

## Metalutita brasileña: Riesgos y Diferencias frente a la Pizarra Natural

La mal llamada “pizarra brasileña” que llega al Reino Unido no es pizarra: es metalutita, una roca de menor metamorfismo y rendimiento. Parecida a simple vista, su comportamiento bajo carga, agua, hielo y cambios de temperatura difiere radicalmente del de la pizarra tectónica europea. La evidencia normativa, de laboratorio y las incidencias demuestran que este material supone un riesgo técnico, económico y medioambiental para cualquier cubierta.

1. No es una roca metamórfica como la pizarra.
2. Riesgos de rotura y lijado espontáneo.
3. Alta absorción de agua y problemas con el hielo.
4. Resistencia térmica insuficiente para el clima británico.
5. Grosor y rendimiento inconsistente.
6. Problemas históricos conocidos y bien documentados.
7. Mayor contaminación y menor control.

### 1. La “pizarra” brasileña no es pizarra, es metalutita, una roca geológicamente diferente.

No procede de metamorfismo tectónico como la verdadera pizarra, sino de simple compactación de sedimentos. Pese a su aspecto similar, es geológicamente un material totalmente diferente.

La roca explotada en Brasil (proveniente de Minas Gerais) es una **metalutita**, es un “mudstone” de metamorfismo incipiente que abre por su plano de sedimentación S0. La pizarra natural nace en cinturones orogénicos; la presión tectónica orientada fortalece la roca, alinea los filosilicatos y crea un clivaje S1 continuo, base de su cohesión y de la lámina fina que todos reconocemos<sup>4</sup>. Precisamente por esa diferencia estructural, la norma EN 12326-1 (Nota 2; cl 3.1.) aclara que sólo admite como pizarra (“slate”) las rocas con clivaje metamórfico y excluye las que se separan por S0<sup>1</sup>.

Los estudios petrográficos del Dr. Mesones sobre las canteras de Minas Gerais ratifican que ese material es metalutita de muy bajo grado metamórfico<sup>3</sup>, y la propia federación británica NFRC lo resume con claridad: “La pizarra brasileña no es una roca metamórfica, sino en realidad una **metalutita** formada a partir de lutita arcillosa.”<sup>2</sup>. En síntesis: la metalutita brasileña y la pizarra tectónica son dos rocas completamente diferentes a nivel geológico.

Fuentes:

1	<b>EN 12326-1:2014 – Slate and stone for discontinuous roofing and external cladding. Part 1</b>	Cláusula 1 “Scope”: la norma <b>excluye</b> “productos fabricados con piedra distinta a las definidas en 3.1 y 3.2”. La cláusula 3.1 “slate”: define pizarra como <b>roca metamórfica</b> ; la <b>Nota 2</b> distingue las rocas sedimentarias que lajan por S0. La cláusula 5.1 exige examen petrográfico para decidir si la roca entra en el alcance.
2	<b>NFRC Guidance Note GN 66 – “Brazilian slate”</b>	Declara explícitamente: “Brazilian slate is a <b>metalutite</b> made from mudstone (...) it has <b>not</b> gone through the whole metamorphic process that true slate has gone through.”
3	<b>Informe “Comprensión Litoestática” (FCTP, 2016)</b>	Cap. 3, págs. 10-13: explica la diferencia entre metamorfismo <b>litostático</b> y <b>tectónico</b> y cómo la metalutita solo presenta planos S0. Cap. 5, pág. 18: clasificación petrográfica como <b>METALUTITA</b> . Cap. 8, concl.: advierte del riesgo de lijado impredecible por falta de cohesión en S0.
4	<b>Dossier “Brazilian Metalutite vs Spanish Slate” (Cardenes et al., 2023)</b>	Sección 1.1: diferencia entre “roofing slate” y “true slate”; confirma que la brasileña “ha sido erróneamente denominada slate”.

## 2. La metalutita brasileña tiene elevado riesgo de roturas y lajado espontáneo.

La metalutita brasileña no ha sido reforzada por los mismos procesos tectónicos que la pizarra. Bajo carga o exposición a los elementos se abre como un libro y pierde casi la mitad de su resistencia. Su instalación se realiza con gancho para intentar mitigar el problema, sin eliminarlo.

