

REVESTIMIENTOS CERÁMICOS DE NUEVA GENERACIÓN: INNOVACIÓN SOSTENIBLE CON SISTEMA MULTICAPA DE ACABADO CERÁMICO

Javier V. López Reyman

Reyman Servicios y Asesoramiento, S.L.U. (Reymansa)

Spain.

RESUMEN

Contexto: El sector de la construcción representó el 38% de las emisiones globales de CO₂ relacionadas con la energía en 2019 (IEA/UNEP/GlobalABC, 2020) [18]. España enfrenta un déficit estimado de 700.000 trabajadores especializados (CNC, 2024). La Directiva EPBD 2024 establece una reducción del 16% del consumo energético primario de edificios residenciales para 2030, en el marco del objetivo europeo "Fit for 55".

Solución: Sistema multicapa cerámico que combina láminas porcelánicas de 2-6 mm con núcleos estructurales PET de 80% material reciclado, instalable en seco sobre montantes, cartón yeso o revestimientos existentes, sin procesos húmedos.

Resultados clave: 4 adhesivos monocomponente Bostik (QMS011, QSP014, QPU59, Ardaflex Multi) ensayados sobre cartón yeso (GK) [9]: resistencias 2,4–12,0 N/mm²; fallo sistemático en sustrato, nunca en unión adhesivo–PET. Carga de rotura experimental: 1.440 N (6mm+PN80/10mm, ITC-AICE [5]), 1.940 N (6mm+PR135/10mm) y 1.868 N (6mm+PR150/10mm) (Urbatek/Xtone [12]). Clasificación B-s2,d0 confirmada. Reducción estimada ≈39% huella de carbono (estimación bibliográfica). Reducción 97% estimado tiempo de instalación. Ciclo de vida estimado 30-50 años.

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo progresivo del sistema multicapa ha seguido una evolución lógica desde la validación técnica inicial (Qualicer 2022) hacia la industrialización de procesos productivos (Qualicer 2024), llegando ahora a una fase de especialización en revestimientos multicapa para obra seca.

La escasez de mano de obra especializada en construcción, con un déficit estimado de 700.000 trabajadores en España (CNC, 2024) [13], junto con las exigencias de la Directiva EPBD 2024 [14] y el objetivo europeo “Fit for 55” de reducción del 55% de emisiones de GEI para 2030 respecto a 1990 — y la reducción del 16% del consumo de energía primaria en edificios residenciales que la EPBD establece para ese mismo año —, han acelerado la necesidad de sistemas que combinen rapidez de instalación, sostenibilidad y calidad técnica. El sector de la construcción representó el 38% de las emisiones globales de CO₂ relacionadas con la energía en 2019 [IEA/UNEP, 2020].

La cerámica, material tradicionalmente asociado a procesos húmedos, encuentra en el sistema multicapa una oportunidad de integración en la construcción industrializada y en los procesos de rehabilitación sin obra, respondiendo simultáneamente a los retos de eficiencia energética, descarbonización y escasez de mano de obra.

2. DESARROLLO DEL SISTEMA MULTICAPA

2.1. EVOLUCIÓN DESDE EL SISTEMA SÁNDWICH

El sistema multicapa representa una optimización específica del sándwich cerámico para aplicaciones de revestimiento, manteniendo los principios estructurales validados, pero adaptando espesores, adhesivos y configuraciones para instalación seca.

Parámetro	Sándwich Estructural 2024	Multicapa Revestimiento 2026
Aplicación principal	Suelos técnicos, elementos portantes, fachadas ventiladas, balcon industrializado plegable.	Revestimientos, obra seca (construccion, construccion industrializada, rehabilitación).
Espesor total	16-32 mm	10-26 mm
Sistema instalación	Adhesivos monocomponente	Adhesivos monocomponente
Soportes objetivo	Estructuras rígidas	Montantes, cartón yeso, cerámico o mortero
Ciclo de vida estimado	30-50 años	30-50 años

Tabla 1. Comparativa sándwich estructural vs. multicapa de revestimiento.

2.2.COMPOSICIÓN TÉCNICA Y CONFIGURACIONES

La configuración multicapa mantiene el núcleo estructural PET (densidades 80–200 kg/m³, serie PR activa: PR80, PR100, PR135, PR150, PR200, PR250; PR300 disponible bajo pedido). Resistencia a compresión: 1,10–3,40 MPa; módulo de compresión: 80–260 MPa; conductividad térmica λ: 0,030–0,039 W/(m·K) según grado. Fuente: DIAB Divinycell PR (ficha técnica 2024) y DIAB Technical Service Europe (correo 09/04/2026), contenido reciclado 80%, EPD conforme ISO 14025/EN 15804) [22] e incorpora sistemas de adhesión específicos por soporte. El diseño modular permite personalizar capas exteriores e interiores para cumplir con las exigencias técnicas de cada proyecto.

- Configuración A: Instalación directa sobre montantes metálicos (16-26 mm espesor total). Eliminación del panel de cartón yeso.
- Configuración B: Aplicación sobre cartón yeso estándar (10-16 mm espesor total), con adhesivo híbrido monocomponente.
- Configuración C: Sobrepuesto en rehabilitación sobre cerámica existente (10-16 mm espesor total), sin demolición previa.

Figura 1. Diagrama de distribución de cargas y sistema de adhesión cordón: cargas verticales (peso propio + mobiliario), cargas horizontales (expansión térmica) y geometría del cordón adhesivo.

