule el aire y elimine el vapor de agua, pudiendo tener como consecuencia un aumento de las condensaciones. La condensación se produce fundamentalmente en cocinas, cuartos de baño y, en menor medida, en dormitorios. Una solución sencilla es abrir la ventana cuando empiece a formarse la condensación; aseguraos de cerrar la puerta de la habitación de forma que no se produzcan corrientes en toda la casa. Esta es una ventaja de las casas antiguas que tenían habitaciones separadas, pero si tenéis una casa de planta abierta no tendréis más remedio que aguantar la corriente.

Si el edificio tiene un buen aislamiento, los muros y las ventanas estarán a mayor temperatura, habiendo menos condensaciones. En las casas que estén bien aisladas, las habitaciones se pueden calentar de forma constante con relativamente poco dinero y con ello se contribuye a que las superficies se encuentren a una temperatura superior al punto de rocío.

Si con la modificación de los hábitos de vida, con el aislamiento y la calefacción no se reduce la condensación a niveles admisibles de forma que se puedan regular ocasionalmente abriendo la ventana, podéis utilizar además un extractor. Para impedir una ventilación excesiva deberéis conectar el extractor a un higróstato, que es un dispositivo que enciende el ventilador cuando hay riesgo de condensación y lo apaga cuando el riesgo ha pasado. Esto hace que el ventilador funcione durante el menor tiempo posible para eliminar el vapor de agua.

Si utilizáis aislamiento en un edificio, aseguraos de que seguís las instrucciones en lo que respecta a barreras contra el vapor y ventilación de las cámaras de aire que se vieron en el Capítulo 10, porque la condensación en el aislamiento puede originar grandes daños. En muros y ventanas tienen efectos molestos, pudiendo manchar la pintura o el empapelado; pero en el interior de muros y cubierta aislados puede producir pudrición seca de costosísima reparación, cuando no produce el deterioro total de la casa.



# 18 Estufas y chimeneas de leña

## **Cuándo y por qué elegir una estufa de leña**

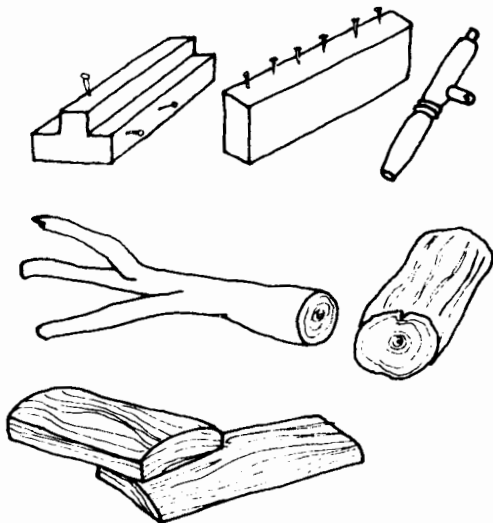
En el Reino Unido, en 1973, sólo había en el mercado cuatro modelos diferentes de estufas de leña; en la actualidad pasan de las cincuenta (importadas y nacionales) donde poder elegir. El tipo a elegir sigue siendo en gran medida una cuestión de preferencias personales; pero debéis comprobar que las potencias sugeridas por el fabricante son compatibles con la cantidad de calor que requiere vuestra casa. Asimismo, una estufa de hierro fundido tendrá mayor duración que la de chapa delgada de acero; no obstante, las de chapa de acero de 6mm tienen la misma duración que las de hierro fundido. Como sucede con todo, cuanto más sencilla sea la estufa, menor posibilidad habrá de que se rompa. Un sencillo regulador de tiro pivotante puede durar tanto como la estufa (de cincuenta a cien años para el hierro fundido); pero, por el contrario, un convector con ventilador eléctrico puede ser innecesario y complicado.

Debemos recalcar que no contribuiréis a reducir el consumo nacional de energía sustituyendo parte de vuestro sistema de calefacción central por una estufa de leña. Todo lo

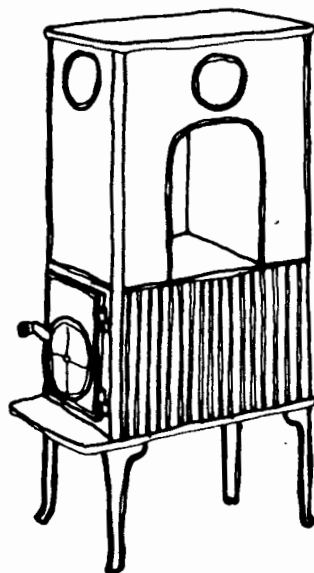
que haréis es acelerar el día en que se agoten finalmente los escasos recursos de madera. La única forma de reducir el consumo de energía es aislando el edificio, por ejemplo, revistiendo los muros y sellando contra las corrientes, como se ha estudiado en los capítulos anteriores.

Después de haber aislado la casa podéis entrar a considerar cuál es la mejor forma de calentarla. Una estufa de leña ahorrará energía si se coloca en sustitución de una chimenea: al quemar carbón o leña en un hogar, el 80% de su energía se pierde por la chimenea, en una estufa de leña de combustión cerrada sólo se pierde por la chimenea del 40 al 50% de la energía disponible.

Los edificios demolidos son una buena fuente de madera inservible, que de otra forma se quemaría sin mayor provecho que calentar las manos a unos cuantos obreros de la construcción. En las explotaciones forestales podréis encontrar recortes de madera y tablas de corteza (piezas que tienen corteza a un lado y que se cortan para darle al tronco forma cuadrada antes de serrarlo). A menudo, las virutas de madera se queman en los propios aserraderos ya que su almacenamiento en grandes cantidades supondría peligro de

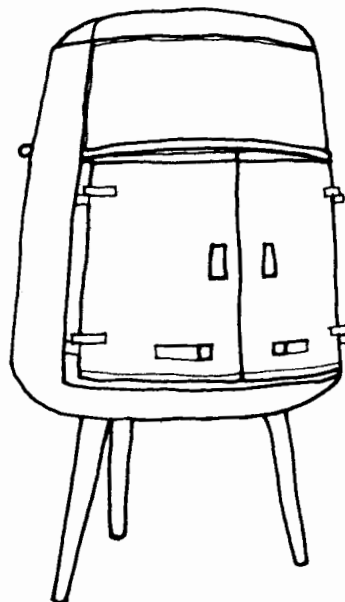
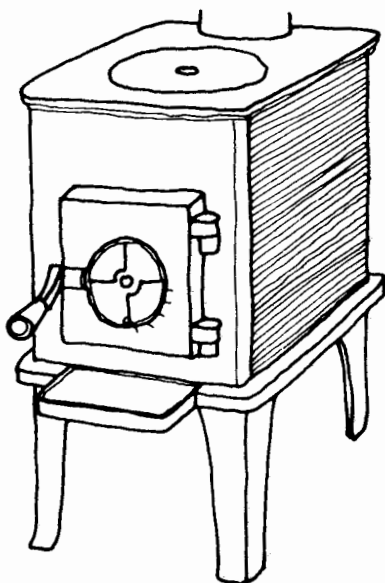


incendio. La cantidad de desechos de madera, que se estiman en el Reino Unido en dos millones de toneladas al año, se podría utilizar como calefacción del 5% de las casas si estuviesen adecuadamente aisladas. No sirve de nada quemar restos de madera en una típica chimenea de troncos, si esta chimenea es la única fuente de calor en una casa de campo llena de corrientes o como fuente de energía en una calefacción central. Desde el punto de vista del consumo de energía, lo único que sería eficaz sería quemar la madera en una estufa de leña cerrada, que tiene gran duración.



#### **Elección del modelo adecuado**

Algunas de las estufas de mayor rendimiento que se fabrican en el Reino Unido son estufas en forma de caja estancas al aire; consisten en un recipiente sellado donde se coloca la leña, con una entrada regulable de aire que controla la velocidad de la combustión. También se fabrican últimamente estufas que son copias de modelos originales escandinavos. Dentro de estos tipos, los modelos de mayor altura con pantallas suplementarias hacen que

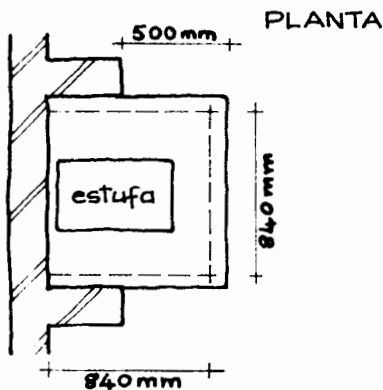


los gases calientes recorran un camino más largo antes de desprenderse por la chimenea. Esto hace que la combustión de la madera sea más completa y a la vez proporciona una mayor superficie de metal caliente que irradia calor a la habitación. Una estufa que funcione con la trampilla abierta —hay unas estufas mixtas que pueden funcionar abiertas o selladas— consumirá más madera por kWh de calor emitido a la habitación que una estufa cerrada; si se hace funcionar una estufa con la trampilla abierta para poder ver las llamas no se ahorra energía. Lo único que se puede decir en contra de la estufa sellada es que cuando la combustión se realiza a su intensidad más baja se forma cresota en el interior del tiro, y esto puede producir incendio en la chimenea, por esta razón la chimenea debe limpiarse regularmente.

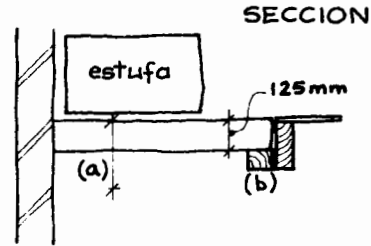
## Instalación

### Riesgo de incendios

La instalación de una estufa ha de ser tan duradera como la propia estufa. Las largas conducciones de tubería metálica de la estufa, con ese agradable color rojo debido a la temperatura, que cruzaba el aula del techo en las escuelas del medio oeste americano a principios de siglo y que hemos visto en las películas, pertenecen a otra época. Además de ser inaceptable para las autoridades en materia de incendios y de construcción, inevitablemente las tuberías metálicas se convierten en un riesgo ya que se corroen a no ser que se



El hogar ha de poder contener un cuadrado de 840 mm. y ha de sobresalir 500 mm. de las pilastras.

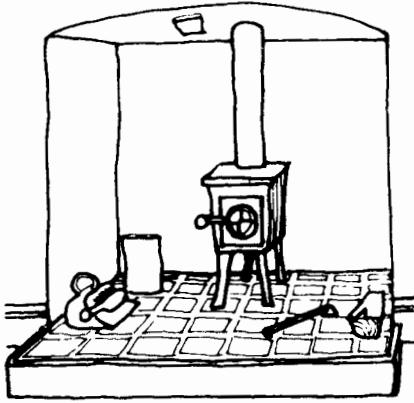


La losa del hogar ha de tener un espesor de 125 mm. Debajo no puede haber combustible a menos de 250 mm. del plano superior del hogar (a). Se permite poner en (b) un soporte de madera.

comprueben frecuentemente. Si la tubería de la estufa se utiliza como chimenea, en el exterior necesitará que se sustituya cada uno o dos años. Hoy en día, la estufa debe tener algún tipo de chimenea permanente.

Las normas constructivas en el Reino Unido fijan varias distancias mínimas entre el «aparato» donde se realiza la combustión y los muros y piso que lo rodean cuando éstos son de material combustible (como por ejemplo un piso de madera); estas distancias se pueden ver en los diagramas. Lo que esto significa realmente es que se debe colocar la estufa sobre un hogar de piedra o de hormigón, y que el muro que hay detrás de ella (o los muros que la rodean si está situada en un entrante) deben ser de ladrillo o de ladrillo guarnecido. En el Reino Unido, las casas se construyen tradicionalmente de ladrillo; pero en los Estados Unidos donde se quema leña en casas hechas de madera, son necesarias unas precauciones contra incendios muy rígidas. No obstante, todo fuego implica peligro; así pues, tener esto en cuenta el instalar o utilizar una estufa de leña. Al comprar la estufa, comprad también un extintor. Ponedlo en un lugar de la casa fácilmente accesible, por ejemplo en el arranque de las escaleras, cerca de la puerta de la habitación donde va la estufa. No olvidéis su mantenimiento, ya que en la mayoría de los casos necesitan ser sustituidos cada pocos años.

En una casa normal con muros de ladrillo guarnecidos y piso de hormigón no es difícil tomar las medidas necesarias para la prevención de incendios. Si alrededor de una estufa hay muchos elementos de albañilería esto ayudará a igualar el flujo calorífico. Al



quemarse la leña en la estufa, los muros y el hogar se calentarán; al enfriarse la estufa, antes de poner más combustible o durante la noche, los muros y el hogar irradiarán el calor a la habitación. No obstante, hay que fijarse en que el empapelado de un muro enlucido es combustible y no es admisible que esté dentro de la distancia mínima entre la estufa y el material de combustión; lo mismo se puede decir de las moquetas sobre piso de hormigón. En este último caso, no sólo existe la posibilidad de que la moqueta se caliente excesivamente y se prenda fuego, sino que siempre que la trampilla de la estufa esté abierta para cargar combustible hay muchas posibilidades de que las cenizas calientes caigan sobre el piso al remover el interior de la estufa.

Siempre es una ventaja tener un hogar para colocar la estufa, lo más grande posible; no sólo hace disminuir la posibilidad de chamuscar las moquetas, sino especialmente si está algo elevado por encima del nivel del piso crea un «lugar para la estufa», a cuyo interior se puede prohibir el paso a los niños (ya que incluso las protecciones que se ponen alrededor de la estufa pueden calentarse tanto como para poderse quemar los dedos), sirve también para guardar el cubo de las cenizas y las herramientas de la estufa y también como lugar para cocer el pan. A pesar de todo el cuidado que pongáis, siempre llegará el día en que os dejéis descuidadamente abierto el tiro durante demasiado tiempo y al entrar veáis que la chapa de la parte superior de la estufa está al rojo; para esas ocasiones da mucha tranquilidad tener una instalación bien pensada rodeada por materiales no combustibles.

## Chimeneas-hogar

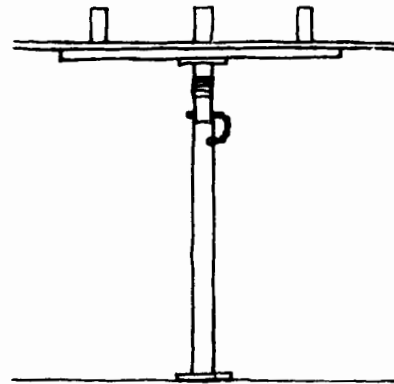
### Adaptación de las existentes

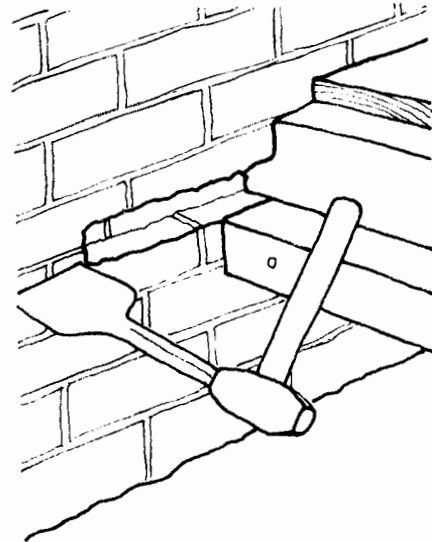
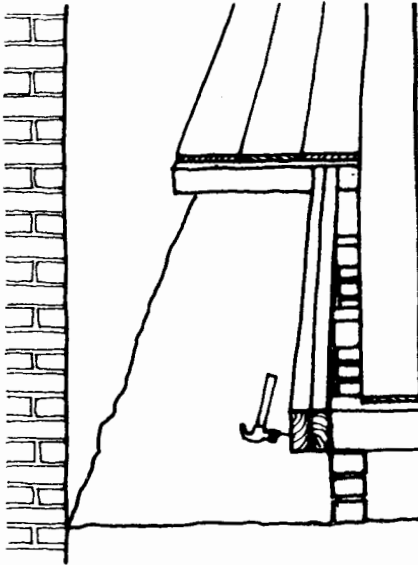
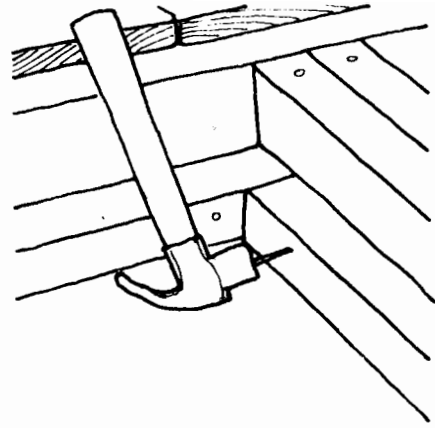
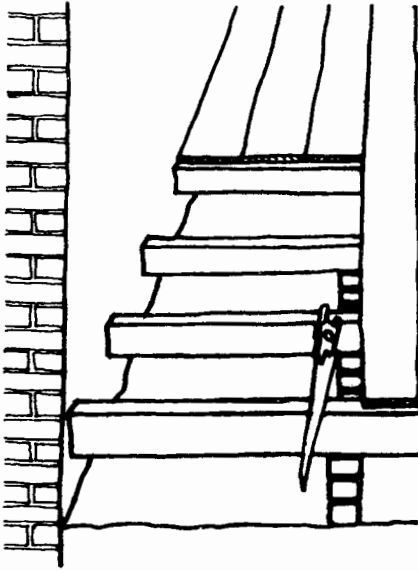
Muchas casas del Reino Unido, especialmente las construidas en la época victoriana cuya calefacción se realizaba en chimeneas de carbón, tienen a menudo chimeneas en los dormitorios y también en el piso inferior. Estas casas tienen también pisos de madera y veréis que el antiguo hogar de piedra se mete unos 600mm dentro de la habitación, apoyado por su parte inferior por una especie de arco de ladrillo. Esto era adecuado para el antiguo tipo de chimenea con rejilla de registro, que tenía una plancha para tapar la chimenea cuando no se utilizaba, y no existen ordenanzas que os impidan utilizar el antiguo hogar para hacer la instalación de una estufa de leña nueva. Sería mejor elegir una estufa de carga frontal, de forma que el antiguo hogar sobresalga por delante de la trampilla para poder recoger las cenizas que se caigan.

Sin embargo, si veis que el antiguo hogar es inadecuado, tendréis que quitarlo y sustituirlo por un hogar nuevo de hormigón. Las ordenanzas no os permiten prolongar simplemente el hogar existente encima del piso de madera; el problema es que la madera que esté en contacto con la piedra de un hogar caliente se calentará ella misma, secándose y eventualmente chamuscándose hasta que en algún punto empiece a arder. Tendréis también que hacer un hogar de hormigón si queréis instalar una estufa de leña en un edificio que tenga pisos de madera donde no haya previamente un hogar.

### Construcción de la base

Cuando hayáis quitado la antigua piedra del hogar, veréis que hay un brochal sobre el que

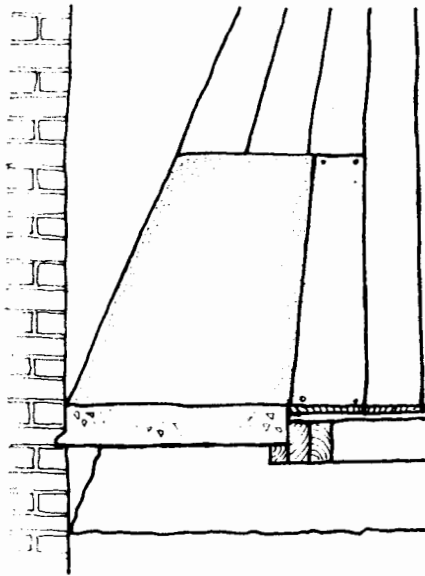
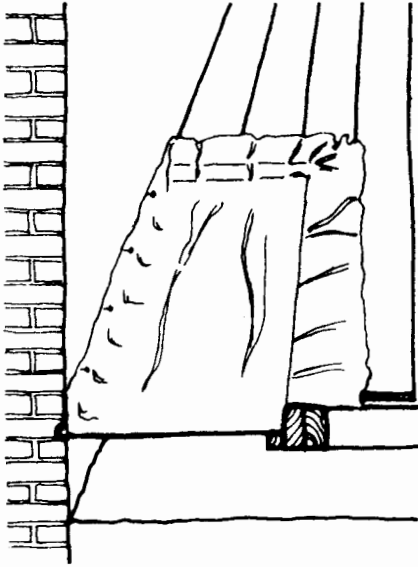




se apoyan las viguetas del piso. Si vais hacer un hogar nuevo, tendréis que poner un nuevo brochal que prolongue el hogar a la anchura deseada. El brochal ha de consistir en dos piezas de madera, del mismo tamaño que las viguetas del piso (dos piezas de 50mm×125mm si las viguetas son de 50mm×125mm). Antes que las cortéis, apead las viguetas del piso. Esto podéis hacerlo con ladrillos apoyados en el terreno si es una planta baja de madera (utilizad trozos de pizarra para conseguir la altura requerida) o si es-

táis haciendo un hogar nuevo en un forjado de madera de un piso superior habréis de apoyar las viguetas sobre el forjado inferior mediante unos apeos.

Antes de cortar las viguetas quitad los plomos en previsión de que os podáis encontrar un cable. Serrad las viguetas y clavad los brochales en su sitio, asegurándoos de que su parte superior esté a nivel con la parte superior de las viguetas. Cuando estén colocados los brochales ya podéis quitar los apoyos. Clavad un listón de 50mm×50mm de madera en



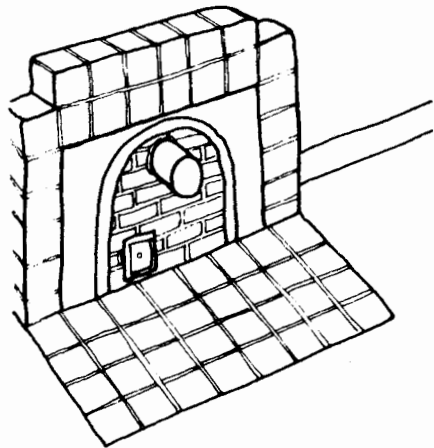
la parte inferior del brochal para que sirva de apoyo al hogar. Para apoyar el borde opuesto tendréis que hacer una raja en el ladrillo, suficiente para hacer un apoyo de 50mm. Clavad dos piezas más de 50mm x 50mm en cada vigueta al lado del hueco. Poned en posición una lámina de acero dulce galvanizado del calibre 16 para formar la base del hogar, acunando el lado apoyado en el ladrillo con trozos de pizarra hasta que la lámina esté a nivel. Haced un revestimiento a base de lámina de polietileno de gran resistencia cubriendo el

acero; llevadlo por encima del ladrillo que habéis cortado y encima de las viguetas y brochal.

Hay que hacerle una armadura al hormigón con varillas de acero de 6mm de diámetro colocadas con una separación de 300-400mm, sujeto aproximadamente a 25mm por encima de la lámina sobre pequeños tacos de madera. Haced una pasta de una parte de cemento a tres o cuatro partes de árido fino en volumen y vertedlo hasta que esté a nivel con la parte superior del entarimado. Otra posibilidad para hacer un hogar elevado puede ser haciendo un encofrado suplementario alrededor del hueco formado, llenándolo con la pasta de hormigón hasta el borde del encofrado. Este encofrado puede ser de tablero de fibras para que sirva de borde permanente del hogar.

### Chimenea y trampilla

Después de haber hecho una base incombustible para la estufa o si ya estaba hecha tendréis que conectar la estufa a la chimenea. La

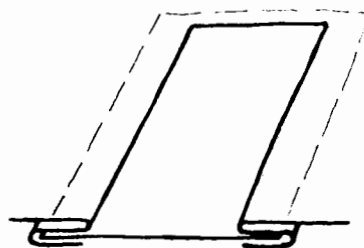
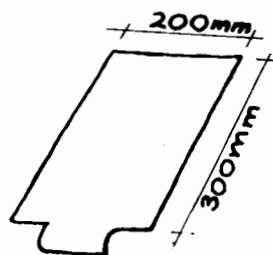
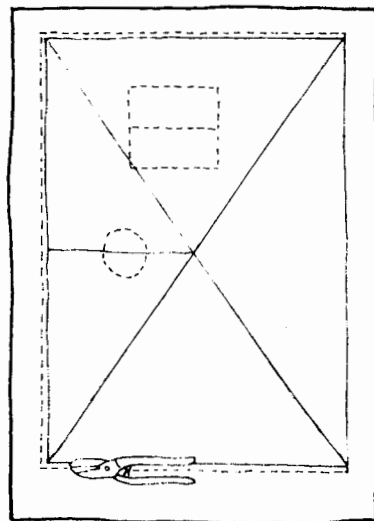
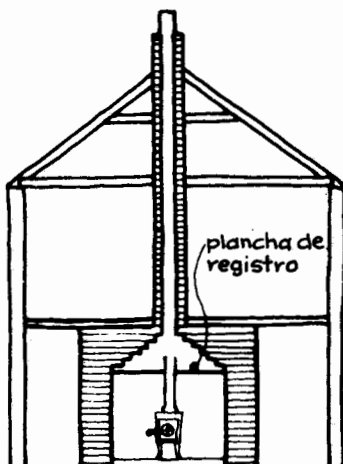


salida para los gases, que habitualmente tiene una pestaña metálica circular, estará en la parte superior por detrás o incluso a un lado de la estufa, por lo cual deberéis elegir un modelo que sea compatible con la chimenea. Para una chimenea pequeña normal, la salida de gases de la estufa tendrá que estar en su parte posterior. Cegad la chimenea dejando un agujero del tamaño del diámetro exterior del tubo metálico de la estufa que pueda acoplarse en la pestaña de la estufa. Esto es mejor hacerlo relleno con ladrillo el hueco de la chimenea recibiendo con mortero el trozo

de tubo. Utilizad un tubo de hierro fundido esmaltado o hierro fundido natural. El asbesto cemento, además de representar un riesgo para la salud de los que lo fabrican, se puede agrietar si accidentalmente la estufa se pone demasiado caliente, y si se agrieta los gases del escape pueden entrar a la habitación sin que os apercibáis de ello y son peligrosos. Se pueden utilizar tubos de metal estampado o de acero esmaltado, pero su duración no se puede comparar a la del hierro fundido, y si tenéis una estufa por cuyo aspecto podéis ver que puede durar cien años deberéis utilizar un tubo que haga juego.

Al tapar con ladrillo el hueco, meted una trampa de cenizas de hierro fundido (es una pieza que se vende en las tiendas); lo mejor es colocarla en la parte de abajo y a un lado del hueco. Servirá para que el desollinador ponga el cepillo y el tubo flexible de vacío para eliminar el hollín al limpiar la chimenea.

Si el hueco de vuestra chimenea es mayor, quizá no queráis tapparla con ladrillo sino que preferáis colocar la estufa dentro del hueco. En este caso lo mejor es que la estufa tenga el tubo de salida en la parte superior llevando el tubo verticalmente a través de la plancha de registro que tapa la chimenea. Si la salida de la chimenea estuviese en su parte posterior habría que poner un codo, debiéndose evitar siempre que se pueda los codos porque reducen la velocidad de los gases de escape. El único caso en que puede ser necesario utilizar una salida de la estufa lateral es para impedir que cuando la estufa es grande sobresalga demasiado hacia la habitación cuando no haya hueco de la chimenea donde situarla.

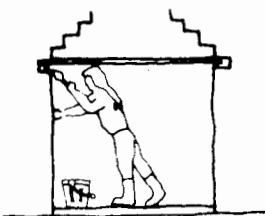
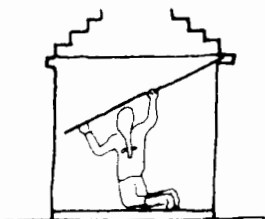


### Colocación de la plancha de registro

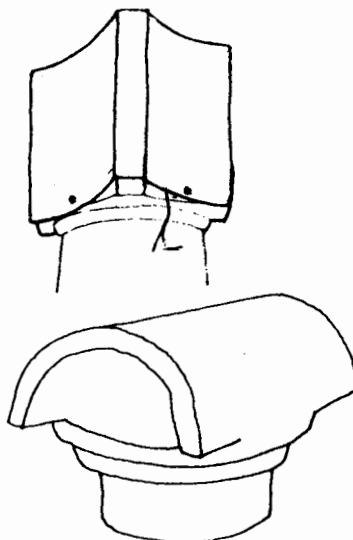
La plancha de registro tendrá que colocarse en la fábrica de ladrillo del hueco de la chimenea antes del estrechamiento de la fábrica de ladrillo que empalma con la salida de humos. Medid el hueco en este punto, incluso los diagonales ya que es muy poco probable que el hueco sea realmente rectangular, y marcad estas medidas sobre una plancha de acero dulce galvanizada del calibre 16. Cortad la lámina de acero 12mm más grande que las líneas marcadas en los laterales y en la parte posterior y cortad justo por la línea en el borde

frontal. Haced un agujero en la plancha de registro para que se ajuste firmemente el tubo de acero fundido de la estufa. También podéis cortar un agujero donde situar la trampilla del hollín. Los bordes de la trampilla del hollín han de doblarse hacia atrás como se muestra en el dibujo y se debe cortar de otro trozo de plancha de acero galvanizado una trampilla que se ajuste en el hueco con un saliente doblado que sirva de asa. De esta forma, la trampilla para el hollín se podrá correr cuando sea necesario.

En la chimenea raspad una junta de mortero a los lados y en la parte posterior del hueco de la chimenea. Doblád la plancha de acero



para que pueda meterse en el entrante de la junta que hemos raspado a los lados del hueco y después la empujaremos hasta que se meta en el rebaje que hemos hecho en el fondo. En la parte delantera del hueco utilizad un trozo de 25mm x 6mm de pletina de acero dulce o un angular de 25mm x 25mm (el angular sólo se puede utilizar si la parte superior del hueco de la chimenea es horizontal) cortado a una longitud 25mm superior a la del hueco. Colocadlo como se muestra en el diagrama para que sirva de apoyo a la parte delantera de la plancha de registro, a la que se debe sellar con adhesivo resistente al fuego. Acuñad hacia arriba la plancha hasta que toque la parte superior de los entrantes de las juntas, con pequeños trozos de pizarra, poniendo después mortero para que quede en su sitio. El tubo de hierro fundido debe sellarse a la salida de la estufa con adhesivos



resistentes al fuego y se debe sellar análogamente al pasar a través de la plancha de registro. El tubo de la estufa ha de sobresalir de 100 a 150mm de registro, por encima de la plancha, dentro del tiro de la chimenea.

### Colocación del sombrerete

Cuando ya está instalada la plancha de registro hay que colocar en la chimenea algún tipo de sombrerete para impedir que la lluvia caiga y oxide la plancha. No puede haber nada peor que estar sentado en una habitación mientras se oye el goteo continuo de la lluvia en una delgada plancha de acero galvanizado. Si la chimenea del tejado es redonda es fácil colocar un sombrerete metálico regulable apretando cuatro pernos, pero se puede caer con los golpes del cepillo del desollinador. Si se hace un sombrerete de arcilla, éste ha de recibirse con mortero encima de la chimenea para que dé buen resultado. Con chimeneas cuadradas o de formas raras habrá que inventar algún tipo de sombrerete con lámina metálica.

## Chimenea de humos

### Elección de su emplazamiento

Para que la instalación de una estufa rinda al máximo, lo mejor es utilizar una chimenea situada en el centro de la vivienda. Las chimeneas de ladrillo o de piedra se calentarán al pasar los gases calientes del escape, sobre todo si la estufa funciona de forma continua



durante el invierno. Los ladrillos calientes irradiarán el calor a las habitaciones del piso superior por las que pasan y esto contribuye en gran medida a la distribución del calor en la casa. La chimenea así colocada puede aumentar entre un 5 y 15% el rendimiento de la estufa que es aproximadamente del 50%. Si la chimenea existente está en un muro exterior se perderá la mayor parte del calor de los gases de la combustión y es posible que decidáis poner una chimenea nueva en algún otro sitio en el centro del edificio.

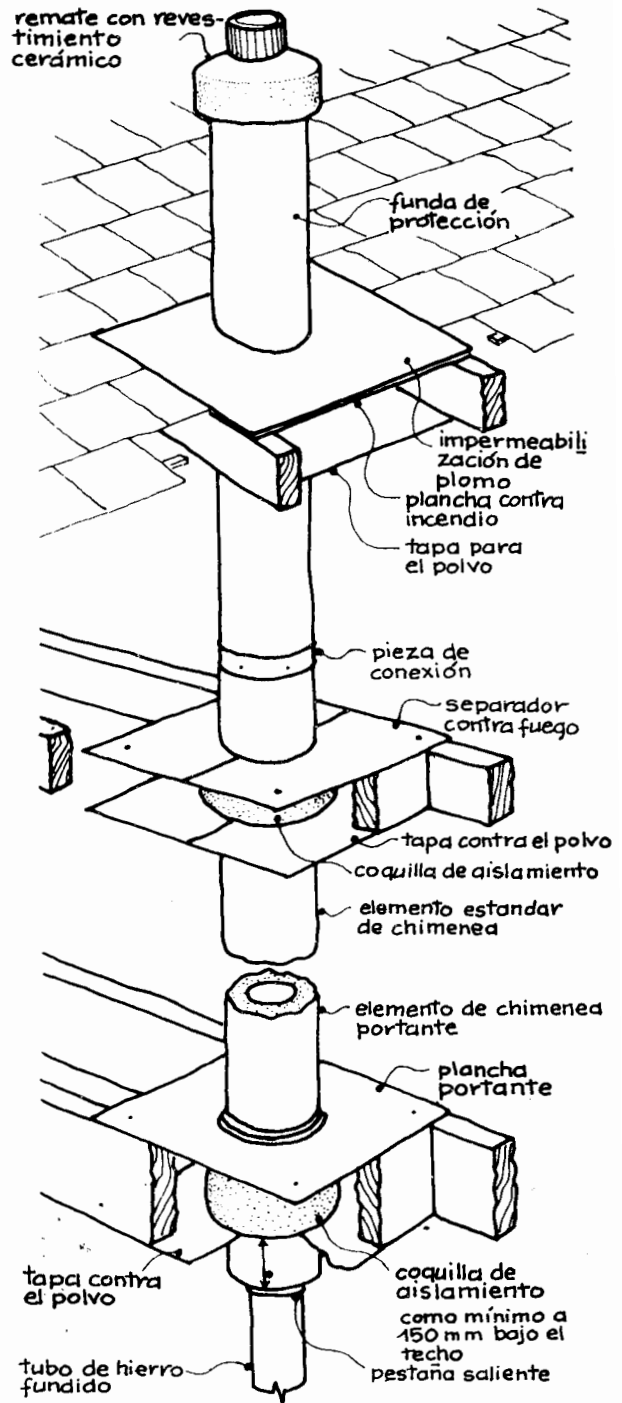
### Chimeneas prefabricadas

Construir una chimenea no es lo mejor para empezar si no tenéis idea de qué va el asunto, ya que la chimenea ha de ser estanca al aire para impedir que los gases venenosos de la combustión se filtren a las habitaciones. Sin embargo, en el mercado hay chimeneas prefabricadas que pueden colocarse en una tarde por dos personas. Estas chimeneas son, de hecho, una versión perfeccionada del tubo de estufa antiguo. Consiste en un tubo interior cerámico o metálico rodeado por aislamiento de fibra mineral, cubriéndose todo con otro tubo que sirve de funda, también de metal. El tubo interior ha de estar aislado de esta forma para impedir que se caliente excesivamente y, por tanto, pueda representar un riesgo de incendio.

Las empresas que fabrican chimeneas prefabricadas os aconsejarán los elementos que vais a necesitar. Deberéis darles un esquema de la posición de la chimenea, donde se pueda ver la altura entre suelo y techo de las habitaciones por donde pasa, la inclinación de la cubierta, la existencia de otros tejados cercanos (que influirá en la altura a que se ha de llevar la chimenea por encima de la cubierta para que funcione bien) y el tamaño del agujero de salida del aparato al que se va a conectar.

### Materiales

En el mercado se venden todos los elementos necesarios para hacer la chimenea, incluso piezas de tubo aisladas; una plancha resistente para colocarla sobre las primeras viguetas del forjado para soportar el peso de la chimenea (se puede cubrir después con tablas del entarimado de la habitación); planchas contra incendios que se fijan sobre la parte superior de las viguetas del techo de la planta superior y debajo de los pares de cu-



Sistema de chimenea prefabricada marca Parkaflue

bierta; impermeabilización para la intersección entre la chimenea y la cubierta; junta exterior para proteger la parte de la chimenea que sobresale por la cubierta y un remate que se encaja sobre ésta. Las que tienen revestimiento cerámico han de tenerlo pegado con adhesivo resistente al fuego, mientras que las chimeneas aisladas que sean totalmente de metal se colocan simplemente a rosca.

### **Montaje**

Empezad a unir los elementos entre sí, empezando con la plancha de apoyo, hasta que lleguéis a un punto por debajo de la cubierta. Quitad las tejas y pizarras que estén justo encima de la chimenea y, si fuera necesario, haced un agujero en el fieltro de impermeabilización. No situéis la chimenea directamente bajo un par de la cubierta; si al hacer la instalación la chimenea cae directamente debajo de un parecillo se puede cortar el trozo entre dos pares. A continuación tendréis que meter desde arriba el último elemento de la chimenea y colocarlo en su lugar; a continuación poned la impermeabilización en la intersección con la cubierta; la funda de protección y, por último, el remate.

La parte más difícil en el montaje de la chimenea prefabricada es hacer e impermeabilizar el agujero de la cubierta. En nuestro caso nos encontramos simplemente con una cubierta plana cubierta con material de goma blanca. Con un serrucho hicimos un agujero en el tablero aglomerado y después de haber colocado la chimenea, soldamos más trozos de impermeabilización de goma blanca sobre la chimenea y el material de cubrición. Si nos os dan vértigo las escaleras y sabéis cómo se repara una cubierta de pizarra intentad hacer el agujero e impermeabilizarlo. Si tenéis dudas, no obstante, lo más sensato sería que contratáseis a un constructor para que hiciese esta parte del trabajo, porque tienen herramientas y la experiencia necesaria.

En nuestro caso hemos visto siempre que compartir el trabajo con los constructores ha significado una gran ayuda a la hora de realizar tareas en las que no nos podíamos permitir ningún fallo. Es bastante fácil realizar vosotros mismos las tareas que sólo significan mano de obra ahorrando dinero, contratando solamente a otras personas para hacer los trabajos más delicados solamente cuando es realmente necesario. También hemos visto que es aleccionador hacer prácticas para mejorar

nuestras habilidades constructivas modificando y construyendo almacenes y cobertizos donde el éxito o el fracaso del trabajo no es tan crítico. ¿Conocéis alguna vaca que sepa apreciar que le conectéis una estufa de leña a una chimenea prefabricada?

### **Elección del modelo adecuado**

La elección de una chimenea prefabricada concreta depende de su aspecto externo, que puede ser de acero inoxidable o de metal pintado, aunque las que tienen un revestimiento cerámico tienen una vida mayor que las que tienen un revestimiento de acero inoxidable. Hay otro tipo de chimenea prefabricada que consiste en un bloque especial donde va incluido un revestimiento cerámico. Aunque esto sería una forma rápida de instalar una chimenea en un edificio nuevo o en una ampliación, serían difíciles de instalar en edificios existentes. La chimenea metálica prefabricada, aunque esté caliente al tacto, no radiará tanto calor como una chimenea interior existente de fábrica, simplemente porque va aislada. No obstante, las que tienen revestimiento cerámico pueden almacenar cierta cantidad de calor si la estufa se utiliza de forma intermitente, y en todo caso las chimeneas que vayan en el interior del edificio darán más calor a la casa que las chimeneas que vayan en los muros exteriores.

### **Comprobación de chimeneas**

Si el edificio ya tiene una chimenea, antes de instalar la estufa sería bueno comprobarla, sobre todo si no sabéis cuándo se utilizó por última vez. Desde el terreno es posible ver si el fuste de la chimenea que sobresale por la cubierta se encuentra en buen estado o si se está desmoronando; esto servirá de indicación para saber el estado de toda la chimenea. Por el interior, las manchas de humedad alrededor del cañón de la chimenea indican que la impermeabilización está en mal estado o que no existe. En este caso debéis repararlo bien vosotros mismos contratando a un constructor. Para hacer una comprobación de toda la chimenea hay que sellar temporalmente la salida de humos de la cubierta, por ejemplo haciendo un gran tapón de fibra de vidrio, y hacer un fuego que haga mucho humo con cartón ondulado o con sacos. A continuación debéis dedicaros unos cuantos minutos, con el rotulador en la mano, examinando el tiro de la chimenea en todas las habitaciones por las

que pasa, incluyendo el desván, viendo si se filtra humo y marcando los agujeros por donde lo haga.

Si no hay filtraciones y el interior de la chimenea os parece que está en buen estado, haced que os la limpien y poned la estufa. Si hay una o dos filtraciones se pueden tapar con mortero, aunque convendría comprobar las reparaciones haciendo un segundo fuego de prueba. Puede que no sea posible detectar por este método todas las filtraciones si, por ejemplo, la filtración del tiro de la chimenea se produce dentro del espesor del forjado, pero nos dará una indicación de su estado de conservación.

Si el tiro de la chimenea está muy agrietado o lleno de pequeñas filtraciones tenéis dos posibilidades. Si la antigua chimenea va en un muro exterior lo mejor es que la olvidéis y conectéis la estufa a una chimenea prefabricada nueva situada en el centro de la casa. Otra posibilidad es utilizar un sistema patentado para construir una chimenea nueva dentro de un tiro antiguo. Se pone dentro de la chimenea una bolsa de goma inflada y se vierte a su alrededor hormigón con vermiculita. Cuando ha fraguado el hormigón se quita la bolsa, creándose una chimenea con aislamiento de paredes lisas, que es ideal para los aparatos de combustible sólido. Esta, sin embargo, no es una técnica para que la podáis hacer vosotros mismos. Los revestimientos metálicos del tubo de la estufa, como los que se utilizaban en las antiguas chimeneas para las calderas de calefacción central, no son suficientemente fuertes para resistir la mayor temperatura y los gases más corrosivos del escape de una estufa de leña.

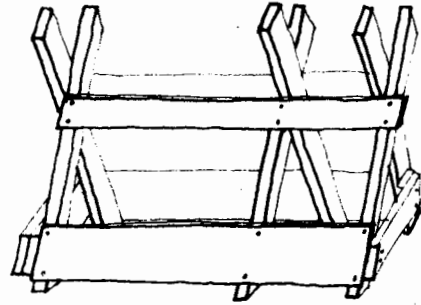
Es importante comprobar el estado de la chimenea ya que sin ella la estufa no puede funcionar. Como medida de precaución, la chimenea ha de ser capaz de resistir un incendio producido en su interior. Si hay filtraciones en el tiro se podría propagar el fuego a la casa con consecuencias trágicas. El exterior de la chimenea debe estar perfectamente rejuntable y el remate de mortero en la intersección de la chimenea con la cubierta no debe estar agrietado para que la lluvia no pueda penetrar dentro del tiro. Esto debe vigilarse cuando esté instalada la estufa. En el Reino Unido, donde es tradicional que haya chimeneas de carbón en edificios de ladrillo, hay muchas casas que tienen chimeneas adecuadas para las estufas de leña. Siempre que se

mantengan en un buen estado y se limpien cada año para eliminar la creosota, que potencialmente representa un peligro, el tiro y la estufa son un método duradero de calentar el edificio, que requerirá relativamente poco mantenimiento.

## La leña

### Construcción de un banco de sierra

Puede que la madera os la suministren por toneladas, ya cortada y partida, y lo único que tenéis que hacer es desembolsar el dinero y transportar la madera algún sitio donde pueda almacenarse, preferiblemente a cubierto. Si tenéis que cortar tablas o madera procedente de demoliciones, sería conveniente que usáseis parte de la madera para construir un banco de sierra.



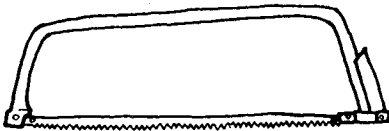
Primero cortad seis piezas iguales de 75mm x 50mm o un tamaño parecido con una longitud de 1100mm. Haced con estas piezas tres cruces como se ve en el dibujo, haciendo que se crucen a un tercio de la longitud de las piezas de madera. Cortad dos trozos de 100mm de madera del mismo espesor y clavada en la parte inferior de dos de las cruces para que sirvan de tirantes. Medid la anchura de la base de la cruz y cortad una tabla de 25mm x 150mm para sujetar la base, rematando los bordes para que se ajusten a la cruz. Clavad estas tablas en su sitio. Cortad cuatro tablas, también de 25mm x 150mm, con la longitud que vaya a tener el banco; 1100mm sería suficiente y queda bien, que es la misma dimensión de las piezas que forman la cruz.

Ahora habréis de hacer una medida de la longitud de la leña para que pueda entrar en la estufa. Cortad una pieza de madera, marcadla y tenedla al lado del banco de sierra para que os sirva de guía al cortar maderas muy largas. Poned las primeras cruces ligeramente más

cerca entre sí que la longitud que habéis medido. Esto ha de hacerse para que al cortar piezas pequeñas el trozo que queda en el banco de sierra quepa dentro de la estufa. Clavad dos tablas largas a un lado de una de las cruces atirantadas, colocad en su sitio la cruz que no tiene tirante y sobre ellas clavad la tabla, por último sujetad la otra cruz atirantada en su otro extremo. Cavad al otro lado las otras dos tablas. Este tipo de banco de sierra es ideal para rollizos normales, pero también es útil para serrar tablas de madera y madera procedente de derribos.

### Sierras

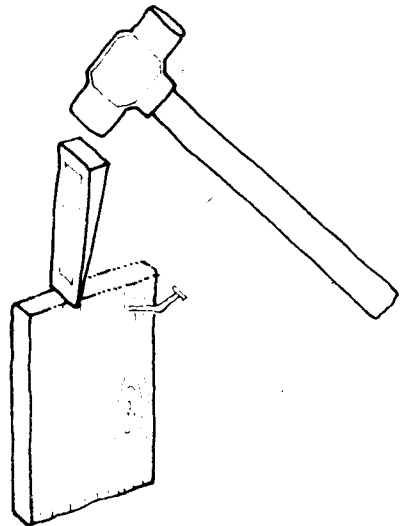
La sierra de arco con hoja intercambiable (conseguid una que tenga una longitud de 750mm o 900mm) es fácil de utilizar, pero si vais a cortar como mínimo una tonelada de leña durante el invierno veréis que tendréis que utilizar varias hojas, dependiendo de cuantos clavos habéis serrado accidentalmente. Las sierras de cadena son caras, pero con ellas podéis salir al campo y cortar árboles caídos —por supuesto, con el permiso del dueño. Las sierras de cadena son, además, peligrosas y ruidosas. Van muy bien para serrar tablas en manojos, pero es mejor no utilizarlas para madera de derribos por el peligro que hay de tropezar con los clavos ocultos.



Hay un viejo adagio inglés que dice que «la leña caliente por partida doble» y hemos visto que dos personas serrando en una tarde fría, además de calentarse por dentro, pueden cortar leña suficiente para una semana para una estufa pequeña de combustión interna.

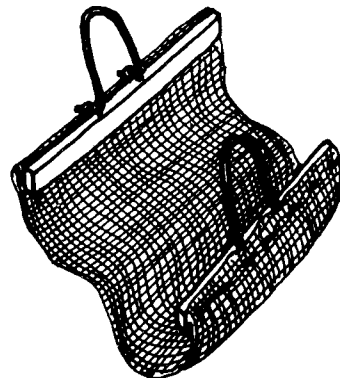
### Cuñas

Si la madera viene en forma de grandes troncos, necesitaréis un par de cuñas de acero para partirlas en trozos más pequeños. Las cuñas se deben utilizar después de haber cortado los troncos a las longitudes adecuadas para la estufa. Metedlas en la madera con un martillo, utilizando la segunda cuña para abrir aún más la madera después de haber metido la primera en toda su longitud. Veréis que algunos tipos de madera se parten más fácilmente que otros.



### Transporte y almacenamiento

Después de haber cortado la leña y haberla almacenado a cubierto durante el mayor tiempo posible para permitir que se seque bien, sólo queda llevarla a la estufa y almacenarla cerca de ella. Tened la cesta para transportar la madera cerca de la estufa, pero no justo al lado para que no se queme la madera antes de lo que pensabais. Nosotros hemos transportado madera en cesta y cubo y hemos visto que es más sencillo con un portatroncos. Podéis hacer uno con un saco; clavad dos trozos de madera de 25mm x 50mm en los lados cortos con clavos de cabeza ancha. Poned dos hembrillas en cada uno de los trozos de madera, atad una cuerda en ellas y hacedle nudos en los extremos. La longitud de las asas de cuerda dependerán de la cantidad de leña que queráis transportar cada vez, pero creemos que será suficiente con que les deis 500mm, y si os quedan un poco cortas la solución es llevar algo menos de leña.



# 19 Construcción de paneles solares

Una forma de hacer un sistema de agua caliente solar es mediante paneles solares; éstos son pequeños colectores solares, montados dentro de una caja estanca al agua, bien aislada, que se puede colocar en cualquier sitio, conectándose al depósito del agua caliente. Los paneles solares que se venden en el mercado tienen cajas de aluminio o de fibra de vidrio que no se oxidan o estropean al estar expuestos continuamente a los efectos del sol y de la lluvia. Los colectores hechos por vosotros mismos deberán de ser lo más estancos posibles, o en caso contrario se romperán antes de tener la oportunidad de daros una cantidad apreciable de agua caliente. Sin embargo, el único material posible para una caja de un colector casero es la madera, porque los otros materiales no son fáciles de manejar sin tener un taller adecuado.

