

# VUELTA A LOS BÁSICOS EN LA ARQUITECTURA ACTUAL: USOS, POSIBILIDADES, FORTALEZAS Y DEBILIDADES DE LA PAJA COMO ECOMATERIAL

LAURA MUÑOZ PÉREZ  
Universidad de Salamanca (España)

Fecha de recepción: 14/05/2024

Fecha de aceptación: 12/09/2024

## *Resumen*

Cada día más arquitectos inician sus procesos de diseño con la pregunta: ¿cuál es el compuesto más adecuado a esta zona y a sus condiciones naturales? La naturaleza puede ayudar a responder a esta cuestión. Una posibilidad es la paja que, como residuo agrícola, existe en todas las regiones del planeta. Pese a su abundancia, no puede existir bioconstrucción si el material, además de natural, local y ecológico (por biodegradable), no es sostenible, hecho que obliga a que esté disponible con facilidad, sea accesible, más barato que otras alternativas y con una mínima huella de carbono en su producción, tratamiento y transporte. Estas fortalezas conviven con debilidades como su falta de resistencia y riesgo de descomposición, que se deben considerar y minimizar de cara al fortalecimiento de los principios de la bioarquitectura en el siglo XXI.

## *Palabras clave*

Paja, arquitectura actual, siglo XXI, ecomaterial, bioconstrucción

## ***BACK TO BASICS IN CURRENT ARCHITECTURE: USES, POSSIBILITIES, STRENGTHS AND WEAKNESSES OF STRAW AS AN ECO-MATERIAL***

## *Abstract*

What is the most suitable compound for this area and its natural conditions? Nature can help answer this. One possibility is straw, which as an agricultural residue is present in all regions of the planet. Despite its abundance, there can be no bioconstruction if the material, in addition to being natural, local, and ecological (because it's biodegradable), isn't sustainable. This involves being readily available, accessible, cheaper than other alternatives, and having a minimal carbon footprint in its production, treatment, and transport. These strengths coexist with weaknesses such as its lack of resilience and its risk of decomposition, which must be considered and mitigated to strengthen the principles of bio architecture in the 21st century.

## *Keywords*

Straw, current architecture, 21<sup>st</sup> century, eco-material, bioconstruction



## Introducción: la paja como material para la arquitectura

Por paja -como material de construcción- entendemos el tallo hueco (sin grano) y seco de cereal de gramínea, en especial el de trigo, espelta o cebada, aunque también se puede emplear el de centeno o arroz<sup>1</sup>. El aire que se acumula en la oquedad del tallo es el que le confiere muchas de sus cualidades aprovechables en arquitectura, de ahí que el pasto empleado en la alimentación animal no garantice iguales resultados<sup>2</sup>. Hablamos, por tanto, de un residuo agrícola, carente de valor físico y de coste insignificante. Además, se obtiene con facilidad, puesto que su ciclo de producción es rápido, a razón de la(s) cosecha(s) que pueda(n) recolectarse cada año. Desde este punto de vista, el crecimiento y maduración de los tallos es corto comparado, por ejemplo, con el de la madera, lo que convierte a la paja en fácilmente renovable. En términos específicos, mientras que para producir 3,5 m<sup>3</sup> de madera un árbol debe crecer durante 100 años, la misma ganancia se obtiene, en solo un año, con 0,6 hectáreas de cultivo de gramíneas<sup>3</sup>. Otras ventajas subsidiarias de esto tienen que ver con que hablamos de cultivos que requieren menos tierra para su producción que un bosque y un tiempo de mantenimiento limitado, lo que aumenta su sostenibilidad y mejora sus cualidades ecológicas<sup>4</sup>.

La facilidad de obtención, el constante suministro, la baratura de su producción y la reutilización como excedente agrícola han sido razones del uso milenario de la paja. De hecho, de la combinación de paja con barro nace el adobe, cuyas estructuras acompañan al ser humano desde hace siglos. Sin embargo, si nos referimos a viviendas realizadas con fardos de paja, los ejemplos más antiguos datan de finales del siglo XIX en las llanuras estadounidenses de Dakota, Iowa, Wyoming y, sobre todo, Nebraska, en las que la carencia de madera o piedra se suplía con balas como material de construcción. No en vano, fue en este último estado en el que se inventó la empacadora de paja en 1850<sup>5</sup>, dando lugar a los fardos que son la base de las edificaciones a que nos queremos referir.

En Europa, la casa de pacas más antigua conservada es la Maison Feuillette, de 1921, construida por Émile Feuillette como residencia familiar en Montargis (Francia)<sup>6</sup>. Nacida al finalizar la Primera Guerra Mundial, surgió como vivienda económica y rápida de fabricar, en un entorno en el que otros materiales a priori más durables eran escasos.

Tras este tipo de experiencias, durante la primera mitad del siglo XX se siguieron construyendo con asiduidad casas de paja, hasta que su empleo decayó a partir de la Segunda Guerra Mundial, cuando el hormigón gana peso y la paja se convierte en un producto vernáculo marginalizado<sup>7</sup>. Tiempo después, en países como Estados Unidos, Francia o Gran Bretaña el uso arquitectónico de las balas de paja volverá a generalizarse y experimentará cierto renacimiento desde los años 70 del siglo XX, aun pese a no contar entonces con

---

<sup>1</sup> No así el de avena, cuyo tallo resulta demasiado endeble.

<sup>2</sup> Carbone, 2003: 9-10.

<sup>3</sup> “Sistema constructivo”. En: <https://ecopaja.com/sistema-constructivo/> [6 de marzo de 2024].

<sup>4</sup> “Arquitectura sostenible y ecológica utilizando paja como material constructivo”. En: <https://www.certificadosenergeticos.com/arquitectura-sostenible-ecologica-utilizando-paja-material-constructivo> [11 de marzo de 2024].

<sup>5</sup> En esta fecha se inventa la empacadora manual. La de caballos y vapor surgieron, respectivamente, en 1875 y 1884. Minke/Mahlke, 2020: 13-15.

<sup>6</sup> En 2013 la Red Francesa de Construcción con Paja (RFCP) realizó una cuestación para comprar la casa, preservarla y restaurarla, convirtiéndola después en su sede. Gauzin-Müller, Dominique (2022): “The short straw: bio-based construction”. En: <https://www.architectural-review.com/essays/the-short-straw> [11 de marzo de 2024].

<sup>7</sup> Nitzkin/Termens, 2010: sin paginar.

normativas específicas que cubrieran la construcción, única y exclusivamente, con fardos<sup>8</sup>. De hecho, hasta 1994 no se publicó *Build it with bales*, de Matts Myhrman y Steve MacDonald, primer trabajo sobre la construcción con paja. Esta tendencia se afianzó en Estados Unidos con la fundación de la asociación *Out on a bale* y la publicación de la revista *The last straw*, ambas dedicadas a publicitar la arquitectura de esta categoría<sup>9</sup>. Más recientemente, en este mismo país, además de en Alemania, Austria<sup>10</sup>, Francia o Canadá, su empleo autónomo ya sí está respaldado por normativas<sup>11</sup>, aunque con un uso generalmente aplicado a la autoconstrucción de viviendas de reducidas dimensiones, con carácter normalmente temporal y apreciadas por su bajo coste, útiles en momentos de crisis económicas y/o dificultades de financiación hipotecaria.

Ya en el tercer milenio, y paradójicamente pese a sus avances, existe cierta dificultad física y conceptual a la hora de darle a la paja una longevidad y valor intrínseco que la haga óptima, entre otras razones porque en poco se asemejan las demandas actuales de la arquitectura a las de cualquier periodo pretérito. No obstante, la paja no tiene por qué ser opacada en sus usos, por más que existan materiales alternativos que puedan ofrecer un resultado igual o más eficaz. Además, es difícil que pueda encontrarse alguno que compita con ella en términos de accesibilidad, pues está disponible en todos los rincones del planeta en los que se practica la agricultura. Así las cosas, entre los objetivos pretendidos por este texto destacarían la reivindicación de compuestos tradicionales como la paja en el contexto internacional de la arquitectura actual; la confirmación de sus valores técnicos (energéticos, higroscópicos, ecológicos, de sostenibilidad, biodegradación, capacidad de aislamiento, accesibilidad, transpirabilidad, facilidad de uso, flexibilidad, resistencia, durabilidad...), que los hacen equiparables o, incluso, superiores a otros materiales de construcción más extendidos en el siglo XXI y, por último, la percepción invariable de la paja como componente expresivo, emocional y sensorial que, si bien conocida desde antiguo, es revisitada en nuestro tiempo con el afán tanto de hacer reverdecer las tradiciones vernáculas y de actualizar en el tercer milenio los valores ancestrales de su empleo constructivo como de conectar estos valores con un presente tecnificado y globalizado.

### Métodos y criterios de selección

Visto con perspectiva historiográfica, resulta paradójico que en el siglo XXI se considere rupturista un edificio construido con paja y que esta sea patrocinada como ejemplo de compuesto poco convencional. Sí es factible categorizar estas iniciativas como exponentes de una nueva arquitectura vernácula, mas referenciarlas como epítome de constructiva radical resulta, cuando menos, sorprendente. Sin embargo, de esa excepcionalidad, de su falta de reiteración o frecuencia da cuenta la abundancia de ejemplos temporales, efímeros. Por su morfología, tamaño y presencia, o por todo ello al mismo tiempo, son presentados por sus autores como posibilidad antes que como realidad, con el objetivo de abrir vías de experimentación que puedan (o no) fructificar en el futuro. No en vano, son constantes en

---

<sup>8</sup> Lo que exige la implementación de sistemas mixtos de construcción que, a los muros de paja, añadan una estructura de madera que garantice su estabilidad y sea respetuosa con los códigos de edificación de cada país. Por ejemplo, en España la paja no cuenta con su propia ficha técnica como material homologado. Al asociarse a la madera, la legalidad que aplica a las casas de paja es la misma que a las de ladrillo, e incluso si se emplea solo como aislamiento y/o cerramiento, desaparece cualquier restricción.

<sup>9</sup> Minke/Mahlke, 2020: 15-16.