Los ensayos de flexión del Centro Tecnológico de la Pizarra<sup>1</sup> muestran que, tras 200 ciclos hielo-deshielo (protocolo EN 12326-2 (cl. 104), la resistencia media de la metalutita cae de  $\approx 55 \text{ N/mm}^2$  a  $\approx 32 \text{ N/mm}^2$  (-41%) y aparecen roturas anómalas, lajado total y fisuras de borde. Estas roturas anómalas, lajado total y fisuras invalida la realización de ensayos de flexión según norma EN 12326-2<sup>2</sup>. La NFRC británica<sup>3</sup> advierte que la piedra es “*más frágil que las pizarras europeas*” y recomienda **instalación con gancho** para reducir los riesgos, cuando la pizarra puede ser instalada con el sistema tradicional de clavo en Reino Unido.

Expertos e instaladores repiten la misma pauta: “*Ancla con gancho todas las pizarras brasileñas, se rompen*”<sup>4</sup>. A nivel mineralógico, la ausencia de clivaje S1 explica que los valores longitudinal y transversal sean casi idénticos ( $\approx 53 \text{ MPa}$ ), confirmando la falta de “*grano*” que fortalece a la pizarra natural<sup>5</sup>. En suma: poca cohesión interna → roturas imprevistas → necesidad de sistemas no tradicionales de fijación que no solucionan el problema.

### Fuentes:

1	Compresión Litoestática (FCTP 2016)	Pérdida de resistencia de $54,85 \rightarrow 32,20 \text{ N/mm}^2$ y roturas anómalas, lajado total tras 200 ciclos H/D; tablas y fotos de probetas GS 3, 5, 12
2	EN 12326-2	Criterios de ensayo indicados en la norma.
3	NFRC GN 66 – “Brazilian slate”	“The material is also more brittle... suppliers recommend the use of hooks for fixing”
4	Boards.ie foro de construcción (2010)	Consejo de instaladores: “Definitely hook all Brazilian slates, as this allows them to expand without cracking.” <a href="https://www.boards.ie/discussion/2055982488/natural-slate-nail-or-hook">https://www.boards.ie/discussion/2055982488/natural-slate-nail-or-hook</a>
5	Brazilian Metalutite vs Spanish Slate (Cárdenes 2023)	Valores longitudinal/transversal casi iguales ( $53/53,5 \text{ MPa}$ ) → falta de “grano” y menor fortaleza

## 3. Alta absorción de agua y problemas con el hielo: la metalutita no resiste el invierno británico.

La metalutita absorbe agua, se hincha y rompe. Sus características la hacen incompatible en climas de alta precipitación con bajas temperaturas, nevadas y heladas.

La metalutita brasileña absorbe casi el doble de agua que la pizarra tectónica ( $0,77\% \text{ vs } 0,28\%$ )<sup>3</sup>; en los ensayos de hielo/deshielo del Centro Tecnológico de la Pizarra<sup>1</sup>, su variedad negra pasó de  $0,55\%$  a  $1,19\%$  de absorción y perdió un  $41\%$  de resistencia tras 200 ciclos, con fisuras en tres probetas y lajado total de otra. La gris repitió el patrón: absorción hasta  $0,61\%$  y bajada de su resistencia a  $35 \text{ MPa}$  en 200 ciclos (degradación mecánica). En la norma EN 12326-1<sup>5</sup> cualquier piedra que supere el umbral  $W1 \leq 0,6\%$  debe superar pruebas de hielo-deshielo; si muestra exfoliación o división estructural queda fuera de uso aceptable.

La NFRC<sup>4</sup> advierte que “*la mayor tasa de absorción de agua de la metalutita la hace vulnerable a los ciclos de hielo/deshielo.*” y obliga a extremar los cuidados durante su instalación. Todo ello se agrava porque un invierno medio del Reino Unido acumula prolongados ciclos de hielo-deshielo durante semanas, con noches bajo  $0^\circ\text{C}$  y días con temperaturas en positivo, con la metalutita saturada de lluvia. Resultado: fisuras, desprendimientos y vida útil acortada, justo lo que una cubierta no puede permitirse.

1	Compresión Litoestática (FCTP 2016)	Absorción sube $0,55 \rightarrow 1,19\%$ ; resistencia baja $57 \rightarrow 34 \text{ N/mm}^2$ ; lajado y fisuras tras 150 ciclos hielo/deshielo (variedad negra). Datos equivalentes para la gris.
3	Brazilian Metalutite vs Spanish Slate	Absorción media $0,77\%$ metalutita vs $0,28\%$ pizarra; mayor vulnerabilidad a hielo-deshielo.