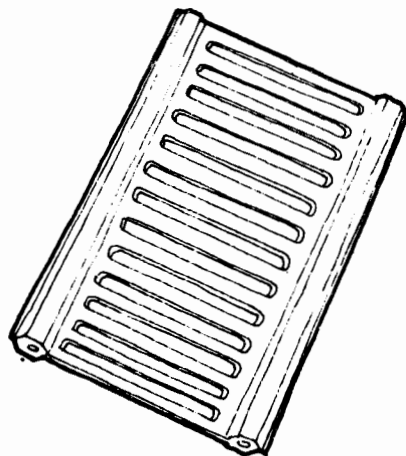
## Materiales

El tamaño de vuestro panel solar dependerá de varios factores: peso total —no tiene sentido construir un precioso panel solar y ver después que no podéis levantarlo para ponerlo en su sitio— tamaño del cristal que se

pueda manejar fácilmente sin que se rompa y tamaño de la lámina absorbente del calor.

## El radiador

Lo mejor que se puede utilizar como lámina absorbente en una instalación casera es un radiador de acero de una calefacción central. Aseguraos de que es de chapa de acero y no de los antiguos radiadores de hierro fundido. Los radiadores modernos sólo contienen una pequeña cantidad de agua, por lo que cuando



se utilizan como colectores solares el sol no tiene que calentar un gran volumen de agua fría antes de que el colector pueda empezar a funcionar. Esto quiere decir que reaccionará rápidamente durante los períodos cortos de sol, y recogerá más calor.

### El cristal

El cristal deberá de ser de 4mm de espesor de los que se emplean para horticultura si os podéis hacer con ellos; es más barato que el vidrio para ventanas porque da una imagen algo distorsionada, como el vidrio de las casas antiguas. El vidrio para invernaderos se fabrica en tamaños normalizados, para invernaderos ligeros de tipo holandés, que son los que consisten en unos grandes paños de cristal con marcos de madera. Se suele fabricar de los siguientes tamaños:

1410mm×730mm	1651mm×730mm
1422mm×730mm	1676mm×730mm
1613mm×730mm	1778mm×730mm

Tratad de hacer el colector del tamaño correcto para poder colocar uno de estos cristales de tamaño normalizado.

Podéis comprar el cristal a un mayorista (preguntadle al vendedor del vidrio) o quizá en viveros que tengan invernaderos de tipo holandés. Si todo esto falla, tendréis que comprar vidrio normal de 4mm y que lo corten en la tienda. No utilizad vidrio mayor de 1410mm×730mm; no podréis manejar un cristal de tamaño mayor ya que será demasiado pesado y difícil de levantar para colocarlo en su sitio.

### Dimensiones

El tamaño del cristal determina las dimensiones totales del panel solar y esto también os dará las dimensiones del radiador que podréis colocar como lámina absorbente. Al comprar el radiador, lo más importante en lo que hay que fijarse es que tenga roscas de hierro de 3/4 en las cuatro esquinas (para poder hacer las conexiones de las tuberías). Para que pueda ir con el tamaño del cristal que hemos dicho anteriormente necesitaréis un radiador que no sea mayor de 650mm×1200mm; en caso contrario, no habrá suficiente espacio en la caja para hacer las conexiones del radiador.

### Durabilidad

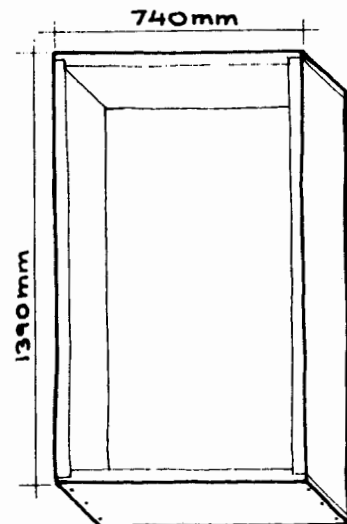
Para que el colector sea eficaz para ahorrar dinero en la producción de agua caliente con-

ventional debe tener una gran durabilidad, es decir de quince a veinte años. Si se rompe o se corroe después de sólo dos años sólo habrá sido un juguete caro. Por esta razón conviene utilizar los mejores materiales teniendo cuidado de realizar perfectamente su construcción. También recomendamos que no montéis los colectores sobre la cubierta, porque después de que estén sobre ella no podréis vigilarlos y hacer con facilidad las labores de mantenimiento necesarias. Para subir a la cubierta necesitaréis una escalera de mano y en algunos casos andamio, lo cual hace que probablemente dejemos que los colectores se cuiden a sí mismos y tengamos la tentación de no molestarnos en subir para mirarlos. Si no se les vigila y se hacen las repaciones oportunas cuando se produzca cualquier filtración de agua o si se rompe la caja, se deteriorarán rápidamente y se harán inservibles. Nosotros sugerimos que los paneles solares se monten cerca del terreno, de forma que los veáis y vigiléis fácilmente si necesitan cualquier reparación.

## Montaje

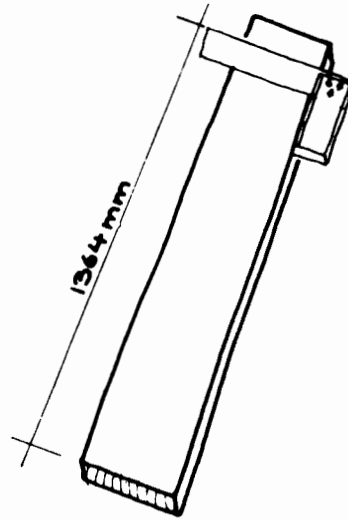
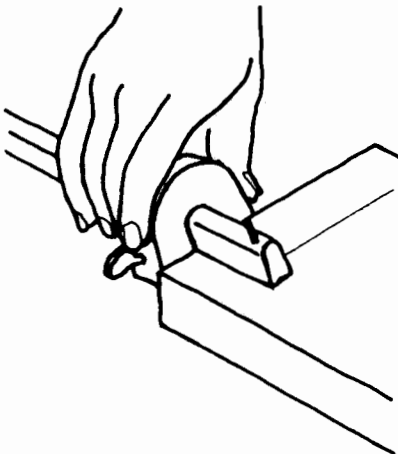
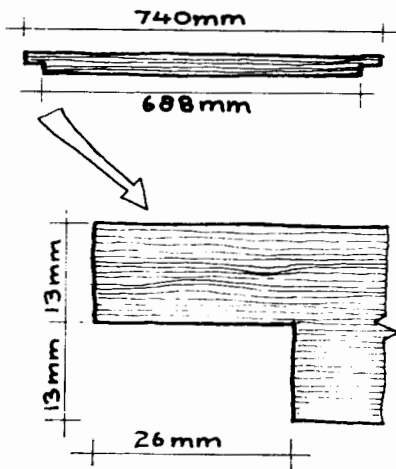
### Caja

Deberéis empezar la construcción del panel solar haciendo la caja. Los costados deberán hacerse de madera de 32mm×175mm, cepillada en toda su longitud, lo que nos dará unas dimensiones finales de 26mm×169mm. Podéis comprar la madera ya cepillada para no hacerlo vosotros; en el almacén de maderas,



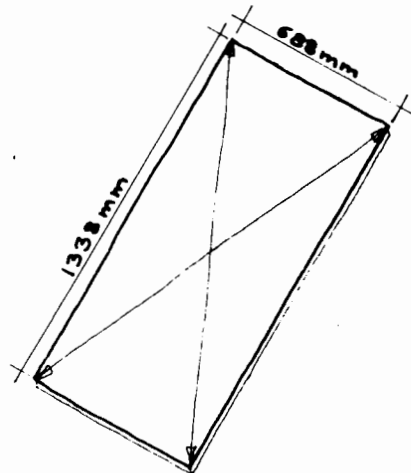
con la máquina de cepillar, os lo pueden hacer muy bien y con rapidez.

El colector va a estar expuesto a las peores condiciones ambientales posibles: heladas, lluvia y sol, por lo que deberéis comprar madera tratada y cuando cortéis las piezas del panel solar deberéis darle a las partes cortadas tres capas de preservativo de madera antes de montarla. Si no podéis conseguir madera tratada, tendréis que aplicarle a la madera tres manos de preservativo. Esto lo deberéis hacer cuando la caja está montada, habiendo tratado todas las juntas antes de montarlas como se describe a continuación. Al aplicar el preservativo deberéis llevar guantes de goma, utilizad una brocha vieja y dedicadle todo el tiempo necesario. Esto puede parecer mucho trabajo, pero si no hacéis este tratamiento con preservativo el panel empezará a deteriorarse con rapidez.



La caja habrá de tener una anchura de 740mm y una longitud de 1390mm. Primero haced las partes superior e inferior, cortándolas a su anchura exacta o ligeramente superior para que las podáis lijar. Señalad los cajeados como se muestra en el dibujo, asegurándoos de que las caras interiores estén a una distancia de 688mm y que los salientes de la junta tengan un grosor de 13mm. Para mayor exactitud utilizad un calibrador para que todas las juntas tengan las mismas dimensiones. Cortad lo que sobre con un serrucho.

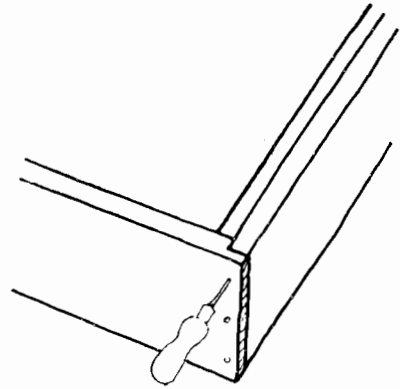
Ahora ya podéis cortar los laterales, que deberán tener una longitud de 1364mm. Tomaos el tiempo necesario para marcar y cortar la pieza para que los bordes formen ángulo recto. A continuación dad tres manos de preservativo de madera en los cortes de las pie-



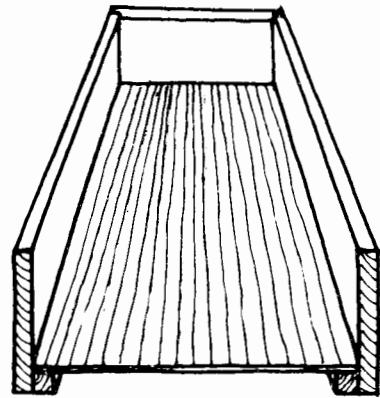
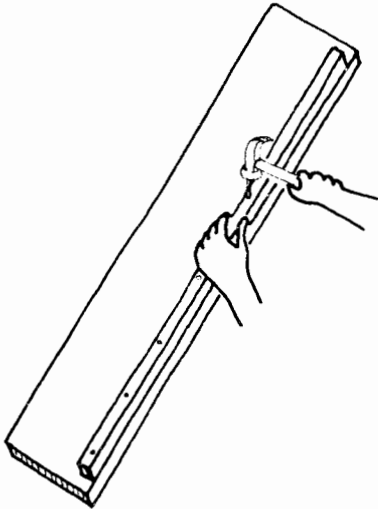
zas de los laterales y de la parte superior e inferior. Cortad una pieza de contrachapado para exteriores de 6mm como base del panel. Deberá medir 688mm×1338mm; al hacer las señales para cortarlo comprobad que las diagonales tengan la misma longitud ya que esto quiere decir que los ángulos son rectos. Dadle varias capas con preservativo.

A continuación haced los soportes de la base con madera tratada de 25mm×25mm. Cortad dos piezas de 1338mm de longitud para los lados mayores y dos de 638mm para los menores. También en este caso aplicad tres capas de preservativo en los cortes.

Cuando todo el preservativo esté seco —lo mejor es dejarlo secar una semana— podéis empezar a montar el colector. Empezad con los laterales, marcando una línea de 13mm en cada uno de los bordes, encolando y clavando un listón de madera de 25mm×25mm en los

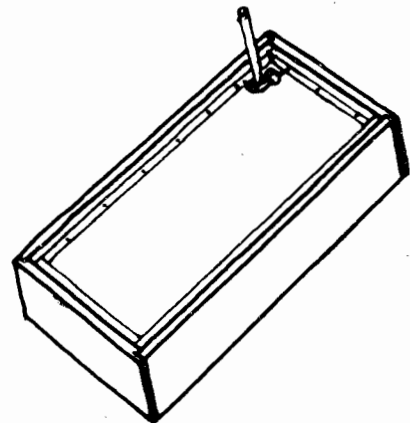


agujeros de guía en los puntos señalados con una broca de 2mm. Cuando se hayan marcado y taladrado los agujeros de los extremos de las piezas laterales y cuando se han hecho los agujeros guía (haced una marca en las piezas para que sepáis dónde va cada una) aplicad bastante cola resistente al agua en la junta y meted los tornillos, apretando.



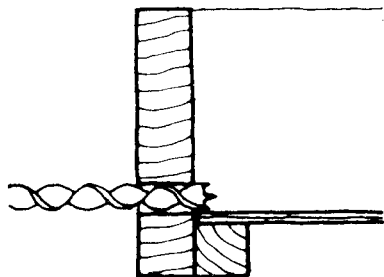
bordes de cada lateral, alineándola con la marca que habéis hecho en cada extremo. Los clavos deben ser galvanizados de cabeza perdida, de 38mm de longitud y la cola será resistente a la humedad.

A continuación, en cada extremo, haced una marca donde colocar tornillos del número 12 de 63mm. Los tornillos habrán de ser galvanizados o con un tratamiento anticorrosivo. Taladrad los agujeros, avellanándolos y poned uno de los extremos en posición en uno de los laterales. Marcad los agujeros de los extremos de los laterales haciendo pasar un punzón a través del agujero, haciendo unos

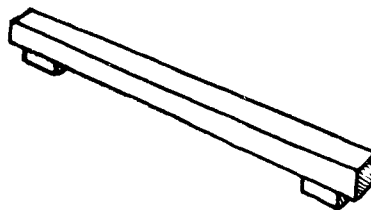




Cuando estén unidos los laterales y los extremos aplicad más cola encima de los listones que están clavados en las piezas laterales, y clavad la base de contrachapado con clavos de 19mm galvanizados de cabeza perdida. Esto hará que la caja mantenga su forma rectangular. Cuando se haya secado bastante la cola, clavad encima los otros listones de 25mm x 25mm, utilizando mucha cola para su-



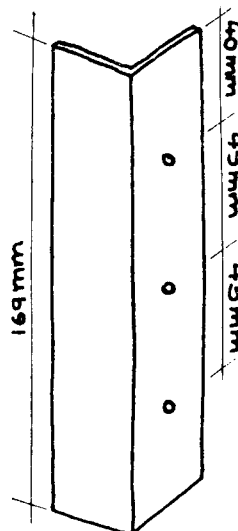
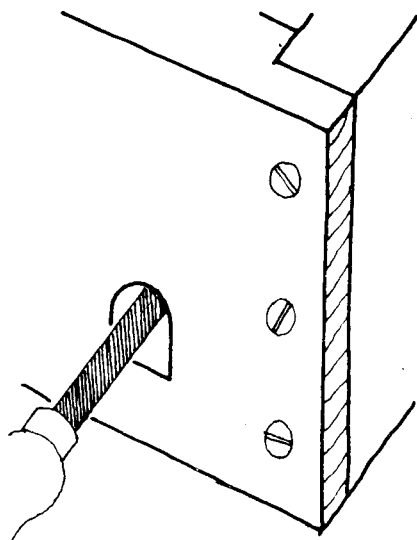
quede nada por pintar, incluso en el interior de los agujeros. El color más apropiado sería el negro, pero queda a vuestra elección. Es preferible la impregnación a la pintura, porque la pintura forma una película en la superficie de la madera, que se puede agrietar y desprender, por lo que antes de repintarla tendréis que lijarla. La impregnación con tinte se embebe en la madera sin formar película, pudiendo aplicar capas sucesivas sin ninguna preparación posterior.

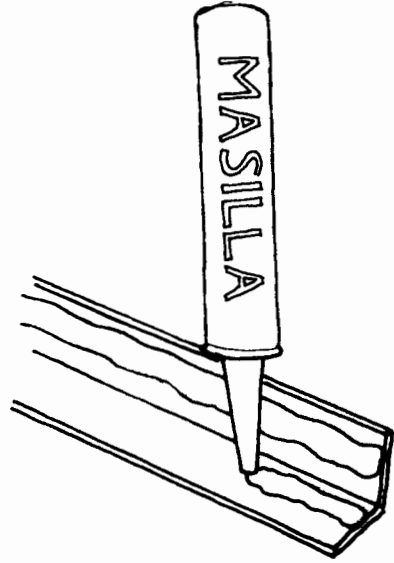
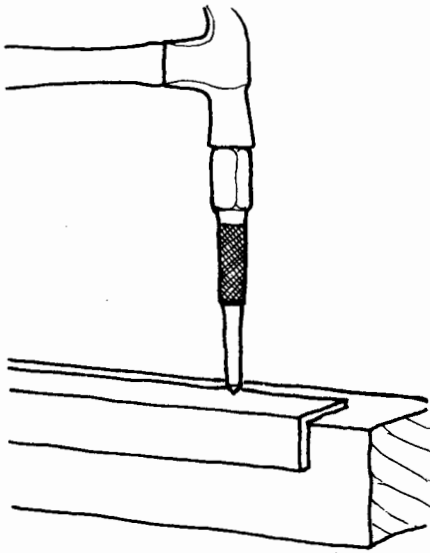


jetar el contrachapado. Cuando se haya secado la cola haced unos agujeros de 10mm, como los del dibujo, en el borde inferior de la caja, puestos de tal forma que la parte inferior de cada agujero quede alineada con la parte superior del contrachapado. Utilizad una pequeña lima triangular para dar forma a la parte inferior de cada agujero, como se puede ver en los dibujos. Estos agujeros permiten el drenaje de la condensación que se forme en el interior del colector.

Cortad dos trozos de madera tanalizada de 50mm x 50mm, de una longitud de 638mm, clavando dos separadores de 25mm x 50mm en la parte inferior de cada uno de ellos. Los separadores hacen que la condensación que se forme en el colector solar escurra por debajo de los listones de 50mm x 50mm sobre los que se va apoyar el panel absorbente. A los soportes y a los separadores hay que darles cuatro manos con la misma pintura de impregnación que se dio al resto de la caja. Cuando estén secos los soportes deberán atornillarse a la caja, sobre la base de contrachapado, con tornillos galvanizados de 63mm,

Por último, dadle a la caja tres manos de preservativo de madera hidrófugo por el interior y por el exterior, asegurándoos de que no



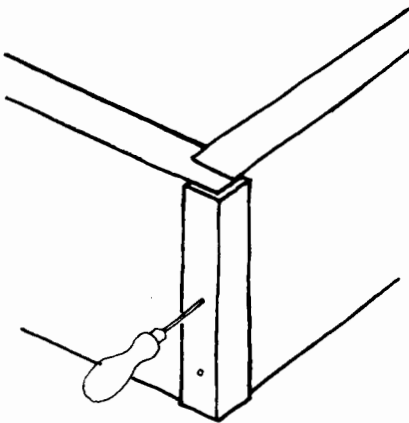


del número 12, alojando las cabezas en las avellanaduras hechas en el contrachapado.

Finalmente cortad cuatro trozos de angular de aluminio de 25mm x 25mm de una longitud de 169mm. Estos sirven para proteger las testas que quedan expuestas en la caja de madera. Marcad en los ángulos la posición de los agujeros como se indica en el dibujo, haciendo que los agujeros de la parte superior estén como mínimo a 35mm del extremo del angular. Los agujeros habrán de tener un diámetro de 5mm, donde se meterán tornillos de 38mm del número 8 con cabeza redonda. Para que sea más fácil hacer los agujeros, porque la punta de la broca resbala en el aluminio, hay que marcar primero la posición de cada agujero: coged un punzón, ponedlo sobre la marca y dar un golpe con el martillo.

Esto hará una pequeña muesca en el metal donde se puede meter la broca sin que se deslice.

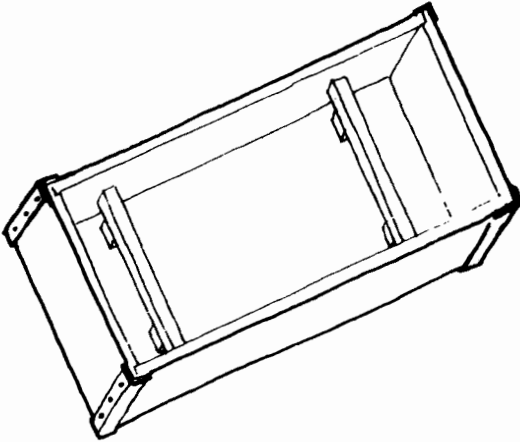
Después de haber hecho los agujeros en los angulares, colocadlos en posición sobre la caja del colector, marcad las posiciones de los agujeros y con una barrena haced agujeros guía para meter los tornillos. Antes de atornillar los angulares poned una capa de masilla en cada uno de sus lados, que es un material de sellado adhesivo. Se fabrica en dos tipos: con cartucho de cartón que se coloca sobre una pistola de enmasillar o en un cartucho «autopulsado». Los cartuchos para la pistola son más baratos, pero tendréis que comprar también la pistola. La pistola de enmasillar la podéis manejar con una mano, lo que a veces es una ventaja, ya que suele hacer un trabajo más limpio al ser más fácil controlar el flujo de la masilla. En los cartuchos autopulsados, hay una rueda de plástico a la que se da vueltas para hacer salir la masilla.



La masilla mejor y más cara es la de silicona, que debe durar más de veinte años. Antes de emplear ninguna masilla comprobad que se pueda utilizar con el aluminio. Hay algunos tipos que requieren que se desgrase el metal o que exigen la utilización de una imprimación especial antes de aplicar la masilla. Después de poner la masilla en los angulares, atornilladlos en posición mediante tornillos de acero galvanizado, aleación de aluminio, galvanizados, sherardizados o recubiertos de cadmio para que no se oxiden. Hay algunas

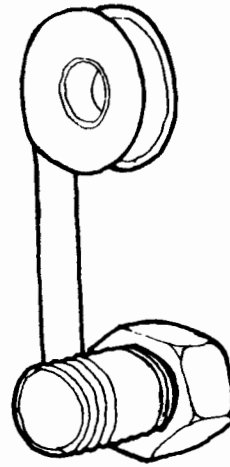
masillas que al apretarlas rebosan por los bordes de los angulares, debiéndose limpiar con un cuchillo después de que ha fraguado durante algunas horas.

Cuando hayáis puesto los angulares en las esquinas habréis acabado la caja y os podéis dedicar a construir el colector solar propiamente dicho.



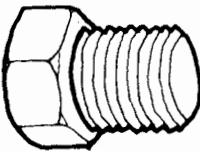
### El radiador

El colector consiste en un panel de chapa de acero de un radiador, no mayor de 650mm x 1200mm. Las dimensiones exactas dependen del fabricante, pero lo importante es que el radiador tenga en las cuatro esquinas conexiones de hierro de 3/4 de pulgada. Cuando compréis el radiador acordaos de comprar dos tapones para los extremos ciegos. Comprad dos reductores que tengan a uno de sus lados un vástago roscado de 3/4 de pulgada y un reductor para tubo de cobre de 22mm en el otro. Envolvad la rosca de los

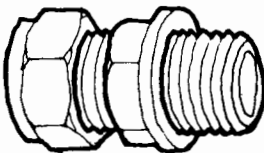


dos con cinta de PTFE (politetrafluoretileno) y atornilladlos en dos agujeros del radiador situados en diagonal. Colocad la cinta en la dirección que se muestra en el dibujo —si no lo hacéis así la cinta se despegará al enroscarlo en el radiador. A continuación atornillad los reductores en los dos agujeros que quedan, utilizando también cinta PTFE para que no haya filtraciones. Apretad los tapones y los reductores con una llave inglesa.

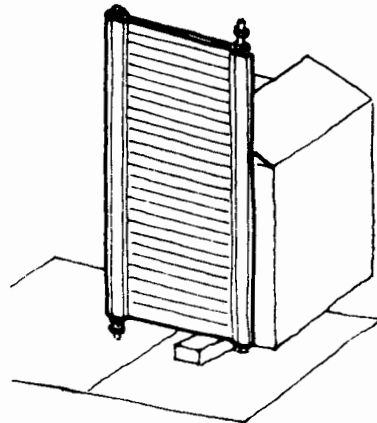
Taponad uno de los reductores mediante un disco ciego y sellad la rosca con cinta de PTFE. Llenad el radiador de agua por el otro reductor y dejadlo de pie sobre un periódico seco. Si veis que no hay manchas de agua sobre el periódico después de una hora podéis suponer que habéis hecho las conexiones lo suficientemente apretadas. Quitad el disco ciego y ponedlo en el reductor por el que llenasteis el radiador, dadle la vuelta a éste y repetir la prueba. Es



tapón de hierro de 3/4 pulgadas

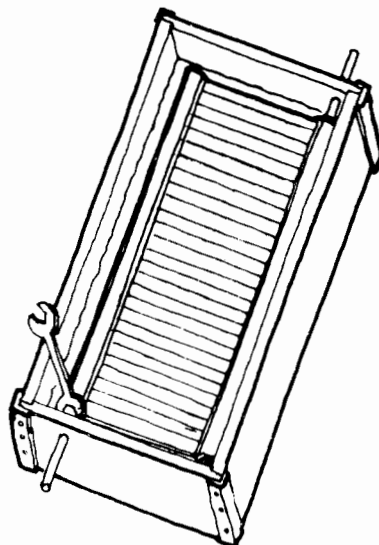
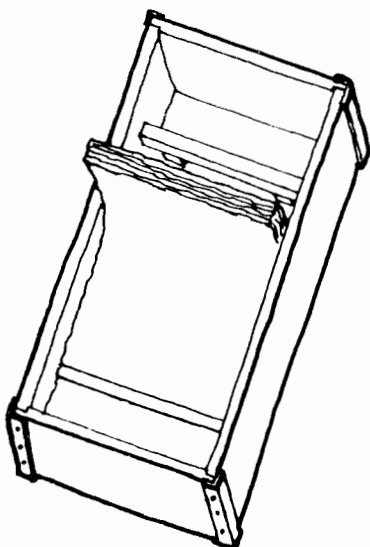


22 mm. cobre + 3/4 pulgadas hierro



mejor hacer esto que no montar el panel del colector y ver después que hay filtraciones.

Después de haber terminado la prueba, vaciad el radiador, quitad el disco y aplicad sobre la superficie superior del radiador una capa de pintura negra mate para pizarras. Cortad un trozo de aislamiento de fibra de vidrio o de lana mineral de 75mm de espesor y colocadla en el fondo de la caja que hicisteis anteriormente. No caigáis en la tentación de utilizar aislamiento de poliestireno expandido porque, aunque tiene mejor aspecto que la fibra de vidrio, si se deja el colector al sol sin que fluya el agua alcanzará una temperatura suficientemente alta como para fundir el poliestireno.



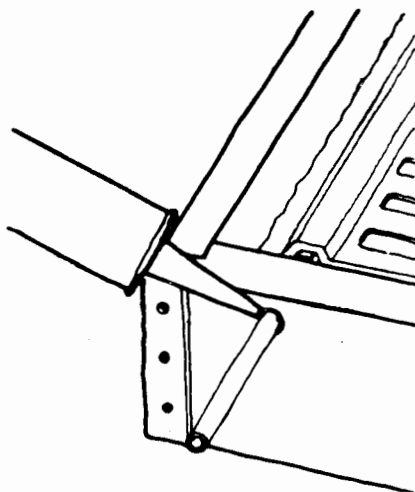
tuerca del reductor una vuelta completa con una llave, después de apretarlo a mano para que la conexión quede estanca. La tubería debe sobresalir unos 150mm de los bordes de la caja, al pasar por los agujeros debe sellarse a fondo con masilla de silicona.

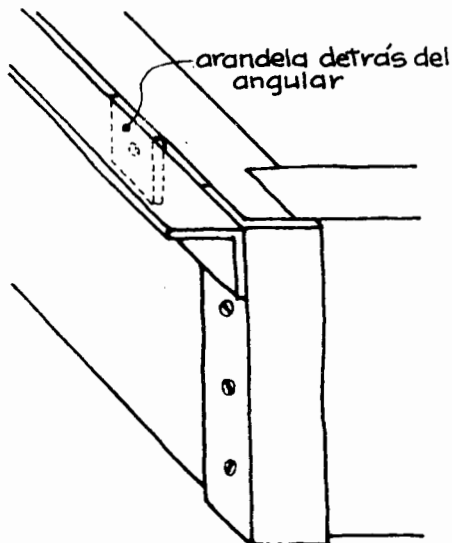
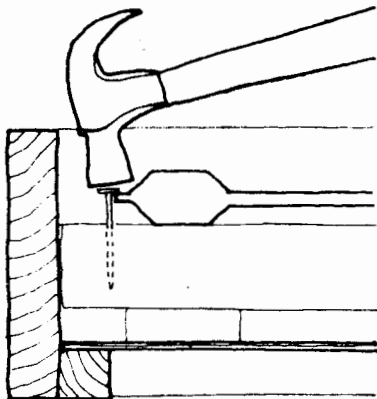
Es importante asegurarse de que el sellado de la tubería y la caja esté bien hecho para que la lluvia no pueda filtrarse al interior del panel solar y estropearlo. Terminad esta fase del trabajo clavando un clavo galvanizado de 50mm de cabeza ancha sobre el soporte del colector a cada lado del radiador para mantenerlo en posición.

Si queréis podéis pintar la superficie del aislamiento con pintura negra mate para que quede más bonito, pero el pintado de la fibra de vidrio es un trabajo ímprobo que es mejor evitarlo.

### Montaje de la caja, del radiador y de las tuberías

Ahora ya podéis poner el radiador en la caja y marcar en el borde superior e inferior la posición de los agujeros por los que se van a hacer pasar las tuberías del radiador. Haced con cuidado los agujeros con una broca de 25mm y pintad el interior de los agujeros con pintura de impregnación. Poned el radiador en la caja y conectad dos trozos pequeños de tubería de cobre de 22mm en los reductores. Dadle a la

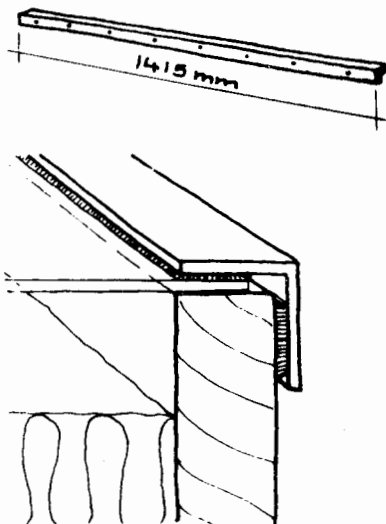
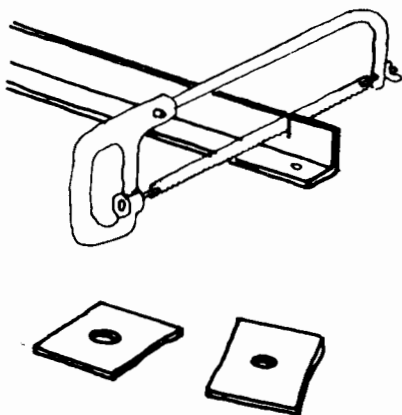


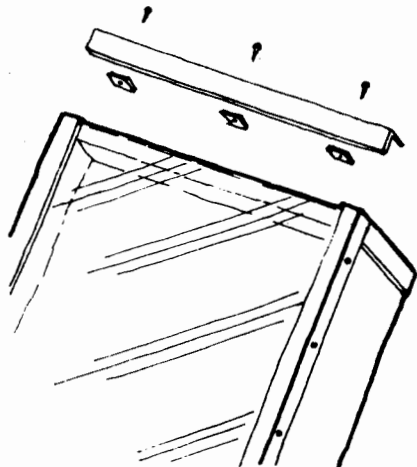


### Acristalamiento

La última fase es el acristalamiento. Colocad el panel solar sobre una superficie plana y medid la anchura de su borde inferior, que deberá ser de 740mm. Cortad un trozo de angular de aluminio de 25mm x 25mm con estas dimensiones, hacédle cuatro agujeros de 5mm de diámetro por donde puedan pasar tornillos de cabeza redonda de 19mm del número 8. Veréis que si tratáis de colocar este angular en su sitio se doblará ligeramente hacia el interior porque se solapa con los angulares que se pusieron en las esquinas. Para solucionar este pequeño problema fabricad algunas arandelas, haciendo taladros sobre unos trozos de angular de 25mm x 25mm cortándolo, como se muestra en la figura, con una sierra de metal para hacer varias piezas de metal cuadradas con agujeros. Si ponéis una de estas arandelas debajo del angular en cada agujero del tornillo servirán para rellenar la diferencia de nivel. Este angular se debe

embeber con masilla como hicimos con el de las esquinas. Ahora poned el cristal, que deberá estar limpio y seco por ambos lados, encima de la caja: dejad igual separación a ambos lados, y colocad el cristal a haces con el borde del angular que acabáis de colocar en la parte inferior del colector. Cortad dos trozos más de angular de 1415mm de longitud, hacédles unos taladros para poder meter tornillos del número 8 como se muestra en la figura. Echad un chorro de masilla a cada lado del angular donde se va a apoyar el cristal y poned también una capa de masilla sobre el lado de angular que va a estar en contacto con la





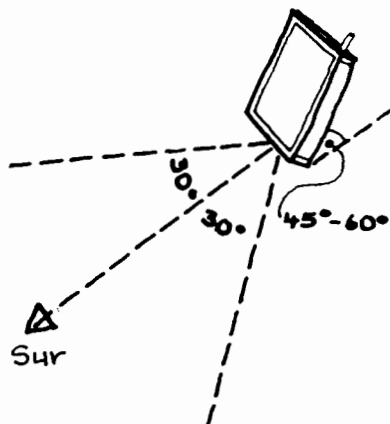
madera de la caja del colector (tratad de que la masilla no pegue el cristal a la madera).

Mediante arandelas fabricadas a partir de trozos de angular, como hemos descrito anteriormente, atornillad el angular a los largueros de la caja asegurándoos de que el cristal quede sujeto a presión. Haced después el otro lado y cortad otro trozo más para colocarlo en la parte superior del colector, de una longitud suficiente para que cubra los dos largueros como se muestra en el dibujo. A éste se le deben hacer agujeros y se debe colocar igual que se hizo con las piezas laterales, pero quizá aquí necesitéis más masilla en su encuentro con el cristal porque quedará a una altura ligeramente superior, debido al espesor de los angulares de los largueros, por encima de la superficie de cristal.

Ahora ya está terminado el panel solar, pero el trabajo no ha hecho más que empezar. El panel descrito tiene una superficie absorbente de unos  $0,7\text{m}^2$ , que es la superficie del radiador. Para conseguir los cuatro metros cuadrados que recomiendan los expertos necesitaréis seis paneles como éstos. Si calculáis que cada metro cuadrado de colector solar va a calentar 50 litros de agua, podríamos decir que una vivienda necesaria dos paneles de  $0,7\text{m}^2$  por persona. Si en la casa vive mucha gente tendréis que dedicar mucho tiempo a construir paneles. Si el circuito va a llevar bomba, dejad uno de los paneles sin cristal y sin meter el radiador. Esto os permitirá colocar un sensor de temperatura para controlar la bomba. Cuando se coloca el sensor en su lugar, como se describe después, el panel se termina como los demás.

## Montaje del colector terminado

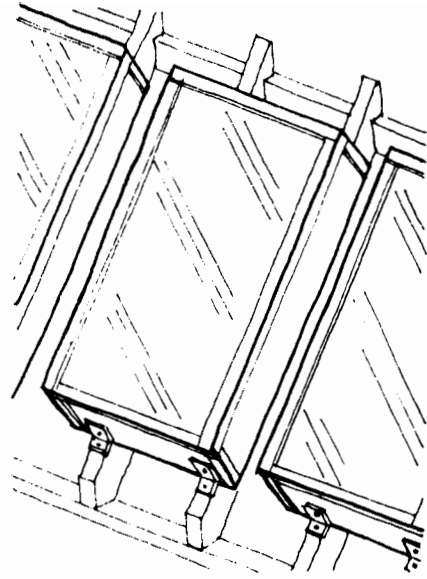
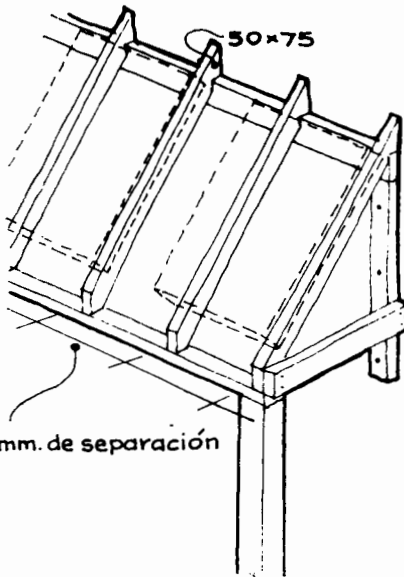
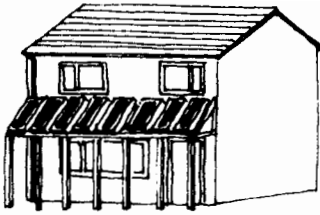
Antes de pasar a la fontanería deberéis montar de alguna forma el colector. El ángulo entre los paneles y lo horizontal no es demasiado importante y puede ir desde 30 a 60 grados sin que tenga mucho efecto en el funcionamiento, pero con un ángulo de 40 a 69 grados la lluvia escurrirá por los paneles mejor



que si el ángulo es pequeño. Lo mejor es que el colector solar esté orientado al sur, pero puede estar orientado 30 grados a cada lado del sur sin que la disminución de rendimiento sea apreciable. Lo más importante es que no haya obstáculos que arrojen sombra sobre los paneles solares, el cual deberá tener, si es posible, un campo de visión de 45 grados a cada lado (ver diagrama). Sería una buena idea ver si hay sombras, sobre todo en primavera y otoño, antes de situar y colocar finalmente vuestros paneles.

## Soporte de apoyo

La mayoría de los paneles solares van montados sobre las cubiertas, pero no lo recomendamos para los de tipo casero por lo difíciles que son de mantener cuando están montados en ese lugar. La mejor solución es construir una estructura donde apoyar los colectores y colocarla a uno de los lados del edificio. La estructura de soporte deberá hacerse de madera tanalizada como se muestra en los dibujos, poniendo en las juntas mucha cola resistente al agua. Si hacéis las patas de la suficiente longitud, los colectores formarán una

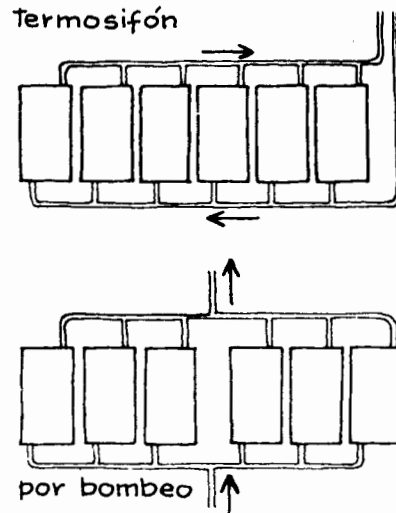


una separación suficiente entre paneles solares contiguos para que podáis alcanzar los tornillos si tenéis que sustituir el cristal. Para sujetar los colectores sobre la estructura de apoyo utilizad trozos de angular de aluminio de 50mm x 50mm de una longitud también de 50mm, sujetos al panel solar con tornillos de cabeza redonda de 25mm del número 8, y al soporte de madera con tornillos de cabeza redonda de 50mm y del número 10. Todos los tornillos deberán ser zincados o sherardizados.

Por último, conectar los paneles colectores

especie de porche o pérgola orientada al sur, o se puede utilizar para dar sombra a una ventana.

La parte que se fija sobre el edificio deberá atornillarse al muro con pernos de 10mm y 100mm de longitud, otra posibilidad es atornillarlo con tornillos zincados del número 12 y 88mm de longitud y tacos de plástico. Es más sencillo colocar esta pieza primero construyendo después sobre ella el resto de la estructura, teniendo cuidado de que todos los bastidores estén en línea entre sí. Los soportes transversales deberán colocarse con una separación de 600mm, de forma que haya

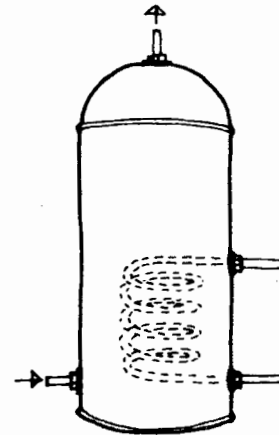
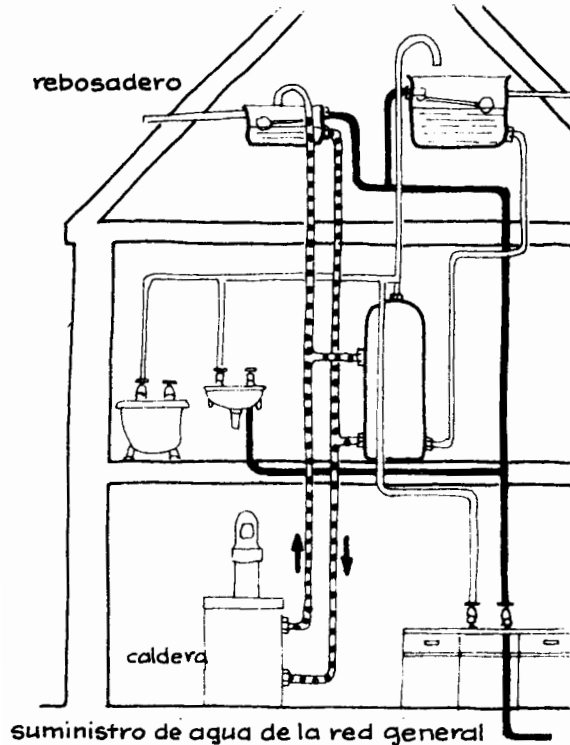


como se muestra en los diagramas —un método es para sistemas por bombeo y el otro es para sistemas de circulación por gravedad o termosifón. Las tuberías de conexión deberán ir revestidas con aislamiento impermeable. Para meter las tuberías dentro del edificio tendréis que utilizar una broca de widia de gran diámetro como mínimo de una longitud de 300mm para poder pasar a través de un muro de ladrillo normal con cámara de aire, o bien quitar un ladrillo rellenando el hueco con mortero. Quedará mejor su utilizáis un taladro. Si alquiláis uno con percutor durante un día, no os llevará mucho tiempo hacer los agujeros. Rellenad con masilla de silicona alrededor de las tuberías cuando estén colocadas para que no pase la lluvia.

### Depósito

Ahora ya tenemos las tuberías en el interior del edificio, pero todavía queda por resolver gran parte de la fontanería. Tendréis que comprar un depósito para almacenar el agua caliente solar. El sistema que aprovecha mejor la energía solar recogida es en el que el

agua calentada por el sol sirve para alimentar el termo de agua caliente existente. Con este sistema, cuando no hace mucho sol el colector podrá suministrar agua templada al depósito solar, y cuando este agua templada entre al termo existente necesitará menor cantidad de energía para calentarlo a una temperatura a la que se pueda utilizar que si el termo se alimentase directamente de la red de agua fría. El depósito para el agua caliente solar deberá tener un volumen de 50-60 litros por cada metro cuadrado de superficie de colector. En la tabla siguiente se da una lista de depósitos indirectos de cobre. Este tipo de cilindros con intercambiador de calor de serpentín situado en su interior es el que se debe utilizar en el depósito solar.



diámetro en mm	altura en mm	capacidad en litros
300	1600	96
350	1900	72
400	900	96
400	1050	114
450	675	84
450	750	95
450	825	106
450	900	117
450	1050	140
450	1200	162
500	1200	190
500	1500	245
600	1200	280
600	1500	360
600	1800	440



Cuando hayáis elegido un tamaño determinado, conviene comprobar si un depósito ligeramente más pequeño sería mucho más barato; el espesor del metal utilizado varía de un tamaño de depósito a otro, haciendo que un tamaño superior tenga precio doble que el inmediatamente inferior. Preguntadle al vendedor si será necesario que el depósito tenga un ánodo de protección. Este puede ser necesario si vivís en una zona que tenga aguas agresivas para que no corra el cilindro. En caso de duda, poneos del lado de la seguridad y comprad un depósito con ánodo.

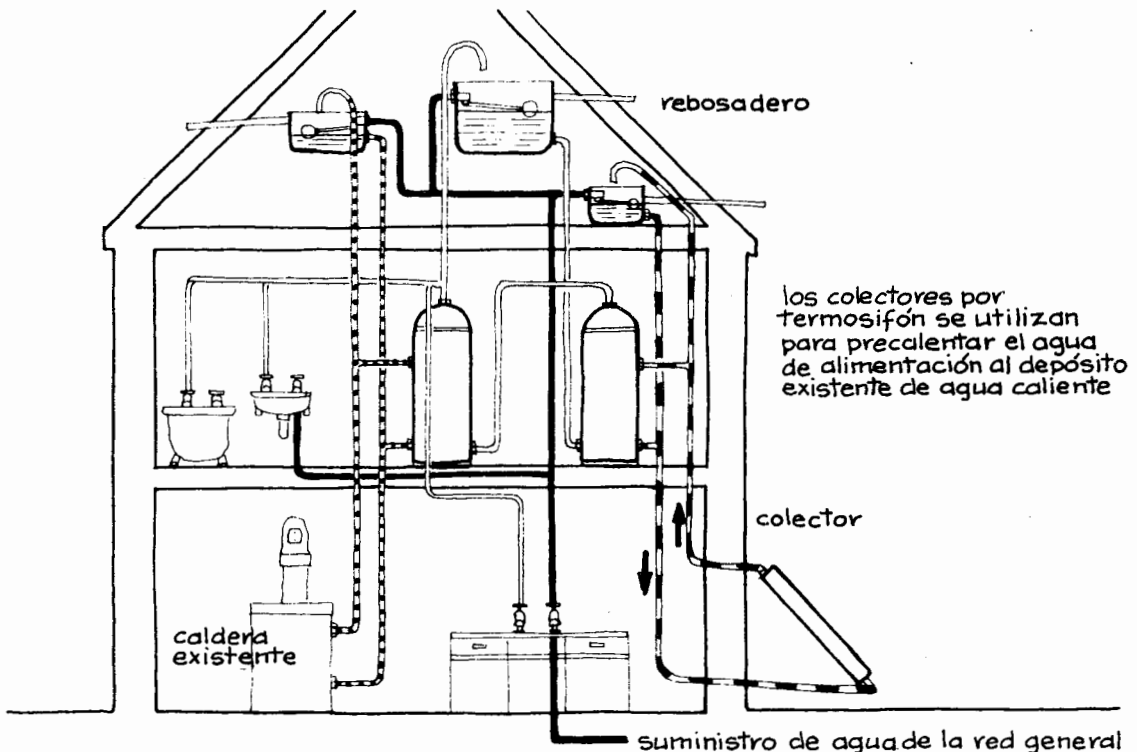
El depósito tendrá cuatro conexiones: dos para el circuito indirecto para calentar el intercambiador de calor del cilindro, una para la alimentación de agua fría y una para la salida de agua caliente. Cuando compréis el depósito deberá tener dos conexiones para tubería de cobre de 22mm para la alimentación de fría y para la salida de caliente, y dos conexiones para el circuito solar de 28mm de diámetro si el sistema es por termosifón y de 22mm si es un sistema por bombeo. El vendedor os dará también los accesorios necesarios para colocar las tuberías de estas dimensiones sobre los agujeros del cilindro si le explicáis los diá-

metros de tuberías que vais a utilizar. No será necesario que el cilindro tenga un agujero para el calentador de inmersión, y si lo tiene tendréis que comprar una chapa para taparlo.

## Fontanería

### Termosifón

El problema final es cómo conectar los colectores solares al depósito de agua caliente solar. Podéis conectar todo el sistema de forma que el agua calentada fluya por el circuito por gravedad, aprovechando el hecho de que el agua caliente es menos densa que la fría. Si utilizáis este sistema de termosifón, las tuberías que vayan del colector al intercambiador de calor dentro del depósito deberán de ser como mínimo de un diámetro de 28mm (que en tubería de cobre es muy caro), debiendo haber, si es posible, una ligera pendiente continua en las tuberías que vayan del colector al depósito; si esto no puede ser así, es fundamental que por lo menos las tuberías vayan horizontales. La base del depósito de agua caliente debe estar como mínimo a 600mm por encima de la parte superior de los colectores,



pudiéndose poner mucho más alto. Todas las tuberías han de estar bien calorifugadas, de forma que no se pierda el calor recogido antes de llegar al cilindro de agua caliente.

Cuando las tuberías vayan por el exterior de la casa, el aislamiento ha de ser resistente al agua, por lo que lo mejor es utilizar coquillas cilíndricas prefabricadas (las tiras de fibra de vidrio no serán impermeables), pero debéis comprobar preguntando al vendedor si es realmente impermeable. En el interior del edificio podéis utilizar cualquier cosa siempre que sea aislante. No olvidéis de poner aislamiento en el depósito de agua caliente solar, preferiblemente con fibra de vidrio o lana mineral de unos 150mm o 200mm.