<sup>10</sup> De hecho, tanto en Alemania como en Austria existen balas de paja certificadas en el mercado. López Letón, Sandra (2017): “El gusto por las casas de paja revive”. En: [https://elpais.com/economia/2017/05/19/actualidad/1495187033\\_855416.html](https://elpais.com/economia/2017/05/19/actualidad/1495187033_855416.html) [11 de marzo de 2024]

<sup>11</sup> Minke/Mahlke, 2020: 16-18.

sus análisis las referencias a los nidos, almiarres y graneros tradicionales, a la construcción agrícola y rural o, en definitiva, a un regusto pastoral y arcaico que tiene mucho de arcádico y utópico.

Aun no necesariamente compartiendo características formales, los exponentes referenciados coinciden en ser experiencias humanas, hospitalarias, comunitarias y colaborativas, sobrias y modestas (también en su coste y gastos asociados), sosegadas y confortables, flexibles y orgánicas, eficientes y autosuficientes, saludables y experimentales, con la intención de marcar una diferencia; locales, esto es, ejecutadas con materiales de kilómetro cero y, por supuesto, sostenibles, responsables y comprometidas con la vida al aire libre y con el medio en términos de reciclaje y/o biodegradabilidad. Por citar algunos casos, destaquemos el Teatro de Paja NO99 de Salto Architects en Tallin (Estonia), presentado en 2011; el Pabellón Ecológico de Mutterholtz (Francia), realizado en 2012 por Studio 1984; el Refuge II de Wim Goes Architectuur, de 2014, en Nevele (Bélgica); el StrohTherme Pavilion que Christoph Hesse Architects completaron en 2019 en Medebach (Alemania); el Mother Pavilion de Wicken (Reino Unido), instalación temporal de Studio Morison en 2020 o la Capilla de Paja también en Tallin, del estudio Kollektiiv, propuesta en 2022 (fig. 1).



Fig. 1. De izquierda a derecha y de arriba abajo: Teatro de Paja NO99 (Tallin, Estonia). Salto Architects. 2011. (Fuente: Martin Siplane) [https://www.archdaily.com/150293/no99-straw-theatre-salto-ab/5014de8b28ba0d5828000a18-no99-straw-theatre-salto-ab-photo?next\\_project=no](https://www.archdaily.com/150293/no99-straw-theatre-salto-ab/5014de8b28ba0d5828000a18-no99-straw-theatre-salto-ab-photo?next_project=no) (19 septiembre 2024); Refuge II (Nevele, Bélgica). Wim Goes Architectuur. 2014. (Fuente: Filip Dujardin). <https://www.archdaily.com/800577/refuge-ii-wim-goes-architectuur/583f4589e58ece9-e19000023-refuge-ii-wim-goes-architectuur-photo> (19 septiembre 2024); Mother Pavilion (Wicken, Reino Unido). Studio Morison. 2020. (Fuente: Charles Emerson). <https://www.archdaily.com/934962/mother-pavilion-studiomorison/5e6002826ee67e6c2b000269-mother-pavilion-studio-morison-photo> (19 septiembre 2024) y Capilla de Paja (Tallin, Estonia). Estudio Kollektiiv. 2022. (Fuente: Jelena Rudi). <https://www.artun.ee/en/eka-students-pollinator-highway-installations-now-open/> (19 septiembre 2024).

Si bien, como parece confirmada, la cantidad y variedad de ejemplos disponibles es considerable, en este escrito se dará prioridad a espacios que formen un corpus homogéneo en varios frentes: vocación de durabilidad, variedad funcional y tipológica, diversidad formal y estética, pluralidad geográfica, multiplicidad de usos de la paja (fardos con función autoportante, paja como relleno de estructuras sustentantes o como material aislante y de cerramiento de muros...) y resonancia pública/mediática, lo que los convierte en altavoz de experiencias que, más allá de sus aciertos o virtudes, son exponentes de una corriente bioconstructiva digna de estudio y atención.

### **Resultados de la paja como ecomaterial a través de casos de estudio**

Para ir de lo privado y personal a lo público y social, comencemos mencionando ejemplos de arquitectura doméstica construida a base de fardos de paja cuyo impacto tiene un lazo firme con la tradición vernácula, aun traducida al lenguaje del siglo XXI. Uno de los más mediáticos y publicitados se da a conocer en 2001. Se trata de la vivienda y estudio que los arquitectos Sarah Wigglesworth y Jeremy Till se diseñan para sí mismos en el londinense barrio de Islington.

La Casa de Balas de Paja de Wigglesworth y Till, aparte de resultar una buena jugada empresarial (un solar de considerables dimensiones y bajo coste en el extrarradio de la ciudad), llama la atención por varios motivos: en primer lugar, por plantear una estereotomía original, a base de volúmenes variados, definidos en una planta en L, pero que juegan con las alturas y la expansión en superficie y así evitan la usual compactación de las residencias burguesas de los suburbios. Por otro lado, lo que singulariza este caso es el empleo de pacas de paja con las que se da forma a la verja, la cancela de entrada y, sobre todo, a los muros de las habitaciones menos soleadas; aquellas en las que se quiere preservar y garantizar la confortabilidad térmica con este aislante natural. No menos valiosa es la capacidad de la paja, en este contexto, para destacarse de las viviendas vecinas al ofrecer el contraste de sus tonos amarillos pálidos con los parduzcos y anaranjados del ladrillo del resto (fig. 2). Y, por último, la rapidez, facilidad y asequibilidad de su empleo queda en evidencia al conocerse que las 550 pacas empleadas costaron en torno a 1000 libras y fueron colocadas en tres días y medio por un grupo de amigos de los arquitectos sin ninguna noción ni experiencia constructiva<sup>12</sup>.

Más allá de razones estéticas, prácticas o económicas, el empleo de la fibra vegetal en esta vivienda se acomoda a la creencia de sus dueños y diseñadores en una arquitectura que, no por moderna o rompedora, haya de olvidar sus conexiones tanto con la arquitectura ancestral como con procesos de construcción artesanales. En esa línea, la Casa de Balas de Paja ofrece otros indicadores de compromiso, tales como el empleo de cascotes de hormigón reciclado, la incorporación de sacos de arena, caña trenzada y traviesas de madera reusadas; la presencia de paneles solares y cubierta verde con plantas de fácil cultivo; la recurrencia a vidrios colectores de agua y aljibes o la incorporación de inodoros secos con cámaras de compostaje y de una despensa que mantiene su frescor a través de ventilación pasiva<sup>13</sup>.

---

<sup>12</sup> Arnardóttir, Halldóra/Sánchez Merina, Javier (2017): “La casa de paja en el norte de Londres, de Wigglesworth + Till”. En: <https://veredes.es/blog/la-casa-paja-norte-londres-wigglesworthtill-halldora-arnardottir-javier-sanchez-merina/#comments> [11 de marzo de 2024].

<sup>13</sup> “Stock Orchard Street”. En: <https://www.swarch.co.uk/work/stock-orchard-street/> [6 de marzo de 2024].





Fig. 2. Casa de Balas de Paja (Londres, Reino Unido). Sarah Wigglesworth y Jeremy Till. 2001. (Fuente: Luke Hayes y Paul Smoothy). <https://grantondesign.com/Sarah-Wigglesworth> (23 abril 2024) y <https://www.architectural-review.com/essays/revisit/revisit-straw-bale-house-in-london-uk-by-sarah-wigglesworth-architects> (23 abril 2024).

A pesar de lo publicitado, y de querer trasladar a un enclave urbano modelos constructivos rurales, es un ejemplo que no renuncia a las ayudas de la arquitectura convencional en la medida en que recurre a sistemas de cimentación acostumbrados<sup>14</sup> y a materiales eficaces pero, también, contaminantes -por ser productores y consumidores de energía- como policarbonatos, fibras de vidrio siliconadas, paneles de acero y aluminio o productos químicos elaborados como pinturas, masillas impermeabilizantes o sellantes<sup>15</sup>. Así pues, la pátina de ecologismo y comunión con la tradición edificatoria primitiva queda en una pretensión, en un ejercicio teórico y estilístico que hay que justipreciar en el contexto del cambio del siglo XX al XXI.

Ciertamente, en el momento de darse a conocer esta obra supuso un hito en la demostración de las capacidades operativas de la paja en el contexto del tercer milenio y en la apuesta por la sostenibilidad sin renunciar al diseño, considerándose un icono dentro de la construcción ecologista en Gran Bretaña<sup>16</sup>. Sin embargo, poco más de dos décadas después ha quedado obsoleta en sus técnicas, procesos y propuestas de elaboración<sup>17</sup> y se ha hecho uno con su esencia: la de que el experimento ha estado expuesto al cambio a medida que

<sup>14</sup> Los gaviones rellenos de cascotes están atravesados por pilares de hormigón armado ocultos a la vista.

<sup>15</sup> Vázquez, 2002: 30-33.

<sup>16</sup> Hartman, Hattie (2015): "Is this the most influential house in a generation?". En: <https://www.architectsjournal.co.uk/buildings/is-this-the-most-influential-house-in-a-generation> [11 de marzo de 2024].

<sup>17</sup> De hecho, en 2020 es sometida a una remodelación enfocada a optimizar su vertiente ecológica y sostenible pese a que, curiosamente, sus balas de paja se habían mantenido intactas. En dicha reforma se reemplazó el techo de policarbonato, se repintaron y redistribuyeron ciertas estancias, se cambió la caldera y se eliminó el inodoro de compostaje. De este modo se logró un espacio más eficiente a nivel energético, además de más amigable y accesible para sus usuarios. Card, Nell (2020): "No house of straw: Sarah Wigglesworth's eco-home, 20 years on". En: <https://www.theguardian.com/artanddesign/2020/jun/07/return-sarah-wigglesworth-straw-bale-house-stock-orchard-street> [11 de marzo de 2024]. Con esta intervención la vivienda logró reducir sus emisiones de dióxido de carbono anuales en un 62%. Crook, Lizzie (2020): "Sarah Wigglesworth future-proofs self-designed straw bale house in London". En: <https://www.dezeen.com/2020/12/22/sarah-wigglesworth-stock-orchard-street-house-london/> [11 de marzo de 2024].

envejecía y que, por tanto, no puede darse por terminado en la medida en que los planteamientos de la ecoarquitectura vayan evolucionando<sup>18</sup>. Si se analiza desde la perspectiva del paso del tiempo, lo que de loable manifestaba la recuperación de materiales centenarios o la rehabilitación a nuevos usos de formas y compuestos del pasado, lo tenía de censurable el empleo de muletas, la recurrencia a atajos que falseaban los resultados y minimizaban o, al menos, limitaban, su validez. No obstante, al tener en cuenta el abismo existente entre el concepto de arquitectura ecológica del arranque del siglo y el que se maneja veinte años después, es preciso ponderar la aportación y valorar que, tal como afirmó el crítico Grant Gibson, “quizás no transformara la arquitectura (...), pero sí que contribuyó a replantear el debate en este campo”<sup>19</sup>.

