



El Patrimonio Arquitectónico y la Eficiencia Energética: el reacondicionamiento térmico de los edificios patrimoniales de madera en el Reino Unido

Dr Chris Whitman

B.Arch(Hons), Dip.Arch, Architect, PhD

WhitmanCJ@Cardiff.ac.uk

Director

MSc Sustainable Building Conservation
Welsh School of Architecture,
Cardiff University



Las modificaciones introducidas en mayo de 2018 a la directiva relativa a la eficiencia energética de los edificios, la Unión Europea (UE) ha reiterado su meta de descarbonizar el parque inmobiliario de aquí a 2050, que actualmente es responsable de un 36% de todas las emisiones de los gases de efecto invernadero de la Unión. OJEU 2018



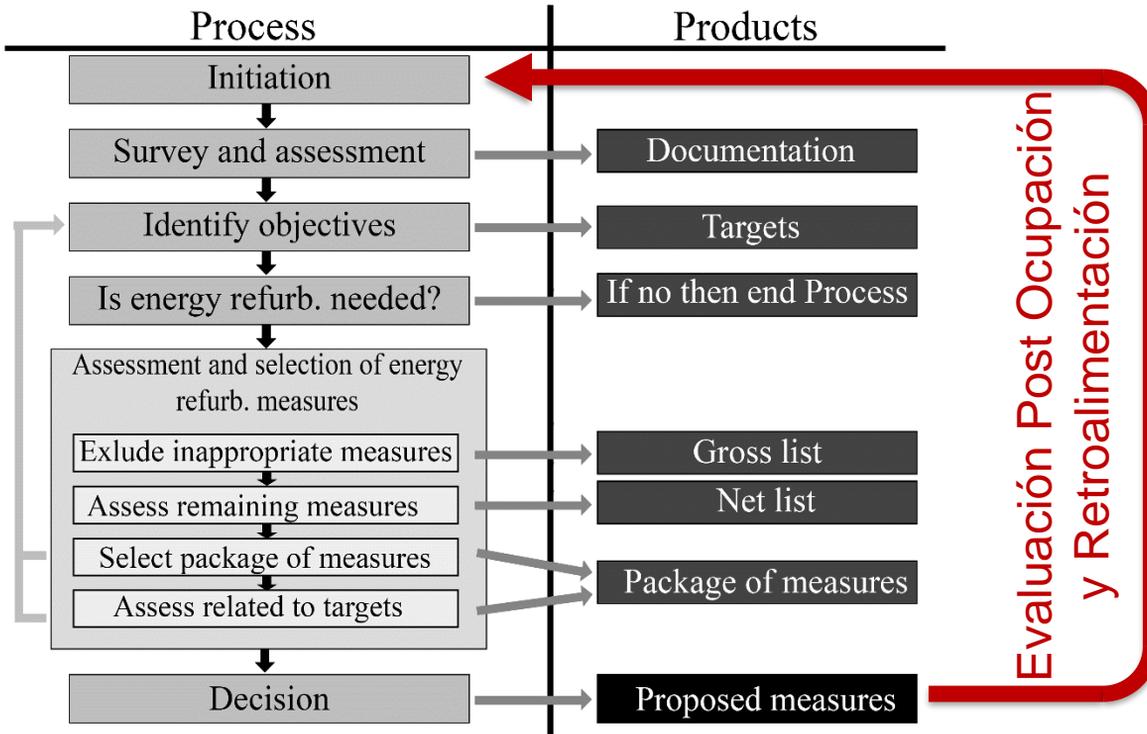
*“Es preciso fomentar la investigación y el ensayo de nuevas soluciones capaces de mejorar el nivel de **eficiencia energética de los edificios y sitios de interés histórico, garantizando al mismo tiempo la protección y la conservación del patrimonio cultural**”* OJEU 2018