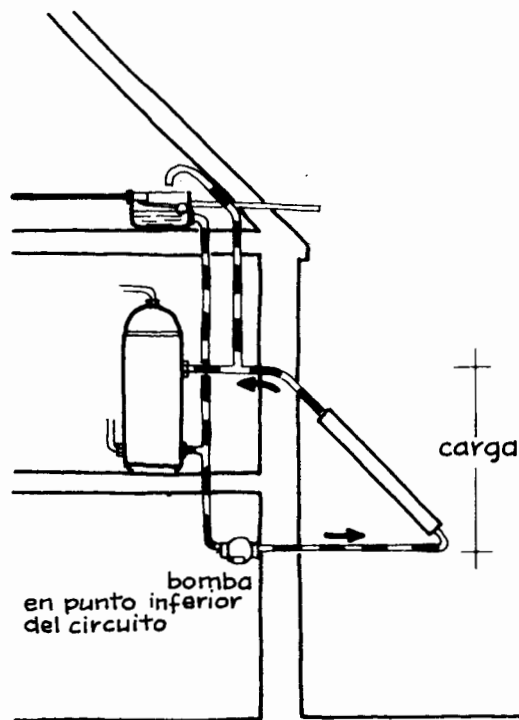
Es posible ahorrar algo de dinero en las tuberías de un sistema por termosifón utilizando tubería de polietileno (Alkatene), de la de tipo duro utilizada para suministro de agua en granjas, etc., no manguera de jardín. Esta tubería tiene un diámetro exterior mayor que el que tiene una tubería de cobre del mismo diámetro interior porque la tubería de polietileno tiene paredes más gruesas, y para evitar gastar grandes sumas de dinero en los accesorios de conexión podéis comprarlos de plástico, parecidos a los que se venden para las mangueras del jardín, pero para las tuberías de polietileno han de ser más fuertes. Si podéis encontrar a alguien que os venda este tipo de accesorios os serán de mucha utilidad, pero no son fáciles de encontrar. Merece la pena preguntar en varios sitios. En un sistema por termosifón deberíais utilizar una tubería de polietileno con un diámetro *interior* de 25mm o 32mm. La tubería no se estropea para unas temperaturas del agua de hasta 60°C, y no es probable que los paneles solares produzcan agua a esa temperatura; pero al calentarse, la tubería se hará bastante flexible y deberéis apoyarla a intervalos de 600mm con abrazaderas para tuberías; en caso contrario se combarán y habrá sido inútil todo el tiempo que habéis estado colocando minuciosamente la tubería para que tuviese una ligera pendiente. Si vuestro presupuesto os da para tubería de cobre, ésta es mucho más fácil de manejar porque es rígida y resistente al agua caliente, pero para sistemas provisionales o experimentales va bien el plástico.

Si os decidís por un sistema solar por termosifón deberéis dedicar algo de tiempo a planificar la ubicación de los colectores y de los depósitos para que las tuberías entre el co-

lector y el depósito solar tengan la menor longitud posible para reducir las pérdidas de calor y, lo que es más importante, el coste. En el diagrama se muestra la disposición de los elementos necesarios para conectar un sistema por termosifón dentro de una instalación de agua caliente ya existente, utilizando la energía solar para precalentar el agua de alimentación al depósito de agua caliente existente.

### Sistema por bombeo

Si construís un sistema por bombeo, podéis utilizar tuberías de menor diámetro, 22mm si es de cobre, o de acero inoxidable. Además el trazado de las tuberías se hace menos crítico. Puede tener pendientes hacia abajo o hacia arriba según sea necesario para ensartarlas en el depósito. Por supuesto, necesitaréis una bomba. Utilizad una de las que se fabrican para instalaciones de calefacción central, siendo el factor más importante la altura a la que ha de bombearse el agua, a la que llamaremos «carga». Algunas bombas tienen carga regulable, pudiéndose adaptar para usos dife-



colector por bombeo - el resto del circuito es igual que en el sistema por termosifón

rentes, por lo que deberéis comprar una de este tipo si no estáis seguros de la presión que va a tener vuestro sistema.

Para que el sistema sea eficaz la bomba ha de funcionar solamente cuando haya suficiente radiación solar, en caso contrario lo que podéis hacer es enfriar el agua en vez de calentarla. Necesitaréis un controlador diferencial de temperatura que mida las temperaturas del depósito, de los colectores y encienda la bomba cuando los colectores alcanzan la temperatura suficiente. Si sabéis algo de electrónica hay diagramas hechos para construir el controlador, pero si no entendéis de estos asuntos podéis comprar uno hecho. El controlador deberá tener cables largos con sensores de temperatura en los extremos. Uno de estos sensores ha de sujetarse firmemente a la lámina absorbente de uno de los paneles solares haciendo buen contacto con la superficie metálica, y el otro se debe fijar sobre el depósito del agua caliente. Preguntadle a los fabricantes qué métodos de colocación aconsejan. El cable del sensor ha de sacarse por la parte trasera o lateral de la caja del colector, debiéndose sellar con masilla de silicona el agujero por el que pasa para que no pueda entrar el agua.

## Protección del colector

Cualquiera que sea el sistema que vais a construir necesitará protección de las heladas, ya que pueden estallar los paneles del colector, y de la corrosión, que puede acortar la vida de las instalaciones solares. La corrosión se puede producir entre los accesorios de cobre y los radiadores de hierro y deberéis utilizar un anticorrosivo (podéis comprarlo en los almacenes de fontanería), que se añade en una proporción de una parte de anticorrosivo por cada veinte partes de agua dentro del circuito solar. Veréis ahora por qué se debe utilizar un sistema indirecto: no estaría bien que saliese el anticorrosivo por el grifo del agua caliente.

También se fabrican anticongelantes que consisten en un agente espumante de un desagradable sabor, de forma que si hay una filtración en el sistema de agua caliente sirve de indicador. Deberéis utilizar una solución de an-

ticongelante al 25%, lo cual da protección hasta  $-14^{\circ}\text{C}$  que es suficiente en la mayoría de las regiones. Consultad en los archivos meteorológicos locales para ver cuáles son las temperaturas mínimas durante un invierno realmente frío y preguntad a los fabricantes qué aconsejan cuando haga más frío de  $-14^{\circ}\text{C}$ .

## Cálculo de la capacidad del colector

Para calcular el contenido de agua del sistema necesitaréis saber el agua que contienen los radiadores que utilizáis en los paneles solares (preguntad a los proveedores o a los fabricantes), el contenido de agua del serpentín del depósito de agua caliente solar (preguntadle también a los fabricantes) y la longitud de la tubería, incluidos los accesorios que hay en el circuito. El contenido de agua de la tubería de cobre es el siguiente:

diámetro exterior en mm	contenido de agua en litros por metro
15	0,15
22	0,32
28	0,54

Por último, no olvidéis el volumen de los depósitos de rebosadero o de las cisternas de presión. Un cuarto del volumen total calculado ha de ser anticongelante y una veinteaava parte ha de ser anticorrosivo, por tanto, calculad la cantidad de anticorrosivo y anticongelante que se necesita, ponedlos en la cisterna y abrid la llave del agua para que se llene el sistema. Todo lo que queda por hacer ahora es esperar a que haga sol.

En todo esto podréis ver claramente que un sistema de paneles solares acarrea gran cantidad de trabajo y de gastos, y os llevará muchos años recoger suficiente energía utilizable para amortizar el coste de su construcción. Si decidís construir paneles solares poned gran cuidado en hacerlos correctamente de forma que duren mucho tiempo y recordad comprobarlos regularmente.

# 20 Construcción de un techo solar

El techo solar es una alternativa a los paneles solares estudiados en el Capítulo 19, especialmente indicado si tenéis una cubierta que necesite reparación o sustitución. La cubierta solar es más barata que los paneles, y sirve de impermeabilización, además de como calentador solar. Su desventaja es que su eficacia es menor que la de los paneles solares convencionales.

La cubierta solar, o colector de goteo, consiste en una lámina metálica negra sobre la que gotea el agua proveniente de una tubería perforada colocada en la parte superior de la lámina. Hay una lámina de vidrio encima de la base metálica que se calienta al estar al sol, calentando el agua que baja por ella. El agua caliente se recoge en un canalón situado en la parte inferior de la cubierta, se hace pasar por bombeo a través de un intercambiador de calor situado en un depósito de agua caliente, y se la hace subir de nuevo a la cubierta. El sistema necesita bomba, pero no se congelará porque no hay agua en el colector (a no ser que haya sol y se encienda la bomba).

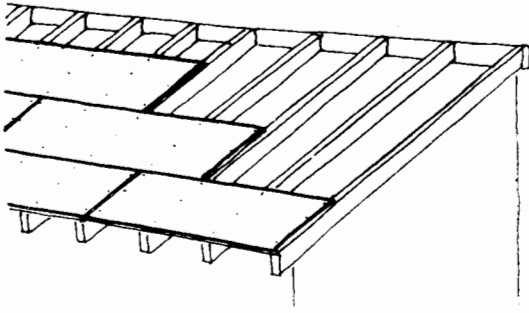
## **Acceso**

Construid el sistema sobre una cubierta adecuada orientada al sur, que forme un ángulo

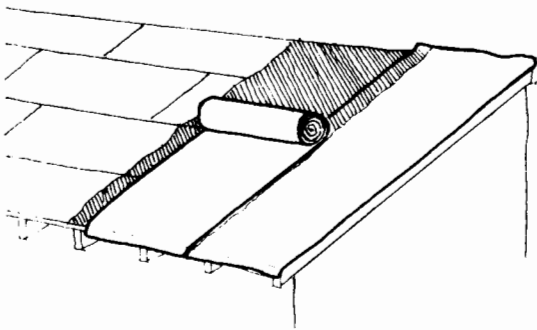
de 30 a 60° con la horizontal. Para poder acceder a la cubierta necesitaréis dos escaleras de mano extensibles, que deberéis fijar sobre unas hembrillas colocadas en las correas de cubierta o en las tabicas de los aleros y sobre estacas colocadas en el terreno. Además necesitaréis una escalera que tenga un extremo especial que se enganche sobre el borde de la cubierta. Habría mucho que decir sobre la construcción de un colector por goteo en un edificio de una planta o en un cuerpo anejo al edificio para reducir los problemas de acceso y los posibles accidentes. Si queréis construirlo en una cubierta aún más alta podréis alquilar quizá unos andamios y que os los monten para tener fácil acceso a toda la cubierta, o quizá queráis reconsiderar todo el proyecto.

## **Preparación de la cubierta**

Quitad el material de cubrición para que queden a la vista los pares de cubierta y dadles tres buenas capas de preservativo de madera. Si la separación entre los pares es mayor de 400-450mm clavad unas cuantas más. Si la cubierta es antigua, ved si hay signos de pudrición y sustituir la madera dañada con trozos nuevos

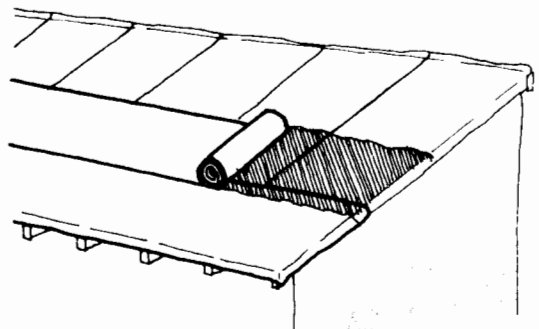


de madera tratada. A continuación cubrid los pares con una capa de aglomerado para cubiertas de 18mm, clavándolo con clavos anulares. Podéis comprar el aglomerado con una capa de fieltro incorporada; merece la pena, ya que es impermeable en cuanto hayáis cubierto con cinta adhesiva las juntas, por lo que no habrá problemas de que se dañen por la lluvia. Colocad la impermeabilización de fieltro sobre la superficie del tablero aglomerado para que sirva de protección si el colector tiene filtraciones y para impedir que el vapor producido por el agua caliente de la cubierta pase por difusión a los materiales de la cubierta. La cubierta solar



produce mucho vapor de agua porque está en contacto con el aire, y deberéis tener mucho cuidado para que el vapor no entre en la casa. Empezando por un extremo de la cubierta, extended con la llana una capa delgada de masilla en frío (Ruberoid o similar), que podéis comprar a la vez que el fieltro, para cubrir el aglomerado, con una anchura algo mayor que la del rollo de fieltro. Desenrollad el fieltro y sujetad el borde de abajo en su sitio mediante unos cuantos clavos galvanizados con cabeza. Lo mejor es hacerlo en un día que haga calor, de

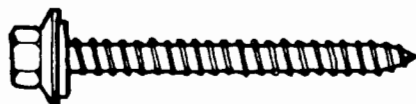
forma que el fieltro, que deberá ser de espesor mediano, se desenrolle fácilmente sin agrietarse. Cuando esté colocada en su sitio la primera pieza de fieltro, bien recibida sobre la masilla y sujeta con unos cuantos clavos en los bordes, poned otra tira de masilla sobre el aglomerado, solapándose con el fieltro 100mm. Colocad el trozo de fieltro siguiente con un solape de 100mm sobre la pieza colocada anteriormente y continuad hasta que acabéis toda la cubierta. Aseguraos de que todo el tejado esté bien cubierto con masilla y de que el fieltro esté alisado antes de clavarlo para que no haya arrugas. Colocad a continuación otra capa de fieltro, también recibida con masilla. Esta vez debe colocarse horizontalmente, empezando por los aleros, solapando 100mm. Ambas capas de fieltro deben sobresalir por los bordes de la cubierta unos 100mm.

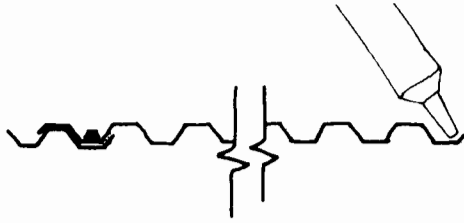


## Colocación del colector

### Lámina de aluminio

Ahora ya podéis hacer la parte del colector que va a absorber el calor. Se puede hacer de aluminio ondulado, pintado de negro. La forma más fácil de hacerlo es comprar aluminio ya pintado. Los tornillos para sujetar el aluminio al tablero aglomerado los proporciona el mismo fabricante del aluminio. Deberán de ser de rosca madera y tener una longitud de hasta 20mm. Es imprescindible que los

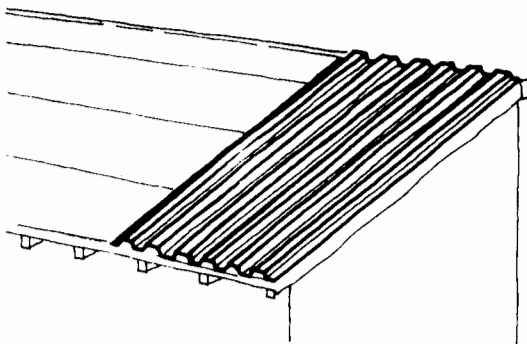




tornillos sean de acero inoxidable o de aleación de aluminio, y que tengan arandelas de sellado adecuadas para impedir que el agua se filtre por ellas; si los compráis al fabricante de las láminas onduladas tendréis la seguridad de que son los correctos.

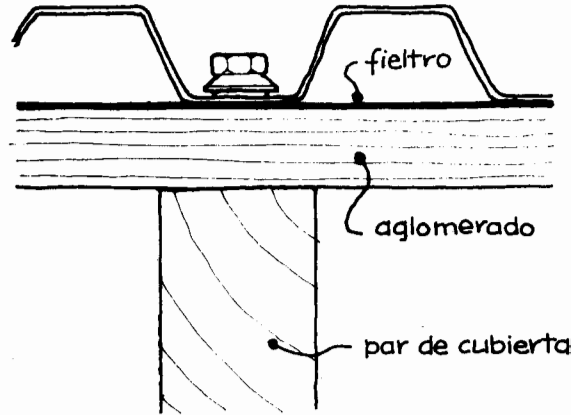
Necesitaréis además un tubo de masilla para sellar las juntas que quedan entre las láminas adyacentes de aluminio. Cuando hagáis el pedido de las láminas de aluminio decidle al fabricante la longitud que han de tener (hasta un máximo de 13 metros) y la anchura de la superficie a cubrir. Cada lámina tiene una anchura de 1123mm, pero sólo sirve para cubrir 1050mm porque se solapa sobre la junta de la siguiente.

Para colocar el aluminio elegid un día en calma y pedidle a algún amigo que os ayude a poner las láminas en posición mientras hacéis los agujeros. La primera lámina se debe poner alineada con el lateral de la cubierta y se debe poner con cuidado para que forme ángulo



recto con la línea del alero. Debe sobresalir por el borde inferior de la cubierta unos 50mm. Si no se coloca correctamente esta primera lámina toda la cubierta saldrá torcida.

Cada lámina necesitará una fila de tornillos en los bordes y en el centro, con los tornillos separados alrededor de un metro. Colocad los primeros tornillos de la lámina en la parte superior de la fila central, haciendo una pequeña

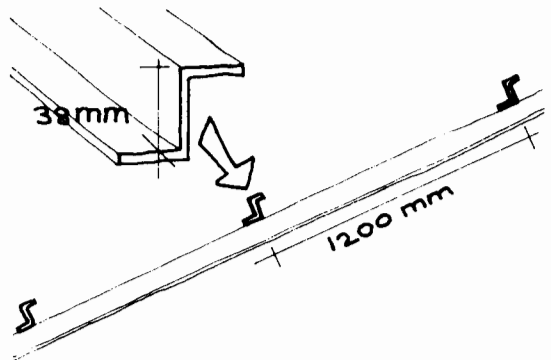


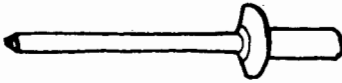
abolladura con un punzón para que la broca no resbale. Taladrad únicamente unos 5mm dentro del tablero aglomerado, de forma que el tornillo tenga buen agarre. El diámetro de la broca deberá ser ligeramente superior al del tornillo. Por último, apretad firmemente el tornillo con una llave para que se comprima la arandela de sellado contra el aluminio. Si utilizáis una llave de cubos con trinquete el trabajo será mucho más fácil.

Cuando se ha colocado la línea central y el borde exterior de la primera lámina, untad con un poco de sellante el borde donde vaya a solapar la siguiente lámina y a continuación poned la lámina en posición y fijadla, empezando también por la fila central de tornillos. Requiere cierto cuidado hacer que las láminas estén bien alineadas, por lo que no caigáis en la tentación de correr demasiado.

### Correas

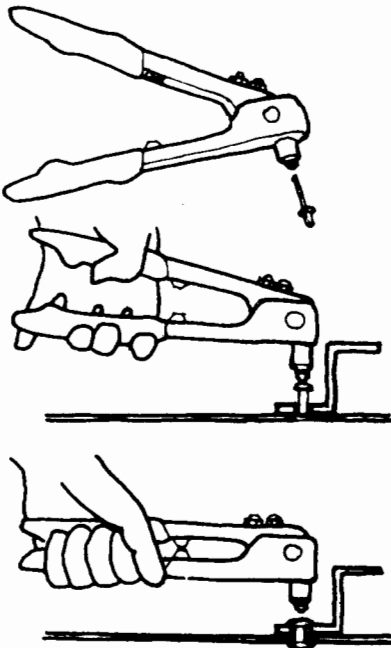
Cuando las láminas estén en su sitio, colocad las correas de aluminio sobre las que van a ir los perfiles de cristal. Las correas pueden ser perfiles de aluminio en Z de un canto de





38mm. Colocadlas con una separación entre ejes de 1200mm transversalmente sobre las láminas de aluminio y sujetadlas a las láminas con remaches de aluminio que podéis comprar también en el mismo sitio donde venden las láminas onduladas. Es muy importante utilizar estos remaches y no de acero para que no se corroan. Las correas deben llevar agujeros donde alojar los remaches cada 600mm (aseguraos de que los agujeros que hacéis coincidan con la separación de las ondulaciones de la lámina de aluminio).

Tirad una cuerda en la cubierta para alinear las correas, y haced el primer agujero en el aluminio, cerca de uno de los extremos. Haced una marca con un punzón y taladrad el agujero; a continuación poned un remache en la remachadora, y meted el extremo del remache en el agujero de la correa y en el aluminio. Mientras el ayudante sujeta la correa para que no se mueva, apretad las asas de la remachadora y quedará sujeta la correa. Repetid la operación en el otro extremo y la correa quedará sujeta en su sitio mientras tala-

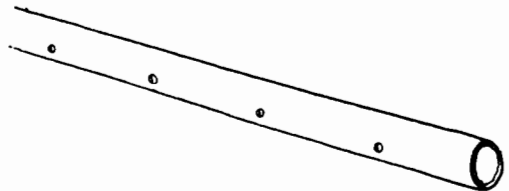


dráis y remacháis los demás agujeros. Deberá haber una correa en la parte superior e inferior de la cubierta y tantas intermedias como sean necesarias.

### Tubería

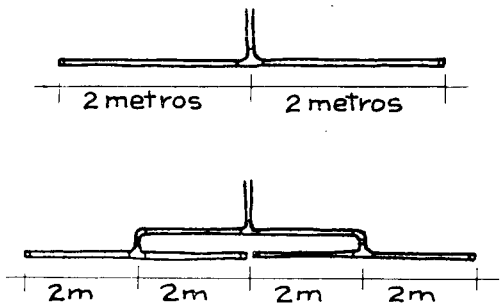
Ahora hay que colocar la tubería que distribuye el agua sobre la lámina de aluminio, y aquí es donde se produce el principal problema en este tipo de calentador solar de agua. Si el aluminio se pone en contacto con el cobre, se corroe. Y de aquí se deduce que la tubería de distribución no ha de ser de cobre, aunque hemos visto que se han construido cubiertas solares con tuberías de cobre que no se han corroido aún. Esto puede ser debido a que la tubería se recubre con los sedimentos minerales contenidos en el agua, y éstos impiden que el agua disuelva suficiente cantidad de cobre de la tubería para que pueda afectar al aluminio.

Una alternativa al cobre es la tubería de acero inoxidable. Se fabrica en los mismos tamaños que la de cobre y tiene aproximadamente el mismo precio, pero incluso si utilizáis tubería inoxidable no podéis evitar el serpentín de cobre del intercambiador de calor situado en el depósito del agua caliente. Si queréis hacer el trabajo correctamente, entre el intercambiador de calor y la parte superior de la cubierta solar sólo deberéis utilizar tubería de acero inoxidable, con elementos de fijación también de acero inoxidable. Entre la salida del intercambiador de calor y la tubería de acero inoxidable deberá haber un elemento para eliminar la corrosión; consiste en un dispositivo que tiene cierta cantidad de aluminio

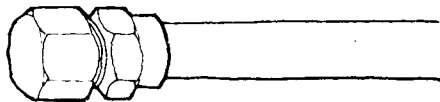


para que el cobre del agua reaccione con él. No obstante, no necesitamos ese grado de perfección y suponemos que un sistema con tubería de acero inoxidable con juntas normales de cobre funcionará perfectamente, aunque quizá merezca la pena hacer el elemento adsorbente de la corrosión como se describe en la página 148.

La tubería de distribución deberá tener agujeros de 4mm de diámetro con una separa-

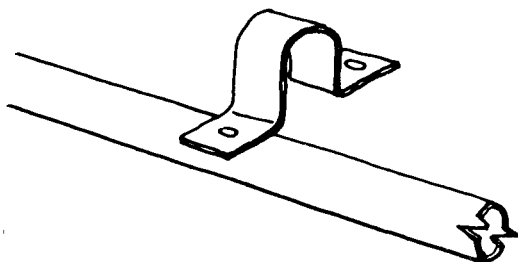
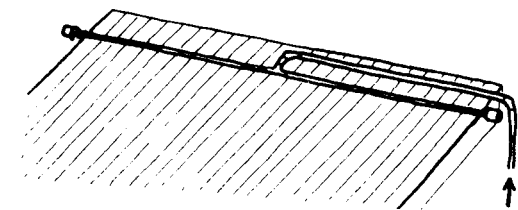


ción entre ejes de 75mm de forma que los agujeros coincidan con la parte inferior de las ondulaciones del aluminio. Marcad los agujeros con un punzón y taladradlos con una taladradora eléctrica, pero no apretéis demasiado para que la broca no se ponga al rojo.

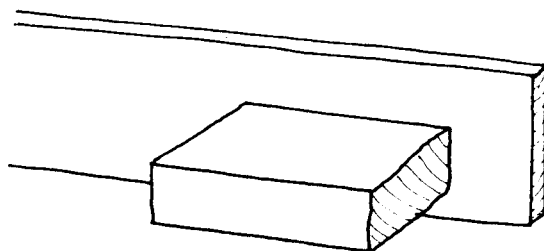
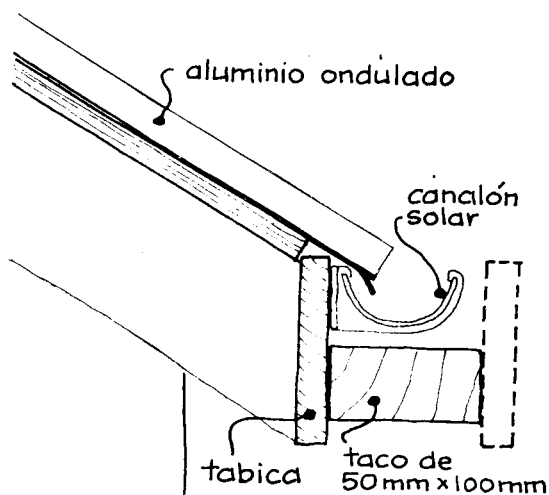


Vigilad que los agujeros estén en línea recta en la tubería. Si el colector tiene una anchura mayor de 4 metros, la tubería debe llevar juntas, como se muestra en el dibujo, de forma que no haya ningún trozo de longitud superior a los 2 metros, ya que esto contribuye a que el flujo del agua sea más uniforme en los agujeros.

Los extremos de la tubería deberán tener tapones de registro que se puedan quitar para



meter un palo si se obstruyen algunos de los orificios. El fabricante de los tornillos para sujetar la lámina de aluminio os dirá que son resistentes a la agresión ambiental, pero si os preocupa la idea de que caiga sobre ellos el agua podéis dejar de poner agujeros en la tubería coincidiendo con cada fila de tornillos. La conexión con la tubería de distribución puede pasar a través del aluminio o puede llevarse por los bordes como se muestra en la figura. La tubería perforada ha de quedar unos 150mm por debajo del borde superior de las



láminas de aluminio para impedir que el agua escurra por detrás. Sujetad la tubería a las láminas con tiras de aluminio de unos 15mm de anchura, doblándolas para formar abrazaderas como se muestra en el dibujo, taladrándose y remachándose a través de las láminas onduladas. Colocadlas con una separación de 900mm.

#### Tabica del alero

Por último haced una tabica de madera tanalizada en la parte inferior de la cubierta, utilizando madera de 25mm de espesor cepillada

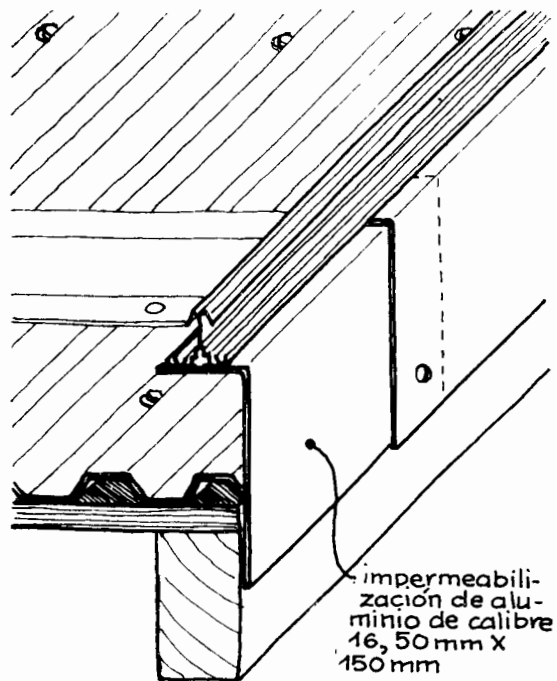


por todos sus lados. Antes de colocar la tabica en posición, atornillada y encolada sobre la tabica (con cola resistente al agua) unos cuantos tacos de madera tanalizada de 50mm x 100mm, de 200mm de longitud. Se deben colocar a una distancia entre ejes de 900mm. Son para apoyar una segunda tabica que va a llevar el canalón. No merece la pena pintar la tabica interior porque no podréis después acceder a ella para repintarla, pero sobre la exterior, que deberá hacerse con madera tanalizada de 25mm de espesor (19mm después de cepillada), se pueden aplicar antes de colocarla tres capas de tinte preservativo.

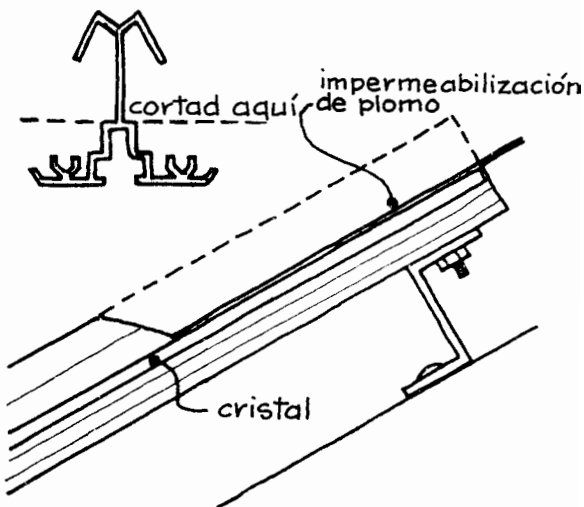
Clavada en posición la tabica interior y colocada sobre ella un canalón semicircular de PVC de 75mm de diámetro para recoger el agua de la cubierta solar. El aluminio debe sobresalir del borde del canalón, así como el fieltro, que ha de cortarse con una cuchilla. El canalón necesitará un sumidero, cuya posición dependerá de la forma del edificio y de la ubicación de los depósitos. El canalón deberá ir apoyado sobre abrazaderas cada 500mm para impedir que se combe cuando esté lleno de agua. No poner aún en esta etapa la segunda tabica.

### Acristalamiento

Ahora ya se pueden colocar los perfiles del acristalamiento. Deberán ser perfiles de alu-

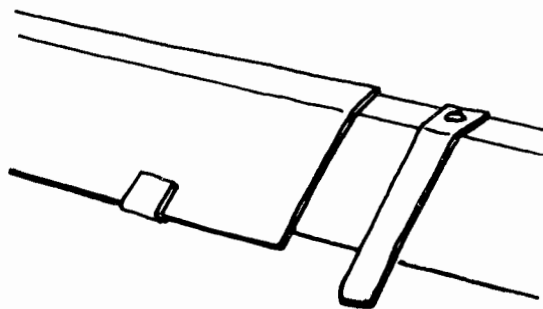


minio para invernadero como los que se describen en el Capítulo 21. Antes de colocarlos necesitaréis unos trozos de lámina de aluminio delgada, por ejemplo del calibre 16, doblada formando ángulo recto y sujeta al último par de la cubierta como se puede ver en la figura. Esto sirve para que los bordes del techo solar queden sellados y se deben untar bien de masilla y sujetarlos al par con tornillos galvanizados de cabeza redonda. Podéis encargar que os hagan estas piezas en cualquier

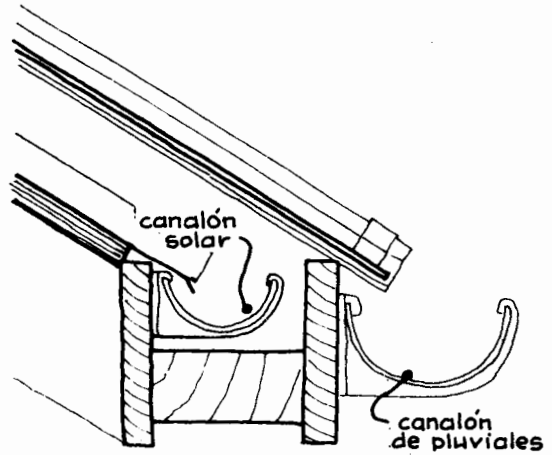
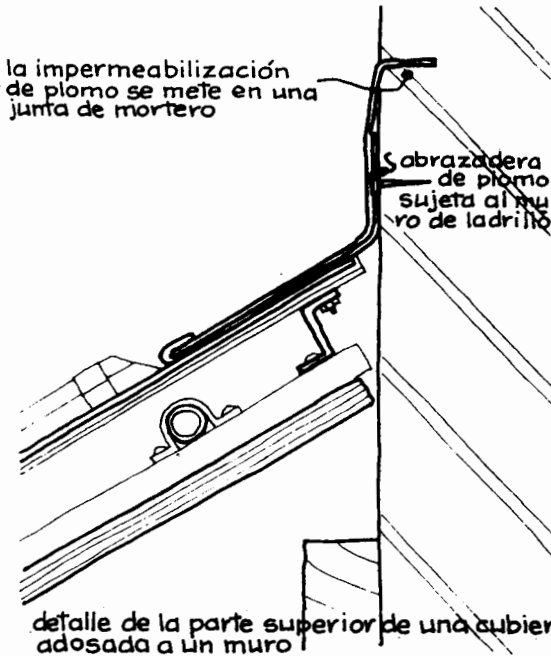
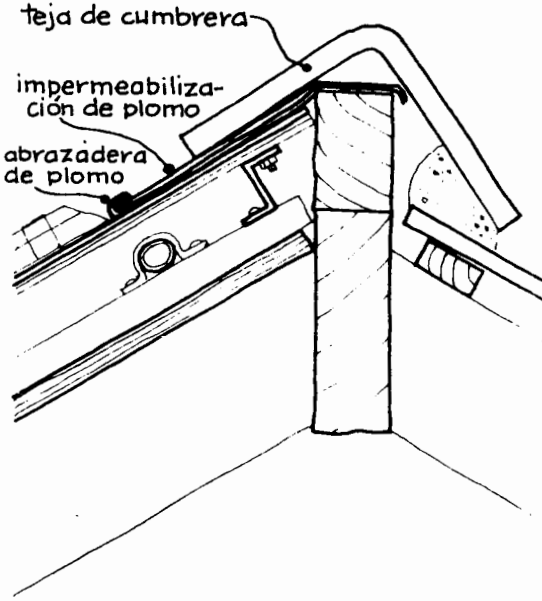


taller pequeño que se dedique a hacer trabajos en metal, o podéis asistir por la noche a cursos sobre trabajo en metal y hacerlo vosotros mismos. Las piezas de aluminio deben solaparse en las puntas 50mm y sellarse entre sí con masilla.

Haced agujeros para los pernos de los perfiles de acristalamiento con una broca de 6mm. El primer perfil de acristalamiento se debe colocar a través de los bordes de aluminio que hemos visto antes, recibiendo con masilla



para sellar las rendijas que haya debajo. El perfil deberá tener una longitud suficiente para que pueda sobresalir de la tabica exterior 25mm en los aleros. En la parte superior de la cubierta los perfiles de acristalamiento se deben cortar como se muestra en la figura, de forma que encima del borde superior del cristal se pueda sujetar un trozo de lámina de plomo del número 6 para que no entre el

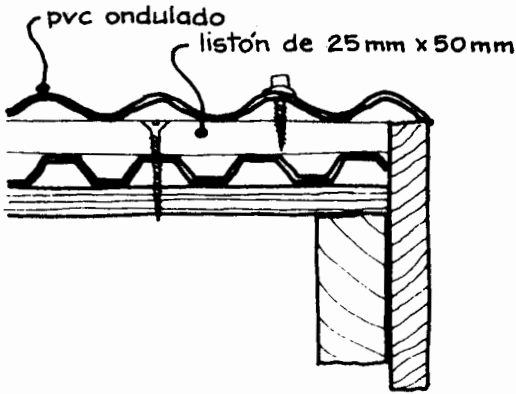


agua. En el Capítulo 21 se explican los detalles de cómo colocar el cristal. Sujetad el borde inferior del plomo con tiras de plomo de unos 25mm de anchura fijadas al muro o sobre la tabla de cumbrera de la cubierta con clavos galvanizados de cabeza grande. Doblad los extremos de las tiras de plomo para poder agarrar el borde inferior de la impermeabilización.

Si el otro faldón de la cubierta lleva tejas o pizarra, podéis sujetar con mortero una fila de tejas de cumbrera encima de la parte superior de la impermeabilización, con cuidado de no romper el cristal. En las figuras incluimos un detalle para cubiertas adosadas a un muro.

Por último, antes de acabar deberéis colocar la tabica en posición, debajo de los perfiles de acristalamiento del alero. Sujetadla con caperuzas y tornillos (por supuesto galvanizados) de forma que se puedan quitar fácilmente para tener acceso cuando sea preciso al canalón solar. Colocad el canalón que elijáis debajo del cristal, y haced que descargue el agua en un sumidero para agua pluviales, y prácticamente estará acabada la cubierta solar.

Detrás del tablero aglomerado poned como mínimo 100mm de aislamiento; no utilizad poliestireno expandido por la posibilidad de que se funda en caso de que la cubierta alcance temperatura muy alta. Poned fibra de vidrio o lana mineral. Si el colector va sobre una cubierta con desván ventilado no es necesario hacer nada más, pero si por detrás de la cubierta hay un cielorraso será necesario poner una barrera contra vapor de polietileno de alta resistencia, tableros de escayola con lámina metálica o una barrera contra el vapor especial metálica para proteger al aislamiento.

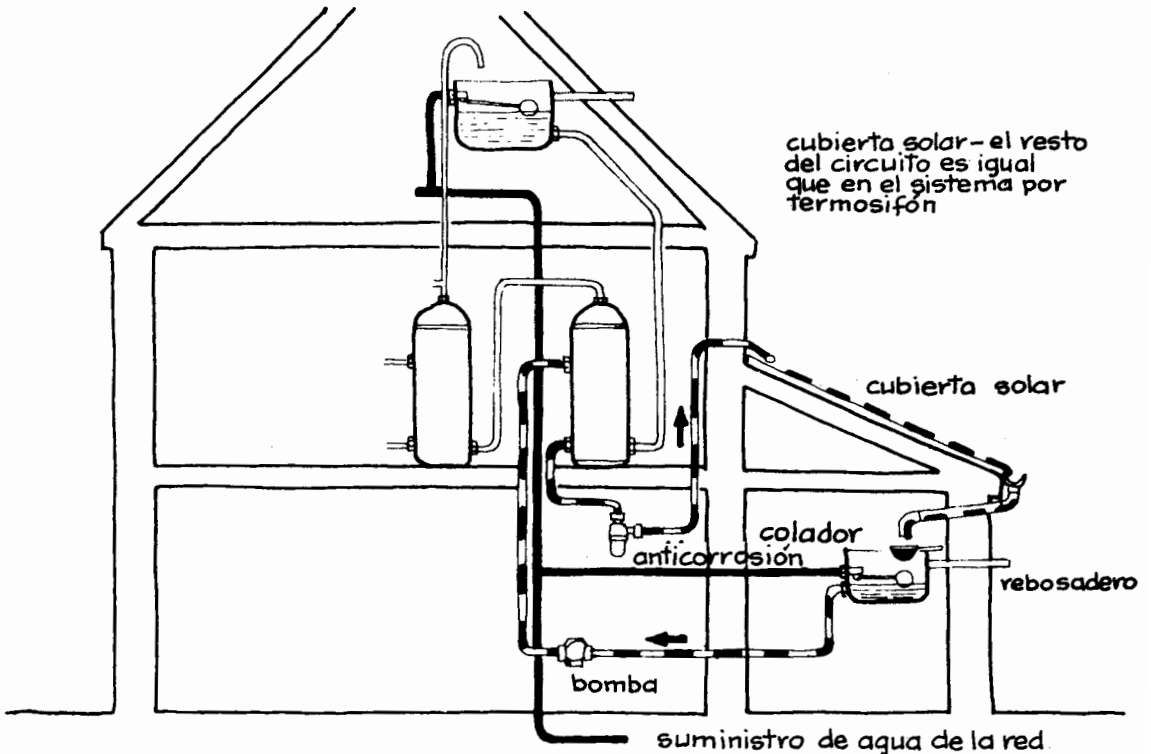


### Acristalamiento de PVC

Si queréis construir una cubierta solar realmente barata podéis utilizar láminas onduladas de PVC transparente en vez de vidrio. Es de corta duración y tiene tendencia a derretirse o cuanto menos a combarse cuando el agua está muy caliente, pero os permite instalar con gran facilidad la cubierta solar. Si pensáis utilizar PVC, hasta la colocación de la lámina de aluminio la construcción de la cubierta solar se hace igual que antes, pero en lugar de correas de aluminio emplead correas

de madera para poder atornillar el PVC. Las correas deberán ser de una madera dura, 35mm x 50mm, o si no podéis encontrarla, que sea de madera blanda tanalizada de 25mm x 50mm. Atornillada a través del aluminio hasta llegar al aglomerado con tornillos cónicos del número 12 y 63mm de longitud. Los tornillos han de ser zincados o recubiertos de cadmio para que no se oxiden.

Colocad las correas separadas un metro, y colocad las láminas de PVC sobre ellas con tornillos especiales y caperuzas impermeables que se fabrican expresamente para este fin. Haced los agujeros para los tornillos en el plástico con mucho cuidado para que no se agriete la lámina, y no apretar demasiado los tornillos. Será necesario poner una impermeabilización en la parte superior de las láminas de PVC con un trozo de lámina de plomo igual que hacíamos con el cristal, y también será necesario hacer unos bordes de aluminio como los que utilizamos con los perfiles de acristalamiento. Otra posibilidad es atornillar el borde de la lámina de PVC sobre un tablero de madera tanalizada de 25mm de anchura en el borde la cubierta, como se puede ver en el dibujo.



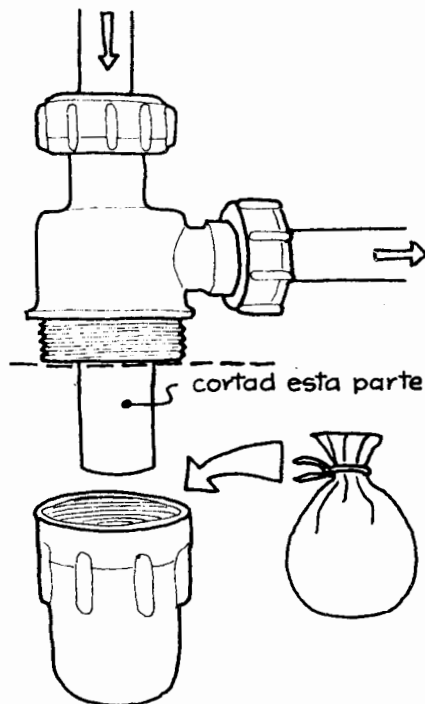
La cubierta solar con PVC funcionará a la perfección y dará agua caliente, pero aproximadamente a los diez años tendréis que sustituir el PVC ya que se habrá vuelto quebradizo y se habrá decolorado.

## Conexión con el sistema de fontanería

Cuando se haya puesto el acristalamiento sobre la cubierta, ya podéis hacer las conexiones con el sistema de fontanería. No os sintáis tentados de conectar el canalón solar antes de haber colocado el acristalamiento, porque si llueve se os inundará la casa. El canalón ha de tener una bajante convencional que desagüe en una cisterna de expansión de una capacidad de veinte litros aproximadamente. Sujetad la bajante con abrazaderas para impedir que se doble cuando esté llena de agua. Cuando se apague la bomba todo el agua contenida en el sistema volverá a ese depósito, por lo que si el colector es grande lo mejor es que calculéis el volumen de agua utilizado en el sistema, empleando los volúmenes de tuberías que dimos en el capítulo de los paneles solares.

Este depósito de expansión también sirve para alimentar de agua al circuito del colector y se debe conectar a una cisterna de presión colocada en la cubierta, mediante una tubería de 15mm con una válvula de baja presión situada en el depósito solar. Esto sirve para impedir la posible contaminación del suministro de agua. Si hubiese cualquier problema, únicamente le afectaría a la cisterna de presión —que sólo se utiliza para alimentación del depósito solar y que deberá ser del mismo tamaño.

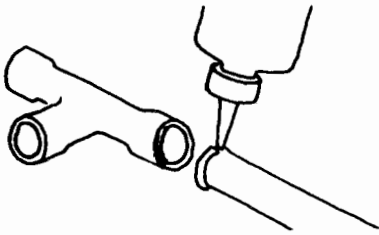
La cisterna de presión necesitará un suministro de agua de la red a través de una válvula de bola de alta presión, y una tubería de rebosadero que nos avise cuando se produzca algún problema en la válvula de bola. Esta válvula deberá situarse a mitad de uno de sus lados, no cerca del borde superior, de forma que haya sitio para una cantidad de agua adicional cuando se apague la bomba. Poned debajo del desagüe procedente de la bajante del canalón un colador de nylon de los que se usan en la cocina para que no entren en el sistema residuos que puedan taponar los agujeros de las tuberías de la parte superior del colector.



Cerca de la base del depósito solar haced un agujero para meter una tubería de 22mm y conectarlo a una bomba de las que se utilizan para calefacción central, de una carga adecuada al sistema diseñado. La bomba ha de situarse en el punto más bajo del circuito de manera que siempre esté llena de agua, en caso contrario no funcionará correctamente. Después de la bomba el agua pasa a través del depósito indirecto del agua caliente (comprad uno que tenga intercambiador de calor por serpiente) hasta llegar a la tubería perforada de la parte superior del colector. Todas las tuberías deberán ser de acero inoxidable de 22mm, y en todas las que vayan del depósito convencional al de agua caliente podéis utilizar accesorios a rosca normales.

Al salir el agua del intercambiador de calor del cilindro deberá pasar a través de un dispositivo anticorrosivo. Consiste en un sifón de plástico como el que se emplea en lavabos y fregaderos, que debe contener una altura de agua de 75mm. Deberéis colocar mediante accesorios adecuados las tuberías de 22mm de acero inoxidable a ambos lados del sifón. El agua debe entrar por la parte superior y salir por el lateral, como en el caso de los lavabos, pero deberéis cortar, como se muestra en el dibujo, la tubería que sobresale del inte-

rior. A continuación haced una bolsa de muselina o de nylon y llenadla con trozos pequeños de aluminio o raspaduras de aluminio de un taller. Poned la bolsa, como cuando ponéis el té en la tetera, en la base del sifón y volved a atornillar la tapa. La idea consiste en que el cobre contenido en el agua reaccionará con el elemento que se ha puesto en el sifón en vez de hacerlo con el propio colector. Deberéis examinar de vez en cuando el sifón cuando no funcione el colector y renovar el aluminio cuando sea necesario.



Entre el sifón y la tubería perforada, todas las juntas, así como las tuberías, deberán de ser de acero inoxidable. Si queréis que el sistema sea aún más perfecto, se venden juntas para tuberías de acero inoxidable que tienen además la ventaja de que se pegan con pegamento, lo que facilita mucho el trabajo. Los fabricantes de los accesorios proporcionan también el pegamento especial y la imprimación, con instrucciones de uso. Lo importante (igual que en las tuberías) es cortar el tubo a escuadra utilizando un cortador de tubos adecuado y limpiarlo perfectamente con tela de esmeril.

Limpiad también el interior de la junta, a continuación pulverizad sobre la tubería y la junta la imprimación especial y dejadla secar durante uno o dos minutos.

Echad adhesivo alrededor del extremo de la tubería y en la boca del accesorio. Meted la tubería apretando simplemente, y dadle un pequeño giro. Antes de poderlo manejar tenéis que dejarlo fraguar durante cinco o diez minutos a la temperatura de la habitación. Tenéis que dejarlo fraguar toda la noche antes de que el agua pueda pasar por él. Los únicos accesorios de acero inoxidable que resultan bastante caros son los extremos ciegos con tapón registrable para colocar en los extremos de la tubería de distribución, por lo que podéis utilizar un tapón normal de cobre a rosca, a ver qué pasa.

El resto del sistema de fontanería de la cubierta solar es igual que con los paneles solares. Será necesario hacer una conexión al depósito existente del agua caliente y colocar un controlador de la bomba. Poned el sensor de temperatura del controlador en la parte superior de la lámina del colector con una tira de aluminio, o acuñadlo detrás con un trozo de madera.

Ahora ya puede entrar en funcionamiento la cubierta solar. Tiene la ventaja con respecto a los paneles solares de que podéis *ver* realmente cómo sale el agua caliente del canalón pasando al depósito, podéis poner la mano debajo del chorro de agua y sentir el calor producido únicamente por el sol. Es un gran sistema para convencer a los escépticos que dicen que la energía solar no funciona.

# 21 Construcción de un invernadero

Los invernaderos se hicieron muy populares en el Reino Unido en la época victoriana como una ampliación de un cuarto de estar, que se llenaba de plantas, animados por el surgimiento del vidrio y de perfiles de acristalamiento producidos en serie. La recuperación actual de los invernaderos por parte de los partidarios de la tecnología alternativa tiene menos que ver con la producción de verduras fuera de temporada y de frutas exóticas que con el aprovechamiento de la energía. Debido al efecto de invernadero, a menudo éste se encuentra a una temperatura considerablemente mayor que el aire exterior, por lo que se pueden reducir las pérdidas de calor del edificio ahorrando combustible. Su efectividad dependerá de la superficie de acristalamiento —que deberá estar orientada al sur— pero por lo general cuanto mejor.

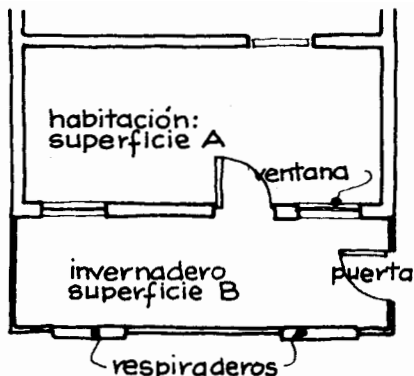
No tenemos cifras que lo prueben, pero sospechamos que el dinero gastado en un invernadero nos proporcionará mayor energía utilizable que si gastamos la misma cantidad en paneles solares. El problema es que no se puede medir la energía recogida en un invernadero; si tenéis paneles solares tendréis un depósito de agua caliente (cuando hace sol) y del que estáis seguros no haber pagado para

calentarlo a las empresas eléctricas o del gas. También podéis utilizar el invernadero en su sentido más literal para cultivar tomates, y si tenéis espíritu emprendedor podéis producir berenjenas, higos, nectarinas y otros manjares.