Otra alternativa de diseño para una residencia en la que los fardos de paja son los que soportan la carga la ofrece la Strohhaus de Dornbirn (Austria), finalizada en 2014 por Georg Bechter. Como en el caso previo, el material comporta la función tectónica y sostiene muros y cubiertas de un espacio que deviene compacto y masivo, anclado al suelo en su requerimiento de no aguantar alturas. Por ello el arquitecto se enfoca en la estereotomía e innova en el modo de disponer los espacios, en la rotundidad de la cubierta, que cubre cual ala los interiores, y en la potencia visual de los muros, gruesos por exigencia de las pacas de paja y, además, ligeramente inclinados hacia el interior para evocar el eco del nido, la cueva, el refugio primitivo.



Fig. 3. Strohhaus (Dornbirn, Austria). Georg Bechter. 2014. (Fuente: Adolf Bereuter). <https://www.baunetzwissen.de/nachhaltig-bauen/objekte/wohnen/strohhaus-in-dornbirn-4711618> (23 abril 2024).

Una de las principales diferencias respecto al caso anterior es que tanto los exteriores como los interiores de los muros vegetales se revocan, empleando la cal por fuera y la arcilla por dentro (fig. 3). Aunque así se pierde la textura y materialidad propias de la paja, se evita el empleo de compuestos plásticos de protección y se maximizan las cualidades bioclimáticas y ecológicas del material de base. Como quedó en evidencia en el ejemplo previo, no es coherente en un diseño comprometido con el medio querer asegurar la visibilidad de la paja

<sup>18</sup> Davey, Peter (2002): “Sarah Wigglesworth Architects’ Straw Bale House”. En: <https://www.architectural-review.com/buildings/sarah-wigglesworth-architects-straw-bale-house> [11 de marzo de 2024].

<sup>19</sup> Gibson, Grant (2022): “Ganancias materiales”. En: <http://www.rocagallery.com/es/ganancias-materiales> [11 de marzo de 2024].

a costa de combinarla con complementos contaminantes. Lo lógico, como aquí sucede, es mantener el compromiso con la sostenibilidad aun si ello significa ocultar la fisicidad de la paja bajo capas de revestimiento. No en vano, de este modo se consigue que, pese a que la apariencia de los tabiques resulte convencional, la estructura de estos sea 100% reciclable y compostable. Además, al recurrir a los fardos en el contorno de la vivienda, la presencia de la madera se reduce y resulta innecesaria como refuerzo en las paredes

En términos de ahorro energético, la viabilidad ecológica de la casa hace innecesarios los sistemas de climatización, con su coste y potencial contaminante. El grosor de los muros, que además permite horadar grandes ventanas-nicho, confortables y acogedoras, garantiza un confort térmico interior estable y sostenido durante las distintas estaciones. Tengamos en cuenta, por último, que la escasa altura de la vivienda y la amplia proyección del tejado (que da sombra en verano y aprovecha el calor del sol en invierno) constituye un ejemplo de uso de sistemas pasivos de aprovechamiento energético<sup>20</sup>. Por todo, no solo puede hablarse aquí de diseño *low tech*, sino de que este compromiso abarca incluso los equipamientos internos.

A la luz de este caso, parece que el apilamiento de fardos, siguiendo la inspiración de la constructiva tradicional, no resulta una solución del todo adecuada a los tiempos modernos. Una opción que permite mejorar su uso consiste en robustecer los muros con un entramado ligero de madera relleno de pacas y después revestirlas o revocarlas. Con esta variante se solucionan los riesgos más acuciantes de la paja en términos, primero, de firmeza y robustez y, por tanto, altura y variedad formal y, segundo, de humedad y peligro de podredumbre o descomposición por capilaridad, pero lo cierto es que también se pierde parte de su esencia, de su imagen identificativa, pues tanto al exterior como al interior las paredes observan el aspecto de las viviendas convencionales. Solo si sus autores o usuarios deciden incorporar una vitrina a modo de ventana/testigo del material oculto, se apreciará su singularidad y particularidad<sup>21</sup>.

Entre los ejemplos más publicitados de esta variante sobresale la K-House, firmada por Nicolas Koff en Ontario (Canadá) en 2015. La elección de un prefabricado esqueleto de madera relleno con balas se prefiere en términos de aislamiento térmico, de cara a reducir la necesidad de climatización de una vivienda que, pese a ubicarse en un país de bajas temperaturas, solo requiere para su calefacción, además del mencionado aislamiento -de 40 centímetros de grosor-, de un conjunto de chimeneas y, para su refrigeración, de la ventilación cruzada de sus ventanas, convenientemente posicionadas para optimizar la circulación del aire. Dicho esto, una de las cosas más sorprendentes del ejercicio reside, precisamente, en la combinación de muros de paja con el fuego de las chimeneas. Esta unión sirve para derribar el mito de la alta capacidad inflamable de la paja. Las balas embutidas en la estructura están tan compactadas que ofrecen la misma protección contra incendios que la de cualquier material convencional, en palabras del arquitecto<sup>22</sup>.

---

<sup>20</sup>"StrohHaus". En: <https://bechter.eu/strohhaus/1e-de#Slides/1> [11 de marzo de 2024].

<sup>21</sup> Esto ocurre, por ejemplo, en el edificio auxiliar de la Universidad de Nottingham (Gran Bretaña), construido por Make. Los autores recorren una de las paredes del atrio con ventanas que permiten vislumbrar la paja usada para la construcción; paja proveniente de una granja de la institución situada a apenas 200 metros del campus y empleada en los muros perimetrales a través de paneles compactados con madera, lo que permite dibujar un edificio de cuatro plantas, el más grande hasta la fecha (2011) de sus características en el país. Griffiths, Alyn (2011): "University of Nottingham Gateway Building by Make". En: <https://www.dezeen.com/2011/11/10/university-of-nottingham-gateway-building-by-make/> [11 de marzo de 2024].

<sup>22</sup> Mairs, Jessica (2015): "Straw bales insulate monochrome house in Ontario by Nicolas Koff". En: <https://www.dezeen.com/2015/12/10/k-house-nicolas-koff-hamilton-ontario-charred-timber-straw-bales-insulation-monochrome/> [11 de marzo de 2024].



En contrapartida, la impresión física del resultado está lejos de la organicidad, rusticidad y rugosidad propias de la paja, al resultar idéntica a la estándar de vivienda unifamiliar de estilo moderno, con volúmenes minimalistas de grandes ventanas, interconectados a través de una escalera metálica y cerrados con paredes enyesadas blancas y panelados de madera. Es la consecuencia de revestir el material de partida y potenciar sus cualidades energéticas e higroscópicas, que ocultan las estéticas o expresivas.

El presente y porvenir de este sistema lo confirman ejemplos posteriores y recientes como la SCL Straw-bale House del italiano Jimmi Pianezzola, primera de su especie en Italia, construida en Vicenza entre 2015 y 2017; la Straw Flea House de Murstetten (Austria), del estudio local Juri Troy Architects o la Straw Bale House del Atelier Kaiser Shen en Pfaffenhofen (Alemania), ambas rematadas en 2022 (fig. 4); muestras que, pese a su relevancia, son incapaces de evitar la elevación y protección de los suelos con cimentaciones convencionales, apoyos metálicos o zócalos de cemento. Hablaríamos, pues, de ejemplos de arquitectura bioclimática antes que de arquitectura ecológica propiamente dicha.



Fig. 4. De izquierda a derecha y de arriba abajo: SCL Straw-bale House (Vicenza, Italia). Jimmi Pianezzola. 2015-2017. (Fuente: Alberto Sinigaglia). <https://www.archdaily.com/875652/scl-straw-bale-house-jimmi-pianezzola-architetto> (19 septiembre 2024); Straw Flea House (Murstetten, Austria). Juri Troy Architects. 2022. (Fuente : Juri Troy). <https://www.avontuura.com/straw-flea-juri-troy-architects/> (19 septiembre 2024) y Straw Bale House (Pfaffenhofen, Alemania). Atelier Kaiser Shen. 2022. (Fuente: Brigida Gonzalez). [https://www.detail.de/de\\_en/strohballenhaus-bei-heilbronn-von-atelier-kaiser-shen](https://www.detail.de/de_en/strohballenhaus-bei-heilbronn-von-atelier-kaiser-shen) (19 septiembre 2024).

Una tercera y más evolucionada opción de uso de la paja consiste en aprovechar el músculo tecnológico e industrial y manufacturar paneles compactados que le otorgan mayor espesor y resistencia y solucionan algunos de sus defectos consustanciales, como la falta de rigidez o dureza. Los paneles se realizan sometiendo las fibras a un proceso de compresión a alta temperatura en el que no se emplean adhesivos o aglutinantes químicos. Estos prefabricados tienen mayor resistencia que los de yeso, son invulnerables al fuego y el moho, no desprenden compuestos orgánicos volátiles, causantes del “síndrome del edificio enfermo” y actúan como buenos aislantes acústicos y térmicos .

Conocidos los resultados en laboratorio, una muestra de su empleabilidad se presenta en 2008 y es obra de Felix Jerusalem, autor de la Strohhaus en Eschenz (Suiza) a partir de tres tipos de tableros de paja de diferentes grados de compactación. Por ese motivo resultan óptimos tanto en suelos y techos -como aislantes térmicos-, como en tabiquería interior y exterior -donde también se garantiza el aislamiento acústico- o incluso empleados como soporte tectónico en el caso de los más rígidos. Además, su apariencia rústica y color suave configura la imagen y estética del interior y amplifica a lo visual los valores del material. Este rasgo es el que particulariza a este ejercicio frente a otros en los que la materialidad de la paja se camufla con los revoques habituales de los trabajos de tabiquería.



Fig. 5. Strohhaus (Eschenz, Suiza). Felix Jerusalem. 2008. (Fuente: Georg Aerni). <https://arquitecturaviva.com/obras/casa-de-paja-eschenz#lg=1&slide=0> (23 abril 2024).

