

La cubierta inclinada

Los recursos naturales y las condiciones climáticas se revelan en el siguiente artículo como los claros fundamentos de la diversidad tipológica que a lo largo de la historia ha tenido la cubierta inclinada. Joan Lluís Zamora, profesor de Construcción de la Escuela de Arquitectura del Vallès (Barcelona), hilvana un recorrido geográfico jalonado por algunos ejemplos tradicionales y enumera las exigencias básicas para el diseño de este tipo de cubierta. Desde un enfoque crítico que señala tanto aspectos problemáticos como ventajas de funcionamiento, el autor describe finalmente algunas de las soluciones constructivas más habituales.

Se tiene la imagen de la construcción como una disciplina técnica, rigurosa y estable que ofrece soluciones a las ecuaciones que le plantea la arquitectura. Obviamente, esto no es así de simple, puesto que las soluciones técnicas viables en cada momento son múltiples. En cualquier caso, la construcción se acercaría más a los planteamientos de las ciencias sociales, donde sobre los principios físicos inmutables se establecen estrategias de carácter oportunista, sujetas al cambio constante según el contexto.

La cubierta bien puede servir para ilustrar esta compleja combinación de ciencia, técnica, recursos disponibles y prejuicios sociales.

Recorreremos en estas líneas de forma breve las exigencias básicas y fundamentales que se plantean en el diseño de una cubierta inclinada, tanto las tradicionales como aquellas que se van incorporando día a día de forma paulatina. Este camino se ilustrará mediante ejemplos de las soluciones que los arquitectos han aportado en distintos edificios, según las coordenadas de cada época. Finalmente se reconocerán aquellos tipos invariantes de funcionamiento de una cubierta, tipos que subyacen tras las diversas soluciones constructivas actualmente en uso.

El inicio: cultura y cubierta

La arquitectura nace con el hábitat, y éste, con la cubierta. Cualquier

muestra de arquitectura primitiva se enfrenta inmediatamente con el problema de techar para protegerse del sol, del viento, del frío y de las precipitaciones. Toda construcción antigua y espontánea, sea iglú, cabaña de viña, tienda mongol, etc., es básicamente una cubierta.

Incluso los estudiosos de la arquitectura popular han basado buena parte de su discurso catalogador en acentuar las diferencias que establecen las propias cubiertas según los materiales empleados para techar, las pendientes, los aleros, etc.

Tal vez por esa estrecha ligazón entre cubierta e imagen etnológica de la arquitectura tradicional popular las normativas urbanísticas de protección de entornos históricos de valor artístico o de conjunto han puesto tanto énfasis en regular mediante parámetros, no siempre acertados, la construcción de las nuevas cubiertas.

La importancia que tiene el aspecto constructivo de la cubierta es indudable, tanto para su diseño como para su posterior mantenimiento. Todas las construcciones que nos legaron los que nos antecedieron han iniciado su deterioro y ulterior derribo por la cubierta, cuyos restos hallamos a menudo, enterrados por la maleza, al pie de los muros.

En las praderas herbáceas de las llanuras del norte de Asia y Europa se han encontrado ejemplos de revestimientos de cubiertas mediante

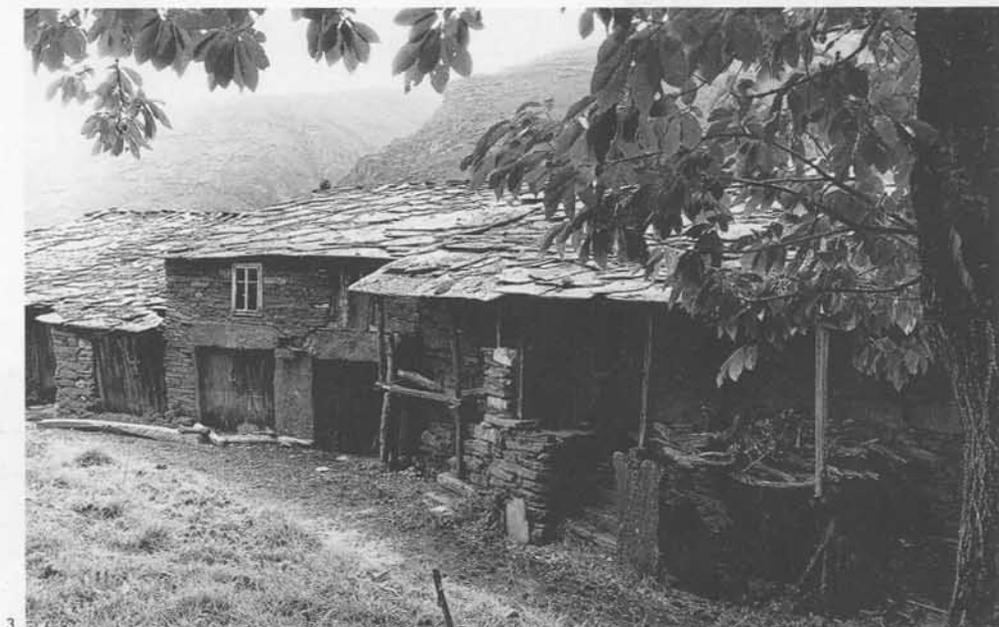


1 Las labores intensivas de la agricultura –poda o recolección– han requerido tradicionalmente edificaciones temporales para resguardar de la intemperie a los campesinos y sus herramientas. Estas construcciones rememoran el hábitat primitivo y son, literalmente, cubiertas.

2 Ilustración extraída de un código francés de 1448: en el proceso constructivo de los edificios religiosos medievales, la colocación de la techumbre –una estructura independiente de la bóveda de piedra interior– era una fase de especial trascendencia.



3 a 5. Las técnicas y materiales de la arquitectura autóctona están supeditados a los recursos naturales de cada ámbito local y a sus condiciones climáticas. Estas variables dan lugar a la diversidad tipológica que muestran las imágenes: desde las cubiertas de piezas de pizarra colocadas a rompejuntas de la arquitectura popular gallega (3), pasando por las de lajas de madera típicas de la casa americana o de las techumbres nórdicas (4), hasta las cubiertas vegetales de los climas templados, a base de paja y caña o listones de madera (5).



3

tierra arcillosa compactada, estabilizada mediante la plantación de especies herbáceas y gramíneas. Sus raíces aseguraban la cohesión de la arcilla y le proporcionaban una humedad más estable. Se trataba de una simbiosis entre exigencia de aislamiento y estanqueidad que requería, como cualquier huerto, los cuidados periódicos del hortelano habitante.

Más al sur, en los climas lluviosos pero más temperados, la paja de los cultivos una vez trillado el grano—fuera de arroz o centeno— se peinaba y anudaba formando haces de hasta 120 cm de longitud. Se colocaban sobre listones o cañas, distanciados entre sí unos 30 cm, hasta formar una capa de 18 a 20 cm de espesor y con un peso total de 10 kg/m². Sobre esta primera capa de haces se disponían unas varas de madera o caña atadas fuertemente a los listones de base y, finalmente, se añadía una segunda, o incluso tercera, capa de haces. La estanqueidad se garantizaba gracias al espesor, al agua absorbida por la propia paja y a la facilidad de la misma para conducir, por tensión superficial, cada gota hasta el haz inferior, y así sucesivamente hasta el suelo.

Todas estas soluciones tradicionales y autóctonas tienen un ámbito local que las justifica y optimiza, pero difícilmente son exportables en el tiempo y el espacio sin grandes costos y contratiempos. Esta conclusión

fue constatada por el equipo técnico que hace pocos años, con motivo de la edificación del parque temático recreativo Port Aventura (Tarragona), llevó a término la construcción de cubiertas de haces de palmera en el sector de la Polinesia y de lajas de madera en el sector del Far-West.

La extensión de las culturas predominantes a través de los imperios antiguos y modernos potenció el desarrollo de aquellas tecnologías de techar susceptibles de prefabricación, transporte y colocación en obra con grandes garantías de éxito en cualquier situación. En este nuevo escenario se consumó la diferenciación entre los dos grandes tipos de recubrimiento: las piezas colocadas a junta continua, y las colocadas a rompejuntas.

En las áreas con mayor predominio de la madera se desarrolló la cubierta de lajas de este material (chillas) clavadas, siguiendo la experiencia adquirida con los esquistos y, posteriormente, con las pizarras en las cubiertas de piezas colocadas a rompejuntas. Fue la cubierta que acompañó la expansión de norteamérica y la casa de madera, y está formada por piezas de madera de roble, alerce o abeto, de 1,5 a 2,5 cm de espesor, 10 a 25 cm de ancho, y 80 a 100 cm de largo, clavadas sobre listones. Un buen mantenimiento exigía que cada 10 ó 12 años se diera la vuelta a las chillas, para así alcanzar una duración de hasta 70 u 80 años.



4



5



6

6. La imagen de la arquitectura tradicional de Japón va asociada indiscutiblemente a la de sus cubiertas y a la tecnología desarrollada para resolver las imponentes estructuras de madera sin hacer uso de las posibilidades de la triangulación. Por su situación geográfica y su organización social, Japón ha alojado siempre una gran variedad de soluciones constructivas, como atestigua la coexistencia de soluciones de tejas y haces herbáceos que refleja la imagen.

7. La arquitectura de los templos hinduistas, edificios de gran riqueza y simbolismo, exhibe unas cubiertas totalmente esculpidas en piedra, en las que la estanqueidad se confía al gran espesor del material pétreo y, en consecuencia, los planos de escorrentía o el solape de placas pierden importancia y apariencia.

8. En las grandes construcciones de la Turquía otomana se manifiesta la tradición oriental de la bóveda en forma de cúpula inscrita en espacios ortogonales, lo que da como resultado la intersección de dos superficies distintas de escorrentía: los planos inclinados y las superficies de curvatura variable. La estanqueidad se resuelve mediante chapas metálicas engatilladas, trabajadas con el esmero de los latoneros que repujan para los turistas en los bazares actuales. En una 'arquitectura del aljibe', en la que no existe la canal de recogida para evacuar el agua fuera del edificio, la pendiente de escorrentía se reduce en el último tramo para formar los suaves aleros que expulsan el agua lejos de la fachada, pero con moderada velocidad.



7



8

En las áreas con mayor disponibilidad y tradición en el trabajo de la arcilla cocida se desarrolló la cubierta de tejas, que diferenciaba ya en el plano de escorrentía las líneas de canal y las líneas de cobija, consolidando la familia de las cubiertas de piezas colocadas a junta continua. El solape canal-canal y cobija-cobija, junto con el desnivel o cresta canal-cobija, son las garantías de estanqueidad de este tipo de cubierta. La magnitud de ambos parámetros –solape y desnivel– debe corresponderse con la pendiente mínima de colocación para garantizar la estanqueidad. Es la cubierta que ha acompañado la expansión de Roma, de la cultura árabe mediterránea e, incluso, de China y Japón.

Exigencias

1. Estanqueidad al agua

La lluvia precipita de forma muy diversa en cada clima, según la altitud (<200 m, 200-500 m y >500 m), la exposición orográfica (protegida, normal y expuesta) y la época del año. La combinación del tamaño y consistencia de la gota (nieve, gránizo, llovizna, goterón, etc.), la intensidad y duración de la lluvia, así como la velocidad y orientación del viento, cualifican la precipitación. La mayor movilidad de los arquitectos en la actualidad y de sus proyectos obliga a reconocer de forma atenta las características climatológicas de cada emplazamiento.

