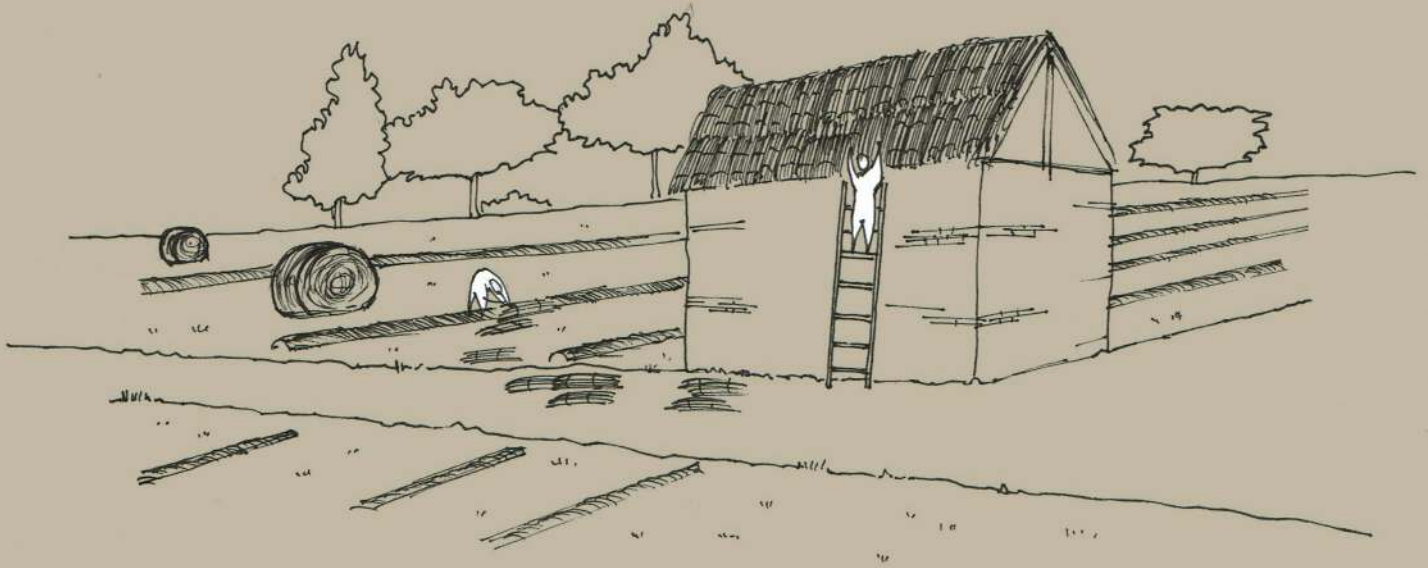


trabajo de fin de grado
curso académico: 2015-2016

la cubierta de la arquitectura **TRADICIONAL:** lecciones de **sostenibilidad**



tutora:
CAMILLA MILETO

autor:
SERGIO MANZANO FERNÁNDEZ



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA
SUPERIOR
D'ARQUITECTURA

La cubierta de la arquitectura tradicional: lecciones de sostenibilidad.

SERGIO MANZANO FERNÁNDEZ

RESUMEN

El presente trabajo de fin grado pretende analizar las soluciones de cubierta tradicionales atendiendo a los principios sostenibles contemporáneos, poniendo en valor su relación con el paisaje natural y el clima, el reflejo de una identidad colectiva y el vínculo material que supone con las tradiciones y técnicas constructivas heredadas. Esta perspectiva aporta un punto de vista inspirador y educativo. A través de diferentes casos prácticos, se tratarán de establecer las relaciones necesarias para complementar dichos conocimientos con los avances tecnológicos de las cubiertas contemporáneas y avanzar hacia un modelo sostenible más completo que no comprometa las necesidades de las generaciones venideras.

Palabras clave: cubierta tradicional, sostenibilidad, medio ambiente, cultura, arquitectura.

La coberta de l'arquitectura tradicional: lliçons de sostenibilitat.

RESUM

El present treball de fi de grau pretén analitzar les solucions de cobertes tradicionals atenent als principis sostenibles contemporanis, posant en valor la seua relació amb el paisatge natural i el clima, el reflex d'una identitat col·lectiva i el vincle material que suposa amb les tradicions i tècniques constructives heretades. Aquesta perspectiva aporta un punt de vista inspirador i educatiu. A través de diferents casos pràctics, es tractaran d'establir les relacions necessàries per a complementar aquestos coneixements amb els avanços tecnològics de les cobertes contemporànies i avançar cap a un model sostenible més complet que no comprometa les necessitats de les generacions futures.

Paraules clau: coberta tradicional, sostenibilitat, medi ambient, cultura, arquitectura.

Traditional architecture roofing: sustainability lessons.

ABSTRACT

The present end-of-degree project aims to analyze the different solutions from traditional architecture according to the current sustainable values, considering its relation with the natural landscape and climate, the collective local identity and the link that it establishes with traditional construction techniques. This approach provides an inspiring and educational standpoint. By studying some contemporary cases, it will try to establish the necessary relations to complement both knowledge from tradition and contemporary roofing, regarding its technological improvements and modern solutions. That study moves towards a better sustainable model that does not compromise the ability of future generations to meet their own needs.

Key words: traditional roofing, sustainability, environment, culture, architecture.

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| 1_INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1 Estado de la cuestión | 1 |
| 1.2 Objetivos | 3 |
| 1.3 Metodología..... | 3 |
| | |
| 2_LA ARQUITECTURA TRADICIONAL | 5 |
| 2.1 Origen y contexto..... | 5 |
| 2.2 La cubierta en la arquitectura tradicional..... | 7 |
| | |
| 3_CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD | 13 |
| 3.1 Concepto..... | 13 |
| 3.2 Principios de la sostenibilidad..... | 13 |
| 3.3 La cubierta sostenible..... | 14 |
| 3.4 La dimensión medioambiental. | 15 |
| 3.4.1 Contexto..... | 15 |
| 3.4.2 Material y producto..... | 15 |
| 3.4.3 Uso y vida..... | 17 |
| 3.4.4 Fin de vida..... | 22 |
| 3.5 La dimensión sociocultural..... | 25 |
| 3.5.1 Contexto..... | 25 |
| 3.5.2 Personalidad de la arquitectura..... | 25 |
| 3.5.3 Profesión | 26 |
| 3.5.4 Arte y belleza..... | 27 |
| 3.6 La dimensión socioeconómica..... | 29 |
| 3.6.1 Contexto..... | 29 |
| 3.6.2 Autonomía local..... | 29 |
| 3.6.3 Ahorro de recursos | 29 |
| 3.6.4 Conservación..... | 30 |
| 3.7 Ejemplos de cubiertas tradicionales..... | 33 |

| | | |
|------------|--|-----------|
| 3.8 | Esquema resumen..... | 45 |
| 4_ | CUBIERTAS TRADICIONALES Y APLICACIÓN CONTEMPORÁNEA..... | 47 |
| 4.1 | Cubierta verde o vegetal..... | 47 |
| 4.1.1 | Ejemplos de cubiertas verdes contemporáneas..... | 49 |
| 4.2 | Cubierta de paja | 51 |
| 4.2.1 | Ejemplos de cubiertas de paja contemporáneas..... | 52 |
| 4.3 | Cubierta de madera | 54 |
| 4.4 | Cubierta de tierra | 55 |
| 4.5 | Cubierta de piedra | 56 |
| 4.6 | Cubierta de teja | 57 |
| 4.2.1 | Ejemplos de cubiertas de teja contemporáneas..... | 58 |
| 4.7 | Cubierta tradicional: de problema a solución | 60 |
| 5_ | CONCLUSIONES..... | 61 |
| 6_ | BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES..... | 63 |
| 7_ | ÍNDICE DE IMÁGENES..... | 67 |

1_INTRODUCCIÓN

1.1 Estado de la cuestión

No entendemos la arquitectura sin imaginarla, en su concepción más básica y original, como objeto de cobijo ante la intemperie y las inclemencias de la misma. Tampoco sin comprender el proceso evolutivo que ha llevado a la sociedad a desarrollar una serie de métodos y técnicas constructivas tecnológicas, acompañadas del uso de materiales cada vez más avanzados y resistentes.

Esta ambición edificatoria se ha visto traducida en el proceso de transformación de la construcción, que devora la naturaleza basado en la falsa idea de la disponibilidad ilimitada de los recursos naturales. La revolución industrial introduciría nuevos materiales de construcción como el hormigón, el acero o el vidrio, junto a procesos de alto coste energético y gran contaminación basado en la industria y quema de combustibles fósiles. Todo bajo el paradigma del crecimiento infinito generalizado.

Grandes eventos como el fin de la Segunda Guerra Mundial acentuaron en occidente la demanda de vivienda rápida y económica, que aprovechaba estas nuevas técnicas y materiales disponibles de escaso respeto medioambiental y difundía los modelos edificatorios residenciales del Movimiento Moderno (extendido a partir de 1920 y liderado por autores como Le Corbusier o Mies Van Der Rohe) y su novedoso lenguaje.

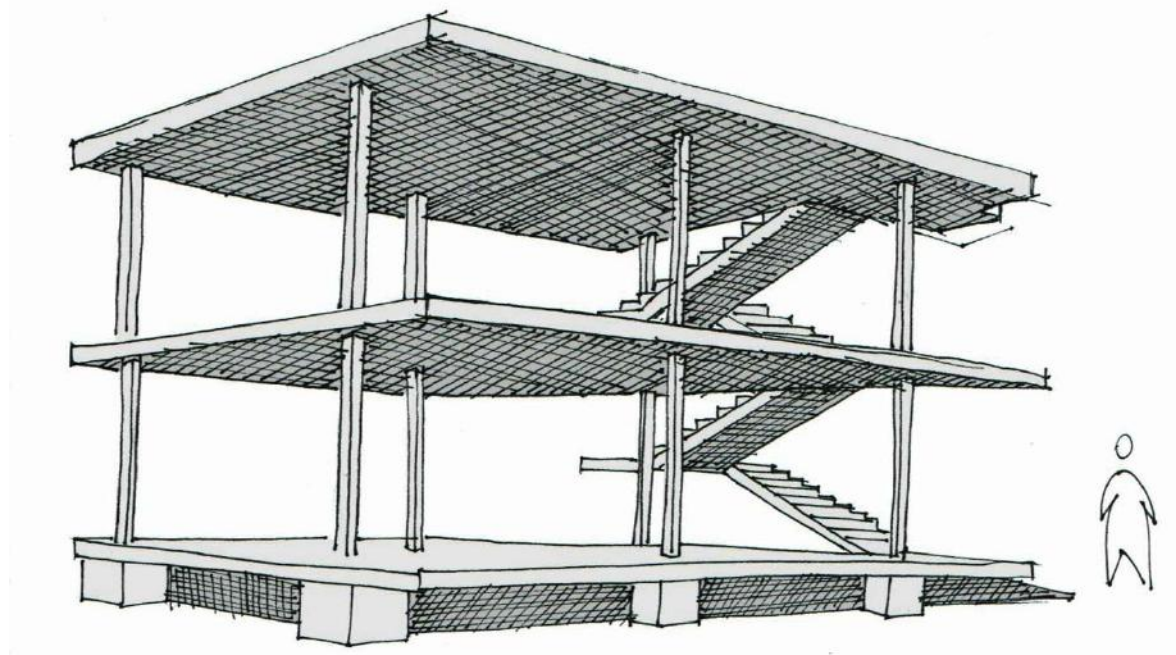


Figura 1. Sistema Domino, Le Corbusier. Ejemplo de la estandarización de la vivienda para construcción rápida en serie con nuevos materiales.

Fuente: Elaboración propia.

Los nuevos lenguajes arquitectónicos promueven la reducción de tamaño de las envolventes y la construcción de cubiertas planas con intenciones funcionalistas, requiriendo el uso de impermeabilizantes y aislantes en detrimento de los tradicionales sistemas constructivos.

La arquitectura tradicional entra progresivamente en desuso frente una nueva arquitectura que ofrece la imagen de la modernidad. Los saberes ligados a la tradición, transmitidos generacionalmente, se desestiman o se olvidan inconscientemente en beneficio de una construcción tipo, industrializada, carente de personalidad, que oferta edificios iguales en

localizaciones distintas, independientemente de sus microclimas, su entorno o la psicología del usuario.

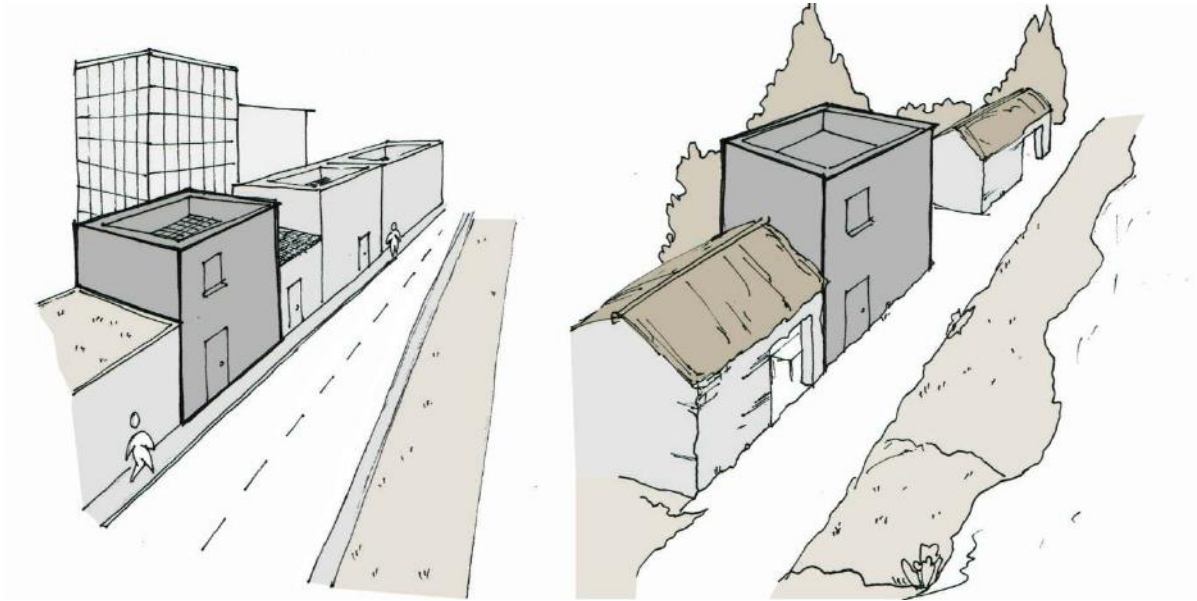


Figura 2. Vivienda industrializada en localizaciones distintas con necesidades diferentes.
Fuente: Elaboración propia.

Este escenario generaría una etapa de despilfarro, de consumo desmedido de recursos, que se siguen sufriendo a día de hoy en ecosistemas destruidos, emisiones de gases invernaderos y paulatina degradación de arquitecturas y paisajes tradicionales.

A partir de los años 80, se inicia una toma de consciencia resultado de la observación de grandes problemas ambientales como la paulatina destrucción de la capa de ozono, el cambio climático y consumo indiscriminado de recursos naturales. Aparece un renovado interés por la arquitectura tradicional, como objeto de estudio por su relación y equilibrio entre necesidades ecológicas y sostenibles y desarrollo de las necesidades del ser humano.

Las tendencias actuales, por tanto, centran su atención en la implantación de un modelo sostenible que reduzca, en la medida de lo posible, las emisiones nocivas para el medio ambiente derivadas de los procesos y actividades relacionadas con el sector, promoviendo una inteligente gestión de recursos sin dejar de lado el bienestar de sus habitantes.

Con la entrada del siglo XXI, aumentan los proyectos de investigación que pretenden reflexionar sobre la relación estrecha entre la arquitectura vernácula y el respeto al planeta. Contribuyen, además, a sentar las bases de estudio de la sostenibilidad atendiendo al principio de la cultura, identificado en los últimos 5 años como un parámetro de gran importancia a conservar. Son cada vez más los artículos que, de igual manera, ponen en valor la importancia de esta arquitectura como fuente de inspiración para afrontar las consecuencias del desarrollo desmedido provocará en el futuro inmediato¹.

Este interés deriva esencialmente del hecho de que la mayoría de construcciones eficientes lo son en su ciclo de vida útil, pero siguen requiriendo de materiales de compleja elaboración, con procesos de grandes emisiones tóxicas y materiales muy transformados, por lo que no suponen una solución definitiva al problema. Una adecuada simbiosis entre los conocimientos actuales y los procedimientos tradicionales podría ser una vía de desarrollo de gran eficiencia, además de retomar la conservación y mantenimiento de un patrimonio en vías de extinción que ya brilla por su sostenibilidad.

¹ Cortés, J. (2013). "La arquitectura popular como modelo de edificación sostenible. El ejemplo de Tierra de Campos".

1.2 Objetivos

Reflexionar sobre los procedimientos constructivos de la arquitectura tradicional, con el fin de inspirar a los diseñadores actuales a través de las virtudes de dicha arquitectura a nivel medioambiental, socioeconómico y sociocultural. En definitiva, buscar soluciones de mejora de que puedan servir de guía en las cubiertas del futuro.

Para ello se definirá la arquitectura tradicional, tratando de comprender su naturaleza y sus motivaciones, así como su evolución a lo largo del tiempo. Se prestará especial atención a las soluciones de cubierta, comprendiendo los aciertos y fallos de las mismas para tratar los problemas de impermeabilización, conducción de aguas y propiedades de los distintos materiales empleados.

Tomando como referencia los criterios actuales de sostenibilidad, se valorarán los procesos constructivos tradicionales (desde su obtención a su procesamiento), determinando la eficacia de estas técnicas. En función de los resultados observados se propondrán vías de estudio para adaptar soluciones tradicionales al mundo contemporáneo, con el fin de frenar los niveles de contaminación y emisiones derivadas de un sector de la construcción carente de compromiso con el medio ambiente.

1.3 Metodología

Fase 1:

Recopilación y consulta de la información actual respecto a la sostenibilidad y la arquitectura tradicional, en distintos ámbitos, regiones y condiciones climatológicas. Los tratados medioambientales y proyectos de investigación actuales serán la base de información del trabajo, pero también revistas de construcción sostenible, artículos y páginas web relacionadas con la temática.

Fase 2:

Análisis y valoración de la información recabada, seleccionando aquella que profundiza en la relación entre los objetos de estudio.

Fase 3:

Diagnóstico y reflexiones sobre los distintos puntos a tratar, proponiendo puntos de posible mejora en el diseño y ejecución de cubiertas, en función de cada uno de los pilares actuales de la construcción sostenible.

Fase 4:

Aplicación de la base teórica anteriormente expuesta en distintos casos de cubiertas tradicionales, a través de una serie de fichas de análisis. Se identificarán así obras de interés arquitectónico de origen remoto y popular, cuyo análisis puede extrapolarse a otras de condiciones y características similares actuales.

Fase 5:

Análisis de arquitecturas contemporáneas que se inspiran en técnicas o materiales tradicionales, desde el punto de vista sostenible.

Fase 6:

Resultados y conclusiones.

2_ LA ARQUITECTURA TRADICIONAL

2.1 Origen y contexto

A lo largo de la historia, se ha desarrollado un tipo de arquitectura anónima, una *arquitectura tradicional* o *vernácula*. El término se deriva del latín “vernaculus”, que significa “doméstico, nativo, nacido en casa”. Avanza a través del pueblo como resultado del paso del tiempo, como adaptación progresiva al hábitat, siguiendo la idiosincrasia común del colectivo no formado en el ámbito, pero que participa activamente en su evolución. En esta arquitectura “del pueblo, para el pueblo, y por el pueblo”², la experiencia y la observación son los ejes conductores del desarrollo, y el objetivo principal no es la venta o el valor de mercado, sino el uso propio doméstico o agrícola, entre otros.

Los principios sobre los que se sostiene esta arquitectura son sencillos: a través de mecanismos simples y accesibles a la gran masa, lograr la funcionalidad buscada sin grandes tiempos de ejecución, costes económicos o dificultades. No se cuida el diseño, ni se pone especial interés en agradar a la vista, pese a que todo se soluciona de forma lógica, tratando de garantizar la durabilidad y el confort de los espacios interiores habitables o de trabajo. Se recurre a la voluntad de generar microclimas para incidir en la temperatura, la iluminación, la humedad y otros parámetros similares.

Para alcanzar esta sencillez, se recurre a los materiales disponibles en el entorno inmediato, ya que la autoconstrucción requiere de materias accesibles, de fácil transporte y acopio, debido a la carencia de desarrollo tecnológico en estas zonas. Esto suponía la adecuada simbiosis e integración en el paisaje, ya que no introducía nuevos elementos en el ya existente.

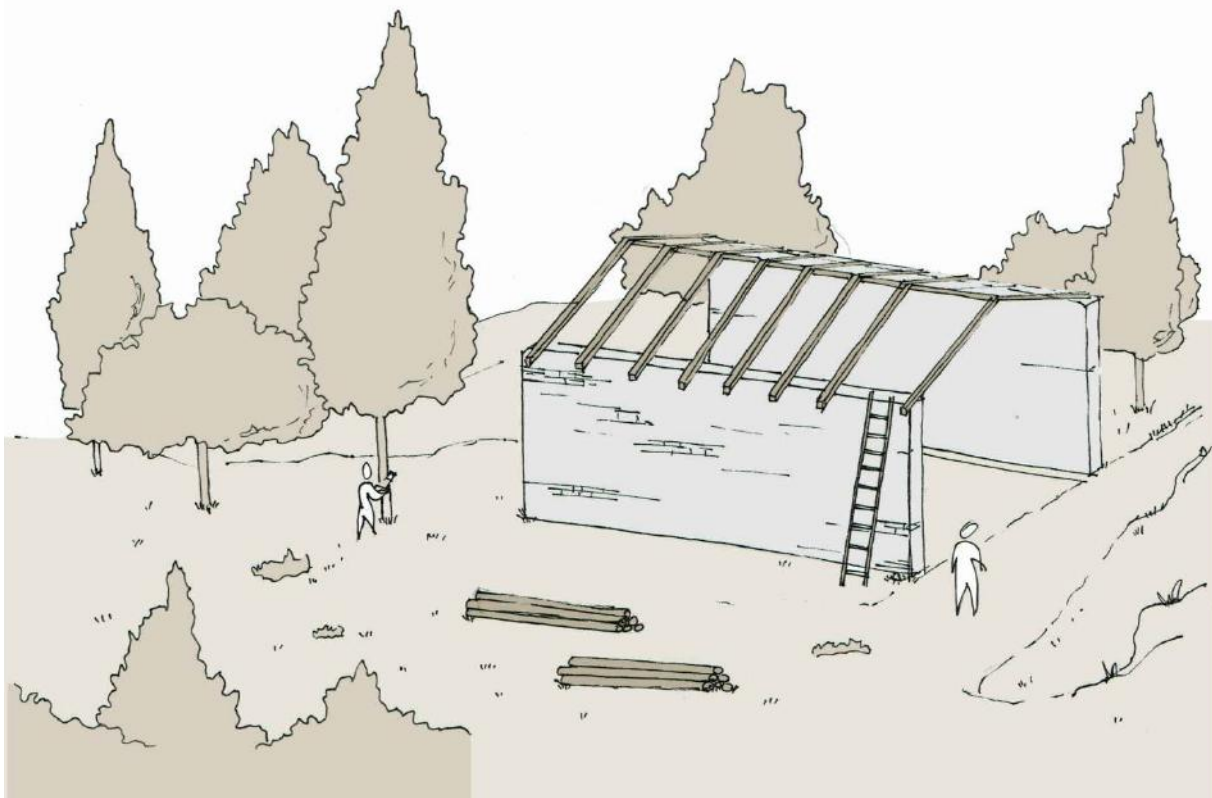


Figura 3. Obtención de materiales del entorno inmediato.

Fuente: Elaboración propia.

² Oliver, P. (1997). “Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World”.

Además del diálogo de esta arquitectura y su medio, un factor característico es el uso de las técnicas constructivas transmitidas generación tras generación en el propio hábitat. Estas técnicas permitían el uso de los materiales naturales, poco modificados, buscando la mejor solución para solventar problemas de índole climatológica, espacial o funcional.

Es por ello que las tipologías varían constantemente respondiendo a los valores inherentes de cada región, como huella de su cultura propia. Ofrecen, por tanto, una respuesta adecuada a las necesidades territoriales, que además enriquece la identidad local³. Lejos queda la práctica en las construcciones contemporáneas que, en muchas ocasiones, descuidan el paisaje y se realizan por separado en cada uno de sus componentes (estructura, envolvente, materiales) propiciando una respuesta homogénea para un gran número de ámbitos.