La capacidad del arquitecto para aprovechar las novedades de la industria se une aquí a una búsqueda de la optimización productiva que permite que sea la manufactura en fábrica la que prevea el ensamblaje en seco de los paneles, para lograr así minimizar los tiempos de montaje y, en última instancia, los de levantamiento de la residencia. Sin embargo, y pese a lo comentado, tampoco puede considerarse este ejemplo como paradigmático de un uso respetuoso de los materiales, ergo ecológico y sostenible pues, en primer lugar, encontramos nuevamente un empleo de pilotes metálicos de separación entre las superficies de la casa y el terreno<sup>23</sup>, así como un núcleo de hormigón como base cimentadora. Por otro lado, los muros exteriores se recubren de placas de policarbonato ondulado verde (fig. 5) que, más allá de mimetizarse con la superficie rizada y orgánica del cercano río Rin y de garantizar la ventilación y durabilidad de los paneles prensados que cubren<sup>24</sup>, son un procesado plástico

<sup>23</sup> La casa se sitúa sobre unas ruinas romanas. Para garantizar su conservación se erige sobre pilotes, queda ligeramente sobreelevada del terreno y protegida a su vez de la humedad de este.

<sup>24</sup> Jerusalem, 2008 : 46-47.

cuyo ciclo de fabricación resulta contaminante, a lo que hay que añadir sus desventajas en cuanto a reciclaje o reutilización.

Desde ejemplos como estos, el reto presente y futuro es conseguir edificaciones de mayor volumen y altura que minimicen los prejuicios en torno a la robustez de la paja. El equipo que ha conseguido, hasta el momento, mayor avance en este sentido es el francés ASP Architecture, experto en arquitectura pasiva de madera y paja que, en 2013, logra un récord europeo al terminar un bloque de ocho plantas de viviendas sociales en Saint-Dié-des-Vosges<sup>25</sup> (fig. 6). De su éxito da cuenta que, en diciembre de 2023, comienza la cimentación de otro bloque de viviendas sociales, ahora de once niveles, en la misma ciudad, en el que combina también los paneles prefabricados de paja y madera.



Fig. 6. Viviendas sociales (Saint-Dié-des-Vosges, Francia). ASP Architecture. 2013. (Fuente: Arthur Janin). <https://asparchitecture.fr/projets/residences-j-ferry-8-niveaux-bois-paille-passif/#toggle-id-1> (23 abril 2024).

Para cerrar el apartado residencial, mencionemos un ejemplo excéntrico respecto al empleo de paja. El alemán Arjen Reas construye entre 2009 y 2010 una casa en Zoetermeer (Holanda) que recurre a esta fibra por sus cualidades sensoriales y estéticas y desoye las ya desgranadas. En efecto, la propuesta *Living on the Edge* consiste en una residencia unifamiliar cuyos muros exteriores, incluida la cubierta, se cubren completamente con paja, solo interrumpida por la aparición de la chimenea, el porche trasero, la marquesina de acceso y las ventanas. La intención es crear un híbrido entre vivienda actual, de volúmenes cúbicos,

---

<sup>25</sup> "26 logements 8 niveaux bois-paille passif". En: <https://asparchitecture.fr/projets/residences-j-ferry-8-niveaux-bois-paille-passif/#toggle-id-1> [11 de marzo de 2024].



y granja tradicional germana, que capte en el resultado tanto matices urbanos como rurales . El resultado es un ejercicio estilístico rompedor que reivindica los empleos actuales de la paja desde un punto de vista sensitivo. Así, el arquitecto hace hincapié en la idea de la tibieza que envuelve la vivienda, que la cubre como un gorro cálido y anima a tocarla (fig. 7).



Fig. 7. Living on the Edge (Zoetermeer, Holanda). Arjen Reas. 2009-2010. (Fuente: Kees Hageman).<https://www.homedsgn.com/2012/12/06/living-on-the-edge-by-arjenreas/living-edge-01/> (23 abril 2024).

Si bien el autor insiste en que la compactación de la paja ofrece suficiente protección contra los elementos externos, la falta de tratamiento de esta convierte el resultado en un ejemplo arriesgado de cara a su pervivencia y envejecimiento, aparte que, como compromiso con la ecología, no es más que un ejercicio superficial que, bajo una pretendida mirada hacia la tradición, recurre tanto al cemento como al metal como materiales complementarios y niega así cualquier compromiso con las necesidades exigibles a la arquitectura del siglo XXI.

Fuera del campo residencial, de cara al futuro extensivo del producto es interesante observar su introducción y asentamiento en tipologías colectivas y, a ser posible, públicas, pues son indicativas del compromiso de entidades, gobiernos y autoridades con la necesidad de reducir el impacto contaminante de la industria de la edificación. Son multitud los espacios que han incorporado la paja como material, si bien usualmente como aislante o cierre de los muros, lo que minimiza su impacto visual o estético pero se beneficia de sus cualidades ecológicas. Entre ellos pueden citarse oficinas como el Solar Living Center de la empresa Real Goods, situado en Hopland, California, obra de Sim van der Ryn (1996); centros culturales como la sala polivalente La Boiserie de Mazan (Francia), finalizada en 2014 por De-So, o de educación ambiental como el Straw Bale Eco Center de Muncie (Indiana, Estados Unidos), del Departamento de Arquitectura de la Universidad Ball State (2009); apartamentos vacacionales como los Esserhof de Lana (Italia), terminados en 2006 por Atelier Schimdt; cafés como el Straw Bale Café de Hereford (Reino Unido), obra de Hewitt Studios (2010) o el Tea Mountain de Praga, completado en 2013 por el estudio A1 Architects; guarderías como la parisina de LA Architectures, ejecutada entre 2015 y 2019; escuelas como la Stephane Hessel de Montreuil (Francia), terminada en 2014 por M'Cub Architectes o la de Feldballe (Rønde, Dinamarca) de Henning Larsen (2022) o capillas como la de Santa Luisa

de Marillac en Ciudad Juárez (México) (2015). En el caso de España, en este apartado es subrayable el centro de día para personas dependientes de Meliana (Valencia), adjudicado en 2020 con el compromiso de emplear en su realización en torno a 2.500 m<sup>2</sup> de paneles de paja. Sus responsables son el Estudi Psp Arquitectura y Virai Arquitectos, quienes recurren a paneles prefabricados de madera y balas de paja de arroz, excedente de la Albufera que aprovecha su accesibilidad y abundancia y evita su quema y consecuente contaminación atmosférica<sup>26</sup> (fig. 8).



Fig. 8. De izquierda a derecha y de arriba abajo: Sala polivalente La Boiserie (Mazan, Francia). De-So. 2014. (Fuente: Hervé Abadie). <https://www.archdaily.cl/cl/02-290030/mazan-de-so> (19 septiembre 2024); Escuela Feldballe (Rønne, Dinamarca). Henning Larsen. 2022. (Fuente: Rasmus Hjortshøj). <https://revistaplot.com/escuela-feldballe/> (19 septiembre 2024) y Centro de día para personas dependientes (Meliana, Valencia, España). Estudi Psp Arquitectura y Virai Arquitectos. 2019-2021. (Fuente: Milena Villalba). <https://www.premiosarquitecturaplus.com/project/centro-de-dia-de-personas-dependientes-meliana-valencia/> (19 septiembre 2024).

De entre los espacios más significativos de carácter público y colectivo hay uno que merece la pena subrayar por su reivindicación de la paja desde presupuestos visuales y expresivos. Se trata del mercado comunitario de Yusuhara (Japón), realizado en 2010 por Kengo Kuma. Pese a su denominación, ejerce funciones de hotel boutique, al situar las habitaciones alrededor de un atrio presidido por un mercado de productores locales. Su principal atractivo reside en que Kuma se vale de la recuperación de la tradición local de las casas de té Cha Do de la zona, caracterizadas por sus tejados de paja, para revestir los muros

<sup>26</sup> “Centro de día de personas dependientes”. En: <https://www.virai.eu/centro-de-dia-para-personas-dependientes/> [11 de marzo de 2024].



externos con grandes secciones de fardos a modo de cortinas, con la particularidad de poder rotarlos, abrirlos y cerrarlos y así proveer de ventilación al interior (y mantener seca y aireada la propia paja)<sup>27</sup> (fig. 9). El resultado, salvando las diferencias cronológicas y conceptuales - pues no en vano presenta un basamento acristalado que sirve de acceso a la par que de protección de la paja del contacto directo con el terreno-, conecta pasado y presente y retorna a la idea de una arquitectura hospitalaria, a escala humana, basada en el contacto y la comunicación de las personas, quienes encuentran calor de hogar no solo al compartir con sus congéneres, sino al hacerlo en un espacio acogedor y confortable, tanto como pueda serlo el realizado con la calidez de la paja.



Fig. 9. Mercado comunitario (Yusuhara, Japón). Kengo Kuma. 2010. (Fuente: Takumi Ota). <https://www.archilovers.com/projects-/49336/-yusuhara-machino-eki-gallery?332893> (23 de abril 2024).

A estos trabajos, y a los esfuerzos individuales que los estudios de arquitectura realizan para publicitar, emplear y potenciar ecomateriales como la paja, hay que añadir el papel de agrupaciones que fomentan sus usos, visibilizan la tarea y crean una red de obras basadas en la construcción con paja, la cual se beneficia de la exploración y experiencia con el producto. A nivel europeo destaca la European Straw Building Association ([strawbuilding.eu](http://strawbuilding.eu)), formada en 1998, y en España, desde 2005, la Red de Construcción con Paja ([casasdepaja.org](http://casasdepaja.org)), que cuenta con su propia revista, llamada *Brizna*. Este tipo de asociaciones realiza un importante papel de investigación, experimentación, innovación, inversión, apoyo, mentoría, enseñanza y divulgación para clarificar las dudas o reticencias en torno al material, potenciar la certificación de los códigos constructivos y difundir las ventajas de la paja y, por extensión, de la bioconstrucción.