Durante muchos siglos la historia de la cubierta ha consistido en la búsqueda insistente de soluciones impermeables a la lluvia local. Hasta ya iniciado el siglo XVIII, la construcción no dispuso de materiales propiamente estancos frente a la penetración del agua por gravedad, por lo que la exigencia de estanqueidad se resolvía mediante la conformación de la cubierta según superficies de escorrentía en forma de planos inclinados, a semejanza del relieve de las montañas circundantes del lugar. En la actualidad podemos alcanzar incluso la estanqueidad frente el agua y el aire en condiciones de presión diferencial mediante membranas y juntas desarrolladas en la industria submarina.

Al aumentar la inclinación o pendiente de dichos planos se incrementa la velocidad con que el agua se escurre por la cubierta, reduciéndose el tiempo de presencia del agua y el riesgo de penetración. La garantía del éxito reside en la utilización de materiales con un bajo coeficiente de absorción de agua y en la formación de piezas del mayor tamaño posible, para reducir así el número de juntas y el riesgo de filtración.

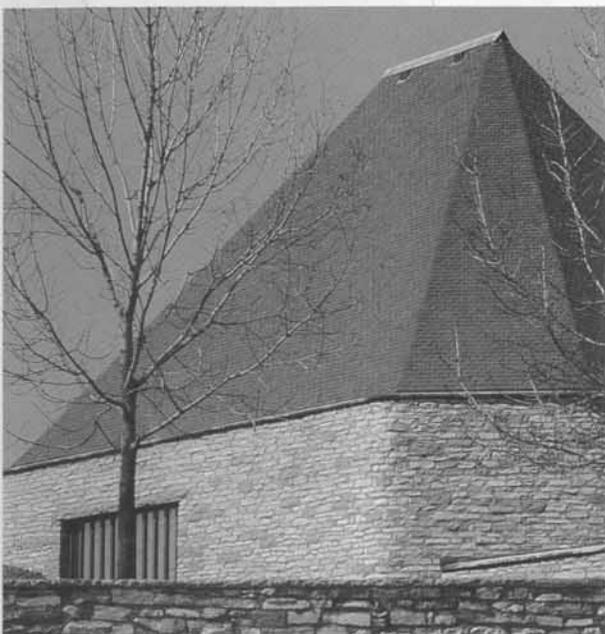
El tratamiento de dichas juntas se ha realizado tradicionalmente mediante el solape de varios gruesos, solución que garantiza la estanqueidad si el agua no es capaz de remontar la fuerza de gravedad. Dado que las pendientes más pronunciadas fa-

Hasta la aparición, en el siglo XVIII, de materiales que impiden la entrada de agua por gravedad, la exigencia de estanqueidad de la cubierta se resuelve exclusivamente mediante la conformación de distintos planos de escorrentia.



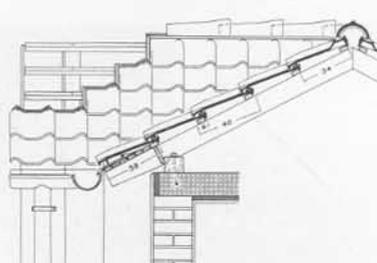
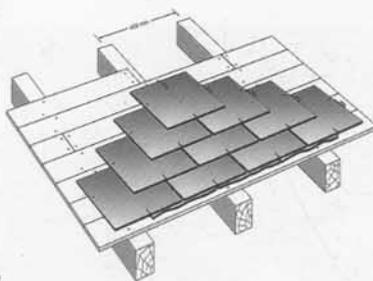
14

DANIEL GELABERT | FONTOVA Y PALLUÑO HERMANOS



OLOF HULTIN

13



15

12 y 13. En las cubiertas de pizarra –en la fotografía, el crematorio de Skövde (1937–1940), de Erik Gunnar Asplund– las piezas se disponen en filas horizontales contrapeadas entre sí, de modo que una laja hace de tapajunta de las otras dos colocadas en la fila inferior. La sujeción de las pizarras se realiza, por medio de clavos o ganchos, a un tablero o enrastrelado situado sobre el soporte estructural (fuente: Cupa Pizarras).

14 a 16. La posibilidad de dar forma a la teja cerámica en su fase plástica previa a la cocción dio lugar, en el siglo XIX, al nacimiento de la teja plana, un ejercicio de diseño técnico resuelto mediante el riguroso tratamiento de las juntas por doble encaje para evitar la filtración de agua; se renuncia así a las soluciones artesanales de solape y rejuntado, lo que permite aligerar tableros y estructura y componer la cubierta como un mosaico en damero (en las fotografías, la rehabilitación del antiguo matadero de Palma de Mallorca, a cargo de Gelabert & Associats, S.L.).

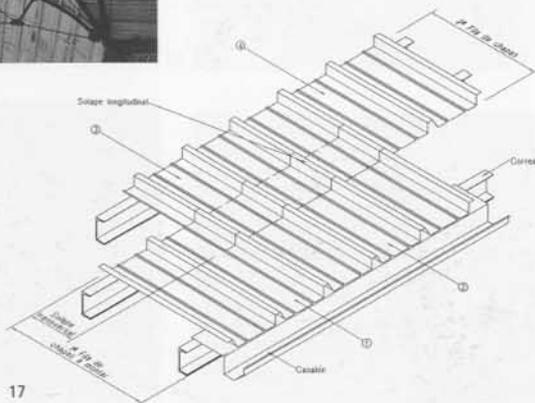
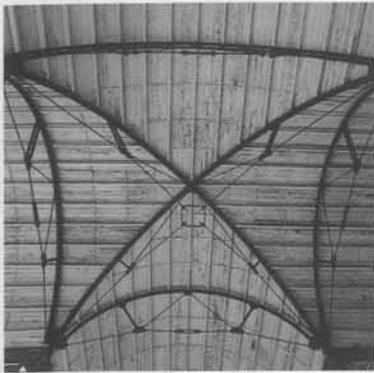
un ámbito habitable más, inicialmente destinado a marginados y bohemios pero convertido, finalmente, en un espacio envidiado y escaso, con cotización adicional en el mercado; lo que ha significado, en la mayoría de los casos, renunciar a la ventilación inferior de la cubierta, a la que ahora denominaremos ‘cubierta caliente’.

La cubierta hoy debe ser también estanca al aire, y para ello la cobertura ha de apoyarse, no ya en un entramado de llatas y cabios de madera de clavar, sino en un forjado continuo constituido por un envigado y un tablero superior estanco, lo que ha dado lugar a una cubierta mucho más sensible a la radiación solar y a las humedades de infiltración.

Es sensible a la radiación solar porque el calor que absorbe la cubierta ya sólo puede ser disipado libremente en una dirección. Es así como, inevitablemente, el calor restante se introduce en el interior de la buhardilla habitable, a pesar de la presencia de capas adicionales de aislamiento térmico, insuficientemente dimensionadas para saltos térmicos de hasta 60 grados. En pocos centímetros, 30 a lo sumo, la cubierta caliente tiene que asegurar suficientemente la estanqueidad, el aislamiento, la ventilación y el acabado inferior. Garantizar la ventilación dorsal de la cubierta en tan escaso espesor nos obliga a recurrir a tecnologías de fachada ventilada.

En segundo lugar, la cubierta actual es sensible a las humedades de infiltración porque la penetración del agua por acción del viento no puede evitarse de forma absoluta en las cubiertas por solape y sin sellado de juntas, en las que la ventilación inferior es absolutamente imprescindible para secar estas infiltraciones ocasionales, especialmente en las cubiertas de estructura de madera. La falta de ventilación dorsal de la cubierta obliga a rejuntar las tejas como si de ladrillos se tratara, e incluso a colocar refuerzos inferiores de estanqueidad mediante materiales con acreditada experiencia por sí mismos, pero considerados como de aspecto no suficientemente decoroso (láminas sintéticas, placas asfálticas o de fibrocemento, etc.).

Los grandes movimientos térmicos que experimenta una cubierta exigen que los sellados de juntas se realicen con morteros elásticos –pobres en aglomerante y con adición de cal– para evitar la rotura de las piezas por movimientos impedidos de dilatación / contracción o, incluso, de choque térmico. Los tableros inferiores de la cubierta, inicialmente de tableros de madera, han ido evolucionando para facilitar tanto la estanqueidad (por medio de machihembrados) o la colocación de la teja (para lo cual es necesaria una perfecta coordinación dimensional), como la disposición del aislamiento (que va generalmente preadherido) o



17

el aumento de la separación entre vigas o correas (por medio de tableros perfilados de reducido peso y mayor momento de inercia).

La durabilidad del material de cobertura, la posibilidad de disipar la humedad ocasional que hubiera penetrado y la disminución del confort en verano debido a las fuertes radiaciones solares de nuestro país aconsejan recuperar la ventilación, que se induce de forma natural al calentarse el aire que penetra por las aberturas practicadas en la barbacana y sale por las aberturas protegidas en la cumbre. En cubiertas de gran longitud de vertiente ($>8\text{m}$) esta ventilación debe ser incentivada con la colocación de piezas especiales que la faciliten (desde $1/30\text{ m}^2$ hasta $1/5\text{m}^2$).

3. Captación / disipación de energía

A excepción de los países de clima árido, donde las lluvias esporádicas son cortas e intensas y el agua que incide en la cubierta se conduce hacia cisternas o aljibes para aprovecharla en las épocas de carestía, no hay ejemplos abundantes de control energético del edificio a través de la cubierta.

En un entorno climático en constante evolución y con perspectivas favorables para un creciente aprovechamiento de las energías alternativas, bien sean renovables, bien sean procedentes directamente del sol o

de la atmósfera, el papel de la cubierta parece abandonar poco a poco su papel exclusivo de protección absoluta frente a las precipitaciones. En un futuro no muy lejano, la cubierta se planteará como un filtro más de la piel del edificio que reflejará, absorberá o transmitirá la acción que sobre ella incida (lluvia, radiación solar, viento, etc.) y en el grado que el arquitecto establezca, tanto como colaborará a disipar el calor metabólico que genera su propia actividad como edificio.

El calor incidente en el edificio por radiación directa a la cubierta es un factor importante a considerar en el equilibrio térmico de éste. En la actualidad, ante la dificultad de disponer de materiales reflectantes de la radiación térmica de forma selectiva (si en verano, pero no en invierno) se plantean soluciones de doble cubierta: así, en la cubierta exterior se aprovecha la captación solar para las necesidades de ACS (agua caliente sanitaria) y, en la interior, la creación de sombras arrojadas para regular la aportación directa y la recogida de las precipitaciones con el fin de emplearlas en labores de refrigeración.