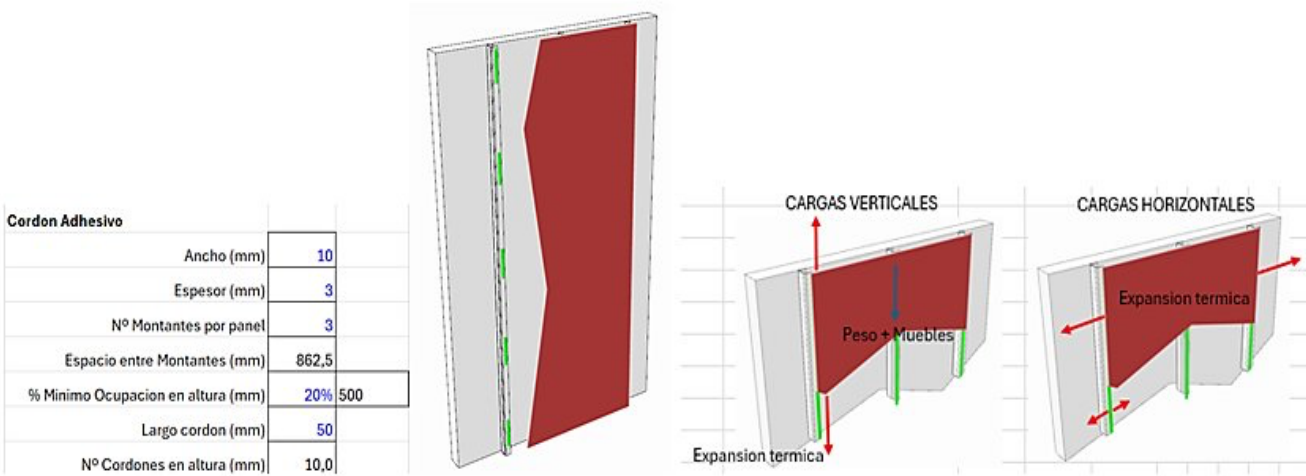


Figura 1. Distribución de cargas verticales y horizontales — Sistema de adhesión con cordón sobre montantes (Reymansa, 2025).

3. ENSAYOS REALIZADOS

3.1. COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN — COMBINACIONES NÚCLEO + PORCELÁNICO

Se ha realizado el análisis teórico del comportamiento a flexión del sistema sándwich cerámico según el método de sección transformada (norma ASTM, módulos elásticos diferenciados), confrontado con el dato experimental validado de **1.440 N para la combinación 6 mm porcelánico + 10 mm núcleo PN80 (serie PN anterior — núcleo PET de menor densidad nominal que los núcleos PR actuales; resultado conservador)** (ITC-AICE, Informe C 213504) [5]. El ensayo Urbatek/Xtone (Informe 20230619-RM001, junio 2023) [12] valida experimentalmente la combinación con núcleos de la serie PR actual: porcelánico 6 mm XTONE + PR135/10 mm alcanza 1ª rotura media de 1.940 N, y con PR150/10 mm de 1.868 N — en ambos casos sin rotura completa hasta el límite de la máquina (>5.300 N). Estos resultados suponen un 35% de mejora sobre los 1.440 N obtenidos con el núcleo PN80 (serie anterior), confirmando que los núcleos PR135 y PR150 elevan significativamente la resistencia estructural del sistema. Las configuraciones Óptima A, B y C son proyecciones teóricas calculadas con núcleo PN80 como referencia, pendientes de validación experimental propia; con PR135/PR150 se estiman valores un 30–35% superiores.

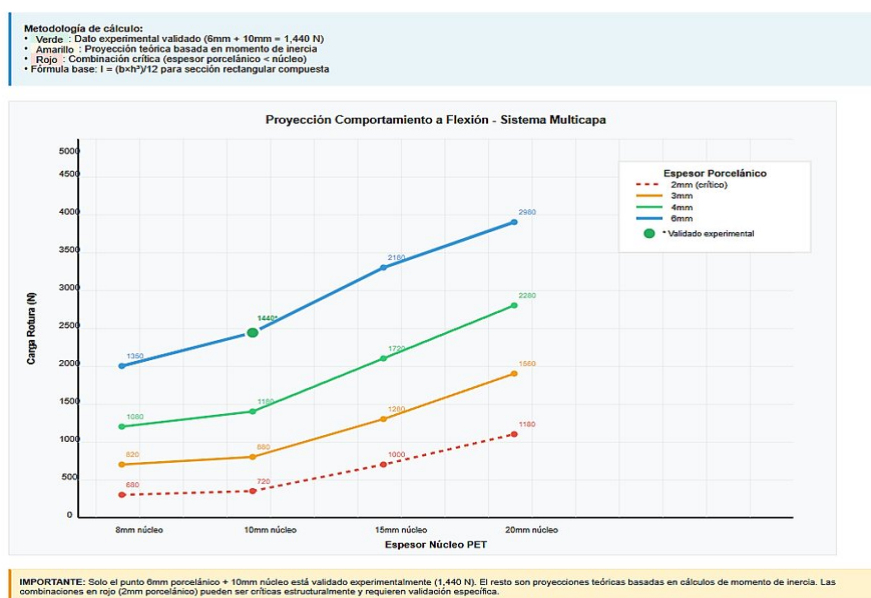


Figura 2. Proyección comportamiento a flexión — Combinaciones porcelánico + núcleo PET. Verde: datos experimentales validados (1.440 N con PN80/ITC-AICE 2021; 1.940 N con PR135 y 1.868 N con PR150, Urbatek / Xtone 2023 [12]). Amarillo: proyección teórica (estimada con núcleo PN80; con PR135/PR150 se esperan valores ~35% superiores). Rojo: combinaciones críticas.