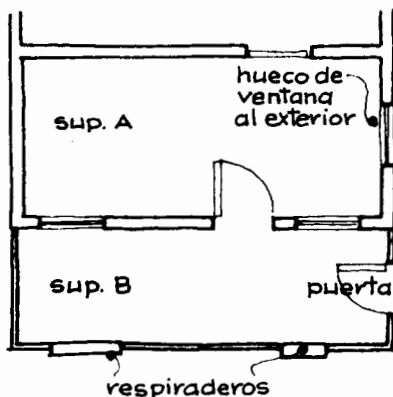
## Aspectos legales

Si queréis un invernadero pequeño, se venden unos prefabricados de aluminio o de madera de cedro, con instrucciones para su montaje. Los hay hasta de 2100mm de anchura con una altura máxima de 2500mm, en diversas longitudes. Si queréis que sea mayor tendréis que diseñarlo vosotros mismos.

Es posible que necesitéis permiso urbanístico para invernaderos con un volumen mayor de 50m<sup>3</sup>. Si se encuentra cerca del borde de vuestra parcela puede que tengáis que considerar las ordenanzas contra incendios, además de las otras normas constructivas. Una ordenanza a considerar será la que afecta a la ventilación. En el Reino Unido (en España aún no se ha regulado la construcción de invernaderos) las ordenanzas dicen que si una habitación se ventila a través de un invernadero (en otras palabras, si el invernadero tapa las ven-



la superficie total de los respiraderos (sin incluir la puerta) ha de ser  $\frac{\text{sup. A} + \text{sup. B}}{20}$



la superficie total de los respiraderos más la de la ventana exterior (sin incluir la puerta) ha de ser  $\frac{\text{sup. A} + \text{sup. B}}{20}$

tan de una habitación) ha de tener unos huecos de ventilación, sin contar las puertas, de una superficie igual a un veinteavo de su superficie en planta más la superficie de la habitación. Si la habitación tiene además otra ventana que dé directamente al exterior, el área de esta ventana más las del invernadero han de representar la veinteava parte de la suma de superficie del invernadero y de la habitación.

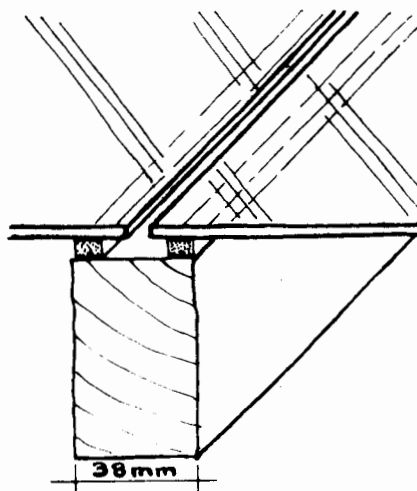
La ordenanza no dice si los respiraderos de cubierta de un invernadero cuentan para la superficie total de ventilación. Necesitaréis licencia de obra aunque no sea necesario permiso urbanístico, excepto en el caso de los invernaderos prefabricados, que probablemente podáis poner sin preguntarle a nadie. Si construís cualquier cosa sin permiso corréis el riesgo de tener que quitarlo, por lo que

siempre conviene consultar antes de empezar.

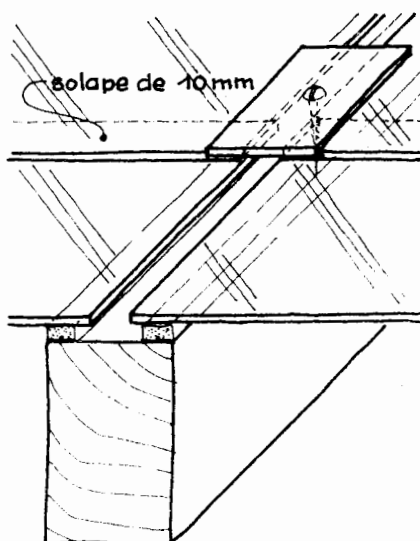
## Elección de materiales

Los dos materiales más corrientes para construir la estructura de un invernadero son el aluminio y la madera. El vidrio no es imprescindible; podéis utilizar PVC ondulado para que sea más barato, aunque sólo os durará aproximadamente diez años porque se degrada con el sol. Normalmente tendemos a construir automáticamente para que todo dure cien años, y el vidrio es el material más duradero a no ser que viváis en una zona de granizo. El cristal ha de ir apoyado en perfiles de acristalamiento, y es aquí donde deberéis elegir entre ponerlos de madera o metálicos.

Los perfiles de madera suelen necesitar mucho trabajo de mantenimiento, sobre todo si los pintáis y sujetáis el cristal con masilla. Para solucionar estos problemas un equipo del departamento de arquitectura de la Universidad de Sheffield ha inventado un sistema a base de perfiles de acristalamiento de madera tanalizada, de 38mm de anchura; el borde superior va cepillado y se recubre todo el listón con tres capas de tinte preservativo encima del tanalizado para que se elimine mejor el agua. Los listones se colocan con una separación entre ejes de 616mm y sobre ellos se pegan dos tiras de burlete autoadhesivo, como se puede ver en las figuras. El burlete tiene una funda brillante de PVC encima de la espuma y un cordón de refuerzo por el interior.

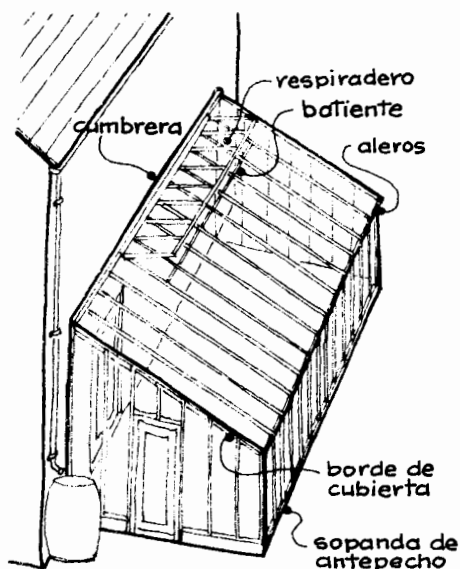
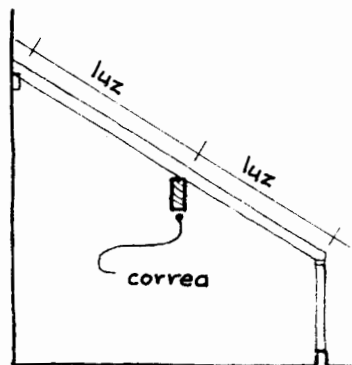


El vidrio es el utilizado para horticultura de 3mm de espesor, de 610mm×610mm. Se coloca dejando unas separaciones entre cada hoja de 6mm, aproximadamente, formando un estrecho canalón encima de los listones para el agua de lluvia. Las láminas de cristal se sujetan en las esquinas con pinzas de acero dulce del calibre 26 galvanizado con cadmio, de 38mm de anchura y 45mm de longitud. Las pinzas podrían ser de aluminio, pero es algo más barato que las recubran de cadmio por encargo. Uno de los extremos de la pinza se dobla hacia abajo en una longitud de 2,5mm para que se apoye el borde del



crystal. En cada pinza se hace un agujero de 6mm para poder meter un tornillo de cabeza redonda del número 12 y de 50mm, recubierto de zinc o de cadmio. Alrededor de la cabeza del tornillo no se pone sellado, ya que no importa que haya filtraciones. Cada hoja de cristal se solapa sobre la que va debajo aproximadamente 10mm.

Este sistema parece que ha resuelto la mayoría de los problemas del acristalamiento con perfiles de madera y merece la pena probarlo. Los perfiles utilizados en Sheffield tenían un canto de 63mm, lo que quiere decir que podrían tener unas luces de aproximadamente 2,5 metros; unos perfiles con canto de 100mm podrían cubrir una luz de 3 metros y los de 150mm cubrirían 4,5 metros. Para reducir la luz se puede utilizar siempre una correa, como se puede ver en el dibujo. La incli-



nación de la cubierta no debe ser inferior a 25°; la de Sheffield tenía 45°.

La ventaja de utilizar perfiles de aluminio, además de evitar la masilla y el mantenimiento, es que en ellos se pueden colocar fácilmente respiraderos sin tener que preocuparse por la impermeabilización. Los perfiles los podéis comprar a los fabricantes de invernaderos, que además vende piezas de gran utilidad, como pernos, burletes y abrazaderas, respiraderos antepechos y cumbreas, e incluso el cristal.

## Montaje

### Construcción de la cimentación

Para empezar el invernadero deberéis excavar la cimentación. Vamos a suponer que habéis



decidido utilizar aluminio; sí, ya sabemos que en su producción se utiliza mucha energía, pero una vez hecho durará toda una vida, y se puede fundir de nuevo y reutilizar en el futuro.

Los perfiles tendrán que ponerse con una separación de 12mm aproximadamente superior a las dimensiones del cristal (que en el Reino Unido suele ser, en el caso del vidrio para horticultura, 610mm). La pendiente de la cubierta deberá ser de 26°, pudiendo llegar hasta 30°. Si la inclinación es mayor que ésta no podréis utilizar elementos de serie para invernaderos. Si queréis evitar tener que cortar tiras estrechas de vidrio en un extremo del invernadero, tratad de que su longitud sea múltiplo de 622mm (610mm del cristal más 12mm de margen). Las piezas estándar en aluminio, para perfiles de correas, antepechos y cumbres, tienen una longitud correspondiente a 8 módulos de 622mm, por lo que sería una buena idea que el invernadero tuviese una longitud de 8, 16 ó 24 módulos en lugar de 9, 17 ó 25. En caso contrario tendréis que comprar mucha más cantidad de aluminio, que en su mayor parte se desperdiciará, a no ser que convenzáis al fabricante de que os haga una pieza más pequeña.

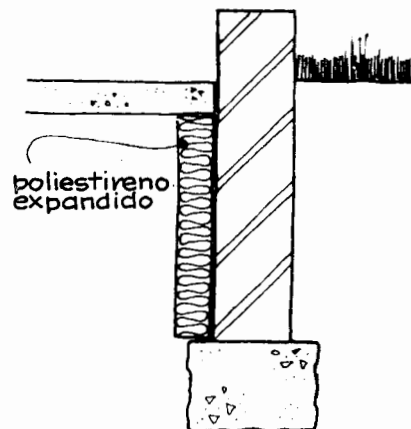
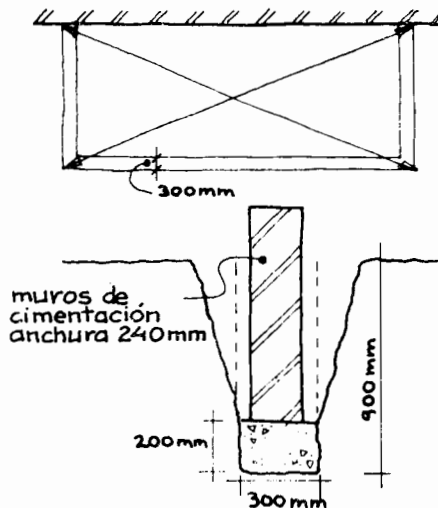
Cuando hayáis decidido esta dimensión añadidle 50mm, lo cual os dará el límite exterior del muro de cimentación si los extremos son de ladrillo. La cimentación de un invernadero podría servir para una casa de tres plantas, pero vivimos en unas zonas de arcillas que tienden a retraerse cuando el tiempo es caluroso. Una cimentación normal podría tener una profundidad de 900mm y una anchura

de 300mm sobre la que se apoyaría un muro de cimentación de ladrillo de 24mm; todo depende de la clase de terreno que tengáis. Replantead la cimentación como se muestra en los dibujos; comprobad que las diagonales midan igual para que los ángulos sean rectos. Veréis que no es sencillo cavar con una pala una zanja estrecha, pero tratad de que el fondo, en una profundidad de 200mm, tenga las dimensiones correctas, ya que es aquí donde va a ir el hormigón, y cuanto más grande lo hagáis más hormigón vais a necesitar.

Cuando esté hecha la zanja, nivelad el fondo y clavad unas estacas (de unos 50mm×50mm) de manera que sobresalgan 200mm del fondo. Que queden bien sujetas para que no se muevan al verter el hormigón. Mediante una regla larga y un nivel, colocad las estacas, de manera que el hormigón tenga una superficie horizontal donde apoyar los muros de ladrillo que van a servir de base al invernadero. Ahora os toca ponerlos en contacto con una central de hormigón preparado, llamada algunos amigos y dadles unas palas para que puedan colocar el hormigón en la zanja hasta que esté a nivel en todo el perímetro, con el borde de las estacas.

### Construcción del muro de ladrillo

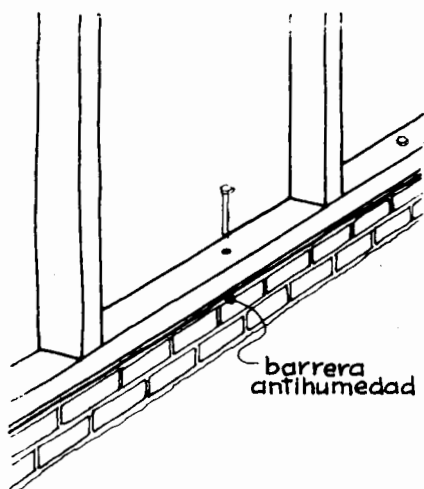
El paso siguiente es construir sobre el hormigón un muro de ladrillo de 1 pie para apoyar sobre él el invernadero propiamente dicho. Si no se os da bien la albañilería podéis contratar a un constructor o que os lo haga algún amigo que sepa. El muro ha de rematarse a un mínimo de 150mm por encima del nivel del terreno, dejando huecos donde vayan a ir las



puertas. Ahora podéis coger una pala y volver a echar de nuevo en la zanja parte de la enorme cantidad de tierra que con tanto trabajo habéis excavado, pero antes de hacerlo poned planchas de poliestireno expandido de 50mm o 75mm de espesor por el lado interior del muro de ladrillo, apoyado en el hormigón del fondo. El aislamiento contribuirá a mantener el calor de la solera del invernadero cuando haga frío.

### Estructura de madera

Las paredes acristaladas del invernadero descansan sobre un antepecho de madera tanalizada de 50mm x 100mm que se debe apoyar sobre el muro de base. Debe descansar sobre una membrana impermeable de 100mm de

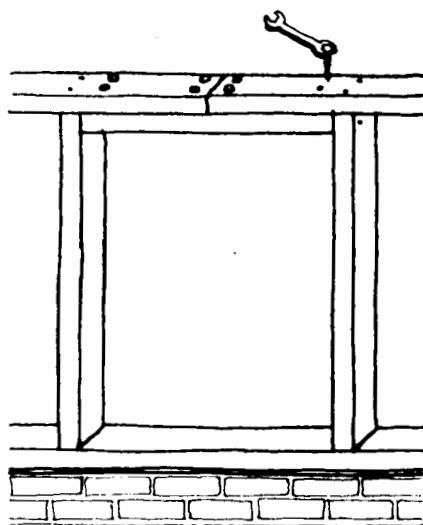


anchura (que podéis comprar en el almacén de materiales), debiéndose recibir con mortero la barrera impermeable y la sopanda. Comprobad con un nivel que la sopanda esté totalmente horizontal. Sujetadla al muro de ladrillo con pernos Fischer cada 1200mm. Para colocarlos haced un agujero con una broca de widia del mismo diámetro que el perno, atravesando la madera y metiéndola como mínimo 50mm en el ladrillo. Meted un perno de 100mm y apretad la tuerca lo cual hará que se abra el extremo del perno y se agarre en el ladrillo. Esta operación no la deberéis realizar hasta que el mortero se haya secado, y tratad de que el agujero caiga en el centro de los ladrillos y no sobre una junta.

A continuación colocad los pies derechos verticales que deberán ser de 50mm x

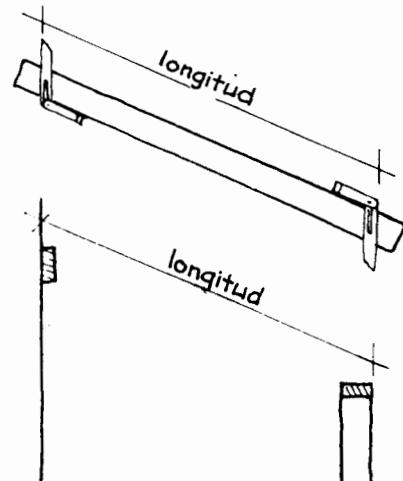
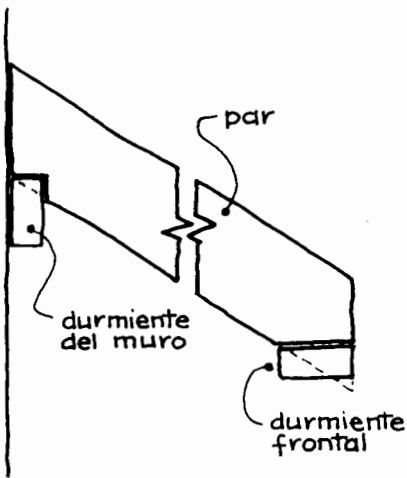
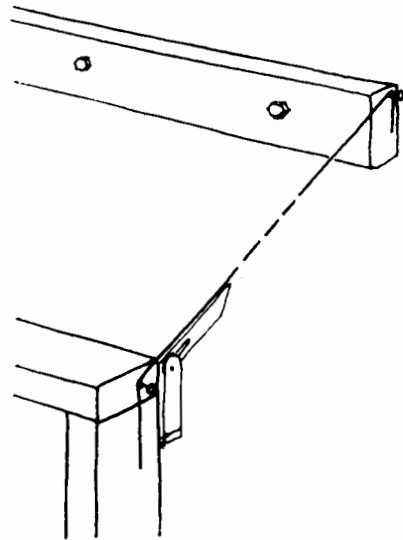
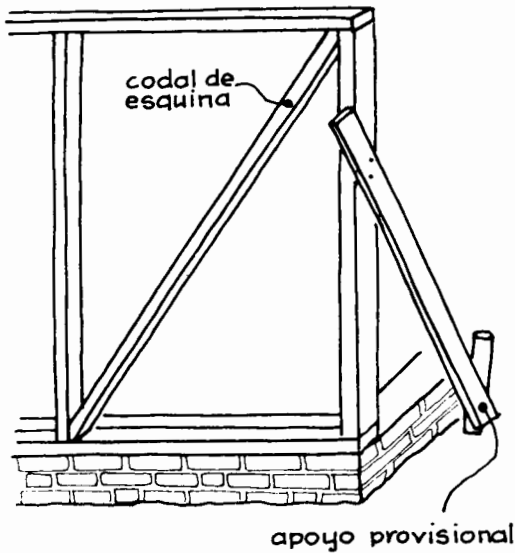
x 100mm, preferiblemente tanalizados o al menos bien pintados con un preservativo. Deben ir con una separación entre ejes de 1245mm de manera que queden alineados con los perfiles del acristalamiento. Clavadlos en diagonal sobre la sopanda con clavos de 100mm y que alguien los sujete para que queden verticales mientras que los claváis. Cuando hayáis puesto el primer pie derecho en uno de los extremos del invernadero, apuntalado con trozos de madera que no sirvan clavados a los pies derechos y sobre estacas metidas en el terreno de forma que quede sujeto verticalmente en ambas direcciones.

Cuando se hayan clavado tres o cuatro pies derechos sobre la sopanda y se hayan apeado y puesto más o menos verticales, podéis poner el durmiente superior. Esta es otra tabla de 50mm x 100mm (por supuesto tanalizada) que se debe clavar sobre la parte superior de los pies derechos, que deberán ser de la misma longitud, mediante clavos de 100mm. Antes de clavar el durmiente, comprobad la verticalidad de los pies derechos —las equivocaciones serán difíciles de corregir después— y comprobad que el durmiente quede



horizontal. Unid las piezas del durmiente superior con otras piezas de 50mm x 100mm, como se puede ver en la figura, con clavos y tornillos tirafondos con cabeza poligonal de manera que toda la pieza funcione como un elemento único.

Cuando hayáis clavado en la sopanda cuatro



o cinco pies derechos con el durmiente colocado encima podéis poner los primeros pares del faldón. Aseguraos de que la estructura del muro que acabáis de hacer esté bien apuntalada y vertical en ambas direcciones.

A continuación clavad una pieza en diagonal de madera de 50mm x 100mm, cortada exactamente para que se pueda colocar en el ángulo, como se muestra en la figura, para estabilizarlo en una dirección. A continuación sujeta con pernos un durmiente horizontal en el muro, de madera tanalizada de 50mm x 100mm, en el muro de la casa, mediante pernos tipo Rawl o Fischer de 150mm de longitud cada 1200mm. Aseguraos de que el durmiente quede horizontal. Sobre él se

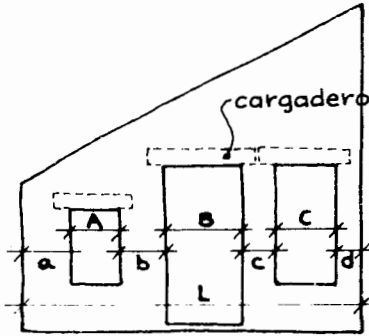
van apoyar los pares que podrán tener una anchura de 50mm y un canto correspondiente a la luz. Una cubierta de cristal con perfiles representa una sobrecarga sobre los pares de aproximadamente 15kg/m<sup>2</sup>, por lo que probablemente podáis utilizar una escuadria de 50mm x 150mm para una luz de 4 metros, o de 50mm x 100mm para una luz de 2,5 metros.

Para cortar los pares precisaréis una buena sierra y una falsa escuadra para marcar los ángulos. Tensad un trozo de cuerda entre el durmiente del muro y el durmiente de los pies derechos, como se puede ver en la figura, para hallar el ángulo a que se tiene que fijar la falsa escuadra, después marcad el ángulo

para cortar el extremo superior del par. Medid la longitud que hay entre el muro de la casa y el borde exterior del durmiente; marcad esta dimensión en el borde superior del par, a continuación marcad el ángulo del extremo inferior. Biselad los extremos de los pares para que se ajusten sobre los durmientes. Colocad el par en su sitio y comprobad que forma ángulo recto con el muro de la casa, a continuación clavadlo en oblicuo sobre los durmientes, con clavos de 100mm. Siempre que hayáis puesto un acodamiento diagonal en la estructura vertical del muro la estructura será rígida en cuanto pongáis unos cuantos pares.

### Hastiales de ladrillo

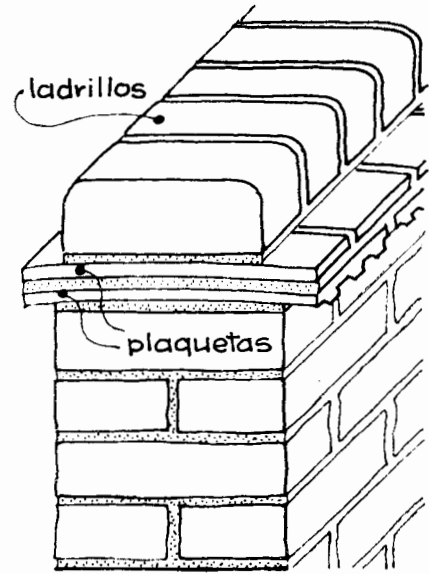
Si decidís que los hastiales del invernadero sean de ladrillo resulta mucho más fácil la construcción de los elementos de madera.



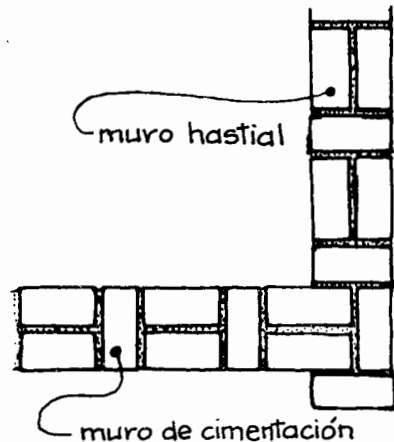
huecos:

- a - no menor de  $\frac{1}{4}$  de A
  - b - " " "  $\frac{1}{6}$  de A +  $\frac{1}{6}$  de B
  - c - " " "  $\frac{1}{6}$  de B +  $\frac{1}{6}$  de C
  - d - " " "  $\frac{1}{6}$  de C
- $A+B+C$  no mayor de  $\frac{2}{3}$  de L

Construir los hastiales, que deberán de ser de ladrillo de un pie, antes de hacer la parte de madera, poniendo puertas y ventanas donde correspondan. Os aconsejamos que esto lo haga un albañil a no ser que se os de muy bien. Tratad de colocar los huecos de forma que encima de ellos haya varias hiladas de ladrillo, ya que en caso contrario se debilitará la estructura. Para anchuras de huecos utilizad las que se dan en la figura. En todos los huecos se debe colocar un cargadero de hormigón armado o de acero donde se apoye la fábrica de ladrillo. En las intersecciones de los hastiales de ladrillo con la casa recibid la junta con mortero, haciendo una roza en el muro de la casa para que la unión sea resistente.

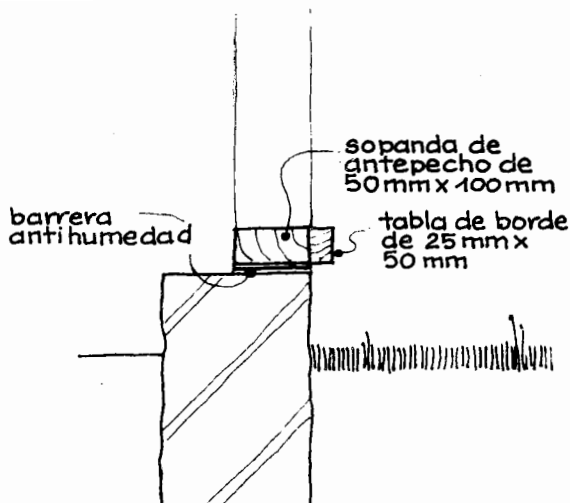
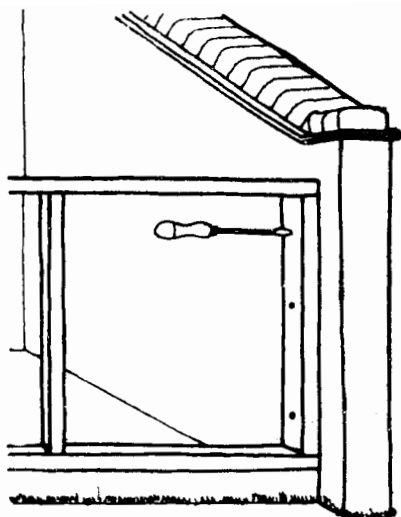


El ladrillo lo deberéis elevar 110mm por encima de la altura a que vaya a ir la parte superior de los pares y ponedle una albardilla para



que no entre el agua. Esto se puede hacer con elementos prefabricados de hormigón o con dos hiladas de plaquetas de cubierta de arcilla de hormigón, colocadas como se muestra en la figura, poniendo encima un remate de ladrillos vitrificados. Los mejores son los ladrillos aplanillados con bordes curvos ya que en ellos la lluvia escurre mejor. Pero si no los podéis encontrar, servirán los rectangulares normales.

Los hastiales de ladrillo deberán sobresalir medio pie por delante del muro de cimentación

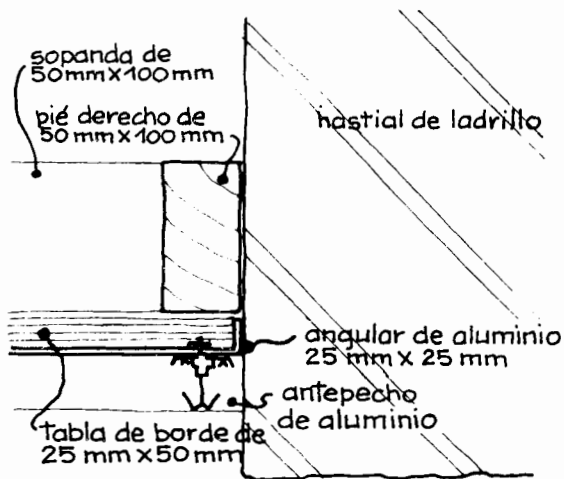


de ladrillo, como se muestra en el dibujo. Una vez que estén levantados, la construcción de los elementos de madera es muy sencilla. Poned la sopanda de antepecho y atornillad el primer pie derecho al ladrillo con tornillos zincados del número 12 de 75mm. Entre el pie

en cuanto coloquéis uno de los pares, lo más alejado posible del muro de ladrillo.

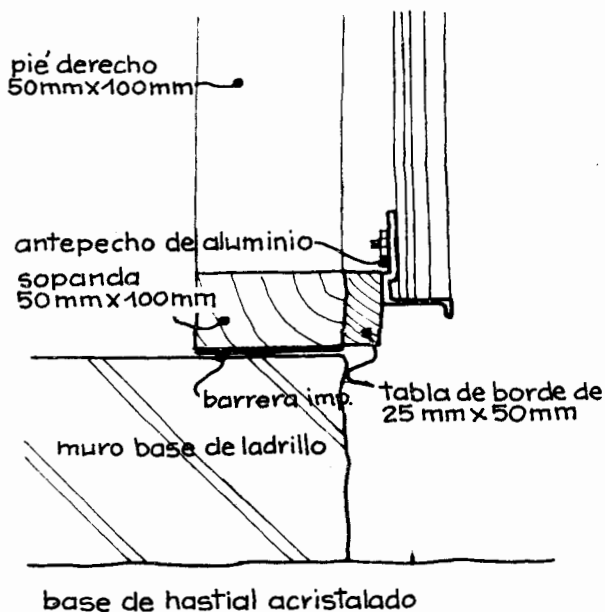
### Terminación de la estructura

Cualquiera que sea el sistema de construcción de los hastiales deberéis terminar poniendo los elementos de madera del muro frontal y los pares. Hacedlo con cuidado y sistemáticamente, comprobando que pies derechos y pares tengan una separación entre ejes de 1245mm. También deberéis compro-

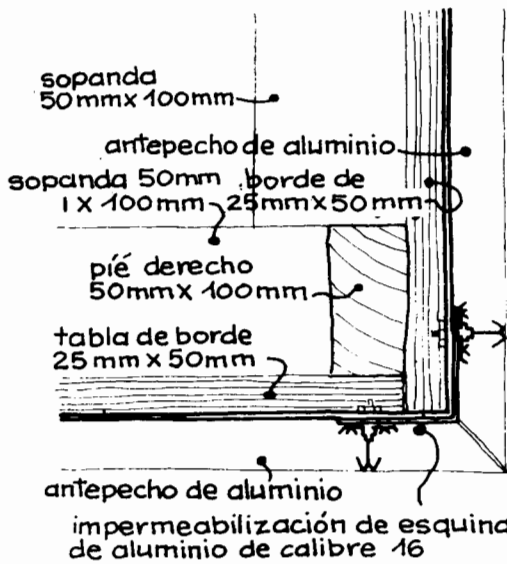


planta de la intersección de hastial de ladrillo con muro frontal

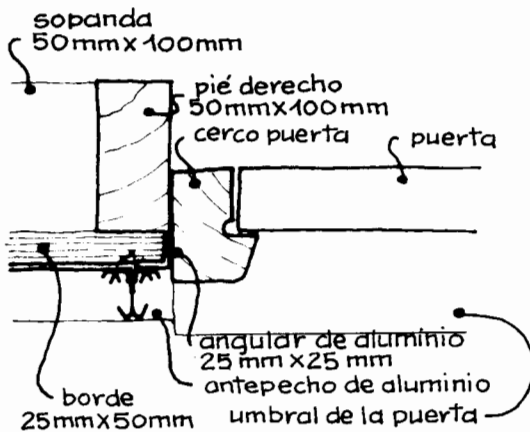
derecho y los ladrillos deberá hacer una barrera impermeable. A continuación colocad el segundo pie derecho y poned encima la sopanda. Después colocad los pies derechos intermedios. Con este sistema sólo se debe apear uno de los extremos del muro de madera para impedir que se vuelquen, y no tenderá a caerse en los dos planos. La estructura quedará rígida



base de hastial acristalado



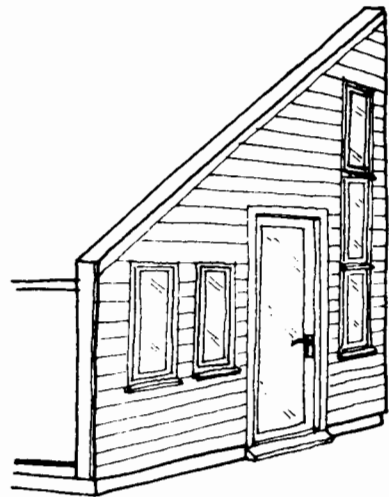
planta de la intersección de hastial acristalado con pared frontal



planta de la intersección de hastial acristalado con cerco de puerta

bar que las dimensiones totales son múltiplos de esta medida para que los errores no se acumulen al hacer las medidas a partir de la anterior. Cuando esté terminada la pared delantera, clavad un trozo de madera tanalizada de 25mm x 50mm en el borde delantero del muro como se ve en la figura.

Si los hastiales van acristalados los podéis terminar ahora, utilizando unos detalles como los de las tres figuras siguientes. Sujetad con tornillos o con pernos el último pie derecho de

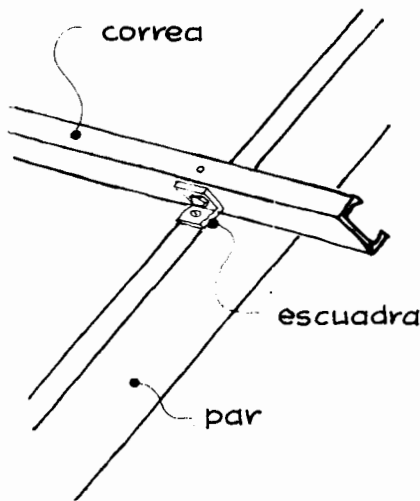


tipo estándar, deberéis poner encima de la puerta un perfil de acristamiento adicional, y deberéis cortar el cristal a esta dimensión menor. Como alternativa al acristamiento se puede considerar la posibilidad de hacer un revestimiento de los hastiales con lascas de madera poniendo ventanas de madera prefabricadas convencionales.

Cuando esté colocada toda la estructura de madera, aplicadle otra capa de preservativo, si la madera no está tanalizada, además de la capa de preservativo que se habrá aplicado a cada elemento después de cortarlo y antes de colocarlo en su sitio. Si queréis darle a la madera otro color deberéis aplicarle ahora tres manos de tinte preservativo. Parte de la estructura será bastante difícil de repintar cuando esté colocado el cristal, por lo que sería lógico elegir un color que no pierda su apariencia cuando se decolora en lugar de uno muy vivo. Podréis reducir el coste de la estructura de madera si utilizáis madera vieja, que cumplirá a la perfección si elegís con cuidado las piezas. Sacadle todos los clavos y empleadla después como si fuese nueva, pero tened cuidado al cortarla de no tocar clavos rotos que hayan quedado ocultos ya que se puede estropear la sierra. Por supuesto, a la madera de segunda mano se le debe dar un tratamiento preservativo completo.

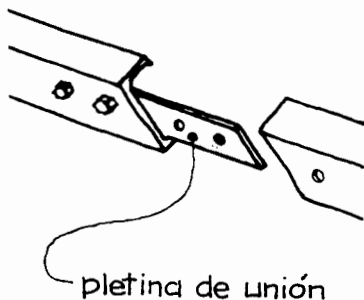
### Colocación de la estructura de aluminio

Ahora ya podéis poner la estructura de aluminio. Cuando compréis los elementos de la estructura y los perfiles de acristamiento pedid un juego de dibujos e instrucciones de mon-



taje para que podáis ver cómo se ensablan entre sí las piezas de un invernadero normal. Los comentarios que a continuación damos pretenden servir de complemento a las instrucciones del fabricante para explicar cómo se utilizan los elementos para construir un invernadero adosado a una vivienda.

Los primeros elementos son las correas de sección en U sobre las que se apoyan los perfiles de acristalamiento. No se deben colocar con una separación mayor de 1800mm. Veréis

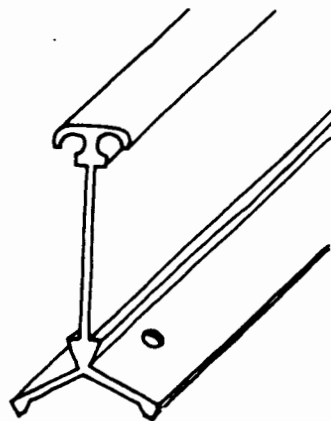


que los pares tienen agujeros a una separación adecuada para colocar los perfiles de acristalamiento. Tomad la primera y cortad un extremo para que queden 20mm entre el centro del agujero y el extremo. Si utilizáis una sierra de arco para metales que tenga una hoja de dientes finos veréis que no es más duro para cortar el aluminio que la madera. Aseguraos de que la correa esté situada en posición correcta antes de que decidáis qué extremo cortar; los agujeros deben estar en la parte superior y el lado abierto de

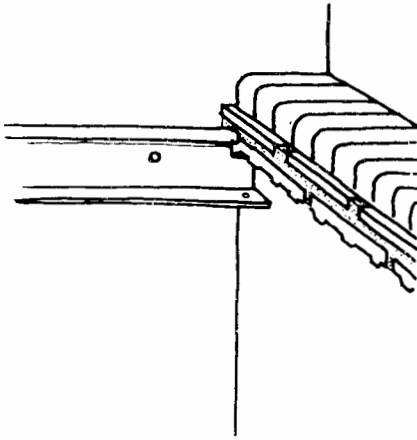
la U debe quedar hacia la parte de la cumbrera.

Para sujetar las correas necesitaréis cierta cantidad de angular de aluminio de 50mmx50mm, unos cuantos tornillos y tuercas de aluminio de 10mm de diámetro, que podéis comprar al mismo fabricante del invernadero. Si el invernadero tiene una longitud mayor de ocho módulos de acristalamiento necesitaréis pletinas para unir las correas, ya que como máximo las correas sólo tienen esta longitud. Para hacer las piezas de unión deberéis cortar trozos de angular de aluminio de 50mm; hacedle un agujero de 10mm a un lado para colocar un perno y un agujero de 6mm en el otro para meter un tornillo.

Ahora necesitaréis unos cuantos tornillos de cabeza redonda del número 12 de unos 50mm de longitud para sujetar las pletinas a los pares. Los tornillos deberán ser de acero inoxidable si los podéis conseguir. En caso contrario utilizad unos recubiertos de cadmio o de zinc brillante. Medid desde el extremo inferior del par para hallar dónde va a ir la correa, y atornillad la pletina al par en este lugar. Poned otra pletina sobre el par en el otro extremo de la correa, asegurándoos de que ambas están a la misma distancia de los extre-



mos del par para que la correa quede paralela a los lados frontal y posterior respectivamente del invernadero. Colocad la correa en su sitio, encima de las piezas de unión, con los agujeros de los perfiles de acristalamiento alineados con la línea central de los pares de cubierta. A continuación sujetad fuertemente y haced un agujero en la primera pletina con una broca de 10mm, colocando el primer perno con su tuerca correspondiente.

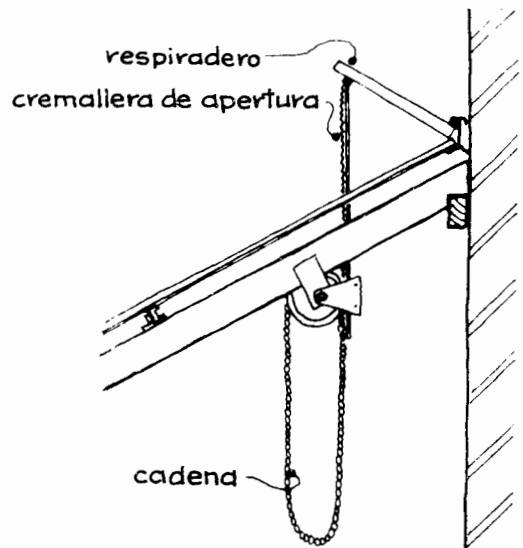
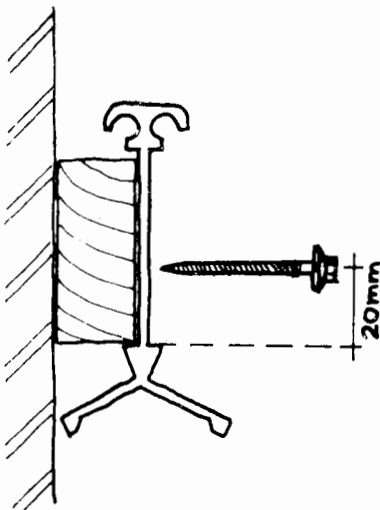


Cuando la correa esté sujeta a ambos lados podéis poner las uniones intermedias. Si tenéis que unir otra pieza de correa utilizad las pletinas de unión para que la separación entre los agujeros de los perfiles de acristalamiento sea la adecuada. Si utilizáis más de una línea de correas tened cuidado de que los agujeros estén alineados de forma que los perfiles de acristalamiento formen ángulo recto con las correas.

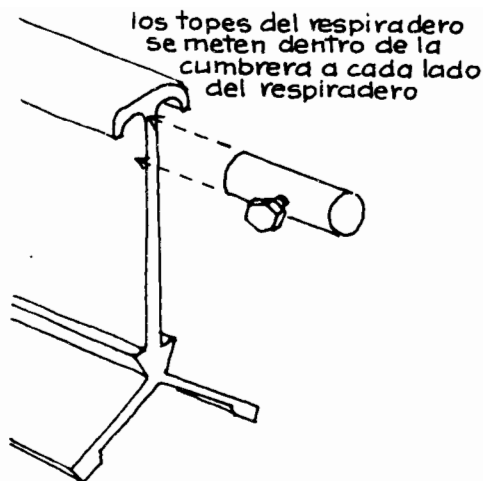
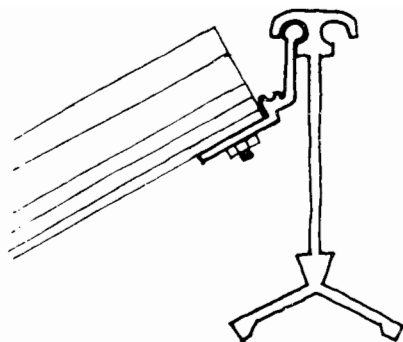
Después de la correa o correas, colocad la pieza de cumbra junto al muro existente de la casa. Meted un perno en uno de los perfiles de acristalamiento y sujetadlo a un extremo de la correa. Haced lo mismo con otro perfil de acristalamiento de manera que entre los dos quede una separación correspondiente a un módulo de la cumbra. Atornillad los extremos superiores de los perfiles al primer

módulo de la cumbra, que deberéis haber cortado de manera que haya una distancia de 20mm entre el centro del primer agujero y el extremo. Veréis que si habéis construido un hastial de ladrillo tendréis que cortar un trozo de la parte superior de la cumbra para que pueda pasar por debajo de las plaquetas que sobresalen por la parte superior del muro. Apead los perfiles de acristalamiento sobre la parte superior de los pares con los trozos de correa que habéis cortado anteriormente para que entre los perfiles de acristalamiento y los pares haya la separación correcta.

Esto os dará la altura a la que tenéis que fijar la cumbra. Necesitaréis que alguien os ayude para impedir que en esta etapa puedan resbalar todos los elementos de la cubierta. Buscad un trozo de madera tanalizada de 25mm x 25mm para que quede cierta separación entre la cumbra y el muro. No es necesario que la pieza vaya en toda la longitud del muro. La cumbra debe atornillarse al muro a intervalos de 1200mm y sólo es necesario que las piezas de madera tengan una longitud de 400-550mm. Cuando la cumbra esté colocada en posición, apoyada sobre los perfiles de acristalamiento, meted por detrás un trozo de madera donde vaya a ir sujeta y haced un agujero a través de la cumbra y de la madera con una broca de 6mm de diámetro. Cuando lleguéis a los ladrillos cambiad la broca por una de widia de 6mm y seguid taladrando 50mm más, dentro de la fábrica de ladrillo. Meted un taco de plástico en el agujero







de la cumbrera, meted el tornillo, golpead la cabeza para meter el taco hasta el final del agujero de ladrillo y apretad. Los tornillos deberán ser galvanizados o de acero inoxidable del número 12 y de 75mm de longitud, con cabeza redonda.

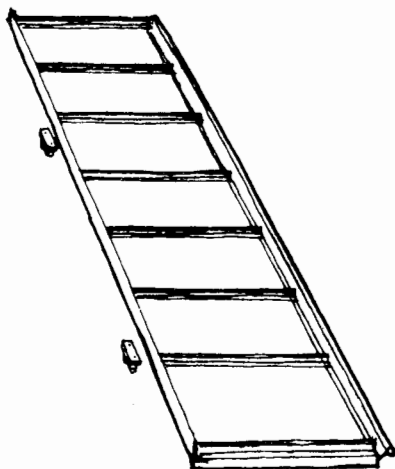
Otra posibilidad es utilizar los tornillos que se fabrican para colocar la cubierta de aluminio como se estudió en el Capítulo 20. Estos son de acero inoxidable con una arandela impermeable bajo la cabeza, se fabrican con longitudes de 75mm y los podéis conseguir en el mismo almacén que os suministró la lámina de cubierta. Se aprietan con una llave. Los tornillos deben ir a unos 20mm del pequeño voladizo del alero. El cristal va en este voladizo y las cabezas de los tornillos podrían impedir que asentasen correctamente.

### Construcción de un respiradero

Si pensáis poner un respiradero en la cubierta, que es imprescindible a no ser que queráis utilizar el invernadero como horno solar en el verano, debéis colocarlo ahora. El elemento estándar que suministran los fabricantes tiene

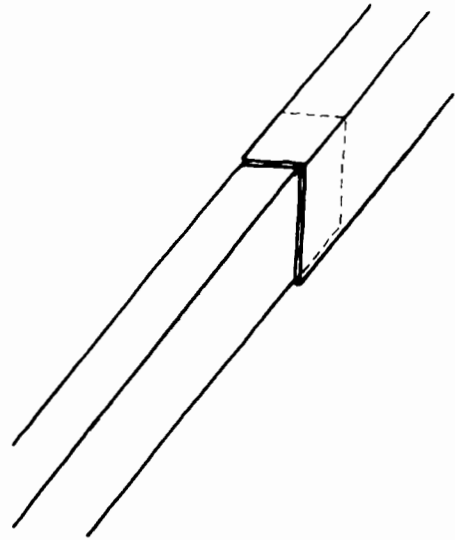
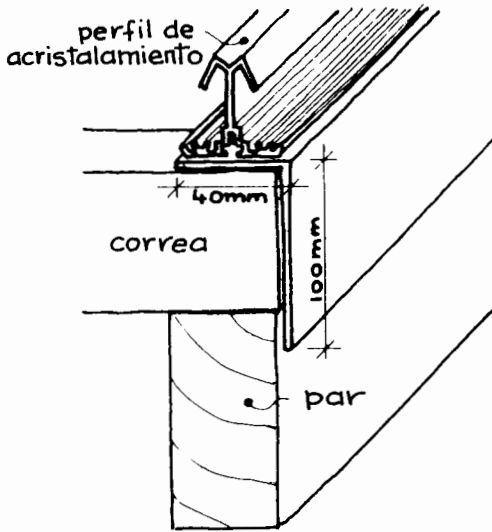
una longitud de siete módulos de acristalamiento o un múltiplo de esta magnitud. Funciona mediante una cadena que se maneja desde el terreno. Es sencillo de cortar para hacerlo más pequeño si fuese necesario. El lado del respiradero que lleva los pernios se mete dentro de un surco de la pieza de cumbrera, y una vez montado el respiradero se debe colocar cuando esté colocada la primera pieza de la cumbrera con los perfiles de acristalamiento correspondientes. Esto sólo es así si el invernadero tiene una longitud de 16 módulos. Si es más pequeño, tendréis que meter la pieza superior del respiradero en la cumbrera antes de atornillar ésta al muro y después montad el resto del respiradero cuando estén colocados los perfiles de acristalamiento y la cumbrera.

Antes de nada tenéis que montar el respiradero sobre el terreno, de manera que podáis comprobar que habéis cortado los perfiles superior e inferior de forma correcta para que las piezas ajusten bien entre sí. A continuación volved a separar las distintas piezas y colocad el larguero superior y sus abrazaderas dentro de la cumbrera como hemos dicho. Si utilizáis más de una pieza para la cumbrera comprad una pletina de unión para empalmar la pieza siguiente para que se mantenga la separación entre agujeros para los perfiles de acristalamiento. Para que podáis poner los pernos en los agujeros de la cumbrera tendréis que sujetar la pletina antes de atornillar el extremo de la cumbrera al muro, pero es bastante sencillo aflojar lo suficiente los otros tornillos para poder retirar la cumbrera del muro y poder fijar los pernos.