No hay que imaginar cubiertas de placas solares térmicas o fotovoltaicas para ilustrar estos comentarios, sino rescatar ejemplos tan cercanos como los invernaderos, los umbráculos, las pérgolas, etc., que son muestras de filtraje selectivo de la energía

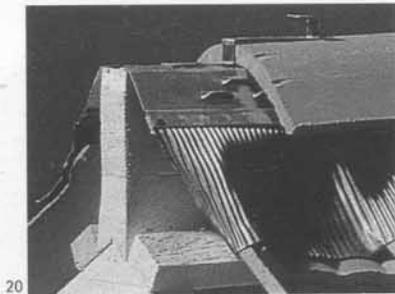


18

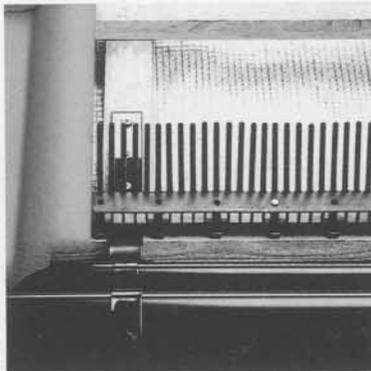
17 a 19. En las cubiertas de chapa (17, fuente: Unión de Perfiladores) se reduce el número de juntas, especialmente las más expuestas —las perpendiculares a la línea de máxima pendiente—, pero el punto de riesgo es la fijación, que ha de ser mecánica. (18, nave industrial en Oñate, Guipúzcoa (1990-1991), de Beatriz Matos y Alberto Martínez-Castillo). Similares características pueden atribuirse a otras coberturas, tales como las placas sintéticas o las de fibrocemento (19, vivienda en Oleiros (1977-1979), de José Manuel Gallego).



JUAN RODRIGUEZ

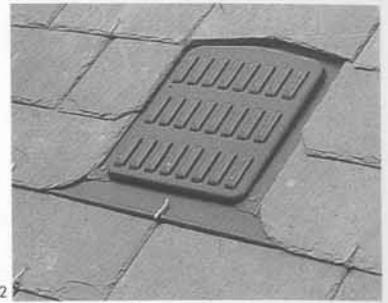


20



21

20 a 23. La ventilación del faldón por medio de chimeneas y piezas especiales constituye un requisito imprescindible para asegurar el confort higrotérmico del interior de los edificios; el mercado ofrece para conseguirlo una amplia gama de soluciones, como las que aquí aparecen, para teja cerámica y de pizarra (fuentes: 20 y 22, VM Zinc; 21, Uralita, y 23, Guiraud Frères).



22



23

24. Cubierta de zinc del Banco de España, Madrid, con gateras de ventilación ordenadamente distribuidas en el plano de cobertura.

incidente; o la costumbre popular de irrigar las cubiertas de teja cerámica porosa para refrescar en verano.

4. Confort higrotérmico, acústico y lumínico

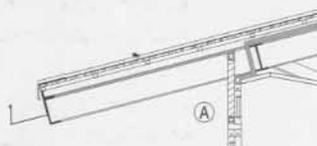
La implantación generalizada, a partir de la década de los setenta, de la utilización de los materiales específicos para aislamiento térmico en la edificación trajo como consecuencia un cierto olvido de los efectos de la radiación solar directa que, principalmente en verano, incide notablemente en la temperatura superficial de los paramentos del edificio y, más especialmente, en la cubierta. El aislamiento térmico se 'calcula' para disminuir la velocidad del tránsito del calor a través de los cerramientos del edificio suponiendo gradientes térmicos 'aire exterior-aire interior' no superiores, en el peor de los casos, a 30 grados. No considerar el efecto de la radiación solar directa significa obviar que el salto térmico real existente entre el exterior y el interior del edificio puede ser de 2 ó 3 veces superior al previsto y que, por lo tanto, la efectividad del aislamiento térmico es insuficiente. En el caso de las claraboyas, donde el calor queda atrapado en el interior del edificio por el efecto invernadero, esta circunstancia es aún más notable. Ventilar los espacios bajo cubierta, aumentar el coeficiente de reflexión del material de cobertura o, simplemente, arrojar sombra sobre el pro-



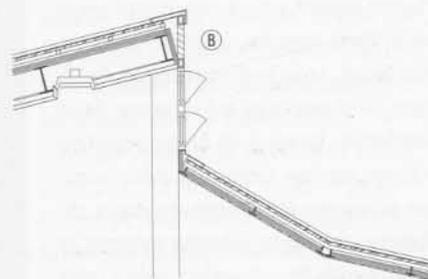
24

25 a 27. En el aula realizado por Josep Llinás para la Facultad de Derecho de Barcelona, la solución constructiva de algunas zonas de la cubierta garantiza, por medio de dos rejillas (A y B) situadas en los extremos inferior y superior del faldón, la circulación de aire por la cámara creada entre tablero aglomerado sobre el que apoyan las chapas de cobre, y el aislamiento.

© TECTONICA



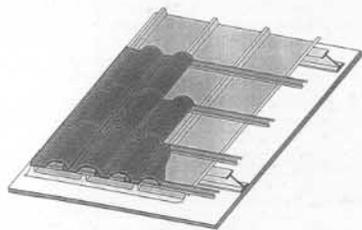
25



26



27



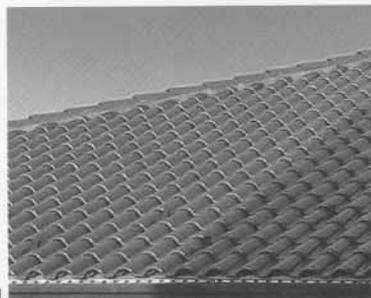
28



29



30



31

pio edificio mediante aleros y porches son recursos que es conveniente no olvidar en nuestra arquitectura más próxima.

La exigencia de impermeabilidad en la cubierta lleva muchas veces a soluciones extremas de estanqueidad casi absoluta al vapor de agua, lo cual favorece la formación de condensaciones en el intradós o en el interior de la propia cubierta, con el deterioro de los materiales que supone (corrosión, pérdida de aislamiento térmico, entumecimiento, etc.). El fenómeno resulta especialmente grave en edificios con una elevada presencia de humedad relativa (piscinas, granjas, industrias de la cocción y el secado, etc.), en los que no se ha previsto una instalación suficiente para garantizar un adecuado control higrotérmico del aire interior.

Por otro lado, las cubiertas pocas veces se ven afectadas por el problema de la inmisión de ruido aéreo, excepto en localizaciones deprimidas respecto a la fuente sonora, como es el caso de ubicaciones próximas a aeropuertos o a vías de gran tránsito rodado. El ruido de impacto tampoco ha sido una exigencia relevante en la arquitectura que nos ha precedido. Sin embargo, la proliferación de cubiertas ligeras, monolíticas, formadas con materiales de elevado módulo elástico y situadas en zonas de lluvias en régimen torrencial, como es habitual en el área mediterránea, ha puesto de actualidad esta exigencia. Ante la

dificultad de disponer de 'tejas blandas' o 'tableros flotantes', la única solución consiste en situar cielos rasos aislantes que también puedan colaborar, adecuadamente diseñados, al acondicionamiento acústico de los locales interiores.

La cubierta 'transparente' es un ideal muy antiguo de la arquitectura que el vidrio, orgánico o mineral, ha hecho posible tras la experiencia de los invernaderos. La excesiva transmisión acústica y térmica a través de la cubierta, más evidente en los climas mediterráneos, obliga a proyectar 'inteligente y responsablemente' las claraboyas –como si de ventanas en una fachada se tratara– para controlar su tamaño, disposición, orientación y ventilación, utilizando aquellos vidrios capaces de proporcionar una máxima difusión de la radiación visible y reflexión de la radiación infrarroja, con el fin de alcanzar no tan sólo ambientes de gran calidad, sino importantes ahorros de energía lumínica, muy apreciados en edificios industriales y comerciales.

5. Seguridad estructural, contra el fuego y biológica

Las acciones principales a considerar especialmente en el proyecto de la cubierta son el peso propio y sus cargas, la acumulación de precipitaciones (agua, nieve o granizo) y la succión del viento en las vertientes a sotavento, especialmente en construcciones abiertas.

JAMES H. MORRIS



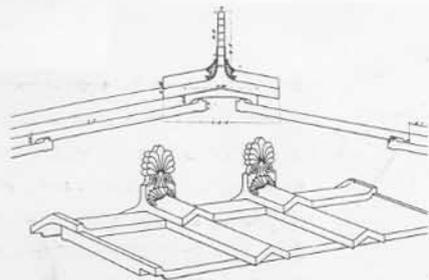
32

28 a 30. El tratamiento de la geometría de los soportes de las tejas por medio de resaltes o perfiles sinuosos ha facilitado su puesta en obra e incrementado el número de soluciones. Además, la introducción de los plásticos espumados moldeables ha permitido que el aislamiento térmico pueda colaborar en las labores de ensamblaje y coordinación dimensional de la cubierta. De izquierda a derecha y de arriba abajo, enrastrelado sobre panel *sandwich* metálico, con cámara de ventilación intermedia y cielo raso que favorece el acondicionamiento acústico interior (fuente: Tejas Cerámicas Borja); teja sobre plancha de fibrocemento, y teja sobre panel de poliestireno expandido (fuente: Uralita).

31. La impermeabilidad de la teja cerámica está comprometida por su naturaleza porosa: una vez alcanzada su saturación, puede dar lugar a pequeñas infiltraciones. Las tejas de cerámica de gres, de mortero hidrofugado o esmaltadas, en la imagen –fuente: Guiraud Frères–, son opciones válidas para controlar este riesgo.

32. La radiación solar que incide sobre las construcciones a través de su cubierta puede atemperarse recuperando algunas de las elementales soluciones que ha aportado la arquitectura tradicional en forma de pérgolas, invernaderos o umbráculos, como en la Mediateca de Nîmes, de Norman Foster, (1987–1992), en la que algunas estructuras de lamas sobre la cubierta constituyen un filtro que colabora en el mantenimiento del equilibrio térmico del edificio.

33



34



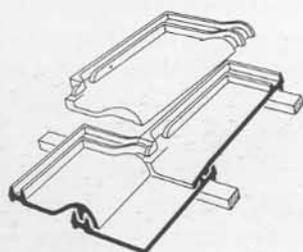
GIOVANNI CHIAMANTE

35



33 a 36. La fabricación artesanal de las tejas cerámicas tradicionales y la necesidad de mano de obra muy cualificada (33, detalle de cubierta del templo de Némesis, en Rhamnonte) han dado paso a sistemas caracterizados por una instalación más sencilla, una mayor estabilidad de las piezas y un perfeccionamiento en las uniones entre tejas (34, fuente: Tecur). A la izquierda, restaurante Boa Nova en Leça de Palmeira (1958-1963), de Álvaro Siza.

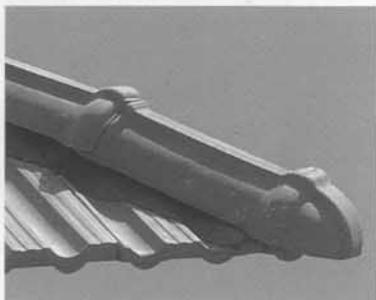
36



37



38



37 y 38. El aumento de la complejidad geométrica de los edificios llevó a la aparición de líneas de cambio de pendiente (cumbreras, limatesas y limahoyas), más susceptibles de verse afectadas por el viento o el agua que el resto de la cubierta. Para reducir la superficie de junta expuesta, estas zonas se protegían con pieles, láminas metálicas o elementos de mayor tamaño. En la actualidad, las modernas técnicas de moldeo de la teja cerámica han proporcionado piezas y accesorios especiales del mismo material de cobertura (fuente: Guiraud Frères).