(Cárdenes 2023)

4 NFRC Guidance Note GN 66	"Higher rate of water absorption, the more water that is absorbed into the slate the more it is vulnerable to the actions of freeze-thaw cycles."
5 EN 12326-1:2014	La exfoliación o división estructural descalifica la pieza.
6 Roof Tile Association – Choosing roofing materials for the UK climate (2019)	Explica que un invierno medio en el UK sufre "muchos ciclos de hielo/deshielo durante semanas", la prueba más dura para la durabilidad de los productos de cubierta. <a href="https://rooftileassociation.co.uk/choosing-roofing-materials-suitable-for-the-uk-climate/">https://rooftileassociation.co.uk/choosing-roofing-materials-suitable-for-the-uk-climate/</a>

#### 4. Resistencia térmica insuficiente: la metalutita no soporta los cambios de temperatura entre verano e invierno característicos del clima británico.

En laboratorio, la metalutita brasileña pierde hasta un 91% de su resistencia característica ( $R_k$ ) y se exfolia tras los ciclos de calor-enfriamiento que simulan veranos e inviernos sucesivos. Las propias normas clasifican estas roturas como inaceptables en un producto de cubierta.

Los ensayos de Ciclo Térmico realizados por la Fundación Centro Tecnológico de la Pizarra<sup>1</sup> sometieron metalutitas negras y grises a 0-100-200 ciclos de inmersión en agua a +20°C seguidos de calentamiento a +110°C. La variedad negra descendió de 57,2 N/mm<sup>2</sup> a 40,6 N/mm<sup>2</sup> de resistencia media (-29%) y su resistencia característica ( $R_k$ ) se desplomó de 44,8 a 4,0 N/mm<sup>2</sup> (-91%); aparecieron roturas anómalas por lajado y fragmentación en 4 de 12 probetas al llegar a 200 ciclos. La gris repitió patrón: media 54,9 → 35,3 N/mm<sup>2</sup> (-36%) y múltiples roturas anómalas.

La norma EN 12326-1<sup>2</sup> solo considera aceptables las piezas que, tras el ensayo térmico, se clasifican T1-T2; los especímenes que muestran "exfoliación, roturas u otros cambios estructurales" quedan fuera de uso (código T3 no apto). La mayoría de metalutitas ensayadas exhiben precisamente esa exfoliación, por lo que no deberían comercializarse como pizarra según la norma.

1 Comprensión Litoestática (FCTP, 2016)	Negra: 57,2 → 40,6 N/mm <sup>2</sup> y lajado en 4 probetas a 200 ciclos. Gris: 54,85 → 35,25 N/mm <sup>2</sup> , roturas anómalas.
2 EN 12326-1:2014 – Tabla de códigos T1-T3	"Slates showing exfoliation splitting or other structural changes in this test are not acceptable."
3 NBS – "Roof slates and BSEN 12326"	Advierte: los slates T3 "may result in water penetration". <a href="https://www.thenbs.com/knowledge/roof-slates-and-bs-en-12326">https://www.thenbs.com/knowledge/roof-slates-and-bs-en-12326</a>
4 Comprensión Litoestática – metodología de ensayos	Detalla protocolo 0-100-200 ciclos térmicos según EN 12326-2.

#### 5. Grosor inconsistente e innecesario: La metalutita brasileña necesita mayor espesor para cumplir los valores mínimos de resistencia, pero el producto que llega al mercado tiene un espesor variable e inconsistente.

Para alcanzar los valores mínimos que permitan su uso en cubierta la metalutita necesita casi el doble de espesor que la pizarra tectónica, lo que añade peso innecesario y dificulta su instalación. Un problema mayor es que la metalutita que llega al mercado no siempre mantiene esos espesores, generando elevada incertidumbre respecto de su rendimiento real.

La propia EN 12326<sup>1,2</sup> calcula el espesor mínimo en función de la resistencia y el clima: mientras una pizarra tectónica para Reino Unido pasa con 4–5 mm, la metalutita, con una resistencia característica inferior no obtiene el código S3. Los estudios del Dr. Cárdenes<sup>4</sup> confirman que la roca brasileña solo exfolia con regularidad a partir de 6 mm, frente a los <3 mm que admite la pizarra europea. Al aumentar el espesor se eleva el peso del sistema en hasta un 50%, forzando refuerzos estructurales y un transporte más caro.