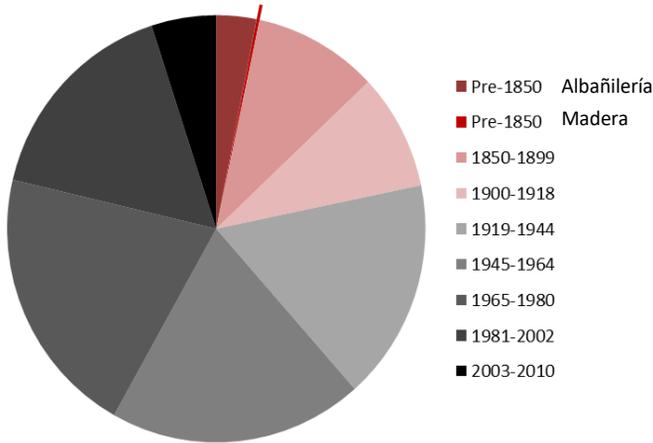
Reacondicionamiento, Hereford, UK

Fuente: Worcester News 2014

“El desafío es de reducir la demanda de energía y las emisiones del efecto invernadero, sin impacto negativo en los valores patrimoniales del entorno construido existente”.

BS EN 16883:2017 'Guidelines for improving the energy performance of historic buildings'





Viviendas inglesas según fecha de construcción *Fuente: Nicol et al. 2014*

Hasta ahora en el Reino Unido, las investigaciones en este campo se han enfocado en las construcciones de albañilería, que conforman una gran parte del entorno construido histórico (Scott & Rye, 2014; Mohammadpourkarbasi & Sharples, 2013; Gandhi Et Al., 2012)

Los edificios con entramado de madera a la vista componen un 8% de las viviendas construidas antes de 1850 (Nicol et al. 2014), con aproximadamente 68,000 ejemplares en el UK (Whitman, 2018).



“Cottage Homes of England”

Fuente: Allingham 1909



“The Fairy Land of England”

Fuente: Hussey 1924



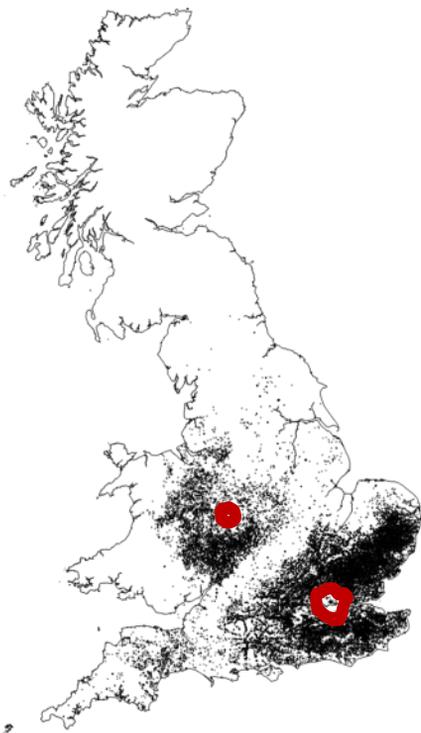
Vigas de madera neolíticas, 3806 AC, Somerset, UK. *Fuente:* (Coles, 2006)



Iglesia de St Andrew's, siglo 9th-11th AD, Greensted, Essex, UK. *Fuente:* (Whitman, 2017)



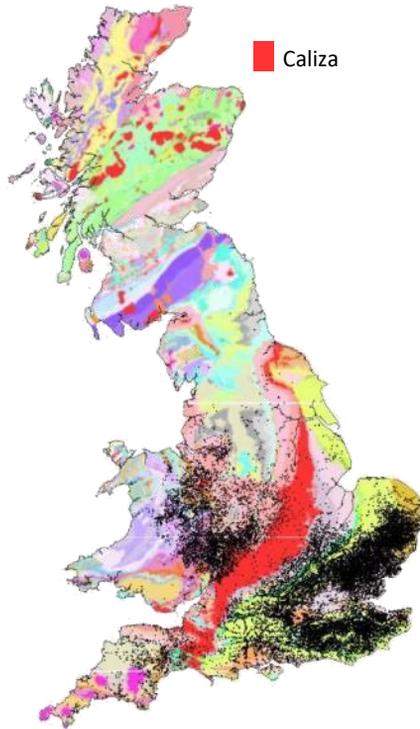
Entramado de madera a la vista. *Fuente:* (Whitman, 2017)