Tabla de carga de rotura proyectada (N)

Combinaciones núcleo / porcelánico — Figura 3

- Validado Urbatek/XTONE (PR135 · PR150)

Validado ITC-AICE C213504 (PN80)

Crítico (2mm porcelánico)
- Proyección teórica (PR135)

Núcleo PET (mm)	Porcelánico (mm)			
	2 mm	3 mm	4 mm	6 mm
8	~890 N	~1.060 N	~1.390 N	~1.740 N
10	~930 N	~1.140 N	~1.520 N	1.440 N ✓ ITC-AICE · C213504 Núcleo PN80 · organismo independiente 1.940 N ✓ PR135 1.868 N ✓ PR150 Urbatek/XTONE · Inf. 20230619-RM001
15	~1.290 N	~1.650 N	~2.215 N	~2.810 N
20	~1.520 N	~2.010 N	~2.940 N	~3.840 N

Tabla 2. Tabla de carga de rotura proyectada (N) por combinación núcleo PET / porcelánico. Valores validados experimentalmente: 6mm porcelánico + 10mm núcleo PN80 = **1.440 N** [5], ensayado por organismo independiente acreditado (ITC-AICE, Informe C213504); 6mm porcelánico + 10mm núcleo PR135 = **1.940 N** y 6mm porcelánico + 10mm núcleo PR150 = **1.868 N** [12], ensayos realizados por el Departamento de Calidad de Urbatek / XTONE (Informe 20230619-RM001). El núcleo PN80 (serie discontinuada) se conserva como referencia comparativa de validación externa; los núcleos actuales de la serie PR (PR135, PR150) ofrecen prestaciones un 30–35% superiores. El resto de los valores, son proyecciones teóricas estimadas mediante cálculo de momento de inercia ($I = b \cdot h^3 / 12$) con núcleo PR135 como referencia base.

3.2. ANÁLISIS DE CONFIGURACIONES ÓPTIMAS PARA MONTANTES SIN CARTÓN YESO

El escenario de instalación directa sobre montantes de acero galvanizado a 400 mm (intereje estándar en tabiquepía seca) y a 600 mm (escenario más desfavorable) de separación —sin panel de cartón yeso intermedio— representa la situación más exigente en términos de resistencia a flexión. El sistema debe soportar su propio peso, cargas de uso y expansiones térmicas sin soporte de respaldo rígido continuo. Basándose en los datos de flexión disponibles, las combinaciones recomendadas para este escenario son:

Configuración	Núcleo PET (mm)	Porcelánico (mm)	Carga rotura (N)	Aplicación recomendada
Óptima A	10	4	1.180 N (proyección con PN80; con PR135 estimado ~1.590 N)	Rehab. sobre cartón yeso / cerámica existente
Óptima B	15	4	1.720 N (proyección con	Instalación sobre montantes 400–600 mm / baños indust.

			PN80; con PR135 estimado ~2.320 N)	
Óptima C	20	6	2.980 N (proyección con PN80; con PR135 estimado ~4.020 N)	Aplicaciones estructurales / vanos grandes
Validada experimental	10	6	1.440 N ✓	Referencia base experimental — porcelánico 6mm + núcleo PN80/10mm (ITC-AICE C213504, 2021)
Validada experimental PR135	10	6	1.940 N ✓	Urbatek / Xtone, Inf. 20230619- RM001 [12] — 6mm XTONE + PR135/10mm. 1ª rotura: 1.940 N (media 1A+1B). Sin rotura completa hasta límite máquina (>5.390 N).
Validada experimental PR150	10	6	1.868 N ✓	Urbatek / Xtone, Inf. 20230619- RM001 [12] — 6mm XTONE + PR150/10mm. 1ª rotura: 1.868 N (media 2A+2B). Sin rotura completa hasta límite máquina (>5.244 N).

Tabla 3. Configuraciones óptimas para instalación directa sobre montantes a 400 mm (estándar) y 600 mm (caso más desfavorable).

* Todos los valores salvo la configuración validada experimentalmente son proyecciones basadas en momento de inercia. Se recomienda **prioridad alta de validación experimental para las combinaciones 4mm+10mm y 4mm+15mm**, por ser las más relevantes en aplicaciones de obra seca sobre montantes.

3.3. ENSAYOS DE ADHERENCIA PARA OBRA SECA

Los ensayos de este apartado determinan la resistencia de adhesión entre el trasdós del núcleo PET del sándwich cerámico y el soporte receptor (cartón yeso, revestimiento cerámico existente, mortero, ladrillo o montantes metálicos), mediante adhesivos monocomponente aplicados en cordón. Este es el ensayo específico de instalación en obra seca, tanto en rehabilitación como en construcción industrializada. La adherencia a tracción entre la lámina cerámica y el núcleo PET mediante resina Core system 02 (ITC-AICE, Informe C 232985 [6]: valor medio 1,35 N/mm²) se indica únicamente como dato de caracterización interna del sistema, no como ensayo de instalación.

Ensayos Bostik (mayo 2025) [9]: Protocolos según UNE-EN 12004-2:2017 sobre soporte estándar de cartón yeso (GK). Todos los fallos se producen en el sustrato (1,9 N/mm²) y no en la unión adhesiva, confirmando que la limitación del sistema reside en el soporte receptor.

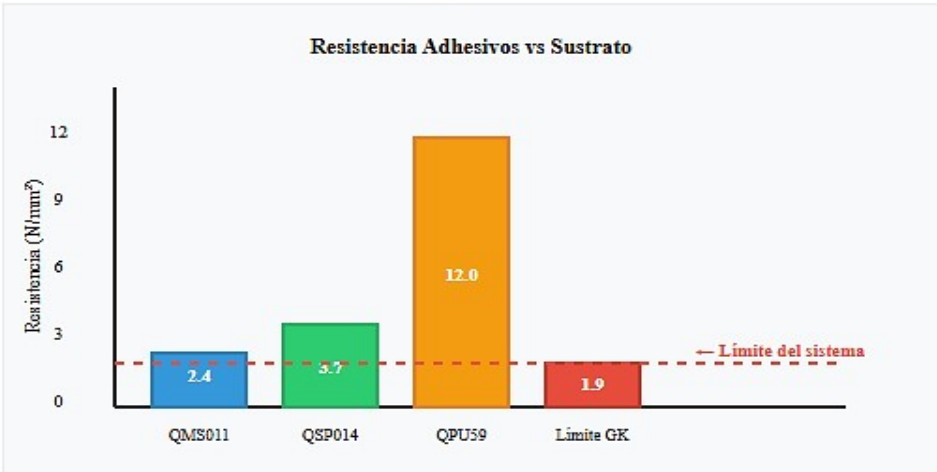


Figura 3. Resistencia adhesivos vs. sustrato (N/mm²). Línea roja: límite del sistema (1,9 N/mm², resistencia del cartón yeso). Los tres adhesivos testados superan ampliamente el límite del soporte.