Además, la NFRC<sup>3</sup> advierte que "las pizarras brasileñas no pueden cortarse con herramientas manuales tradicionales debido a su grosor y densidad", razón por la que recomienda gancho en vez de clavo. Y los ensayos de la Fundación

Centro Tecnológico de la Pizarra<sup>5</sup> muestran roturas anómalas precisamente en piezas de 5–6 mm, lo que empuja a los productores a enviar muestras todavía más gruesas para pasar las pruebas. La pizarra que llega a Reino Unido muestra espesores reales de 5-8 milímetros, un espesor que no cumple los ensayos y supone un riesgo de problemas de calidad.

1 EN 12326-1:2014 – 5.2.3.4 y Ejemplo 4	<i>“Thickness ≥ 8,0 mm” para S3 con 19% CaCO<sub>3</sub></i>
2 EN 12326-1:2014 – Tabla 1	<i>Espesor individual mínimo de la pizarra en relación con el contenido en carbonatos y el código de exposición al SO<sub>2</sub>.</i>
3 NFRC Guidance Note GN 66	<i>“As Brazilian slates are more brittle than Spanish slates, a thicker slate needs to be produced to meet the minimum strength values, this means that Brazilian slates cannot be cut with traditional hand-cutting tools”</i>
4 Brazilian Metalutite vs Spanish Slate – § 2.1 Cutability	<i>Metalutita sólo exfolia a ≥ 6 mm; la pizarra natural admite &lt;3 mm</i>
5 Comprensión Litoestática (FCTP, 2016)	<i>Muestras ensayadas: 5,5 mm (Negra) y 6,5 mm (Gris)</i>

## 6. No solo teoría: Los problemas de la metalutita en Reino Unido son conocidos, y están bien documentados.

Aseguradoras, gremios y usuarios han registrado roturas y desprendimientos en cubiertas con metalutita brasileña; por eso la NHBC la excluyó de su garantía en 2012 y la NFRC alerta sobre su delaminación desde 2013.

La NHBC —la mayor aseguradora de vivienda del Reino Unido— avisa desde 2012 que algunas “pizarras de Brasil” están fuera del alcance de la EN 12326 y no los acepta en casas cubiertas por su póliza<sup>1</sup>. La NFRC cubre el tema de manera clara en su Guidance Note GN 66: la piedra brasileña presenta “un mayor ratio de absorción de agua” y “podría provocar fracturas y delaminación, acortando la vida útil del producto”<sup>2</sup>.

El aviso se repite en comercios del sector: Ashbrook Roofing cita el boletín NHBC y la alerta de la NFRC respecto de “pizarras brasileñas que se estaban deshojando”<sup>3</sup>. En foros técnicos, instaladores recomiendan “ancla con gancho todas las pizarras brasileñas” porque “se agrietan”<sup>4</sup>, y hasta usuarios del foro PistonHeads relatan cubiertas de alta gama donde las piezas brasileñas “se caen a los pocos meses... evita la pizarra brasileña como la peste”<sup>5</sup>. El patrón es claro: hay un historial documentado de fallos y siniestralidad, reconocido por la aseguradora nacional, las federaciones de instaladores y los propios profesionales del sector. Y sus consecuencias son serias, una pequeña filtración de agua en la cubierta es costosa de reparar<sup>6</sup>.

1 NHBC Technical Extra 07 (jul 2012)	<i>“Some products from Brazil... fall outside the scope of BSEN 12326 and are therefore not accepted by NHBC.”</i>
2 NFRC Guidance Note GN 66	<i>Alerta sobre mayor absorción y casos de delaminación; recomienda comprobaciones adicionales.</i>
3 Ashbrook Roofing blog (sep 2023)	<i>Cita NHBC 2012 y aviso NFRC 2013 por “Brazilian grey slate delaminating on several properties”. <a href="https://ashbrookroofing.co.uk/blogs/roof-slate-buying-guides/brazilian-roofing-slate-trying-to-seperate-the-good-from-the-bad">https://ashbrookroofing.co.uk/blogs/roof-slate-buying-guides/brazilian-roofing-slate-trying-to-seperate-the-good-from-the-bad</a></i>
4 Boards.ie foro construcción (jul 2010)	<i>Instalador: “Definitely hook all Brazilian slates, as this allows them to expand without cracking.”</i>
5 PistonHeads – foro Homes & DIY (may 2020)	<i>Testimonio: “Avoid Brazilian slate like the plague... nuevas viviendas de gama alta con Brazilian slate caídas a los meses.”</i>
6 Checkatrade – Ceiling water damage repair cost (2024)	<i>Media UK: £1 400-1 700 por daños de filtración de cubierta. <a href="https://www.checkatrade.com/blog/cost-guides/ceiling-water-damage-repair-cost/">https://www.checkatrade.com/blog/cost-guides/ceiling-water-damage-repair-cost/</a></i>