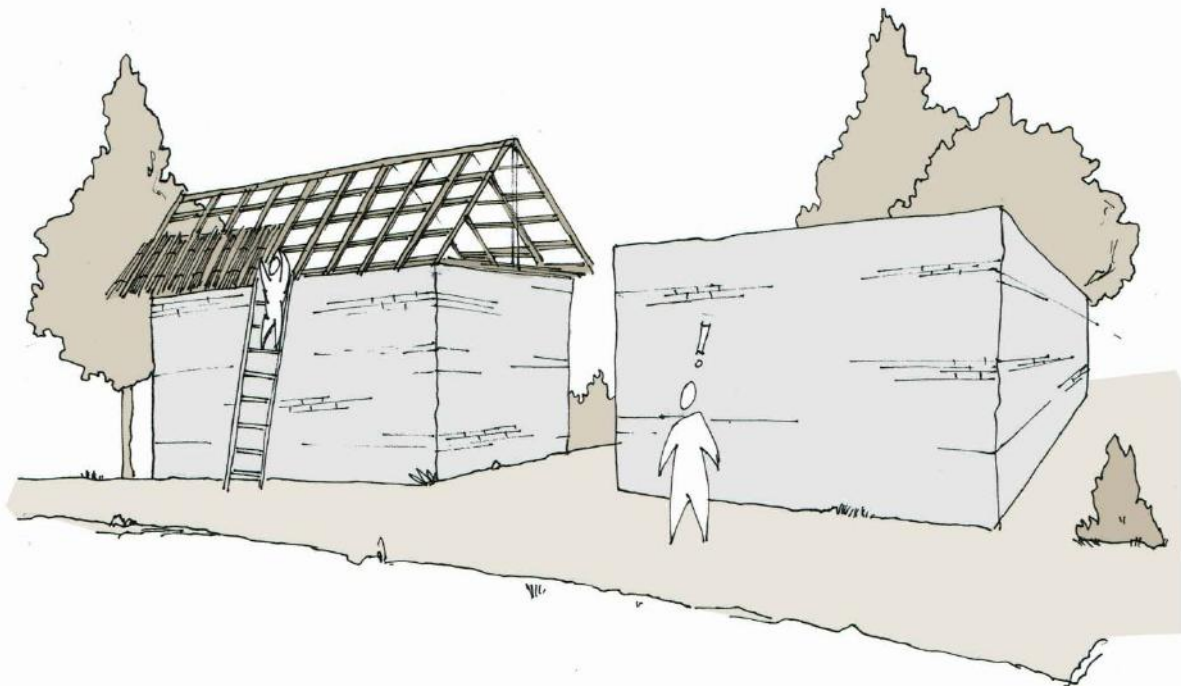


Figura 4. Observación como fuente de inspiración y transferencia de culturas constructivas del lugar.

Fuente: Elaboración propia.

La arquitectura tradicional es una materialización de la memoria colectiva del hombre, de su identidad territorial, y es de gran importancia su puesta en valor como tal, perpetuando en la medida de lo posible su conocimiento, en lugar de la demolición sistemática para proyectar construcciones de obra nueva.

La situación actual de esta arquitectura popular es de marginación, relegada a un segundo plano en favor del desarrollo económico veloz, lo que amenaza con su paulatina desaparición si no se llevan a cabo las tareas de conservación, recuperación y concienciación de la sociedad del valor sostenible y el testimonio histórico que representan. Es por ello que cada vez es mayor el interés en redescubrir su funcionamiento y sus técnicas, para dar salida a una situación cada vez más menos sostenible.

³ Morán Rodríguez, M.A. (1998). "Arquitectura popular y medio ambiente".

2.2 La cubierta en la arquitectura tradicional

El elemento más estudiado, debido al mayor castigo que los elementos infligen sobre él, es la cubierta. Supone el cierre superior de la construcción, el cual dispone mecanismos necesarios para el aislamiento y acondicionamiento de igual manera que los elementos de cierre verticales, y permite la intimidad de los habitantes.

La **forma** de la cubierta tradicional responde a factores de muy diversa índole, siempre con un objetivo o necesidad concreta. Podemos encontrar cubiertas con superficies de poca pendiente, más conocidas como cubiertas planas, que en algunos casos contaban con la resistencia estructural necesaria para ser transitables y dotarles de uso propio. Por otro lado, hallamos cubiertas con superficies inclinadas planas, o cubiertas inclinadas, que no son transitables y requieren de una estructura diferente para dotarles de la acusada pendiente. Estas, al contrario de las planas, son visibles en el conjunto del edificio desde todos los ángulos, mientras que las planas lo son únicamente desde un punto de vista elevado. En última instancia encontramos cubiertas de soluciones especiales, como puede ser la abovedada (generalmente de piedra y autoportante)⁴.

El medio físico y el ambiente, en función de la latitud, es de gran relevancia, puesto que la adecuada gestión de los agentes climatológicos será esencial. La mayor condición que debe cumplir la cubierta es la **estanqueidad** frente al agua, por lo que en climas de abundantes lluvias y nieves se primará la solución de cubiertas inclinadas (faldones) para facilitar la evacuación de las mismas (además de ser impermeabilizadas de forma más sencilla que las planas). Estos planos podrán estar recubiertos externamente con piezas que impidan el paso del agua al interior.

En climas donde la lluvia no esté tan presente, la cubierta deberá estudiarse para obtener el beneficio máximo de las escasas precipitaciones que se sucedan. La ausencia de nieves puede plantear cubiertas planas que, pese a exigir impermeabilizaciones más delicadas de resolver, recojan el agua precipitada en toda su superficie y la conduzcan a depósitos artificiales para su posterior aprovechamiento.



Figura 5. Cubierta inclina como respuesta al clima y a los materiales autóctonos (Saint-Amand-de-Coly, Francia).

Fuente: Wikimedia Commons (Autor: Père Igor).

⁴ Construmática. "Cubiertas". Referencia: <http://www.construmatica.com/construpedia/Cubiertas>



Figura 6. Cubierta plana para transporte de agua a aljibes (Leguise, Lanzarote).

Fuente: La Graciosa: un proyecto de interés común, pág. 81 (Autor: Marrero del Castillo Olivares, Manuel)

Las cubiertas, además, pueden sufrir modificaciones formales con el fin de evitar la escorrentía del agua por el resto de planos de la envolvente. La más común es la prolongación de faldones (o salientes en planas) para evitar que se mojen y se dañen los cerramientos verticales. Esta extensión se logra a través de la construcción de **aleros** y cornisas, los cuales se resuelven a través de diferentes soluciones, como a través de canes de madera o tejas.

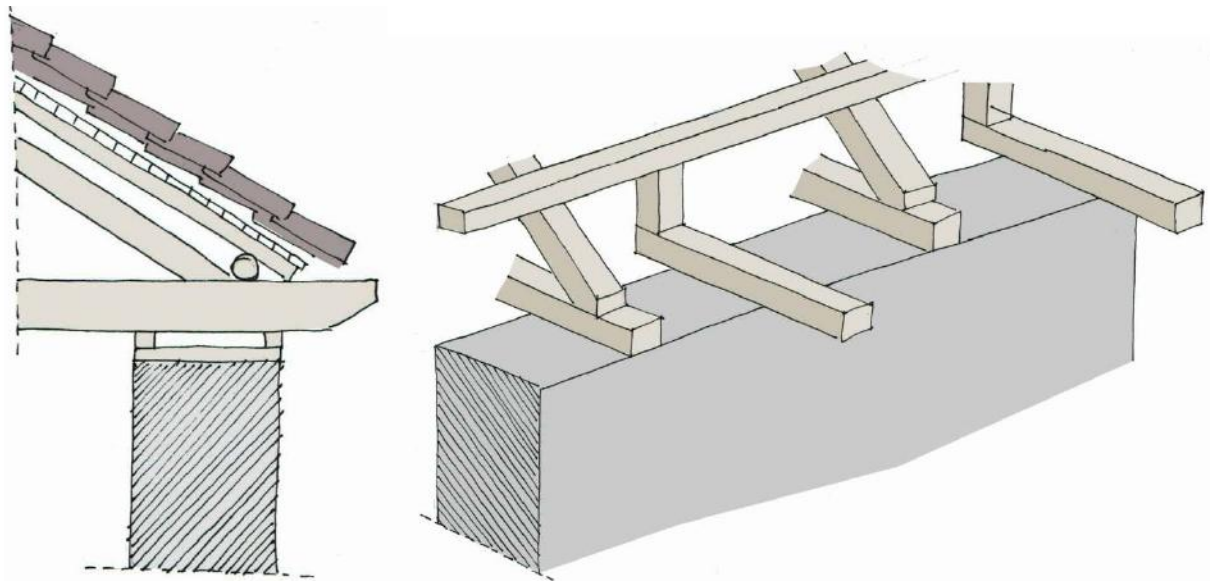


Figura 7. Prolongación de cubierta para proteger los cerramientos verticales del agua a través de canes de madera.

Fuente: Análisis tipológico de las estructuras de las construcciones tradicionales de barro, pág. 13. (Autor: Juan Ortiz Sanz y otros). (Dibujo: Elaboración propia).

Cuando esta prolongación se hace de una mayor magnitud permite la aparición de balcones y con ellos espacios de gran carga funcional tanto social como de trabajo. En el caso de balcones, el suelo puede ser resistido como resultado de la prolongación del forjado de primera planta, aunque también es práctica común la presencia de pies derechos de madera escuadrados.



Figura 8. Solana apoyada en canes de madera (Navamediana, Ávila).
Fuente: Arquitectura vernácula de la Sierra de Gredos y el valle del Alto Tormes, pág. 75. (Autor: Gil Crespo, Ignacio Javier).

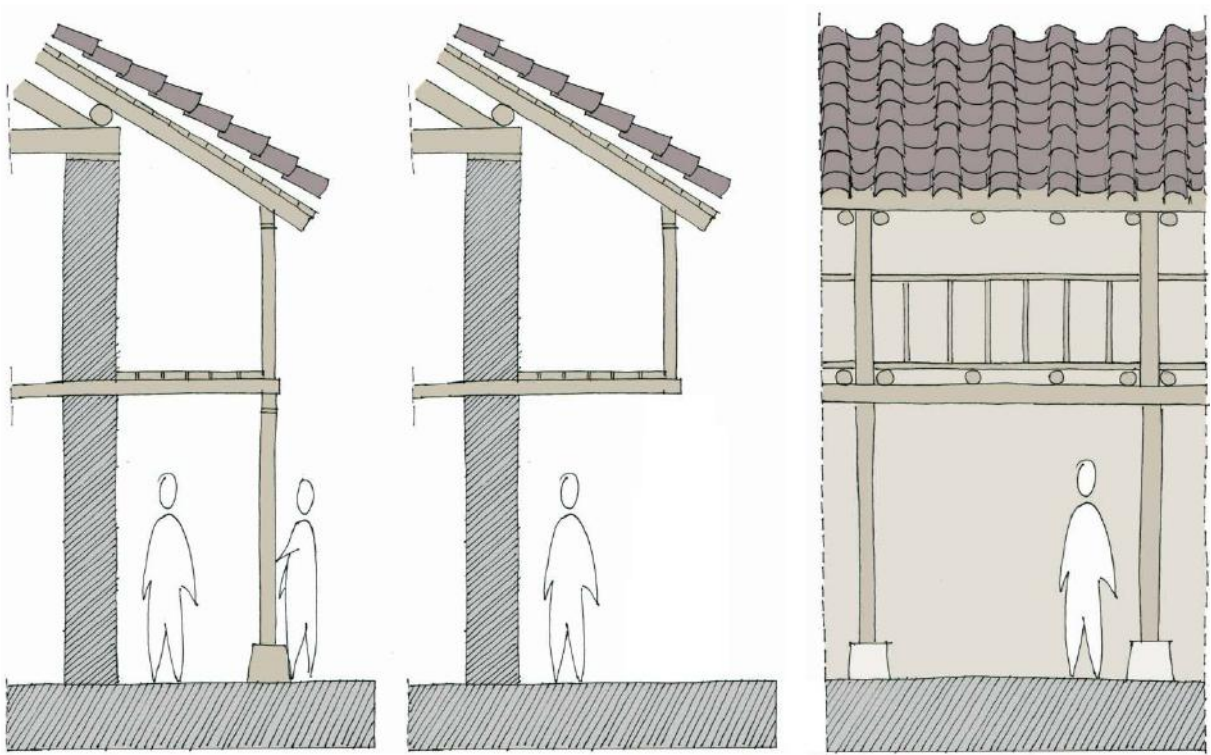


Figura 9. Balcón con solana empleado para uso social. A) Pórtico y corredor. B) Variante en voladizo. C) Alzado soportes superiores sobre inferiores.
Fuente: Elaboración propia.

Históricamente se ha observado un amplio espectro de **materiales** para dar solución a la elaboración de cubiertas tradicionales, pero en todos los casos respondían al mismo patrón: la extracción de los mismos se realizaba en el medio cercano, para evitar largos y costosos transportes. Estos iban desde los más sencillos de tablas de madera, barro, paja o piedra, hasta otros más sofisticados con piezas cerámicas (rasillas), morteros y tejas como recubrimientos.

Tradicionalmente, se establecía una relación geológica y biológica con el lugar, siendo muy común el uso de la piedra o la tierra para la construcción de muros y el de la madera para las estructuras horizontales y cubiertas.

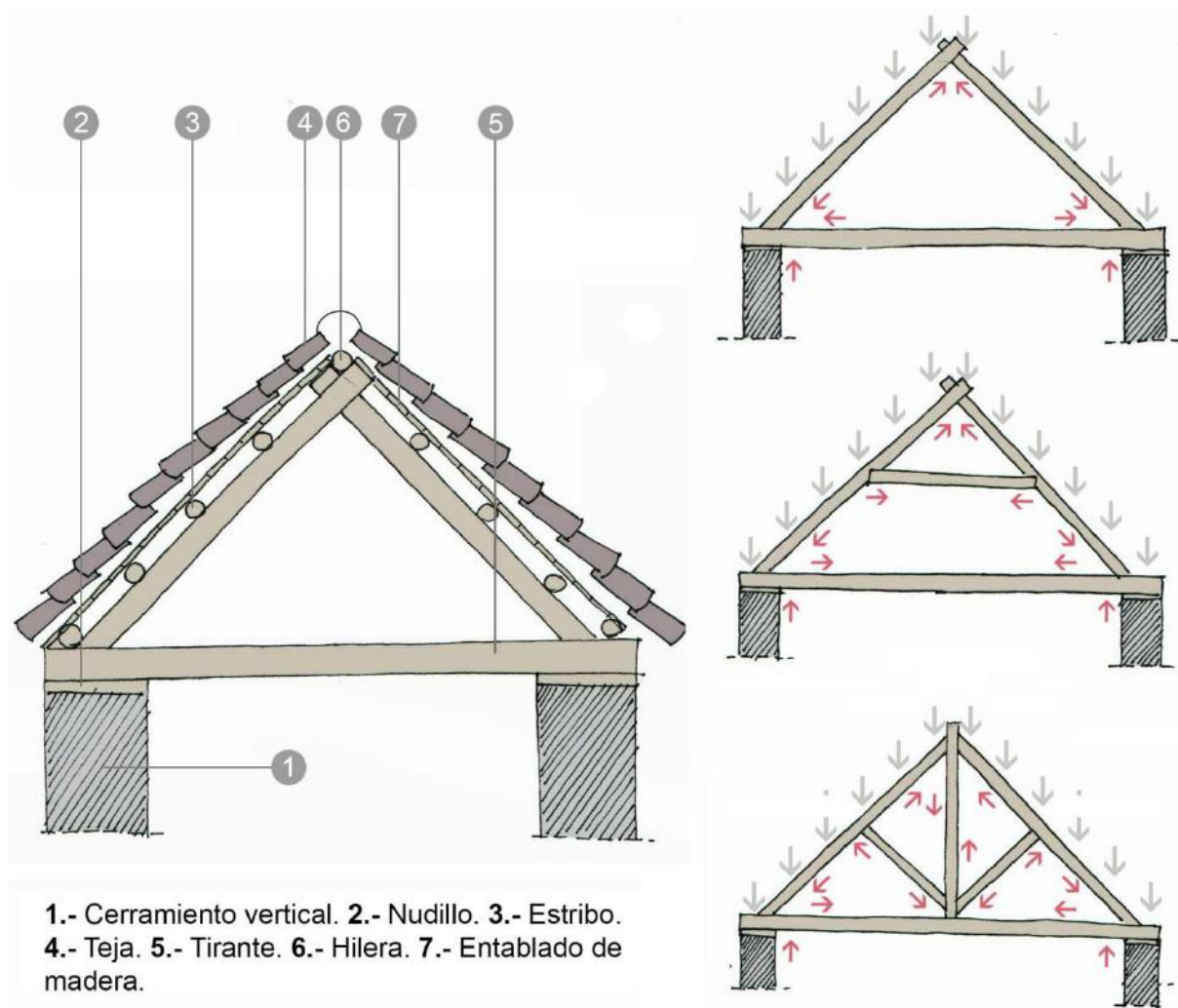


Figura 10. Solución estructural con maderas, con ejemplos en el reparto de tensiones.

Fuente: *Arquitectura popular manchega. Sistemas constructivos II: cubiertas* (Autor: David Cejudo) (Dibujo: Elaboración propia).

Además de la proximidad, era necesaria la habilidad para transformar y trabajar estas materias primas. Existen casos en que, por ejemplo, la madera, era utilizada sin desbastar ni escuadrar, levantando meramente troncos y ramas; y otros en que el trabajo artesano proporcionaba estructuras de gran maestría y belleza.



Figura 11. Estructuras de madera en la cubierta vernácula. (Nithete, Malawi).

Fuente: www.malawiarchitecture.com

El medio físico, además de determinar la forma de la cubierta, es de máxima importancia para obtener una adecuada transferencia de energías entre este y el interior. La cubierta tradicional no disponía de aislantes modernos como el poliestireno extruido (que además requiere de procesos de elaboración poco sostenibles), sino que recurría a otros mecanismos. Se observa el uso de recursos formales como la ejecución de cubiertas a poca altura para el aprovechamiento máximo del aire caliente (y evitar su ascensión), el diseño de chimeneas en las mismas para poder encender el fuego del hogar y la captación solar a través de solanas y balcones orientados adecuadamente.

La materialidad también era elegida por su capacidad aislante y reguladora de temperatura, destacando las cubiertas de paja o vegetales. Se tratan de métodos de climatización pasiva, y con espesores determinados se alcanzaba un nivel de eficiencia que ha llevado a replantear su uso en la construcción de cubiertas contemporánea.



Figura 12. Cubiertas vegetales, denominados zahurdones, en la sierra de Cachaza (Extremadura).

Fuente: [Arquitectura Popular de Extremadura](#) (Autor: Rubio Masa, J.C.).

3_CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD

3.1 Concepto

Con el fin de entender en qué medida podemos aprender de las cubiertas tradicionales o populares para resolver los problemas actuales, debemos conocer qué criterios definen una arquitectura sostenible.

De entre todas las definiciones de sostenibilidad se puede extraer que se trata de un concepto útil para resolver problemas y necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones venideras de tratar sus propias necesidades. Para ello, se debe ir más allá de las garantías y hacer un ejercicio de educación, en el que se comprenda qué coste económico y preservación del medio presentan signos de compatibilidad¹.

3.2 Principios de la sostenibilidad

A partir de los años 80 se extiende una tendencia que define tres perspectivas o dimensiones básicas de la sostenibilidad: el equilibrio medioambiental, el crecimiento económico y la inclusión social. El informe *Brundtland* consagró estos principios como pauta para las estrategias de desarrollo local, con conclusiones de peso declarando que “*la inacción traerá consecuencias*”. Tras 5 años, *La Cumbre de la Tierra* de 1992 supone la aceptación definitiva de los tres pilares como paradigma del desarrollo sostenible.

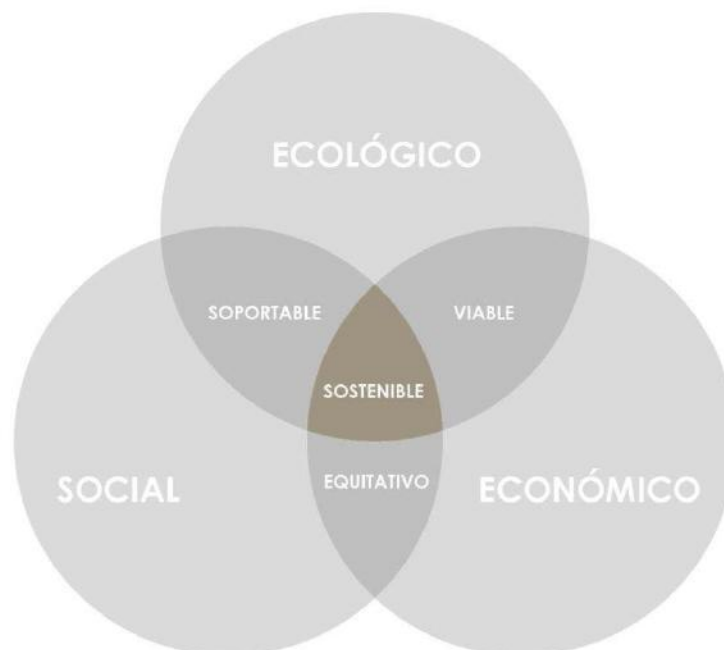


Figura 13. Diagrama de Venn de la sostenibilidad en 1992.

Fuente: Elaboración propia.

En los tiempos sucesivos se comienza a evidenciar la carencia de dichas dimensiones para representar la complejidad social contemporánea sin la inclusión de la cultura, como molde de lo que entendemos como desarrollo y actuación de la humanidad en el mundo.

¹ E.Christian, J. y W. Petrie, T (1996). “Sustainable roofs with real energy savings”.

En el año 2010, a través del documento de la Red Mundial de Ciudades, Gobiernos Locales y Regionales titulado *Culture: Fourth Pillar of Sustainable Development* se propone la inclusión de la cuarta perspectiva sostenible, la cultura.

El estudio Versus Project, con el fin de analizar la arquitectura vernácula, se centra en reconocer las sólidas conexiones de complementariedad que establece la cultura con las demás dimensiones del desarrollo, concluyendo en tres dimensiones principales como la **medioambiental**, la **socioeconómica** y la **sociocultural**².

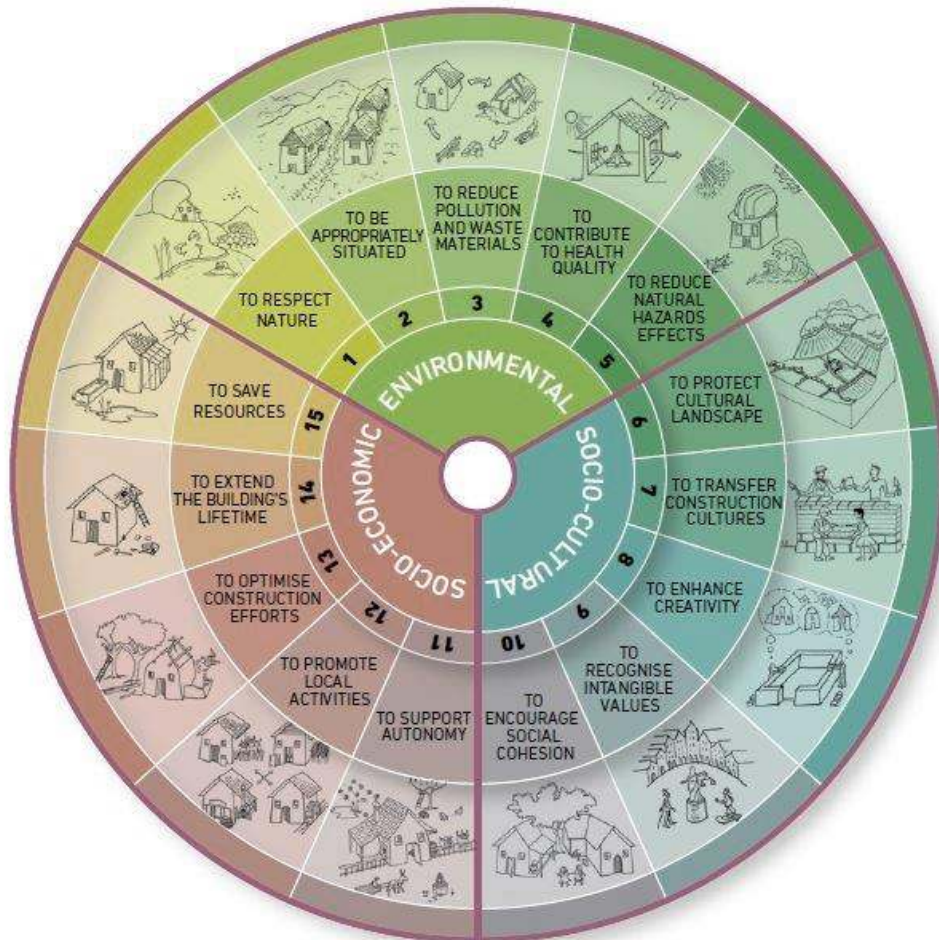


Figura 14. Los principios de sostenibilidad medioambiental, sociocultural y socioeconómica. Fuente: Versus: *Lessons from vernacular heritage to sustainable architecture*, pág. 12. (Autores: Camilla Mileto et al.)