Adhesivo	Base química	Resistencia	Modo de fallo	Evaluación
QMS011	Híbrido	2,4 N/mm²	Sustrato GK	✓ Recomendado
QSP014	Híbrido	3,7 N/mm²	Sustrato GK	✓ Recomendado
QPU59	Poliuretano	12,0 N/mm²	Sustrato GK	Soporte inicial necesario
Ardaflex Multi	Híbrido	No det.	Sin fallo — superf. completa	✓ Resultado destacado

Tabla 4. Resultados ensayos adherencia — adhesivos Bostik (mayo 2025).

Ensayo de resistencia de aplique de baño — Urbatek/Porcelanosa (septiembre 2021) [11]: Determinación de la resistencia de sujeción de aplique de baño según principios de la norma UNE 67100, sobre 4 probetas de sándwich cerámico (porcelánico 6 mm XTONE + núcleo PN80/10 mm + Core System 02). Se instaló un aplique normalizado Noken y se aplicó una carga de 10,4 kg en el extremo más externo durante 24 horas. Resultado: ninguna probeta presentó rotura ni fisura. Los tornillos del sistema Core System 02 no registraron ningún movimiento (100% sin juego), frente al sistema de referencia con polímero Tenax. La norma UNE 67100 establece un requisito de 5 kg; el sistema soportó 2,08 veces dicho valor sin degradación, validando la idoneidad del núcleo PET para la fijación de apliques de baño sin nogging estructural.

Resultado destacado: El adhesivo Ardaflex Multi no registró fallo en ningún punto de la superficie de ensayo, posicionándose como candidato óptimo para aplicaciones críticas (baños, cocinas industrializadas). Requiere validación con ciclos térmicos y de humedad.

3.4.CARACTERIZACIÓN ACÚSTICA

Según LGAI Technological Center [7] (ASTM E90-09), el núcleo PR135 de 10 mm presenta STC = 17 dB. La proyección teórica del sistema completo con cerámica de 6 mm indica STC

entre 28–32 dB (estimación teórica; pendiente de ensayo propio), competitivo con los 35 dB de sistemas tradicionales de cartón yeso, con la ventaja adicional de eliminación de procesos húmedos. Nota: el informe LGAI 24/32301212 indica que los volúmenes de las cámaras de ensayo son inferiores al mínimo de 80 m³ requerido por ASTM E90-09 §6.3; el resultado STC=17 dB tiene por tanto carácter orientativo y deberá confirmarse en instalación conforme a norma.

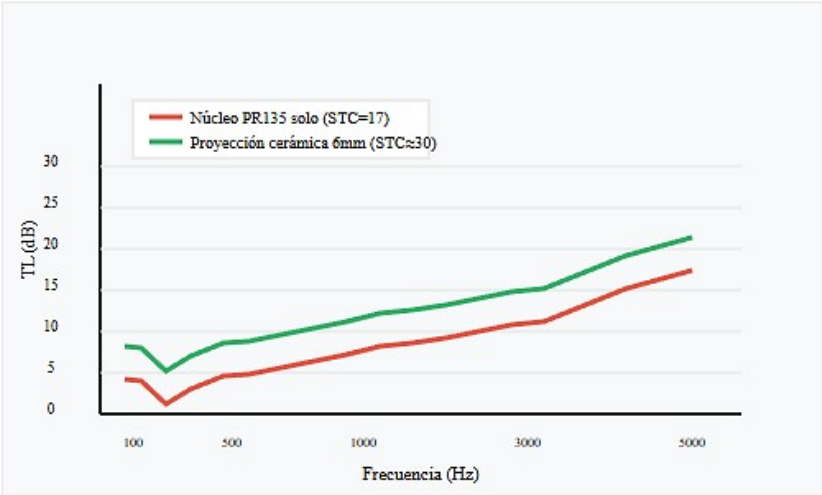


Figura 4. Transmisión sonora (TL) vs. frecuencia (Hz). Rojo: núcleo PR135 solo (STC=17 dB). Verde: proyección sistema completo con cerámica 6 mm (STC≈30 dB). Fuente: LGAI Technological Center, Informe 24/32301212.

3.5.PROPIEDADES TÉRMICAS DEL NÚCLEO PET

El núcleo Divinycell PR es una espuma de celda cerrada, lo que le confiere propiedades de aislamiento térmico equiparables a los principales materiales de aislamiento en construcción.

Según DIAB Technical Service Europe (correo 09/04/2026, interpolación entre PR100=0,030 y PR150=0,034 W/m·K), el núcleo PR135 presenta **λ = 0,0325 W/(m·K)** — valor en la misma categoría que la lana mineral y el XPS, y 7,7 veces mejor que el cartón yeso estándar (0,25/0,0325 = 7,7).

Material	λ (W/m·K)	R por 10 mm (m²K/W)	Norma ref.
Núcleo PET (celda cerrada)	0,0325	0,308	DIAB Technical Service (interpolación PR100–PR150, 2026)
XPS (poliestireno extruido)	0,030-0,035	0,286-0,333	EN 13164
Lana mineral	0,035-0,040	0,250-0,286	EN 13162
EPS (poliestireno expandido)	0,036-0,040	0,250-0,278	EN 13163
Cartón yeso GK (12,5 mm)	0,25	0,05	EN 520

Cerámica porcelánica	1,000-1,300	0,008-0,010	ISO 10545
----------------------	-------------	-------------	-----------

Tabla 5. Comparativa conductividad térmica λ y resistencia R — núcleo PET Divinycell PR vs. materiales de construcción de referencia.