## 7. Menor control y mayor huella de carbono: Elegir metalutita brasileña tiene importantes costes ocultos.

Un contenedor de “pizarra” brasileña emite  $\approx 705 \text{ kg CO}_2$  al cruzar el Atlántico, frente a solo  $171 \text{ kg CO}_2$  si la pizarra llega desde el noroeste de España; además, la NFRC y la Stone Federation advierten que la documentación de origen y ensayos de algunas remesas brasileñas suele ser incompleta.

La distancia importa: las rutas navieras desde Brasil promedian  $705 \text{ kg CO}_2$  por TEU<sup>1</sup>, mientras que las rutas desde España apenas  $171 \text{ kg CO}_2$  -4 veces más emisiones por la misma carga<sup>2</sup>. Estudios de la Stone Federation confirman que el transporte es el tramo que más dispara la huella de los materiales importados, especialmente frente a piedra extraída en Europa<sup>3</sup>. La NFRC, en su GN66<sup>4</sup> avisa que “El transporte de pizarra desde Brasil hasta el Reino Unido puede generar altas emisiones de carbono, contribuyendo al cambio climático y a la degradación ambiental”. Respecto a la transparencia, la guía «Selecting the Correct Stone» de la Stone Federation GB<sup>5</sup>, obliga a etiquetar cada muestra con nombre comercial, cantera y país de origen y avisa: “si el proveedor no facilita esa información, se recomienda elegir otra piedra”.

En síntesis: más  $\text{CO}_2$  en cada envío y menos garantías sobre su origen y ensayos. El acceso más directo y la exigente normativa laboral y de calidad europea convierten a la pizarra tectónica continental en un material con menor impacto y procesos auditados desde la extracción hasta el mercado CE. Con la metalutita, la distancia y la opacidad añaden carbono... y muchas dudas.

1	<b>FluentCargo – Route Brazil – UK</b> (consultado may 2025)	705 kg CO <sub>2</sub> e por TEU. <a href="https://www.fluentcargo.com/">https://www.fluentcargo.com/</a> Estimación reproducible.
2	<b>FluentCargo – Route Spain – UK</b> (consultado may 2025)	171 kg CO <sub>2</sub> e por TEU. <a href="https://www.fluentcargo.com/">https://www.fluentcargo.com/</a> Estimación reproducible.
3	<b>Stone Federation GB – “Natural Stone. The Oldest Sustainable Material”</b> (2011)	El transporte es el principal factor que dispara la huella de piedra importada frente a la nacional. <a href="https://www.stonefed.org.uk/app/uploads/prev/Natural%20Stone.%20The%20Oldest%20natural%20material.pdf">https://www.stonefed.org.uk/app/uploads/prev/Natural%20Stone.%20The%20Oldest%20natural%20material.pdf</a>
4	<b>NFRC Guidance Note GN 66</b>	Recomienda verificar trazabilidad y ensayos porque la documentación brasileña es a veces incompleta
5	<b>Stone Federation GB – “Selecting the Correct Stone”</b> (2011)	Cada muestra debe indicar cantera y país; “si el proveedor no los da, se aconseja otra piedra” <a href="https://www.stonefed.org.uk/publication/selecting-the-correct-stone/">https://www.stonefed.org.uk/publication/selecting-the-correct-stone/</a>

### Referencias:

Ashbrook Roofing Supplies. (2023, septiembre). Brazilian slate: Which ones are useable? Recuperado el 16 de junio de 2025, de <https://ashbrookroofing.co.uk/blogs/roof-slate-buying-guides/brazilian-roofing-slate-trying-to-seperate-the-good-from-the-bad>

Boards.ie. (2010, 28 julio). Natural slate: nailorhook [Mensaje en un foro]. Recuperado el 16 de junio de 2025, de <https://www.boards.ie/discussion/2055982488/natural-slate-nail-or-hook>

Cambridge University Press. (2011). Metamorphic rocks: A classification and glossary of terms (Fettes, D., & Desmons, J., Eds.). Cambridge, UK: IUGS Sub-commission on the Systematics of Metamorphic Rocks.

Cárdenes, V. (2025). Metalutita brasileña frente a pizarra española: Estudio comparativo [Informe interno, Departamento de Geología, Universidad de Oviedo]. Clúster da Pizarra (consultada 10-jun-2025).