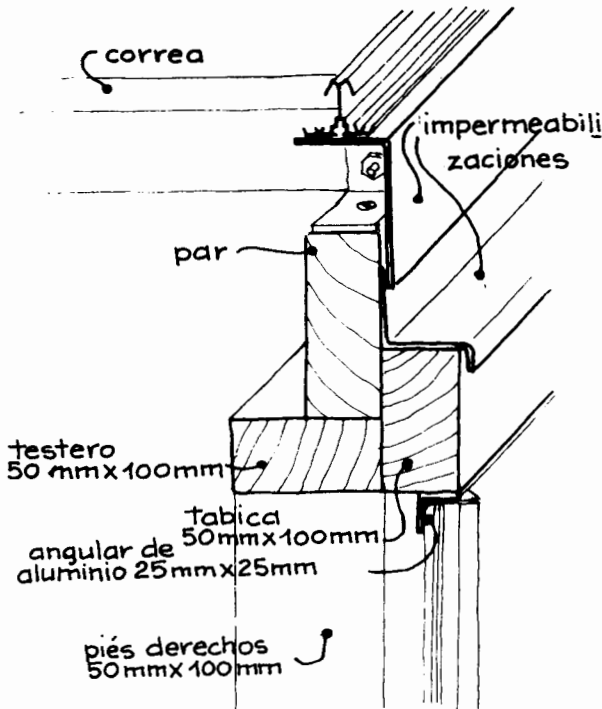


## Colocación de los perfiles de acristalamiento

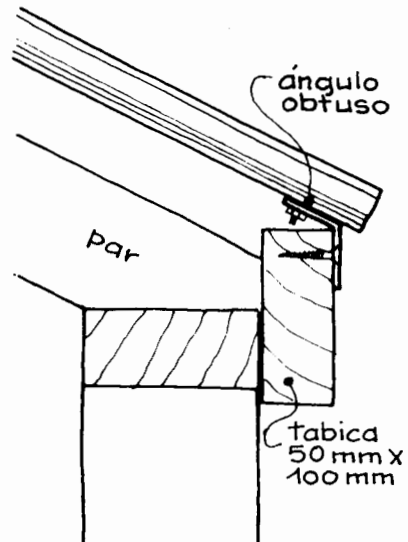
Cuando se hayan colocado todas las piezas de la cumbre sobre el muro ya podéis colocar los perfiles de acristalamiento. En un invernadero con los hastiales acristalados de madera se debe colocar el extremo del perfil de acris-

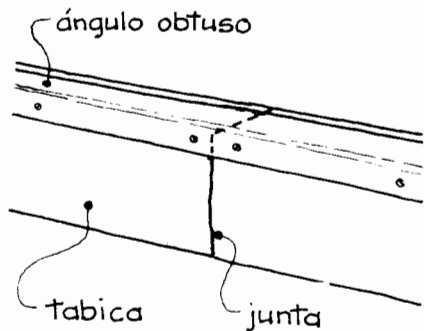


tamiento de la cubierta encima de una pieza especial de aluminio del calibre 16 como se puede ver en el dibujo. Encargad que os hagan esta pieza en un taller de trabajo en metal, recibid los perfiles con adhesivo y solapad las juntas de estas piezas de borde como se muestra en la figura. En la parte inferior de la cubierta del invernadero acuñad unos cuantos perfiles de acristalamiento encima de los pares, con los trozos resultantes de haber cortado las correas, y poned en posición la tabica de 50mmx100mm a la que se habrá debido tratar con preservativo y con tinte, si fuese necesario, antes de ponerla en posición. Debeís clavarla sobre los extremos de los pares,



intersección de hastial acristalado con cubierta



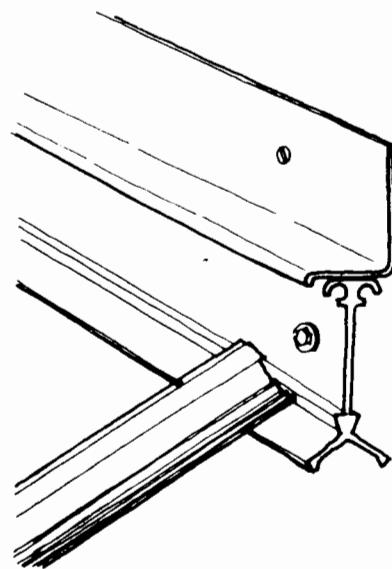
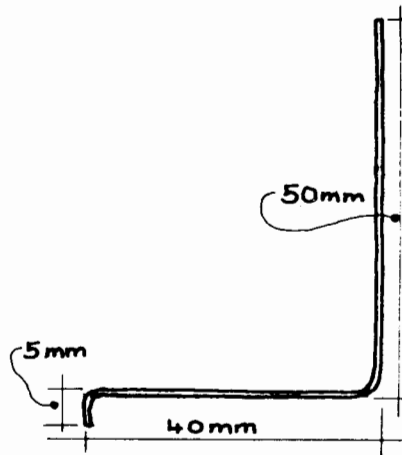


de manera que su parte superior quede unos 5mm por debajo del borde inferior de los perfiles de acristalamiento. Necesitaréis a continuación una pieza de aluminio del calibre 14 ó 16 de unos 80mm de anchura doblada formando un ángulo obtuso igual a la inclinación de la cubierta, más 90°. Podéis comprar el angular a los fabricantes de invernaderos junto con los demás elementos. Debéis atornillar el angular sobre la tabica con tornillos inoxidables del número 12 de 38mm o 50mm de longitud con cabeza redonda, de forma que puedan apoyarse los extremos de los perfiles de acristalamiento al nivel correcto.

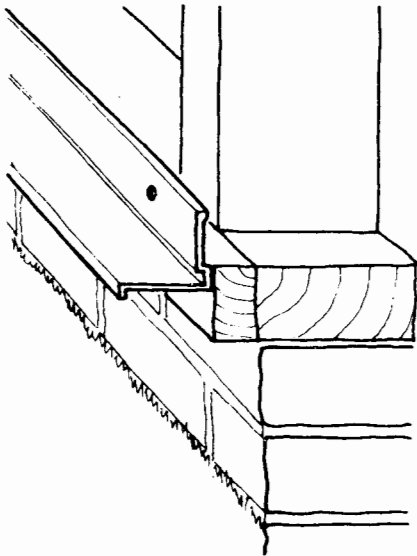
Cuando haya juntas en la tabica, los tornillos se deben colocar como se muestra en el dibujo para impedir que la madera se alabee, en el resto de la tabica el angular se debe atornillar donde vayan los perfiles de acristalamiento. Por último haced unos agujeros de 6mm con una separación entre ejes de 622,3mm en la parte superior del angular de apoyo de los perfiles; podéis echar a un lado los perfiles mientras que taladráis los agujeros, pero deberéis comprobar a simple vista que los perfiles estén derechos antes de hacer los agujeros. Esto puede solucionar las inexactitudes en la colocación de los otros elementos.

### Impermeabilización

En la parte superior de la cumbre necesitáis poner una impermeabilización para impedir que la lluvia caiga por el muro por detrás de la cumbre. La impermeabilización también contribuirá a que el invernadero no tenga corrientes de aire, imprescindible para que funcione bien como fuente de calor solar. Os deben hacer una impermeabilización con aluminio del calibre 16 en un taller de metalistería según las dimensiones aproximadas que se dan en el dibujo. Tenéis que tener cuidado

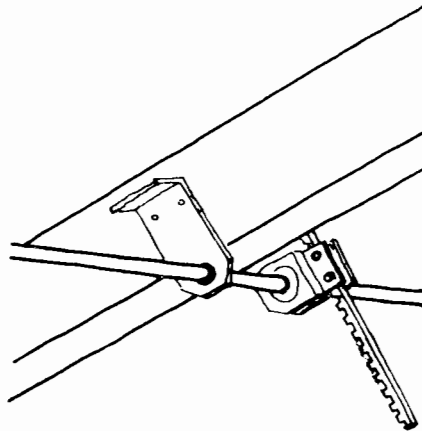
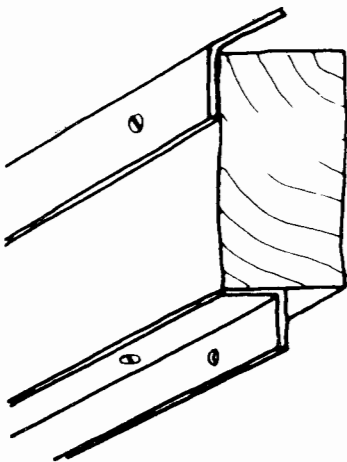


de que el borde doblado no tenga más de 5mm, de manera que no obstaculice el giro del respiradero. Poned en posición una de las piezas de la impermeabilización encima de la cumbre y marcad en ella las posiciones de los agujeros, situados a intervalos de 900mm entre ejes, para sujetarla a la fábrica de ladrillo. Evitad poner los agujeros donde haya juntas de mortero. Las piezas de la impermeabilización tendrán aproximadamente 2 metros ya que en las empresas pequeñas no tienen máquinas para doblar chapa de mayor longitud. Echad un cordón de adhesivo en la parte superior de la cumbre y en la parte posterior de la impermeabilización. A continuación ponedla en posición, haced unos agujeros en el



muro para meter tornillos inoxidables de 50mm y tacos, y atornillad la impermeabilización. Colocad la pieza siguiente a tope con la anterior poniendo adhesivo en la junta.

Volviendo al muro frontal del invernadero, los perfiles de acristalamiento verticales no deberán tener una longitud mayor de 1800mm, en caso contrario necesitarán apoyos intermedios. Atornillad la pieza de antepecho sobre la madera de 25mm x 50mm situada en la parte inferior del muro, haciendo que el primer agujero caiga bajo la vertical del primer perfil de acristalamiento de la cubierta, colgando un peso de una cuerda para que os sirva de plomada. Colocad el antepecho de forma de que el lado que lleve los agujeros sobresalga por encima de la parte superior de



la pieza de madera, como se muestra en la figura. Sobre el borde inferior de la tabica colocad una pieza angular de aluminio de 25mm x 25mm con tornillos separados 600mm. Hacedle agujeros a esta pieza justo en la vertical de los agujeros del antepecho de

tira de sellado "Seelastrip"

parte superior del respiradero

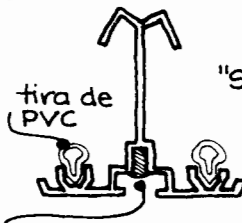


perfil de acristalamiento

cumbrera

tira de PVC

"Seelastrip"



meted tiras de Seelastrip en los extremos para eliminar las filtraciones de aire

manera que los perfiles de acristalamiento queden verticales y sujetad con pernos los perfiles de acristalamiento en su lugar.

Colocad el mecanismo de apertura del respiradero siguiendo las instrucciones del fabricante, pero deberéis taladrar las ecuadras sobre las que se sujeta el tubo y atornillarlas a los lados de los pares. Si se cuelgan de los perfiles de acristalamiento, como están diseñadas, el tubo manchará los pares de la cubierta. El resto del dispositivo de apertura del

respiradero se puede colocar siguiendo las indicaciones del fabricante.

Por último, sellad con masilla todas las rendijas que queden entre los perfiles de acristalamiento y el resto de la estructura, y meted en los extremos de los perfiles unas tiras de Seelastrip, que son unas tiras patentadas que parecen como de plastelina y que os las pueden proporcionar los fabricantes de invernaderos. Esto eliminará las filtraciones de aire. Subid el marco del respiradero por encima de los perfiles de acristalamiento hasta ponerlos en el hueco, girarlo hacia arriba ligeramente y metedlo debajo de la pieza de cumbrera haciendo presión. Cerrad el respiradero y volved a empujar el batiente contra el borde del perfil inferior del respiradero.

### Acristalamiento

Ahora ya podéis colocar el acristalamiento. Colocad las juntas de acristalamiento de PVC dentro de los surcos de los perfiles y una tira de Seelastrip por el surco de la cumbrera y en la parte superior del respiradero como se indica en las instrucciones del fabricante. La tira de PVC de los perfiles de acristalamiento debe llevarse hasta llegar al marco del respiradero. Poned también tiras de PVC sobre los perfiles de acristalamiento del respiradero. Antes de empezar el acristalamiento, con un trozo de madera de las dimensiones que se dan en el dibujo haceos una herramienta de madera que os sirva para colocar en posición las abrazaderas en los cristales. Con un cuchillo dadle la forma adecuada formando una curva suave. Se supone que podréis presionar las abrazaderas para meterlas en su sitio con los dedos, pero será mucho más fácil con esta herramienta.

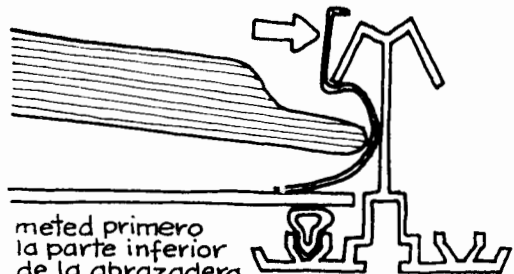
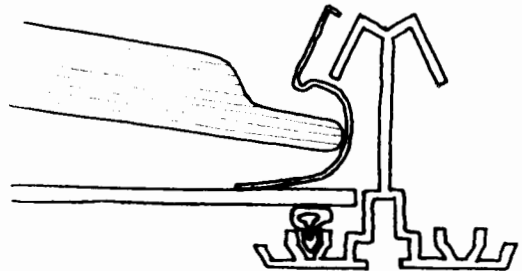
Ahora hay que desenvolver el primer empaque de cristal, que habréis debido guardar bajo cubierto. Poneos un par de guantes de goma



abrazadera simple

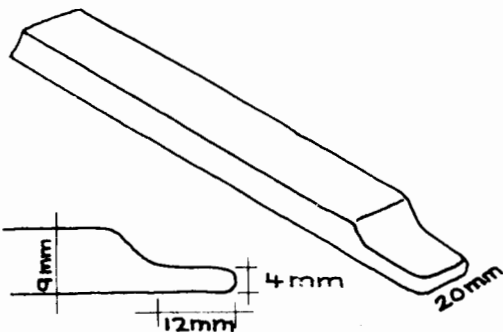


abrazadera de solapes (el borde doblado sirve para que se apoye el cristal)



meted primero la parte inferior de la abrazadera antes de apretar la parte superior encima del perfil de acristalamiento

para protejerros las manos, sacad la primera lámina de cristal y ponedla sobre las juntas de goma del acristalamiento, poniéndolo a nivel con el borde inferior de los perfiles. Poned una abrazadera sencilla en uno de los lados del cristal y apretad su parte curva con la pieza de madera para meterla en el espacio



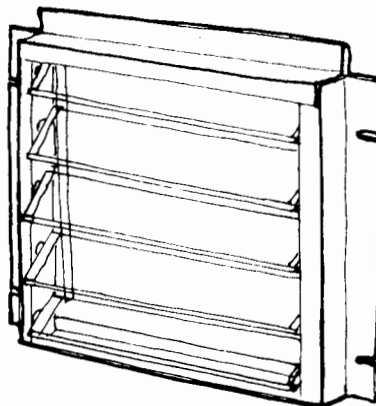
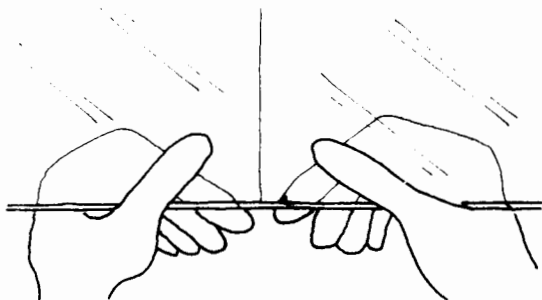
cortad la tira de PVC en la parte superior de cada hoja de cristal

que queda entre la superficie de cristal y la parte inferior del perfil. Tratad de no presionar hacia abajo ya que podéis romper el cristal. Es probable que rompáis varias hojas de cristal al empezar el acristalamiento, pero finalmente le cogereis el tranquillo.

En el borde superior de esta lámina de cristal cortad la junta de PVC con un cuchillo. A continuación traed otra hoja del embalaje y colocadla en su sitio, solapando con la anterior unos 15mm. Las abrazaderas del solape tienen sus bordes doblados para que no deslice el cristal y son un poco más estrechas para poder alojar el doble espesor de cristal. Colocadlas de igual manera que las otras abrazaderas; veréis que es más fácil si aflojais los pernos sujetando los perfiles de acristalamiento sobre las correas de forma que todo pueda moverse un poco cuando metéis las abrazaderas. La operación de acristalamiento es más sencilla si la realizáis un día que haga calor ya que el vidrio será menos frágil.

Cuando hayáis fijado todas las hojas menos la última tendréis que medir desde el borde del cristal al alero, añadiéndole 15mm para el solape. Esto os dará la dimensión de la última hoja, que tendréis que cortarla para que ajuste. Deberéis comprobar quizá antes de empezar el acristalamiento que esta última lámina no va a quedar excesivamente corta: si es así tendríais que empezar en el borde inferior de la cubierta colocando media hoja de cristal.

El cortado del vidrio parece muy difícil al hacerlo por primera vez pero con la práctica mejoraréis. Poned el cristal sobre una superficie plana como, por ejemplo, una plancha de aglomerado y haced una marca en el cristal con la rueda de un cortador de cristal, a la distancia correcta del borde. Colocad una regla o un trozo de madera recto y delgado a cierta distancia de la marca de forma que la rueda del cortador quede sobre la marca cuando el lado plano se desliza por la regla. Apretad fuerte-



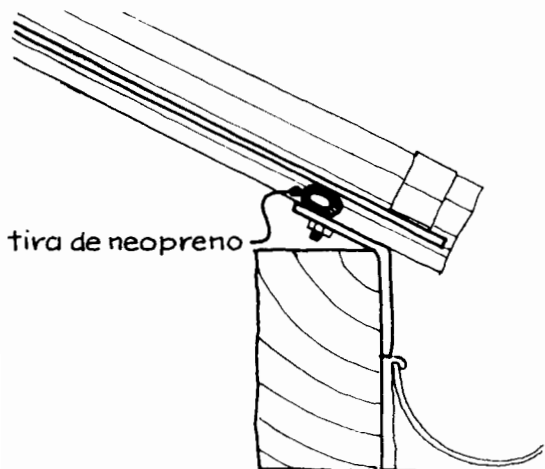
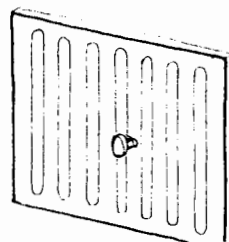
mente la regla sobre el cristal. Coged el cortador verticalmente y apretad hacia abajo sobre el cristal cerca del borde que esté más alejado de vosotros pero no justo en el borde. Deslizadlo por la regla apretando firmemente, pero parad cuando esté a un par de milímetros del otro borde del cristal. Coged el cristal como se muestra en la figura y dobladlo para que se rompa por la línea.

Cuando lleguéis al acristalamiento del respiradero podéis poner en cada uno de sus vanos una hoja completa de vidrio. Podéis encontrar ciertas dificultades al meter el cristal debido a la impermeabilización de la parte superior de la cumbre, pero si quitáis el perfil de acristalamiento del respiradero más próximo al vidrio podéis deslizar el cristal y volver después a colocar el perfil de acristalamiento, sujetando el cristal con abrazaderas. El cristal que queda debajo del respiradero debe presionarse para meterlo en el perfil del batiente y sujetarlo con una abrazadera normal, debiéndose utilizar una abrazadera especial algo más estrecha encima del batiente para que quede en contacto con el cristal. Cuando esté acabado el acristalamiento colocad la tira de sellado de PVC encima de la parte superior de los batientes para que el respiradero pueda cerrarse presionando sobre la tira. Los respiraderos de celosía del muro delantero se colocan dentro de los perfiles de acristalamiento sustituyendo a una hoja de vidrio. Veréis que sólo pueden meterse a la derecha de uno de los pies derechos de madera (si se mira desde el interior del invernadero), en caso contrario la manivela de apertura dará sobre el pie derecho y no se abrirá el respiradero.

### **Sellado y drenaje**

Cuando esté colocado todo el cristal comprad

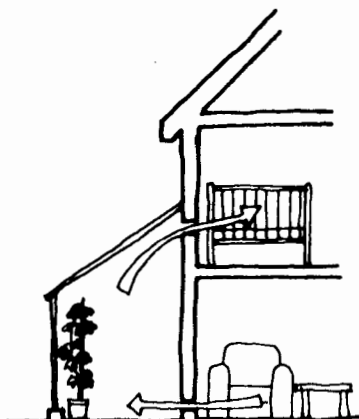
cierta cantidad de tiras de sellado de neopreno. Necesitaréis un trozo de 13mm de diámetro y 590mm de longitud por cada módulo de acristalamiento. Ponedlo a presión bajo el cristal para que quede sellada la rendija que hay entre el cristal y el ángulo obtuso. Es importante que el invernadero quede lo más estanco al aire que sea posible. Nunca podréis hacerlo totalmente estanco, por lo que no debéis desesperaros si veis que el aire del interior nunca está totalmente en reposo. El último paso consiste en colocar un canalón sobre la tabica y llevar la bajante a un sumidero de pluviales adecuado.



### Rejillas de ventilación

Ahora ya tenéis acabado el invernadero y ya podéis encargar las parras y los melocotoneros. Si queréis aprovechar el calor tendréis que poner una rejilla que dé a la casa. Para hacer esto tendréis que hacer agujeros en el muro de la casa, cerca de la cumbrera del invernadero. Los agujeros deben atravesar el muro hasta llegar a las habitaciones que hay que calentar. Quitad medio ladrillo con un cortafíos y un martillo, teniendo cuidado de que los trozos de ladrillo no caigan hacia abajo y tapen la cámara de aire. Para que el agujero quede más limpio, colocad un trozo de tubería de plástico de 100mm recibida con mortero. En las habitaciones necesitaréis colocar algo que os permita cerrar el flujo del aire. Este puede consistir en un respiradero de dos hojas deslizantes con rejillas que queden abiertas o cerradas según la disposición, le podéis poner por ejemplo una contraventana aislada. En una habitación deberéis tener dos grupos

de agujeros, cada uno a base de cuatro trozos de tubería agrupados más o menos entre sí (de manera que podáis cubrir los cuatro agujeros con una contraventana). En teoría debería haber el mismo número de agujeros que comuniquen al invernadero con las habitaciones del piso de abajo como los que den a las habitaciones del piso de arriba, de forma que el aire pueda circular como se muestra en el dibujo. De todo esto resulta evidente que el invernadero de aluminio y cristal no es algo que se pueda construir en un fin de semana. Es perfectamente posible construir el invernadero con materiales de desecho —ventanas viejas, madera de segunda mano y una cubierta transparente de PVC. Cuando nos trasladamos a nuestra vivienda tenía justamente este tipo de estructura adosada a la parte trasera de nuestra casa. Al mismo tiempo hemos visto cómo se iba desintegrando lentamente cada año. En vez de poner parches constantemente sobre la antigua estructura decidimos construir un invernadero que tuviese una larga vida y que no exigiese mantenimiento. Además, hay muchos días al año en los que la temperatura del invernadero es adecuada para poderse sentar entre las plantas, bebiendo licor de flores de saúco en un elegante ambiente alternativo.



# 22 Cocina alternativa

## Hornos solares

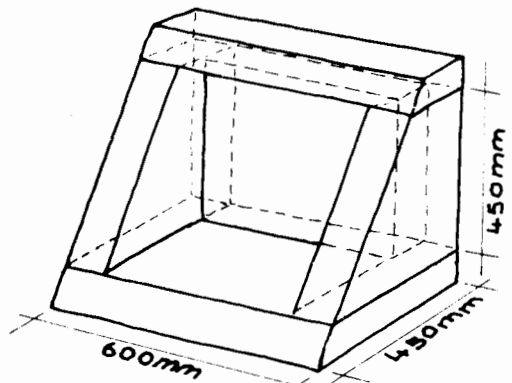
Si construís un horno solar como el que describimos a continuación podréis utilizarlo para hacer pan en un día de verano que haga sol e incluso la posibilidad de hacer merengues en enero sirve de demostración del poder de la energía solar.

### Materiales y construcción

Vais a necesitar unos 19mm de tablero de fibras o contrachapado de 12mm, o cualquier otra lámina rígida parecida, y un paquete de aislamiento de espuma de vidrio de 80mm. Se utiliza espuma de vidrio porque es rígida y porque no se estropea con las altas temperaturas que se pueden obtener dentro del horno.

Para trabajar con la espuma de vidrio salid fuera de casa porque desprende, al cortarlo, un olor a huevos podridos. Mediante un serrucho de dientes finos cortad las piezas con las formas y medidas que se dan en los dibujos. Tened mucho cuidado ya que el material es frágil y es fácil cortarlo mal.

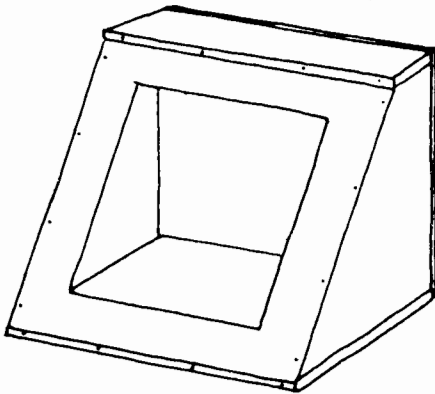
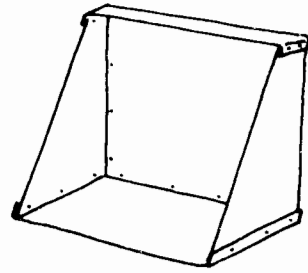
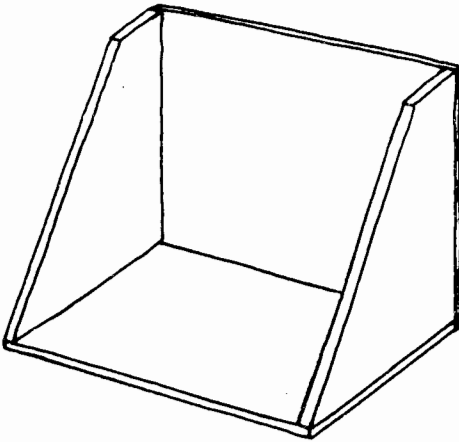
A continuación haced una caja para que se ajuste por fuera de la espuma de vidrio, utilizando para la parte superior y los laterales el



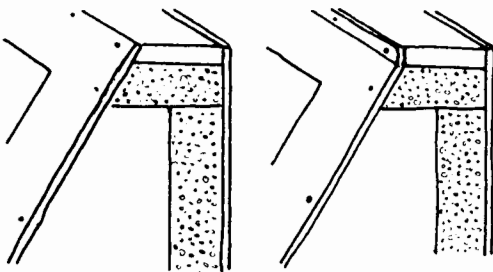
la parte frontal debe estar inclinada  $60^\circ$  con respecto a la horizontal

tablero de fibras o el contrachapado, utilizando un trozo de contrachapado de 4mm de espesor para la parte posterior. Unid con cola y con clavos los laterales a la base y colocadlo sobre la parte posterior, poned dentro la espuma de vidrio y colocad la parte superior. Ahora vais a necesitar un trozo de lámina de aluminio del calibre 14 cortada de forma que se ajuste encima de la parte delantera como se muestra en el dibujo. Si tenéis la posibilidad de utilizar un banco con sierra circular o podéis cortar ángulos con un serrucho, cortad las piezas





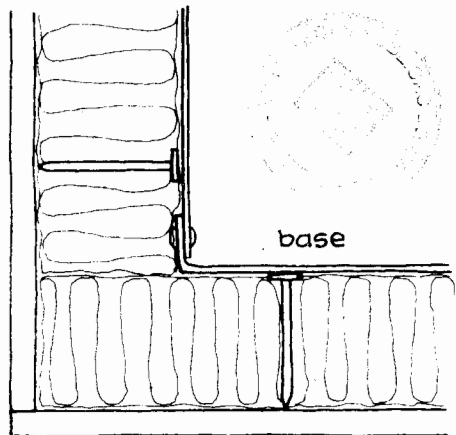
sujetad la puerta a la lámina antes de colocar la plancha sobre la caja

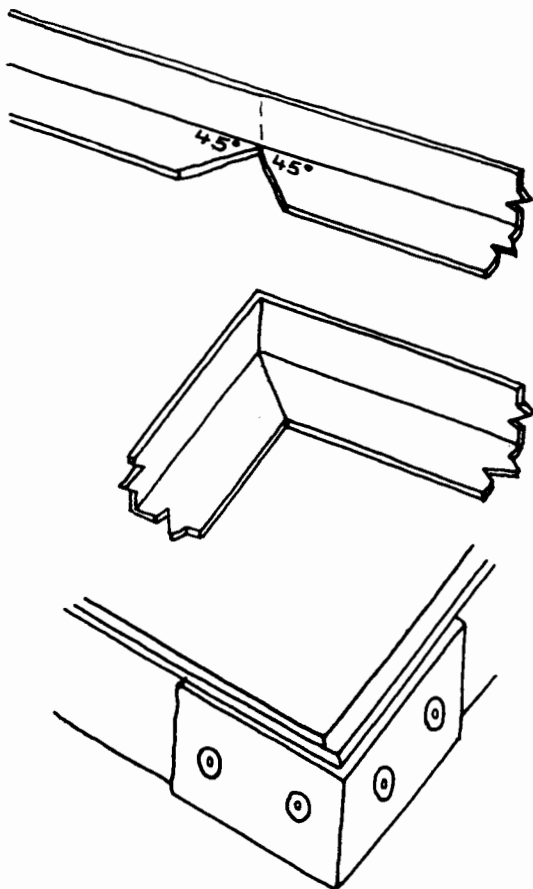


superior e inferior de la caja con un ángulo de 60° de forma que el aluminio quede a haces con ellos. Otra posibilidad es que os doblen el aluminio, dejando la caja a escuadra, o podéis cortarlo en los bordes de la parte superior y en los laterales. Encargad en un taller de metalistería que os hagan un agujero en la lámina de aluminio, de forma que os quede una pieza metálica que cubra todos los bordes expuestos del aislamiento; posteriormente esta lá-

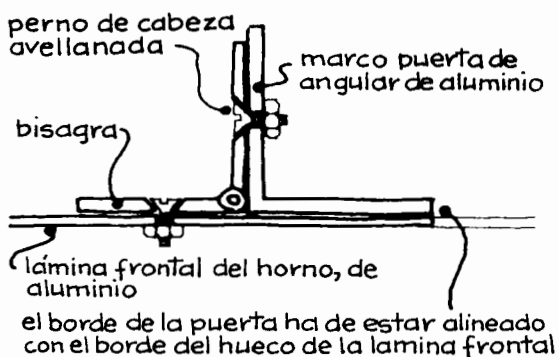
mina la atornillaremos sobre la parte frontal de la caja.

Vais a necesitar también una pieza de aluminio para colocarla en la base del horno. Puede ser del calibre 16 ó 18 cortada exactamente para poderla meter encima de la espuma de vidrio. Sería mejor aún hacer un revestimiento metálico completo del horno como el de la figura, remachando las piezas entre si y que pueda quitarse para limpiarlo. El aislamiento es bastante frágil y al tocarlo produce un polvo muy fino, pero si tenéis cuidado de no golpear el interior del horno con los pucheros, y si encima de los cacharros ponéis tapas o papel de aluminio será suficiente con que sólo pongáis la base. Si hacéis el revestimiento completo podréis utilizar fibra de vidrio o lana mineral en lugar de espuma de vidrio, que es más cara: como estos materiales no son rígidos es necesario poner el revestimiento para mantenerlos en su sitio. Podéis apoyar la base del revestimiento sobre cuatro clavos de 75mm metidos a presión a través del aislamiento, como se puede ver en las figuras, y quizá utilizar también clavos en los laterales y en la pieza posterior para impedir que se produzcan movimientos en esta dirección.



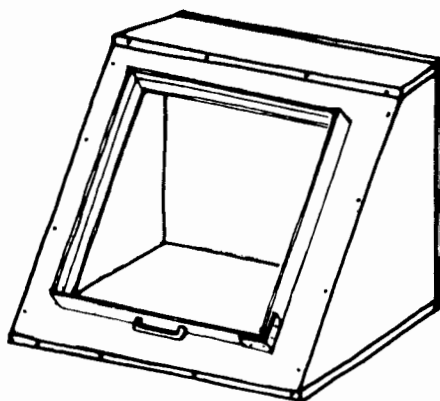


La puerta del horno se hace con un trozo de angular de aluminio de 25mm x 25mm. Haced unas muescas como se ve en la figura, asegurándoos de que los cortes estén a 45°, y después doblad el angular para formar un marco rectangular. Marcad todas las dimensiones con mucho cuidado y doblad el angular sobre una superficie plana, de manera que al terminar la puerta, ésta descansa sobre un plano horizontal. Comprobad que las esquinas del

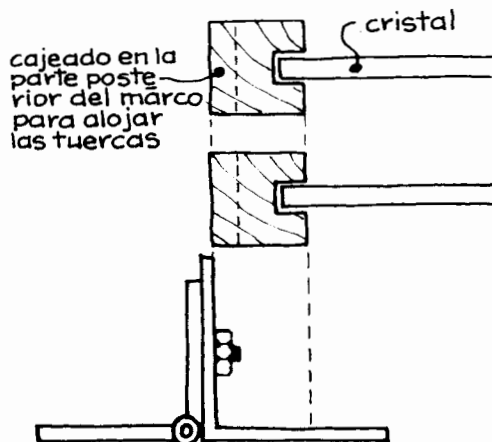


marco estén a escuadra. Unid el lado del marco que queda abierto con una pieza de aluminio doblada, remachada sobre el angular. Haced los agujeros de los remaches antes de doblar el angular de aluminio.

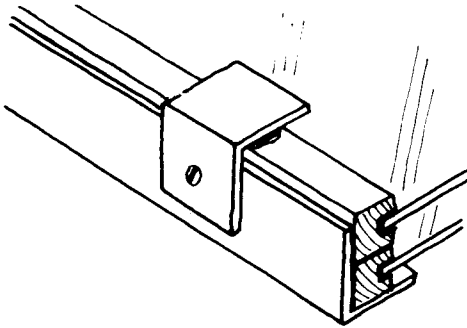
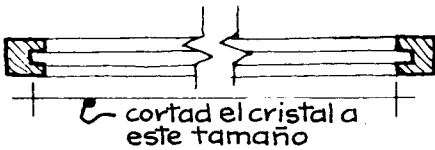
Sujetad con pernos un par de bisagras en uno de los bordes de la puerta como se puede ver en la figura: Utilizad pernos muy cortos con cabeza avellanada de manera que el perno sobresalga sobre la puerta. Es preferible utilizar bisagras galvanizadas o con un revestimiento metálico, ya que así no se oxidan. Mediante unos pernos cortos análogos fijad el asa al borde inferior de la puerta. Sujetad las bisagras de la puerta sobre la pieza de aluminio que constituye la pieza frontal del horno,



mediante los mismos pernos que empleasteis para sujetar las bisagras de la puerta. Colocad la puerta sobre el hueco de la parte frontal del horno en posición central. A continuación atornillad la lámina frontal sobre la caja del horno, colocando tornillos en los bordes de madera para sujetarla.



La puerta deberá tener un cristal para que dé el sol en el interior del horno. Utilizad un par de trozos de perfil de madera del que se utiliza para las puertas correderas de cristal en los aparadores, para que el cristal quede sujeto. Estas piezas las podréis encontrar en una tienda de bricolaje, comprad un perfil para cristal de 4mm. Cortad la madera en la forma indicada para que quepa dentro del marco y colocad las piezas en su sitio. Medid la madera de un extremo a otro y de arriba abajo. Comprobad que el marco esté a escuadra y después medid la profundidad del surco del perfil de madera. Esto deja una tolerancia para que el cristal se dilate con el calor del sol.



Cortad el vidrio según estas dimensiones; deberá ser vidrio de 3mm para que quepa con holgura en el marco de madera. Colocad las piezas de madera alrededor de la primera hoja de vidrio, colocadlo en el marco de la puerta de aluminio, poniendo después la segunda

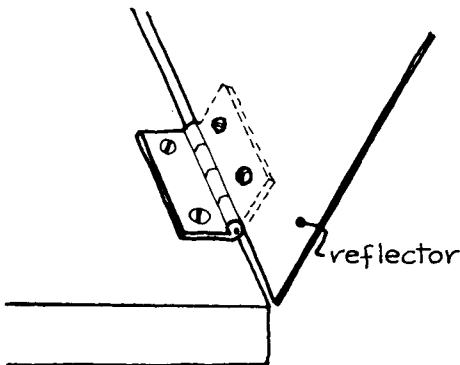
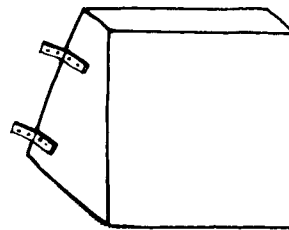
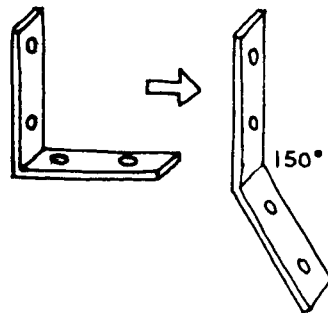


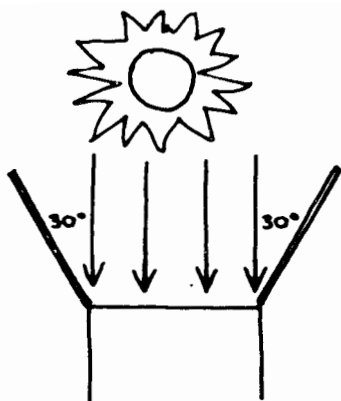
lámina de cristal, con su marco de madera, encima de la primera. Por último colocad las abrazaderas, que son unas piezas de angular de aluminio de 25mm×25mm, de una longitud de 25mm. Las abrazaderas se deben fijar al aluminio con tornillos tirafondos muy cortos para sujetar el marco de madera. Debajo de cada abrazadera poned cuatro trozos de una cámara vieja de bicicleta para amortiguar la unión entre los marcos y el cristal.

Vais a necesitar cuatro piezas de acero inoxidable pulimentado del calibre 16 ó 18, de 610mm×610mm para formar los reflectores que concentren la radiación solar en un horno. Fijad con pernos un par de bisagras en cada una de las láminas de acero inoxidable, poniendo los pernos como se indica. Atornillad las bisagras sobre la caja de madera que rodea al horno para que haya un reflector en cada uno de sus lados. Conseguid dos pares de escuadras metálicas en un taller de metalistería, dobladlas para que formen un ángulo

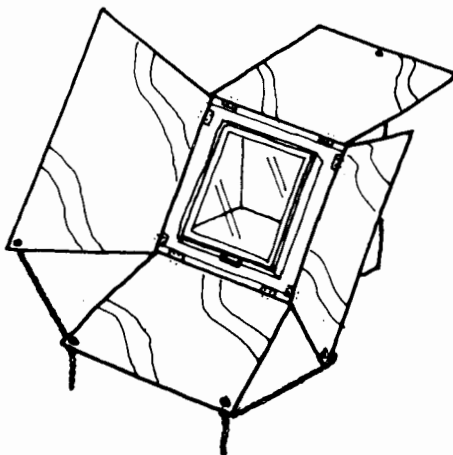


de 150°. A continuación atornillad un par de ellas en cada lado de la caja para sujetar los reflectores laterales, formando un ángulo de 30° con la radiación solar.

Por último poned un perno pequeño de cabeza redonda (como se indica en la figura) en la esquina delantera de los reflectores laterales y del que forma la base. Además colocad también un perno en el centro del borde superior del reflector de arriba. Poned los pernos

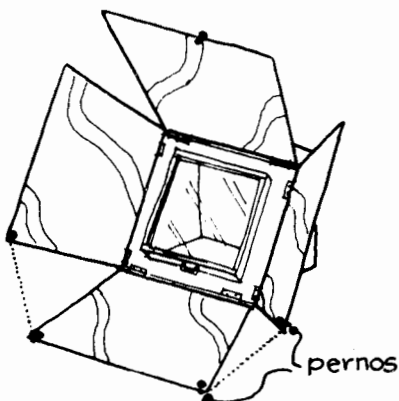


con una tuerca a cada lado del reflector, de forma que el perno sobresalga unos 10mm aproximadamente. Comprad cierta cantidad de cadena para que pase por la cabeza de los



los pernos de la parte inferior de los reflectores laterales. Cuando sepáis aproximadamente la cantidad de cadena que vais a necesitar, ya podéis fijar la cadena sobre los pernos del reflector inferior mediante arandelas colocadas bajo las cabezas de los pernos. Colocad el reflector superior de forma que refleje la luz en el horno. Enganchad una cadena en el perno del reflector y también en el tornillo situado en la parte posterior del horno para que la lámina metálica quede sujeta.

Ahora ya os podéis poner los guantes y abrir la puerta del horno. Meted en el horno el

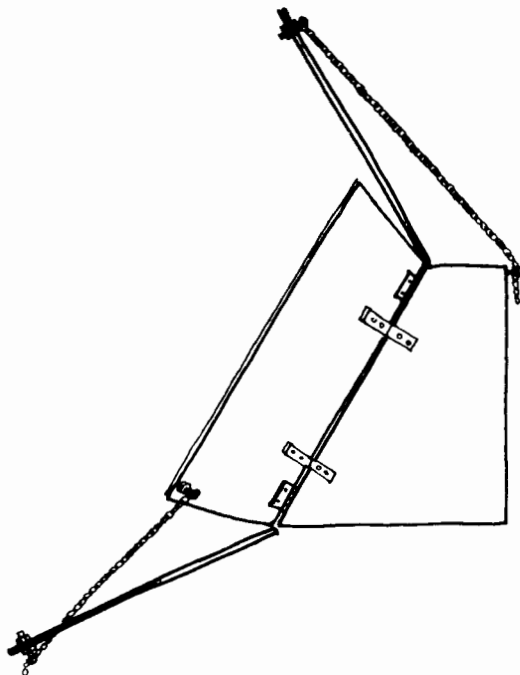


pernos y poned un tornillo de cabeza redonda, del mismo tamaño que la de los pernos, en el centro de la parte posterior de la caja, cerca del borde superior.

### Instalación y funcionamiento

Lo mejor es poner el horno en el exterior o también es posible ponerlo en un invernadero. Es conveniente llevar gafas de sol porque los reflejos pueden ser muy intensos, y también necesitaréis un termómetro de horno. Dirigid el horno hacia el sol y haced girar los reflectores laterales hasta que se apoyen sobre las escuadras. Podréis ver la luz reflejada en el interior del horno, y esto servirá para indicaros que los reflectores están bien colocados.

Subid el reflector inferior hasta que podáis ver su reflejo dentro del horno. Mantenedlo en posición enganchando trozos de cadena en



termómetro para medir la temperatura y así saber qué clase de comidas podéis hacer. Cuando sepáis la temperatura, poned la comida y dejad que se haga. Deberéis ajustar la posición del horno y de los reflectores, cuando sea necesario, para seguir el movimiento del sol en el cielo.

## Cajas de heno

### Materiales y construcción

Si os sentís preocupados por la constante utilización de los materiales aislantes plásticos que recomendamos en todo el libro (aunque creemos que su fabricación es la mejor forma en que se puede utilizar las reservas de petróleo), con la construcción de una caja de heno, tenéis la posibilidad real de utilizar materiales naturales. La función de la caja de heno es proporcionar un espacio bien aislado térmicamente, donde la comida caliente pueda seguir haciéndose por sí misma. Las cajas de heno se hicieron muy populares durante la segunda guerra mundial, cuando el único material aislante que se tenía a mano era el heno.

Necesitaréis aproximadamente medio fardo de heno; no intentéis comparlo en pequeñas cantidades, de las que venden en bolsas en las tiendas de animales, para comida de los conejos, ya que esto resultaría excesivamente caro. Si vivís en una ciudad y queréis utilizar heno, tendréis que esperar a cuando vayáis por el campo, parad cuando veáis el cartel «Se vende heno», especialmente durante junio y julio que es cuando se empaqueta la primera cosecha de heno. Será suficiente, para la caja de heno, con que compréis heno de la peor calidad. También necesitaréis una caja grande de cartón, de las que se utilizan para embalajes de lavadoras o neveras, y que podéis conseguir fácilmente en cualquier tienda. Nosotros hemos utilizado un cajón de té, que es más resistente aunque algo más caro.

Lo único que tenéis que hacer es llenar la caja, hasta la mitad, con el heno, compactándolo bastante, formad un hueco en el centro para poner la olla y poner el heno alrededor. Veréis que el heno tiene suficiente cuerpo para mantener la forma de la olla cuando la saquéis. Reservad un buen trozo del fardo de heno para hacer una tapa y ponerla encima de la olla cuando esté colocada; si este trozo

está está muy comprimido deberéis aflojarlo un poco.

### Instalación y funcionamiento

Para poder utilizar la caja de heno necesitaréis una olla con tapa para poderla colocar directamente sobre una cocina de gas o eléctrica: lo ideal es una olla de hierro fundido. En la caja de heno podréis hacer cocidos, porridge\*, natillas y sopas. No obstante, lo mejor es limitarse a cocer legumbres y verduras, ya que las comidas se harán por debajo del punto de ebullición o incluso a temperaturas inferiores, y si no estáis en absoluto seguros de la procedencia de la carne, no es aconsejable tenerla a una temperatura ideal para el desarrollo de bacterias nocivas. No se debe utilizar tampoco carne sobrante, ya cocida.

Después de mezclar los ingredientes, igual que si fuéseis a poner la olla en el horno, hervid el contenido encima de una estufa, dejadlo cociendo durante un minuto o dos y después poned la tapa, y llevad rápidamente la olla caliente a la caja de heno, poniendo encima la tapa de heno.

El guiso se puede dejar haciendo durante todo el día si se prepara por la mañana y se va a comer por la noche. Antes de comerlo se deberá calentar hasta que hierva y dejarlo así durante dos o tres minutos para que se caliente por dentro.

Cocinar en una caja de heno tiene siempre algo de experimento porque la eficacia de la capa de aislamiento dependerá de lo bien que hayáis compactado el heno y de lo grande que sea la caja. La primera vez, nosotros hicimos porridge por la noche —echando leche hirviendo sobre la avena, tapando la olla y dejándola dentro de la caja de heno—, bajamos por la mañana y nos encontramos con que el porridge estaba hecho pero frío, que hubiera sido quizá lo mismo que si hubiéramos dejado la olla con leche hirviendo y con avena sobre la mesa. Lo primero que hicimos fue calentarlo y comerlo, pero inmediatamente después aumentamos el espesor de la caja de heno.

La caja de heno auténtica tiene una ventaja sobre la caja de poliestireno expandido que a continuación se describe y que es mejor aislante: el suave olor a prado que tiene el heno caliente llena la cocina al utilizarlo, y abre mu-

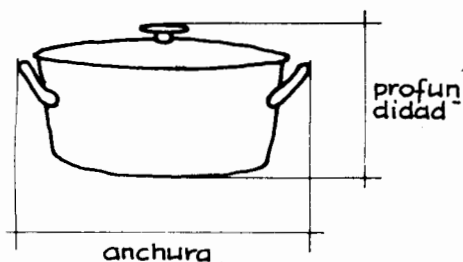
\* (N. del T.: el porridge es una papilla de avena que los ingleses toman en el desayuno).

cho más el apetito que con los vapores de olor acre que desprenden los plásticos expandidos, si se pone en contacto el material con la olla caliente.

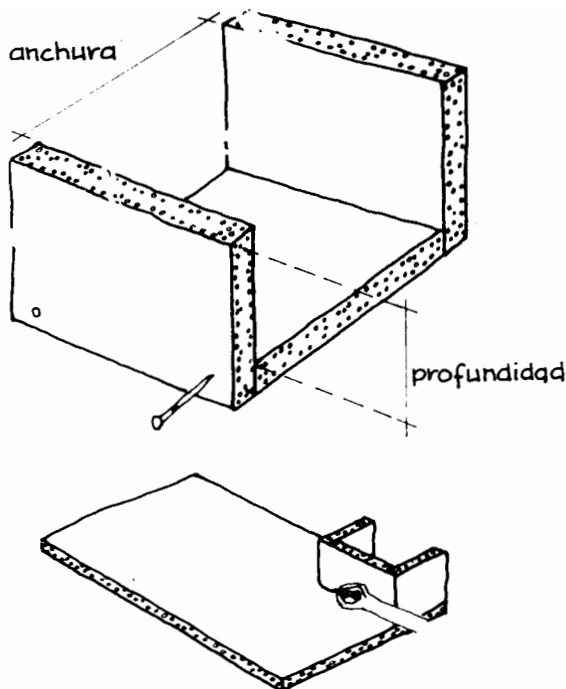
## Cajas de poliestireno expandido

### Materiales y construcción

Si os decidís por la caja de poliestireno expandido mejoraréis el nivel de vuestra cocina. Mediante la caja que a continuación describimos hemos conseguido hacer sopa en tres horas, hallando que, además de haberse cocido, estaba demasiado caliente para poderla tomar. La parte superior, laterales y base de la caja se hacen con poliestireno expandido de 100mm de espesor, mediante dos capas de 50mm. Será suficiente con una plancha de 2400mm×1200mm para hacer una caja donde colocar una olla redonda de 3,5 litros con tapa. Si habéis puesto aislamiento en las paredes, piso y cubierta de vuestra vivienda seguramente os habrán sobrado suficientes trozos de poliestireno expandido de 50mm para hacer la caja de heno.



Comenzad midiendo la anchura de la olla entre las asas, sumadle 25mm y utilizad esta dimensión como anchura interior de la caja. Análogamente medid la profundidad y añadidle 25mm. Tendréis que hacer una caja a la medida de una olla concreta, aunque por supuesto podréis meter otras más pequeñas, ya que no tendréis la flexibilidad que da el heno. Cortad la primera base, un cuadrado que tenga por lados la anchura de la olla más 25mm. Cortad los laterales según la profundidad medida más 25mm y más 50mm. El poliestireno lo podéis cortar con el cuchillo del pan, aunque con un serrucho lo haréis más rápido y con más exactitud, por lo que será mayor la probabilidad de que cortéis los bor-



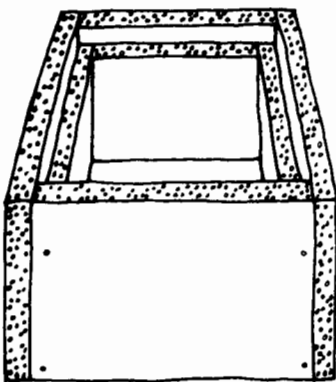
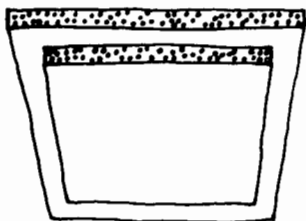
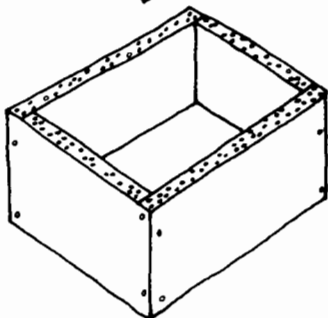
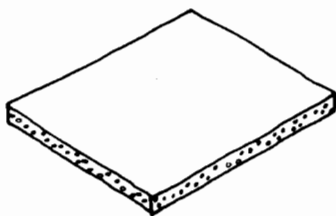
des a escuadra, que es muy importante al construir la caja.