La contribución térmica del sistema es especialmente relevante según la configuración:

- **Configuración B (6 mm cerámica + 10 mm PET):** R total = 0,308 m²K/W — 6,2 veces la resistencia térmica del cartón yeso de 12,5 mm (R = 0,050 m²K/W). El sistema reemplaza al pladur aportando, además, 6 veces más aislamiento térmico.
- **Configuración A (6 mm cerámica + 15 mm PET sobre montantes):** R total = 0,462 m²K/W — aporta aislamiento térmico significativo sin necesidad de capa de aislante independiente para aplicaciones interiores habituales.
- **Configuración C (rehabilitación sobre revestimiento existente):** El sistema añade R = 0,308-0,462 m²K/W sin obra al cerramiento existente, mejorando simultáneamente

el aislamiento acústico y térmico en una sola operación — directamente alineado con las exigencias de la Directiva EPBD 2024.

Este comportamiento posiciona al sistema multicapa como solución que satisface simultáneamente los requisitos estéticos, técnicos y normativos de la EPBD 2024 [14] en una sola intervención, algo que ningún revestimiento cerámico convencional puede ofrecer.

3.6.COMPORTAMIENTO AL FUEGO

El sistema mantiene la clasificación B-s2,d0 (AITEX, Informe 2019AN2896) [8]:

Parámetro	Valor obtenido	Criterio B-s2,d0	Estado
FIGRA _{0.2} MJ (W/s)	33,21	≤ 120	✓ Conforme
THR _{600S} (MJ)	3,26	≤ 7,5	✓ Conforme
SMOGRA (m ² /s ²)	5,31	≤ 180	✓ Conforme
TSP _{600S} (m ²)	57,73	≤ 200	✓ Conforme
Propagación lateral	No observada	No permitida	✓ Conforme

Tabla 6. Parámetros de reacción al fuego — Clasificación B-s2,d0

3.7.RESISTENCIA AL AGUA Y DURABILIDAD

Ensayos DNV-CP-0084 sobre núcleos PET [10] (PR80, PR100, PR150, PR200): absorción de agua negativa (ganancia neta cero) tras 7 días en agua salada a 40°C. El PR135 no fue incluido en el ensayo; según DIAB Technical Service Europe (correo 09/04/2026), los valores de este ensayo son de baja fiabilidad dado que el error del procedimiento supera al propio valor medido. En términos prácticos el núcleo PET de celda cerrada no absorbe agua

apreciable. Ciclo de vida estimado del sistema completo: 30-50 años, comparable a sistemas de revestimiento cerámico convencional.

4. PROTOTIPOS Y VALIDACIÓN EN OBRA SECA

Se han desarrollado prototipos a escala y a escala 1:1 del sistema multicapa para validar la viabilidad de instalación en las dos configuraciones principales: sobre panel de cartón yeso (Configuración B) y directamente sobre montantes sin cartón yeso (Configuración A).

Figuras 5 y 6. Prototipos a escala. Izquierda: instalación sobre panel de cartón yeso con adhesivo monocomponente en cordón. Derecha: instalación directa sobre montantes de acero galvanizado, eliminando

el panel de yeso laminado. Se aprecia claramente la sección transversal del sistema con sus capas: cerámica porcelánica, núcleo PET y cordón adhesivo.

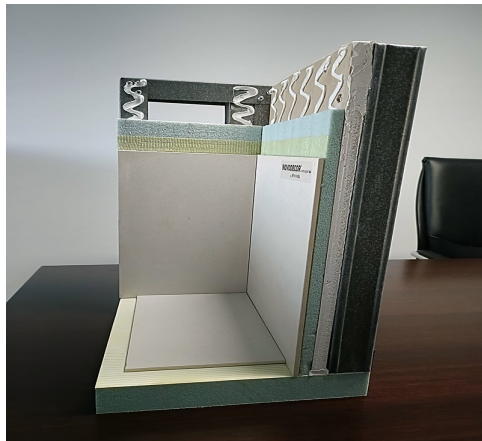


Figura 5.



Figura 6.

Prototipo Configuración B (izq.): instalación sobre cartón yeso. Prototipo Configuración A (dcha.): instalación directa sobre montantes sin panel de yeso laminado.

Figura 7. Prototipo a escala 1:1 del sistema multicapa presentado en exposición técnica. El prototipo muestra la sección de un módulo de baño industrializado completo con cerámica porcelánica de gran formato (efecto mármol), núcleo PET y sistema de montantes, demostrando la viabilidad real del sistema para su integración en cadenas de construcción industrializada.



Figura 7. Prototipo escala 1:1 — Módulo de baño industrializado (Reymansa, Jornadas en ASCER 2024). Sistema sobre montantes con cerámica porcelánica gran formato.

5. RESULTADOS Y ANÁLISIS

5.1. VALIDACIÓN DEL CONCEPTO OBRA SECA

La conclusión principal de los ensayos de adherencia es que el sistema multicapa supera ampliamente las exigencias técnicas requeridas. La limitación no reside en la unión cerámica-núcleo ni en la interfaz núcleo-adhesivo, sino en la resistencia mecánica del soporte receptor. Este resultado simplifica los criterios de diseño y traslada el foco hacia la caracterización y optimización de sustratos.