3.3 La cubierta sostenible

Determinando estos principios sostenibles y las diferentes dimensiones, podemos reflexionar sobre cuál es el grado de implicación de la cubierta tradicional en cada uno de los ámbitos, analizando los procesos y condiciones que se llevan a cabo para su construcción.

Dado que todas las cubiertas tradicionales comparten máximas elementales (materiales autóctonos, técnicas locales, etc.) un análisis positivo lo será de forma generalizada; no obstante, se analizarán diferentes casos particulares para concretar los resultados.

² Mileto, C. et al. (2014). "Versus: Lessons from vernacular heritage to sustainable architecture".

3.4 La dimensión medioambiental

3.4.1 Contexto

El ámbito medioambiental es el más estudiado desde el punto de vista de la sostenibilidad, dada la descontrolada contaminación de los últimos años. Se deben procurar evitar impactos negativos en el medio, prestando atención al lugar, garantizando el confort y la habitabilidad y limitando las emisiones contaminantes y los recursos consumidos. Para ello, una de las mayores fuentes de inspiración son las cubiertas tradicionales o vernáculas ya que, desde este punto de vista, resulta una arquitectura integrada en el paisaje, adaptada a los recursos naturales disponibles y aprovechándolos para no comprometer su disponibilidad en el futuro (pues son finitos).

El ejercicio constructivo dispone de muchas fases, más o menos contaminantes, que podemos clasificar en cuatro principales: la obtención de la materia, la elaboración del producto, el ciclo de vida del edificio y el fin de vida del edificio.

3.4.2 Material y producto

Uno de los procesos más nocivos en la edificación se inicia antes de la propia construcción: la **obtención** y creación de materiales. El desarrollo de **medios de extracción** de materias cada vez más invasivos, de mayor eficacia y potencia, resultado de los avances tecnológicos, tiene un gran impacto en la naturaleza, probablemente el mayor del proceso. Uno de los más dañinos es la obtención de rocas y minerales a través de minería a cielo abierto, que modifica la topografía, reduce el suelo y contamina atmosférica y acústicamente. Este terreno, por tanto, no es renovable o regenerable, e impacta en una zona de gran escala³.

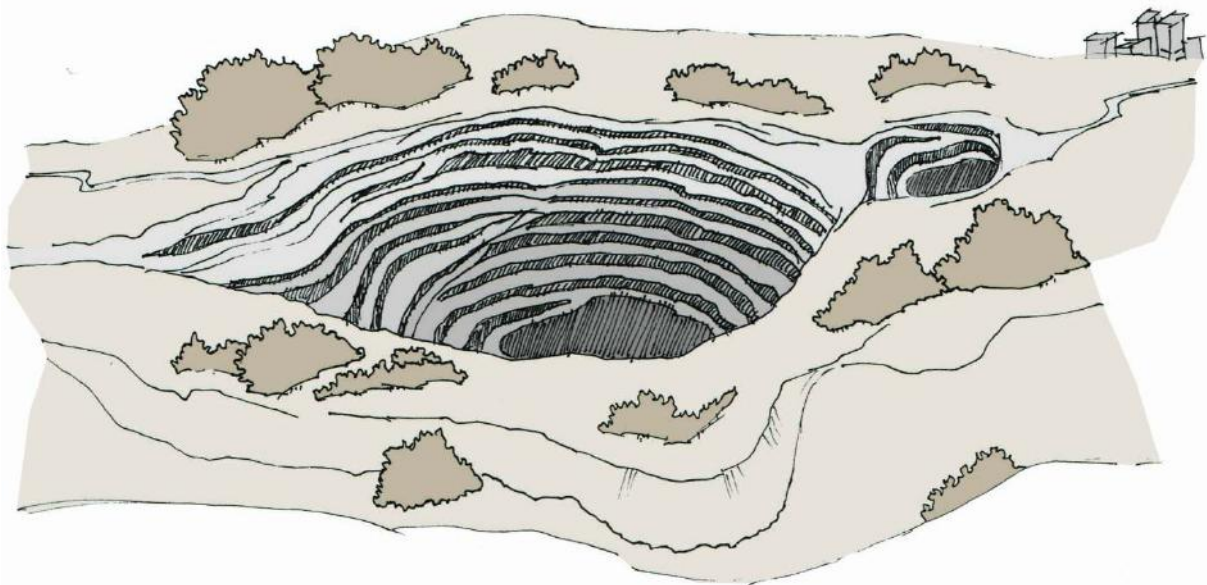


Figura 15. Impacto irreversible a gran escala en el terreno de la minería a cielo abierto.
Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, el **proceso de elaboración** de los nuevos materiales de construcción del siglo XX conlleva otra clase de problemas ambientales, tales como emisiones masivas de CO₂ a

³ Arenas, F.J. "Los materiales de construcción y el medio ambiente".

la atmósfera, polvos en suspensión, vertido de líquidos, vibraciones y ruidos. Estos derivan del uso de materiales en su mayoría polvorientos y del gran consumo de energía requerido en el proceso de transformación para obtener el producto final adecuado. El daño de la industria es global, pero es especialmente incidente en poblaciones adyacentes, no garantizando un entorno de seguridad y protección en términos de salubridad.

Para el correcto desarrollo de todos estos cambios y fases, se requiere de un notable aumento en la **distancia** desde la zona de extracción del material hasta la zona de procesamiento y elaboración de la materia definitiva para la cubierta, en adición de la distancia desde dicha industria hasta la parcela en la que se ejecuta la construcción.

El transporte es una fase que también consume gran cantidad de energía, por lo que se debe actuar buscando el más eficiente (como transportación a través de trenes). Los actuales sistemas de **movilidad** se centran casi exclusivamente en el vehículo privado que condiciona la forma de vida y organización urbanística y territorial. Durante la época expansiva que precede a la actual, se produjo un incremento de la demanda de dicho transporte y, pese a que cada vez mejoraban los combustibles y emisiones, no hubo reducción notoria en la calidad del aire. Las consecuencias son un incremento tanto en la contaminación por emisiones de CO₂ en mayor proporción como en el coste económico del combustible con respecto a la construcción popular⁴.

No es práctica habitual, además, el uso de envases o cajas de productos reciclados que sean especialmente respetuosos con la naturaleza.



Figura 16. Emisiones de CO₂ en España del año 1990-2015 y % de emisión de los sectores relacionados con la construcción en el año 2012.

Fuente: A) *Estimación 2015 J. Santamarta para el SOS' 16. Observatorio de Sostenibilidad.* B) *Agencia Europea del Medio Ambiente.*

Las cubiertas tradicionales solucionan estos problemas de la forma más directa posible: eliminando la distancia entre el espacio de elaboración de materiales así como los procesos de transformación altamente nocivos para el medio. Esto sucede al obtener la propia materia del **área geográfica** que rodea la construcción, reduciendo al mínimo los costes energéticos de transporte puesto que las distancias son muy cortas. Es el propio paisaje el que decide la materia prima de las construcciones que lo van a poblar, justamente a la inversa del modelo contemporáneo. Así, el impacto sobre el medio ambiente se ve reducido en gran medida,

⁴ Jiménez, L.M. (2011). "Transporte y movilidad, claves para la sostenibilidad"

distribuyéndose en el espacio y requiriendo una proporción muy inferior a la industria que nace de la apertura económica.

Al tratarse de materiales propios de la zona, la intervención en la misma es mínima, dando resultados que se mimetizan perfectamente en el paisaje a modo de crecimiento orgánico, en perfecta simbiosis con el mismo.

Son materiales que se usan en su forma original en la cubierta, o bien una vez tratados a través de **técnicas artesanales** y ligeros procesos de transformación de bajo gasto energético y casi nula emisión de gases o residuos. La presencia de maquinaria se ve reducida a la mínima expresión.

Existe un esfuerzo de la población en ser de gran efectividad en su trabajo (dado que la fuerza de trabajo es dominante en este contexto, frente a otros más tecnológicos) sin altos costes medioambientales. Además, durante el proceso de fabricación es posible una gestión adecuada de recursos y de basuras, pudiendo incorporar los materiales de origen reciclado.



Figura 17. Técnicas artesanales sostenibles en contraposición a la industria.

Fuente: Elaboración propia.

A diferencia del hormigón, la cubierta tradicional se montaba generalmente mediante técnicas en seco, lo cual facilita el montaje y desmontaje de piezas, sin amplios costes de reforma y con rápida accesibilidad al elemento a sustituir. Esto aumenta la **vida útil** de los edificios reduciendo la necesidad de construir a largo plazo y con ello todos los impactos derivados del proceso.

3.4.3 Uso y vida

La cubierta, al ser el elemento más castigado por el medio, es esencial para garantizar una correcta calidad de vida. En las cubiertas actuales, está muy extendida la presencia de capas impermeabilizantes de materiales cuya fabricación y uso es dañina para el medio, que impiden la transpiración del ambiente, generando un hábitat totalmente estanco el cual

hemos de regular térmicamente de forma forzosamente artificial para alcanzar un estado de confort. Es justamente el funcionamiento inverso que presentan los materiales como la madera o la tierra, que transpiran de forma natural.

En las cubiertas tradicionales (como en toda la arquitectura vernácula), destaca la primacía de la funcionalidad frente a la comodidad. Sin embargo, se podría hacer un ejercicio de reflexión respecto a las necesidades reales y las soluciones contemporáneas que garantizan nuestro confort. Más allá de instalaciones complejas artificiales (aire acondicionado o calefacción) que muchas veces usamos exageradamente, así como espacios completamente ajenos al exterior e impermeables, las soluciones tradicionales son una referencia para cuestionar nuestra forma de habitar. Por ello, las lecciones de racionalidad y sostenibilidad de las cubiertas vernáculas no sólo comprenden el ámbito material, de obtención y procesado: también funcionaban correctamente desde la variable medioambiental de la calidad de vida, durante la fase de la uso de la construcción. No se trata de imitar las condiciones de vidas pasadas, sino de apreciar sus bondades como conjunto útil, y mejorarlas eventualmente donde sea posible.

Las aportaciones de la cubierta tradicional a la creación de ambientes artificiales saludables y confortables son efectivas (aunque no definitivas), como elemento de separación entre ambos ambientes (aislamiento), y como elemento activo en la creación de condiciones interiores favorables (acondicionamiento).

Con respecto al **aislamiento**, uno de los recursos tradicionales más empleados es la construcción de un espacio colchón no habitado (puesto que normalmente no superaba el metro de altura libre), con la posibilidad de ventilarse naturalmente en invierno para eliminar humedades. También ocultaba en numerosas ocasiones las posibles goteras que pudieran tratar de alcanzar la vivienda. Este espacio de transición trabaja en colaboración con los materiales tradicionales como la paja y la madera, que desarrollan correctamente su objetivo, además de aportar la respiración del material, creando un funcionamiento radicalmente diferente a la cubierta moderna y su impermeabilización. En climas calurosos, estos espacios eran especialmente útiles en el ámbito agrícola y rural, no sólo desde el punto de vista de almacenamiento, sino del provecho que se le lograba extraer desde el punto de vista aislante. Y es que, la acumulación de productos agrícolas hacía las veces de aislamiento de gran eficacia frente al calor que penetraba la cubierta, impidiendo su incidencia en las plantas inferiores que queremos acondicionar⁵.

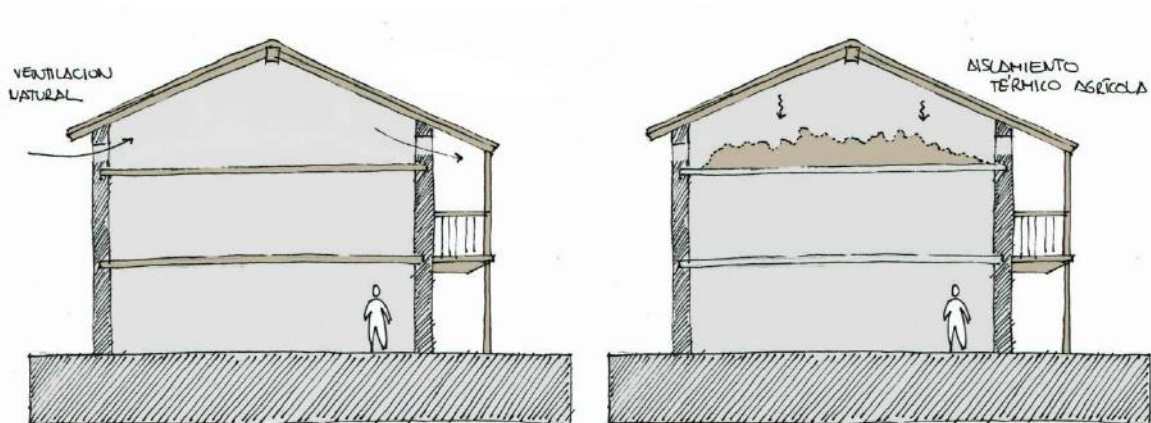


Figura 18. Ventilación natural del espacio colchón (A); aislamiento térmico de espacio colchón a través de material agrícola (B).

Fuente: Elaboración propia.

⁵ De Santiago, E. (2014). "Lecciones de sostenibilidad en la arquitectura tradicional. La casa popular de Lagartera como ejemplo de integración medioambiental".

Otra técnica de gran valor tradicional era la cubierta vegetal: a través de una capa de tierra sobre la superficie de cubierta, se propiciaba el crecimiento natural de vegetación, obteniendo un manto regulador de la temperatura que absorbía el calor y el CO₂, además de reducir la escorrentía de agua de lluvia. Al tratarse de un recubrimiento, la cubierta quedaba protegida y aumentaba su vida útil notablemente. Una aplicación habitual era en los refugios pastoriles de piedra local (complementándose con las construcciones de piedra en seco, que presentaban notables carencias de aislamiento e impermeabilización). Tuvo gran expansión por la zona de los Alpes, Córcega y Cerdeña.

El **acondicionamiento** de los espacios también se sustentaba de mecanismos tradicionales tales como las protecciones directas por proyección de la cubierta: los aleros. Los aleros se proyectaban normalmente como prolongación de vigas, los cuales eran resueltos a través de múltiples tipologías, tales como ladrillo de diferente formato, madera tallada, maderos revocados con yeso, piedra, etc.

Con respecto a la humedad, su efectividad se basaba en impedir la escorrentía del agua de lluvia por los cerramientos, no sólo evitando la penetración en el interior de la vivienda sino también la putrefacción y degradación de carpinterías resueltas en madera. Era el método más extendido ante la ausencia de canalones.

Pero donde más provecho se le saca al clima es en la orientación. Con respecto al sol, las protecciones horizontales aprovechan su trayectoria en invierno, en la cual se encuentra más bajo y permite su entrada para combatir las bajas temperaturas; y en verano, donde el sol se encuentra más alto, protegiendo de su incidencia para disminuir el calor interior. La solana, que como se ha explicado anteriormente, servía de espacio funcional y social, además contribuye al sombraje del Oeste habitualmente, recibiendo el sol de la tarde en invierno únicamente. Se convertía así en un potencial espacio de trabajo exterior.

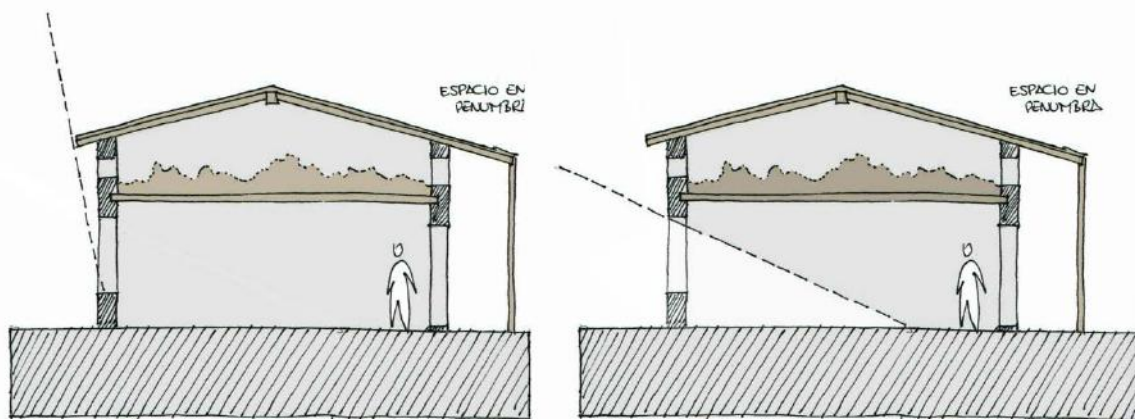


Figura 19. Protección solar en verano por proyección de la cubierta (A); entrada de sol en invierno (B).

Fuente: Elaboración propia.

Otro mecanismo extendido es el uso del patio para generar **microclimas** confortables. En él, la cubierta adquiere gran presencia al ser el elemento principal de recogida y conducción de aguas, debiéndose diseñar una evacuación de las mismas efectiva. Sirviéndose de gárgolas o canalizaciones, el agua es dirigida hasta una zona de acogida (o ajibe). Su presencia genera humedad, así como favorece la corriente de ventilaciones cruzadas a través de pequeñas aberturas estratégicas en los cerramientos, atendiendo a la orientación (por ejemplo, vientos del Norte). Este mecanismo es además un método de ahorro de recursos naturales, pues se reutilizaba el agua precipitada para todo tipo de actividades, como regadío o limpieza.

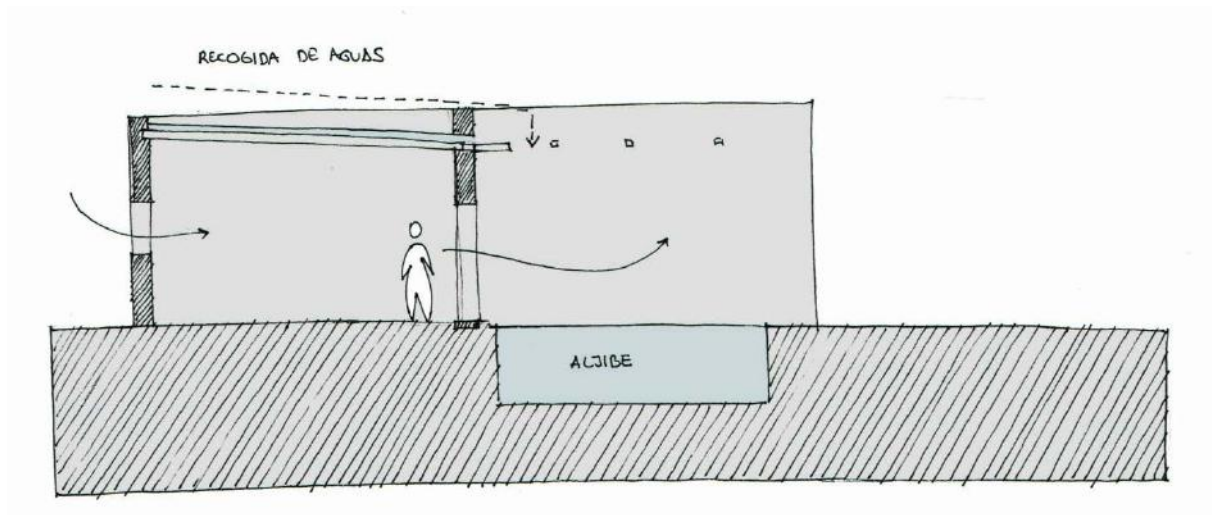


Figura 20. Recogida y conducción de aguas para generar microclimas.

Fuente: Elaboración propia.

Un ejemplo de vivienda que daba gran importancia a esta evacuación y recogida de agua es la vivienda tradicional de Lanzarote, donde este recurso escasea por su clima desértico. Las plantas optaban por una distribución en L o en U que supusiera una cubierta idónea para verter el agua de azoteas al aljibe o depósito subterráneo. Las azoteas eran encaladas para favorecer la escorrentía y evitar la filtración. En Máncher, por ejemplo, encontramos estas tipologías:



Figura 21. Presencia de aljibes para generar microclimas (Máncher, Lanzarote).

Fuente: La Graciosa: un proyecto de interés común, pág. 128. (Autor: Marrero del Castillo Olivares, Manuel)

La principal bondad de estos recursos es que son íntegramente arquitectónicos, y no tecnológicos. Podemos decir por ello que conforma la cuna de la arquitectura bioclimática y sostenible.

El microclima puede verse potenciado además de **factores externos** como la localización adecuada de la construcción, que facilitan las transmisiones de energía. El funcionamiento de cubiertas tradicionales en arquitecturas correctamente ubicadas será más eficiente.

Se puede mejorar la calidad del aire en función de la humedad ambiental, alejándose de zonas boscosas que aumentan la humedad ambiental y obstaculizan el paso del viento. De igual manera, una distribución de la edificabilidad poco compacta facilita la posibilidad de ventilación.

Es importante, en la medida de lo posible, una mejor temperatura ambiente que facilite la transmisión de energía de las cubiertas por presencia hídrica cercana, como ríos, mares u océanos. En épocas cálidas, es especialmente positivo, al absorber el agua grandes cantidades de energía, dando lugar a un proceso de evaporación muy intenso que reduce la temperatura del aire. En épocas frías, el calor acumulado por el mar se va desprendiendo, templando la temperatura del ambiente. Por el contrario, la humedad en estas zonas será más elevada⁶.

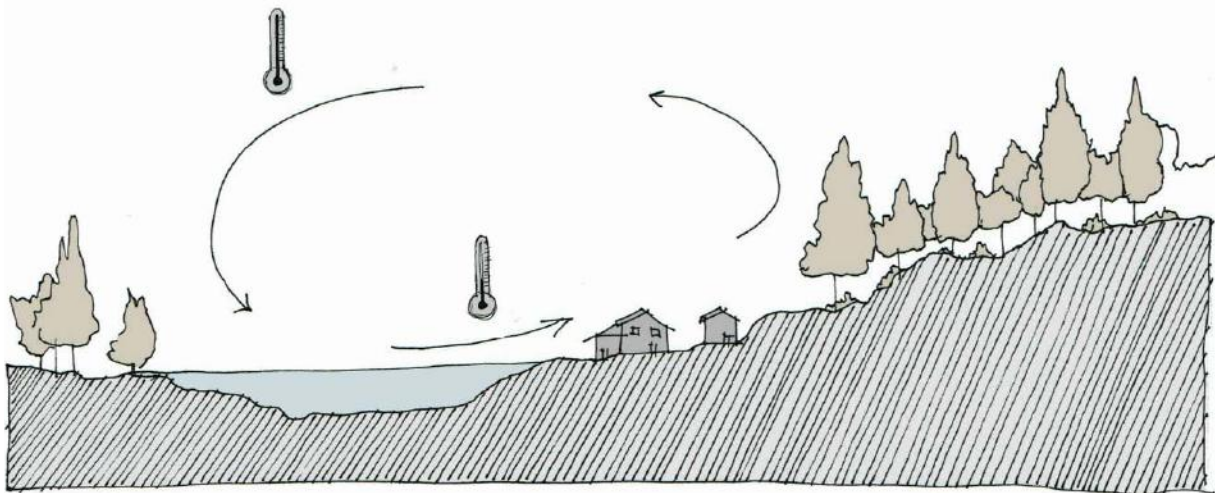


Figura 22. Esquema del enfriamiento del ambiente en presencia de agua.