Otro tanto sucede, a nivel empresarial, con compañías de construcción modular sostenible a base de paja, que ofrecen asesoramiento profesional y para la autoconstrucción, diseño de proyectos integrales, formación, investigación, producción y venta de paneles

---

<sup>27</sup> “Yusuhara Marche/Kengo Kuma & Associates”. En: [https://www.archdaily.com/199790/yusuhara-marche-kengo-kuma-associates?ad\\_source=search&ad\\_medium=projects\\_tab](https://www.archdaily.com/199790/yusuhara-marche-kengo-kuma-associates?ad_source=search&ad_medium=projects_tab) [11 de marzo de 2024].

prefabricados. En el ámbito europeo una de las más relevantes es Straw Works (strawworks.co.uk), encabezada por la arquitecta británica Barbara Jones<sup>28</sup> y reformulada en 2021 bajo la denominación Wellspring Architecture (wellspringarchitecture.co.uk).

A través de los casos de estudio ofrecidos, y pese a su carácter parcial, tres parecen revelarse como los métodos más útiles a la hora de emplear la paja como material constructivo en el siglo XXI. En primer lugar, destaca su uso portante de los muros; en segundo, como compuesto de relleno en estructuras sustentantes, a base de un esqueleto convencional de pilares y vigas cuyos muros se cierran con paja y, por último, a partir de paneles prefabricados, compactados y adecuados en tamaño y forma a las necesidades específicas de cada diseño<sup>29</sup>.

La primera opción, el sistema de muros portantes, se conoce también como sistema Nebraska, por ser de allí originario. Si bien responde a principios de fabricación de escasa complejidad estructural (hileras de pacas sobre las que se sostienen las siguientes, con cada bala centrada sobre las juntas de las de la hilada inferior), es el proceso más limitado por varios motivos. En primer lugar, es preciso sobreelevar la paja del suelo a través de un zócalo de material aislante (ladrillo u hormigón) que evite la absorción de la humedad del terreno pues, en caso contrario, los fardos pueden expandirse y causar grietas en los muros<sup>30</sup>. Además, tanto esta base como los cimientos han de estar asimismo protegidos del agua para evitar que, por capilaridad, esta acabe afectando a la paja<sup>31</sup>.

Por otro lado, para evitar los deslizamientos de un material no compactado mecánicamente como la bala de paja, es preciso fijarlas a una base que las asegure de modo individual. Es más, resulta frecuente utilizar clavos o púas, a modo de guía, a lo largo y alto de los muros, para garantizar su firmeza.

Otro posible peligro es el que tiene que ver, precisamente, con la compactación de la paja. Como el efecto de la gravedad es inevitable, hay que garantizar un espacio sobre o bajo las ventanas y también encima de las puertas, de modo que la compresión no afecte a los marcos. Y algo similar ocurre al repartir el peso de la cubierta sobre los muros de manera equitativa, teniendo presente que el centro de los fardos es su parte más resistente y que los pesos del tejado deberían descansar sobre ellos<sup>32</sup>. Por último, por hacer a las pacas sujetar las cargas, es posible afrontar problemas de estabilidad y ver limitado el tamaño de los resultados, que pueden ser amplios en superficie, pero no superarán la doble altura.

Además, hay que tener en cuenta que cortar los fardos para adecuarlos a un tamaño o forma determinado reduce su resistencia a la compresión y amplía los tiempos de manufactura porque es un proceso que requiere paciencia. Por ese motivo, la colocación de aberturas, las dimensiones del conjunto y el diseño formal deben estar predefinidos y dimensionados de modo consciente, lo que limita algunas posibilidades expresivas y capacidades funcionales.

---

<sup>28</sup> Autora de *Building with straw bales. A practical manual for self-builders and architects* (2009), fundadora de la School of Natural Building y máxima autoridad inglesa en la construcción con balas.

<sup>29</sup> Cebada Sánchez, 2017: 74-77.

<sup>30</sup> Este podio debe medir unos 45 centímetros para garantizar el aislamiento y nunca menos de 22,5. Minke/Mahlke, 2020: 26.

<sup>31</sup> Nitzkin/Termens, 2010: sin paginar.

<sup>32</sup> Si el peso del tejado recae sobre la esquina exterior de una bala, ejerce una presión que puede dañarla y comprometer la estabilidad del muro. “¿Qué es la bioconstrucción?”. En: <https://www.casapasiva.es/que-es-la-bioconstruccion/> [11 de marzo de 2024].

La segunda opción de empleo de paja como material pasa por utilizar las balas como relleno de una estructura portante que, pese su ligereza, garantiza la estabilidad y permite juegos de alturas, volúmenes o dimensiones impensables en el supuesto anterior. Además, facilita las aperturas o lucernarios de mayor tamaño y solventa las limitaciones autosustentantes de la paja. En estos casos la función principal de la fibra es la de aislamiento, y la del marco de madera es la de responsabilizarse de la carga. Los listones de madera, separados por entre 70 u 80 centímetros, se rellenan con balas mediante dos posibles procesos, destinados ambos a garantizar la compresión de la pared. Consisten en, o ir colocando cada hilera de fardos y comprimiéndola progresivamente con listones horizontales (sistema CUT o *Cell Under Tension*, ideado por Tom Rijven) o en situar todas las hileras en la estructura y compactar solo la penúltima al insertar la última capa. Aunque las dos opciones son sistemas sencillos, requieren de más experiencia que el simple apilamiento, si bien añaden un extra de versatilidad y flexibilidad al diseño.

Por último, el sistema más revolucionario, fruto de los avances e innovaciones de la industria de materiales ecosostenibles, consiste en prefabricar paneles que se trasladan a la obra y garantizan un proceso constructivo rápido, sencillo, ágil y carente de sorpresas o de someterse a riesgos atmosféricos, además de ofrecer un excelente rendimiento. A la par, pueden emplearse como elementos estructurales o como simples piezas de cerramiento. Son varios los fabricantes europeos -como *Modcell* (modcell.com) o *Ecococon* (ecococon.eu/gb/-) -especializados en la elaboración de este tipo de procesados, sostenibles por su escasa manufactura, que presumen de un bajo impacto energético y además son renovables. Por ello son productos que cuentan con el certificado energético alemán *Passivhaus*<sup>33</sup>.

Además de estos sistemas, la paja presenta otros usos arquitectónicos que insisten en sus cualidades. Hablamos ahora de su empleo como complemento de otros materiales tradicionales o como aislamiento de edificaciones existentes. Destaca, por ejemplo, como revestimiento de cubiertas y ayuda a la evacuación del agua de lluvia hacia los laterales, al no penetrar en los tejados. Estos techos de paja están extraordinariamente difundidos desde tiempos inmemoriales y siguen evidenciando su utilidad en diferentes contextos (de Japón a Bélgica pasando por Vietnam, Senegal, Mozambique, México, Namibia o Dinamarca), mereciendo su estudio una atención específica inabarcable a los efectos de este escrito.

### **Resultados: ventajas y desventajas de la paja como material para la arquitectura del tercer milenio**

Resumidos los usos que se puede dar a la paja en la construcción actual, sinteticemos sus virtudes, observadas a través de los ejemplos ofrecidos y asumidas por autores y promotores. En general, podemos afirmar que se trata de un producto natural y, por tanto, respetuoso con el medio, sostenible y renovable. Además, su huella ecológica es mínima, al acumularse poca energía en su producción<sup>34</sup> y manipulación pues es un residuo agrícola; de hecho, no solo no aumenta la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera durante su manufactura, sino que es capaz de absorber más de dos kilogramos de este gas por cada kilo de paja empleado<sup>35</sup>, lo que convierte a los edificios que la emplean en productos de carbono negativo.

---

<sup>33</sup> López/Iborra, 2015: 837-841.

<sup>34</sup> Se calcula que en torno a 77 veces menos que la energía necesaria para producir lana de roca mineral, por ejemplo. “Construcción con paja”. En: <https://www.meta2020arquitectos.com/construccion-con-paja/> [11 de marzo de 2024].

<sup>35</sup> Wihan, 2007: 17. Se evitan así además los gases contaminantes provocados por la quema de estos rastrojos una vez finalizada la cosecha. Por ejemplo, en Alemania se quema el 90% de la paja producida anualmente. Si esta se emplease en la construcción de viviendas, podrían edificarse unas 350.000. López Letón, Sandra (2017): “El gusto por las casas de paja revive”. En: [https://elpais.com/-/economia/2017/-05/19/actualidad/1495187033\\_855416.html](https://elpais.com/-/economia/2017/-05/19/actualidad/1495187033_855416.html) [11 de marzo de 2024].

En la misma línea, la energía requerida para la construcción de un muro de paja es hasta 20 veces inferior que para uno de ladrillos<sup>36</sup> y el ahorro de CO2 a la atmósfera por cada metro cúbico de hormigón sustituido por uno de paja es de 800 kilogramos<sup>37</sup>.

Es un material geográficamente accesible y, por tanto, válido para cualquier contexto y clima. Por ese motivo, es considerado un producto de kilómetro cero, que puede conseguirse localmente en cualquier lugar. Al tratarse de un residuo vegetal, su único coste asociado es el del transporte desde el campo hasta su lugar de empleo y, sin embargo, su potencial como revitalizador económico es poderoso. Por poner un ejemplo, Francia produce alrededor de 25 millones de toneladas de paja al año. Aparte de que tan solo el 10% de las mismas serían suficientes para aislar 500.000 viviendas<sup>38</sup>, su viabilidad para regenerar zonas rurales deprimidas y crear trabajos debe ser tenida en consideración.

Por sus condiciones físicas la paja es flexible, válida para superficies curvas, pero también resistente, lo que la hace idónea en entornos sísmicamente inestables. Además, es modelable y versátil<sup>39</sup>. Es fácil de usar y manipular, y como puede cortarse con facilidad, ofrece múltiples posibilidades formales, con la ventaja de que permite trabajar con cierto margen de error que puede corregirse sobre la marcha.

Es transpirable e higroscópica, actúa como reguladora de la humedad al permitir que los muros transpiren, absorbe el exceso de esta y evita condensaciones<sup>40</sup>. En esa línea, es un buen aislante térmico<sup>41</sup>, capaz de multiplicar hasta por seis los valores exigidos por las normativas y acercando sus resultados a los de las casas pasivas, que minimizan el uso de sistemas convencionales de calefacción o refrigeración. Las viviendas así realizadas ofrecen un ahorro energético de entre un 70 y un 80%<sup>42</sup> y consumen de media una décima parte que una casa convencional, al evitar la rotura de los puentes térmicos<sup>43</sup>. La paja resulta adecuada también como aislante acústico, llegando incluso a utilizarse en la insonorización de estudios de grabación y sonido<sup>44</sup>.