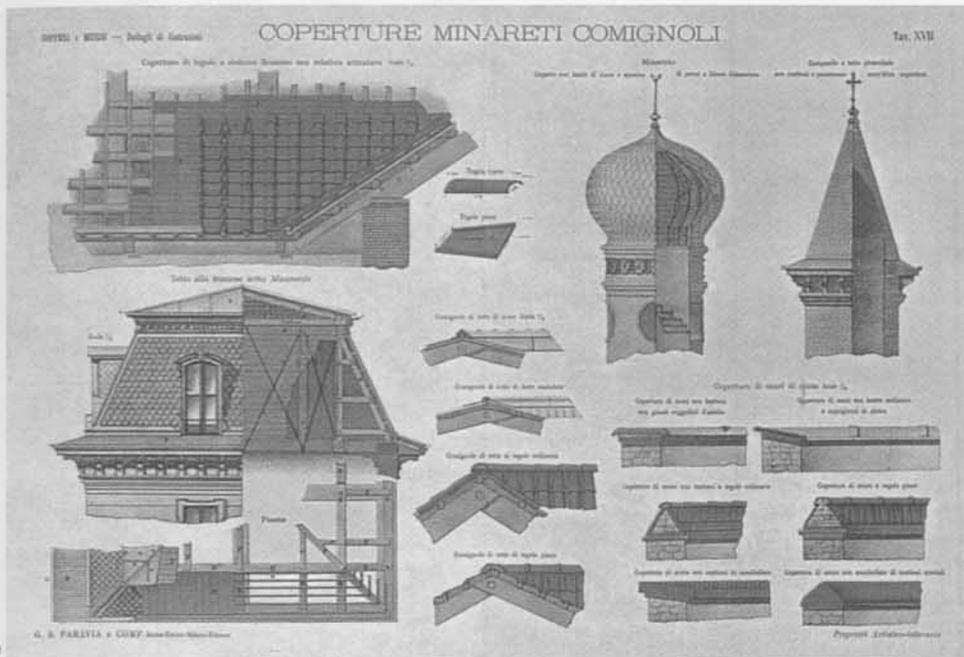
La reducción progresiva del peso propio de las cubiertas, gracias a los esfuerzos por alcanzar un uso óptimo del espesor y forma de los materiales, no ha hecho más que aumentar la importancia de las otras acciones que gobierna la naturaleza. En el caso de la nieve, no hay que olvidar la principal incertidumbre que supone su evolución tras la nevada y que se traduce en la formación de hielo, que se adhiere al material de cobertura, la lluvia que empapa y aumenta el peso del manto de nieve, o el rápido deshielo que desestabiliza el manto con peligro para saledizos de la cubierta (chimeneas, canalones, etc.), que pueden ser arrastrados al suelo.

En las zonas expuestas a las nevadas, hay que aumentar prudentemente la pendiente de los planos de la cubierta (>30°) para aumentar la eficacia del solape, pero al mismo tiempo se deben colocar suficientes paranieves para evitar que el manto de nieve forme aludes que se precipiten de forma inesperada a la vía pública, con peligro para los peatones. En el entorno mediterráneo, la cubierta no se halla sometida a la presencia habitual de la nieve hasta superados los 1.000 m, altitud a partir de la que ya decrece notablemente la densidad de población y de construcción.

El viento no es sólo un peligro latente para las cubiertas desprotegidas inferiormente (aleros, porches y cobertizos), sino también para las pie-

zas de cobertura no fijadas al soporte. En las cubiertas de pendiente elevada (>30°) ha sido siempre habitual la fijación con clavos, ganchos o mortero, pero en las cubiertas de menor pendiente, que son las más numerosas, la tradición ha mantenido la simple colocación en seco y por solape: todo lo más, con unos toques de mortero para el asiento de las canales. En el caso de la pizarra, las piezas mayores y más gruesas se colocaban en el alero, y las más débiles, en la cumbre y sobresaliendo de la vertiente de barlovento de 5 a 7 cm. En el caso de la teja, es imprescindible por lo menos amorterar o fijar todas las aristas de la cubierta, o las cobijas, cada metro. El caso de cubiertas de grandes piezas ligeras, tipo *sandwich*, obliga a utilizar en cualquier caso las fijaciones mecánicas que indica el fabricante del sistema.

Aun cuando las cubiertas garantizan una resistencia en su conjunto, esta exigencia debe trasladarse a cada una de sus partes: saledizos, canalones, ganchos de mantenimiento, etc., para evitar que el tránsito esporádico de las visitas de inspección deteriore la cubierta por roturas, deformaciones o punzonamientos. No hay que olvidar tampoco la necesidad de garantizar la puesta a tierra de las cubiertas metálicas, por su elevada capacidad para acumular energía eléctrica estática debido a la acción del viento o a los cambios de temperatura.



39 y 40. La cubierta de pequeñas piezas ha ocupado buena parte de la artesanía de la construcción, tanto en labores de ejecución como de decoración. A la izquierda, una lámina del "Manual del Constructor", publicado a finales del siglo XIX (Editorial Paravia, Roma-Turín-Milán-Florescia). Debajo, Sea Ranch Shinefield House en California (1968), de Charles W. Moore.

La estructura de la cubierta debe ser especialmente estable al fuego (EF) para permitir no tan sólo la evacuación de los habitantes, sino también la labor de extinción del cuerpo de bomberos. Sin embargo, la retardabilidad (RF) del cerramiento de cobertura no debe ser excesiva, por cuanto es una de las principales vías de evacuación del calor y de los gases que genera un incendio, colaborando así a atenuar la acción del fuego interior. Sin embargo, en ordenaciones de edificación en hilera, tanto residencial como industrial, puede ser un camino que el fuego utilice para, salvando la medianera, afectar a las edificaciones vecinas. Es por ello que las normativas de todos los países exigen, en mayor o menor grado y según el riesgo, que las medianeras emerjan por encima de la cubierta con una altura suficiente para impedir este fenómeno.

Las propias cubiertas, especialmente las denominadas 'frías', pueden ser el origen y hogar de un incendio que afecte al resto del edificio. Entre los motivos destacan la proliferación del paso de instalaciones a través de la cámara o espacio ventilado bajo cubierta, y la presencia de aislantes térmicos combustibles próximos a las luminarias del espacio inferior. Los sobrecalentamientos producidos por accidente o falta de mantenimiento de las instalaciones pueden originar una com-

bustión que permanezca oculta a los usuarios del edificio el tiempo suficiente para que en el momento de producirse la inevitable detección del fuego, éste haya adquirido unas proporciones tales que lo hagan totalmente incontrolable. Es por ello que muchas normativas ya exigen, en ciertos casos, la situación de detectores en el interior del espacio bajo cubierta.

Todos tenemos recuerdos de las cubiertas tradicionales de nuestros pueblos, teñidas de líquenes o albergando floraciones de gramíneas o robustas plantas crasas ocasionadas por la acumulación de humedad, el polvo y el abono que proporcionan los excrementos de las aves. La cubierta, en definitiva, es un adecuado biotopo. Sin embargo, hoy por hoy, esta capacidad debe mantenerse bajo control para evitar la desorganización de la cobertura, el ataque físico y químico a los materiales y —en caso de que afectara a la cámara bajo cubierta— una cierta 'infección del edificio', notablemente molesta cuando se trata de ácaros, bacterias y mohos.

6. Durabilidad y mantenimiento

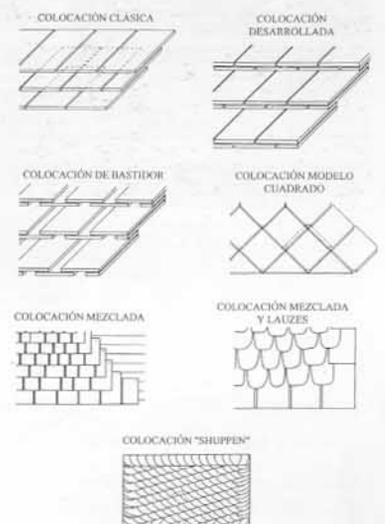
La única forma de asegurar la durabilidad de la cubierta es el mantenimiento. Cualquier cubierta exige dos visitas al año antes del período más lluvioso para proceder a su limpieza y control de estanqueidad. La acumulación estacional de polen, hojarasca, moho, hierbas, polvo o cen-



41. Las lajas sintéticas difícilmente alcanzarán los niveles de durabilidad del zinc o la pizarra, pero ofrecen, como contrapartida, ligereza, mayor rendimiento de colocación y gran variedad de acabados, en consonancia con nuevos usos a los que no se exige expresamente durabilidad a largo plazo (fuente: Siplast).



42. La riqueza de los sistemas de colocación de la pizarra es comparable a la de los aparejos de la obra de fábrica.



43 a 45. La chapa lisa de cobre (43) o zinc (44) se caracteriza por su maleabilidad para adaptarse a superficies curvas, aunque la complicada técnica del engatillado que requiere su puesta en obra, con la que se adquirió gran maestría en épocas pasadas, ha dado lugar a un oficio prácticamente minoritario y artesanal en nuestras latitudes (45, fases de ejecución de junta alzada y de junta con listón -fuente: CEDIC-).

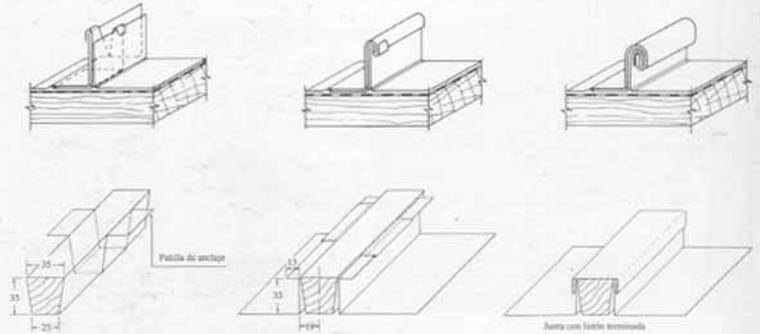
43



44



45



COMPATIBILIDAD ENTRE MATERIALES DE COBERTURA

1. Corrosión entre metales (par galvánico)

Cuando se ponen en contacto dos metales diferentes en presencia de un electrolito (como el agua ligeramente ácida), se produce entre ellos un par galvánico que origina la destrucción del más electronegativo (en la escala, el metal de índice más bajo).