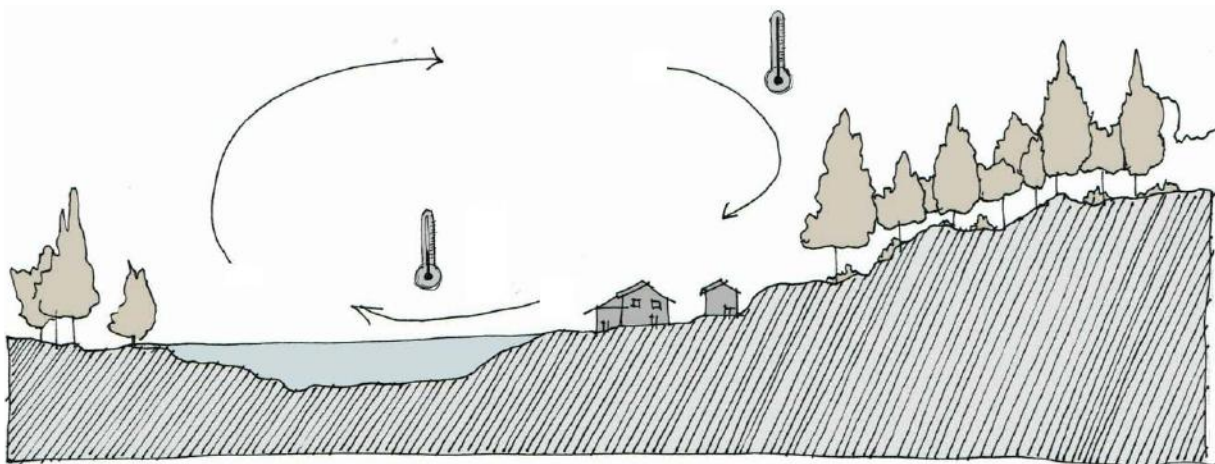


Figura 23. Esquema del calentamiento del ambiente en presencia de agua.

Fuente: Elaboración propia.

Otro tipo de protección típica de las construcciones tradicionales es la ejecución del edificio bajo o tras elevaciones que actúan como barrera frente al viento o radiación solar, en caso de no necesitar de estos agentes para la correcta eficiencia.

Pero la naturaleza también puede afectar negativamente a la construcción si la situación no es adecuada. Cuando la zona sea adversa, tradicionalmente también se ha usado la

⁶ Santiago (2008). "Influencia del mar en el clima".

cubierta para paliar los riesgos del medio y limitar los daños que pudiera generar, sin grandes costes contaminantes provenientes de las nuevas tecnologías (como puede ser, por ejemplo, a través de pilotaje de gran longitud, que produce gran impacto acústico y requiere de materiales de elaboración y obtención contaminante).

El agente que más puede afectar y a la cubierta por su situación en el edificio, además del agua, es el viento. Con respecto al mismo, la arquitectura tradicional adopta soluciones aerodinámicas, de pocos retranqueos si se pretende obtener beneficio del mismo. También recurre a la colocación de piedras sobre aristas del tejado, creando **barreras de viento**, los cuales realizan una importante función de contrapeso frente a las succiones del viento.



Figura 24. Barreras de viento con piedras para evitar la succión del mismo.

Fuente: Arquitectura vernácula de la Sierra de Gredos y el valle del Alto Tormes, pág. 70. (Autor: Gil Crespo, Ignacio Javier).

3.4.4 Fin de vida

La necesidad de ejecución de varias fases durante el proceso de la construcción, así como las actividades necesarias una vez ha concluido el ciclo de vida de los edificios, requieren de una adecuada gestión de los restos materiales, procesando los que permitan su recidaje para ser nuevamente materia prima o depositando en vertedero los que no.

Los **residuos de la construcción** y de la demolición conforman una cuarta parte de la totalidad de residuos generados, constituidos sólo en el ámbito de la Unión Europea en 450 millones de toneladas anuales. En términos estadísticos, el sector de la construcción es responsable del 50% del total de los recursos generados, por lo que su tratamiento como residuo en el post-procesado tiene un papel de gran importancia⁷.

Dentro de los procesos de fin de vida del edificio valoramos el coste de demolición, transporte de dichos residuos, el procesado de los mismos y su posterior vertido.

⁷ Anink, D., Mak, J. y Boonstra, C. (1996). "Handbook of Sustainable Building: An Environmental Preference Method for Selection of Materials for Use in Construction and Refurbishment".

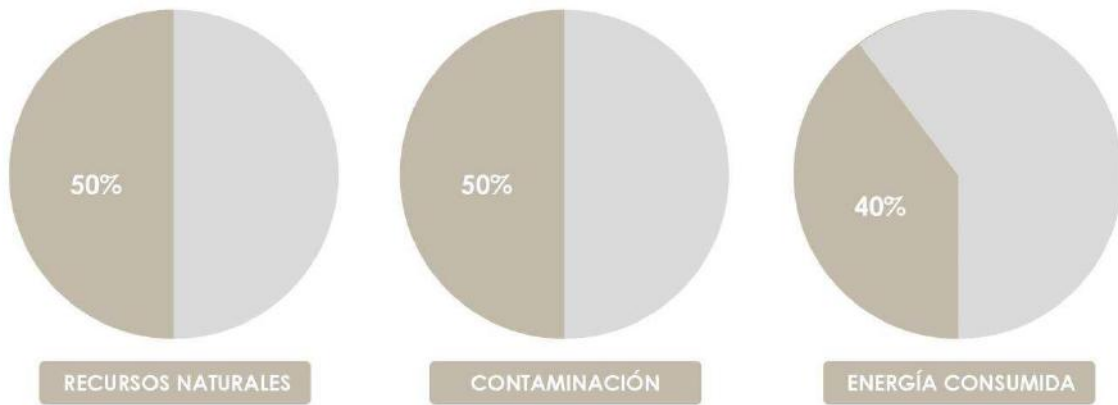


Figura 25. Porcentajes de consumo global en el sector de la construcción.

Fuente: Handbook of Sustainable Buildings (Dibujo: Elaboración propia).

Los nuevos materiales de la expansión económica tienen la posibilidad de ser reciclados. El hormigón se puede reciclar en forma de árido nuevo, así como el polvo derivado del mismo puede hacerlo en agregantes o modificadores de aspecto de otros materiales. El acero, por su parte, se puede reutilizar en otras edificaciones en función de su calidad, y en caso contrario, valorizarse como chatarra. El resto de materiales también pueden ser procesados y contribuir al ahorro de recursos.

El principal problema es que la política de reciclaje no es eficaz, puesto que la extracción de áridos naturales es barata y los precios de depósito en vertedero son bajos, además de la imposición de sanciones escasas por incumplir la legalidad. Esto promueve la construcción de pocas machacadoras que generen áridos derivados de los recursos de la construcción⁸.

El efecto final es un reciclaje casi inexistente de materiales modernos en gran parte de los países del mundo. Sería necesario un aumento de precios de vertido además de incentivos económicos para separar residuos, haciendo posible el complejo reciclaje de estas materias.

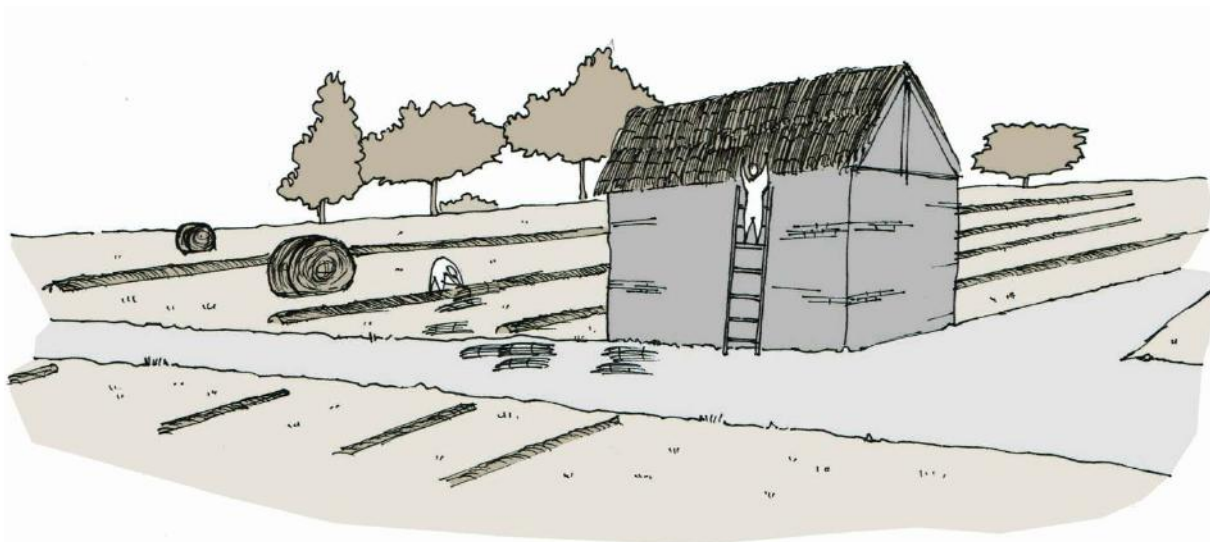


Figura 26. La paja es un residuo agrícola que puede convertirse en material de construcción.

Fuente: Elaboración propia.

⁸ Romero, E. (2007). "Residuos de construcción y demolición".

En contraposición a esta situación, los materiales que tradicionalmente se empleaban en la ejecución de cubiertas eran rápidamente **renovables, reutilizables y reciclables**. La madera, por ejemplo, es fácilmente reemplazable, con uniones en seco. Gran parte eran propiamente residuos de la actividad agrícola, y la mayoría se toman directamente de la naturaleza, en su forma original, sin necesidad de transformación alguna y de los residuos que ello genera.

Esta reducción de contaminación y gasto en recursos, en correcta simbiosis con el cálculo conciso de cantidades necesarias de este para la ejecución del proyecto supone una eficiencia óptima en el desarrollo de la actividad constructiva.

Resultado de estas construcciones de cubiertas tradicionales, se produce una reducción significativa de la dependencia de los **combustibles fósiles** a todas las escalas: desde los necesarios durante los métodos de extracción y transformación de materiales, hasta para el transporte masivo de larga distancia. Esto baja los niveles de contaminación y emisión de gases de efecto invernadero a favor de la salud humana, el medio ambiente y el sistema climático.



Figura 27. Esquema de ciclo de vida y sostenibilidad del edificio contemporáneo.
Fuente: *Elaboración propia.*

3.5 La dimensión sociocultural

3.5.1 Contexto

Cuando hablamos de la sostenibilidad de las cubiertas tradicionales, tendemos a olvidar todas aquellas dimensiones más allá del medio ambiente y la ecología. Sin embargo, lo que hace tan interesante el redescubrimiento de estas soluciones es el equilibrio que muestran además del respeto al medio en el que se insertan, con el resto de pilares sostenibles como la cultura y la economía, especialmente en las zonas rurales donde su uso es más extendido

Esta falta de sensibilidad con las dimensiones intangibles es lógica, en tanto que no son fácilmente observables y que la complejidad de su repercusión es mayor conceptualmente⁹.

Nuestra sociedad es resultado de la **globalización** incipiente, que genera conexiones culturales de carácter planetario, trivializando la cultura propia del espacio en que se ubica. Quedan por tanto, en un segundo plano, las virtudes sociales y la riqueza que nos proporciona la diversidad cultural, y todos los efectos de cohesión social que la acompañan.

La cultura en cuanto arquitectura, son realidades materiales, tangibles, que ponen de manifiesto la riqueza de un hábitat concreto. La arquitectura tradicional, además, está situada en el lugar, informada del mismo, lo valora y reivindica su posición en el mundo.

En la sociedad contemporánea, observamos una idealización de las obras y soluciones modernas, lo que se traduce en una amnesia cultural que desestima las soluciones de cubierta tradicionales, poseedoras de la herencia cultural de cada región. Se sucede un movimiento de demolición y modificación de inmuebles por motivos generalmente ideológicos, que incorporan soluciones pensadas para otras zonas (normalmente áreas urbanas), con sistemas altamente artificiales de acondicionamiento climático y carente de valores evolucionados empíricamente a lo largo del tiempo.

A partir del año 2010, la cultura fue finalmente considerada como pilar de la sostenibilidad, al reconocerse como un elemento a preservar, resultado de saberes y metodologías constructivas de determinados grupos sociales. Incluso en el mundo global, persevera la existencia del deseo de echar raíces en la **identidad** cultural territorial.

3.5.2 Personalidad de la arquitectura

Como resultado de la deriva insostenible del siglo XX y la insatisfacción en términos de sostenibilidad por la mediocridad constructiva del mismo, en los años actuales aparece un renovado interés por las cubiertas tradicionales, como declaración de intenciones, para recuperar el equilibrio entre el material y los valores inmateriales, la armonía y belleza que sentimos al observar soluciones históricas, que reflejan la evolución humana como si de un espejo se tratara. Se trata de observar cubiertas diseñadas no por arquitectos, sino por culturas constructivas que han sido transferidas de una generación a la siguiente, por constructores anónimos, y que supone un bien común de la humanidad resultado de la diversidad cultural y social de cada territorio específico.

Es por ello que las cubiertas tradicionales denotan un gran **carácter propio**, evitando la despersonalización de la arquitectura que construye soluciones iguales en emplazamientos diferentes extendida entre 1945 y 1975. Una solución tradicional muestra armonía con el entorno, disponiendo formas, dimensiones, colores y funcionamientos resultados de la habitabilidad continuada en un determinado medio. Es capaz de reflejar el estado social y cultural de una civilización, así como todos sus valores. Este sentimiento, que cada vez

⁹ Mileto, C. et al. (2014). "Versus: Heritage for Tomorrow: Vernacular Knowledge for Sustainable Architecture".

toma mayor valor en la sociedad actual, genera migraciones de la ciudad al pueblo, contribuyendo a la perpetuación en el tiempo de las cubiertas vernáculas a través de su rehabilitación. Se produce un retorno a las **raíces culturales** y sociales.

Esta búsqueda de arquitectura vernácula está relacionada directamente con sus materiales naturales, frente a materiales industriales de baja calidad del mercado dominante ideados bajo los principios de la obsolescencia programada. Cada solución es particular dada la diferencia de recursos entre una zona y otra, así como las técnicas con las que se trabajan y las perspectivas culturales y personales a la hora de aplicarlas. De esta forma, allí donde la piedra es abundante promueve cubiertas fundamentalmente pétreas (muchas veces finalizadas en tierra) así como donde posean bosques proliferarán las cubiertas de madera.

Por todo ello, el estudio de saberes constructivos heredados e inspiración en los mismos permite el desarrollo de cubiertas modernas con el correcto equilibrio entre los recursos naturales y las necesidades de cada lugar. Es decir, hay un ejercicio de protección del **paisaje cultural** que permite la transmisión en el tiempo de ciertos valores de gran interés resultado de los siglos de historia. Se evidencia que, tras la aparente fragilidad de estas cubiertas, se encuentra la robustez ecológica y cultural que las caracteriza.

3.5.3 Profesión

Dada la poca formación de la población trabajadora, que no había sido instruida en el ámbito, la técnica de elaboración de cubiertas fue basada en el continuo ensayo y error, en la observación empírica de los mejores resultados. Esto, sumado a la consciencia generalizada de que los recursos naturales son un bien limitado (al contrario de las tendencias ideológicas durante la primera mitad del siglo XX), supone un gran ejercicio de **creatividad** e ingenio, de inteligencia colectiva que demuestra una capacidad de adaptación a una situación, para satisfacer sus necesidades sin desatender las necesidades sociales y culturales. En muchas ocasiones, las posibilidades se limitaban a un único material y una única herramienta de trabajo, y el tiempo para finalizar la obra estaba realmente acotado por las épocas de lluvias.

Las cubiertas tradicionales son, por tanto, testimonio de conocimientos constructivos de artesanos y trabajadores anónimos, que dejaron su huella a través de la piedra, la madera, la tierra, las plantas y todo tipo de detalles. Resultado de ingenio personal para crear a través de lo gratuito aquello que el dinero no podía comprar.

La práctica continuada de estos sectores de la población en la elaboración de cubiertas de una determinada tipología, generó **profesionales artesanales** que estudiaban y ejecutaban estas técnicas tradicionales. Algunos incluso dominaron con gran maestría las mismas, dejándonos soluciones con un gran valor artístico además de funcional. Sus conocimientos no eran esencialmente teóricos, en contraposición a nuestro mundo actual: la primacía la tenía la destreza técnica, que únicamente obtenían de la experiencia y de ligeros conocimientos orales no transmitidos a ningún tipo de manual.

Suponen la principal fuente de saberes populares, capaces de transmitir informalmente la cultura constructiva de cada región. Por ello, el uso contemporáneo de estas ideas facilita el mantenimiento de una identidad y una memoria que se ve amenazada ante la posibilidad de ser sustituida por edificaciones modernas que borran la huella de la evolución racional, del uso coherente de los recursos locales. La incapacidad de asumir y desarrollar condiciones de competitividad frente a las grandes industrias es un bache de gran importancia para estos profesionales artesanales, que se ven reducidos a la mínima expresión.

No obstante, los beneficios de reactivar esta pequeña y mediana empresa especializada en cubiertas no son únicamente constructivos, también colabora en sentimientos de **cohesión social** reivindicando la inteligencia colectiva y valorándola como resultado de la unidad.

Muestran el auge del lugar a través de múltiples expresiones, tanto de carácter religioso o agnóstico, simbolismos, u otra clase de ritos.

3.5.4 Arte y belleza

Además de la personalidad propia, la cohesión social, la creatividad y la protección del medio natural en el que se ejecutan, nos encontramos con que las soluciones tradicionales suscitan sensaciones de **belleza**, frente a las cubiertas contemporáneas, pues son testimonio del pasado, formas materiales de reivindicar la memoria de un grupo social, una nación o una región. En su conjunto forman un bien colectivo que pertenece únicamente al lugar, que alimenta la unión de dicha cultura propia. Es imprescindible desde el punto de vista cultural la llamada a la conservación y al mantenimiento de esta herencia, pues si acaba en ruinas o sustituida por diseños modernos, desaparecerá con el paso del tiempo, comprometiendo a las generaciones venideras a no poder contemplar el paso por la historia del hombre.



Figura 28. Atractivo visual en la arquitectura tradicional (Le Contadour, Provenza).

Fuente: Earthen domes et habitats. Villages of northern Syria. An architectural tradition shared by east and west, pág. 93. (Autores: Camilla Mileto et al.).

Esto es especialmente notorio en la arquitectura monumental, o la conocida arquitectura histórica (generalmente de grandes magnitudes como catedrales o castillos) que suscita gran interés turístico. Nuestros movimientos en el espacio (como los viajes) nos aportan conocimientos y sentimientos al observar las culturas constructivas de determinadas ciudades. No lo es tan medida, sin embargo, cuando hablamos de la arquitectura vernácula ordinaria, la vivienda común, pese a ser tan rica en valores como los primeros¹⁰.

¹⁰ Mileto, C. et al. (2014). "Versus: Heritage for Tomorrow: Vernacular Knowledge for Sustainable Architecture".



Figura 29. La cubierta tradicional en el conjunto de viviendas de la calle de la Vera (Almería).

Fuente: Instituto del Patrimonio Cultural de España (IPCE).

Y es que no sólo observamos belleza en su conjunto, o por sus orígenes: algunos profesionales artesanales desarrollaron gran maestría en la ejecución, entre los que podemos destacar a los carpinteros estructurales que diseñaban cubiertas de gran complejidad tratando la madera con gran soltura.



Figura 30. Maestría en el trabajo de la madera.

Fuente: Cortijos, haciendas y lagares, pág. 203. (Autores: Nicolás Torices y Eduardo Zurita).

Por todo ello, la cubierta tradicional es, pese a su carácter ordinario, poseedora de gran cantidad de virtudes y cualidades, y en esta dimensión cultural y social, es fuente de análisis para construir nuevas cubiertas contemporáneas sostenibles. Una nueva arquitectura que retome el equilibrio entre no sólo lo ecológico, también los parámetros sociales, culturales y económicos.

3.6 La dimensión socioeconómica

3.6.1 Contexto

De igual manera que la dimensión sociocultural, la economía es un factor intangible de gran importancia en los modelos vigentes de sostenibilidad, que en muchas ocasiones queda relegado a un segundo plano de estudio en beneficio de los análisis medioambientales.

La construcción ha sido el motor de crecimiento económico de multitud de naciones. Sin embargo, el desarrollo exacerbado de este sector genera contraprestaciones de gran repercusión como la exagerada dependencia de la economía, la desaparición de empleos locales y, en general, la falsa idea de que a mayor crecimiento económico mejor se están haciendo las cosas.

En el redescubrimiento de las cubiertas tradicionales, se evidencian también otro tipo de lecciones que podemos obtener de las mismas, para elaborar una serie de principios económicos, analizar impactos en el desarrollo local o prever los efectos del fomento de la conservación y la rehabilitación. Estas estrategias económicas son esenciales para hallar desarrollos sostenibles basados en modelos tradicionales de ejecución de cubiertas que puedan ser aplicados en la actualidad. Algunos de los principios en los que se sustenta la sostenibilidad económica son la autogestión y autosuficiencia de las comunidades locales, como resultado de una promoción de las actividades económicas y trabajos de la zona. Otros, como la conservación tiene un papel esencial en la sostenibilidad, siendo artífice de la prolongación de la vida útil de los edificios, con el consecuente ahorro de recursos y procesos derivados del derribo y sustitución.

3.6.2 Autonomía local

Gran parte de las comunidades locales, principales promotoras de las cubiertas tradicionales, se disponen en localizaciones remotas y aisladas, en muchas ocasiones por características geográficas como montañas de difícil accesibilidad u otras topografías accidentadas. Ante esta situación, se generaban pequeñas economías locales que permitían su **autosuficiencia**, basadas en la disponibilidad del trabajo, generalmente agrícola, que permitía la subsistencia de la comunidad. Así, se crean huertos de producción propia y crías de ganado, pese a que el sentimiento de colectivo ideaba soluciones comunes que fomentaran dicha producción (atendiendo a las condiciones climatológicas, como las lluvias o la escasez).

Esta autonomía es la base de la autoconstrucción, que tanta preocupación mostraba ante la cantidad finita de recursos naturales y que forzaba a extremar la eficiencia del trabajo, motivo por el que la sostenibilidad de estas obras es perceptivamente superior que las edificaciones modernas.

Fomentar dicha autonomía a través del diseño de cubiertas tradicionales tiene importantes implicaciones, por tanto, en la economía local y en la sostenibilidad global. El aumento de demanda de estas construcciones implicaría un incremento en la demanda de trabajadores artesanos especializados en ellas, independizando la zona del capital globalizado y apostando por un desarrollo más comedido y ajustado al contexto en el que se inserta (este es, de baja liquidez y abundancia de fuerza de trabajo).

3.6.3 Ahorro de recursos

Una de las principales virtudes de las cubiertas tradicionales a nivel medioambiental es la gran vertiente sostenible de la materialidad empleada, ya que es altamente **reciclable**,

renovable y se obtiene con facilidad de las propias actividades agrícolas o del medio adyacente sin apenas transformación.

La economía está estrechamente ligada al aprovechamiento de recursos, siendo más eficiente cuanto más modesto es el uso de los mismos. Teniéndolo en cuenta junto a otros factores como la disponibilidad del material, las técnicas y habilidades, la construcción tradicional de cubiertas trata de realizarse con la máxima calidad usando la cantidad mínima de recursos naturales, gestionando la escasez en la medida de lo posible. Ejemplo de ello es que utilizando cubiertas tradicionales la envergadura y la escala de las construcciones se reduce respecto de las posibilidades de una construcción moderna, lo que genera una escala más adecuada a la vivienda, que requiere menos materia prima para erigirse. Además, dado que la transformación de los materiales es baja o nula, no se requieren de otros para potenciarlos o realizar mezclas más novedosas.

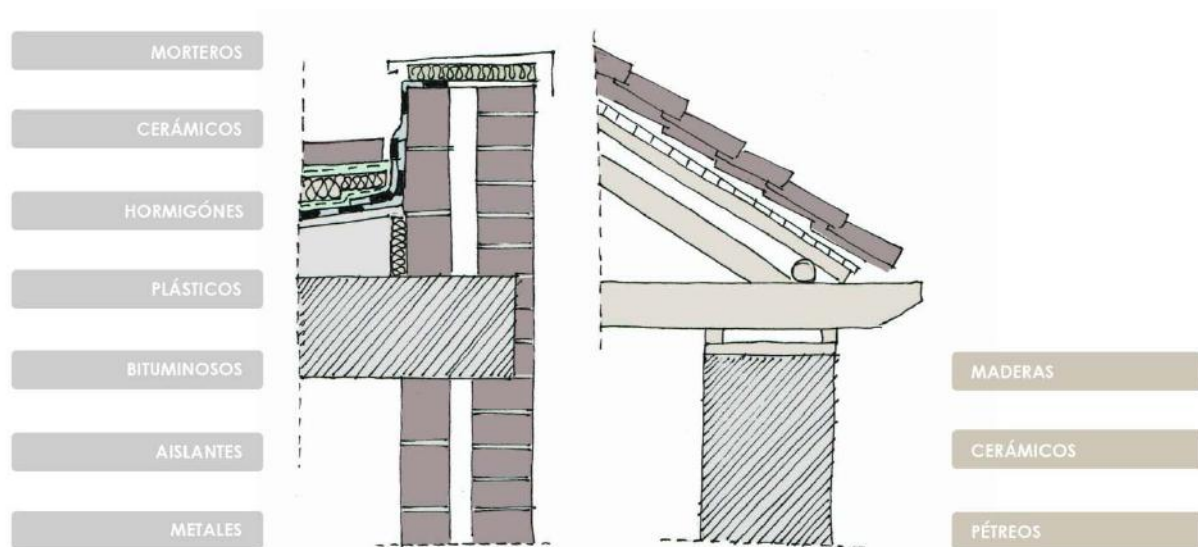


Figura 31. Recursos menos procesados y en menor proporción en construcciones tradicionales.