El análisis comparativo de tiempos de instalación confirma una reducción del 97% frente a sistemas tradicionales, que representa el principal valor añadido del sistema en el contexto actual de escasez de mano de obra especializada:

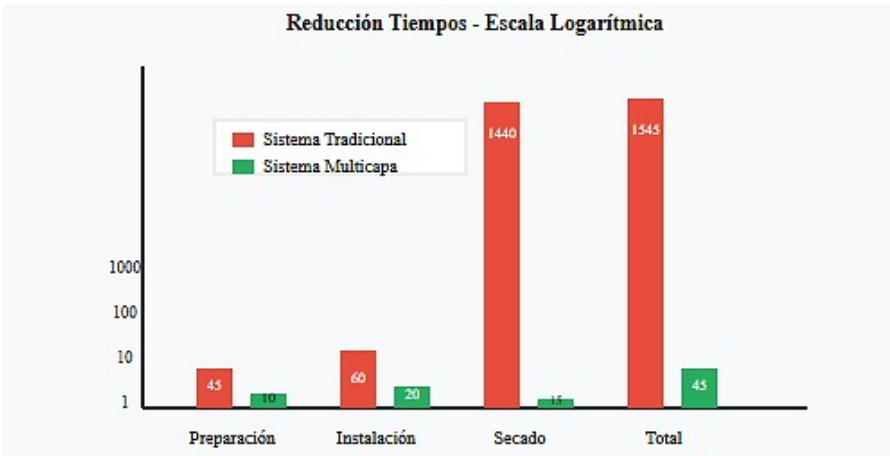


Figura 8. Estimación de tiempos de proceso en escala logarítmica. Sistema Tradicional: 1.545 min totales (preparación 45 + instalación 60 + secado 1.440, tiempo estándar sector). Sistema Multicapa: 45 min totales. Reducción estimada del 97% del tiempo de proceso.

5.2. IMPACTO AMBIENTAL Y VERIFICACIÓN DE FUENTES

La estimación de impacto ambiental se ha construido por analogía con la bibliografía científica disponible, pendiente de un ACV propio conforme a ISO 14040/14044. Los datos de referencia empleados son: huella de carbono de baldosa cerámica 2,58–14,4 kg CO₂eq/m² [15]; reducción de huella del rPET del 79% respecto a PET virgen [16]; reducción de emisiones en fase de instalación en construcción en seco estimada en torno al 42% [17]. Los valores de la Tabla 5 son orientativos y no sustituyen a un estudio de ACV propio del sistema.

Concepto	Sistema Tradicional	Sistema Multicapa	Reducción
Extracción materias primas	6,8 kg CO ₂ /m ²	4,2 kg CO ₂ /m ² *	38%
Fabricación productos	8,9 kg CO ₂ /m ²	5,1 kg CO ₂ /m ²	43%
Transporte	1,6 kg CO ₂ /m ²	1,2 kg CO ₂ /m ²	25%
Instalación	1,2 kg CO ₂ /m ²	0,7 kg CO ₂ /m ²	42%
TOTAL	18,5 kg CO₂/m²	11,2 kg CO₂/m²	39%

Tabla 7. Estimación orientativa de impacto ambiental — Sistema Tradicional vs. Sistema Multicapa (elaboración propia por analogía bibliográfica [19,20,21,22]; pendiente de ACV propio ISO 14040/14044)

* Incluye crédito 80% material reciclado (rPET), cuya huella es hasta 79% inferior al PET virgen [APR, 2020] [16].

6. APLICACIONES INDUSTRIALES

6.1. CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA

El sistema multicapa encuentra su aplicación natural en la fabricación de módulos prefabricados. Los casos de estudio en desarrollo incluyen módulos de baño prefabricados (150 m² de validación), cocinas industrializadas y elementos arquitectónicos como balcones industrializados plegables (BIP).

6.2. REHABILITACIÓN SIN OBRA

La Configuración C (instalación sobre revestimiento existente) abre el mercado de rehabilitación sin demolición:

- Sin generación de escombros ni polvo durante la intervención
- Mantenimiento de habitabilidad del inmueble
- Mejora simultánea de propiedades térmicas y acústicas del conjunto
- Reducción de 15 mm de espesor final vs. reconstrucción completa

6.3. INTEGRACIÓN BIM Y DIGITALIZACIÓN

El desarrollo de librerías BIM específicas permite modelado paramétrico de las tres configuraciones, automatización de mediciones y despieces, conexión con líneas de fabricación automatizadas y trazabilidad completa desde diseño hasta instalación.

7. ANÁLISIS ECONÓMICO: COSTE TOTAL DE INSTALACIÓN

El análisis económico del sistema multicapa requiere una visión de **coste total de proceso**, no solo de coste de material. La ventaja competitiva real emerge cuando se contabilizan los capítulos que el sistema **elimina completamente** respecto a los sistemas tradicionales, especialmente en la Configuración A (instalación directa sobre montantes).

7.1. CAPÍTULO ELIMINADOS EN CONFIGURACIÓN A: INSTALACIÓN DIRECTA SOBRE MONTANTES

Cuando el sistema multicapa se instala directamente sobre montantes metálicos —eliminando el panel de cartón yeso— desaparecen del presupuesto los siguientes capítulos:

Capítulo eliminado	Coste material (€/m ²)	Coste mano obra (€/m ²)	Total (€/m ²)
Placa cartón yeso GK 12,5 mm	3,5 – 6,0	11 – 15	15 – 21
Perfilería, tornillería, cintas y pasta de juntas	5 – 8	Incluida	5 – 8
Proceso húmedo cerámica: cola + rejuntado	4 – 6	15 – 20	19 – 26
Tiempo de espera secado/fraguado (coste indirecto de obra)	—	10 – 20	10 – 20
Gestión RCD proceso húmedo: 5,6–8,75 kg/m ² cemento cola en doble encolado (H40 Tech, Kerakoll [20]); + mortero nivelación adicional si aplica	—	8 – 12	8 – 12
AHORRO TOTAL ESTIMADO (Configuración A)			57 – 87 €/m²

Tabla 8. Residuos proceso húmedo: 5,6–8,75 kg/m² de cemento cola en doble encolado (H40 Tech, Kerakoll [20]), sin contar mortero de nivelación.

7.2. ANÁLISIS POR ESCENARIO DE APLICACIÓN

Construcción industrializada (obra nueva, módulos prefabricados): La Configuración A elimina el cartón yeso y el proceso húmedo. El sistema se fabrica en taller, se entrega a obra terminado y se fija mecánicamente en minutos. La reducción de capítulos de obra húmeda, tiempos de espera y gestión de residuos representa un ahorro estructural de 57-87 €/m². En

un baño industrializado estándar de 8-10 m² de revestimiento, el ahorro directo oscila entre 450 y 870 € por unidad, solo en capítulos eliminados.