ESCALA: 1. Aluminio 2. Zinc 3. Hierro 4. Níquel
5. Estaño 6. Plomo 7. Cobre

Esta corrosión es tanto más rápida cuanto más alejados se hallen los metales en la escala electroquímica, siendo muy ligera si los metales son contiguos en la serie.

	cobre metal blanco	plomo, estaño y soldaduras blandas	acero inoxidable 13% de cromo	acero inoxidable 18/8 austenítico	acero y hierro fundido	zinc	cadmio	chromo	cuproníquel, aluminio y bronce	magnesio y sus aleaciones (cromado)	níquel
aluminio y sus aleaciones	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
cobre, metal blanco		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
plomo, estaño y soldaduras blandas			*	*	*	*	*	*	*	*	*
acero inoxidable 13% de cromo					*	*	*	*	*	*	*
acero inoxidable 18/8 austenítico						*	*	*	*	*	*
acero y hierro fundido							*	*	*	*	*
zinc								*	*	*	*

Clave símbolos (dos símbolos en un mismo triángulo indican distintos grados de corrosión)

- No aumenta la corrosión del metal
- Puede aumentar ligeramente la corrosión
- Puede aumentar intensamente la corrosión
- Combinación no aconsejable

2. Bases soportes recomendadas para zinc y cobre

material	base soporte		
	recomendada	con condiciones	incompatible
cobre	madera	hormigón (intercalando un cartón fieltro)	madera de cedro y las de baja densidad
		aglomerados (el espesor de la chapa de cobre ha de ser >0,6 mm)	
zinc	madera (pino, piceo, pino silvestre álamo)	hormigón	madera (alerce, roble, castaño, roble douglass, cedro blanco, abedul)
	aglomerados de maderas permitidas y con un pH neutro		aglomerado con colas fenólicas

zas, especialmente en los puntos de enlace de la cubierta, limahoyas y ranuras, puede ser motivo de perturbaciones en la normal circulación de escorrentía del agua, menoscabando la estanqueidad del tejado contra la lluvia. Después de dicho periodo se debe proceder a una nueva visita para reparar los efectos que el viento o la lluvia excesivos hayan producido. Visitar una cubierta significa tener fácil acceso a la misma, bien mediante escalera (<5 m) o bien desde el propio edificio (1 acceso cada 40 m). El tránsito a través de la cubierta se hace más a menudo de lo que parece, y generalmente por exigencia del mantenimiento de los elementos allí situados (chimeneas, pararrayos, lucernarios, etc.). Es por ello que debe hacerse de forma segura (ganchos de servicio cada 2 m), a ser posible, habilitando pasarelas o caminos fijos que permitan caminar cómodamente y utilizar carretillas para el transporte de materiales y aperos.

La vida útil de los materiales de cobertura es muy diversa según sea su constitución orgánica, mineral o metálica, por lo que merecería una visita cada cinco años por parte del facultativo. Las cubiertas metálicas merecen especial atención porque los fenómenos de corrosión, por su naturaleza electroquímica, dependen, en su velocidad de desarrollo y propagación, de factores de riesgo ambientales (proximidad al

mar, humedad ambiental, polución, tipo de lavado de la lluvia, etc.) y de las imprudencias realizadas durante la propia construcción de la cubierta (manchas de cemento, humedad atrapada, fijaciones con piezas de otros metales, etc.); incluso, de defectos en el aislamiento térmico que las sometan a persistentes condensaciones.

La helada es el enemigo principal de los materiales porosos, sean pétreos, cerámicos o derivados del cemento, por lo que habrá que exigir, siempre que exista este riesgo, materiales resistentes con porosidades mínimas que acrediten su resistencia a los ciclos de helada de acuerdo con los ensayos normalizados. La utilización de piezas de gres cerámico, menos porosas y más resistentes, abunda en esta evolución positiva, siempre y cuando se lleve a cabo una puesta en obra mediante fijaciones que eviten los desprendimientos y las roturas por choque térmico.

7. 'Constructibilidad': forma, material y puesta en obra

El concepto de 'constructibilidad' engloba la aptitud de un sistema constructivo para ser fácilmente puesto en obra; es decir, su facilidad de elevación y acopio, la simplicidad de herramientas y labores de transformación (corte, taladro, fijado, limado o sellado), la formación de operarios especializados, la versatilidad de las

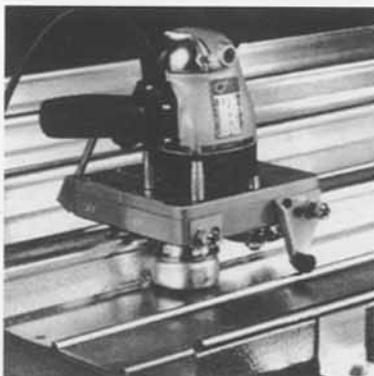
47

48



49

50



51

piezas especiales y accesorios, así como la seguridad y comodidad de la manipulación.

La cubierta de pequeñas piezas, sean lajas o tejas, es la solución más extendida en la pequeña edificación, por diversos motivos que favorecen su 'constructibilidad': en primer lugar, el pequeño tamaño de las piezas, lo que facilita su transporte y reducido peso unitario; en segundo lugar, el ajuste a las características geométricas de cada cubierta por el mecanismo del solape, tanto transversal como longitudinal.

En el caso de la teja, la implantación de la pieza plana moldeada mecánicamente ha permitido la confección de elementos nervados, de menor peso superficial (de 70 a 40 kg/m²) y mayor tamaño (menor número de piezas/m²: de 35 a 10 unidades de teja/m²). De este modo se obtiene un mayor rendimiento en la colocación, al sustituir el solape por dobles y triples encajes que garantizan la estanqueidad, ya que actúan como cámaras de descompresión y recogida del agua infiltrada sin necesidad de amorterar las juntas.

La complejidad geométrica de las cubiertas exige un sinfín de piezas especiales para resolver estética y constructivamente de forma acertada la cubierta. La costumbre actual en nuestro país de amorterar las juntas entre tejas reduce notablemente la necesidad de estas piezas, disponibilidad que se hace im-

prescindible cuando se coloca en seco. Sin embargo, se echa en falta una oferta de morteros ensacados y dosificados en central semejante a la disponible para revocos de fachada o para la colocación de losetas cerámicas.

En el caso de las lajas, la mejora de las canteras de-pizarra y la incorporación del fibrocemento, del zinc e, incluso, de las losetas asfálticas coloreadas han permitido una reducción progresiva de espesores, una homogeneidad creciente del material, una mayor estabilidad dimensional y de color, así como una mayor facilidad para el corte y la manipulación, todo lo cual otorga un impecable aspecto con una colocación fácil y de garantía.

En la mediana edificación, la cubierta de placas, sean lisas, onduladas o grecadas, es la solución más extendida, también por su buena 'constructibilidad'. Así, la utilización de placas permite reducir el número de juntas y controlar el riesgo de infiltración, particularmente en las juntas más expuestas: las perpendiculares a la línea de máxima pendiente de la vertiente. Así, se propicia que las placas sean rectangulares, con predominio de su dimensión en la dirección de la pendiente. La reducción del número de juntas, así como la mayor oferta de desniveles entre cresta y canal permite reducir su pendiente hasta incluso el 10%, sin recurrir necesariamente al cala-

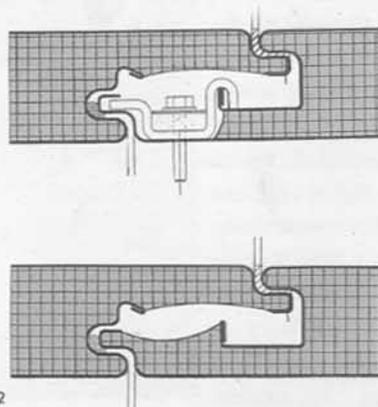
47. La pátina natural que el cobre adquiere con la exposición a la intemperie puede conseguirse en el proceso de fabricación de las chapas mediante baños químicos.

48. Revestimiento de cobre en la fábrica B. Braun en Mensulgen (1986-1992), de James Stirling, Michael Wilford and Associates.

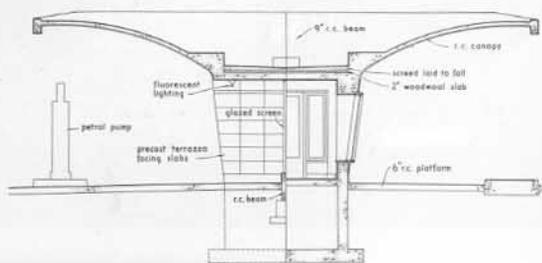
49 y 50. La industrialización del plegado de piezas, los tratamientos de acabado superficial (49, chapas de aluminio lacado -fuente: Hoogovens Aluminium-) y la mecanización de la junta durante la puesta en obra (50, máquina perfiladora -fuente: Hoogovens Aluminium-) han actualizado los sistemas tradicionales de colocación de las chapas metálicas, ampliando sus posibilidades como opción de cobertura.

51. También han evolucionado las soluciones de juntas longitudinales, que llegan a configurarse como canales interiores capaces de evacuar el agua infiltrada y que hacen posible la cubierta como una superficie plana, aunque para ello hay que evitar las juntas transversales mediante la utilización de chapas enterizas (fuente: Guives Girona, S.A.).

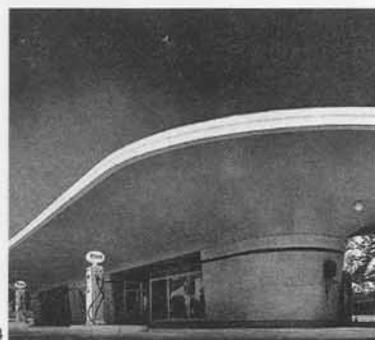
52. La tecnología del panel sandwich, con una alta especialización de la junta, ha permitido recuperar de forma industrializada texturas arquitectónicas que, como la del cobre, habían perdido presencia por la complejidad de su puesta en obra (fuente: Robertson).



52



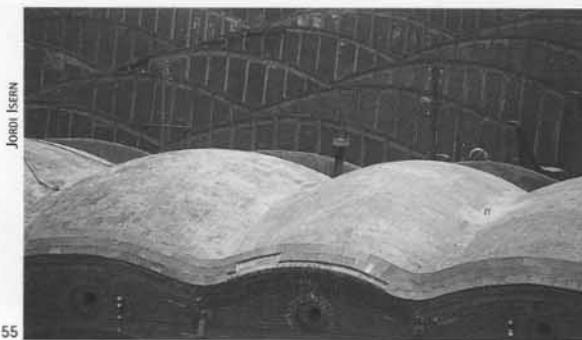
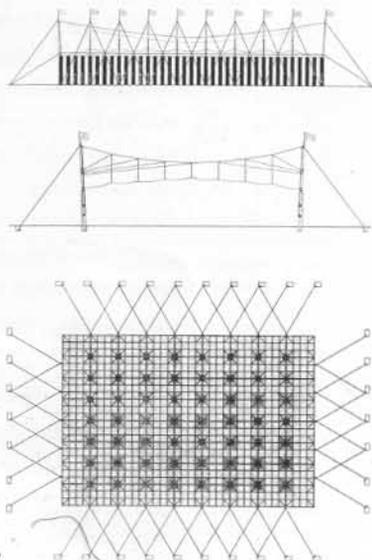
53



54

53 y 54. El hormigón armado aplicado a las estructuras de cáscara materializa el ideal de la cubierta continua y estanca, sin piezas ni solapes, como preconizaba Peter Behrens en las memorias de sus proyectos. La experiencia, tras la II Guerra Mundial, demuestra que esto no es posible, pero otro material amorfo, el asfalto fundido en este caso, puede proporcionar la estanqueidad necesaria en forma de revestimiento (sección e imagen de una gasolinera en Dover, realizada por J.M. Wilson, H.C. Mason and Partners).