Sujetad los lados sobre la base, mediante adhesivo de PVA y clavos redondos de 100mm, asegurándoos de que el adhesivo esté bien distribuido por la superficie, y poniendo un clavo en cada esquina. A partir de aquí ya no tendréis que hacer más medidas. Colocad el conjunto sobre la plancha de poliestireno y marcad a su alrededor con un lápiz para cortar las piezas de los otros dos laterales. Estos se colocarán como antes. A continuación marcad el lado abierto de la caja y cortad el trozo que va a servir de tapa y que no deberéis colocar aún. Ahora ya tenéis una caja de poliestireno de 50mm de espesor donde podréis colocar fácilmente la olla.

A continuación tendréis que repetir el proceso, cortando una nueva base, colocándola sobre los laterales y poniendo finalmente la tapa. Poned la primera tapa en su sitio, echad pegamento sobre ella y colocad encima la tapa grande, sujetándola con clavos de 100mm, como siempre. La tapa terminada podrá ponerse y quitarse fácilmente.

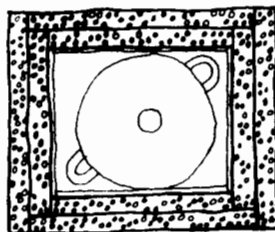
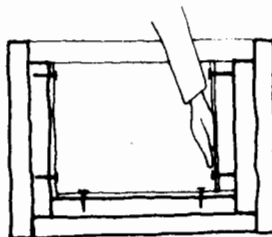
### Protección de la caja

Para que la caja de poliestireno os dure mucho tiempo deberéis protegerla. Si se deja simplemente en la cocina, donde sufre cons-



lentarlos; por eso se puede cortar con un alambre caliente, aunque no es aconsejable esta técnica porque a la vez que se derrite desprende humos venenosos. Sin embargo, al ver que la caja de poliestireno estaba terminada, no pudimos resistir la tentación de poner rápidamente la olla con el porridge, directamente encima, viendo como lentamente la olla se iba hundiendo en la base de la caja... El revestimiento interior, o al menos la base interior, se puede hacer también de contrachapado, tablero de fibras, cartón (el de espesor doble es el mejor) o incluso trozos sobrantes de baldosas de corcho, si tenéis. Este revestimiento ocupará parte de los 25mm adicionales que dejasteis con respecto a la anchura de la olla.

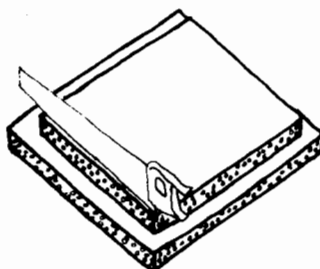
Para hacer el revestimiento interior tendréis que medir las superficies interiores. Después deberéis cortar las piezas del material de revestimiento para que quepa dentro, metiendo a presión clavos de 25mm en cada esquina. Las piezas del revestimiento se pueden colocar presionando suavemente, colocando los



Si el revestimiento es grueso podéis poner la olla en diagonal

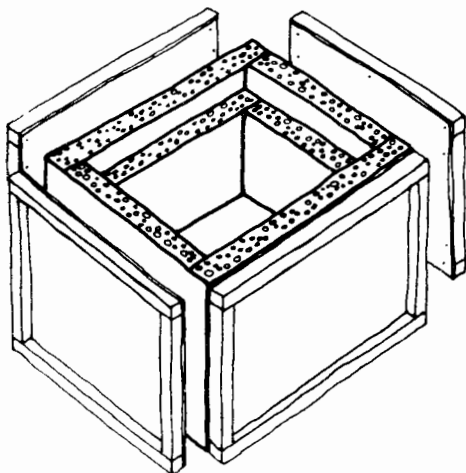
tantemente roces, se desprenderán continuamente trozos de poliestireno. Se podría colocar simplemente la caja de poliestireno dentro de otra caja de cartón que ajuste lo más exactamente posible, aunque sería mejor y quedaría más bonito si la rodeamos con una caja de cartón, de tablero de fibras o de contrachapado delgado, hecha a la medida.

Sin embargo, mucho más importante es la protección del interior de la caja. Nosotros dos sabíamos que el poliestireno se derrite al ca-

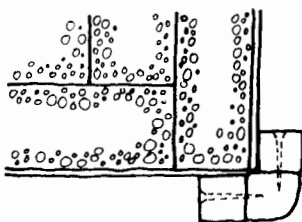


antes de recubrir los bordes de la tapa y la caja, hay que recortar la tapa en un espesor doble que el revestimiento

clavos en el poliestireno para que queden sujetas. También se deben cubrir los bordes de la caja y de la tapa o si no cuando saquéis la olla rozaréis el poliestireno y caerán trozos sobre la olla, de lo que siempre os daréis cuenta por su desagradable olor.



De la misma forma se puede hacer el revestimiento para el exterior de la caja mediante tablero de fibras o cartón, sellando las uniones de las esquinas con cinta adhesiva de 50mm.



Lo mejor será hacer una caja de contrachapado de 4mm con un marco de madera cepillada de 25mm×25mm. Cortad los trozos de contrachapado a la medida de los cuatro laterales de la caja. Echad adhesivo y clavados en los cuatro lados sobre los marcos de 25mm×25mm, que se colocarán con juntas a tope como se muestra en la figura. Unid los paneles con el marco colocado en las esquinas, alrededor de la caja de poliestireno, mediante otros trozos de madera de 25 mm, atornillada como se indica. Medid la base de la caja incluyendo el marco, cortad a medida una pieza de contrachapado, pegándolo y clavándolo.

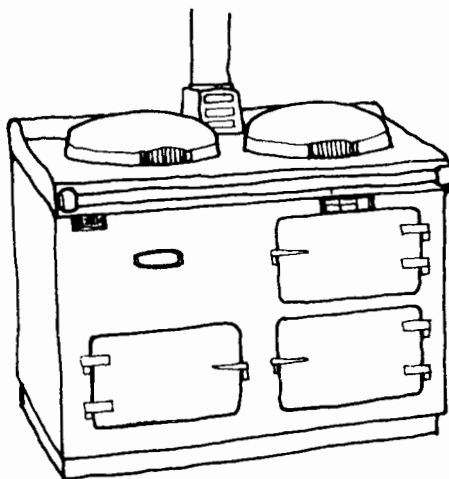
Con la tapa de poliestireno se hace exacta-

mente lo mismo, midiendo la parte superior de la tapa, cortándola y poniéndola en su lugar cuando esté montado el marco. Cuando la caja de contrachapado esté terminada se puede teñir o pintar. La caja así construida, sobre todo si tiene un revestimiento interior parecido, de contrachapado, tendrá una larga vida y os será de gran utilidad.

## Cocinas para calefacción

Además de intentar reducir la energía empleada en la cocina, mediante una caja de heno, o mediante la energía solar directa cuando fuese posible, también es útil tratar de ahorrar energía combinando la cocina con el foco calorífico de la calefacción. Cuando hayáis aislado perfectamente vuestra casa, veréis que la demanda de calor se habrá reducido hasta un punto en el que las ganancias térmicas producidas por las personas, iluminación y aparatos domésticos, incluida la cocina, tienen un efecto apreciable en la calefacción de la vivienda. Cualquiera que sea la cantidad de gas o electricidad que empleáis para guisar —y esto lo podréis calcular con las facturas— es de hecho energía que metéis directamente en la casa, ya que muy poca de ella se utiliza realmente para hacer la comida. Una cifra típica de la cantidad de energía que aporta una cocina a la casa es 1400kW al año. En una casa aislada térmicamente puede ser interesante utilizar la cocina para calefacción, al haberse reducido la demanda de energía.

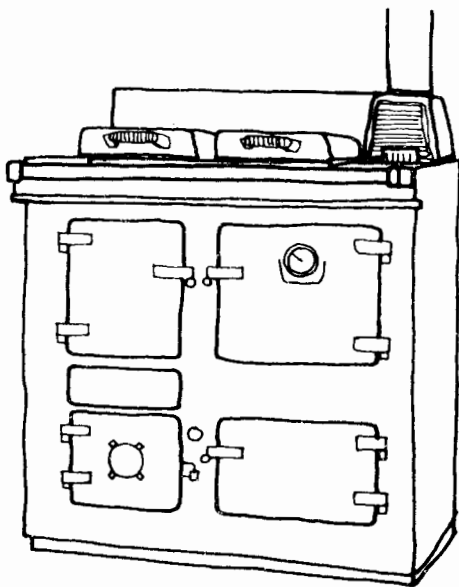
Una cocina calorifugada como, por ejemplo, de la marca Aga, que funciona durante 24





horas al día y que sólo se enciende al principio del invierno, aportará constantemente 1 kW a la vivienda, además de servir como estufa y dar agua caliente. Esta cantidad de calor, sobre todo si lo añadimos a las ganancias de calor solar a través de las ventanas, será suficiente probablemente para calentar la casa aislada, excepto en los meses más fríos de diciembre, enero y febrero. Como funciona con un rendimiento del 80% cuando el combustible utilizado es sólido (si es por gas o gasóleo el rendimiento baja al 60%), esta instalación quemaría unas 1,75 toneladas de coque durante toda la temporada de calefacción.

Si este aparato sólo lo utilizásemos como cocina en una vivienda con calefacción central, además de ser caro de instalación, sería también una forma extravagante de suministrar



energía para cocinar. Cuando se pueda utilizar a la vez para cocinar y para calefacción es una solución económica. También se fabrican cocinas calorifugadas de leña y coque de otros tipos como, por ejemplo, la Hamco para leña y la Reyburn, con la que también pueden funcionar radiadores. Al contrario que la Aga, éstas no llevan control termostático, teniéndose que avivar el fuego para elevar la temperatura del horno antes de hacer la comida. Entre las horas de la comida, sin embargo, continuará marchando y aportando calor al edificio.

Todos los sistemas de cocina y calefacción combinados suponen un alto coste inicial, comparable al de la instalación de calefacción central y cocina convencional; así pues, si pensáis aislar vuestra vivienda, probablemente no será económico cambiar vuestra cocina actual de gas por una cocina tipo Rayburn. Si vais a partir de cero en un edificio que no tenga calefacción, merecería la pena considerar la utilización de cocina y calefacción combinados: preferiblemente elegida de carbón o de leña porque éstos son los combustibles que más probabilidad tienen de seguir existiendo durante toda la vida de la cocina, que puede ser de cincuenta a cien años, dependiendo del tipo y calidad de los materiales empleados en su construcción. Esta cocina, si se coloca en el centro de un edificio, se convierte en el auténtico corazón de la casa.

No sería económico hacerla funcionar todo el verano únicamente para producir agua caliente y para guisar. Tendréis que haceros de una pequeña cocina convencional para el verano, a no ser que vuestra conversión a la energía alternativa sea total, y en verano utilizéis agua caliente de los colectores solares, una hervidora eléctrica (con energía eólica, por supuesto), un horno solar, caja de heno y, sobre todo, comiendo muchas ensaladas.

# 23 Construcción de un molino de viento

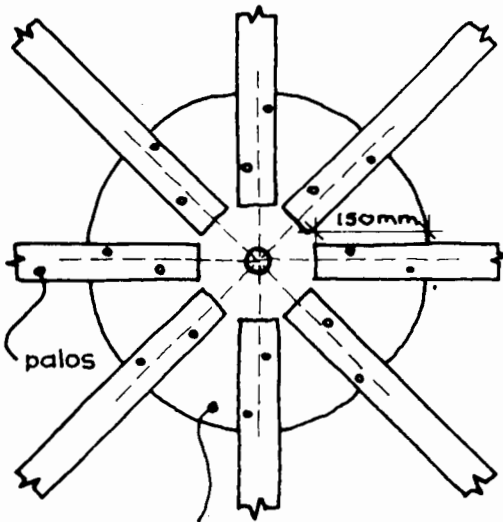
El molino que a continuación describimos tiene una potencia eléctrica máxima de salida de 750 vatios, a 24 voltios. En parte nos hemos basado en dos diseños recientes, que a su vez se basan en los molinos de viento utilizados en Creta para bombear agua. Los diseños son del Centro Nacional de Tecnología Alternativa, de Machynlleth (Gales), y de la Comisión Permanente de Energía Eólica para Países en Desarrollo, de Amersfoort (Países Bajos). Hemos elegido este diseño, que puede parecer algo rudimentario con su estructura de madera y aspas de lona, por su inherente seguridad y buen funcionamiento. Hemos experimentado con molinos de alta velocidad con aspas similares a las de las hélices de los aviones y hemos visto que incluso los aparatos de tipo comercial, bien diseñados aparentemente y sólidamente contruidos, sufren con frecuencia graves fallos mecánicos que podrían ser peligrosos. Un aparato casero puede estar peor construido y podría suponerse, por tanto, que es más peligroso; en cualquier caso lo que no querréis es golpearos con un trozo de aspa rota. El molino de Creta es lento, sencillo y seguro, y se puede reparar con facilidad. No necesita complejas herramientas o habilidad para el trabajo en metal.

Este capítulo constará en gran parte de dibujos, ya que el molino es un diseño tridimensional bastante complicado y que es mejor explicarlo mediante dibujos.

## Montaje del rotor

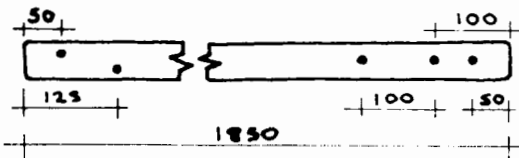
Hay que empezar montando el rotor. Cortad la lámina frontal, con contrachapado de 25mm para exteriores. La pieza deberá tener un diámetro de 450mm y deberá tener un agujero de 32mm hecho exactamente en el centro. Si hacéis el agujero con un berbiquí podéis situar la broca en el agujero hecho por el compás (un trozo de madera, un clavo y un lápiz) con el que habéis marcado el círculo. Tratad de hacerlo lo más exacto posible, aunque como el rotor sólo gira a 50 rpm, las vibraciones de los elementos no equilibrados no serán capaces de destruir el invento.

Antes de hacer el agujero deberéis dividir el disco de contrachapado en ocho partes iguales para señalar las posiciones de los palos de las aspas. El diámetro del molino es 3,85 metros y los 8 palos de 50mm×50mm, de fresno (el fresno es una madera muy flexible que resiste muy bien los impactos), deberán cortarse a una longitud de 1850mm, debiéndose redon-



disco de contrachapado de 450 mm de diámetro

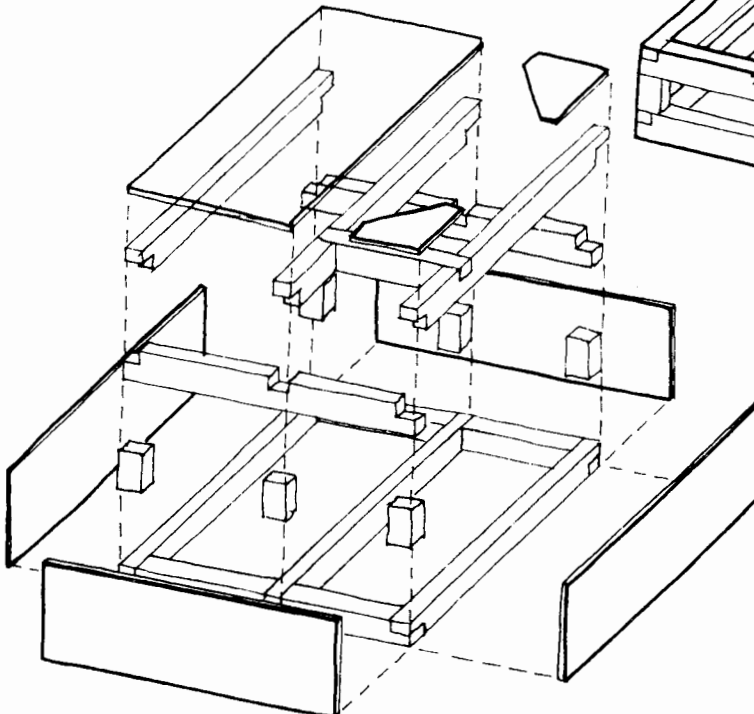
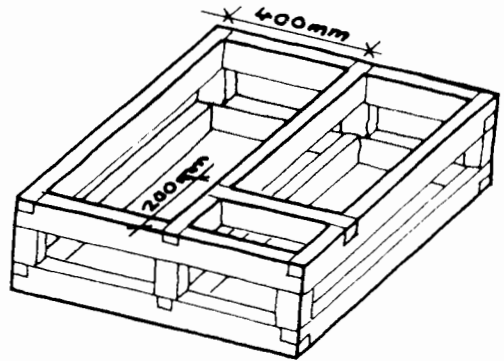
Todas las dimensiones en milímetros:



dear los bordes. Los palos se sujetan sobre el disco con pernos de 8mm de diámetro. Poned bajo las cabezas de los pernos y bajo las tuercas arandelas grandes y utilizad arandelas con fiador, además de las tuercas de los pernos. Es imprescindible que la máquina no vibre para que no se rompa. En los palos han de hacerse unos agujeros de 10mm de diámetro, como se indica en el dibujo, para colocar las aspas y el cordaje de atado.

## Bastidor del alternador y de los engranajes

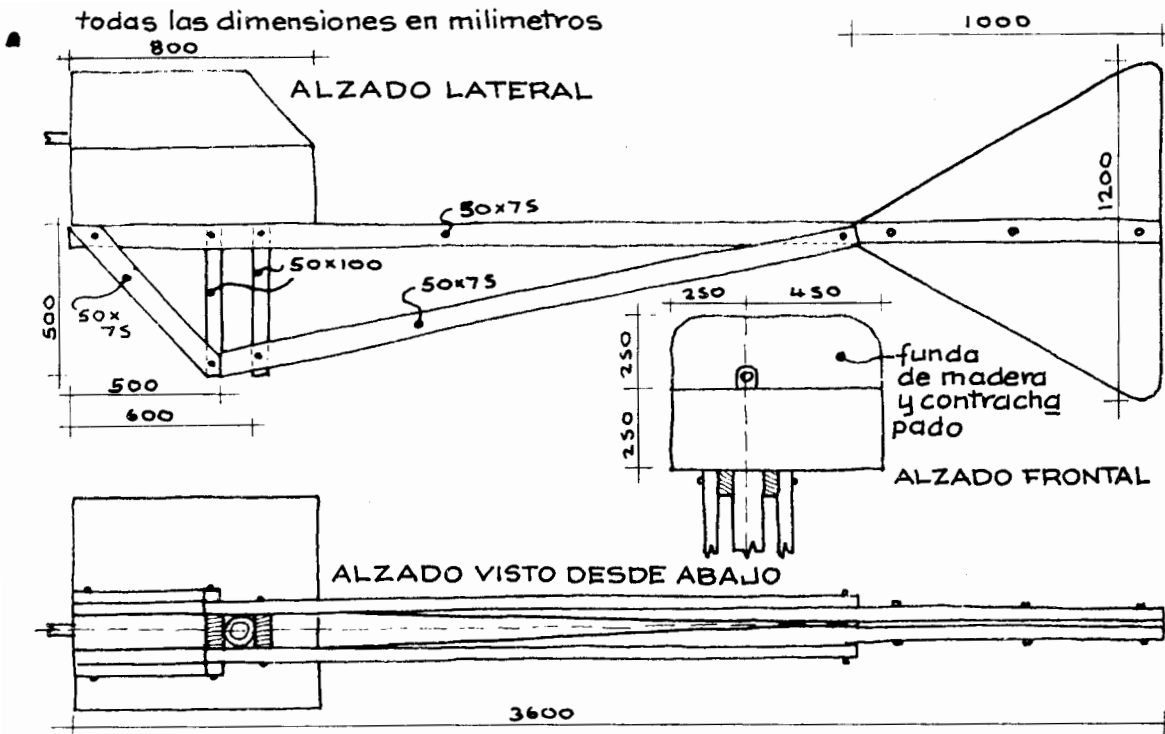
Ahora tenéis que hacer el bastidor donde poner el alternador y los engranajes, según las dimensiones de los dibujos, empleando madera de 50mm x 75mm con los largueros superiores y laterales de contrachapado de 6mm para exteriores, atornillado y pegado (con adhesivo resistente al agua) para que tenga rigidez. Este bastidor se sujeta fuertemente al



dimensiones del bastidor sin el revestimiento de contrachapado:

altura 250 mm  
longitud 800 mm  
anchura 700 mm

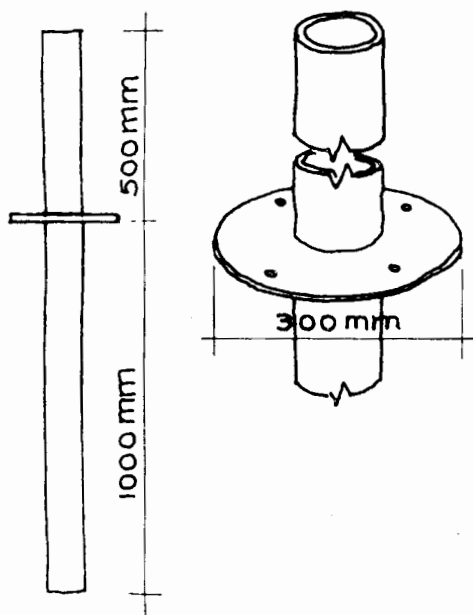
todas las piezas son de 50mm x 75 mm



bastidor principal del molino, donde se coloca la cola y el eje de rotación que hace que la máquina gire en dirección del viento.

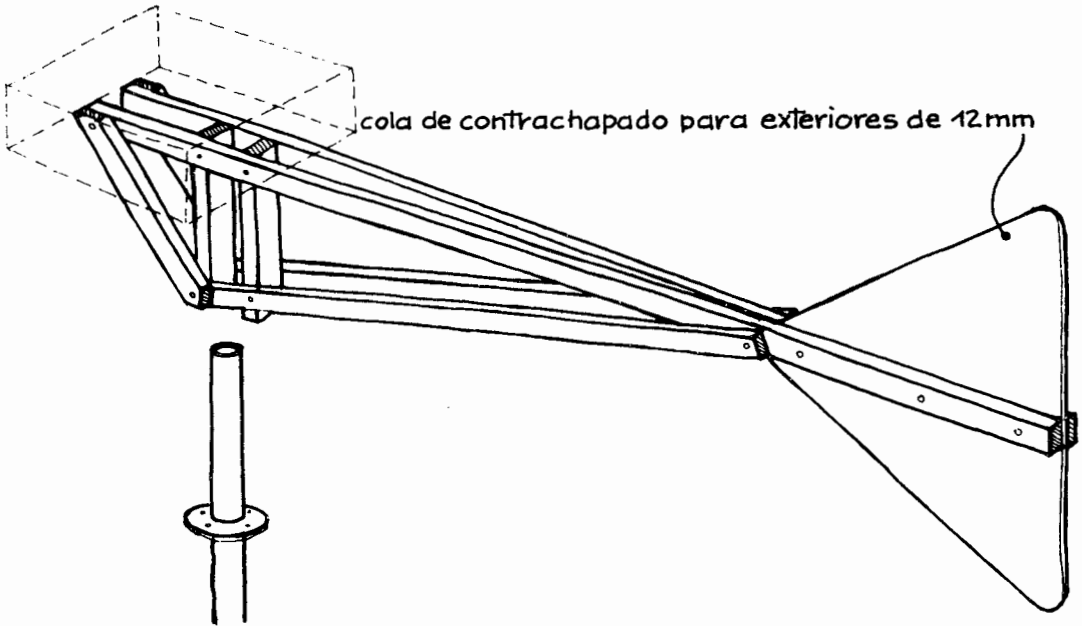
## Eje de rotación

Para el eje de rotación vais a necesitar un trozo de tubo de acero de un diámetro algo menor de 100mm, con un espesor de pared de 3-4mm. Deberá ser bastante resistente para poder resistir los esfuerzos debidos al movimiento de la máquina cuando haga viento racheado. Se ha de soldar, como se indica en la figura, un disco de acero de 4mm, sobre el que descansará el peso del molino. El bastidor del molino de viento ha de hacerse de forma que se pueda meter sobre este tubo, por lo que si el tubo que tenéis es de diámetro diferente, deberéis modificar consiguientemente el bastidor. Cuando tengáis el tubo haced el bastidor con las dimensiones que se indican, empleando tornillos tirafondos para sujetar los elementos diagonales de atado sobre las piezas verticales del eje de giro.



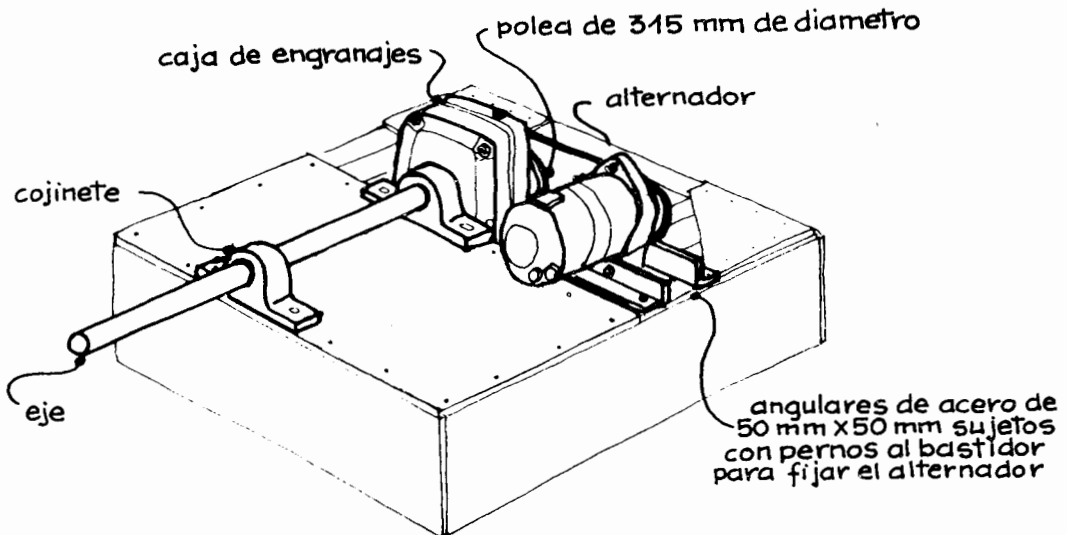
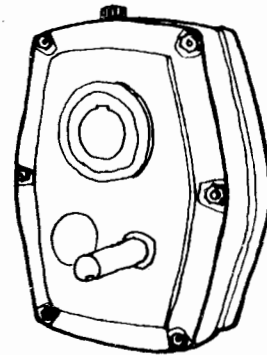
## Construcción del eje

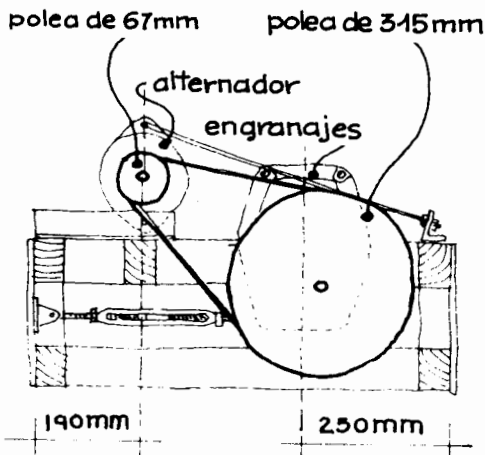
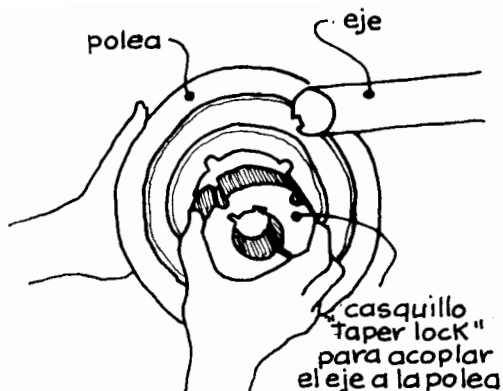
El eje consiste en una pieza de varilla de acero dulce de 32mm de diámetro, que deberá tener una ranura de ajuste en uno de los extremos para poderlo acoplar a una caja reductora



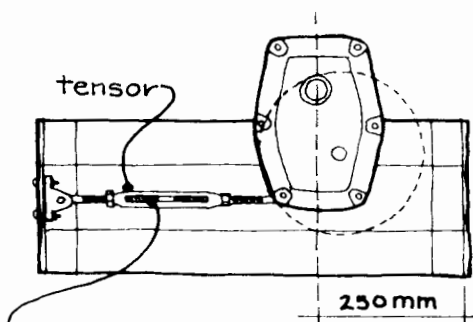
tipo Fenner C20. La caja de engranajes se utiliza invertida para conseguir una aceleración de 20 a 1. Será necesario que el eje de salida esté rebajado a 32mm, y los fabricantes os darán las instrucciones necesarias para cortar la ranura de acople en el eje. Quizá lo más fácil sea llevar la caja de engranajes al mismo taller donde os vayan a hacer el eje, y encargar que os los acoplen. No os olvidéis de comprar una pieza de acoplamiento para colocarla en la ranura.

Necesitaréis una polea tipo Fenner de





vista posterior

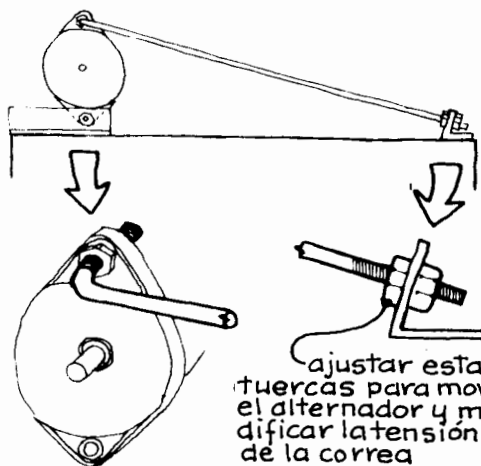


se deben acortar las varillas roscadas para que quepan dentro del bastidor

315mm de diámetro y correa única para que se acoplen en el otro eje de la caja reductora (el eje de acometida, aunque debido a que los estáis utilizando como engranaje de aceleración será el de salida), mediante un casquillo tipo «taper lock» para sujetarlo en su sitio y una pieza de acoplamiento adecuada. Comprad una segunda polea de 315mm que se pueda acoplar al eje principal con otro casquillo con su correspondiente pieza de acoplamiento, y que os corten una ranura en el eje para poderlo meter. Esta polea se utiliza para unir el rotor al eje. Deberá colocarse remetido aproximadamente 150mm del extremo del eje. También necesitaréis un par de cojinetes preferiblemente autoalineados, que se puedan colocar en el eje de 32mm y una correa SPZ de 1320mm.

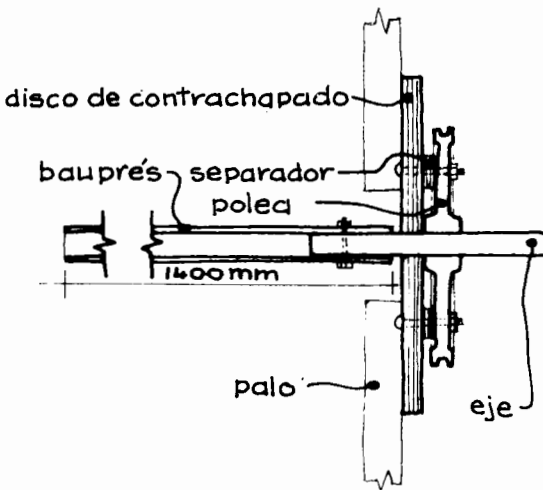
## Alternador

El alternador deberá ser de la marca CAV, modelo AC5 24/R, con una polea con correa en V de un diámetro de 67mm. Si el diámetro de la polea es mayor, es posible que el alternador no gire con la suficiente rapidez, pero si es más pequeño no importa. El alternador ha de tener un ventilador de refrigeración que funcione con un giro contrario al de las agujas de un reloj si lo miramos desde el alternador. Si no podéis encontrar el alternador de la marca CAV, podréis emplear cualquier alternador de 24 voltios que dé aproximadamente 30 amperios a unas 3500rpm. Si el alternador que encontréis funciona en el sentido de las agujas de un reloj en vez de al contrario, es fácil colocar las aspas del molino al contrario para que gire en la otra dirección.

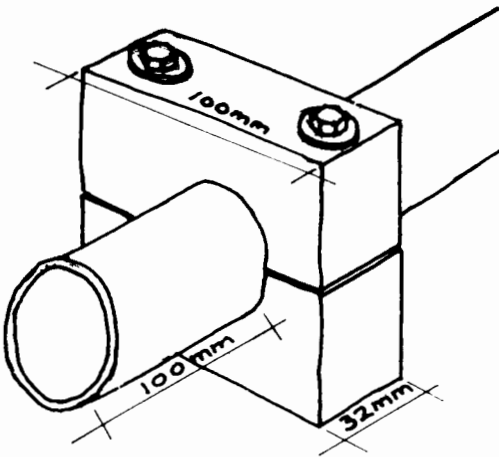


## Montaje del aparato

Las partes mecánicas se montan como se muestra en los dibujos, colocando en el bastidor una gran polea. La caja de engranajes tiene un tornillo tensor, cuya longitud se debe reducir cortando las partes roscadas de manera que haya sitio para colocar la abrazadera de fijación sobre el bastidor. Con un trozo de varilla roscada hacéd un tensor, doblado como se muestra en la figura, sujeto por medio de una pletina de acero atornillada al bastidor. Aseguraos de que los cojinetes del eje principal estén bien sujetos al bastidor con pernos, y acoplad la polea de 315mm de diámetro sobre el eje principal.



Sujetad con pernos de 10mm de diámetro el rotor a esta polea, poniendo arandelas bajo las cabezas para proteger la superficie de con-

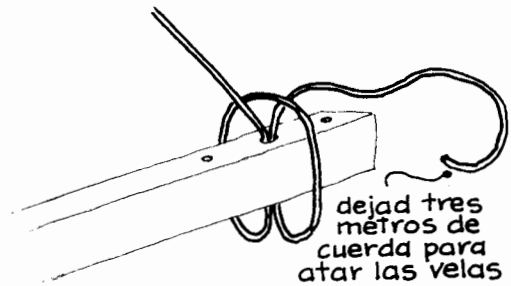
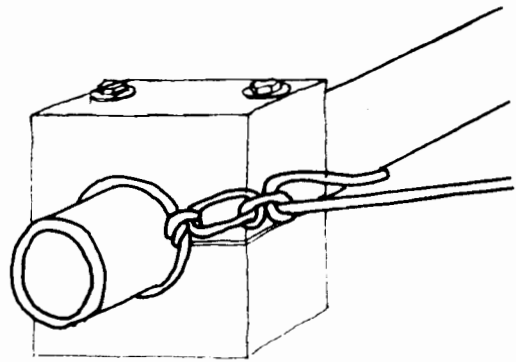


trachapado, y también unos separadores de contrachapado entre el disco y la polea y arandelas con fiador debajo de las tuercas para impedir que se aflojen por vibraciones. Haced un bauprés de una longitud aproximada de 1400mm, con un tubo metálico; deberá tener un diámetro interior de 32mm para que se acople en el extremo del eje. Sujetadlo sobre el eje con un perno para impedir que se salga. En la punta de bauprés dejad un trozo de madera que sirva de anclaje de las cuerdas que refuerzan el rotor. Otra posibilidad es hacer el eje con una pieza de un tubo de paredes gruesas de 25mm de diámetro, prolongándolo 1400mm para formar el bauprés.

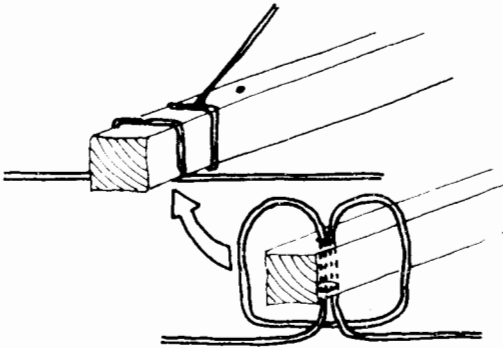
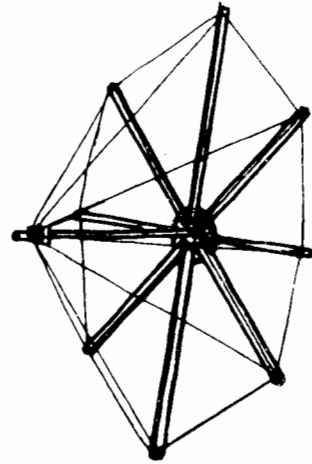
## Colocación de las cuerdas

Ahora ya podéis poner las cuerdas. Como mejor se hace esto es con aparato a nivel del terreno un poco levantado para que las partes bajas del rotor no toquen la tierra. Utilizad una cuerda con un diámetro aproximado de 5mm de un material que no se estire ni se pudra. Necesitaréis alrededor de 70 metros de cuerda —lo mejor es que la compréis en una tienda especializada en navegación a vela.

Atad la cuerda haciendo un nudo por detrás del trozo de madera, al extremo del bauprés y atadlo como se muestra en la figura por el segundo agujero del extremo del brazo del rotor.



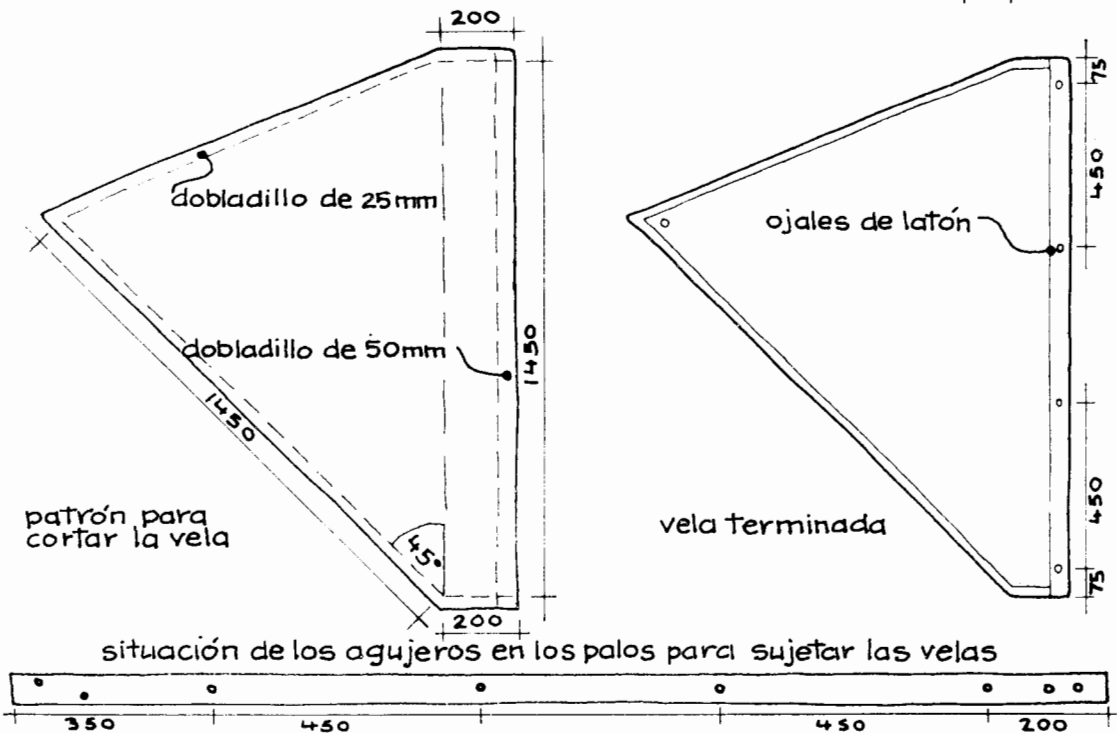
Apretad la cuerda pero no tanto como para poder doblar los palos de las aspas. Sujetad una segunda cuerda sobre el bauprés y atadla al brazo que esté justo enfrente del primero, ajustad el nudo hasta que las dos cuerdas tengan la misma longitud. Esta dimensión se puede comprobar con otro trozo de cuerda que se enganche en la punta del bauprés y atada a la distancia necesaria del extremo. Cuando el nudo esté a nivel con el extremo de cada palo es que las cuerdas están en posición correcta. Atad las cuerdas a los otros palos de las aspas de igual forma. Deberéis dejar unos 3 metros de cuerda colgando en el



extremo donde se ata al palo para sujetar las lonas a los palos. Por último, atad otra cuerda por el exterior del rotor, uniendo los extremos de los palos entre sí, y ajustando los nudos hasta que los brazos del rotor estén equidistantes.

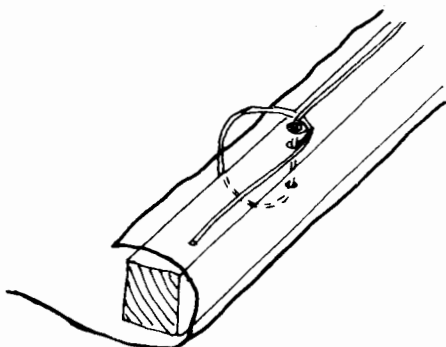
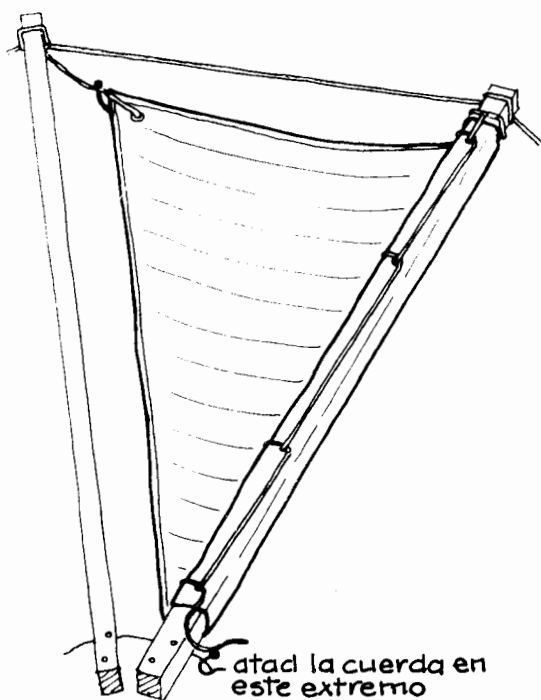
## Las aspas

A continuación hay que hacer las aspas utilizando el material más fuerte que podáis en-

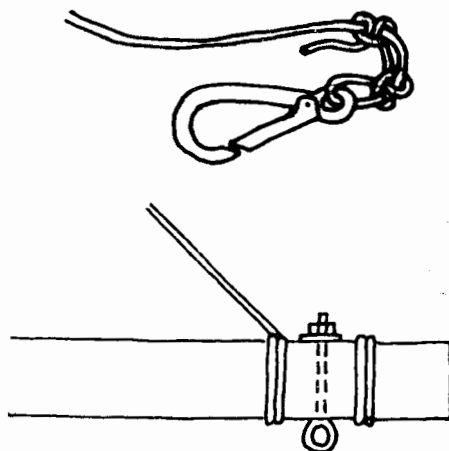




contrar. Probablemente lo mejor sea la fibra artificial que se utiliza para las velas de los barcos deportivos, pero también se puede utilizar lona gruesa, lona alquitranada u otra tela resistente. Cortad las ocho velas según el patrón del dibujo y hacedles unos dobladillos de 25mm cosiéndolo tres veces con hilo impermeable. Haced agujeros en las velas como se indica y ponedle ojales de latón que tengan unos agujeros de unos 20mm de diámetro de forma que las velas se puedan atar a los brazos del rotor. Si no os apetece coser vosotros mismos las velas, las pueden hacer en una tienda de náutica, un fabricante de velas o de tiendas de campaña. Por último, las velas se



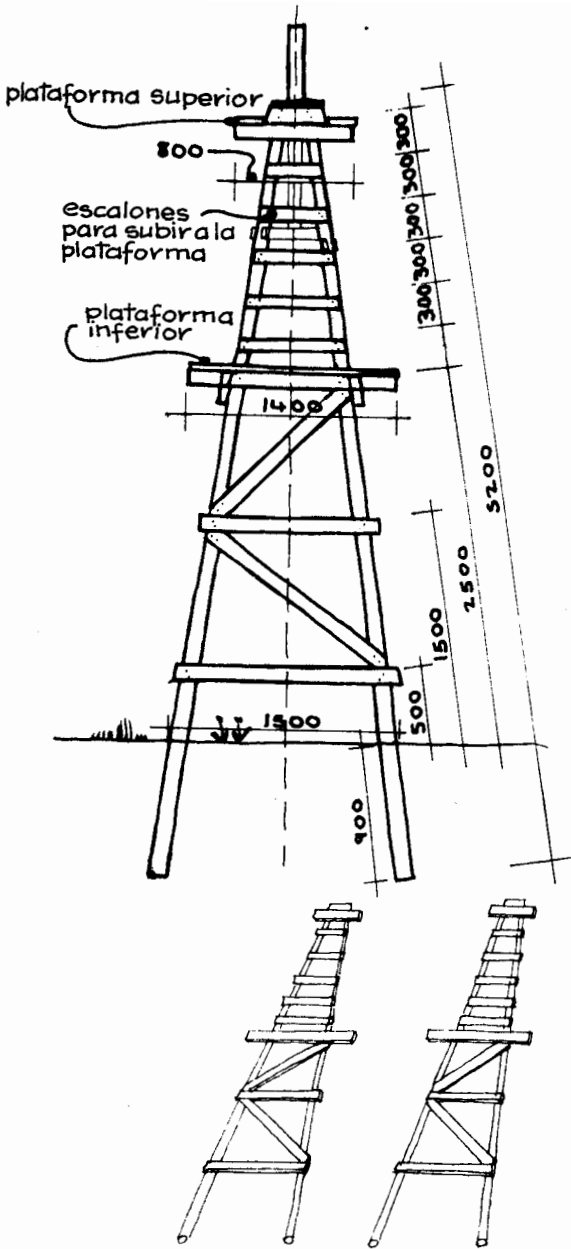
colocan cuando la máquina esté sobre el mástil, pero deberéis probarlas ahora para comprobar que ajustan bien, atando las cuerdas como se muestra en los dibujos. Los extremos libres de las velas deberán llevar una abrazadera de ballesta atada a ella con una cuerda pequeña, sujetándose a continuación la abrazadera sobre un perno especial que se mete en el palo, como se muestra en la figura. Cuando oigáis que el hombre del tiempo predice que se avecina una tormenta, se pueden soltar las abrazaderas para que las velas se puedan enrollar en los palos y atarse a ellos. Esto impedirá que el molino se vuelque y que se estropeen las velas. Si durante una tormenta no doblamos las velas del molino no es que éste alcance una velocidad excesiva, sino que las velas se pueden desgarrar, dependiendo de lo bien hechas que estuviesen.



## Construcción de la torre

La torre se hace con cuatro postes redondos de madera tanalizada, con un diámetro en su parte superior de 80mm, y con codales diagonales tanalizados de 50mm×100mm unidos mediante tornillos tirafondos de 125mm o mediante pernos.

Construid la torre como se muestra en las figuras de la página siguiente, y pintad todo el conjunto con varias manos de preservativo antes de erigirla. A las partes de las patas que vayan bajo el terreno se le deberán aplicar capas de creosota antes del hormigonado de los agujeros de 600mm×600mm, con una profundidad de 900mm. Para erigir la torre necesitaréis la ayuda de ocho o diez per-

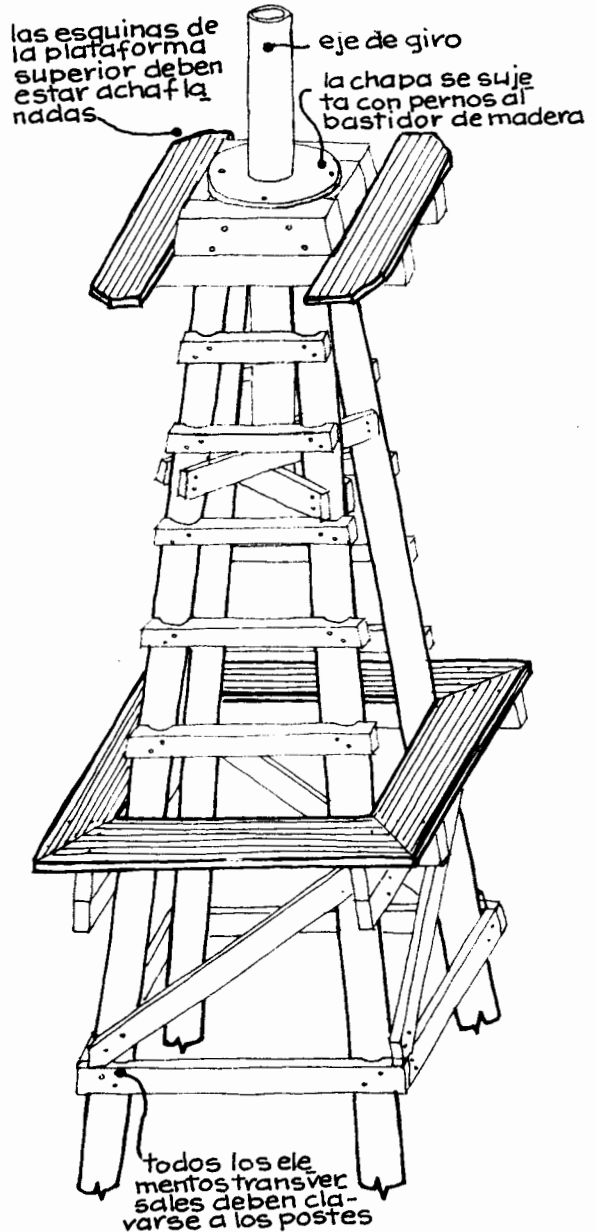


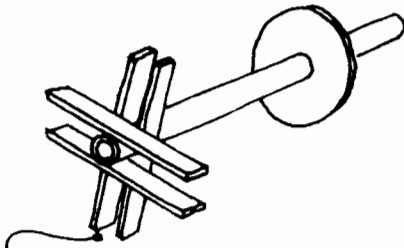
haced dos laterales y despues  
unidos para formar la torre

sonas. Elegid un día que no haya viento, seguid las indicaciones de los dibujos y hacedlo muy despacio y con mucho cuidado. Comprobad antes de hormigonar que el eje de rotación de la parte superior de la torre esté vertical; las patas de la torre se pueden acuar con trozos de ladrillo hasta que estén en posición correcta.