Fuente: Elaboración propia.

En ocasiones, este ahorro de recursos supera el ámbito individual de una edificación, explorando procedimientos comunes locales o gestiones rotativas entre comunidades para que el gasto de recursos naturales sea aún menor que el inicial.

Los efectos económicos son evidentes, en tanto que el gasto requerido para extraer menos recursos (pues son un bien limitado) es menor, a costa de una mejor optimización de los esfuerzos constructivos, y los procesos de transformación son de mayor simpleza.

3.6.4 Conservación

Una consecuencia lógica de aprovechamiento de recursos y de las características reciclables de los mismos es promover la **conservación** y mantenimiento de las cubiertas tradicionales.

A esta práctica se la define como la asignación de recursos hoy con el fin de obtener valores económicos más altos mañana. Dados los valores propios culturales definidos en el apartado anterior, se promueve la explotación de los mismos creando una actividad turística

similar a la ya existente en la arquitectura monumental. Conocer el paisaje natural, así como pasear y realizar actividades lúdicas en entornos no contaminados, lejos de las prisas y los ruidos, motiva movimientos turísticos rurales en todo el mundo.

Si a ello añadimos el descubrimiento de conjuntos de construcciones cuyas cubiertas sean la huella del paso del hombre en el lugar, bien conservadas y preparadas para su explotación, es un reclamo de mucha mayor envergadura para promover actividades turísticas, por sus valores propios muy superiores a una cubierta moderna contemporánea, cuyo carácter ordinario no suscita interés alguno. Por tanto, se puede convertir en un importante motor económico local, que además sirva de escaparate a la artesanía en la construcción de las pequeñas industrias rurales.



Figura 32. La vivienda tradicional como reclamo de atención turística.

Fuente: Elaboración propia.

Además una adecuada promoción de estas pequeñas industrias puede reactivar la economía local, generando un gran impacto en el desarrollo, y poniendo en valor nuevamente el trabajo profesional de técnicas tradicionales, las pequeñas industrias locales de materiales tradicionales y otros mecanismos que aumentarían la capacidad de autogestión y autonomía ya mencionadas.

Los costes de rehabilitación, según demuestran algunos estudios comparativos¹¹, no son superiores a los de la nueva construcción en la casuística habitual. El mayor gasto de la rehabilitación lo veremos en el tratamiento o renovación de materiales deteriorados, mientras que el mayor ahorro con respecto a una edificación nueva lo encontramos en la mano de obra, puesto que requiere de labores de levantamiento de estructura,

¹¹ Mileto, C. et al. (2014). "Versus: Heritage for Tomorrow: Vernacular Knowledge for Sustainable Architecture. Socio-economic sustainability in vernacular architecture".

excavaciones, etc. que requieren de maquinaria de gran tamaño. Tampoco hay coste alguno en la conversación derivado de demoliciones, procesamiento de escombros ni traslado de los mismos. Se incrementa la independencia de los combustibles fósiles, no únicamente a nivel medioambiental, si no también económico, tanto en el coste de traslados como en el de los procesos de transformación y extracción de materiales.

Además, el valor intrínseco de estas cubiertas puede ser suficiente para justificar su protección. No obstante, es necesario hacer para cada región y cada criterio de intervención un análisis cuantitativo que revele la viabilidad real de la operación.

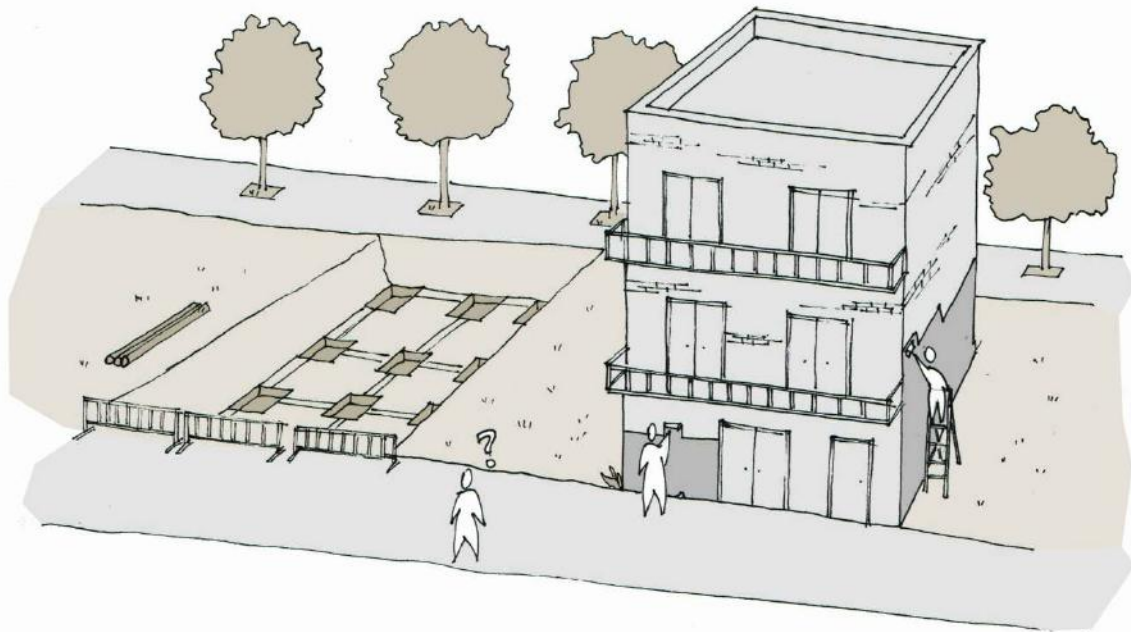


Figura 33. Rehabilitación frente a la nueva construcción.

Fuente: Elaboración propia.

La posibilidad que se le otorga al patrimonio de ser conservado permite la reutilización de recursos (reduciendo su gasto de obtención, procesado y traslado) y prolongar notablemente la **vida** de las edificaciones, mejorando su eficiencia energética, sus prestaciones y protegiendo los puntos débiles que permiten la degradación de las mismas. Una de las principales actuaciones para mejorar su funcionamiento es la impermeabilización a través de capas de arcilla y tejidos naturales como la paja con cal, de bajo coste y facilidad de uso en la autoconstrucción. El aislamiento también puede optimizarse con materiales renovables como el corcho (triturado, en planchas...), extraído directamente del alcornoque, con excelentes características y de los pocos resistentes en ambientes húmedos; u otros también de origen natural¹².

Es imprescindible además garantizar la estabilidad, realizando modificaciones o refuerzos en la estructura en caso de ser necesario para evitar el colapso.

El ahorro económico procede de dos niveles por tanto: por una parte, la propia conservación evita la construcción descontrolada de nuevas viviendas que sustituyan a las ya existentes, cuyo gasto de forma generalizada será mayor en todos los niveles; por otra, el aumento de la vida útil de las viviendas reduce a largo plazo la demanda de nuevas construcciones, con todo el proceso económico que conlleva.


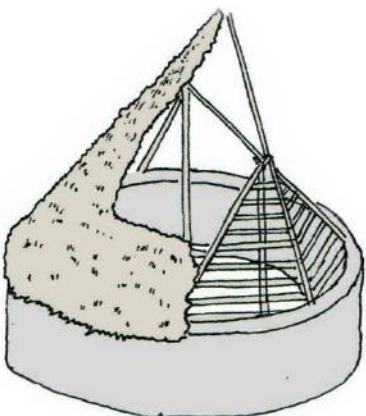
¹² Revista Ecohabitar (2011). "Aislamientos e impermeabilización convenientes".

3.7 Ejemplos de cubiertas tradicionales

| LA CUBIERTA TRADICIONAL | | |
|--|-------------------------|--|
| FICHA Nº | SITUACIÓN | |
| 01 | Navalosa, Ávila, ESPAÑA | |
| TIPOLOGÍA | MATERIAL Y TÉCNICA | |
| Chozo, Corral | Vegetación, Madera | |
| DESCRIPCIÓN | | |
| <p>También conocido como <i>Tinada</i>, estas construcciones suponen una mimetización casi completa con el paisaje que las rodea. Disponen una cubierta de madera de pino, con dos pilares sobre los cuales apoya la viga principal, que atraviesa la edificación en sentido longitudinal pudiendo cubrir hasta 25 metros.</p> <p>Para la cubrición se emplea una especie arbustiva perteneciente a la familia de las fabáceas: el piorno serrano. Éste crece en abundancia en la zona, generalmente en forma de extensos matorrales con ramas muy apretadas. Su función es la de almohadillado para defenderse del frío y de los fuertes vientos en zonas de gran altura. También tiene otro tipo de usos como servir de cama para el ganado.</p> | | |
|  | |  |
| <p>Fotografía: José Luis Sáinz Guerra.</p> | | <p>Dibujo: Elaboración propia.</p> |
| <p>Referencias: SÁINZ GUERRA, J.L. (2012). Edificios y conjuntos de la arquitectura popular de Castilla y León.</p> | | |
| CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD | | |
| D. MEDIOAMBIENTAL | D. SOCIOCULTURAL | D. SOCIOECONÓMICA |
| RESPECTO NATURALEZA | PERSONALIDAD | AUTONOMÍA |
| INTEGRACIÓN | CREATIVIDAD | ACTIVIDADES LOCALES |
| CONTAMINACIÓN | CULTURA CONSTRUCTIVA | AHORRO DE MATERIAL |
| CALIDAD DE VIDA | VALORES INTANGIBLES | VIDA DE LA CUBIERTA |
| MINIMIZAR RIESGOS | | |
| <p>■ DESTACADO ■ SE APLICA ■ NO SE APLICA</p> | | |

| LA CUBIERTA TRADICIONAL | | |
|---|-------------------------|---------------------|
| FICHA Nº | SITUACIÓN | |
| 02 | Borja, Zaragoza, ESPAÑA | |
| TIPOLOGÍA | MATERIAL Y TÉCNICA | |
| Bodega, Vivienda | Vegetación, Tierra | |
| DESCRIPCIÓN | | |
| <p>La cubierta de estas viviendas cueva es íntegramente natural, siendo una amplia capa de tierra y vegetación autóctona. Inicialmente se construyeron con estas características para hacer vino en su interior, como ejemplo de la creatividad del lugar ante la carencia de acondicionamientos más tecnológicos.</p> <p>Su mayor virtud es la bioclimática, pues mantiene el tejado a temperatura constante dada su inercia térmica, fabrica oxígeno, absorbe carbono, hollín y energía solar en vez de reflejarla y calentar espacios urbanos. La roca maciza aporta la impermeabilidad al interior. La contaminación acústica es igualmente nula, pues estas soluciones aíslan perfectamente el sonido. Todo esto comporta un gasto energético reducido que permite ahorrar recursos.</p> | | |
|  | | |
| <p>Fotografía: https://casascuevadaborja.wordpress.com/ Referencias: PEIRO LABARTA, E.A. (2010). <i>Repensar la arquitectura tradicional para el habitar actual.</i></p> | | |
| CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD | | |
| D. MEDIOAMBIENTAL | D. SOCIOCULTURAL | D. SOCIOECONÓMICA |
| RESPETO NATURALEZA | PERSONALIDAD | AUTONOMÍA |
| INTEGRACIÓN | CREATIVIDAD | ACTIVIDADES LOCALES |
| CONTAMINACIÓN | CULTURA CONSTRUCTIVA | AHORRO DE MATERIAL |
| CALIDAD DE VIDA | VALORES INTANGIBLES | VIDA DE LA CUBIERTA |
| MINIMIZAR RIESGOS | | |
| <p>■ DESTACADO ■ SE APLICA ■ NO SE APLICA</p> | | |

| LA CUBIERTA TRADICIONAL | | |
|---|------------------------|--|
| FICHA N° | SITUACIÓN | |
| 03 | Hoyos, Cáceres, ESPAÑA | |
| TIPOLOGÍA | MATERIAL Y TÉCNICA | |
| Refugio pastoril | Vegetación, Tierra | |
| DESCRIPCIÓN | | |
| <p>Estas construcciones daban un resguardo a pastores y ganado en la Sierra de Gata. Toman recursos locales como la piedra para erigirlos, utilizando barro, cal y arena para unir los distintos materiales.</p> <p>La cubierta es de falsa bóveda, prolongando el material de los muros, de forma que cada hilada se aproxima de forma escalonada de forma uniforme hasta converger en un punto central (en lugar de trabajar a compresión como un arco verdadero). Una finalización posible es el recubrimiento exterior con barro, dotándole de la impermeabilidad necesaria. La otra posibilidad es similar a los chozos, con rollizos de madera y paja de cereales o ramajes.</p> <p>Un hueco en el punto central de la falsa cúpula permite la entrada de luz y la salida de humos.</p> | | |
|  | |  |
| <p>Fotografía: Juan Carlos Doncel.</p> | | <p>Dibujo: Elaboración propia.</p> |
| <p>Referencias: RUBIO MASA, J.C. (2010). <i>Arquitectura Popular de Extremadura</i>. III. La vivienda elemental.</p> | | |
| CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD | | |
| D. MEDIOAMBIENTAL | D. SOCIOCULTURAL | D. SOCIOECONÓMICA |
| RESPECTO NATURALEZA | PERSONALIDAD | AUTONOMÍA |
| INTEGRACIÓN | CREATIVIDAD | ACTIVIDADES LOCALES |
| CONTAMINACIÓN | CULTURA CONSTRUCTIVA | AHORRO DE MATERIAL |
| CALIDAD DE VIDA | VALORES INTANGIBLES | VIDA DE LA CUBIERTA |
| MINIMIZAR RIESGOS | | |
| <p>■ DESTACADO ■ SE APLICA ■ NO SE APLICA</p> | | |

| LA CUBIERTA TRADICIONAL | | |
|---|-----------------------|---------------------|
| FICHA Nº | SITUACIÓN | |
| 04 | Balouta, León, ESPAÑA | |
| TIPOLOGÍA | MATERIAL Y TÉCNICA | |
| Edificación agrícola | Paja, Madera | |
| DESCRIPCIÓN | | |
| <p>La cubierta da solución a la palloza de planta redondeada, disponiendo una estructura de vigas y pies derechos de madera apoyada sobre unos muros circulares de entre metro y medio y dos metros de altura.</p> <p>Se trata de una cubierta de paja de centeno que proporciona una impermeabilización eficiente frente al agua de lluvia, que resbala por la paja al exterior del muro de piedra. Esta humedad es reaprovechada para reducir el riesgo de incendio durante la utilización de la chimenea, pese a que permite la permeabilidad del humo al exterior (lo que ennegrece el material con el paso del tiempo).</p> <p>Esta cubierta recibe el nombre de <i>teito</i> en lengua asturleonés al ser el material vegetal el principal para su elaboración.</p> | | |
| <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p><i>Fotografía:</i> José Luis Sáinz Guerra. <i>Dibujo:</i> Elaboración propia. <i>Referencias:</i> SÁINZ GUERRA, J.L (2012). Edificios y conjuntos de la arquitectura popular de Castilla y León.</p> | | |
| CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD | | |
| D. MEDIOAMBIENTAL | D. SOCIOCULTURAL | D. SOCIOECONÓMICA |
| RESPECTO NATURALEZA | PERSONALIDAD | AUTONOMÍA |
| INTEGRACIÓN | CREATIVIDAD | ACTIVIDADES LOCALES |
| CONTAMINACIÓN | CULTURA CONSTRUCTIVA | AHORRO DE MATERIAL |
| CALIDAD DE VIDA | VALORES INTANGIBLES | VIDA DE LA CUBIERTA |
| MINIMIZAR RIESGOS | | |
| DESTACADO SE APLICA NO SE APLICA | | |

| LA CUBIERTA TRADICIONAL | | |
|---|----------------------------|---------------------|
| FICHA N° | SITUACIÓN | |
| 05 | Santana, Madeira, PORTUGAL | |
| TIPOLOGÍA | MATERIAL Y TÉCNICA | |
| Edificación agrícola / vivienda | Paja, Madera | |
| DESCRIPCIÓN | | |
| <p>La cubierta da solución a esta edificación que era normalmente el hogar de los agricultores más humildes de la zona. Los materiales más usados responden a la disponibilidad de los mismos en el entorno: la madera era abundante y barata en el momento, mientras que los cereales de trigo y centeno estaban en el menú de toda la población, por lo que la producción de cereales era elevada.</p> <p>La madera se emplea para la estructura, disponiendo vigas longitudinales que apoyan en el suelo. Por otro lado, la paja es el residuo tras el proceso de molienda, y se empleaba para la cubrición, ya que facilita la escorrentía del agua debido a su pronunciada pendiente. Además, es un material adecuado para la regulación de temperatura, evitando los cambios bruscos de la misma.</p> <p>El ático funcionaba como almacén agrícola, mejorando el aislamiento.</p> | | |
| <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p>Fotografía: Jorge Emanuel Pereira Fernandes Referencias: PEREIRA FERNANDES, J.E. (2012). O Contributo da Arquitectura Vernacular Portuguesa para a Sustentabilidade dos Edifícios.</p> | | |
| CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD | | |
| D. MEDIOAMBIENTAL | D. SOCIOCULTURAL | D. SOCIOECONÓMICA |
| RESPECTO NATURALEZA | PERSONALIDAD | AUTONOMÍA |
| INTEGRACIÓN | CREATIVIDAD | ACTIVIDADES LOCALES |
| CONTAMINACIÓN | CULTURA CONSTRUCTIVA | AHORRO DE MATERIAL |
| CALIDAD DE VIDA | VALORES INTANGIBLES | VIDA DE LA CUBIERTA |
| MINIMIZAR RIESGOS | | |
| DESTACADO SE APLICA NO SE APLICA | | |

| LA CUBIERTA TRADICIONAL | | |
|---|---------------------------------------|--|
| FICHA N° | SITUACIÓN | |
| 06 | Orbanejo del Castillo, Burgos, ESPAÑA | |
| TIPOLOGÍA | MATERIAL Y TÉCNICA | |
| Refugio | Piedra | |
| DESCRIPCIÓN | | |
| <p>Se trata de un refugio para el tiempo de la trilla, para almacenamiento de aperos, entre otros. El material es seleccionado por la abundancia en el terreno (pedregoso), lo cual facilitaba su extracción y transporte.</p> <p>La cubierta se realiza con bóvedas de piedra (lajas vistas), a modo de falsa cúpula con hiladas concéntricas de aproximación que finalmente convergen en un punto central. Se cree que en su origen tuvieron algún tipo de aislamiento.</p> <p>Dada la concreción y habilidad en la colocación de piedras, estas bóvedas requerirían una mano especializada y técnica (actividad y técnicas locales), como canteros versados, que fuera capaz de lograr la homogeneidad observable.</p> | | |
|  | |  |
| <p>Fotografía: José Luis Sáinz Guerra. Dibujo: Elaboración propia. Referencias: SÁINZ GUERRA, J.L. (2012). <i>Edificios y conjuntos de la arquitectura popular en Castilla y León</i>. MILETO, C. et al. (2009). <i>Earthen Domes et Habitats</i>.</p> | | |
| CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD | | |
| D. MEDIOAMBIENTAL | D. SOCIOCULTURAL | D. SOCIOECONÓMICA |
| RESPETO NATURALEZA | PERSONALIDAD | AUTONOMÍA |
| INTEGRACIÓN | CREATIVIDAD | ACTIVIDADES LOCALES |
| CONTAMINACIÓN | CULTURA CONSTRUCTIVA | AHORRO DE MATERIAL |
| CALIDAD DE VIDA | VALORES INTANGIBLES | VIDA DE LA CUBIERTA |
| MINIMIZAR RIESGOS | | |
| <p>■ DESTACADO ■ SE APLICA ■ NO SE APLICA</p> | | |

| LA CUBIERTA TRADICIONAL | | |
|---|---------------------------------|---------------------|
| FICHA N° | SITUACIÓN | |
| 07 | Roblelacas, Guadalajara, ESPAÑA | |
| TIPOLOGÍA | MATERIAL Y TÉCNICA | |
| Vivienda | Pizarra, Madera | |
| DESCRIPCIÓN | | |
| <p>Localizado en una pedanía de Campillo de Ranas, observamos algunos de los mejores ejemplos de cubiertas <i>negras</i>, conocidas de esta forma por el color que le otorga el uso masivo de la pizarra, material que se encuentra en abundancia en el entorno próximo del cual es extraído directamente.</p> <p>Este material es una respuesta a las condiciones climatológicas locales, siendo un clima de gran dureza en los inviernos, por lo que se apuesta por una solución hermética y compacta que evite huecos y fisuras.</p> <p>La cubierta se construye a través de la sucesiva colocación de lajas de este mineral, fijada mecánicamente a la estructura de madera (generalmente chopo, pino u olmo, especies autóctonas), buscando el solape adecuado para garantizar la conducción adecuada del agua y su impermeabilidad.</p> | | |
| <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p>Fotografía: http://www.pueblosarquitecturanegra.es/campillo-de-ranas/roblelacas/ Referencias: https://elblogdefarina.blogspot.com.es/2011/09/paisaje-rural-y-arquitectura-popular.html</p> | | |
| CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD | | |
| D. MEDIOAMBIENTAL | D. SOCIOCULTURAL | D. SOCIOECONÓMICA |
| RESPECTO NATURALEZA | PERSONALIDAD | AUTONOMÍA |
| INTEGRACIÓN | CREATIVIDAD | ACTIVIDADES LOCALES |
| CONTAMINACIÓN | CULTURA CONSTRUCTIVA | AHORRO DE MATERIAL |
| CALIDAD DE VIDA | VALORES INTANGIBLES | VIDA DE LA CUBIERTA |
| MINIMIZAR RIESGOS | | |
| DESTACADO SE APLICA NO SE APLICA | | |

| LA CUBIERTA TRADICIONAL | | |
|--|---|---------------------|
| FICHA N° | SITUACIÓN | |
| 08 | Almonacid de la Cuba, Zaragoza, ESPAÑA | |
| TIPOLOGÍA | MATERIAL Y TÉCNICA | |
| Vivienda | Teja, Cañizo | |
| DESCRIPCIÓN | | |
| <p>Una de las variantes que podemos encontrar en la cubierta de teja es aquella con entramado de cañizo, una solución habitual en Almonacid de la Cuba.</p> <p>Se trata de una cubierta a dos aguas, una de las cuales vierte a la fachada principal de la vivienda. Para evitar la esconrrentía por el cerramiento, se realiza una prolongación de la cubierta (aleros) que supongan una interrupción del recorrido.</p> <p>La estructura es de vigas de madera, sobre las cuales recaen diversos maderos paralelos a la pendiente, que servirán de apoyo para el entramado de cañizo. Para la colocación de tejas, se dispondrá una capa de barro, y se irán colocando en primer lugar boca arriba y después al contrario.</p> | | |
|  |  | |
| <p>Fotografía: Google Maps (Almonacid de la Cuba). Dibujo: Elaboración propia. Referencias: PEIRÓ LABARTA, E.A. (2010). Repensar la arquitectura tradicional para el habitar actual.</p> | | |
| CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD | | |
| D. MEDIOAMBIENTAL | D. SOCIOCULTURAL | D. SOCIOECONÓMICA |
| RESPECTO NATURALEZA | PERSONALIDAD | AUTONOMÍA |
| INTEGRACIÓN | CREATIVIDAD | ACTIVIDADES LOCALES |
| CONTAMINACIÓN | CULTURA CONSTRUCTIVA | AHORRO DE MATERIAL |
| CALIDAD DE VIDA | VALORES INTANGIBLES | VIDA DE LA CUBIERTA |
| MINIMIZAR RIESGOS | | |
| <p>■ DESTACADO ■ SE APLICA ■ NO SE APLICA</p> | | |