57. La posibilidad de impermeabilizar los tejidos y su propia capacidad de trabajar a tensión de tracción ha dado lugar a las cubiertas tensadas, ejemplo de máxima compatibilidad entre estructura y cerramiento. Sus remotos orígenes se remontan a los pueblos nómadas, pero a partir del siglo XIX, con los espectáculos errantes circenses, adquirió un espectacular desarrollo constructivo, como manifiesta el uso local de los *envelats* catalanes.



55



56

55 y 56. Sede central del Museo de la Ciencia y la Tecnología de Cataluña, situada en el Vapor Aymerich, Amat i Jover (1907-1909), en Tarrasa, un edificio de Lluís Muncunill que constituye un ejemplo notable de la combinación de las bóvedas tabicadas como cubierta con una estructura en diente de sierra.

fateado de las juntas. El punto de riesgo es la zona de fijación, que en todos los casos debe ser mecánica para resistir las importantes tracciones a que da lugar la succión del viento. La prudencia aconseja situar la perforación que precisa el anclaje en la cresta de la onda, pero la rapidez de ejecución de los sistemas de tornillería autorroscante nos ha empujado, en aras de la productividad, a situarla en el valle, introduciendo, a cambio, juntas de estanqueidad con sistemas de arandelas de caucho comprimidas.

La utilización de placas metálicas grecadas ha significado también un retorno a los orígenes de la cubierta, ya que coinciden en un solo material las funciones impermeabilizantes y de tablero de cubierta. Sin embargo, su reducido espesor hace decrecer sus cualidades como cerramiento, al no garantizar un suficiente aislamiento al ruido de impacto y un mínimo amortiguamiento de la radiación solar. Estos *handicaps* no impiden que, en multitud de aplicaciones, sea la solución constructiva más empleada, principalmente por la importante reducción de peso que proporciona a las estructuras de gran luz. Sin embargo, hay que prestar gran atención a la protección contra la corrosión, que acecha no sólo a través de la lluvia ácida, sino también del rocío nocturno, las condensaciones interiores, los contactos con otros metales y los cortes o perforaciones

realizados a pie de obra en los que se destruye la capa de protección anticorrosiva.

Una solución con futuro es el *sandwich* metálico prefabricado, que supera alguna de las objeciones antes citadas sin por ello renunciar a las ventajas de los elementos metálicos. Se trata de una línea de innovación con mucho futuro por las posibilidades que sugiere (introducción de yeso, madera, aislantes al vacío, rellenos alveolados confinados, etc.), aun cuando presenta dificultades de reciclaje posterior de los materiales en el momento del derribo (ya se habla de 'deconstrucción'), ya que no es fácil separar los elementos metálicos de los materiales plásticos.

Las cubiertas de láminas lisas (con espesores de 0,5 a 0,8 mm y apoyadas sobre tableros planos o grecados) de metales no férricos (zinc, plomo, cobre, etc.) fueron las primeras en proporcionar un material perfectamente estanco, como demuestra su aplicación en el acorazamiento de naves a finales del siglo XIX. La tecnología del engatillado que garantiza la estanqueidad de las juntas llegó a excelencias artesanales que se exhiben en los preciosistas manuales publicados. Sin embargo, el coste oscilante de los metales no férricos, la laboriosidad del tratamiento de juntas propio de la calderería más artesana, han relegado esta técnica a aquellas aplicaciones donde no hay



58 y 59. La cobertura de las estructuras de bóveda es un problema constructivo latente, sujeto aún a un interesante campo experimental donde se simultanean las soluciones con materiales amorfos, chapas y escamas de lajas.



otra alternativa lógica, bien por motivos de aspecto, espesor o complejidad geométrica.

8. Compatibilidad con estructura e instalaciones

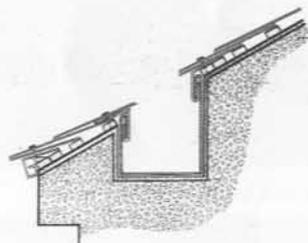
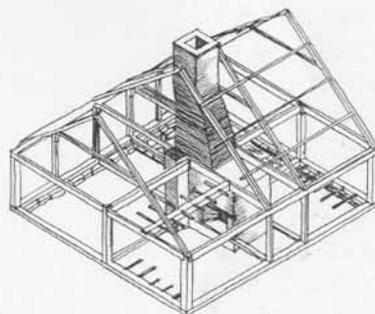
La compatibilidad con la estructura es, básicamente, de deformaciones; o, dicho de otra forma, de acuerdo de rigideces frente a las acciones comunes (gravitatorias, sísmicas y eólicas). Cuando se trata de acciones reológicas (temperatura y humedad) la cubierta debe tener el mínimo grado de solidaridad con la estructura para evitar que los ciclos periódicos frío-calor y humedad-sequía, que dilatan y contraen la cobertura, afecten directamente a la estructura, provocando su fatiga o desorganización. En este sentido, las coberturas de piezas colocadas en seco sobre una cámara ventilada aportan ventajas mayores, por la posibilidad de controlar y ajustar el grado de unión entre cobertura y estructura, así como por la de reducir la amplitud de los movimientos de dilatación y contracción.

La historia nos aporta ejemplos de tipologías en las que el acuerdo entre cubierta y estructura es algo más que compatibilidad: la cubierta en diente de sierra permite la captación de la radiación lumínica difusa, con el confort y ahorro que ello supone para muchas actividades, al tiempo que protege de la radiación térmica. La clave de su durabilidad reside en

garantizar una segura evacuación del agua a largo plazo.

La compatibilidad con las instalaciones es harto difícil de conseguir, y prueba de ello es que la mayoría de puntos de infiltración en las cubiertas se producen en los lugares de ajuste y encuentro entre las instalaciones descolantes y la cobertura. Hoy por hoy, las soluciones con mayor garantía pasan aún por una adecuada ordenación de la implantación de las instalaciones desde el propio anteproyecto del edificio, conjugando patios, chimeneas de agrupación e, incluso, espacios bajo cubierta.

La instalación propia de la cubierta, la evacuación del agua pluvial, aún se descuida muchas veces por exceso de confianza, olvidando la colocación de rebosaderos, infradimensionando los canalones, apurando su pendiente o encubriéndolos imprudentemente. La ocultación del canalón y su integración en el grosor de la fachada mediante el acrotorio ha sido una de las soluciones más apuradas de la historia de la construcción arquitectónica que merecería, por sí sola, un artículo de esta extensión. [T]



60 y 61. La casa de la pradera americana contaba con la aportación arriostante de la chimenea de obra de fábrica para trabar, no sólo la cubierta, sino todo el armazón de madera del edificio. En otras latitudes, la propia estructura de la chimenea es el soporte de la cobertura.

62. Este detalle de canalón oculto en el faldón de cubierta (fuente: Cupa Pizarras) revela la necesidad de tomar precauciones en el momento en que se toma la decisión de permitir que el agua discurra ya por el interior del edificio.

63. La versatilidad de la teja como pieza constructiva es tan grande que pasó de la cubierta a la formación del alero e, incluso, a la de los primeros canalones, mediante la pieza llamada tortugada.

Evolución de la cubierta de teja en edificios de vivienda

La teja es una de las soluciones de cobertura de más tradición en nuestras latitudes. Aparentemente inalterable a lo largo del tiempo, ha ido incorporando paulatinamente algunos de los avances de la industrialización que parecían característicos de elementos constructivos 'tecnológicamente más avanzados'. De los cambios producidos en las cubiertas de teja y de la puesta al día de sus requerimientos, sobre todo a partir de la transformación del 'desván ventilado' en 'desván habitable', escribe Jaume Avellaneda, catedrático de Construcción de la Escuela de Arquitectura del Vallès, Barcelona.



ANGEL LUIS BALTANAS

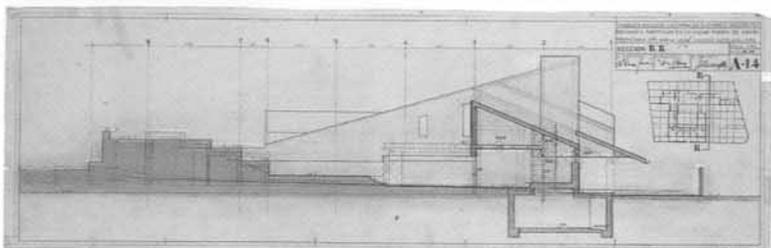
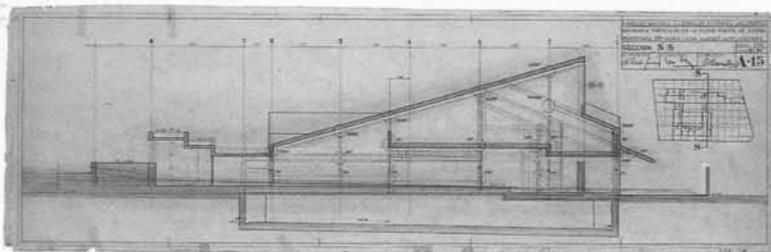
Muchos de nosotros hemos aprendido, y también enseñado, las asignaturas de tecnología de la construcción a partir de las exigencias que los diferentes elementos constructivos debían cumplir.

Los requisitos básicos que se consideraban entonces eran la resistencia, la estabilidad, el aislamiento térmico y la impermeabilidad. Era suficiente que el elemento constructivo cumpliera con estas demandas. Las fuentes teóricas que ilustraban esta manera de entender la construcción eran unos libros para muchos de nosotros paradigmáticos: "Saber Construir", de G. Blachere y "A. J. of Building Enclosure", de A. J. Elder.

Pasados más de veinte años, se puede decir que este enfoque basado en las exigencias de los elementos constructivos se nos ha quedado pequeño para concebir rigurosamente, pero también con pragmatismo, la construcción de la arquitectura: la construcción se ha hecho más compleja.

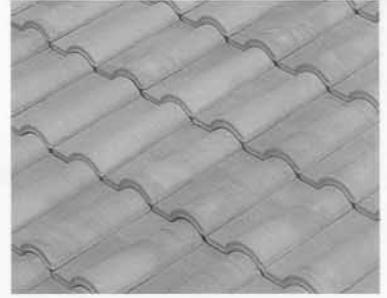
Hoy debemos pensar en una construcción que se adapte a la arquitec-

En la casa Huarte en Madrid (1966), de José Antonio Corrales y Ramón Vázquez Molezún, la cubierta juega un papel preeminente en la concepción del proyecto: diversos espacios habitables quedan definidos bajo la protección de los grandes planos inclinados revestidos de teja plana de color malva.





Diferentes tipos de tejas cerámicas y de mortero de cemento (fuente: Marley Roof Tiles).



Los actuales catálogos de tejas cerámicas proporcionan una amplia gama de colores y acabados (fuente: Guiraud Frères).



Un cuidadoso diseño del encaje de las tejas ha permitido mejorar la impermeabilidad de la cubierta (fuente: Guiraud Frères).

tura que se quiere hacer, sin entrar por ello en contradicción disciplinar consigo misma.

Debemos pensar en una construcción que mejore la calidad de vida de los individuos, cumpliendo tanto con las antiguas exigencias 'clásicas' como con otras que hasta hace poco se consideraban un 'lujo': aislamiento acústico, ventilación, aspectos ambientales del hábitat...