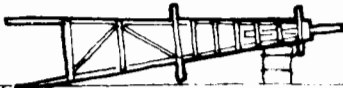
Cuando haya fraguado el hormigón se puede subir el molino a la parte superior de la torre mediante una escalera de mano atada a la torre. Una persona debe ponerse en la torre, con cinturón de seguridad para poner el molino en posición con cinco o seis personas para subirlo. Deberá atarse una segunda cuerda al molino para poder maniobrar con él antes de bajarlo a su posición definitiva.

detalle de la parte superior de la torre:

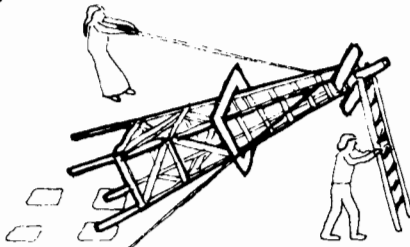




en la parte inferior del eje de giro poned unas maderas en cruz, sujetas con pernos a los postes de la torre

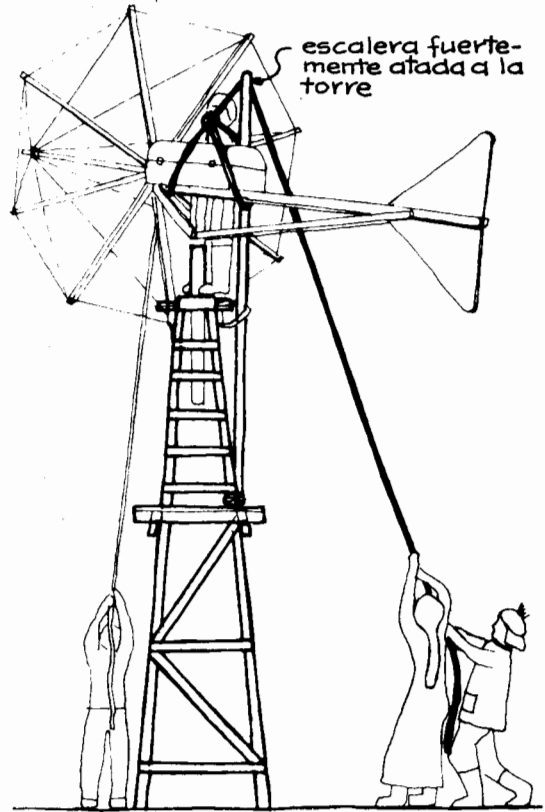


poned las patas en los agujeros de la cimentación y apead el extremo de la torre



mediante una escalera levantad la torre

cuerdas para que no se caiga hacia los lados



escalera fuertemente atada a la torre

## Conexión del alternador

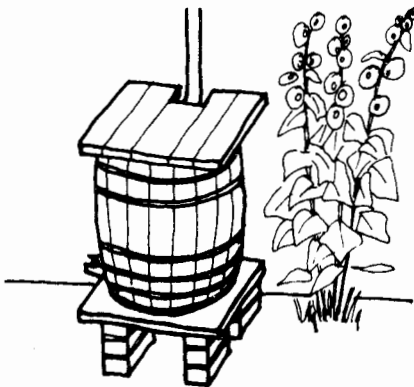
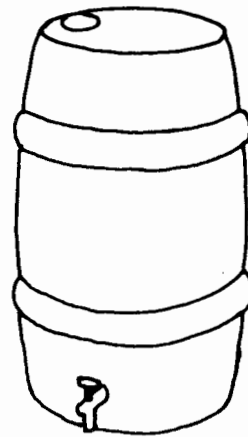
Conectad el alternador siguiendo las instrucciones de los fabricantes, asegurándoos de que los cables de salida que van del alternador a las baterías tengan baja resistencia (utilizad un cable que tenga una sección de  $10\text{mm}^2$ ). Los cables deben ir del alternador por el tubo vertical de rotación y deben pasar a través del bastidor de madera para que no rocen en el tubo y se estropeen. Dejad los cables bastante flojos en la base de la torre de

forma que puedan doblarse cuando el molino gire en dirección del viento.

En los diseños de los molinos se pueden hacer muchas modificaciones, y seguramente se os ocurrirán formas de mejorar éste. Una cosa que podría ser bastante útil es poner en el eje un freno para poder parar el molino y repararlo. En el momento que escribimos estas líneas todavía no hemos llevado a la práctica este diseño, aunque estamos decididos a ello, y es muy posible que lo vayamos mejorando a medida que lo construyamos. Si os decidís a hacer un molino de viento, hacedlo despacio y con cuidado, dedicándole mucho tiempo a pensarlo e incluso a dibujarlo para que estéis seguros de todos los detalles antes de empezar. Con el diseño que hemos explicado aquí, lo que pretendemos realmente es dar algunas ideas y no dar un proyecto completo del molino de viento.

# 24 Recogida del agua de lluvia

Desde hace mucho tiempo, los bidones de agua han sido un ejemplo de reciclaje de materiales: habitualmente consisten en un barril vacío de madera de los que se emplean para la cerveza, con un grifo en la parte de abajo, colocado sobre unos ladrillos de forma que los cacharros para sacar agua se puedan poner fácilmente bajo el grifo; cubriéndose para que no entrasen las hojas, que en caso contrario se hundirían al fondo al pudrirse, bloqueando finalmente el grifo. Esta imagen ha sido tan frecuente en el Reino Unido que incluso el bidón de plástico de 170 litros que se vende en

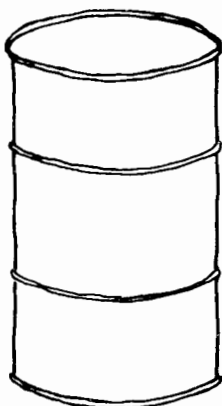


todas las tiendas de útiles y de jardinería y de ferretería mantiene la forma del barril. Si os basta con almacenar una pequeña cantidad de agua de lluvia para utilizarla en el jardín, dejando que el resto rebose por un sumidero o por un regato, entonces todo lo que necesitaréis serán dos bidones de agua: uno en la parte delantera y otro en la parte trasera de la casa. Sin embargo, si lo que queréis es conseguir el volumen de almacenamiento recomendado del 25% de la lluvia recogida que se calcula para el ejemplo citado en el capítulo 9,

será necesario pensar en un volumen de almacenamiento de alrededor de 4000 litros, que será equivalente aproximadamente a 24 bidones de plástico, una idea cara y poco práctica. En este caso la mejor solución puede ser algún tipo de cisterna subterránea grande.

## Bidones de aceite

La alternativa más barata como bidón de agua es un bidón de aceite de 250 litros, descendiente directo del antiguo barril de cerveza re-



ciclado. Nuestro bidón de aceite nos lo dejó un constructor, pero los hemos visto anunciados en la columna de anuncios por palabras de los periódicos y seguro que vosotros sabéis algún sitio donde los vendan. Si podéis, conseguid uno con la tapa ya cortada. Nuestros conocimientos sobre el trabajo en metal son limitados y no se nos ha ocurrido ningún procedimiento fácil para quitar la tapa, a no ser usando un cortafrios y un martillo. No utilizéis ningún utensilio para corte en caliente: podría ser desastroso si quedase algo de aceite en el bidón.

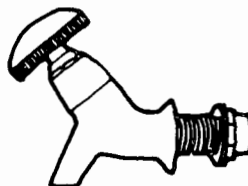
### Grifo

Para colocar un grifo en la parte baja del bi-



grifo vertical

dón, lo primero que hay que hacer es un agujero. Utilizad un cortador normal para depósitos (de los que se venden para hacer agujeros en los laterales de las cisternas de agua fría) colocado sobre berbiquí. Necesitaréis un grifo vertical, recubierto de cromo o de latón, si es posible, y una tuerca posterior para sujetarlo. La pared de los bidones de aceite es delgada, por lo que por el interior asomará bastante rosca sobre la que sujetar la tuerca posterior.

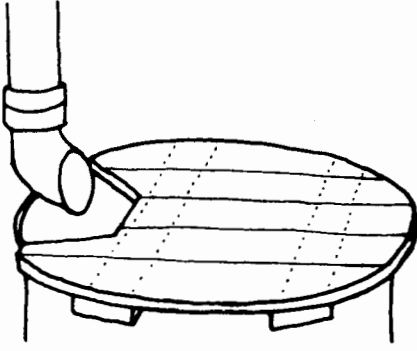


grifo de calentador

Otra posibilidad es comprar un grifo para calentador, que viene ya con tuerca posterior y tiene una rosca grande, lo cual facilita su colocación en los calentadores. Tenéis que colocar el grifo entre dos personas. Uno de vosotros se quedará por el exterior sujetando el grifo en el agujero, mientras que la otra persona se mete dentro con la tuerca y la llave inglesa. Antes de meter el grifo rodead la rosca con cinta PTFE. Sin caer en la tentación de hacer girar dentro del barril a tu amigo o compañero, que es lo más difícil, coged entre los dos el grifo y el bidón mientras que uno aprieta la tuerca sobre la cinta PTFE dentro de la oscura estrechez del bidón. Si queréis prolongar la duración del bidón de aceite pintadlo por el interior y por el exterior con pintura bituminosa.

### Colocación del bidón

Poned de pie el bidón sobre tres o cuatro hileras de ladrillo y poned un codo en la parte inferior de la bajante para que el agua del canalón desagüe dentro del bidón. Es aconsejable hacer algún tipo de tapa hecha de maderas viejas o de contrachapado para exteriores con un agujero hecho de forma que el agua pase por él. Tendrán que ponerse un par de



ladrillos como contrapeso para que el viento no se la lleve.

Puede que os encontréis con muchos recipientes de otro tipo que podáis utilizar como bidones de agua: depósitos galvanizados, sobre todo los que se utilizaban para el suministro de agua fría en sistemas de fontanería antiguos, o cisternas para agua fría de plástico, a las que se pueden poner grifos como se ha descrito y que se fabrican con una capacidad de hasta 227 litros. De hecho, se puede utilizar cualquier cosa capaz de retener el agua. Ni siquiera se necesita el perfeccionamiento que supone poner un grifo si estáis dispuestos a llenar los cacharros de agua por la parte superior.

### Emplazamiento

El emplazamiento más evidente del bidón de agua es directamente debajo de la bajante existente, pero si estáis pensando en hacer un invernadero, o ya lo habéis construido, en la fachada sur de la casa merecería la pena pensar en redistribuir el sistema de canalones para que el bidón de agua quede dentro del invernadero. Esta cantidad de agua dentro del invernadero, además de venir bien para regar los melones y los tomates, ayuda a almacenar el calor, que se vuelve a irradiar al enfriarse el invernadero por la noche.

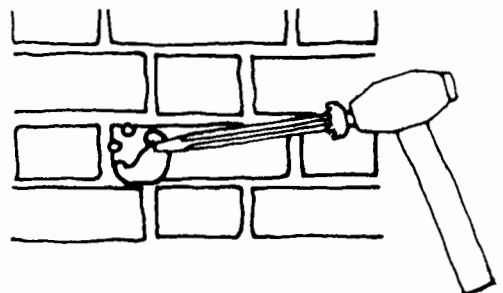
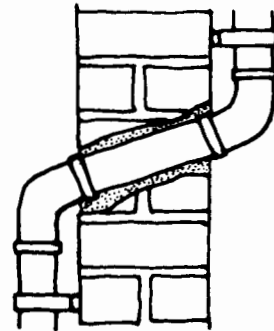
Puede servir además para evitar desperdiciar la energía: en días con sol, sobre todo en primavera, la temperatura del aire dentro del invernadero puede alcanzar un punto en el que necesitéis abrir los respiraderos para evitar que se caliente excesivamente. Si habéis hecho que el aire caliente del invernadero pase directamente a las habitaciones del piso superior de la casa podréis utilizar el calor en esta forma, en caso contrario se pierde mucha cantidad de energía. Si se coloca un gran volumen de agua dentro del

invernadero se podría calentar por este exceso de energía, desprendiendo el calor en cuanto se pone el sol y empiecen a enfriarse los materiales.

Es difícil calcular exactamente cuánto calor se puede almacenar, pero se han hecho experimentos, especialmente en América, para almacenar calor en invernaderos por este sistema. Se pueden utilizar desde los cuatro litros hasta los normales 250 litros que tiene el bidón de petróleo, y recipientes transparentes llenos de agua teñida. Estos experimentos han dado resultados positivos, consiguiendo mantener altas las temperaturas de los materiales en días fríos y nublados. Un solo bidón de agua de 170 litros no va a significar una contribución importante al almacenamiento de calor, pero diez de ellos o uno solo de un volumen equivalente probablemente sí lo haría. Además la tapa también será un sitio que esté a mayor temperatura donde poner los semilleros en germinación para que no sufran una fluctuación de temperatura excesiva.

### Colocación de la bajante

Si el invernadero tiene hastiales de ladrillo, será sencillo llevar la bajante por un agujero practicado en él. Para hacer el agujero vais a necesitar un mazo y un cortafíos. La velocidad con que podréis hacer el agujero depen-



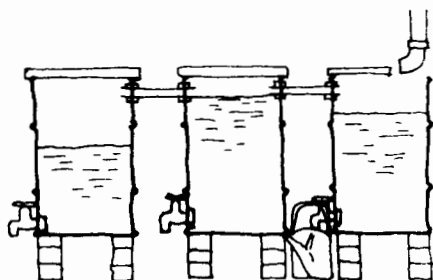
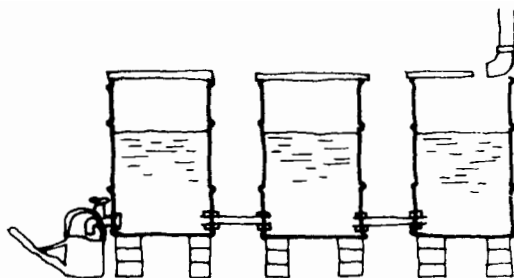
derá de la antigüedad del ladrillo y del tipo del mortero. Si tenéis duda de que lo vayáis a hacer bien, lo que podéis hacer primero son unos agujeros en el muro por donde vaya a pasar la tubería, utilizando una broca de widia, a continuación romped el ladrillo que queda entre los agujeros con un cortafrios. Cuando hayáis colocado la bajante, ésta se debe recibir con mortero sobre la fábrica de ladrillo.

Si el invernadero tiene hastiales de cristal lo mejor sería sustituir la hoja de cristal por la que va a pasar la bajante por una lámina de contrachapado para exteriores o de plástico del mismo tamaño. En cualquiera de estos materiales se puede cortar con una segueta un agujero donde alojar la tubería, después de haber hecho primero un agujero guía. Haced que el diámetro del conjunto se corresponda lo más posible con el diámetro exterior de la tubería, y cuando esté montado el conjunto sellad con masilla de silicona las rendijas que quedan alrededor para que no haya filtraciones de aire.

Para poder hacer en serio un almacenamiento calorífico, el depósito de agua tendrá que ser de un color oscuro —lo ideal es el bidón de aceite pintado de negro— y colocado de tal forma que intercepte la luz que pasa a través de las hojas verticales de vidrio. Si sólo recibe la luz por la parte superior, únicamente se calentará la capa superior de agua, como el agua caliente se eleva no se producirá la mezcla de agua fría y caliente dentro del bidón. De lo que se trata es de que haya corrientes de convección dentro del bidón, de forma que el agua se caliente lo más uniformemente posible y, por tanto, almacene la máxima cantidad de calor.

## Varios bidones

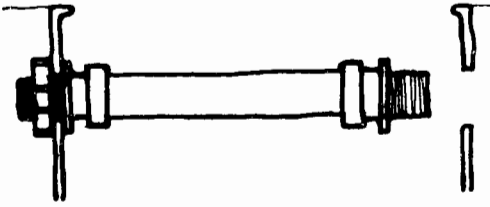
Si queréis almacenar grandes cantidades de agua de lluvia y utilizar su masa para almacenar calor, es posible conectar en serie depósitos o bidones de petróleo. Para recoger el flujo de agua del tejado en un día de mucha lluvia deberán conectarse los depósitos con una tubería de gran diámetro. Podéis conectar los bidones de agua por la base o por la parte superior. Lo primero significará que todos los bidones se llenarán simultáneamente y que sólo necesitaréis colocar un grifo para sacar agua de todos ellos, pero tendréis que meteros dentro de ellos para colocar las tuercas posteriores. Es más fácil hacer las conexiones



en la parte superior de los bidones, en este caso se llenarán uno después del otro, pero a su vez cada uno tendrá que vaciarse por su propio grifo.

Probablemente sea esta última la mejor solución desde el punto de vista de almacenamiento de calor, ya que en cuanto los depósitos se han llenado se pueden vaciar por turnos empezando con el que está directamente debajo de la bajante, que será el primero en volverse a llenar. Mientras tanto, los demás siguen almacenando más calor estando llenos que si estuviesen sólo hasta la mitad.

Si estáis utilizando depósitos galvanizados de lados planos tendréis que hacerles agujeros con un cortador circular de chapa del diámetro adecuado, colocado sobre un taladrador. Lo mejor es que los depósitos estén lo más próximos entre sí que sea posible: la superficie de almacenamiento deberá ser la mínima para que el calor se pierda más lentamente, lo cual puede ser importante en periodos prolongados de tiempo nublado. En la práctica, a no ser que tengáis gran habilidad para alinear las conexiones de los depósitos en 1-2mm, esto será imposible, siendo más fácil separar los depósitos unos 300mm. Lo que siempre podréis hacer es cultivar tomates en los espacios intermedios. Después de haber hecho el agujero, meted la conexión por el exterior, envolved la parte roscada con cinta PTFE, atornillad la tuerca posterior y apretad. A continuación meted una tubería de plástico



de una longitud de 300mm que puede ir a rosca o pegada con adhesivo.

En el depósito siguiente haced un agujero a la misma altura sobre el terreno. Con el conector del depósito colocado en un extremo de un trozo pequeño de tubería, poned el depósito en posición de forma que el conector pase por el agujero. Como probablemente ambos depósitos estarán apoyados sobre ladrillo, en el caso de que lleven grifos, necesitaréis que os echen una mano. Los tanques se pueden poner a nivel con trozos de pizarra colocados encima de los ladrillos y aunque con la longitud de tubería de 300mm se pueden absorber algunas diferencias, lo mejor es alinear los conectores de depósitos lo más posible antes de atornillar la última tuerca; nunca os olvidéis de poner la cinta PTFE.

Si estáis utilizando bidones de aceite en vez de depósitos de lados planos veréis que la curvatura del depósito os impedirá hacer un sellado estanco al agua. Coged un mazo y golpead los laterales del depósito para conseguir una superficie más plana contra la que apretar las tuercas. Esto además os ayudará a liberaros de la frustración y del malhumor de tratar de manipular unos depósitos tan grandes para que los agujeros que habéis cortado en ellos estén alineados.

## Cisterna

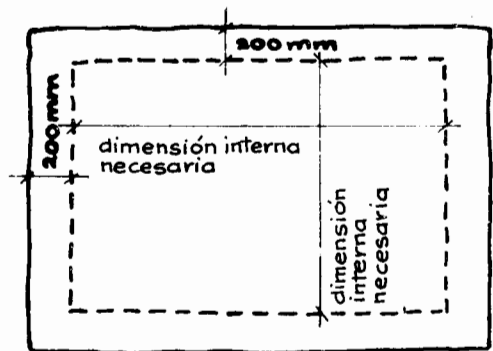
Como alternativa a la serie de bidones conectados entre sí, que tienen una función doble de almacenamiento de la lluvia y del calor, merecería la pena considerar construir expresamente una cisterna para el almacenamiento del agua de lluvia. Si la ponéis dentro del invernadero y metéis unas cuantas plantas acuáticas podréis decir que tenéis un estanque. A no ser que seáis maestros del arte de hormigonar y tengáis hormigonera, es preferible seguir con el método de los bidones viejos de aceite, pero incluso con el sistema que a continuación se describe vosotros podéis poner la mano de obra, pudiendo contratar a un constructor para que haga el hormigonado. Si

os decidís a aflojaros el bolsillo y soportar todos los problemas que representa hacer un depósito de hormigón es que de verdad estáis muy concienciados por la necesidad de almacenar el agua de lluvia.

## Excavación del agujero

Del ejemplo citado anteriormente el volumen de almacenamiento que se requiere es aproximadamente 4000 litros o  $4m^3$ , es decir un depósito de  $2m \times 2m \times 1m$ . Aunque es posible construir un depósito de hormigón de este tamaño encima del terreno, es mucho más sensato utilizar el terreno como base donde apoyar la masa de agua. Por tanto, la primera tarea será hacer un agujero del tamaño adecuado. Dependiendo del nivel freático de la zona donde viváis, generalmente veréis que si hacéis la excavación y el hormigonado en verano será menos probable que los últimos 300mm de excavación los tengáis que hacer bajo el agua.

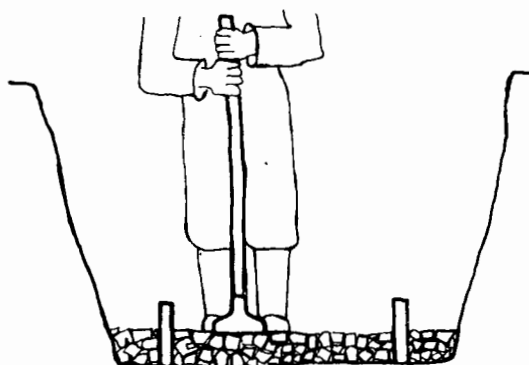
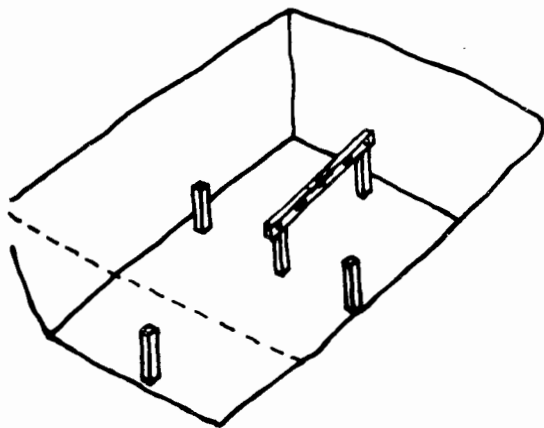
Las dimensiones exactas del depósito dependerán de cuánta agua queráis almacenar y si la vais a utilizar también para que chapoteen los niños o jueguen con barcos (bajo vuestra vigilancia), en cuyo caso deberá tener únicamente una profundidad de 300-400mm. Cualquiera que sea el tamaño del depósito, la parte inferior de la excavación deberá tener 200mm más en todo el contorno para tener espacio donde construir los muros del depó-



sito con bloques de hormigón. El tipo de terreno va a determinar la diferencia entre las anchuras del depósito arriba y abajo, ya que bajo que tengáis que hacer los laterales dándoles una inclinación.

Cuando hayáis hecho la excavación y quitado las tierras (para esto lo mejor es tener un contenedor de  $7m^3$  de volumen, aunque otra posibilidad puede ser también echarlo en un

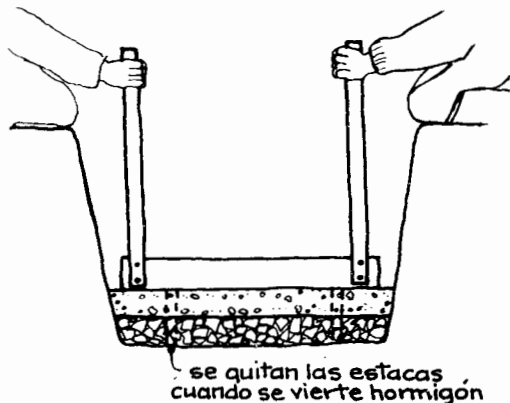




jardín cercano) tendréis que nivelar el fondo con bastante exactitud. Colocad estacas de madera transversal y longitudinalmente. Deberán estar a 250mm por encima del terreno —100mm para el enchachado y 150mm para la losa de hormigón—. Para nivelarlas podéis poner un nivel encima de las estacas. Cuando estén colocadas las estacas poned una capa de 100mm de ladrillos rotos, apisonándola perfectamente. Es inevitable golpear las estacas por lo que deberéis comprobar otra vez si están niveladas, pero sigue siendo aún más fácil ponerlas primero que tratar de hincarlas a golpes sobre el enchachado.

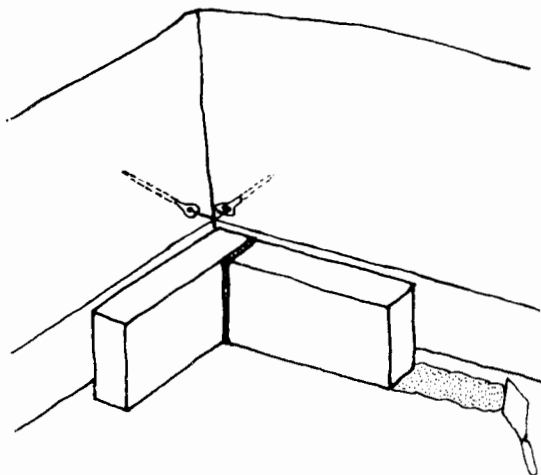
### Cemento

El hormigón del depósito debe tener una dosificación de una parte, en volumen, de cemento, dos partes de arena y tres partes de árido grueso. Esto bien lo podéis encargar a una central de hormigón preparado o si tenéis una hormigonera podéis ir haciéndolo por partes. Rellenad la caja excavada ligeramente por encima de la parte superior de las estacas y a continuación alisadlo con un trozo de madera



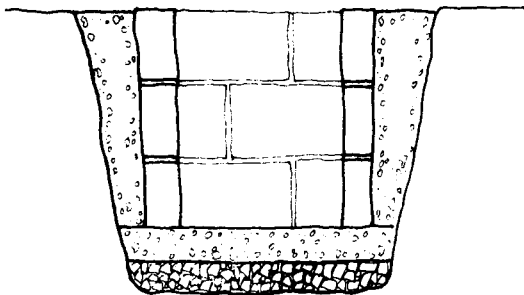
de 50mm×200mm colocada de canto para compactar el hormigón. Tendréis que ponerle unas asas a este trozo de madera para poderla utilizar desde la parte de arriba de la caja; en caso contrario os arriesgáis a que queden vuestras botas dentro del hormigón. No os molestéis en alisar los últimos 100mm del borde del depósito, ya que se debe dejar bastante rugoso para que haya agarre entre el hormigón que forma los laterales y la losa del fondo.

Al día siguiente de haber hecho el fondo del depósito ya podéis construir los muros con bloques de hormigón. Es importante que lo hagáis en días consecutivos para que pueda agarrar correctamente. Utilizad bloques de hormigón densos macizos de 400mm×200mm×100mm y recibidlos con mortero de una parte de cemento y tres partes de arena. Empezad colocando los bloques en la esquina y utilizad cuerdas colocadas sobre estacas clavadas en los laterales de la caja



para que se mantenga el nivel. Las dimensiones entre las caras interiores de los bloques serán las dimensiones finales del depósito. Cuando hayáis subido la fábrica de bloques hasta la parte superior de la caja se debe dejar que el mortero se endurezca durante 24 horas.

El día siguiente hacéd otra vez hormigón, de la misma dosificación que se empleó para el fondo. Antes de echar el hormigón fresco debéis humedecer los bordes ásperos del fondo de hormigón que quede por detrás de los bloques. Rellenad de hormigón el hueco que queda entre el muro de bloques y el



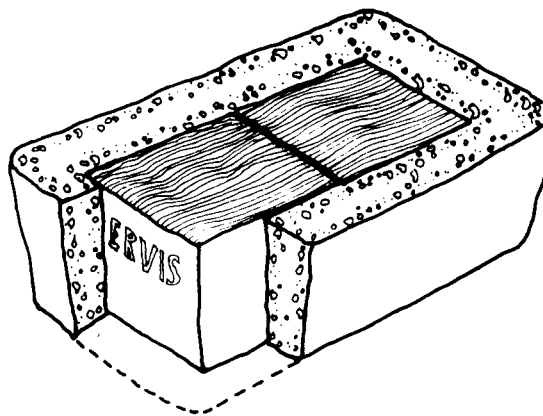
borde de la excavación. Si no podéis hacer la construcción de los muros laterales y el vertido del hormigón en días consecutivos lo podéis hacer por etapas, construyendo una hilada de bloques y echando detrás el hormigón, humedeciendo la junta entre el hormigón antiguo y el nuevo. Las distintas hiladas se deben colocar en días consecutivos. El hormigón se debe dejar curar por lo menos una semana, debiéndose sellar la superficie de los



bloques de hormigón con un mortero de una parte de cemento y una parte de arena fina que se deberá cepillar a mano con un cepillo pequeño.

### Otras posibilidades

Lawrence Hills, del Instituto de Investigación Henry Doubleday, ha inventado otro método para hacer un aljibe de hormigón. La losa de la base se hace de la misma forma, pero después de que ha fraguado durante la noche se ponen sobre ella cajas de cartón de forma que quede un margen de aproximadamente 150mm entre los lados de las cajas y los laterales de la excavación. A continuación las cajas se llenan con tierra y se vierte el hormigón a su alrededor. Cuando el hormigón haya fraguado después de una semana, se saca la tierra y las cajas de cartón. Finalmente, a la superficie interior del depósito se le hace un enfoscado de tres partes de arena y una parte

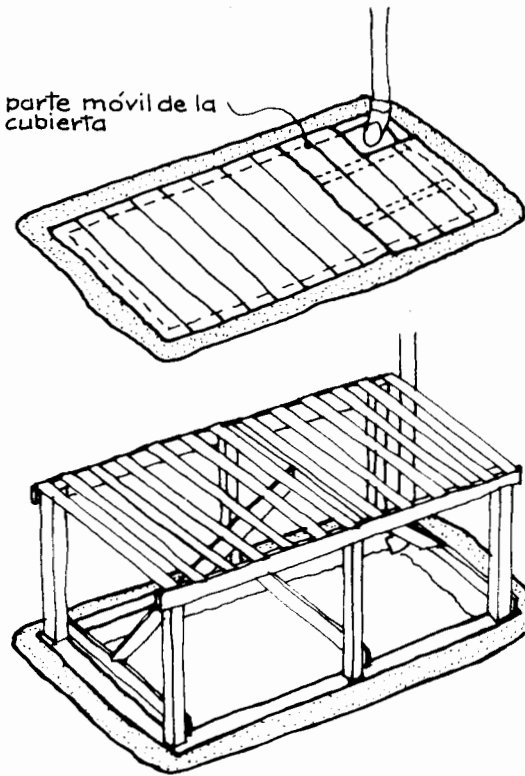


de cemento. La desventaja de este método es que después de haber hecho la excavación inicial tendréis que volver a palear gran parte de la tierra de nuevo para volverla a excavar después, pero éste es un ejercicio muy sano.

Si realmente no estáis dispuestos a hacer un aljibe permanente de hormigón, lo que podéis hacer es simplemente excavar el agujero y forrarlo con un revestimiento, preferiblemente uno de goma de butilo, que habréis de sujetar en los bordes con piedra o con tabloncillos de madera. La lámina de polietileno no es adecuada ya que se estropea con la luz del sol. Siempre que tengáis cuidado con el rastrillo del jardín este tipo de construcción puede tener una duración razonable.

Cualquiera que haya sido el sistema para

hacer el depósito subterráneo tenéis que hacer que la bajante acometa sobre él y ponerle algún tipo de cubierta para que no os caigáis dentro por un descuido. La cubierta la podéis hacer construyendo el invernadero encima del depósito, poniendo así las plantas directamente encima del acumulador de calor.

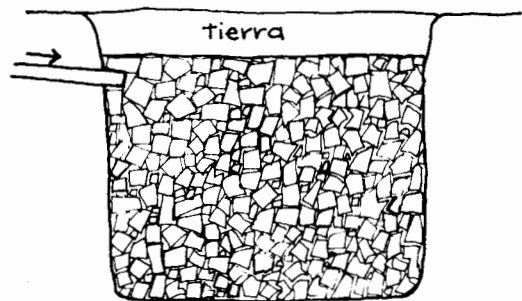


## Rebosadero

Es difícil hacer un sistema de rebosadero en el depósito subterráneo e imposible de todo punto si habéis empleado el sistema del hoyo y del revestimiento de plástico. Lo más sencillo es vigilar el nivel y achicar el agua con un cubo si se llena demasiado, echándola en el jardín. El agua sobrante no se debe echar por el sumidero, ya que habitualmente está diseñado solamente para aguas sucias. Para uso normal se pueden meter en el depósito regaderas y cubos. Si os habéis decidido a sufrir las molestias de hacer un depósito subterráneo, es probable que lo hagáis lo más grande posible, en caso contrario no merecerá la pena tanto esfuerzo; siempre que utilicéis el agua no es probable que se llene tanto como para que rebose.

Si solamente tenéis uno o dos bidones de agua, deberéis poner rebosadero para que absorba todo el flujo de agua que caiga por la cubierta. Debe descargar sobre un regato próximo o un desagüe hecho al efecto, diseñado de tal forma que el agua se filtre al terreno circundante. El diámetro normal de la tubería que va al desagüe es 75mm, pero como la tubería tiene que conectarse a la parte superior del bidón de agua tendrá que tener un diámetro de 41mm, ya que queda obligado por el tamaño de los conectores de depósito que existen en el mercado. Por esta razón lo mejor sería poner dos de estas tuberías, descargando quizá de bidones distintos hacia el mismo sumidero. Consultad con las autoridades locales de construcción para ver qué solución aceptarían. Además, probablemente, os harán sugerencias sobre cómo hacer el sumidero para que pueda ser autorizado por las entidades oficiales locales.

Lo habitual es que consista en un agujero de 1m x 1m x 1m (sí, tenéis que cavar aún más), lleno de enchachado y cubierto en su parte superior con 150mm de tierra. La tubería de 41mm que sale del bidón va por debajo de tierra hasta el enchachado cerca de la parte superior del sumidero. No lo deberéis excavar en las proximidades de la cimentación del edificio al que va a servir, ni de cualquier otro edificio, ni tampoco se debe excavar en un terreno que esté a mayor altura que el edificio.



El inevitable montón de tierra que resulta presenta los problemas habituales; ahora probablemente el jardín vecino parecerá ya un túmulo. Sin embargo, incluso si lo dejáis en el lugar donde lo excavasteis la naturaleza interviene finalmente y, en nuestro caso, ya hemos tenido una cosecha de cebollas y de zanahorias en lo que anteriormente era terreno excavado de nuestra cimentación.

# 25 Pantallas contra el viento

A no ser que viváis en una granja, vuestros intentos para alterar la velocidad del viento en torno a vuestra casa consistirán probablemente en plantar un seto de protección en lugar de una verdadera pantalla de árboles. Antes de que decidáis el tipo de seto que vais a plantar, habréis de tener en cuenta el tipo de terreno (arcilla, marga, turba, etc.), el grado de exposición de la parcela a los agentes ambientales, la velocidad de crecimiento de los arbustos y la altura final necesaria, si el seto va a ir atado o sin atar, coste relativo de las distintas plantas y, finalmente, por supuesto, vuestras preferencias personales. Cualesquiera que sean sus méritos relativos si os gustan los capullos blancos de los ciruelos damascenos en primavera, plantadlo y disfrutad de él.

## Setos de protección

Si la parcela ha sido recientemente abandonada, y el terreno es una mezcla de subsuelo, trozos de ladrillo y cajas de cartón vacías deberéis poner un lecho de tierra vegetal, tal vez con algo de estiércol en descomposición, donde sembrar por primera vez las plantas. En un jardín ya formado la mayoría de las plantas

de los setos (por ejemplo, espinos, endrinos, acebo y cerezos) admiten diversas condiciones del terreno y se desarrollan perfectamente. Si el terreno es muy ácido, se puede cultivar para protección del viento el rododendro púrpura que es muy resistente. En un terreno con yeso el seto lo podéis formar con haya común; por supuesto, el haya se puede cultivar en cualquier lugar que no esté húmedo. En suelos húmedos el sauce crece con rapidez, formando un seto semisalvaje, siendo también adecuado el aliso común.

El aliso común, endrino y espino resisten vientos fuertes, aunque el espino no es apropiado para altitudes grandes, y no se desarrollará a la sombra de otros árboles. En terrenos a gran altitud y si la capa de suelo es delgada y arenosa se desarrollará la aulada y puede crear un seto informal. El espino cervical marino sirve muy bien para setos de protección, se desarrolla en zonas arenosas y es interesante para parcelas muy expuestas situadas en la costa. Entre las plantas que resisten bien los vientos cargados de sal se pueden citar el arce y el elaeagnus. No todas las plantas para setos se desarrollarán en la sombra, el carpe se desarrolla siempre que la capa de suelo no sea delgada y el acebo tolerará la sombra.

A la hora de hacer algo que ha de tener una duración tan grande como un seto de protección puede carecer de importancia la velocidad con que crecen las plantas a la hora de elegir las especies. No obstante, para los impacientes, las plantas que antes formarán el seto con el espino, el sauce y el ciprés de Leyland. Estos últimos cuando se cultivan como árboles alcanzan una altura de 15 metros y se caracterizan por tener unos brotes delgados que han de atarse aproximadamente a 300mm por debajo de la altura final deseada para que formen ramas laterales y se espese la parte superior. Por el contrario, un seto de acebo común se desarrollará con gran lentitud.

En un seto atado típico, las plantas de hoja perenne y de hojas pequeñas como, por ejemplo, el aligustre, ciprés y acebo se pueden recortar y podar en la forma deseada. El haya también se puede atar para formar un seto y, si se poda a finales del verano, sus hojas de color rojizo se mantendrán hasta la primavera siguiente. Las plantas con hojas mayores es mejor ponerlas como setos informales y lo único que necesitan es una poda con podadera. El rododendro, la fuschia para exteriores y el cotoneaster (aunque realmente los dos últimos son de hojas pequeñas) pueden servir muy bien para hacer setos informales.

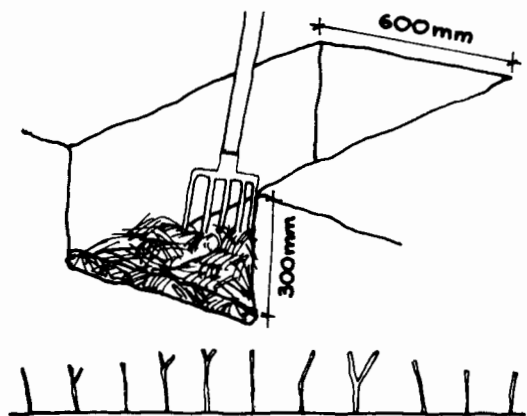
En la tabla siguiente se dan los costes relativos actuales de algunas de las especies más apropiadas para setos de protección, junto con algunas de sus características.

En nuestro caso, lo que queríamos era un seto que ocultara las vistas de la calle principal desde el jardín y que sirviera de protección para los nuevos árboles frutales. Nos decidimos por el ciruelo damasceno y ciruelo Farleigh, porque ya había un seto mixto de ciruelo y espino separando nuestra casa del campo, que siempre producía cierta cantidad de fruta, y a nosotros nos gusta mucho la

mermelada de ciruela. En última instancia ha de ser una decisión personal.

Las normas para la plantación de setos son mucho más concretas que para la elección de las especies adecuadas. Los setos de hoja caduca se deben plantar en el otoño, pero los de hoja perenne es mejor dejarlos para la primavera. Para ambos tipos de plantas se debe excavar bastante el terreno donde se vaya a plantar el seto, debiéndose eliminar todas las raíces y hierbas salvajes como, por ejemplo, el convólvulo y el saúco de tierra. El lecho ya preparado debe tener una anchura de 600mm, debiéndose poner una capa de estiércol en descomposición o abono compuesto a 300mm por debajo de la superficie del terreno. En terrenos muy húmedos, además de elegir unas especies vegetales que toleren el agua, puede ser bueno construir alrededor del lecho un bordillo de 300mm de altura aproximadamente.

Cuando compréis las plantas cuidado de que sean lo suficientemente pequeñas para no



necesitar poner estacas, de aproximadamente 300mm de altura. También conviene elegir las plantas de forma que tengan tamaños parecidos, ya que si colocamos una planta grande y fuerte al lado de una especie más pequeña

costes relativos	especies	caduca o perenne	con o sin sujeción	velocidad de crecimiento relativa
más baratos	espino	caduca	con	rápido
	sauce	caduca	sin	rápido
	haya	caduca	con	medio
	acebo	perenne	con	lento
más caros	rododendro	perenne	sin	medio
	ciprés	perenne	con	rápido



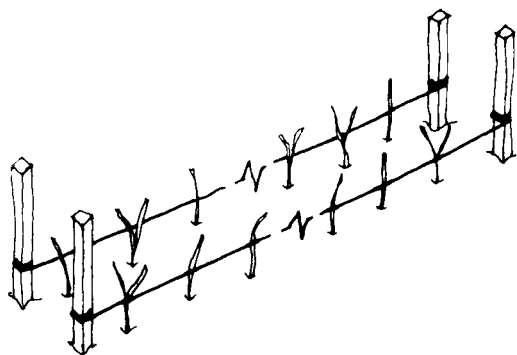
hilera al tresbolillo

aquella crecerá más deprisa, ahogando eventualmente a la planta más débil y creando agujeros en el seto.

Mediante una cuerda como guía se pueden plantar en línea recta o al tresbolillo, dependiendo la separación exacta de las plantas que habéis elegido (espino 200-300mm, ciprés 600-900mm); pedid consejo a este respecto cuando las compréis. Utilizando la marca del terreno sobre el tallo como guía, colocad las plantas a la misma profundidad que estaban en el vivero. Abrid las raíces al plantarlas, cubriéndolas con tierra fina y apretad firmemente la tierra con el talón alrededor de los tallos.



Durante la primavera y verano siguientes, si el tiempo es seco, es posible que tengáis que regar las plantas: no las reguéis simplemente con regadera, deberéis empapar cada planta echando una lata llena de agua. Recordad que tenéis que eliminar las hierbas en las plantas jóvenes. En lugares muy expuestos a los agentes atmosféricos puede ser necesario protegerlas mediante una valla provisional o



sujetarlas poniendo estacas a cada lado de la fila con una cuerda tensa entremedias.

Los principios generales que hemos esbozado son de aplicación para todas las plantas para setos, pero cuando las compréis es aconsejable que preguntéis cuál es la mejor forma de plantarlas. En el vivero también os podrán aconsejar cómo y cuándo hacer la poda para que el seto quede espeso. Como la idea consiste en favorecer las ramas laterales a costa del crecimiento en altura, la poda consistirá habitualmente en cortar todos los brotes a la mitad o a la tercera parte de su longitud, bien al plantarla, con lo cual las ramas procedentes de la poda os van a resultar francamente caras, o durante la primera primavera. Posteriormente si el seto no va sujeto se le debe dejar crecer, aunque puede ser interesante hacer otra poda a fondo durante el segundo año. Los setos sujetos y recortados requieren una mayor atención, para lograr unas formas mejores.

## Pantallas de protección

La diferencia entre un seto y una pantalla de árboles no está definida claramente, ya que en ambos se pueden utilizar las mismas plantas (por ejemplo, alisos comunes y cipreses de Leyland). Sin embargo, en una auténtica pantalla de protección los árboles se deben plantar con una separación entre 1800mm y 2400mm, en dos o tres filas al tresbolillo. Los tipos de árboles a utilizar son los pinos (el pino austriaco) que van muy bien en parcelas expuestas, ciprés (ciprés de Lawson y de Leyland), chopos (chopo de Lombardía), alisos (aliso común) y, en terrenos húmedos, el sauce blanco. De lo que se trata siempre es de que la pantalla de árboles se desarrolle lo más rápidamente posible.

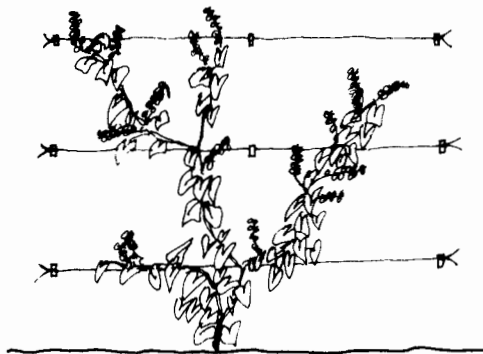
Los árboles se deben plantar muy jóvenes de forma que el rápido crecimiento de las raíces, frecuente en los árboles jóvenes, tenga lugar en su posición definitiva y no en el vivero. Con esto el árbol queda perfectamente sujeto al terreno; es especialmente importante, en el caso del ciprés, que siempre se plante cuando es joven y en terreno de bastante profundidad. En este caso también se pueden aplicar los comentarios que hicimos para los setos sobre la preparación del terreno y la plantación de árboles jóvenes, aunque las separaciones serán diferentes. También, en

las plantas jóvenes se debe apretar el terreno con el talón y cuidarlas durante el primer año.

Antes de plantar un seto o una pantalla de protección lo mejor que podéis hacer es informaros sobre las especies a elegir, observando qué plantas se desarrollan en la zona. En nuestro jardín, que está en una zona de terreno pesado con un drenaje bastante malo, una valla que había con postes de sauce que antiguamente sirvieron para colocar la tela de alambre de un gallinero se ha convertido en una bonita pantalla de sauces blancos de 8 metros de altura.

## Aislamiento mediante enredaderas

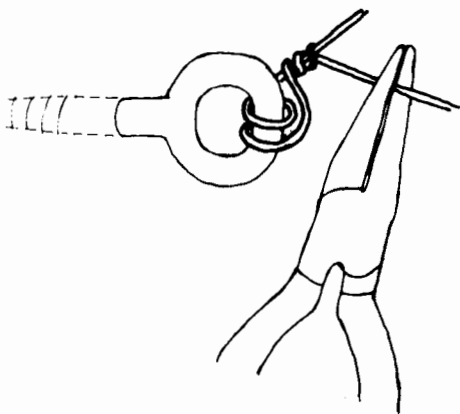
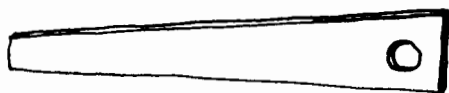
Si a los lados de vuestra casa ponéis enredaderas para que sirvan como aislamiento tendrán que ser permanentes, no sirven las plantas anuales tan llenas de colorido como, por ejemplo, el dondiego de día y la capuchina. La elección de la enredadera dependerá de los gustos personales, de la velocidad de crecimiento necesaria, del tipo de terreno y de la orientación del muro de que se trate. La visteria sólo crecerá en muros donde dé el sol, orientados al sur o al oeste, desarrollándose lentamente. Además, para que florezca bien necesitará podas a fondo. No se agarra por sí misma, requiriendo apoyos, y cuando se haya desarrollado totalmente y cubierto de hojas y flores tendrá un gran peso. La parra rusa se

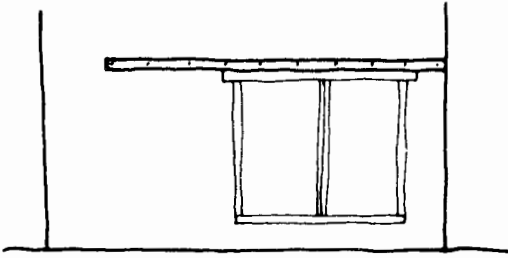
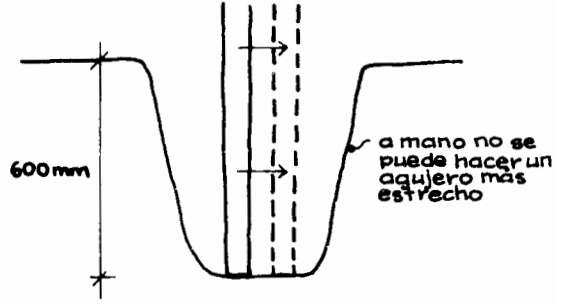
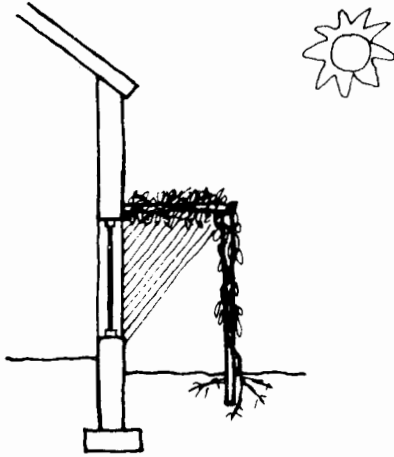


desarrolla en cualquier suelo, incluso en el que tenga yeso, y sobre cualquier muro que esté orientado al norte o al sur. No obstante, requiere también alambres de apoyo, pero crece de tres a cuatro metros al año.