A lo anterior añadamos su asequibilidad, aunque este sea un asunto que matizar. Grosso modo, en la confección de un espacio de unos 120 m<sup>2</sup> se necesitan en torno a 400 balas de paja. A un precio de dos euros por fardo, el balance del material, sin tener en cuenta otros gastos de inversión, es razonable. Sin embargo, las cosas cambian cuando hablamos de

---

<sup>36</sup> Scharmer, 2015: 8.

<sup>37</sup> Alcorn/Donn, 2010: 28-30.

<sup>38</sup> Gauzin-Müller, Dominique (2022): "The short straw: bio-based construction". En: <https://www.architectural-review.com/essays/the-short-straw> [11 de marzo de 2024].

<sup>39</sup> Minke/Mahlke, 2020: 40-41.

<sup>40</sup> Minke/Mahlke, 2020: 24-26.

<sup>41</sup> Con un grado de conductividad térmica de 0,14 W/m\*K (vatios por metro y grado Kelvin), inferior, eso sí, al del corcho (0,05) o al del cáñamo (0,04), pero equiparable, por ejemplo, al aislamiento que ofrecen el ladrillo o 28 centímetros de lana de roca. Koh/Kraniotis, 2021: 2-3. Si hablamos de paneles estructurales de madera compactados con paja en su interior, la conductividad térmica mejora hasta 0,068 W/m\*K. "Sistema constructivo". En: <https://ecopaja.com/sistema-constructivo/> [6 de marzo de 2024]. Esta capacidad aislante de la paja es conocida desde hace cientos de años pues, en efecto, los pozos de nieve recurrían a la paja colocada en capas, intercaladas entre la nieve comprimida, para proporcionar aislamiento al hielo y evitar que se derritiera.

<sup>42</sup> Souza, Eduardo (2020). "Straw bales: Building efficient walls with agricultural waste". En: [https://www.archdaily.com/945267/straw-bales-building-efficient-walls-with-agricultural-waste?ad\\_source=search&ad\\_medium=projects\\_tab&ad\\_source=search&ad\\_medium=search\\_result\\_all](https://www.archdaily.com/945267/straw-bales-building-efficient-walls-with-agricultural-waste?ad_source=search&ad_medium=projects_tab&ad_source=search&ad_medium=search_result_all) [11 de marzo de 2024].

<sup>43</sup> Atkinson, 2008: sin paginar.

<sup>44</sup> Minke/Mahlke, 2020: 31.

paneles prefabricados pues, como ventaja constructiva, la baratura del producto desaparece. Otro elemento que hay también que valorar, de cara a justipreciar el coste de un edificio de paja, es que si bien tanto la estructura portante (en caso de tenerla) como los cerramientos son económicos, los aislamientos, revestimientos y acabados encarecen el coste global, por no mencionar la necesidad de mano de obra cualificada, experta en este tipo de productos y en el trabajo con obra húmeda *in situ*<sup>45</sup>. No parece pues que, en términos generales, el importe de una casa realizada con paja sea sustancialmente inferior al de una convencional.

Cuestión diferente es la autoconstrucción, pues sus presupuestos sí resultan inferiores. Así, mientras el precio del metro cuadrado de una constructora puede alcanzar los 1.600 euros, al optar por la autofabricación ese montante se reduce en torno a un 50%. “Si pensamos que la mano de obra incide en un 60% del coste total, es evidente que cuanto más trabajo podamos aportar en la construcción de la casa, tanto más será el ahorro”, confirma Alejandro López, arquitecto experto en edificación con paja y cofundador de Okambuva, cooperativa de servicios de bioconstrucción<sup>46</sup>. Teniendo en cuenta que los conocimientos necesarios para el manejo de los fardos o paneles de paja no son extensos, y siempre que se cuente con requisitos previos legales tales como seguro de responsabilidad civil y de obra, puede ser interesante valorar la alternativa<sup>47</sup>. De todos modos, el atractivo de la paja no radica tanto en su asequibilidad, ni en la opción de la autofabricación, que está lejos de ser algo accesible al común de la población (por no disponer de tiempo y formación), sino más bien en el ahorro en costes de calefacción y refrigeración a largo plazo. Se trata de otro tipo de ahorro, el que deriva el gasto presente para amortizarlo en el futuro, añadiéndole las mejoras de salubridad reseñadas, que también pueden leerse en términos de ahorro en tanto garantía de salud, personal del individuo que disfruta la edificación y colectiva de la comunidad, a la que la obra no impacta con su contaminación.

También tiene que ver con la economía la rapidez con la que es posible trabajar la paja. Por ser un material ligero y de considerable volumen (cada fardo equivale a unos 25 ladrillos), el tiempo de fabricación disminuye, lo que repercute en el coste final dado que menos horas de construcción significan menos mano de obra, menos gasto asociado a la misma y más agilidad a la hora de usar y dar rendimiento a la inversión<sup>48</sup>.

Si hablamos de durabilidad, se conservan en uso viviendas de fardos de paja de más de 100 años. Algunas de las más antiguas son las de zonas como Nebraska, caracterizada por su riguroso clima, con acusados cambios de temperatura entre el día y la noche y amplios periodos de frío extremo<sup>49</sup>; esto es, circunstancias adversas ante las cuales la paja manifiesta su resistencia.

Una vez superada su vida útil, como la paja es un residuo biológico resulta biodegradable, convirtiéndose en biomasa o compost sin ningún tipo de tratamiento o en lecho para animales de granja, además de reciclable, de modo que los recortes de los paneles o fardos, pese a ser mínimos, se pueden reutilizar<sup>50</sup>.

No obstante sus ventajas, es fácil cometer errores en el empleo de la paja. Hay que ser consciente de las limitaciones tectónicas y mecánicas de esta fibra, pues los muros realizados

---

<sup>45</sup> MacDonald/Myhrman, 1994: 18.

<sup>46</sup> López Letón, Sandra (2021): “Las casas de paja viven su momento más dulce”. En: [https://elpais.com/economia/2021-01-15/las-casas-de-paja-viven-su-momento-mas-dulce.html?event\\_log=go](https://elpais.com/economia/2021-01-15/las-casas-de-paja-viven-su-momento-mas-dulce.html?event_log=go) [11 de marzo de 2024].

<sup>47</sup> Jones, 2009: sin paginar.

<sup>48</sup> Minke/Mahlke, 2020: 73-74.

<sup>49</sup> Nitzkin/Termens, 2010: sin paginar.

<sup>50</sup> Hu, 2023: 10-11.



con sus pacas no soportan grandes alturas ni tejados pesados y pueden tender a desplazarse o moverse, con los riesgos de estabilidad que ello comporta y que se han subrayado. Así las cosas, las balas funcionan con seguridad y eficacia en edificios de no más de dos plantas y, para coadyuvar a su sujeción, mejoran sus cualidades técnicas acompañadas de cubiertas ligeras (vegetales o de teja, por ejemplo). Ello significa que se requiere de una buena planificación, de un diseño consistente y de atención a los detalles para paliar posibles problemas surgidos durante y tras la finalización del edificio<sup>51</sup>.

A estas restricciones hay que añadir su precariedad en condiciones de exceso de humedad (superior a un 25%), que pueden dar lugar a su deterioro e, incluso, su podredumbre<sup>52</sup>. Una solución consiste en proteger temporalmente las paredes, mientras se levantan, si bien lo más efectivo y seguro es constreñir el proceso de elaboración a los meses de verano, aquellos en los que los riesgos de precipitaciones disminuyen. Sin embargo, esto ralentiza los tiempos de ejecución y restringe la usabilidad del producto. Estas dificultades se ven reducidas con el uso de paneles prefabricados y cortados en origen.

Otro elemento al que prestar atención es su posible vulnerabilidad frente a los incendios. Pese a que el fuego parece el gran enemigo de este material, para que se produzca combustión es necesario oxígeno. Si la paja está compactada en fardos bien prensados y se revoca con mortero, con una densidad mínima de unos dos centímetros, la cantidad de oxígeno que presenta es imperceptible, de manera que se retarda el efecto del fuego, desde que se inicia y hasta que llega a afectar a los muros, entre unos 90 y 120 minutos, a más de 1000 grados de temperatura<sup>53</sup>. Además, la paja presenta altos contenidos de sílice (en torno a un 4%), que es un retardante natural del fuego. Hasta tal punto la paja es efectiva como material ignífugo que en Gran Bretaña se emplean muros de balas revocados como cortafuegos entre casas adosadas<sup>54</sup>.

Tampoco suponen un peligro para estas construcciones los ataques de roedores, insectos o parásitos, al menos en un porcentaje superior al de trabajos similares. Ello se debe a que la paja es el tallo hueco de una gramínea, de manera que no puede proveer de alimento a ningún ser vivo porque solo contiene celulosa. Si, además, el muro se reviste y enlucce, acaba teniendo un aspecto idéntico al de cualquier tipo de pared<sup>55</sup>. En el caso de los fardos de paja muy comprimidos o, directamente, de los paneles prefabricados, el ambiente es desfavorable para que cualquier animal pueda construir túneles o buscar refugio entre sus resquicios. No obstante, si hablamos de construcciones de pacas a la vista, el problema sí existe, porque son los vacíos de aire, los huecos que se crean entre las fibras aquellos que, por su frondosidad, pueden ser aprovechados por los animales como morada y protección frente a las inclemencias del tiempo. Por tanto, en lo que respecta a este peligro las medidas de prevención deben ser las mismas que para cualquier edificación convencional<sup>56</sup>.

Otra de las razones para revocar con tierra, arcilla, yeso o cal<sup>57</sup> o proteger los muros con paneles de madera radica en su capacidad para evitar las corrientes y regular la humedad, que puede acumularse, máxime si el agua de lluvia impacta en ellos; aparte del hecho de que son

---

<sup>51</sup> Jones, 2009: sin paginar. No obstante, la recurrencia a esqueletos de madera o directamente el empleo de paneles manufacturados en fábrica elimina estos riesgos.

<sup>52</sup> Ashour/Wu, 2011: sin paginar.

<sup>53</sup> Minke/Malke, 2020: 32.

<sup>54</sup> "Frequently Asked Questions". En: <https://strawworks.co.uk/resources/faqs/> [11 de marzo de 2024].