Debemos pensar cada vez más en una construcción sostenible. Debemos pensar en una construcción fiable: la sociedad exige hoy a la construcción casi la misma calidad que exigiría a un PC, a un automóvil o a cualquier electrodoméstico.

Debemos pensar, sobre todo, en una construcción 'construible'; fácil de ejecutar, optimizando el factor calidad-coste y con un riguroso control de la productividad.

Este artículo pretende analizar los principales cambios que se están produciendo en la construcción de las cubiertas de edificios de viviendas, como la aparición de nuevos productos, la utilización de nuevos

tipos constructivos o la puesta a punto de sistemas de construcción más industrializados; cambios que son motivados, según mi entender, por los factores anteriormente comentados.

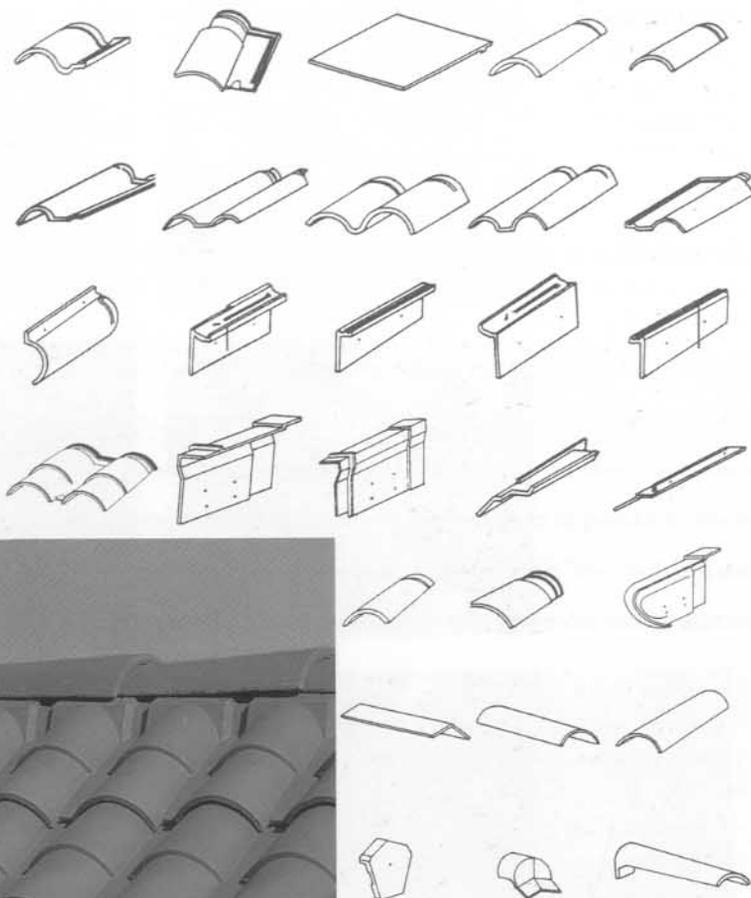
Nuevos productos para la cubierta

El revestimiento de tejas mejora la calidad y se diversifica.

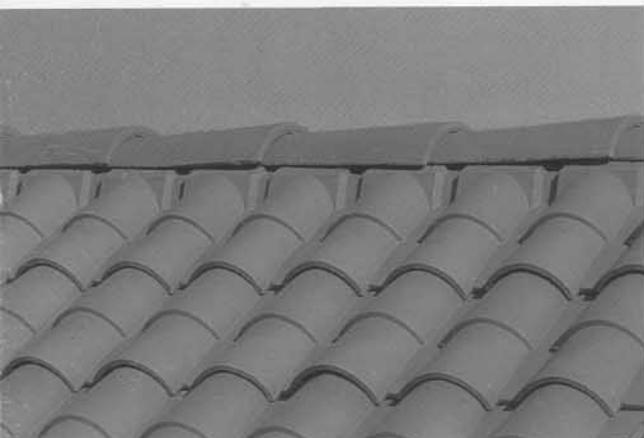
A pesar de que el material de las tejas, de cerámica o de mortero de cemento, aparentemente no ha cambiado, ha experimentado un fuerte proceso de caracterización. La mayoría de las piezas son suministradas por el fabricante con certificación sobre sus principales características: resistencia mecánica, coeficiente de absorción, resistencia a la heladicidad, ausencia de eflorescencias, etc., lo que mejora considerablemente el grado de fiabilidad de la construcción.

Además del progresivo aumento de tamaño que han experimentado las tejas con objeto de mejorar la productividad en la puesta en obra, los

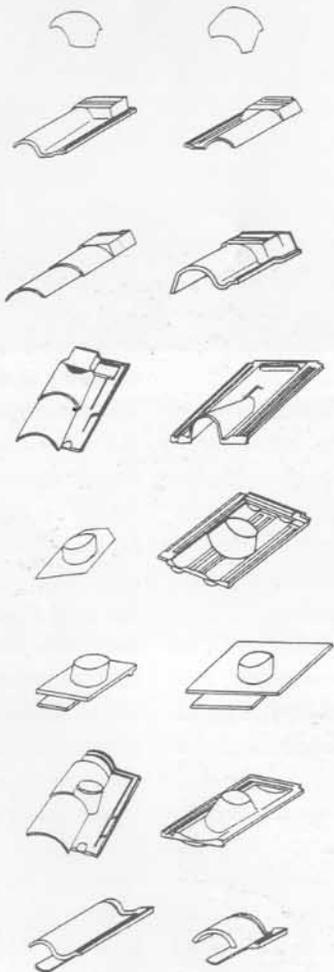
Ejemplos de accesorios y piezas especiales (fuente: Guiraud Frères).



La mayoría de las tejas son suministradas por el fabricante con certificación sobre sus principales características –resistencia mecánica y a la heladicidad, coeficiente de absorción, ausencia de eflorrescencias...–, lo que mejora considerablemente el grado de fiabilidad de la construcción.



Resolución del difícil encuentro faldón-cumbrera mediante una pieza especial, del mismo color y compatible con los tipos de tejas utilizados en el resto de la cubierta (fuente: Guiraud Frères).



fabricantes han realizado una triple diversificación:

–Tipos: se han desarrollado multitud de formas de tejas, tanto de cerámica como de mortero de cemento. Un mismo fabricante puede producir tejas romanas, tejas árabes, tejas planas, tejas marsellesas, tejas de doble canal... Al mismo tiempo, se ha mejorado considerablemente el diseño geométrico de los bordes, con el objetivo de aumentar la impermeabilidad al agua y la nieve.

– Colores y acabados: cada tipo de teja se fabrica en una extensa gama de colores y acabados: varias tonalidades, aspecto envejecido, esmaltadas...

– Piezas especiales: los fabricantes realizan piezas especiales que permiten resolver los puntos singulares del faldón: encuentros con paramentos salientes, cumbreras, ventilaciones para la cámara de aire, etc. Es evidente que la existencia de esta panoplia de piezas mejora la calidad general de la cubierta, facilita su puesta en obra y elimina la improvisación.

El soporte camina hacia sistemas industrializados.

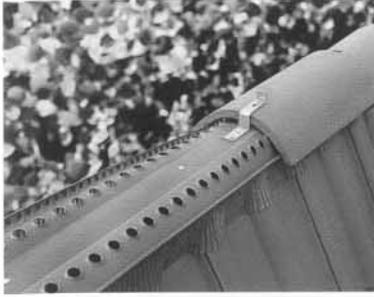
Existen productos de diferente complejidad que tienen como objetivo reducir la mano de obra artesanal y, al mismo tiempo, hacer más fácil la construcción del soporte del faldón de la cubierta.

– Sujeciones

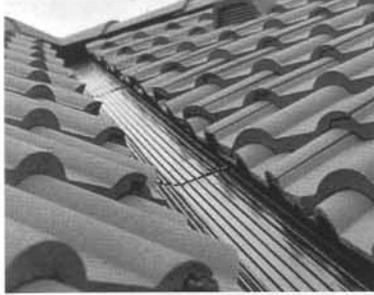
Si las tejas no se amorteran, mejora su comportamiento frente a los fenómenos de dilatación y retracción térmica, pero son más sensibles a las succiones eólicas. Se han puesto a punto sistemas de rastreles de madera o de perfil de acero que facilitan la fijación mecánica de las tejas sobre ellos por medio de un simple clip. Este sistema de sujeción mejora considerablemente la fiabilidad de la cubierta frente al desprendimiento de las tejas.

– Aislamiento

Componentes constituidos por un tablero de madera y una placa de aislamiento permiten construir en seco, y mediante una única operación, la base del faldón de la cubierta, dotándole, al mismo tiempo, de

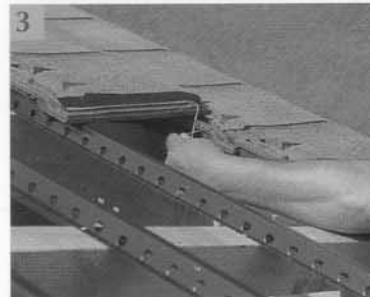
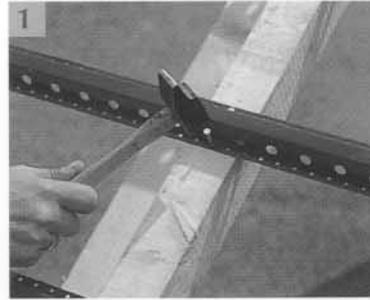


Puntos singulares del faldón, ejecutados con piezas especiales pertenecientes a un sistema constructivo de cubierta industrializado: cerramiento de cumbre, limahoya de PVC y elemento de ventilación (fuente: Uralita, S.A.).



Montaje de rastreles y clips para la fijación de las tejas (fuente: Faynot).

1. Clavado de rastreles sobre cabios.
2. Colocación de tejas.
3. Fijación del clip a la teja.
4. Sujeción de clip a rastrel.



aislamiento térmico y resistencia. Estos productos son totalmente compatibles con los sistemas de sujeción comentados en el anterior apartado.

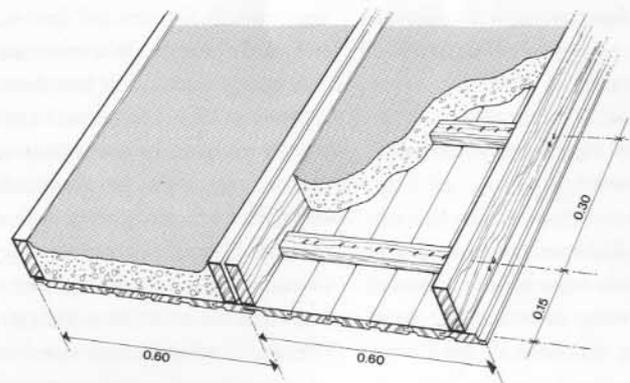
- Soporte estructural

Actualmente, existen soluciones para la construcción del armazón estructural de la cubierta con estructuras ligeras de madera o perfiles ligeros de acero que posibilitan, además, la habitabilidad del desván. Estos entramados son tecnológicamente independientes de la estructura general del edificio; es decir, es posible que la estructura de un edificio sea de pilares y losas de hormigón armado aun cuando la estructura de cubierta esté constituida por cerchas ligeras de madera distanciadas tan sólo 100 cm. En la construcción a la que nos dirigimos pueden tener cabida todos los materiales.