| LA CUBIERTA TRADICIONAL | | |
|--|-------------------------------|--|
| FICHA Nº | SITUACIÓN | |
| 09 | Castrojimeno, Segovia, ESPAÑA | |
| TIPOLOGÍA | MATERIAL Y TÉCNICA | |
| Vivienda | Teja, Madera | |
| DESCRIPCIÓN | | |
| <p>La cubierta se realiza a través de una estructura de canecillos de madera, alternando soluciones de <i>par</i> y <i>picadero</i> u otras cerchas elementales de madera. En vez de cañizo, la teja apoya sobre un entablado de madera.</p> <p>La cubrición emplea teja segoviana o canal. Esta última es colocada a torta y lomo sobre una capa de mortero de barro de gran grosor que actúa como capa impermeable. El control de humedad lo soluciona este elemento, al actuar como un protector frente a la misma una vez caen las primeras lluvias, convirtiéndose en una especie de costra de barro. La pauta de colocación es parte ancha-estrecha-ancha.</p> <p>La recogida de aguas se deriva directamente hacia la propia calle.</p> | | |
|  | |  |
| <p>Fotografía: Google Maps (Castrojimeno). Dibujo: Elaboración propia.</p> <p>Referencias: SÁINZ GUERRA, J.L. (2012). Edificios y conjuntos de la arquitectura popular en Castilla y León.</p> | | |
| CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD | | |
| D. MEDIOAMBIENTAL | D. SOCIOCULTURAL | D. SOCIOECONÓMICA |
| RESPECTO NATURALEZA | PERSONALIDAD | AUTONOMÍA |
| INTEGRACIÓN | CREATIVIDAD | ACTIVIDADES LOCALES |
| CONTAMINACIÓN | CULTURA CONSTRUCTIVA | AHORRO DE MATERIAL |
| CALIDAD DE VIDA | VALORES INTANGIBLES | VIDA DE LA CUBIERTA |
| MINIMIZAR RIESGOS | | |
| <p>■ DESTACADO ■ SE APLICA ■ NO SE APLICA</p> | | |

| LA CUBIERTA TRADICIONAL | | |
|---|-----------------------------|---------------------|
| FICHA N° | SITUACIÓN | |
| 10 | Trevélez, Granada, ESPAÑA | |
| TIPOLOGÍA | MATERIAL Y TÉCNICA | |
| Vivienda | Launa | |
| DESCRIPCIÓN | | |
| <p>Las edificaciones pertenecientes a la región de la Alpujarra comparten una técnica constructiva de cubierta singular, conocidos como <i>terrados</i>, de solución plana y cuya protagonista es una arcilla magnésica, llamada launa, la cual procede de la pizarra y comparte cualidades impermeables y aislantes. Su pendiente está comprendida entre el 2% y el 5%.</p> <p>Esta cubierta se dispone sobre una estructura de madera, de vigas apoyadas sobre la estructura portante. Una capa de pizarra descansa sobre la madera, sobre la cual se coloca una mezcla de vegetales (típicos de la zona, como las adelfas) y barro, conocida como <i>malhecho</i>. Finalmente, depositamos la launa, que le dará a la cubierta un tono grisáceo.</p> <p>Los bordes se resuelven con lajas de pizarra, con una longitud de 10-20cm.</p> | | |
| <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p>Fotografía: http://paquita.blogspot.com.es/2014/03/viaje-granada-vii-la-alpujarra-trevez.html Referencias: MILETO, C. et al. (2015). Vernacular architecture: Towards a Sustainable Building. http://www.la-alpujarra.org/fimar/arquitectura-terrao.htm</p> | | |
| CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD | | |
| D. MEDIOAMBIENTAL | D. SOCIOCULTURAL | D. SOCIOECONÓMICA |
| RESPECTO NATURALEZA | PERSONALIDAD | AUTONOMÍA |
| INTEGRACIÓN | CREATIVIDAD | ACTIVIDADES LOCALES |
| CONTAMINACIÓN | CULTURA CONSTRUCTIVA | AHORRO DE MATERIAL |
| CALIDAD DE VIDA | VALORES INTANGIBLES | VIDA DE LA CUBIERTA |
| MINIMIZAR RIESGOS | | |
| DESTACADO SE APLICA NO SE APLICA | | |

| LA CUBIERTA TRADICIONAL | | |
|---|---|--|
| FICHA Nº | SITUACIÓN | |
| 11 | Máncher, Lanzarote, ESPAÑA | |
| TIPOLOGÍA | MATERIAL Y TÉCNICA | |
| Vivienda | Madera, Barro | |
| DESCRIPCIÓN | | |
| <p>La cubierta plana descansa en muros de dos hojas con relleno interior y un grosor aproximado de 60cm.</p> <p>Se resuelve por módulos habitacionales, ya que los muretes sobresalen a la cubierta. En estos apoyan una serie de vigas de madera escuadradas y rollizos de madera de 15cm de diámetro con entrevigado de ramas de bobo y barro (también es común entramado de tablas o astillas). Sobre esta capa se dispone una torta de barro, normalmente mezclado con paja, y posteriormente encalado para la limpieza y escorrentía del agua de precipitación.</p> <p>Y es que su tipología plana es aprovechada, dada la escasez de lluvias de la zona, para conducir el agua precipitada hasta diversos aljibes que rodean la vivienda, cada uno de diferentes escalas.</p> | | |
|  |  | |
| <p>Fotografía: Manuel Marrero del Castillo Olivares Dibujo: Elaboración propia. Referencias: MARRERO DEL CASTILLO OLIVARES, M. (2009). La graciosa, un proyecto de interés común.</p> | | |
| CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD | | |
| D. MEDIOAMBIENTAL | D. SOCIOCULTURAL | D. SOCIOECONÓMICA |
| <div style="background-color: #808080; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">RESPETO NATURALEZA</div> <div style="background-color: #808080; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">INTEGRACIÓN</div> <div style="background-color: #808080; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">CONTAMINACIÓN</div> <div style="background-color: #808080; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">CALIDAD DE VIDA</div> <div style="background-color: #808080; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">MINIMIZAR RIESGOS</div> | <div style="background-color: #808080; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">PERSONALIDAD</div> <div style="background-color: #404040; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">CREATIVIDAD</div> <div style="background-color: #404040; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">CULTURA CONSTRUCTIVA</div> <div style="background-color: #808080; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">VALORES INTANGIBLES</div> | <div style="background-color: #808080; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">AUTONOMÍA</div> <div style="background-color: #808080; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">ACTIVIDADES LOCALES</div> <div style="background-color: #808080; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">AHORRO DE MATERIAL</div> <div style="background-color: #808080; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">VIDA DE LA CUBIERTA</div> |
| DESTACADO SE APLICA NO SE APLICA | | |

| LA CUBIERTA TRADICIONAL | | |
|--|--|---------------------|
| FICHA Nº | SITUACIÓN | |
| 12 | Torrecilla de la Abadesa, Valladolid, ESPAÑA | |
| TIPOLOGÍA | MATERIAL Y TÉCNICA | |
| Refugio | Adobe, Barro | |
| DESCRIPCIÓN | | |
| <p>Los chozos de Torrecilla de la Abadesa son el resultado del uso de materiales próximos en abundancia, como lo es el barro en esta zona de Valladolid. La ausencia de madera, además, fomentó la búsqueda de técnicas humildes para los chozos locales.</p> <p>La cubierta se construye a través de una falsa bóveda de adobe, con anillos horizontales de cada vez menor diámetro, hasta confluir en el punto central. Seguidamente, se aplica un revestimiento protector de barro, que permite un mejor deslizamiento del agua y aumenta la rigidez de la bóveda. Era habitual repasar con una capa más que podía mezclarse con paja, tejas viejas u otros materiales. Esta se podía renovar periódicamente.</p> <p>Bioclimáticamente, la bóveda de adobe y barro garantiza un confort mínimo.</p> | | |
| <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p>Fotografía: Óscar Abril Revuelta. Dibujo: Elaboración propia. Referencias: ABRIL REVUELTA, O. y LASHERAS MERINO, F. (2013). Soluciones abovedadas en la arquitectura rural de Tierra de Campos: los domos de adobe en chozos y casetas.</p> | | |
| CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD | | |
| D. MEDIOAMBIENTAL | D. SOCIOCULTURAL | D. SOCIOECONÓMICA |
| RESPECTO NATURALEZA | PERSONALIDAD | AUTONOMÍA |
| INTEGRACIÓN | CREATIVIDAD | ACTIVIDADES LOCALES |
| CONTAMINACIÓN | CULTURA CONSTRUCTIVA | AHORRO DE MATERIAL |
| CALIDAD DE VIDA | VALORES INTANGIBLES | VIDA DE LA CUBIERTA |
| MINIMIZAR RIESGOS | | |
| DESTACADO SE APLICA NO SE APLICA | | |

3.8 Esquema resumen

| | CUBIERTA MODERNA | CUBIERTA TRADICIONAL |
|------------------------------------|--|---|
| RESPECTO DE LA NATURALEZA | Extracción invasiva, alto coste de recursos, maquinaria y desplazamiento. | Extracción local, escasez de recursos y desplazamientos. |
| IMPLANTACIÓN/ INTEGRACIÓN | Inexistente, materiales universales y soluciones estandarizadas. | Máxima, materiales locales minimizan la huella en el paisaje. |
| RESIDUOS Y CONTAMINACIÓN | Alta. Transformación material compleja, traslados numerosos y difícil reciclado. | Baja. Transformación material escasa, local, y fácil reciclado. |
| CALIDAD DE VIDA | Las emisiones derivadas de su transformación reducen la calidad del aire. | Las actividades de extracción y ejecución respetan el hábitat. |
| MINIMIZAR RIESGOS NATURALES | Las emisiones afectan al calentamiento global del planeta y a su naturaleza. | Controla el uso de recursos sin comprometer el futuro. |

Figura 34. Potenciales lecciones de sostenibilidad en la dimensión medioambiental.

Fuente: Elaboración propia.

| | CUBIERTA MODERNA | CUBIERTA TRADICIONAL |
|-----------------------------|---|--|
| PERSONALIDAD | Impersonal, soluciones estándares para localizaciones diferentes. | Personal, resultado de los materiales y técnicas autóctonas. |
| CREATIVIDAD | Las técnicas modernas definen las pautas constructivas a seguir. | Ausencia de tecnología fomenta la creatividad e ingenio. |
| CULTURA CONSTRUCTIVA | Reflejo la cultura constructiva contemporánea globalizada. | Es testimonio de procesos constructivos y cultura local. |
| VALORES INTANGIBLES | Herencia de los materiales modernos resultados de la revolución industrial. | Belleza y arte fruto del trabajo artesanal y la cohesión social. |

Figura 35. Potenciales lecciones de sostenibilidad en la dimensión sociocultural.

Fuente: Elaboración propia.

| | CUBIERTA MODERNA | CUBIERTA TRADICIONAL |
|----------------------------|--|--|
| AUTONOMÍA | La ejecución depende de constructoras y empresas especializadas. | La autoconstrucción es habitual. |
| ACTIVIDADES LOCALES | Capital globalizado, dependencia de la industria. | Su promoción mantiene la elaboración y técnicas artesanales. |
| AHORRO DE MATERIAL | Requiere de gran variedad de materiales. | Escasez de materiales, se busca la máxima eficiencia. |
| VIDA DE LA CUBIERTA | Reemplazo y conservación compleja, uniones permanentes. | Reemplazo y renovación sencilla, uniones en seco. |

Figura 36. Potenciales lecciones de sostenibilidad en la dimensión socioeconómica.

Fuente: Elaboración propia.

4_CUBIERTAS TRADICIONALES Y APLICACIÓN CONTEMPORÁNEA

Una vez evidenciados los importantes beneficios en términos de sostenibilidad de la cubierta resuelta tradicionalmente, no es de extrañar que se conviertan en fuente de inspiración para muchos arquitectos a la hora de desarrollar un mundo más solidario con el medio. Las soluciones son muy diversas y con mayor o menor acierto en función de su adaptación al mundo tecnológico moderno.

4.1 La cubierta vegetal o verde

Se entiende como cubierta vegetal aquella que, “*plana o inclinada, soporta vegetación*” (Dvorak, 2010). Probablemente se trata de la cubierta que mayor interés suscita en el contexto actual como elemento de mejora de eficiencia energética, dada su colaboración en el ahorro de energía. Su origen se remonta a tiempos inmemoriales y culturas muy diferentes, como resultado de la escasez económica o de tradiciones muy arraigadas propias de áreas rústicas. Al contrario del pensamiento que las relaciona con construcciones modernas, ha tenido un desarrollo lógico con el paso del tiempo, desde construcciones de gran sencillez hasta su evolución para usarse en vivienda, empleando técnicas resultado de tradiciones constructivas transmitidas entre generaciones.

Las primeras construcciones conocidas de cubierta vegetal datan del neolítico, cuya función principal no era habitable, sino funeraria. Ya en la edad media, los Países Escandinavos e Islandia comenzaron a emplear cubiertas vegetales de manera habitual en las viviendas, siendo considerados estos los prototipos de la cubierta vegetal moderna.

Una de las construcciones tradicionales primigenias en el uso del manto vegetal como cubierta eran los denominados **chozos** que, como se ha visto anteriormente, son edificaciones generalmente usadas por pastores y agricultores para refugiarse de las inclemencias del tiempo y pernoctar junto al rebaño. La geometría acostumbraba a ser circular o semicircular, con el fin de controlar la conducción del agua de lluvia para evitar su penetración en el interior del mismo. Era usual el aprovechamiento de los desniveles del terreno para seleccionar su ubicación, disponiendo muros de piedra de cierta complejidad y distintas soluciones de cubierta, desde la cubrición con tierra que propiciaba el nacimiento de hierba por toda su superficie, hasta el rollizo de madera, paja o ramaje. De esta manera, se ahorraba esfuerzo y material en la construcción de testeros, ya que los proporcionaba el propio terreno, junto a múltiples beneficios como la protección frente al viento y la mimetización con el entorno natural (siendo casi una prolongación de la ladera).

En muchas áreas y regiones rurales donde las circunstancias económicas y rentas de las clases sociales más bajas eran más humildes se mantuvo esta tradición a lo largo del tiempo, incapaces de adquirir tejas o maderas de mayor durabilidad. En zonas de mayor desarrollo, no obstante, la aparente fragilidad de las cubiertas así como la nula protección frente al fuego propiciaron su desuso rápidamente frente a la cerámica.

Es a partir del siglo XIX, en Alemania, cuando nace la cubierta vegetal moderna¹, inspirada de los conceptos tradicionales pero con nuevas tecnologías basadas en capas impermeables (que provenían del consumo de carbón y diversos productos alquitranados) sobre las cuales depositar gravas y arenas para propiciar la aparición natural de especies vegetales. La toxicidad de los alquitranes dotaba de la resistencia necesaria para contener las raíces que ser fueran desarrollando.

¹ El diseño inicial fue de Samuel Häuslen, y recibió el nombre de Holzzementdach.

Sin embargo, la cubierta vegetal como la entendemos actualmente no aparecerá hasta el siglo XX, destacando acontecimientos como el edificio Rockefeller Center en los años 30 pese a que su auge se consolidaría en la década de los 60.

En la actualidad, la composición consiste de un sustrato de tierra, una capa filtrante, una capa drenante, capa anti raíces, membrana de protección, capa absorbente y aislamiento, aunque existen muchas variaciones en el uso y composición de las mismas. Nos encontramos por tanto frente a soluciones que mantienen el manto vegetal pero que requieren de materiales plásticos y bituminosos de gran procesado y elaboración globalizada que entra en conflicto con algunos de los principios sostenibles analizados anteriormente. No obstante, existen ejemplos constructivos que minimizan estos impactos a través del reciclaje, obteniendo edificaciones de gran valor sostenible, como la Academia de las Ciencias de California.

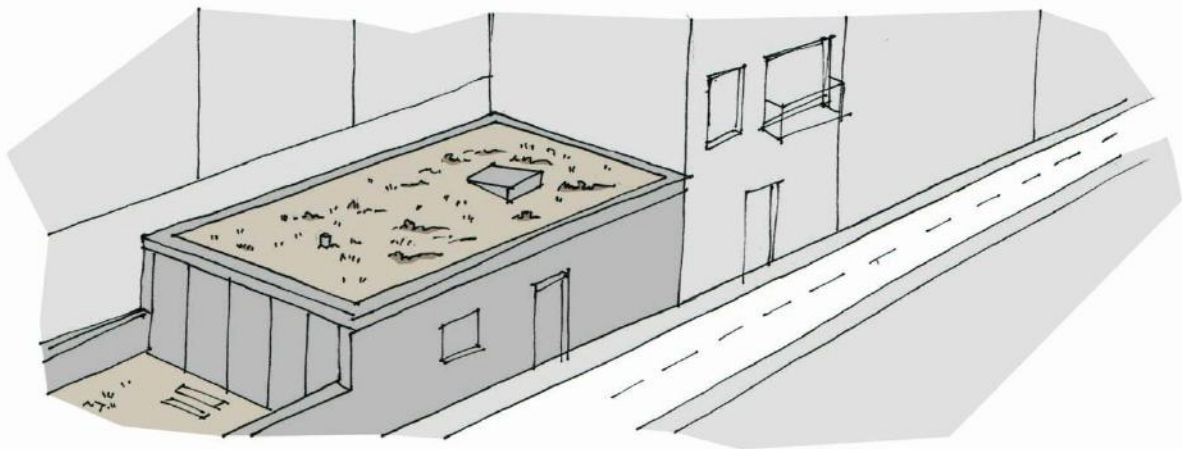


Figura 37. La cubierta vegetal moderna en enclaves urbanos.

Fuente: Elaboración propia.

Entre las principales virtudes de estas cubiertas hallamos la reducción de calor excesivo en el edificio (**regulador de temperatura**), el control del efecto isla de calor (ya que estas cubiertas usan el exceso de calor para evaporar agua), reducción de la escorrentía de agua de precipitación (retenida y absorbida por el sustrato), absorción de dióxido de carbono y filtro de otras partículas contaminantes, mejora de los valores estéticos y recreativos, creación de vida salvaje en el hábitat y reducción de la contaminación acústica (Dunnett & Kingsbury, 2004). Además, se produce un alargamiento de la vida de las cubiertas, ya que sus materiales están protegidos de los agentes atmosféricos que los degradan, como el agua o la exposición al calor².

Socialmente, existe una tendencia mayoritaria que prefiere la apariencia natural y verde frente a las duras vistas de hormigón y cerámica que predominan en la ciudad. Si bien el coste inicial es más elevado que una cubierta convencional, puede suponer un ahorro a largo plazo en gasto energético requerido para el correcto acondicionamiento y confort del usuario.

Por todo ello, se convierte en una opción muy recomendable en la construcción actual.

² Magill, J. D.; Midden, K.; Groninger, J. and Therrell, M. (2011). "A History and Definition of Green Roof Technology with Recommendations for Future Research".

4.1.1 Ejemplos de cubiertas vegetales contemporáneas

| LA CUBIERTA CONTEMPORÁNEA | | |
|--|-------------------------------|---|
| FICHA N° | SITUACIÓN | |
| 13 | San Francisco, ESTADOS UNIDOS | |
| TIPOLOGÍA | MATERIAL Y TÉCNICA | |
| Museo | Vegetación, Acero reciclado | |
| DESCRIPCIÓN | | |
| <p>Arquitectos: Renzo Piano Building Workshop & Stantec Architecture .</p> <p>El museo de la Academia de las Ciencias de California es uno de los edificios más sostenibles de la arquitectura moderna. El elemento más significativo es su cubierta ondulada de 10.000m² de superficie verde con 1,7 millones de plantas autóctonas que no requieren de riego. Se monta sobre una estructura de acero 95% reciclado.</p> <p>La cubierta dispone placas fotovoltaicas y sistemas de recogida de aguas para garantizar el mínimo consumo de energía (hasta un 35% menos que el que establece la ley). La entrada de luz natural y la regulación de temperatura por la vegetación se complementan para alcanzar estos rendimientos.</p> <p>El 20% de los materiales locales fueron transformados a pocos kilómetros.</p> | | |
|  | |  |
| <p>Fotografía: <i>Shunji Ishida.</i> Referencias: http://www.rpbw.com/project/68/california-academy-of-sciences/</p> | | |
| CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD | | |
| D. MEDIOAMBIENTAL | D. SOCIOCULTURAL | D. SOCIOECONÓMICA |
| RESPECTO NATURALEZA | PERSONALIDAD | AUTONOMÍA |
| INTEGRACIÓN | CREATIVIDAD | ACTIVIDADES LOCALES |
| CONTAMINACIÓN | CULTURA CONSTRUCTIVA | AHORRO DE MATERIAL |
| CALIDAD DE VIDA | VALORES INTANGIBLES | VIDA DE LA CUBIERTA |
| MINIMIZAR RIESGOS | | |
| <p>■ DESTACADO ■ SE APLICA ■ NO SE APLICA</p> | | |

| LA CUBIERTA CONTEMPORÁNEA | | |
|--|-----------------------|---------------------|
| FICHA Nº | SITUACIÓN | |
| 14 | Rudrapur, BANGLADESH | |
| TIPOLOGÍA | MATERIAL Y TÉCNICA | |
| Escuela | Bambú, Chapa de acero | |
| DESCRIPCIÓN | | |
| <p>Arquitectos: Anna Heringer, Eike Roswag</p> <p>La escuela autoconstruida METI surge de la necesidad de mejorar la vida de las áreas rurales. Para el diseño de la misma, se hace uso de los materiales que abundan en el entorno, como el bambú o la tierra, además de fomentar las técnicas constructivas formando obreros que sean capaces de perpetuarlas.</p> <p>La cubierta se realiza con chapa metálica apoyada sobre vigas de bambú (resultado de la unión de cuatro palos de bambú en vertical), que se proyecta generando aleros para la protección frente a la lluvia y el sol. Una serie de rigidizadores diagonales contribuyen al entramado de vigas para salvar el voladizo. En relación a las precipitaciones, la cubierta a un agua es nivelada para asegurar la escorrentía.</p> | | |
| <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p>Fotografía: Kurt Hoerbst. Referencias: http://www.archdaily.com/51664/handmade-school-anna-heringer-eike-roswag</p> | | |
| CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD | | |
| D. MEDIOAMBIENTAL | D. SOCIOCULTURAL | D. SOCIOECONÓMICA |
| RESPETO NATURALEZA | PERSONALIDAD | AUTONOMÍA |
| INTEGRACIÓN | CREATIVIDAD | ACTIVIDADES LOCALES |
| CONTAMINACIÓN | CULTURA CONSTRUCTIVA | AHORRO DE MATERIAL |
| CALIDAD DE VIDA | VALORES INTANGIBLES | VIDA DE LA CUBIERTA |
| MINIMIZAR RIESGOS | | |
| DESTACADO SE APLICA NO SE APLICA | | |

4.2 La cubierta de paja

La paja de los cereales, cañas y juncos de los estanques también fueron unos de los materiales básicos en la elaboración de cubiertas tradicionales. Se clasifican en esta tipología todas aquellas estructuras cubiertas con vegetación seca dispuestas en capas sucesivas y con una pendiente mínima de 45°, independientemente de la forma, salvo soluciones convexas.

Era un material usual en economías de subsistencia o bajo poder adquisitivo, por lo que la eficiencia y coste era óptima en términos sostenibles. Su obtención es sencilla y cercana, sin transporte necesario, y con transformación mínima. En España, esta cubierta dominó el norte de la cuenca mediterránea, logrando un excelente estado de armonía con el paisaje.

La cubierta de paja es una construcción ligera, resultado del corte en hilos de diferentes longitudes, que puede ser revestida o no posteriormente mediante materiales naturales, no procesados (salvo la cal, que era empleada ocasionalmente). Es por su peso que permite estructuras de madera portantes de sección mínima, con el consiguiente ahorro de materiales naturales y gasto económico. Para garantizar la estanqueidad del agua, debía evitarse cualquier tipo de hueco que permitiera su penetración, ideando así un método de construcción que comenzaba desde los aleros hasta la parte superior³, además de *peinarse* con un rastrillo manual que eliminase hojas secas.

La paja se utiliza como **aislante térmico y acústico**. Su efectividad es buena, dependiendo del grosor de la capa aislante (tradicionalmente comprendido entre 50 y 80cm, más el derivado de mantenimientos o renovaciones posteriores). Frente a temperaturas del norte de España, la paja dispone variaciones térmicas de aproximadamente 10° tanto en invierno como en verano, obteniendo una temperatura media de 17-18°, la cual contribuye a un control de los recursos artificiales necesarios para el acondicionamiento térmico⁴.

Se trata de una construcción especialmente sostenible por su fácil **renovación**, ya que el tiempo de maduración y crecimiento del material es corto. Al ser una fibra sobrante (residuo) de la recolección del trigo o centeno, los costes energéticos para su obtención son prácticamente nulos, al igual que su contaminación y manipulación. Además, puede usarse casi cualquier tipo de materia vegetal, autóctona o invasora.