<sup>55</sup> Nitzkin/Termens, 2010: sin paginar.

<sup>56</sup> MacDonald/Myhrman, 1994: 19.

<sup>57</sup> No es posible hacerlo con cemento u otro material inorgánico, pues es antitranspirable y no deja respirar a la paja.

coadyuvantes de la dureza de los tapiales<sup>58</sup>. Por último, la hermeticidad del revestimiento aumenta aún más la capacidad aislante de la paja y reduce las pérdidas de calor. A este respecto, hay que planificar el tamaño, lugar y orientación de las aberturas, dado que los puentes térmicos asociados a estas son lugares donde, aparte de producirse las mayores fugas de energía, tiende a acumularse la humedad, pudiendo esta afectar a la paja lo que, a la postre, impactaría en la integridad estructural del conjunto.

A las limitaciones anteriores añadamos el espesor de los muros resultantes, que restringe el diseño. Una pared de fardos puede alcanzar más de 68 centímetros de grosor, aunque es posible reducir esa anchura a unos entre 35 y 45, aproximadamente, si la paja se coloca paralela al plano de la pared. Incluso este ancho es sustancioso<sup>59</sup> frente a los aproximadamente 10 centímetros del aislante de una vivienda construida con materiales convencionales<sup>60</sup>. No obstante, los defensores de la paja valoran que tan densas paredes permiten abrir nichos en los muros y crear en las ventanas alféizares anchos convertibles en asientos, lo que redundaría en la confortabilidad general.

Tampoco es menor obstáculo el hecho de que, en una construcción de paja, esta es solo uno de los materiales a emplear. Además de los marcos estructurales ya comentados o de los zócalos aislantes, las particiones interiores no suelen realizarse con paja, fundamentalmente porque su grosor disminuye de modo notable la superficie de cada estancia. Ello significa que, aunque los muros perimetrales sean altamente sostenibles, la tabiquería interior recurrirá a los tradicionales ladrillos o placas de yeso o, de cara a mantener los estándares de sostenibilidad, a la madera. En caso contrario la recurrencia a la paja dibujará un inmueble en el que el rendimiento económico por metro cuadrado será bajo.

## Conclusiones

El tercer milenio está asistiendo, a nivel arquitectónico, a procesos de metamorfosis conceptual, de autoconvencimiento consciente o inconsciente y/o de apostura engañosa según los cuales algunos ejercicios considerados, en términos ortodoxos, epítomes de la arquitectura histórica o vernácula, están transmutando en vanguardia merced a las técnicas y materiales empleados en su realización. Esto deviene en situaciones paradójicas e incluso excéntricas, pues redundaría en las disociaciones producidas a lo largo de los siglos XX y XXI entre el hombre, el planeta que habita y las manifestaciones arquitectónicas con que lo altera. Pese a los caprichos del destino, las contradicciones inherentes al ser humano y las circunvoluciones de los caminos que recorre la arquitectura, hay que aceptar que se trata de un proceso de reposicionamiento en términos de conservación del planeta o de garantía de la supervivencia de la especie humana (y de evitar la destrucción de otras) y que, además, trae aparejadas otras ventajas, vinculadas a la mejora de las condiciones de habitabilidad, en la tierra en general y en los edificios que ocupamos en particular. Y es que, en efecto, en un mundo en que las enfermedades producidas por reacciones alérgicas a componentes químicos crecen, del mismo modo que sucede con las muertes provocadas por la contaminación del aire, la tierra o el agua, un paliativo, que no solución, consiste en rodearse de entornos amables con la salud, para lo cual formas y técnicas de construcción, así como determinados materiales milenariamente testados (tanto como sus procesos de producción, tratamiento, almacenamiento, transporte o deshecho), adquieren responsabilidad. Como afirma el arquitecto español Iñaki Urkía, experto en bioclimática y bioconstrucción y defensor y practicante de esta metodología, hablamos de una variedad constructiva que “nace

---

<sup>58</sup> Minke/Mahlke, 2020: 30.

<sup>59</sup> “Straw bale”. En: <https://www.arkintilt.com/straw-bale> [11 de marzo de 2024].

<sup>60</sup> López Letón, Sandra (2021). “Las casas de paja viven su momento más dulce”. En: [https://elpais.com/economia/2021-01-15/las-casas-de-paja-viven-su-momento-mas-dulce.html?event\\_log=go](https://elpais.com/economia/2021-01-15/las-casas-de-paja-viven-su-momento-mas-dulce.html?event_log=go) [11 de marzo de 2024].

de la necesidad de salud”<sup>61</sup>. La bioconstrucción, basada en la edificación a partir de materiales naturales y, de entre estos, los más afines a la arquitectura vernácula, tales como adobe, madera, caña, tierra, paja o piedra, se revela como un camino capital.

Pese a estas necesidades, existen obstáculos respecto al trabajo normalizado con paja, parte de los cuales derivan de la falta de un corpus práctico nutrido y de códigos constructivos que expliciten, aclaren y ayuden a solventar sus posibles debilidades<sup>62</sup>. Ello provoca que, en principio, muchos de estos ejercicios exijan mayores precauciones y, por tanto, un tiempo de ejecución más extenso, determinado por lo ignoto de la respuesta del material. A medida que los proyectos progresen y se popularicen, el trabajo se volverá más sencillo y rápido. En palabras del arquitecto Magnus Reffs Kramhøft, comprometido con los ecomateriales: “The more we work with bio-based materials the easier it will become”<sup>63</sup>.

Otro tanto sucede con la ausencia de fichas de productos garantizados y estandarizados por la industria, pues al ser la paja empacada un residuo del campo, su finalidad primera no es el subsidiario uso arquitectónico que aquí contemplamos, lo que entorpece la obtención de seguros, certificaciones o créditos hipotecarios. Tal como explicita Jesús Morán, pionero en Extremadura de la construcción biomaterial y prefabricada con paja y miembro del estudio de arquitectura bioclimática *Umbral*: “el problema es que no hay mucha gente que (...) crea (en este tipo de técnicas) y menos aún las personas que tienen poder para que pase. A la administración pública le queda mucho por hacer para que los técnicos creamos que se están tomando en serio una verdadera y efectiva transición de procesos devastadores a aquellos más coherentes y respetuosos”<sup>64</sup>.

En resumen, en lo referente a arquitectura sostenible y al empleo de ecomateriales, una medida y ajustada política de compromiso y responsabilidad por parte de arquitectos, promotores, clientes y usuarios se revela como el marco de trabajo más seguro y efectivo, al que hay que unir el aliento hacia las investigaciones que la tecnología es capaz de ofrecer y la certeza, no siempre suficientemente subrayada, de que lejos de soluciones mágicas, técnicas infalibles o productos óptimos, la pervivencia de la arquitectura como disciplina y del ser humano como especie subyacen en un equilibrio que es necesario cuidar con perseverancia y delicadeza. Esto no hace más que, por un lado, subrayar el potencial técnico e industrial (económico y fabril) de compuestos como la paja y, por otro, manifestar la importancia de que las actuales y futuras investigaciones de los laboratorios se vean refrendadas con otras de tipo académico que evidencien las necesidades, demandas y respuestas de la arquitectura del tercer milenio.

---

<sup>61</sup> Huarte, Sara/Porto, Iñaki (2015): “Bioconstrucción, una vuelta a los orígenes”. En <https://www.noticiasdenavarra.com/navarra/2015/09/21/bioconstruccion-vuelta-origenes-2847976.html> [6 de marzo de 2024].

<sup>62</sup> Por poner un ejemplo, la publicación de la normativa profesional de construcción con paja en Francia no tuvo lugar hasta 2011. Si bien fue un respaldo a la hora de tranquilizar a técnicos, promotores y usuarios, lo reciente de su aprobación es significativo de la falta de indicadores legales que coadyuven a la popularización de este material. Gauzin-Müller, Dominique (2022). “The short straw: bio-based construction”. En: <https://www.architectural-review.com/essays/the-short-straw> [11 de marzo de 2024].

<sup>63</sup> “Harvesting ancient wisdom: a guide to designing with straw”. En: <https://henninglarsen.com/en/news/archive/2023/06/an-architect-s-guide-to-designing-with-straw> [11 de marzo de 2024].

<sup>64</sup> “Una casa de paja pionera en Extremadura”. En: <https://arquitectura-sostenible.es/casa-paja-pionera-extremadura/> [11 de marzo de 2024].

## Bibliografía y recursos electrónicos

- Alcorn, Andrew/Donn, Michael (2010): “Life cycle potential of strawbale and timber for carbon sequestration in house construction”. En: *Proceedings from the Second International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies*, pp. 28-30.
- Archdaily (s. f.) *Refuge II/ Wim Goes Architectuur* [En línea] disponible en: [https://www.archdaily.com/800577/refuge-ii-wim-goes-architectuur?ad\\_source=search&ad\\_medium=projects\\_tab](https://www.archdaily.com/800577/refuge-ii-wim-goes-architectuur?ad_source=search&ad_medium=projects_tab) [consulta: 11 de marzo de 2024].
- Archdaily (7 de febrero de 2012) *Yusuhara Marche/Kengo Kuma & Associates* [En línea] disponible en: [https://www.archdaily.com/199790/yusuhara-marche-kengo-kuma-associates?ad\\_source=search&ad\\_medium=projects\\_tab](https://www.archdaily.com/199790/yusuhara-marche-kengo-kuma-associates?ad_source=search&ad_medium=projects_tab) [consulta: 11 de marzo de 2024].
- Arjen Reas Architecten (s. f.) *Living on the edge* [En línea] disponible en: <https://www.arjenreas.nl/en/living-on-the-edge> [consulta: 11 de marzo de 2024].
- Arkin Tilt Architects (s. f.) *Straw bale* [En línea] disponible en: <https://www.arkintilt.com/straw-bale> [consulta: 11 de marzo de 2024].
- Arnardóttir, H./Sánchez Merina, J. (2017) *La casa de paja en el norte de Londres, de Wigglesworth + Till*. Veredes. Arquitectura y Divulgación [blog] (5 de mayo) Disponible en <https://veredes.es/blog/la-casa-paja-norte-londres-wigglesworthtill-halldora-arnardottir-javier-sanchez-merina/#comments> [consulta : 11 de marzo de 2024].
- Arquitectura sostenible (s. f.) *Una casa de paja pionera en Extremadura* [En línea] disponible en: <https://arquitectura-sostenible.es/casa-paja-pionera-extremadura/> [consulta: 11 de marzo de 2024].
- Ashour, Taha/Wu, Wei (2011): “Using barley straw as building material”. En: Elfson, Steven B (ed.): *Barley: Production, cultivation and uses*. Nova Science Publishers, cap. 12.
- ASP Architecture (s. f.) *26 logements 8 niveaux bois-paille passif* [En línea] disponible en <https://asparchitecture.fr/projets/residences-j-ferry-8-niveaux-bois-paille-passif/#toggle-id-1> [consulta : 11 de marzo de 2024].
- Atkinson, Carol (2008): *Energy assessment of a straw bale building*. London: University of East London.
- Carbone, Christopher M. (2003). *Mainstreaming Straw as a construction material. Understanding the future of bio-based architectural materials*. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology.
- Card, N. (2020) *No house of straw: Sarah Wigglesworth's eco-home, 20 years on*. The Guardian (7 de junio). Disponible en <https://www.theguardian.com/artanddesign/2020/jun/07/return-sarah-wigglesworth-straw-bale-house-stock-orchard-street> [consulta: 11 de marzo de 2024].