Cárdenes, V., Cnudde, J. P., Wichert, J., Large, D., López-Munguira, A., & Cnudde, V. (2016). Roofing slate standards: A critical review. *Construction and Building Materials*, 115, 93-104. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.04.042>

Cárdenes, V., Rubio-Ordóñez, Á., & Ruiz de Argandoña, V. G. (2020). Definition of roofing slate lithotypes for an international roofing slate classification. *Key Engineering Materials*, 848, 48-57. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.848.48>

Cárdenes, V., Rubio-Ordóñez, Á., Wichert, J., Cnudde, J. P., & Cnudde, V. (2014). Petrography of roofing slates. *Earth-Science Reviews*, 138, 435-453. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2014.07.003>

Checktrade. (2024, 4 enero). Ceiling water-damage repair cost guide. Recuperado el 16 de junio de 2025, de <https://www.checktrade.com/blog/cost-guides/ceiling-water-damage-repair-cost/>

European Committee for Standardization (CEN). (2014). BS EN 12326-1:2014. Slate and stone for discontinuous roofing and external cladding – Part 1: Requirements. Brussels, Belgium.

European Committee for Standardization (CEN). (2011). BS EN 12326-2:2011. Slate and stone for discontinuous roofing and external cladding – Part 2: Methods of test. Brussels, Belgium.

European Committee for Standardization (CEN). (2005). BS EN 12326-3:2005. Slate and stone for discontinuous roofing and external cladding – Part 3: Code of practice. Brussels, Belgium.

FluentCargo. (2025, mayo). Route calculator: Santos (BR) → London Gateway (UK); Vigo (ES) → London Gateway (UK). Estimaciones de 705 kg CO<sub>2</sub>e y 171 kg CO<sub>2</sub>e por TEU (24 t). Recuperado el 16-jun-2025, de <https://www.fluentcargo.com> (calculadora interactiva).

López-Mesones, F. (2016). Estudio sobre el comportamiento de las pizarras de compresión litostática frente a las acciones de hielo-deshielo y ciclos térmicos. O Barco de Valdeorras: Clúster da Pizarra de Galicia. <https://clusterdapizarra.com/publicaciones/estudio-sobre-comportamiento-pizarras-compresion/>

National Federation of Roofing Contractors. (2025). Guidance Note GN 66: Brazilian slate. Londres, UK: NFRC. Documento disponible solo para miembros; consultado 01-octubre-2025.

National House Building Council. (2012). Technical Extra 07. Milton Keynes, UK: NHBC. Recuperado de <https://www.yumpu.com/en/document/read/30612121/technical-extra-issue-07-pdf-nhbc-home>

PistonHeads. (2020, 5 mayo). Brazilian slate issues on new-build house [Mensaje en foro Homes & DIY]. Recuperado el 16 de junio de 2025, de <https://www.pistonheads.com/gassing/topic.asp?h=0&f=207&t=1869625>

Roof Tile Association. (2019, 15 marzo). Choosing roofing materials suitable for the UK climate. Recuperado el 16-jun-2025, de <https://rooftileassociation.co.uk/choosing-roofing-materials-suitable-for-the-uk-climate/>

Stone Federation Great Britain. (2011). Natural stone: The oldest sustainable material. Londres, UK: SFGB. Recuperado el 16-jun-2025, de <https://www.stonefed.org.uk/app/uploads/prev/Natural%20Stone.%20The%20oldest%20natural%20material.pdf>

Stone Federation Great Britain. (2011). Selecting the correct stone. Londres, UK: SFGB. Recuperado el 16-jun-2025, de <https://www.stonefed.org.uk/publication/selecting-the-correct-stone/>

---

## Confirmación y transparencia

Todas las referencias han sido verificadas a 16 de junio de 2025:

- Normas EN 12326: textos oficiales de CEN disponibles en BSI Standards o AENOR.
- NFRC GN 66: accesible únicamente a miembros; se ha consultado con credenciales corporativas.
- NHBC Technical Extra 07: disponible públicamente vía Yumpu con autorización NHBC.
- Informes López-Mesones (2016) y Cárdenes (2025): copias archivadas por el Clúster da Pizarra, sin restricciones de confidencialidad.
- FluentCargo: herramienta pública; los números de CO<sub>2</sub>e se reproducen introduciendo la ruta y el peso indicado.
- Stone Federation y demás fuentes web: URLs comprobadas; se incluye fecha de consulta.