Rehabilitación sin demolición (Configuración C): La instalación sobre revestimiento cerámico existente elimina adicionalmente los costes de demolición del revestimiento antiguo (15-25 €/m²), el transporte y gestión de sus RCD (8-12 €/m²) y el tiempo de parada del inmueble. En establecimientos hoteleros o sanitarios operativos, el coste de habitación/zona fuera de servicio puede superar los 100-300 €/día, convirtiéndose en el argumento económico más poderoso del sistema.

Rehabilitación sobre soportes existentes (montantes, pladur, cerámica): El sistema se adapta a cualquier soporte estable, lo que permite seleccionar la opción óptima según el estado del soporte existente, sin necesidad de demolición previa en ningún caso.

7.3. CIRCULARIDAD: RECICLABILIDAD Y PROPIEDADES HIDROFUGAS DEL NÚCLEO

El sistema multicapa incorpora dos ventajas medioambientales adicionales de primer orden respecto a los sistemas convencionales:

- **Separabilidad y reciclabilidad completa al final de vida útil:** Los componentes del sándwich cerámico —lámina porcelánica, núcleo PET y adhesivo— son separables tanto **mecánicamente** como mediante **solvolisis de ciclo cerrado**, proceso en el que el adhesivo se recupera en solución y puede resintetizarse para fabricar nuevo adhesivo, cerrando el ciclo de materiales. al final de su vida útil (30-50 años). La lámina cerámica puede reciclarse como materia prima secundaria; el núcleo PET Divinycell es

termoplástico y 100% reciclable, pudiéndose reintroducir en el ciclo productivo como rPET. Esto convierte al sistema en una solución de **economía circular real**, frente al cartón yeso que en demolición se gestiona mayoritariamente como RCD en vertedero.

- **Propiedades hidrofugas del núcleo PET:** Es una espuma de celda cerrada con absorción de agua prácticamente nula. Los ensayos DNV-CP-0084 [10] sobre la serie PR muestran ganancia neta de peso cero; según DIAB Technical Service Europe (correo 09/04/2026), la medición presenta incertidumbre elevada porque el valor real es inferior al error del propio procedimiento. Esta propiedad es intrínseca a la estructura del material, a diferencia del cartón yeso hidrófugo (GK), que requiere tratamientos superficiales adicionales y no puede mojarse durante la instalación. En aplicaciones de baño y cocina, el comportamiento hidrofugo del núcleo PET elimina el riesgo de degradación por humedad acumulada, la principal causa de fallo a largo plazo en revestimientos cerámicos sobre cartón yeso convencional.
- **Eliminación de residuos húmedos en obra:** El proceso de instalación en seco elimina completamente la generación de residuos de mortero, cola cerámica y agua de proceso (cuantificados en 5,6–8,75 kg/m² de cemento cola en doble encolado (H40 Tech, Kerakoll [20]) (Kerakoll [19]) en proceso húmedo convencional, sin mortero de nivelación), reduciendo el impacto de la obra en el entorno inmediato —especialmente relevante en rehabilitación de edificios habitados— y eliminando la obligación de gestión de RCD húmedos, cuyo coste de separación y tratamiento es superior al de los RCD inertes secos.

Parámetro	Sistema Multicapa Cerámico	Cartón yeso + cerámica tradicional
Reciclabilidad núcleo al fin de vida	✓ PET termoplástico, 100% reciclable	× Yeso + celulosa, difícil separación
Reciclabilidad cerámica al fin de vida	✓ Separable mecánicamente o solvolisis de ciclo cerrado	△ Separable, pero con adhesivo
Absorción de agua del soporte	≈ 0 (celda cerrada, DNV-CP-0084 [10])	Variable; GK hidrófugo: ~5%
Comportamiento ante humedad en uso	✓ Inerte por estructura celda cerrada	Riesgo degradación yeso a largo plazo
Residuos húmedos generados en obra	0 kg/m ² (instalación seca)	5,6–8,75 kg/m ² (doble encolado H40 Tech; llana 8+6mm=8,75 kg/m ² , llana 6+3mm=5,6 kg/m ² ; Kerakoll [20]); mortero de nivelación adicional si aplica
Clasificación RCD al fin de vida	✓ Inerte seco, máxima valorización	Yeso: fracción específica RCD

Tabla 9. Comparativa de circularidad y propiedades al agua — Sistema multicapa vs. sistemas convencionales

8. CONCLUSIONES

El sistema multicapa cerámico representa la evolución natural del sándwich estructural hacia aplicaciones específicas de revestimiento en obra seca, con viabilidad técnica, ambiental y económica demostrada:

- **Viabilidad técnica confirmada:** adherencia superior al límite del sustrato en todos los casos testados ($2,4\text{--}12,0\text{ N/mm}^2$); cargas de rotura experimentales: 1.440 N (6mm+PN80/10mm, ITC-AICE [5]), 1.940 N (6mm+PR135/10mm) y 1.868 N (6mm+PR150/10mm) — sin rotura completa hasta límite de máquina ($>5.300\text{ N}$) (Urbatek / Xtone [12]); resistencia aplique de baño 10,4 kg / 24h (2,08× el requisito UNE 67100 de 5 kg, Urbatek [11])
- **Comportamiento a flexión validado y escalable:** datos experimentales Urbatek / Xtone (Informe 20230619-RM001 [12], junio 2023) con porcelánico 6mm + PR135/10mm: 1ª rotura 1.940 N, sin rotura completa hasta límite de máquina ($>5.390\text{ N}$); con PR150/10mm: 1ª rotura 1.868 N, sin rotura completa ($>5.244\text{ N}$). Proyección teórica hasta 2.980 N para configuraciones de mayor espesor.
- **Comportamiento acústico competitivo:** STC proyectado 28-32 dB para sistema completo
- **Clasificación fuego mantenida:** B-s2,d0 validado en todos los parámetros (AITEX 2019AN2896)
- **Eliminación de residuos húmedos en obra:** 0 kg/m^2 generados vs. $5,6\text{--}8,75\text{ kg/m}^2$ en proceso húmedo convencional con doble encolado (H40 Tech, Kerakoll [20])
- **Eficiencia de instalación:** reducción estimada del 97% del tiempo total de proceso (eliminación del tiempo de fraguado: 1.440 min de 1.545 min totales del proceso húmedo convencional), sin restricciones climáticas