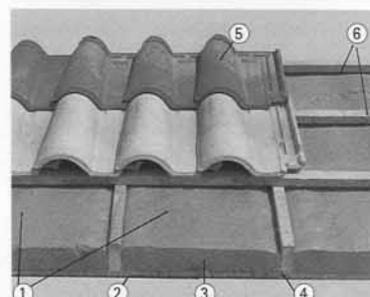
- Productos para conseguir la ventilación de la cubierta

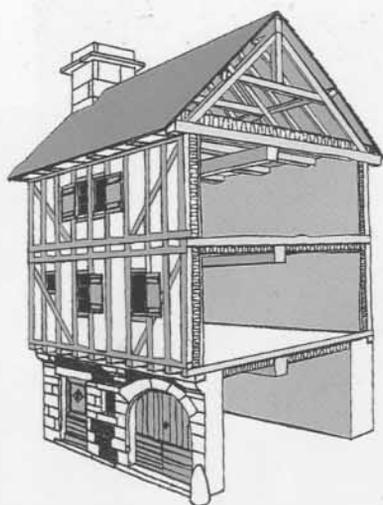
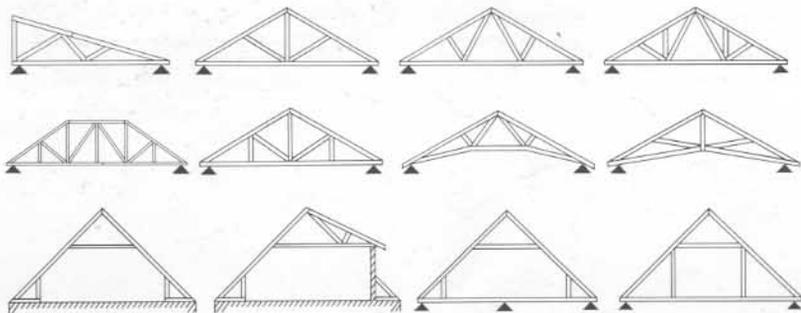
Como veremos más adelante, es importante dotar a la cubierta de algún tipo de cámara de aire ventilada. Para conseguirlo, y al mismo tiempo facilitar la construcción de este tipo

Algunos fabricantes ofrecen paneles que sirven de base al revestimiento, además de aportar a la cubierta aislamiento térmico y resistencia (fuente: Trilatte).



1. Ventilación.
2. Panel de techo.
3. Aislamiento de espuma de poliuretano.
4. Cabio.
5. Tejas.
6. Rastreles de soporte.





© ALAN FORBES



de solución, se fabrican piezas especiales, compatibles con los tipos de tejas utilizados, que se disponen en el alero y en la cumbrera, permitiendo la entrada y salida de aire, respectivamente. En muchas ocasiones estos productos forman parte de sistemas completos que resuelven la totalidad de la cubierta.

Cambio del tipo constructivo predominante

Uno de los factores que más han propiciado la innovación tecnológica en la cubierta de tejas ha sido la posibilidad de anexionar el espacio bajo cubierta a las viviendas de las últimas plantas.

El sistema constructivo constituido por forjado, capa de aislamiento térmico, cámara ventilada con tabiques palomeros, tablero de piezas cerámicas y revestimiento de tejas ha dado paso, sin excesiva reflexión, al constituido por soporte inclinado —generalmente un forjado de hormigón—, aislamiento térmico y capa de mortero ligeramente armada sobre la que descansan las tejas.

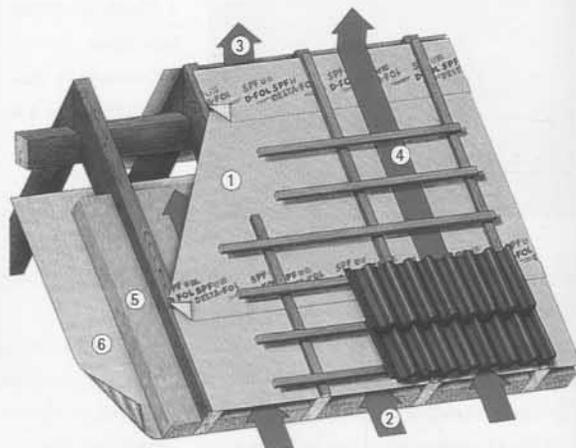
Se ha pasado del desván ventilado al desván habitable, perdiendo en este tránsito las innegables ventajas de la ventilación, con la que se asegura un buen comportamiento térmico de la cubierta en verano, al impedir el calentamiento del aire del desván. De este modo se evita la transmisión de energía no deseable a las viviendas inferiores. Por otra parte, la misma ventilación permite la eliminación del vapor de agua que, procedente de las viviendas, atraviesa el forjado de la última planta. El nuevo tipo que usualmente se construye funciona mal desde un punto de vista térmico y provoca, si no se dispone una barrera de vapor, la aparición de condensaciones en su interior, sobre todo si se coloca una membrana impermeable bajo las tejas con el objetivo de mejorar la impermeabilidad de la solución.

Los avances técnicos se dirigen a crear una lámina de aire permanentemente ventilada en el interior del faldón, entre el revestimiento de tejas y el aislamiento térmico; a este tipo de cubierta podríamos llamarla de 'faldón ventilado'.

La arquitectura tradicional ha aportado múltiples geometrías para construir el armazón de la cubierta con cerchas ligeras de madera (fuente: Gang-Nail® Systemes) y

configurar así un desván ventilado (axonometría de una vivienda de *pan de bois*. Fuente: AITIM); esta garantía de confort térmico interior queda comprometida al agregar el espacio

bajo cubierta a las viviendas de las últimas plantas, por lo que los avances técnicos se dirigen en la actualidad a crear una cámara de aire permanentemente ventilada en el interior del faldón.



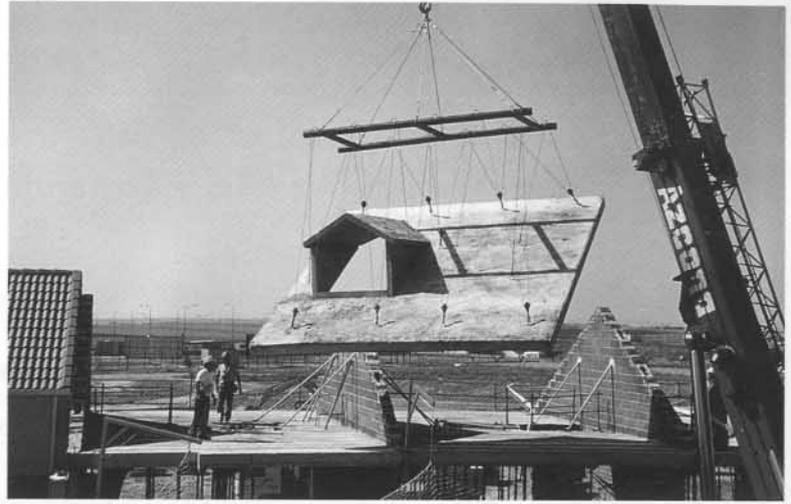
Cubierta con faldón ventilado (fuente: Dörken).

1. Impermeabilización de seguridad.
2. Entrada de aire por el alero.
3. Salida de aire por la cumbrera.
4. Ventilación bajo la teja.
5. Aislamiento térmico.
6. Revestimiento interior.

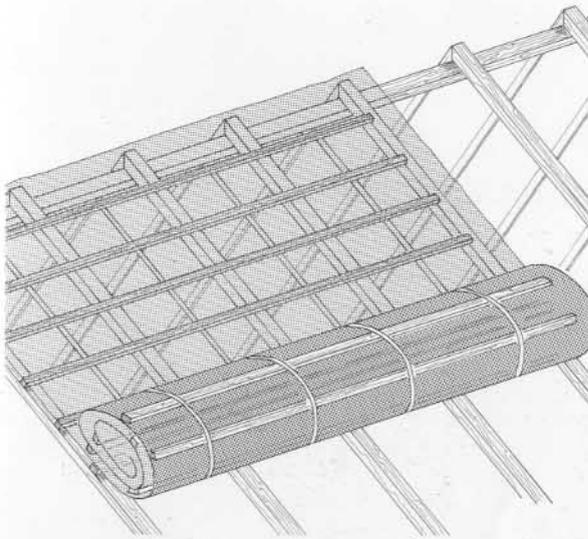
Detalle de pieza para la entrada de aire en una cubierta de faldón ventilado (fuente: Marley Roof Tiles).



La ventilación permite la eliminación del vapor de agua que atraviesa el forjado de la última planta, además de asegurar un buen comportamiento térmico de la cubierta en verano.



En grandes promociones, la optimización de costes lleva a respuestas tecnológicas complejas (fuente: Dragados y Construcciones).



En la actualidad existen algunas soluciones ingeniosas para construir con rapidez la cubierta; en este caso, los

rastreles se colocan por desenrollado, lo que evita la operación del replanteo de los mismos (fuente: Somobi).

Como hemos visto en el apartado anterior, existen productos que hacen posible y fácil la construcción de este tipo de cubierta; tan sólo falta que técnicos y constructores se convencen de la necesidad de utilizarla.

La construcción es pragmática

La construcción tiende a optimizar la relación coste calidad; le corresponde principalmente al constructor asumir esta función utilizando su saber tecnológico y organizativo. Para unas características de calidad determinadas (por ejemplo, cubierta con faldón ventilado), pueden existir diferentes respuestas tecnológicas en función de la dimensión de la promoción.

Es posible que la construcción de la cubierta en promociones pequeñas aún se pueda realizar en nuestro país recurriendo a técnicas artesanales, con alta incidencia de mano de obra y productos 'tradicionales'. Esta actividad, que resulta hoy pragmática, explicaría la dificultad que tienen algunos magníficos productos de penetrar ampliamente en el mercado. No obstante, la tendencia de futuro, en la

medida en que escasee la mano de obra artesanal, será utilizar cada vez más sistemas industrializados, de precios competitivos, rápida y fácil puesta en obra y con suficiente flexibilidad formal para adaptarse a la arquitectura que se desea realizar.

En grandes promociones, la optimización lleva ya hoy inexorablemente a respuestas técnicas como los sistemas constructivos altamente industrializados. En estos casos, el proyecto ejecutivo desarrollado por el equipo técnico facultativo se queda corto: se requiere otro proyecto —que, básicamente, recae sobre el constructor— para evaluar con precisión las posibles opciones técnicas y desarrollar los métodos constructivos que definitivamente se emplearán en la construcción de la cubierta.

La cubierta, al igual que la estructura o la fachada, también debe ser concebida constructivamente: su construcción tiene que ser racionalizada y, sobre todo, adecuada a las condiciones variantes del escenario actual; el sector de la construcción nos ofrece muchas posibilidades para ello. [T]



Las chapas metálicas conformadas, de dimensiones 1,33 x 0,45 m, se utilizan a menudo como revestimiento de cubiertas debido a su rápida colocación (fuente: Polytuil Decra®).