- Casapasiva (s. f.) *¿Qué es la bioconstrucción?* [En línea] disponible en: <https://www.casapasiva.es/que-es-la-bioconstruccion/> [consulta: 11 de marzo de 2024].
- Cebada Sánchez, Mónica (mayo 2017): “Innovación y sabiduría popular”. En: *Cercha*, 132 [Núm.], pp. 74-77.
- Certificados Energéticos (23 de diciembre de 2014) *Arquitectura sostenible y ecológica utilizando paja como material constructivo* [En línea] disponible en: <https://www.certificadosenergeticos.com/arquitectura-sostenible-ecologica-utilizando-paja-material-constructivo> [consulta: 11 de marzo de 2024].
- Crook, L. (2020) *Sarah Wigglesworth future-proofs self-designed straw bale house in London*. Dezeen (22 de diciembre). Disponible en <https://www.dezeen.com/2020/12/22/sarah-wigglesworth-stock-orchard-street-house-london/> [consulta: 11 de marzo de 2024].
- Davey, P. (2002) *Sarah Wigglesworth Architects' Straw Bale House*. *The Architectural Review* (24 de enero). Disponible en <https://www.architectural-review.com/buildings/sarah-wigglesworth-architects-straw-bale-house> [consulta: 11 de marzo de 2024].
- Ecopaja (s. f.) *Sistema constructivo* [En línea] disponible en: <https://ecopaja.com/sistema-constructivo/> [consulta: 6 de marzo de 2024].
- Frearson, A. (2013) *Living on the Edge by Arjen Reas*. Dezeen (18 de abril). Disponible en <https://www.dezeen.com/2013/04/18/thatched-house-by-arjen-reas/> [consulta: 11 de marzo de 2024].
- Gauzin-Müller, D. (2022) *The short straw: bio-based construction*. *The Architectural Review* (15 de junio). Disponible en <https://www.architectural-review.com/essays/the-short-straw> [consulta: 11 de marzo de 2024].
- Georg Bechter. *Architektur + Design* (s. f.) *StrohHaus* [En línea] disponible en: <https://bechter.eu/strohhaus/1e-de#Slides/1> [consulta: 11 de marzo de 2024].
- Gibson, G. (2022) *Ganancias materiales*. Roca Gallery (6 de junio). Disponible en <http://www.rocagallery.com/es/ganancias-materiales> [consulta: 11 de marzo de 2024].
- Griffiths, A. (2011) *University of Nottingham Gateway Building by Make*. Dezeen (11 de noviembre). Disponible en <https://www.dezeen.com/2011/11/10/university-of-nottingham-gateway-building-by-make/> [consulta: 11 de marzo de 2024].
- Hartman, H. (2015) *Is this the most influential house in a generation?* *Architects'Journal* (30 de enero). Disponible en <https://www.architectsjournal.co.uk/buildings/is-this-the-most-influential-house-in-a-generation> [consulta: 11 de marzo de 2024].
- Henning Larsen (5 de julio de 2023) *Harvesting ancient wisdom: a guide to designing with straw* [en línea] disponible en <https://henninglarsen.com/en/news/archive/2023/06/an-architect-s-guide-to-designing-with-straw> [consulta: 11 de marzo de 2024].
- Hu, Ming (2023): “Exploring Low-Carbon Design and Construction Techniques: Lessons from Vernacular Architecture”. En: *Climate*, 11 [Vol.], 165 [Núm.], pp. 1-18.



- Huarte, S. y Porto, I. (2015) *Bioconstrucción, una vuelta a los orígenes*. Noticias de Navarra (21 de septiembre). Disponible en <https://www.noticiasdenavarra.com/navarra/2015/09/21/bioconstruccion-vuelta-origenes-2847976.html> [consulta: 6 de marzo de 2024].
- Jerusalem, Felix (2008): “Todo fibra”. En: *Arquitectura Viva*, 122 [Núm.], pp. 46-47.
- Jones, Barbara, et al (2009). *Building with straw bales: a practical guide for the UK and Ireland*. Devon: Green Books & Resurgence Books.
- Kengo Kuma & Associates. KKAA (s. f.) *Community Market Yushara* [En línea] disponible en <https://kkaa.co.jp/en/project/community-market-yusuhara/> [consulta: 11 de marzo de 2024].
- Koh, Chuen Hon/Kraniotis, Dimitrios (2021): “Hygrothermal performance, energy use and embodied emissions in straw bale buildings”. En: *Energy & Buildings*, 245 [Núm.], pp. 1-14.
- Lawrence, Michael/ Drinkwater, L./ Heath, Andrew/Walker, Peter (2009): “Racking shear resistance of prefabricated straw-bale panels”. En: *Proceedings of the Institute of Civil Engineers: Construction Materials*, 162 [Vol.], 3 [Núm.], pp. 133-138.
- López, Alejandro/Iborra, Milagro (2015): “Prefabricated modular straw walls and panels for houses building and building renovation”. En: *Congreso Internacional de Construcción Sostenible y Soluciones Ecoeficientes*. Universidad de Sevilla. Escuela Técnica Superior de Arquitectura, pp. 818-842.
- López Letón, S. (2017) *El gusto por las casas de paja revive*. El País (20 de mayo). Disponible en [https://elpais.com/economia/2017/05/19/actualidad/1495187033\\_855416.html](https://elpais.com/economia/2017/05/19/actualidad/1495187033_855416.html) [consulta: 11 de marzo de 2024].
- López Letón, S. (2021) *Las casas de paja viven su momento más dulce*. El País (18 de enero). Disponible en [https://elpais.com/economia/2021-01-15/las-casas-de-paja-viven-su-momento-mas-dulce.html?event\\_log=go](https://elpais.com/economia/2021-01-15/las-casas-de-paja-viven-su-momento-mas-dulce.html?event_log=go) [consulta: 11 de marzo de 2024].
- MacDonald, Stephen O./ Myhrman, Matts A (1994): *Build it with Bales: A Step-by-step Guide to Straw-bale Construction*. Out on Bale.
- Mairs, J. (2015) *Straw bales insulate monochrome house in Ontario by Nicolas Koff*. Dezeen (10 de diciembre). Disponible en <https://www.dezeen.com/2015/12/10/k-house-nicolas-koff-hamilton-ontario-charred-timber-straw-bales-insulation-monochrome/> [consulta: 11 de marzo de 2024].
- Meta2020 Arquitectos (s. f.) *Construcción con paja* [En línea] disponible en: <https://www.meta2020arquitectos.com/construccion-con-paja/> [consulta: 11 de marzo de 2024].
- Minke, Gernot/ Mahlke, Friedemann (2020): *Straw bale construction manual: design and technology of a sustainable architecture*. Birkhäuser.

- Nitzkin, Rikki/ Termens, Maren (2010). *Casas de paja, Una guía para auto constructores*. Teruel: EcoHabitar Visiones Sostenibles.
- Scharmer, D. (2015) *The good reason to build with*. ESBG. Disponible en [https://rfcp.fr/wp-content/uploads/fichiers/ESBG2015/240815/24\\_0950\\_dirkscharmer-the\\_good\\_reason\\_to\\_build\\_with-d.scharmer-LAST-VERSION.pdf](https://rfcp.fr/wp-content/uploads/fichiers/ESBG2015/240815/24_0950_dirkscharmer-the_good_reason_to_build_with-d.scharmer-LAST-VERSION.pdf) [consulta: 11 de marzo de 2024].
- Souza, E. (2020) *Straw bales: Building efficient walls with agricultural waste*. Archdaily (10 de Agosto). Disponible en [https://www.archdaily.com/945267/straw-bales-building-efficient-walls-with-agricultural-waste?ad\\_source=search&ad\\_medium=projects\\_tab&ad\\_source=search&ad\\_medium=search\\_result\\_all](https://www.archdaily.com/945267/straw-bales-building-efficient-walls-with-agricultural-waste?ad_source=search&ad_medium=projects_tab&ad_source=search&ad_medium=search_result_all) [consulta: 11 de marzo de 2024].
- Straw Works (s. f.) *Frequently Asked Questions* [En línea] disponible en: <https://strawworks.co.uk/resources/faqs/> [consulta: 11 de marzo de 2024].
- Swarch (s. f.). *Stock Orchard Street*. [En línea] disponible en: <https://www.swarch.co.uk/work/stock-orchard-street/> [consulta: 6 de marzo de 2024].
- Vázquez, Mariano (2002): “Releyendo a Vitrubio”. En: *Arquitectura Viva*, 86 [Vol.], 9-10 [Núm.], pp. 30-33.
- Virai Arquitectura (s. f.) *Centro de día de personas dependientes* [En línea] disponible en: <https://www.virai.eu/centro-de-dia-para-personas-dependientes/> [consulta: 11 de marzo de 2024].
- Wihan, Jakub (julio de 2007). *Humidity in straw bale walls and its effect on the decomposition of straw*. Thesis. University of East London School of Computing and Technology [En línea] disponible en: <https://tallerconco.org/wp-content/uploads/2017/05/Thesis-Humidity-In-Straw-Bale-Walls-Jakub-Wihan.pdf> [consulta: 11 de marzo de 2024].