También actúa como impermeabilizante, conduciendo el agua de lluvia lejos del interior gracias a su pendiente, y permite la transpiración, eliminando la humedad y filtrando el humo de los fuegos proveniente del interior.

El principal inconveniente es la baja resistencia al fuego, la cual se puede paliar en parte a través de revestimientos con materiales como el mortero o el barro, que aumenta los minutos de evacuación estimados según se ha observado en diversos estudios (alcanzando los 90 minutos). Otra solución actual consiste en el pretensado de fardos de paja que limita la cantidad de oxígeno disponible en su interior para mermar su propagación. Es uno de los motivos principales que propició la progresiva desaparición de la técnica constructiva.

El mantenimiento es otro inconveniente, ya que la cumbre debe ser revisada cada 8-10 años para garantizar su correcto funcionamiento (su condición de material biológico lo hace sensible a la pudrición/descomposición); no obstante, con el mismo, una cubierta de paja puede llegar a funcionar hasta más de 50 años.

³ Cooper, F.W. y Morgan, W.E.C. (1988). "The Thatcher's Craft".

⁴ Molina, M. y Fernández, P. (2013). "Evolución del comportamiento térmico en viviendas tradicionales de piedra y cubierta de paja. Puesta en valor de un modelo sostenible en el noroeste de España".

4.2.1 Ejemplos de cubiertas de paja contemporáneas

| LA CUBIERTA CONTEMPORÁNEA | | |
|--|-----------------------------------|---------------------|
| FICHA Nº | SITUACIÓN | |
| 15 | Naturum Tåkern, Väderstad, SUECIA | |
| TIPOLOGÍA | MATERIAL Y TÉCNICA | |
| Centro de interpretación | Paja, Madera | |
| DESCRIPCIÓN | | |
| <p>Arquitectos: Gert Wingårdh, Jonas Edblad.</p> <p>La cubierta de paja resuelve el centro de visitantes en Väderstad. Se trata de un refugio al aire libre que permite la entrada y salida de aves, que toma este material para reutilizar las cañas de la cosecha primaveral (unas 36 millones de cañas), además de la piedra caliza de Borghamn que también abunda en la zona. Mantiene con ello el uso de la paja como material de cubierta, resolviendo la cresta con un diseño moderno de vidrio.</p> <p>La paja es un material fácilmente renovable en caso de ser dañado, lo que le da una vida útil de más de 50 años. Además se le dota de un espesor de más de 25cm de paja y 20cm de aislamiento, haciendo acogedor el refugio. Como medida contra incendios, se ha colocado sobre un entablado sólido, de tal forma que el oxígeno no pueda llegar por debajo para alimentar un fuego. La técnica no es tradicional, por lo que la paja sería únicamente un revestimiento.</p> | | |
| <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> | | |
| <p>Fotografía: Åke Eson Lindman. Referencias: http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/627980/naturum-takern-wingardhs</p> | | |
| CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD | | |
| D. MEDIOAMBIENTAL | D. SOCIOCULTURAL | D. SOCIOECONÓMICA |
| RESPECTO NATURALEZA | PERSONALIDAD | AUTONOMÍA |
| INTEGRACIÓN | CREATIVIDAD | ACTIVIDADES LOCALES |
| CONTAMINACIÓN | CULTURA CONSTRUCTIVA | AHORRO DE MATERIAL |
| CALIDAD DE VIDA | VALORES INTANGIBLES | VIDA DE LA CUBIERTA |
| MINIMIZAR RIESGOS | | |
| DESTACADO SE APLICA NO SE APLICA | | |

| LA CUBIERTA CONTEMPORÁNEA | | |
|--|---|--|
| FICHA Nº | SITUACIÓN | |
| 16 | Badung, Bali, INDONESIA | |
| TIPOLOGÍA | MATERIAL Y TÉCNICA | |
| Laboratorio / educación | Paja, Bambú | |
| DESCRIPCIÓN | | |
| <p>Arquitectos: PT Bambu. The Green School es un gran laboratorio en el valle del río Ayung.</p> <p>La cubierta de paja y bambú tiene un fin educativo para la comunidad de Badung, y es mostrar un proyecto de vida sustentable trabajando los materiales propios de la región. La sustitución de la madera por el bambú busca frenar la explotación de selvas tropicales, además de promocionar la actividad de expertos locales en tratamiento de bambú sostenible.</p> <p>Cada espacio, con programas determinados de aulas, gimnasios, salas de reunión, cafetería, etc. dispone una cubierta propia, de diseño helicoidal a través de las cañas de bambú y finalizada en paja, con técnicas locales de construcción.</p> | | |
|  | |  |
| <p>Fotografía: PT Bambu. Referencias: http://www.archdaily.com/81585/the-green-school-pt-bambu</p> | | |
| CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD | | |
| D. MEDIOAMBIENTAL | D. SOCIOCULTURAL | D. SOCIOECONÓMICA |
| <p>RESPECTO NATURALEZA</p> <p>INTEGRACIÓN</p> <p>CONTAMINACIÓN</p> <p>CALIDAD DE VIDA</p> <p>MINIMIZAR RIESGOS</p> | <p>PERSONALIDAD</p> <p>CREATIVIDAD</p> <p>CULTURA CONSTRUCTIVA</p> <p>VALORES INTANGIBLES</p> | <p>AUTONOMÍA</p> <p>ACTIVIDADES LOCALES</p> <p>AHORRO DE MATERIAL</p> <p>VIDA DE LA CUBIERTA</p> |
| <p>■ DESTACADO ■ SE APLICA ■ NO SE APLICA</p> | | |

4.3 La cubierta de madera

Junto a la paja y la vegetación, la madera fue otro de los recursos locales naturales de mayor uso en cubiertas tradicionales, especialmente como sistema de apoyo y estructural. Ha tenido otros usos, aunque muy minoritarios, como revestimiento de las cubiertas, a través de las ripias de madera.

En su naturaleza, es una materia sostenible, dado que se genera de forma natural a través de la propia energía solar, y su transformación es mucho menos costosa energéticamente que otros materiales modernos. No obstante, la industria contemporánea ha asentado medios de explotación muy invasivos con los bosques y selvas, por lo que es esencial retomar el consumo responsable de este recurso, a través de plantaciones sustentables y un mayor control del sector.

Su principal ventaja en el diseño es la **flexibilidad y adaptabilidad**, que permite la construcción de formas muy variadas en función de las necesidades de la misma. Es testigo de múltiples soluciones estructurales de cubierta determinadas por su situación geográfica, adaptándose a cubiertas planas e inclinadas y a repartos de carga de diferentes tipos, por lo que su reproducción y conservación actual mantiene viva la memoria colectiva.

Contribuye de forma muy eficiente a generar un ambiente saludable, confortable, manteniendo la calidad del aire interior. Esto se debe a su respiración natural, que actúa como regulador de humedad contenida en el ambiente. La absorción y expulsión de esta humedad es capaz de prevenir múltiples problemas de salud que pueden derivar de la misma, como el reuma o los daños en las vías respiratorias. Además, aísla térmica y acústicamente, lo que disminuye la aparición de puentes térmicos, mantiene un ambiente fresco en verano y templado en invierno y reduce el gasto energético necesario para alcanzar un estado total de confort. Aplicado en construcciones actuales, es capaz de mitigar en un 50-60% la demanda de calefacción, más aún cuando se combina con otros aislantes naturales como la lana de roca, de oveja, de algodón reciclado, etc.

Es un material muy resistente al fuego, pese a ser inflamable. Garantizar una adecuada evacuación es muy importante para el usuario, y hoy en día sigue siendo una opción viable en el desarrollo de estructuras. Su resistencia a las tracciones le convierte también en un buen antisísmico.

Otra de sus mayores virtudes es su carácter **reciclable, reutilizable y recuperable**. Al permitir un montaje rápido en seco, se eliminan puentes térmicos y se pueden extraer y reponer las piezas dañadas, además del notable ahorro en tiempos y costes. El mantenimiento del color original es sencillo, ya que una hidratación adecuada elimina toda alteración cromática que haya sufrido.

Al ser un material biológico, una de las principales contraprestaciones de su uso es el necesario mantenimiento de su salud, pues es fácilmente afectada por los ataques de **xilófagos**. Mientras que los anóbidos y capricornios no comprometen fácilmente el material (pues se observan a simple vista y son de sencillo tratamiento), las termitas afectan directamente a su resistencia mecánica y no son observables por su fotofobia, siendo un gran problema para la madera una vez afectada.

En la actualidad, el uso de la ripia para la cubrición es casi inexistente, y las estructuras siguen en un segundo plano frente al hormigón y el acero.

4.4 La cubierta de tierra

La tierra es una materia abundante en gran parte de territorios esencialmente humildes, los cuales la han explotado en mayor medida. La tipología más reproducida a nivel internacional son los domos construidos esencialmente con adobe, revestidos posteriormente con barro para facilitar la escorrentía de la lluvia y garantizar su conservación. En el caso de España, encontramos también arcillas magnéticas en la región de la Alpujarra⁵, o *launa*, al igual que la *lágüena* (muy similar a la *launa* pero procedente de la piedra filita en lugar de la pizarra, especialmente utilizada en la región de Murcia⁶) son algunos ejemplos observados. En Canarias encontramos la cubierta con *torta de tierra*, en las islas más orientales. Sin embargo, hoy en día apenas se utiliza para la cubierta de la arquitectura contemporánea.

Pese a su incapacidad de soportar elevadas tensiones, se trata de un material que mezclado de forma adecuada (controlando las proporciones de arcilla y arena para limitar su hinchazón así como su permeabilidad), es capaz de adquirir gran resistencia y dureza, lo que lo hace viable para determinadas situaciones. Además, es necesaria la aplicación de cal o cemento, para dotarle de la inalterabilidad necesaria ante el agua. Así, se consigue una mezcla que no requiere demasiado mantenimiento y que disfruta de ventajas frente al hormigón como la incapaz de quebrar por la corrosión de su armado⁷.

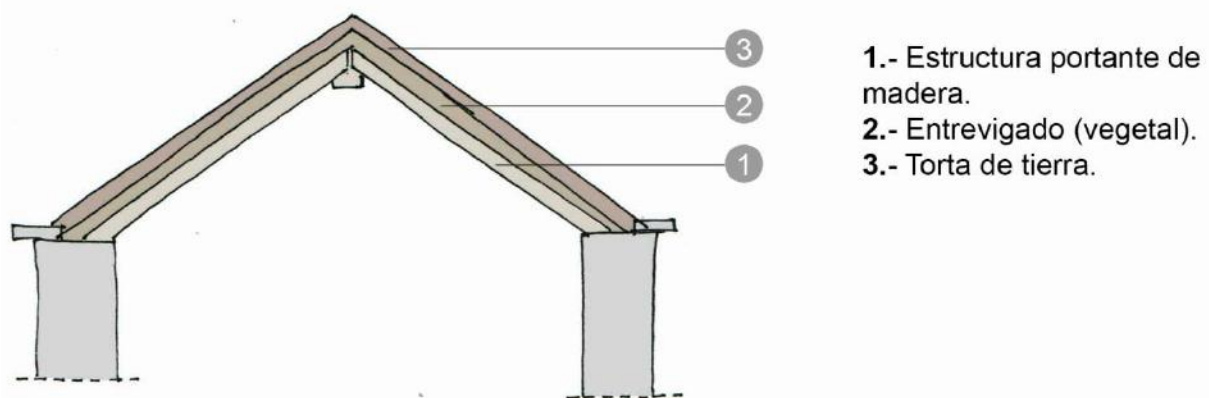


Figura 38. Cubierta a dos aguas resuelta con torta de tierra en Canarias.

Fuente: GUIGOU FERNÁNDEZ, C. *Construir con tierra*.

Es un material sostenible, pues es parte de la naturaleza, y su construcción no hace sino aportar materia natural al medio, sin transformaciones complejas (no requiere combustibles) ni extracciones invasivas (es fácil y barato de obtener localmente), además de no ser de difícil reciclado (si no está contaminada, es posible integrarla totalmente en la naturaleza una vez derruida). Ofrece soluciones en perfecta mimesis con su entorno. Esta sencillez tan característica de los materiales tradicionales la hace proclive a la autoconstrucción, fomentando las actividades locales y la autonomía de las regiones. Además, es mal conductor de las vibraciones y tiene gran **inercia térmica**, aislando termo-acústicamente para garantizar un confort mínimo. Su respiración natural, al igual que la madera, permite la regulación de la humedad, evitando condensaciones⁸.

Es un reflejo de su abundancia en un medio concreto, lo que le dota de una personalidad muy superior a la que pueda transmitir el clónico hormigón. Se trata de una belleza autóctona de gran valor histórico que conviene mantener vivo.

⁵ López, J.A. (1997). "Guía rápida, fácil y entretenida para comprender la arquitectura popular de la Alpujarra".

⁶ Mileto, C. et al. (2014). "Vernacular architecture towards a Sustainable future".

⁷ Guigou, C. (2005). "Construir con tierra".

⁸ Referencia: <http://www.terra.org/categorias/articulos/construir-con-tierra>

4.5 La cubierta de piedra

Se trata de aquellas que se realizan a través de la colocación de piedras una sobre la otra (en seco o con ayuda de argamasas) a modo de hileras, ganando verticalidad gradualmente. Las cubiertas de piedra se han observado desde las civilizaciones primigenias, normalmente con valor religioso. La creciente existencia de trabajos relacionados con la agricultura y la ganadería propició la construcción de multitud de construcciones con cubierta de piedra, ya que extraían la materia directamente del entorno. Pese a su habitual uso hasta épocas recientes, en la actualidad se encuentran en un estado de abandono que amenaza la desaparición de nuestros valores etnográficos (acelerado por la pérdida de actividad de dichos sectores de trabajo).

Otro tipo de soluciones más elaboradas en cubierta se han encontrado en viviendas, como en la Comarca de las Cinco Villas (Aragón), las cuales se resolvían con cubiertas de *losas* de piedra (extraídas con gran dificultad en *loseras*, en lugar del entorno inmediato), que fueron cayendo en desuso dada la escasez de *loseras*, de trabajadores formados en el oficio y las constantes filtraciones que sufrían. En la arquitectura contemporánea, el uso de la piedra en la cubierta es prácticamente inexistente.

La principal característica buscada en la piedra era su resistencia mecánica y su dureza. La diversidad de tamaños y formas era aprovechada para su combinación, permitiendo calzar las más grandes, y otorgando una mayor solidez al muro. Pueden ser o no revestidas con tierra u otros materiales para potenciar sus características impermeables o aislantes (pese a la pérdida de valor estético)⁹. Es materia muy sostenible dada su facilidad de obtención, directamente de la naturaleza, de suministro inagotable, al encontrarse en grandes concentraciones y abarcando enormes extensiones. No deja rastro alguno de contaminación y su reciclabilidad es absoluta, pues una vez no es necesario es devuelto a la naturaleza.

El interés mayor a nivel de sostenibilidad de la cubierta de piedra es a nivel sociocultural: el mantenimiento de la técnica y la memoria de quienes lo utilizaron, dado que su empleo en el contexto actual es muy limitado, ya que por sí sola son muchas las dificultades para garantizar un confort y una calidad de vida moderna. La técnica resulta del ejercicio creativo, de la necesidad de solucionar un problema con aquello a lo que tenemos acceso (fomentaba en gran medida la autoconstrucción y la autonomía de los pobladores de un determinado hábitat). La experimentación y el error, ha conseguido depuradas habilidades en sus constructores que han sido transmitidas de generación en generación. El virtuosismo de estos conocimientos debería ser proyectado, para no sufrir su pérdida y el consiguiente retraso cultural¹⁰.



Figura 39. Cubiertas de piedra sólo han tenido aplicación en refugios del sector primario.
Fuente: *Earthen domes et habitats. Villages of northern Syria. An architectural tradition shared by east and west*, pág. 110. (Autores: Camilla Mileto et al.).

⁹ Peiró, E.A. (2010). "Repensar la arquitectura tradicional para el habitar actual".

¹⁰ Zaragoza, A. (2005). "La arquitectura popular de piedra en seco como memoria cultural".

4.6 Cubierta de teja

La solución de cubierta de teja es el sistema de cubrición más extendido para cubrir faldones de cubierta. Aparece resultado de la búsqueda de nuevas formas de protegerse de las inclemencias meteorológicas, con el progresivo dominio de las técnicas de alfarería. Su nacimiento comenzó a eclipsar las soluciones tradicionales de la época, como la paja y la vegetal, especialmente en las zonas de mayor desarrollo, lejos del ámbito rural. Progresivamente, la eficiencia y ventajas que proporcionaba la cerámica hicieron que se extendiera también en dichas áreas.

A lo largo de la historia se han desarrollado gran diversidad de tejas, en función de las épocas, culturas o religiones, aunque su uso fue similar. Uno de los mayores avances recayó en la invención de la teja árabe, que resolvía todos los problemas de una cubierta con una misma pieza (canales, cobijas, cumbreras y limas). En el contexto actual, encontramos la teja curva, plana y mixta para distintas soluciones.

Los avances de la teja son notorios: se alcanza una impermeabilización más eficaz, por las características del propio material y por las posibilidades que ofrecen los solapes de la canal y la cobija. Se trata de un material aislante térmica y acústicamente, que resiste fácilmente a las heladas y es estanco al aire, lo que contribuye a ahorrar energía para el acondicionamiento. Además está clasificado como no combustible al fuego, no emitiendo gases ni humos, siendo esta una de las ventajas determinantes frente a la paja. Todo esto lo convierte en un producto duradero y de poco mantenimiento, con el consiguiente ahorro de recursos futuros.

Dada la versatilidad que otorga, la teja se ha convertido en un elemento distintivo de la región en la que se encuentra. Se encuentran tonalidades muy diversas, en función de la composición cerámica, así como formas o disposiciones. Ejemplos de ello son: la teja árabe, que alterna canales y cobijas, con un solape que puede llegar hasta la mitad de la teja; la teja plana, cuyo solape se realiza por resaltes transversales, manteniendo la acanaladura longitudinal; o la teja segoviana, que es distintiva de la región por usar únicamente la pieza de canal para resolver toda la cubierta, lo que realza valores identitarios y la **cultura constructiva** propia¹¹.

Es un material reciclable y renovable, pues la materia prima con la que se elabora son arcillas extraídas en canteras que se han cocido tras su molienda, amasado y moldeo. Algunas arquitecturas contemporáneas, como las de Wang Shu, reivindican la teja tradicional y las reutiliza para la formación de sus cubiertas¹².

Como principal contraprestación, cabe destacar el complejo montaje, que requiere mano de obra especializada en estas piezas cerámicas, lo cual encarece la construcción (pese a ser un material barato). Al ser un material de gran fragilidad, en caso de ser afectada y necesaria su sustitución, basta con actuar sobre las piezas dañadas, requiriendo nuevamente la mano de obra cualificada para ello.

Por todo ello, sigue siendo la opción de cubierta más extendida para las soluciones inclinadas, especialmente localizables en los climas más lluviosos. No obstante, la práctica generalizada se ha modificado, industrializando su fabricación y empleando aislantes e impermeabilizantes procesados y modernos, en lugar del cañizo o el barro, viéndose así reducidos los valores de extracción y transformación local y aumentando los costes climáticos.

¹¹ Mileto, C.; Vegas, F. y Cristini, V (2014). "Documentación e investigación para el conocimiento de la situación de los sistemas tradicionales de construcción, así como de extracción, utilización y puesta en obra de los materiales tradicionales en España".

¹² Muchas obras de Wang Shu se caracterizan por la reutilización de teja y cerámica local residual (de demolición) para todo tipo de envolventes.

4.6.1 Ejemplos de cubiertas de teja contemporáneas

| LA CUBIERTA CONTEMPORÁNEA | | |
|--|------------------------|---------------------|
| FICHA Nº | SITUACIÓN | |
| 17 | Ayerbe, Huesca, ESPAÑA | |
| TIPOLOGÍA | MATERIAL Y TÉCNICA | |
| Vivienda | Teja | |
| DESCRIPCIÓN | | |
| <p>Arquitecta: Àngels Castellarnau.</p> <p>La vivienda se construye en Ayerbe con el propósito de reivindicar la bioconstrucción: concebida como resultado del estudio de la arquitectura vernácula, hace uso de materiales del entorno inmediato, de fácil extracción y sin procesado, provocando un impacto nulo en la naturaleza.</p> <p>La cubierta apoya en los muros perimetrales de tapia calicostrada, de 45cm de espesor (cuerpo de tierra y paja, con costras de mortero de cal hidráulica). Se trata de una cubierta de teja inclinada a dos aguas (al igual que las cubiertas adyacentes), cuya prolongación de aleros está cuidadosamente tratada para garantizar un captación solar pasiva, en la cual también participan grandes lucernarios. La conducción de aguas de precipitación también es objeto de proyecto, pues la vivienda dispone un aljibe para su reutilización.</p> | | |
|  | | |
| <p>Fotografía: Xavier d'Arquer. Referencias: http://arquitectura.edraculturaynaturaynatura.com/casa-tierra/</p> | | |
| CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD | | |
| D. MEDIOAMBIENTAL | D. SOCIOCULTURAL | D. SOCIOECONÓMICA |
| RESPECTO NATURALEZA | PERSONALIDAD | AUTONOMÍA |
| INTEGRACIÓN | CREATIVIDAD | ACTIVIDADES LOCALES |
| CONTAMINACIÓN | CULTURA CONSTRUCTIVA | AHORRO DE MATERIAL |
| CALIDAD DE VIDA | VALORES INTANGIBLES | VIDA DE LA CUBIERTA |
| MINIMIZAR RIESGOS | | |
| <p>■ DESTACADO ■ SE APLICA ■ NO SE APLICA</p> | | |

LA CUBIERTA CONTEMPORÁNEA

| | |
|------------------|---------------------------|
| FICHA N° | SITUACIÓN |
| 18 | Hangzhou, Zhejiang, CHINA |
| TIPOLOGÍA | MATERIAL Y TÉCNICA |
| Academia de Arte | Teja |

DESCRIPCIÓN

Arquitectos: Wang Shu (Amateur Architecture Studio).

La academia de Arte de China es la primera en integrar el arte oriental con el occidental. Como defensor de la arquitectura tradicional en tiempos modernos, Wang Shu propone el uso de métodos constructivos tradicionales para su preservación. En muchos casos opta por el reciclaje de materiales autóctonos, dispuestos como lo estaban en su construcción de origen.

La finalización de la cubierta se realiza mediante una enorme colección de dos millones de tejas, de diferentes tamaños y edades, rescatadas de las demoliciones de viviendas tradicionales que se llevaron a cabo en la provincia de Zhejiang. Esta cubierta tuerce a conveniencia del proyecto, de forma constante, dotándolo por igual de uniformidad y variedad.



Fotografía: Iwan Baan.

Referencias: <http://www.chinese-architects.com>

<http://inhabitat.com/wang-shus-xiangshan-school-campus-brings-chinese-architecture-back-to-its-roots/>

CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD

| D. MEDIOAMBIENTAL | D. SOCIOCULTURAL | D. SOCIOECONÓMICA |
|---------------------|----------------------|---------------------|
| RESPECTO NATURALEZA | PERSONALIDAD | AUTONOMÍA |
| INTEGRACIÓN | CREATIVIDAD | ACTIVIDADES LOCALES |
| CONTAMINACIÓN | CULTURA CONSTRUCTIVA | AHORRO DE MATERIAL |
| CALIDAD DE VIDA | VALORES INTANGIBLES | VIDA DE LA CUBIERTA |
| MINIMIZAR RIESGOS | | |

DESTACADO
 SE APLICA
 NO SE APLICA

4.7 Cubierta tradicional: de problema a solución

El análisis sostenible de estos casos muestra el gran compromiso de las obras con el medio ambiente una vez son puestas en valor las cubiertas tradicionales, alcanzando soluciones viables con las condiciones de vida contemporáneas sin dejar de promover valores y establecer vínculos con el territorio que les rodea.

Por una parte, se ha observado la viabilidad de los materiales locales para construir nuevas infraestructuras demandadas por la población, basándose en la mano de obra local colaborativa, no especialmente formada en el ámbito, y recibiendo instrucciones orales que serán trasladadas de boca en boca para permitir su reproducción en otras localizaciones. Esto fomenta la autonomía, en un momento en que la autoconstrucción se hace necesaria con lo poco que se tiene a mano (en el caso de Bangladesh, el bambú y la tierra).

Además, el uso masivo de materiales reciclados y elaborados localmente es capaz de crear grandes obras como la Academia de Ciencias, extremadamente solidarias y mimetizadas entre la flora autóctona, al igual que se procedía antiguamente. A continuación, es necesaria la optimización de costes y recursos para trasladar la misma consciencia y responsabilidad de ahorro a construcciones de menor escala, que afecten a la vivienda común para expandir dicha filosofía. La obra de Wang Shu reivindica de igual manera esta recidabilidad como ejes conductores del desarrollo de nuevas cubiertas.