Lo mejor es poner los alambres de sujeción antes de hacer la plantación. Colocad sobre el muro unos cáncamos galvanizados, con una separación de 600mm; atornilladlos en los agujeros practicados en el muro, donde se habrán metido tacos de plástico. Otra posibilidad es clavarlos a golpes en las juntas de mortero. Meted en los cáncamos un alambre galvanizado del calibre 13 y sujetadlo, dándole unas vueltas con unos alicates, sobre el último cáncamo. Las líneas de alambre deben tener una separación de 200-300mm en la altura del muro. En lugar de alambre podéis utilizar tela de alambre, en cuyo caso se sujetarían la parte superior e inferior, atando la tela a los cáncamos con alambre galvanizado.

Si preferís una enredadera trepadora, la hiedra común se desarrolla en cualquier orientación o terreno. Si vais a plantar una enredadera trepadora en un muro antiguo de fábrica de ladrillo tenéis que tener cuidado, ya que las raíces aéreas pueden penetrar en las juntas de mortero, haciendo que la lluvia escurra por ellas, penetrando en el ladrillo. Hay otras muchas especies vegetales a las que se puede hacer trepar por los muros, algunas de ellas con flores como la clemátide, otras con un espléndido follaje otoñal como la enredadera virginia. Como aún no existe un reconocimiento oficial de las cualidades aislantes de los distintos tipos de enredadera, no hay razones seudocientíficas para elegir ninguna especie en particular. Tampoco exige esta pequeña alteración del aspecto estético de la casa ningún permiso oficial.





## Construcción de un enrejado

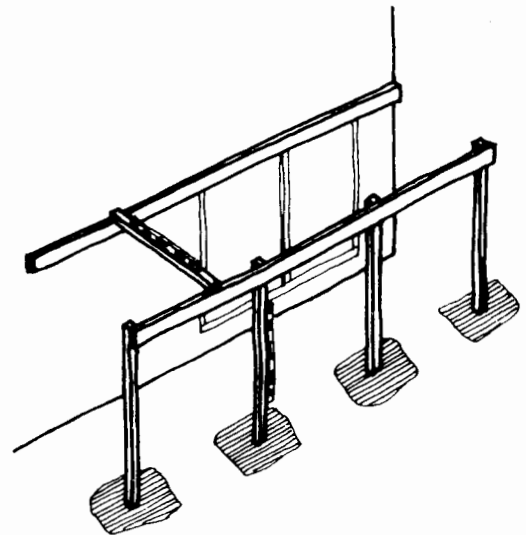
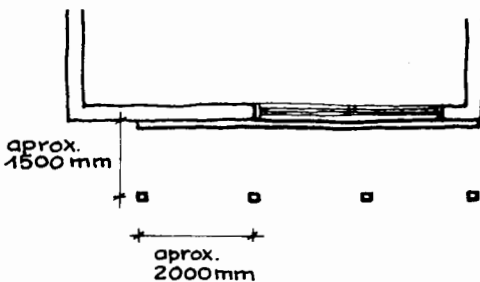
Si pensáis hacer un enrejado para proteger del sol una ventana orientada al sur durante el verano, deberéis elegir una enredadera de hoja caduca como, por ejemplo, un rosal (elegid un rosal trepador), una madreselva o una clemátide. Toda la madera empleada para hacer el enrejado deberá ser tanalizada o tratada mediante tres buenas capas de creosota.

Encima de la ventana a la que se quiere proteger colocad una pieza de madera de 50mm x 50mm, que sobresalga por los laterales de la ventana dos metros aproximadamente, o con la anchura que permita el edificio. Su sujeción se puede hacer con tornillos zincados del número 12, de 75mm de lon-

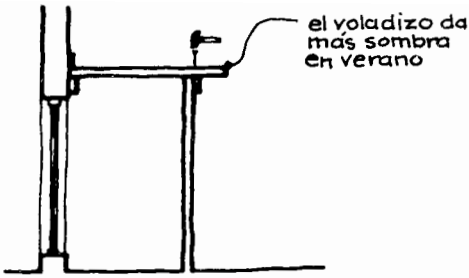
gitud y tacos de plástico colocados cada 600mm. Marcad las posiciones de los pies derechos, que deberán colocarse con una separación entre ejes de 2 metros, separados 1,5 metros del muro de la casa.

En estos puntos cavad unos agujeros, de manera que los postes se puedan meter en el terreno a una profundidad de 600mm. Los agujeros siempre quedarán lo suficientemente grandes como para permitir cierta tolerancia en la colocación exacta de los postes. Deberéis atornillar sobre el terreno los postes de 75mm x 75mm a un segundo elemento de madera de 50mm x 100mm, de la misma longitud que el que se colocó sobre el muro, utilizando también tornillos zincados del número 12 y de 75mm. A continuación subid la estructura con la ayuda de algún amigo hasta colocarla en posición; rellenad los agujeros y apretad la tierra alrededor de los postes.

Se puede utilizar una pieza de 50mm x 100mm, clavada provisionalmente entre la estructura y el listón colocado en el





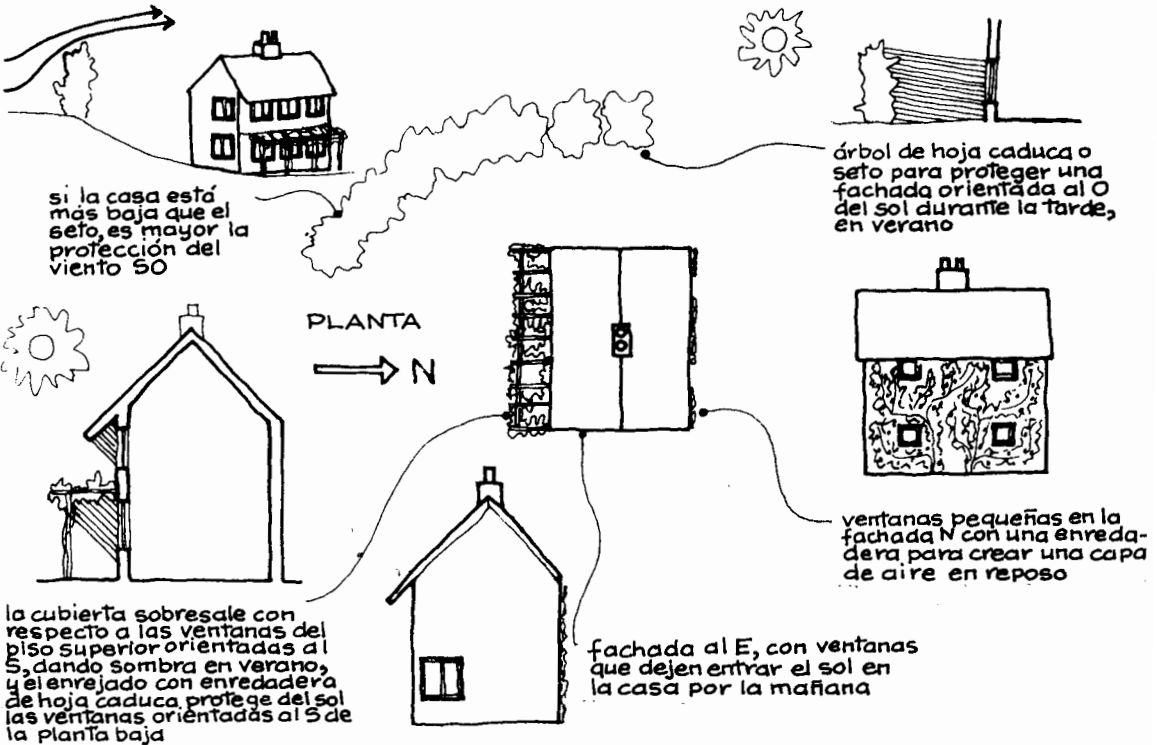


muro, para comprobar que se coloca a escuadra; también se deben comprobar los postes con un nivel para que estén verticales. A continuación clavadas unas piezas de 50mm x 50mm, cortadas de tal forma que sobresalgan hacia fuera, colocándose a una separación de 600mm sobre los durmientes de 50mm x 100mm mediante clavos galvanizados de 75mm. Si ponéis alambres grapados sobre la cara inferior de las piezas de 50mm x 50mm servirá de apoyo para las enredaderas. Las plantas se pueden poner en la base de los postes o al lado del muro, en cuyo caso será necesario poner otros alambres para hacer que la planta suba hasta la estructura.

Puede ser difícil influir realmente en el clima de la vivienda mediante vegetación plantada después de hecha la casa, pero al

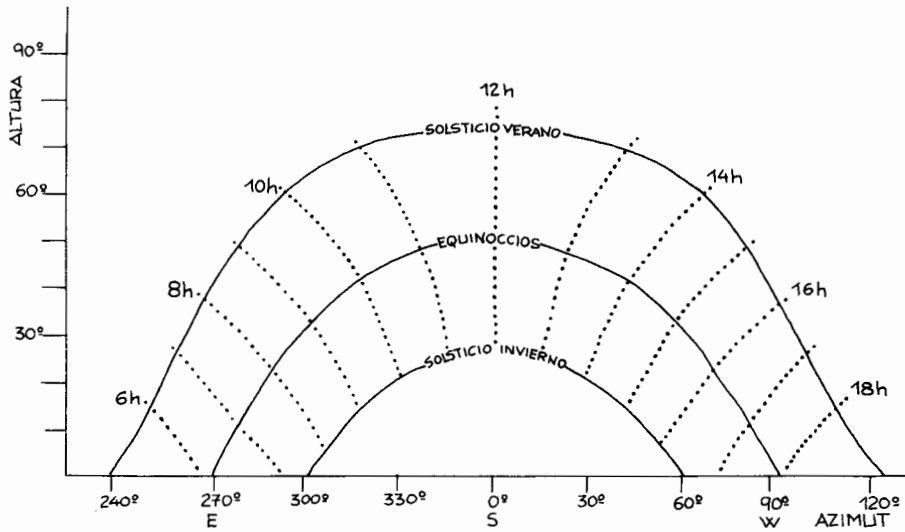
planificar una casa nueva la formación del jardín deberá formar una parte integral del diseño. Sin embargo, no son tanto las viviendas aisladas sino grupos de casas las que pueden aprovechar las ventajas de una protección formada por una ancha pantalla de árboles.

La plantación de vegetación no es lo único que podéis hacer en cooperación con los vecinos. Otras ideas estudiadas en este libro pueden funcionar mejor si se hacen a una escala mayor. Sería más sencillo añadir aislamiento exterior de una sola vez a una hilera de viviendas que aislar cada casa por separado; un sistema de calefacción solar que diese servicio a un pueblo puede ser más fácil de controlar y de funcionamiento más sencillo que cincuenta grupos de paneles solares; un molino de viento lo suficientemente grande para satisfacer la demanda de iluminación de un grupo de casas tendrá un impacto visual menor que una serie de molinos pequeños, ofreciendo menos problemas de mantenimiento. En este punto, el hacerse uno mismo las cosas tiende a convertirse en cooperación entre individuos o en trabajos comunitarios voluntarios, pero eso sería harina de otro costal...



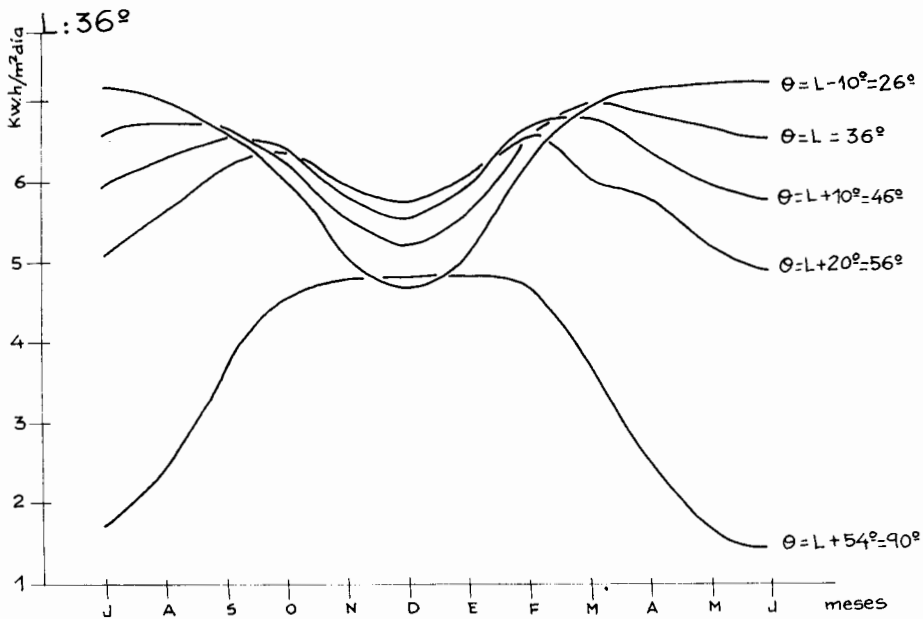
# Apéndice

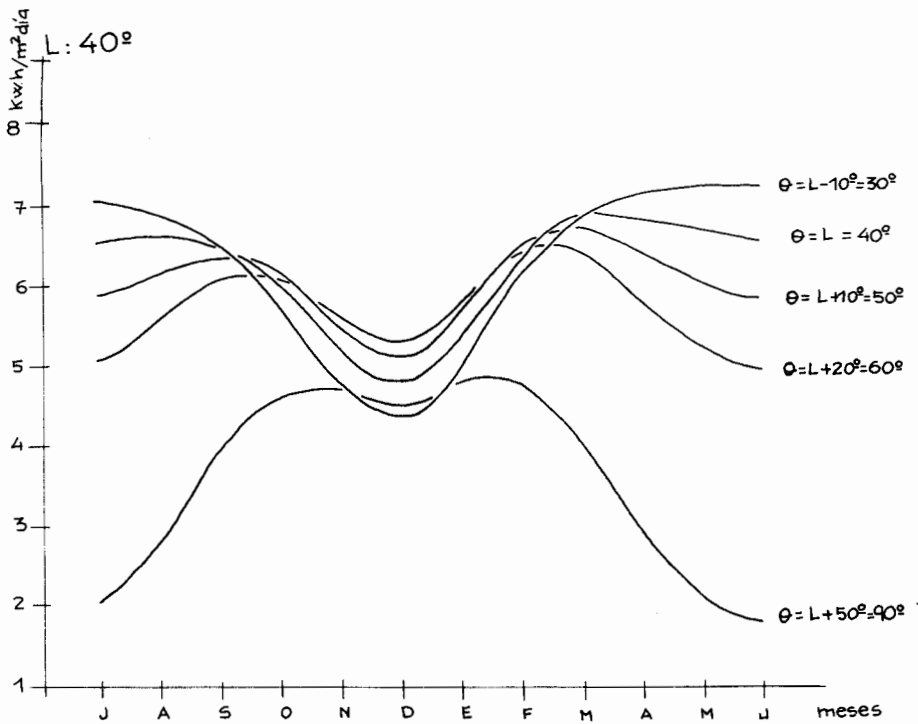
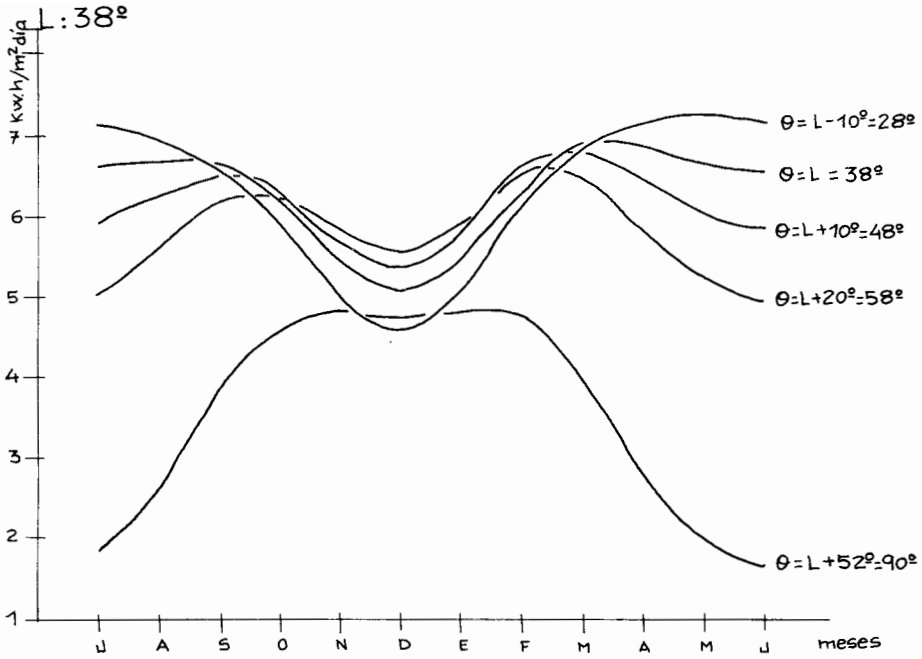
## ABACO PARA HALLAR LA ALTURA SOLAR

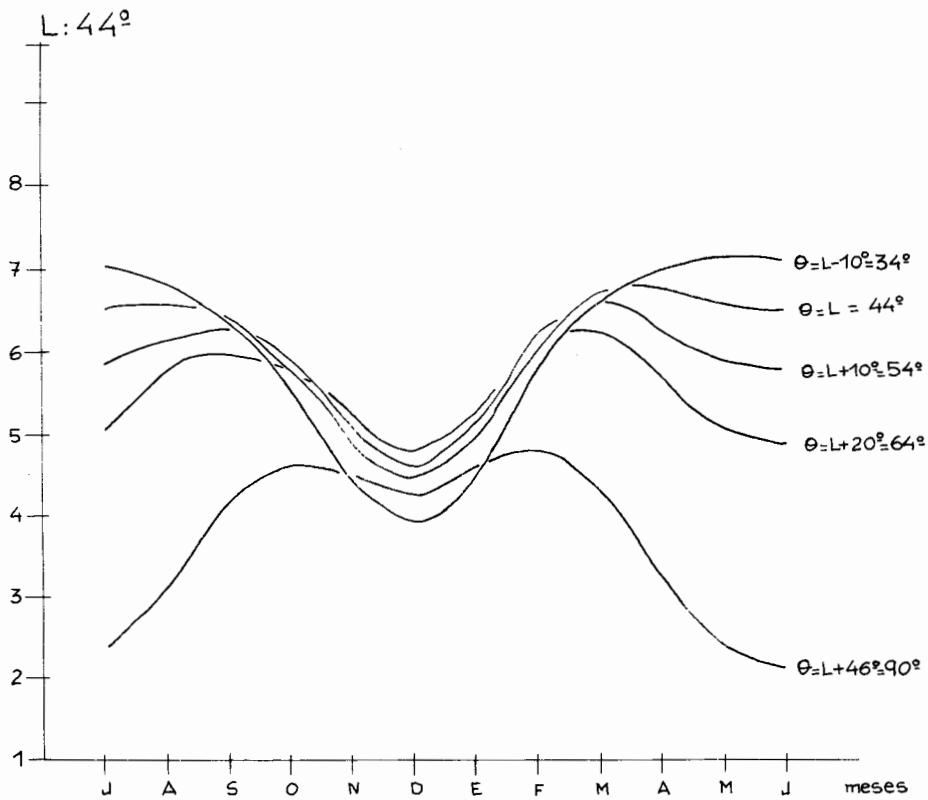
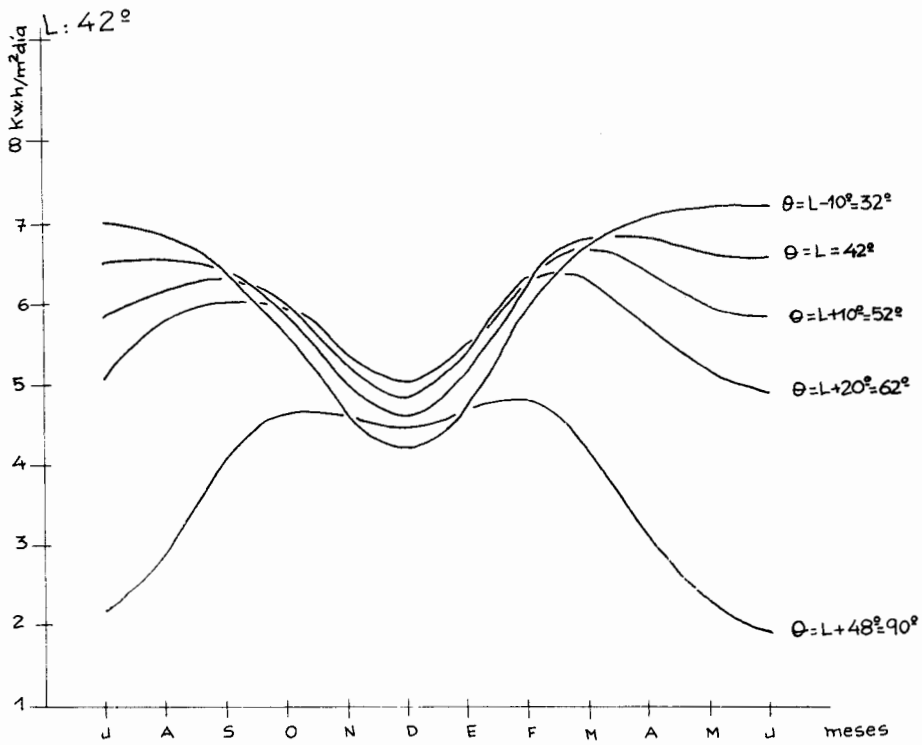


## ENERGIA TOTAL TEORICA RECIBIDA

para una superficie orientada al S, situada en una latitud  $L$  e inclinada un ángulo  $\theta$  respecto a la horizontal







# Bibliografía

*Agua caliente solar*

Kevin McCartney

H. Blume Ediciones, Madrid, 1980

*Arquitectura solar*

P. Navajas

C. O. Arquitectos, Madrid, 1978

*La casa autónoma*

Brenda y Robert Vale

G. Gili, Barcelona, 1977

*Construction Manual for a Cretan Windmill*

N. van de Ven,

Steering Committee for Wind energy in

Developing Countries, Amersfoort, 1977

*Energía, medio ambiente y edificación*

Philip Steadman

H. Blume Ediciones, Madrid, 1978

*Energía solar para el hombre*

B. J. Brinkworth

H. Blume Ediciones, Madrid, 1981

*Energía solar y edificación*

S. V. Szokolay

Editorial Blume, Barcelona, 1978

*Energy Primer: Solar, Water, Wind and Biofuels*

Portola Institute,

Penguin, Londres, 1975

*The Energy Question*

Gerald Foley

Pelican Books, Londres, 1976

*Keeping Warm for Half the Cost*

Colesby y Townsend

Prism Press, Dorchester, 1976

*Radical Technology*

P. Harper y G. Boyle Eds.,

Wildwood House, Londres, 1976

*The Solar Greenhouse Book*

James McCullagh Ed.

Rodale Press, Emmaus, 1978

*Solar Greenhouses*

R. Fisher & Bill Yanda

John Muir Publications, Santa Fe, 1976

*The Solar Home Book*

Bruce Anderson

Prism Press, Dorchester, 1976

*Sun Power*

J. C. McVeigh

Pergamon, Londres, 1977

*Technological Self-Sufficiency*

Robin Clarke

Faber & Faber, Londres, 1976

*Uso directo de la energía solar*

Farrington Daniels

H. Blume Ediciones, Madrid, 1977

*Wood Heat*

John Vivian,

Rodale Press, Emmaus, 1976

*The Woodburner's Encyclopedia*

Jay Shelton y Andrew Shapiro

Vermont Crossroads Press, Waitsfield, 1976



# Glosario

**Abocardar** Ensanchar la boca de un agujero para que la cabeza del tornillo o clavo quede oculta.

**Arandelas con fiador** Arandelas con un dispositivo para que no se aflojen las tuercas.

**Arido** Grava o arena que forman parte de la composición del hormigón.

**Avellanadura** Orificio resultante al abocardar un agujero.

**Barrera térmica** Aislamiento térmico que se coloca en los perfiles de las ventanas para interrumpir el puente térmico.

**Baupres** Término empleado en náutica, y que en la construcción de molinos de viento se aplica al palo frontal donde se atan las cuerdas tensoras de las velas.

**Berbiquí** Herramienta manual para taladrar agujeros.

**Broca de widia** Broca especial para taladrar cemento, ladrillo, etc.

**Butilo** Caucho artificial.

**Cáncamos** Hembrilla, tornillo con una anilla en vez de cabeza.

**Capa de compresión** Capa de hormigón o de mortero que se pone encima de las soleras o forjados.

**Casquillo** Pieza que sirve para conectar un eje a otra pieza de la máquina.

**Cielorraso** Techo en el que no se ven las viguetas. Aplicase principalmente a los falsos techos.

**Cinzel** Herramienta para labrar piedras y metales a golpe de martillo.

**Cinta PTFE** Politetrafluoretileno, se emplea en las roscas de fontanería en lugar de la tradicional estopa.

**Conducción** Transferencia de calor a través de la masa de los materiales.

**Convección** Transferencia de calor debido al movimiento de los fluidos al calentarse.

**Correas** Elementos estructurales de cubierta paralelos al alero y que se colocan sobre los pares.

**Coquillas** Tubos hechos de material aislante que sirven para aislar térmicamente las tuberías.

**Clavos de cabeza perdida** Clavos en los que la cabeza queda oculta en la madera.

**Encachado** Base de cascotes o de grava sobre la que se construyen soleras, cimentaciones, etc.

**Enfoscado** Revestimiento de un muro con pasta fabricada con cemento y arena como componentes principales.



- Enlucido** Revestimiento interior de muros y tabiques a base de pasta de yeso.
- Escuadría** Dimensiones de la sección de elementos de madera.
- Esparavel** Tabla de madera con mango para sostener una tortada de mezcla, que se ha de colocar con la llana.
- Falsa escuadra** Herramienta que sirve para marcar ángulos de cualquier magnitud.
- Forjado** Pisos intermedios de los edificios y que no se apoyan sobre una base continua.
- Formón** Herramienta de carpintero parecida al escoplo.
- Hastial** Parte triangular superior de la fachada de un edificio, en la cual descansan las dos vertientes de la cubierta.
- Imprimación** Capa de preparación antes de pintar o de aplicar otro material de recubrimiento.
- Intercambiador de calor** En circuitos indirectos, lugar donde se produce la transferencia de calor entre el circuito directo e indirecto, generalmente por medio de un serpentín.
- Ladrillo aplantillado** Ladrillo que viene de fábrica con una forma especial.
- Lengüeta** Saliente longitudinal en el canto de una tabla para que encaje en la ranura de la siguiente.
- Listones** Piezas de madera largas y de poca sección.
- Llana** Herramienta que emplean los albañiles para extender las pastas en los muros y techos.
- Maceta** Martillo con cabeza de dos lados iguales y mango corto.
- Machihembrado** Ensamble de dos piezas de madera con ranura y lengüeta.
- Madera tratada** Madera con una impregnación especial para impedir que se pudra.
- Madera tanalizada** Sistema patentado para tratar la madera.
- Nivel de burbuja** Instrumento para comprobar planos horizontales.
- Neopreno** Caucho artificial de gran duración.
- Parecillo** Elementos estructurales de cubierta que se colocan perpendiculares al alero y encima de las correas, sobre los que se colocan directamente las tejas.
- Pares de cubierta** Elementos estructurales de cubierta que van desde el alero a la cumbrera.
- Perno Fischer** Perno especial para fijación en hormigón.
- Perno Rawl** Perno especial para fijación en hormigón.
- Pie derecho** Elemento estructural vertical de un edificio. Se aplica generalmente en estructuras de madera. Columna o pilar.
- Poliestireno expandido** Material aislante plástico de color blanco, muy ligero.
- Poliestireno extruido** Material aislante plástico ligero, más resistente al agua que el poliestireno expandido.
- Radiación** Transferencia de calor por radiaciones electromagnéticas.
- Recibir** Colocar con pasta un elemento, ladrillos, cercos de ventanas, etc.
- Serpentín** Intercambiador de calor de forma helicoidal.
- Soga** Dimensión mayor de un ladrillo.
- Sopanda** Madero horizontal que se coloca generalmente apoyado sobre un muro o solera.
- Tabica de alero** Tabla de canto que se coloca en el alero para tapar las testas.
- Taco** Elementos de plástico o madera para fijar tornillos o clavos en obras de fábrica.
- Testas** Extremos de las piezas de madera perpendiculares a las fibras.
- Tizón** Ladrillo cuya mayor dimensión es perpendicular al paramento del muro. También se le llama a la mayor dimensión de ladrillo que queda visto cuando se coloca de esta forma.
- Válvula de bola** Válvula cuyo mecanismo para impedir el paso del agua consiste en una bola que tiene un orificio practicado en ella y que se cierra normalmente con un cuarto de vuelta de la manivela.

# Índice alfabético

- Acrisolamiento doble, 104-10
  - alternativas, 109-10
  - aluminio, 105
  - autoconstrucción, 108-9
  - eficacia, 104
  - para eliminar corrientes de aire, 106, 107, 108
  - hojas selladas, 105
  - con plástico de envolver, 106-7
  - provisional, 107-8
  - en ventanas existentes, 106
  - en ventanas nuevas, 105
- Aglomerado, 88-9, 140-1
- Agua caliente:
  - y ahorro de energía, 38, 43, 83-4
  - aislamiento, 38, 83-4
  - bomba, 43, 138-9, 140, 148
  - cubiertas solares, 140, 147-9
  - depósito, 42, 83-4, 136-7, 148
  - paneles solares, 9, 41-3, 125-139
  - por termosifón, 42, 137-8
- Aguas pluviales, 57-9, 188-95
  - y almacenamiento térmico, 190-2
  - bidones de aceite para, 189-91, 192
  - bidones en serie, 191-2
  - y cubiertas, 57, 58
  - depósitos de almacenamiento, 192-5
  - grifos, 189, 191
  - rebosaderos, 195
  - situación de los bidones, 190
  - utilización, 58-9
  - volumen, 57-9, 188-9
- Aislamiento, 14-18
  - aspectos legales, 64-5
  - y condensaciones, 17, 112
  - con contraventanas, 92-5
  - de cubiertas: con fieltro, 78-9; sin fieltro, 77-78; planas, 80
  - de depósitos, 38, 79, 81-2, 83-4
  - y electricidad, 13
  - con enredaderas, 199
  - ganancias de calor casuales, 176-7
  - mediante invernaderos, 154
  - de muros: cámara, 64, 65-6; por el exterior, 64, 64-5, 66, 72-6, 80; por el interior, 64, 66-72
  - de pisos: forjados de madera, 85-8; hormigón, 88-90; hormigón nuevo, 90-1
  - posición, 15-17
  - revestimiento, 74-6
  - de techos, 79-80
  - temperaturas de bienestar, 34-7

- tipos, 71, 72-3, 77-8, 81-3
- de tuberías, 38, 82-3
- ventajas, 18
- ventilación, 66, 68, 70, 78-9, 85
- ver además* Acristalamiento doble y Corrientes, eliminación
- Albañilería, 101-2, 153-4, 156-7
- Aluminio, 105, 129-30, 141-2, 143, 148, 152, 158-9
- Anemómetro, 48-9
- Anticongelante, 139
- Arboles, 9-10, 198-9
- Aserradura, 123-4
  
- Baños y duchas, 58-9
- Barreras contra el vapor, 17, 68, 69, 72, 79, 112, 146
- Burlete, 98
- Burlete de sellado al fósforo-bronce, 99-100
- Burlete sellante de espuma plástica, 99
  
- Cajas de heno, *ver* Cocina
- Calefacción, 43-6.
  - bidones de agua, 190-2
  - y cocina, 176-7
  - energía necesaria, 14
  - e invernaderos, 45-6, 166-7
  - solar, 43-6
- Calefacción central 12, 13, 14, 18, 33, 35, 109, 113, 114, 123, 176, 177
- Calefacción, sistemas, 28-9, 33, 35-6;
- Calentamiento Solar, 16-17, 18, 38-46
  - agua caliente, 41-3
  - bomba de agua caliente, 43
  - cálculo de las ganancias de energía, 38-41
  - y calefacción ambiental, 43-6
  - y cubiertas, 8-9, 134
  - depósito, 42, 43-4, 148
  - depósito de agua caliente, 42
  - fontanería, 136-9, 140, 148-9
  - e invernaderos, 45-6
  - protección, 139
  - radiación: directa, 40; indirecta, 40-1
  - sistema por bombeo, 138-9, 140, 148-9
  - y sistemas convencionales de calefacción, 43
  - sistema por termosifón, 137-8;
    - y ventanas, 44-5
    - ver además* Paneles solares y Cubiertas solares
- Carbón, 11-13, 116, 123
- Carpintería, 67-8, 92-5, 123, 126-9
- Centro Nacional de Tecnología Alternativa, 178
- Chimeneas, 12-13, 27, 33, 66-7, 97-8, 107, 116-20, 120-3; *ver también* Hogares
- Cepillado, 95
- Cielorrasos, 79-80
- Cimentación, 90-1, 152-3, 195
- Cocina, 168-77
  - cajas de heno, 172-3
  - cajas de poliestireno, 173-6
  - energía, 176
  - hornos solares, 168-72
- Cocina Aga, 176
- Combustibles, rendimiento de, 11-13;
- Comité Permanente de Energía Eólica, 178
- Condensaciones, 17-28, 111-12; *ver también* Impermeabilización
- Constructores, 122, 153, 192
- Contraventanas, 6, 35, 92-5
- Corrientes, 26-8, 35, 96
- Corrientes de aire, eliminación, 15, 26-7, 96-103
  - con acristalamiento doble, 106, 107, 108
  - condensaciones, 112
  - en chimeneas, 97-8
  - en invernaderos, 163, 164, 166
  - en puertas, 96-7, 98-100
  - porches, 101-3
  - sencilla, 96-7
  - tipos de sellante, 98-100
- Corrosión, 139, 143, 148
- Cortinas, 95, 97, 109
- Cristal, 6, 7
  - para cubiertas solares, 145-6
  - para hornos solares, 170-1
  - para horticultura, 126, 152
  - para invernaderos, 152, 164-6
  - para paneles solares, 126, 133-4
  - técnicas de acristalamiento, 133-4, 164-6
  - ver además* Acristalamiento doble
- Cubiertas:
  - aguas pluviales, 57, 58
  - aislamiento, 73, 77-80
  - chimeneas, 121-2
  - depósitos en, 79, 81-2
  - con impermeabilización, 78-9
  - sin impermeabilización de fieltro, 77-8
  - orientación, 8-9

- paneles solares, 8-9, 134
- pérdidas de calor, 20
- planas, 80
- solares, 140-9
- ventanas de, 7
- Cubiertas solares, 140-9
  - acristalamiento de PVC, 146-7
  - materiales, 140-6
  - montaje, 141-7
  - preparación, 140-1
- Departamento de Energía, 29
- Depósitos:
  - para aguas pluviales, 58, 192-5
  - aislamiento, 38, 79, 81-2, 83-4
  - y calentamiento solar, 42, 43-4, 148
- Dormitorios, 36, 37, 110, 116
- Electricidad, 11-12, 13; *ver además* Electrónica y Molinos de Viento
- Electrónica, 49, 53-4, 55-7, 139, 182
- Energía:
  - en calefacción solar, 38-41
  - en cocina, 176
  - estufas de leña, 113, 114-15
  - en molinos de viento, 47-50, 51-2, 54-6
  - primaria, 11-13
  - unidades, 11
  - útil, 12-13
- Enfoscado, 75-6
- Enredaderas, 199-201
- Enrejados, 199-201
- Espuma de formaldehído de urea (efu), 65
- Espuma de vidrio, 168-9
- Estufas de leña, 113-24
  - chimeneas, 120-3
  - chimeneas-hogar, 116-20
  - conductos, 118-19
  - energía, 113, 114-15
  - leña, 113-14, 123-4
  - en muros, 115
  - planchas de registro, 119-20
  - riesgo de incendios, 115-16
  - tipos, 113, 114-15
- Extractor
- Fibra de vidrio, 68, 71, 77-9, 81-4, 132, 138
- Filtraciones y corrientes, comprobaciones, 96, 122
- Fontanería, 136-9, 147-9
- Ganancias de calor casuales, 16-17, 29, 37, 176-7
- Gas, 11, 12, 27, 35, 77, 107
- Grados-día, 29-31
- Habitaciones, 7-8, 32, 8
- Hills, Lawrence, 194
- Hogares, 116-18
- Hormigonado:
  - chimeneas-hogar, 117-18
  - depósitos de almacenamiento, 192-5
  - dosificaciones, 118, 193
  - invernaderos, 153
  - molinos de viento, 185-6
  - pisos, 90-1
  - técnicas, 90-1, 153, 193-4
- Hornos solares, *ver* Cocina
- Horsley, Geoffrey, 106
- Iluminación, 54, 56
- Impermeabilización, 66, 88, 101-2; *ver además* Condensaciones y Barreras contra vapor
- Incendios, peligro, 115-16, 123
- Inspectores de construcción, 65, 90, 115, 151, 153, 195
- Invernaderos, 150-67
  - acristalamiento, 161-3, 164-6
  - agujeros de ventilación, 166-7
  - aislamiento, 154
  - aspectos legales, 150-1
  - bidones de agua, 190-1
  - calefacción ambiental, 166-7
  - calefacción solar, 45-6
  - cimentación, 152-3
  - dimensiones, 153
  - para eliminar corrientes de aire, 103
  - como esclusas, 8
  - estructura de aluminio, 158-60
  - estructura de madera, 154-6, 158-9, 161-2, 163-4
  - hastiales de ladrillo, 156-7
  - impermeabilización, 163-4, 164, 166
  - materiales, 151-2, 154-5, 158-9, 161-2, 163-4
  - orientación, 8
  - respiradores de cubierta, 160-1
  - ventajas, 150-67
- Jardines, 59, 195

- K, coeficientes, 19-25, 110
- Lavabos, 59
- Leña, 12, 113-14, 123-4
- Listones, 70-4
- Madera tanalizada, 67, 70, 72, 74, 86, 127, 144, 151, 154, 185
- Masa térmica, 15-17, 44, 90
- Masillas, 163
  - para cubiertas solares, 141, 145
  - para invernaderos, 163, 166, 191
  - para paneles solares, 130, 131, 134, 139
- Materiales de construcción, conductividad térmica, 21-2
- Molinos de viento, 18, 47-56, 178-87
  - alternadores, 49, 180, 182-3, 187
  - aspas, 184-5
  - baterías, 53-4
  - cálculo de la energía producida, 47-50, 51-2, 54-6
  - cuerdas, 183-4
  - diseño, 50-1, 178
  - emplazamiento, 47-9
  - engranajes, 49, 52, 180-2
  - instalación, 53
  - mantenimiento, 53
  - orientación, 10
  - rotores, 178-9, 183
  - torretas, 52-3, 185-6
  - utilidad de, 47, 55, 56
  - velocidad de máximo rendimiento, 49
- Muros:
  - aislamiento, 64, 76
  - cámara de aire, 64, 65-7
  - condensaciones, 17
  - estufas de leña, 115
  - en invernaderos, 156-7
  - macizos, 64-5, 66-76
  - masa térmica, 15-17
  - pérdidas de calor, 20, 23
  - de piedra, 16
- Normas constructivas:
  - cubiertas, 80
  - estufas, 115, 116
  - invernaderos, 8, 150-1
  - muros con cámara, 64, 65-6
  - ventanas, 7, 26, 108
- Orientación, 6-10
  - de cubiertas, 8-9
  - de cubiertas solares, 134-5
  - de habitaciones, 7-8
  - de invernaderos, 8
  - de molinos de viento, 10, 47-9
  - de paneles solares, 134-5
  - de vegetación, 9-10
  - de ventanas, 6-7
- Paneles solares, 10, 41-2, 125-35, 150
  - construcción, 134-6
  - materiales, 125-31
  - montaje, 126-34
  - ubicación, 126, 134-5
- Pantallas de protección, *ver* Protección contra el viento
- Papel mâché, 87-8
- Pérdidas de calor, 6-7, 8, 14-15, 19-25
  - cálculo, 19-25, 27-8
  - coeficientes K, 19-25
  - y corrientes de aire, 26-8
  - en cubiertas, 20
  - en invernaderos, 8
  - en muros, 20, 23
  - en pisos, 20, 24
  - en ventanas, 6-7, 9, 19, 20, 24-5
  - de ventilación, 26-31
  - zonas, 14-15
- Permiso urbanístico, 9, 10, 64, 65, 150, 151
- Petróleo, 11-12
- Pisos:
  - aislamiento, 85-91
  - forjado de madera, 85-8
  - y hogares, 116-18
  - hormigón, 88-90
  - hormigón nuevo, 90-1
  - pérdidas de calor, 20-24
  - quitar y poner entarimado, 85-7
- Plástico para envolver, 106-7
- Poliestireno:
  - en aislamiento de cubiertas, 78, 80
  - en aislamiento de depósitos, 82, 84
  - en aislamiento de muros, 69, 71, 72
  - en aislamiento de piso, 85, 86, 90, 91
  - en cajas térmicas, 173-6
  - en contraventanas aislantes, 93, 94
  - en paneles solares, 132
  - en techos, 17, 79
- Porches, 27, 101-3

Preservativos para la madera, 127, 128, 129, 151, 158, 185

Protección contra el viento, 9-10, 196-9  
árboles, 198-9  
elección, 196-7, 198-9  
plantación, 197-8  
setos, 196-8

Puertas, 89-90, 96-7, 98-100, 102

PVA adhesivo, 82, 89, 94, 174

PVC ondulado, 146-7, 151, 167

Radiadores, 109-10, 125-6, 131-2

Rayment, Dr. R., 47

Red Nacional, 12

Setos, 9-10, 196-8

Sombra, 9, 10, 199, 201

Tablero de yeso, 69-70, 71-2, 79, 80

Tablero de fibras, 87

Temperaturas de bienestar, 32-7  
aislamiento, 34-6  
calor del cuerpo, 32-3, 36  
sistemas de calefacción, 33, 35-6  
vestido, 36

Tuberías:  
aislamiento, 82-3, 138  
corrosión, 143  
para cubiertas solares, 143-4, 147-9  
para invernaderos, 167  
para paneles solares, 132-3, 136, 137-9  
para pluviales, 190-2, 195  
polietireno, 138  
para sistemas por termosifón, 137-8

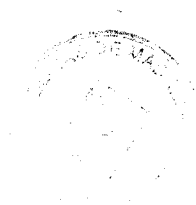
Universidad de Sheffield, 151-2

Ventanas:  
acristalamiento doble, 104-10  
aislamiento alternativo, 109-10  
coeficiente K, 110  
contraventanas, 92-5  
construcción, 102  
de cubierta, 7  
eliminación de corrientes, 97, 100, 109  
orientación, 6-7  
pérdidas y ganancias de calor, 6-7, 9, 15, 19, 20, 24-5, 44-5, 104, 109, 110  
sustitución, 104-5

Ventilación:  
acristalamiento doble, 107, 108  
aislamiento, 66-7, 68, 70, 78-9, 85  
condensaciones, 112  
invernaderos, 150-1, 160-1  
ordenanzas edificatorias, 7, 26, 108, 150-1  
pérdidas de calor, 26-31

Viento, 9-10, 48-9

Zonas de esclusa, 8, 46, 101-3



# Índice

Introducción	1
Parte I <b>TEORIA</b>	
<b>1 Importancia de la orientación</b>	<b>6</b>
Ventanas — Habitaciones — Invernaderos — Cubiertas — Vegetación — Molinos de viento	
<b>2 Rendimiento de los combustibles</b>	<b>11</b>
Unidades de energía — Energía primaria — Energía neta o útil	
<b>3 Aislamiento</b>	<b>14</b>
Dónde aislar — Condensación — Ventajas del aislamiento	
<b>4 Coeficientes K</b>	<b>19</b>
Coeficientes K estándar: pisos y muros — Plantas bajas — Ventanas — Pérdidas de calor totales	
<b>5 Ventilación y pérdidas de calor</b>	<b>26</b>
Corrientes — Condensación y olores — Elección del sistema de calefacción — Grados día	
<b>6 Temperaturas de bienestar</b>	<b>32</b>
Tipo de calefacción — Aislamiento para regular la temperatura	

<b>7</b>	<b>Calor solar</b>	<b>38</b>
	Cálculo de la energía recibida — Cálculo a partir de los principios fundamentales — Colectores solares para agua caliente — Calefacción solar	
<b>8</b>	<b>Molinos de viento</b>	<b>47</b>
	Elección del emplazamiento — Elección del molino de viento: tamaño, potencia y diseño — Elección de la torre y del equipo de mantenimiento — Almacenamiento de la electricidad: baterías — Cálculo de vuestra demanda de energía	
<b>9</b>	<b>Recogida del agua de lluvia</b>	<b>57</b>
	<b>Parte II PRACTICA</b>	
<b>10</b>	<b>Aislamiento de muros</b>	<b>64</b>
	Aspectos legales — Aislamiento de muros con cámara — Aislamiento de muros macizos	
<b>11</b>	<b>Aislamiento de cubierta</b>	<b>77</b>
	Cubiertas inclinadas — Cubiertas planas	
<b>12</b>	<b>Aislamiento de depósitos y tuberías</b>	<b>81</b>
	Depósitos — Tuberías — Depósitos de agua caliente	
<b>13</b>	<b>Aislamiento de pisos</b>	<b>85</b>
	Forjados de madera — Pisos de hormigón — Pisos nuevos	
<b>14</b>	<b>Instalación de contraventanas</b>	<b>92</b>
	Ejecución del cerco y de la contraventana — Colocación de contraventanas	
<b>15</b>	<b>Corrientes de aire</b>	<b>96</b>
	Cómo detectar las corrientes — Soluciones sencillas — Chimeneas — Puertas — Construcción de un porche	
<b>16</b>	<b>Doble acristalamiento</b>	<b>104</b>
	Colocación de ventanas nuevas — Acristalamiento doble en ventanas existentes — Soluciones alternativas	



<b>17 Tratamiento de las condensaciones</b>	<b>111</b>
<b>18 Estufas y chimeneas de leña</b>	<b>113</b>
Cuándo y por qué elegir una estufa de leña — Instalación — Chimeneas-hogar — Chimeneas de humos — La leña	
<b>19 Construcción de paneles solares</b>	<b>125</b>
Materiales — Montaje — Montaje del colector terminado — Fontanería — Protección del colector — Cálculo de la capacidad del colector	
<b>20 Construcción de un techo solar</b>	<b>140</b>
Preparación de la cubierta — Colocación del colector — Conexión con el sistema de fontanería	
<b>21 Construcción de un invernadero</b>	<b>150</b>
Aspectos legales — Elección de materiales — Montaje	
<b>22 Cocina alternativa</b>	<b>168</b>
Hornos solares — Cajas de heno — Cajas de poliestireno expandido — Cocinas para calefacción	
<b>23 Construcción de un molino de viento</b>	<b>178</b>
Montaje del rotor — Bastidor del alternador y de los engranajes — Eje de rotación — Construcción del eje — Alternador — Montaje del aparato — Colocación de las cuerdas — Las aspas — Construcción de la torre — Conexión del alternador	
<b>24 Recogida del agua de lluvia</b>	
Bidones de aceite — Varios bidones — Cisterna — Rebosadero	
<b>25 Pantallas contra el viento</b>	<b>196</b>
Setos de protección — Pantallas de protección — Aislamiento mediante enredaderas — Construcción de un enrejado	
Apéndice	202
Bibliografía	206
Glosario	208
Índice alfabético	210

La Casa Autosuficiente es un libro práctico para todos los que quieran que su casa sea más eficaz y mucho más barata de mantenimiento.

Sus autores, ambos arquitectos, explican así la forma en que lo escribieron: «En 1973 hipotecamos todo lo que teníamos y compramos una casa con un jardín grande: nuestra idea era poner en práctica las teorías de la tecnología alternativa. Este libro se basa en los resultados de nuestras experiencias».

En él se estudian el aislamiento térmico de muros y ventanas, la construcción de invernaderos, colectores solares y molinos de viento, la importancia de la orientación, la recogida del agua de lluvia, las ventajas e inconvenientes de las chimeneas, estufas y cocinas de leña, y muchos temas más, a través de ejemplos y proyectos claramente explicados e ilustrados paso a paso, de manera que cualquiera pueda llevarlos a cabo en su propia casa.

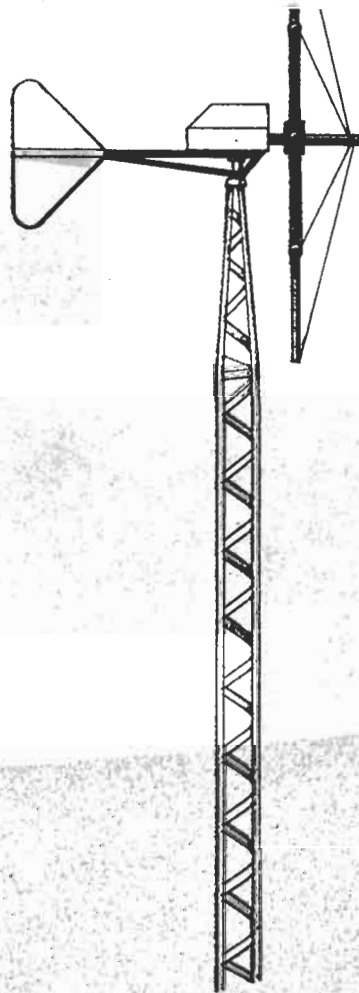


5833520

ISBN 84-81



9 788487 756801



Tursen

Hermann Blume Ediciones