La democratización de la cerámica en construcción industrializada representa una oportunidad de diversificación para fabricantes cerámicos hacia segmentos de mayor valor añadido, en línea con los objetivos de la Agenda 2030 y la Estrategia de Renovación a Largo Plazo del Parque Edificatorio español.

Líneas futuras de investigación

- Validación experimental prioritaria: combinaciones 4mm+10mm y 4mm+15mm para instalación sobre montantes a 400 mm y 600 mm
- Elaboración de EPD propia del sistema completo (ISO 14025/EN 15804) [22]
- Análisis ROI detallado y comparativa coste-ciclo de vida completo
- Acabados cerámicos funcionales (fotocatalíticos, antibacteriales)
- Geometrías no planas.
- Integración de sensores y elementos domóticos en el núcleo
- Adaptación del sistema para aplicaciones de exterior
-

9. REFERENCIAS

- [1] López Reyman, Javier V. (2022). Panel sándwich cerámico de alta resistencia al impacto, con mejora de propiedades térmicas y acústicas. Qualicer 2022, Castellón.
- [2] López Reyman, Javier V. (2024). Aportaciones del sándwich cerámico a la construcción industrializada. Qualicer 2024, Castellón.
- [3] ITC-AICE. Informe C 213479 (2021) — Resistencia al impacto por caída de bola de acero (UNE 56875-V2). DIAB Spain, S.L.
- [4] ITC-AICE. Informe C 213503 (2021) — Resistencia al calor seco a 180°C (UNE 56875-V2). DIAB Spain, S.L.
- [5] ITC-AICE. Informe C 213504 (2021) — Resistencia a flexión y fuerza de rotura (UNE-EN ISO 10545-4:2019). DIAB Spain, S.L.
- [6] ITC-AICE. Informe C 232985 (2023) — Resistencia a la adhesión entre capas (UNE-EN 12004-2:2017). DIAB Spain, S.L.
- [7] LGAI Technological Center S.A. (APPLUS). Informe 24/32301212 (09/02/2024). Laboratory measurement of Airborne Sound Transmission Loss — Panel PR135 DIAB 10 mm. ASTM E90-09 (2016).
- [8] AITEX. Informe 2019AN2896 (10/10/2019). Clasificación Reacción al Fuego B-s2,d0 — Sistema fachada ventilada Porcelanosa Grupo Gran Formato.
- [9] Bostik GmbH. Test Report (12/05/2025). Test Diab Platten Verklebung — Bonding adhesion tests on GK substrate. Bostik GmbH, Alemania.
- [10] DIAB International AB. Water Absorption Test Report (27/07/2023). DNV-CP-0084-2021-09 — Divinycell PR-series. DIAB Group.
- [11] Laboratorio Control Producto Acabado, Urbatek Ceramics S.A.U. Informe 20210917-RM024 — Resistencia de sujeción de aplique de baño (UNE 67100).
- [12] Laboratorio Control Producto Acabado, Urbatek Ceramics S.A.U. (Xtone/Porcelanosa). Informe 20230619-RM001 — Determinación de la resistencia de flexión y fuerza de rotura. Paneles PR135 y PR150, Novodecor® Core System. Junio 2023.
- [13] Confederación Nacional de la Construcción (CNC) (2024). Informe sobre necesidades de mano de obra en el sector de la construcción en España. Madrid: CNC.
- [14] Directiva (UE) 2024/1275 del Parlamento Europeo y del Consejo sobre eficiencia energética de edificios (EPBD recast). DOUE L-2024/1275.
- [15] Vieira, A.W. et al. (2023). Life cycle assessment in the ceramic tile industry: a review. Journal of Materials Research and Technology, 23, 3904–3915.
- [16] APR / Franklin Associates (2020). Life Cycle Impacts for Postconsumer Recycled Resins: PET, HDPE, and PP. Plastics Recycling Update.
- [17] Armacell / AZoM (2024). Lifecycle Assessment Study on the Benefits of Polyethylene Terephthalate Foam for Sustainable Buildings.
- [18] IEA / UNEP / GlobalABC (2020). Global Status Report for Buildings and Construction 2020. United Nations Environment Programme.

- [19] Kerakoll Ibérica S.A.U. Correo electrónico de Fernando Peris (Product Specialist), 24 de abril de 2026. Rendimiento Kerakoll H40 Tech: $\approx 1,25 \text{ kg/m}^2$ por mm de espesor; saco 20 kg cubre $\approx 4 \text{ m}^2$ a espesor medio 4 mm.
- [20] Kerakoll Ibérica S.A.U. Correo electrónico de Fernando Peris (Product Specialist), 5 de mayo de 2026. Doble encolado H40 Tech: Opción 1 (llana 8+6 mm) = $8,75 \text{ kg/m}^2$, $2,3 \text{ m}^2/\text{saco}$ 20 kg; Opción 2 (llana 6+3 mm) = $5,6 \text{ kg/m}^2$, $3,6 \text{ m}^2/\text{saco}$ 20 kg.
- [21] ISO 14040:2006 / ISO 14044:2006. Environmental Management — Life Cycle Assessment — Principles and framework / Requirements and guidelines.
- [22] ISO 14025:2006 / EN 15804:2019. Environmental Product Declarations — Sustainability of Construction Works.