Figura 40. Colocación de viga de cubierta por mano de obra local no formada recibiendo instrucciones orales (Bangladesh).

Fuente: www.tripadvisor.es

La existencia de construcciones basadas en la cultura constructiva del lugar pueden cubrir necesidades espaciales y funcionales a la vez que mantienen vivas las técnicas heredadas, proyectadas al público para su divulgación, el cual puede reconocer en ellas la identidad colectiva que ha contribuido a su desarrollo y perfeccionamiento. Es el caso de la Green School de Bali.

No obstante, el caso del centro de interpretación de Suecia es un ejemplo de los intentos sostenibles que quedan en lo medioambiental y estético, pues pese a que el uso del material autóctono colabora con el reciclaje y la integración, recurre a funcionamientos tecnológicos en su construcción, fallando en gran medida en las dimensiones sociocultural y socioeconómica. El éxito en estos casos es más comedido, pues no existe una transferencia constructiva real ni la simplicidad y efectividad de los orígenes.

5_CONCLUSIONES

La comparativa edificatoria arroja resultados observables: el compromiso del modelo de construcción de cubiertas con los principios sostenibles presenta notables carencias que no están presentes en las construcciones heredadas. La necesidad de garantizar la capacidad y calidad de vida de generaciones futuras se muestra como uno de los mayores desafíos de la humanidad.

La intención de retomar las soluciones tradicionales está cada vez más patente en la sociedad, conscientes del nocivo efecto medioambiental que evidencian los materiales y soluciones industrializadas. Los métodos de eficiencia energética son objeto de estudio tanto de forma pasiva como activa, y el retorno al origen es cada vez más usual en el paradigma de la sostenibilidad. Se debe generar una consciencia social que impulse a la recolección de materiales de forma local y autóctona, que se integre y mimetice con el paisaje y reduzca la dependencia de los combustibles fósiles en procesos de transformación y transporte, que tan buenos resultados medioambientales ofrecen en las cubiertas tradicionales. De igual manera que maestros como Le Corbusier consiguieron una nueva arquitectura con los materiales novedosos, hacen falta creaciones innovadoras que abran nuevos caminos con estas materias.

La praxis actual nos aboca a la progresiva desaparición y agotamiento de ciertos materiales, por lo que las actuaciones que promuevan su ahorro deben ponerse en práctica a la mayor brevedad. Es necesario tomar ejemplo de métodos tradicionales que aprovechaban los recursos naturales al no disponer de medios para obtenerlos, como la gestión hídrica a través de almacenajes o a la prolongación de la vida útil para no requerir de nuevas extracciones.

No obstante, los esfuerzos de la cubierta contemporánea en el ámbito sostenible se han centrado en la optimización de su respuesta medioambiental, desplazando al resto de dimensiones a un segundo plano, puesto que no son medibles ni observables. En este contexto la cubierta tradicional aparece como indiscutible fuente de aprendizaje, al ser la representante de la herencia construida. Nos vemos obligados a promover estas culturas locales, de forma que se encuentre, a través de la creatividad, una simbiosis adecuada entre las antiguas tradiciones y las tendencias modernas, preservando la identidad y la memoria colectiva. Este diálogo intercultural pondría en valor la diversidad y enriquecería las sociedades futuras, además de crear una unidad visual que puede generar un atractivo turístico potenciador de la economía y los comercios locales.

No se trata, por tanto, de trasladar modelos pasados y renegar de los modernos, sino de reflexionar sobre métodos que recuperen el equilibrio necesario, adecuándose de la vida moderna, pues es absurdo negar que las necesidades contemporáneas no hayan sufrido grandes variaciones respecto a las antiguas. La complementación adecuada de las cubiertas tradicionales puede perfeccionar las teorías modernas junto a los estudios tecnológicos de eficiencia energética.

“La originalidad consiste en volver al origen. De modo que es original aquel que, con sus medios, vuelve a la simplicidad de las primeras soluciones”.

Antoni Gaudí

6_BIBLIOGRAFIA Y FUENTES

ABRIL, O. y LASHERAS, F. (2015). *Construcción con Tierra*. Universidad Politécnica de Madrid. Publicación electrónica.

ANINK, D., MAK, J. y BOONSTRA, C. (1995). *Handbook of Sustainable Building: An Environmental Preference Method for Selection of Materials for Use in Construction and Refurbishment*. Londres: James and James.

CAMACHO, A. (2008). *Construcción en piedra seca*. Sevilla: Junta de Andalucía: consejería de medio ambiente.

CORTÉS PEDROSA, J. (2013). *La arquitectura popular como modelo de edificación sostenible. El ejemplo de Tierra de Campos*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.

DE SANTIAGO, E. et al. (2014). *Patrimonio cultural de España nº8. La arquitectura tradicional*. Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.

E. CHRISTIAN, J. y W. PETRIE, T. (1996). *Sustainable roofs with real energy savings*. Tennessee: Publicación electrónica.

GIL CRESPO, I. J. (2011). *Arquitectura vernácula de la Sierra de Gredos y el valle del Alto Tormes (Ávila): análisis tipológico, fundamentos constructivos y funcionamiento bioclimático*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

GUERRERO, L. (2010). *La herencia de la arquitectura tradicional*. Alarife: Revista de arquitectura. Publicación electrónica.

GUERRERO, L.; SORIA, J.; GARCÍA, B. (2010). *La cal en el diseño y conservación de arquitectura de tierra*. Valladolid: Cátedra Juan de Villanueva.

JIMÉNEZ, L.M. (2011). *Transporte y movilidad, claves para la sostenibilidad*. Publicación electrónica: Universidad Complutense de Madrid.

MAGILL, J.D. et al. (2011). *A history and definition of green roof technology with recommendations for future research*. Illinois: Southern Illinois University Carbondale.

MARRERO DEL CASTILLO, M. (2009). *La graciosa: un proyecto de interés común*. Tesina final de máster. Madrid: Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.

MERINO, P. (2004). *Una aproximación a la arquitectura de cubierta vegetal en la palma*. La Palma: Sociedad de Estudios Generales de la Isla de La Palma.

MILETO, C.; VEGAS, F. y CRISTINI, V. (2014). *Documentación e investigación para el conocimiento de la situación de los sistemas tradicionales de construcción, así como de la extracción, utilización y puesta en obra de los materiales tradicionales en España*.

MILETO, C. et al. (2014). *Earthen architecture. Past, present and future*. Holanda: CRC Press; Taylor & Francis Group; Balkema.

MILETO, C. et al. (2014). *Vernacular architecture. Towards a sustainable future*. Holanda: CRC Press; Taylor & Francis Group; Balkema.

MILETO, C. et al. (2014). *Versus: Heritage for Tomorrow: Vernacular Knowledge for Sustainable Architecture*. Florencia: Firenze University Press.

MILETO, C. et al. (2014). *Versus: Lessons from vernacular heritage to sustainable architecture*. Francia: CRAterre.

MILETO, C. et al. (2009). *Earthen domes et habitats. Villages of northern Syria. An architectural tradition shared by east and west*. Florencia: ETS.

MOLINA, M. y FERNÁNDEZ, P. (2013). *Evolución del comportamiento térmico en viviendas tradicionales de piedra y cubierta de paja. Puesta en valor de un modelo sostenible en el noroeste de España*. Santiago: Revista de la construcción. Publicación electrónica.

MORÁN, M.A. (1998). *Arquitectura popular y medio ambiente*. Madrid: Universidad Complutense.

NOGUERÓN, D.; GIMÉNEZ, R. y BARELLES, E. (2011). *La arquitectura tradicional de la manchuela*. Publicación electrónica.

LÓPEZ, J.A. (1997). *Guía rápida, fácil y entretenida para comprender la arquitectura popular de la Alpujarra*. Granada: Imp. Gallego.

OLIVER, P. (1997). *Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World*. Cambridge: Cambridge University Press.

ORTIZ, J.; CAÑAS, I.; GARCÍA, J. y REGO, T. (2000). *Análisis tipológico de las estructuras de las construcciones rurales tradicionales de barro. La casa de corral en el páramo de León (España)*. Informes de la construcción. Publicación electrónica.

PEIRÓ, E.A. (2010). *Repensar la arquitectura tradicional para el habitar actual*. Publicación online.

PEREIRA, J.E. (2012). *O contributo da Arquitectura Vernacular Portuguesa para a Sustentabilidade dos Edifícios*. Braga: Universidad del Miño.

ROMERO, E. (2006). *Residuos de construcción y demolición*. Huelva: Universidad de Huelva.

RUBIO, J.C. (1985). *Cuadernos populares nº8: arquitectura tradicional de Extremadura*. Mérida: Editora Regional de Extremadura.

SÁINZ, J.L. (2012). *Edificios y conjuntos de la arquitectura popular en Castilla y León*. Publicación electrónica: Junta de Castilla y León: Consejería de Cultura y Turismo

TORICES, N. y ZURITA, E. (2003). *Cortijos, haciendas y lagares*. Sevilla: Andalucía: servicio de publicaciones y Boja.

ZARAGOZÁ, A. (2005). *La arquitectura popular de piedra en seco como memoria cultural*. Publicación electrónica.

Webgrafía:

CEJUDO, D. (2015). *Arquitectura popular manchega. Sistemas constructivos II: cubiertas*. <http://arquitecturapopularmanchega.blogspot.com.es/2015/02/cap99-sistemas-constructivos-ii.html>

ASENSIO, A. (2012). *Arquitectura popular: la verdadera arquitectura sustentable*. <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-143623/arquitectura-popular-la-verdadera-arquitectura-sustentable>

ARENAS, F.J. *Los materiales de construcción y el medio ambiente*. huespedes.cica.es/gimadus/17/03_materiales.html

MARTÍN, E. y JIMÉNEZ, I. (2015). *El valor de la arquitectura tradicional*. <http://blog.deltoroantunez.com/2015/09/el-valor-de-la-arquitectura-tradicional.html>

ALFONSO, C et al. (2016). Cambio Climático 2016 (CC 16). www.observatoriosostenibilidad.com

Revista Ecohabitar (2011). *Aislamientos e impermeabilización convenientes*. <http://www.ecohabitar.org/aislamientos-e-impermeabilizacion-convenientes/>

Terra (2005). *Construir con tierra*. <http://www.terra.org/categorias/articulos/construir-con-tierra>

Proyecto de investigación experimental cántabro (2012). *Cubiertas de paja... construcciones sostenibles*. <http://pobladocantabrodeargueso.blogspot.com.es/2012/03/cubiertas-de-paja-construcciones.html>

Inhabitat (2012). *Wang Shu's Xiangshan School Campus Brings Chinese Architecture Back To Its Roots* <http://inhabitat.com/wang-shus-xiangshan-school-campus-brings-chinese-architecture-back-to-its-roots/>

Arcspace (2012). *China Academy of Art* <http://www.arcspace.com/features/amateur-architecture-studio/china-academy-of-art/>

Portal Edra Arquitectura (2016). *Casa de tapial, ganadora en los Terra Award 2016* <http://arquitectura.edraculturaynaturaleza.com/casa-tierra/>

Portal sobre la región de la Alpujarra (2012). *Arquitectura apujarreña: el terrao*. <http://www.la-alpujarra.org/timar/arquitectura-terrao.htm>

Portal sobre la arquitectura negra. La pedanía de Roblecas. <http://www.pueblosarquitecturanegra.es/campillo-de-ranas/roblelacasa/>

Portal sobre las casas cueva de Borja (2011). <https://casascuevadeborja.wordpress.com/>

Arquitectura de casas (2015). *Arquitectura vernácula en la actualidad*. <http://www.arquitecturadecasas.info/arquitectura-vernacula-en-la-actualidad/>

Plataforma arquitectura (2014). *Naturum Tåkern / Wingårdhs*. <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/627980/naturum-takern-wingardhs>

Blog sobre las casas tradicionales de Santana (2010). *Casas típicas de Santana*. <http://geia-deusaterra.blogspot.com.es/2010/10/casas-tipicas-de-santana.html>

Portal sobre climatología (2008). *Influencia del mar en el clima* <http://geografia.laguia2000.com/climatologia/influencia-del-mar-en-el-clima>

Portal de arquitectura, ingeniería y construcción. *Materiales de construcción sostenibles*. http://www.construmatica.com/construpedia/Materiales_de_Construcci%C3%B3n_Sostenibles

Portal de arquitectura vernácula de Malawi. <http://www.malawiarchitecture.com/>

Portal de Renzo Piano Building Workshop (2000). *Academia de Ciencia de California* <http://www.rpbw.com/project/68/california-academy-of-sciences/>

Plataforma Arquitectura (2010). *Handmade School / Anna Heringer + Eike Roswag* <http://www.archdaily.com/51664/handmade-school-anna-heringer-eike-roszag>

7_ÍNDICE DE IMÁGENES

- Figura 1.** Sistema Domino, Le Corbusier. Ejemplo de la estandarización de la vivienda para construcción rápida en serie con nuevos materiales..... 1
Fuente: *Elaboración propia*.
- Figura 2.** Vivienda industrializada en localizaciones con necesidades diferentes..... 2
Fuente: *Elaboración propia*.
- Figura 3.** Obtención de materiales del entorno inmediato 5
Fuente: *Elaboración propia*.
- Figura 4.** Observación como fuente de inspiración y transferencia de culturas constructivas del lugar..... 6
Fuente: *Elaboración propia*.
- Figura 5.** Cubierta inclina como respuesta al clima y a los materiales autóctonos (Saint-Amand-de-Coly, Francia) (Autor: Père Igor) 7
Fuente: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Saint-Amand-de-Coly_toits_lauzes.JPG
- Figura 6.** Cubierta plana para transporte de agua a aljibes (Leguise, Lanzarote) (Autor: Manuel Marrero del Castillo Olivares)..... 8
Fuente: *La Graciosa: un proyecto de interés común*, pág. 81.
- Figura 7.** Prolongación de cubierta para proteger los cerramientos verticales del agua a través de canes de madera. (Autor: Juan Ortiz Sanz y otros). (Dibujo: Elaboración propia) .. 8
Fuente: *Análisis tipológico de las estructuras de las construcciones rurales tradicionales de barro. La casa de corral en el páramo de León (España)*, pág. 13.
- Figura 8.** Solana apoyada en canes de madera (Navamediana, Ávila) (Autor: Ignacio Javier Gil Crespo). 9
Fuente: *Arquitectura vernácula de la Sierra de Gredos y el valle del Alto Tormes*, pág. 75.
- Figura 9.** Balcón con solana empleado para uso social. 9
Fuente: *Elaboración propia*.
- Figura 10.** Solución estructural con maderas, con ejemplos en el reparto de tensiones (Autor: David Cejudo) (Dibujo: Elaboración propia)..... 10
Fuente: <http://arquitecturapopularmanchega.blogspot.com.es/2015/02/cap99-sistemas-constructivos-ii.html>
- Figura 11.** Estructuras de madera en la cubierta vernácula. (Nithete, Malawi) 11
Fuente: <http://www.malawiarchitecture.com/mulanje>
- Figura 12.** Cubiertas vegetales, denominados zahurdones, en la sierra de Cachaza (Extremadura) (Autor: Juan Carlos Rubio Masa) 11
Fuente: http://www.redes-cepalcala.org/ciencias1/arquitectura_rural/espana/extremadura/arquitectura_popular_extremadura_libro_iii.htm
- Figura 13.** Diagrama de Venn de la sostenibilidad en 1992 13
Fuente: *Elaboración propia*.
- Figura 14.** Principios de sostenibilidad medioambiental, sociocultural y socioeconómica ... 14
Fuente: *Versus: Lessons from vernacular heritage to sustainable architecture*, pág. 12.

- Figura 15.** Impacto irreversible a gran escala en el terreno de la minería a cielo abierto 15
Fuente: *Elaboración propia*.
- Figura 16.** Emisiones de CO₂ en España del año 1990-2015 y % de emisión de los sectores relacionados con la construcción en el año 2012 (Autores: Carlos Alfonso et al.)..... 16
Fuente: *J. Santamarta para el SOS' 16. Observatorio de Sostenibilidad*, pág. 9, pág. 45.
- Figura 17.** Técnicas artesanales sostenibles en contraposición a la industria 17
Fuente: *Elaboración propia*.
- Figura 18.** Ventilación natural del espacio colchón (A); aislamiento térmico de espacio colchón a través de material agrícola (B)..... 18
Fuente: *Elaboración propia*.
- Figura 19.** Protección solar en verano por proyección de la cubierta (A); entrada de sol en invierno (B)..... 19
Fuente: *Elaboración propia*.
- Figura 20.** Recogida y conducción de aguas para generar microclimas..... 20
Fuente: *Elaboración propia*.
- Figura 21.** Presencia de aljibes para generar microclimas (Máncher, Lanzarote) (Autor: Marrero del Castillo Olivares, Manuel) 20
Fuente: *La Graciosa: un proyecto de interés común*, pág. 128.
- Figura 22.** Esquema del enfriamiento del ambiente en presencia de agua 21
Fuente: *Elaboración propia*.
- Figura 23.** Esquema del calentamiento del ambiente en presencia de agua 21
Fuente: *Elaboración propia*.
- Figura 24.** Barreras de viento con piedras para evitar la succión del mismo (Autor: Ignacio Javier Gil Crespo)..... 22
Fuente: *Arquitectura vernácula de la Sierra de Gredos y el valle del Alto Tormes*, pág. 70.
- Figura 25.** Porcentajes de consumo global en el sector de la construcción (Autores: David Anink, John Mak, Chiel Boonstra). (Dibujo: Elaboración propia) 23
Fuente: *Handbook of Sustainable Building: An Environmental Preference Method for Selection of Materials for Use in Construction and Refurbishment*
- Figura 26.** Paja, residuo agrícola que puede convertirse en material de construcción 23
Fuente: *Elaboración propia*.
- Figura 27.** Esquema de ciclo de vida y sostenibilidad del edificio contemporáneo 24
Fuente: *Elaboración propia*.
- Figura 28.** Atractivo visual en la arquitectura tradicional (Le Contadour, Provenza). (Autores: Camilla Mileto et al.) 27
Fuente: *Earthen domes et habitats. Villages of northern Syria. An architectural tradition shared by east and west*, pág. 93.
- Figura 29.** Cubierta tradicional en el conjunto de viviendas de la calle de la Vera..... 28
Fuente: *Instituto del Patrimonio Cultural de España (IPCE)*.
- Figura 30.** Maestría en el trabajo de la madera (Autor: Vicente del Amo)..... 28
Fuente: *Cortijos, haciendas y lagares*, pág. 203.

| | |
|---|----|
| Figura 31. Recursos menos procesados y en menor proporción en construcciones tradicionales | 30 |
| Fuente: <i>Elaboración propia</i> . | |
| Figura 32. La vivienda tradicional como reclamo de atención turística | 31 |
| Fuente: <i>Elaboración propia</i> . | |
| Figura 33. Rehabilitación frente a la nueva construcción | 32 |
| Fuente: <i>Elaboración propia</i> . | |
| Figura 34. Potenciales lecciones de sostenibilidad en la dimensión medioambiental | 45 |
| Fuente: <i>Elaboración propia</i> . | |
| Figura 35. Potenciales lecciones de sostenibilidad en la dimensión sociocultural | 45 |
| Fuente: <i>Elaboración propia</i> . | |
| Figura 36. Potenciales lecciones de sostenibilidad en la dimensión socioeconómica..... | 45 |
| Fuente: <i>Elaboración propia</i> . | |
| Figura 37. La cubierta vegetal moderna en enclaves urbanos | 48 |
| Fuente: <i>Elaboración propia</i> . | |
| Figura 38. Cubierta a dos aguas resuelta con torta de tierra en Canarias (Autor: Carlos Guigou) (Dibujo: Elaboración propia)..... | 55 |
| Fuente: http://www.rinconesdelatlantico.com/num2/construir_con_tierra.html | |
| Figura 39. Cubiertas de piedra sólo han tenido aplicación en refugios del sector primario.. | 56 |
| Fuente: <i>Earthen domes et habitats. Villages of northern Syria. An architectural tradition shared by east and west</i> , pág. 110. | |
| Figura 40. Colocación de viga de cubierta por mano de obra local no formada recibiendo instrucciones orales (Bangladesh)..... | 60 |
| Fuente: https://tripwow.tripadvisor.com/slideshow-photo/handmade-school-by-anna-heringer-eike-roswag-rajshahi-city-bangladesh.html?sid=22507882&fid=upload_13168701498-tpfil02aw-6487 | |

Índice de fichas

| | |
|--|----|
| Ficha 1. Cubierta tradicional vegetal | 33 |
| Fuentes: SÁINZ, J.L. (2012). <i>Edificios y conjuntos de la arquitectura popular en Castilla y León</i> , pág. 74-75 | |
| Ficha 2. Cubierta tradicional vegetal-cueva..... | 34 |
| Fuentes: https://casascuevadaborja.wordpress.com/ | |
| Ficha 3. Cubierta tradicional vegetal | 35 |
| Fuentes: http://www.redes-cepalcala.org/ciencias1/arquitectura_rural/espana/extremadura/arquitectura_popular_extremadura_libro_iii.htm | |
| Ficha 4. Cubierta tradicional de paja | 36 |
| Fuentes: SÁINZ, J.L. (2012). <i>Edificios y conjuntos de la arquitectura popular en Castilla y León</i> , pág. 154-155 | |
| Ficha 5. Cubierta tradicional de paja | 37 |

Fuentes: PEREIRA, J.E. (2012). *O contributo da Arquitectura Vernacular Portuguesa para a Sustentabilidade dos Edifícios*, pág. 83.

<http://geia-deusaterra.blogspot.com.es/2010/10/casas-tipicas-de-santana.html>

Ficha 6. Cubierta tradicional de piedra 38

Fuentes: SÁINZ, J.L. (2012). *Edificios y conjuntos de la arquitectura popular en Castilla y León*, pág. 121-123

Ficha 7. Cubierta tradicional de pizarra 39

Fuentes: <http://www.pueblosarquitecturanegra.es/campillo-de-ranas/roblelacasa/>

Ficha 8. Cubierta tradicional de teja y cañizo 40

Fuentes: PEIRÓ, E.A. (2010). *Repensar la arquitectura tradicional para el habitar actual*.

Ficha 9. Cubierta tradicional de teja y barro 41

Fuentes: SÁINZ, J.L. (2012). *Edificios y conjuntos de la arquitectura popular en Castilla y León*, pág. 266-268

Ficha 10. Cubierta tradicional de launa 42

Fuentes: MILETO, C. et al. (2014). *Vernacular architecture. Towards a sustainable future*. pág. 45-50.

LÓPEZ, J.A. (1997). *Guía rápida, fácil y entretenida para comprender la arquitectura popular de la Alpujarra*.

<http://www.la-alpujarra.org/timar/arquitectura-terrao.htm>

Ficha 11. Cubierta tradicional de barro..... 43

Fuentes: MARRERO DEL CASTILLO, M. (2009). *La graciosa: un proyecto de interés común*.
GUIGOU, C. (2005). *Construir con tierra*.

Ficha 12. Cubierta tradicional de barro..... 44

Fuentes: ABRIL, O. y LASHERAS, F (2015). *Construcción con Tierra*, pág. 3.

MILETO, C. et al. (2014). *Vernacular architecture. Towards a sustainable future*. pág. 21-26.

Ficha 13. Academia de las Ciencias de California..... 49

Fuentes: <http://www.rpbw.com/project/68/california-academy-of-sciences/>

<http://www.archdaily.com/6810/california-academy-of-sciences-renzo-piano>

https://es.wikiarquitectura.com/index.php/Academia_de_las_Ciencias_de_California

Ficha 14. Escuela autoconstruida “Meti” 50

Fuentes: <http://www.archdaily.com/51664/handmade-school-anna-heringer-eike-ros wag>

Ficha 15. Centro de interpretación Naturum Takern..... 52

Fuentes: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/627980/naturum-takern-wingardhs>

Ficha 16. The Green School 53

Fuentes: <https://www.greenschool.org/environment/>

<http://www.archdaily.com/81585/the-green-school-pt-bambu>

Ficha 17. Vivienda propia Àngels Castellarnau 58

Fuentes: *Casa de tapial, ganadora en los Terra Award 2016*

<http://arquitectura.edraculturaynaturay.com/casa-tierra/>

Ficha 18. Academia de Arte de Hangzhou 59

Fuentes: <http://inhabitat.com/wang-shus-xiangshan-school-campus-brings-chinese-architecture-back-to-its-roots/>

<http://www.arcspace.com/features/amateur-architecture-studio/china-academy-of-art/>