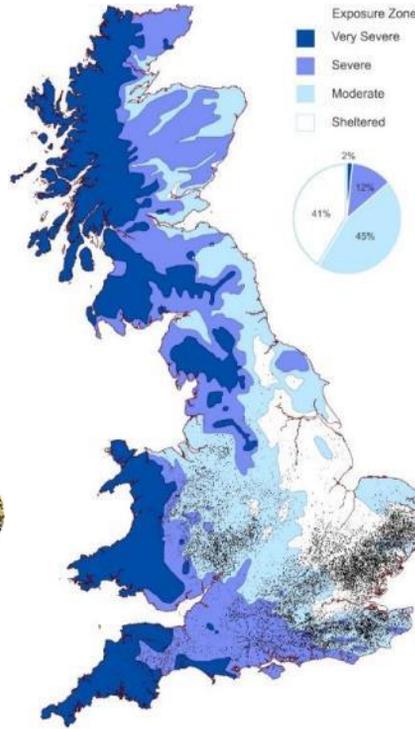
Distribución de edificios patrimoniales de madera pre-1850.

Fuente: Elaboración propia basada en (Historic England 2014 & RCAHMW 2014)

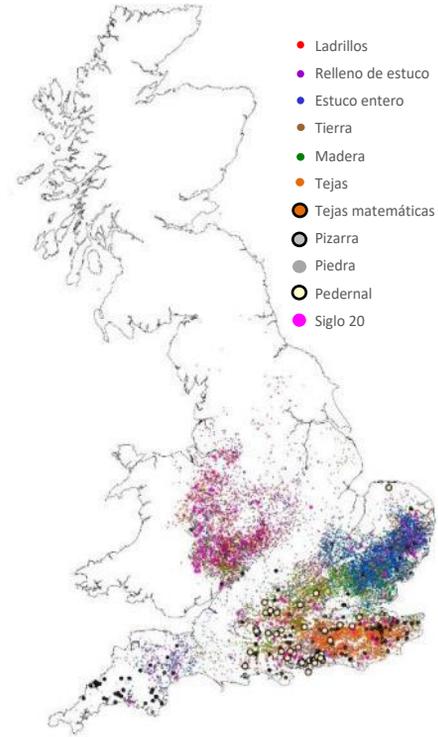
Geología



Lluvia impulsada por viento



Materiales de relleno



Distribución de edificios patrimoniales de madera pre-1850.

Fuente: Elaboración propia basada en (Historic England 2014 & RCAHMW 2014, British Geological Survey, 2010, Met. Office, 2009 & HM Government, 2013 p.34)



Materiales de relleno: Quincha (*wattle and daub*), estuco de cal (liso o decorativo *pargetting*) y ladrillos.

Materiales tradiciones de relleno



Nuevos materiales de relleno con menor transmitancia térmica : fibra de madera, lana de oveja, corcho y cáñamo y cal (*hempcrete*)

Materiales de relleno alternativas

Riesgos potenciales de reacondicionamiento térmico de edificios patrimoniales de madera: aumentos en la humedad del entramado histórico, que a su vez amplifica el riesgo de ataque de los agentes biológicos tales como los insectos y hongos

Beetles and their larvae



Fungi



Powderpost
Lycus linearis Goeze &
Lyctus brunneus

House Longhorn
Hylotrupesw bajulus

Carcoma
(Woodworm)
Anobium punctatum

Escarabajo del reloj
de la muerte
(Deathwatch beetle)
Xestobium rufovillosum

Dry Rot
Serpula lacrymans

Oak Rot
Coniophora puteana

Cellar Rot
Coniophora puteana

8-25°C
26%

15°C-25°C
20-30%

>12°C
22%

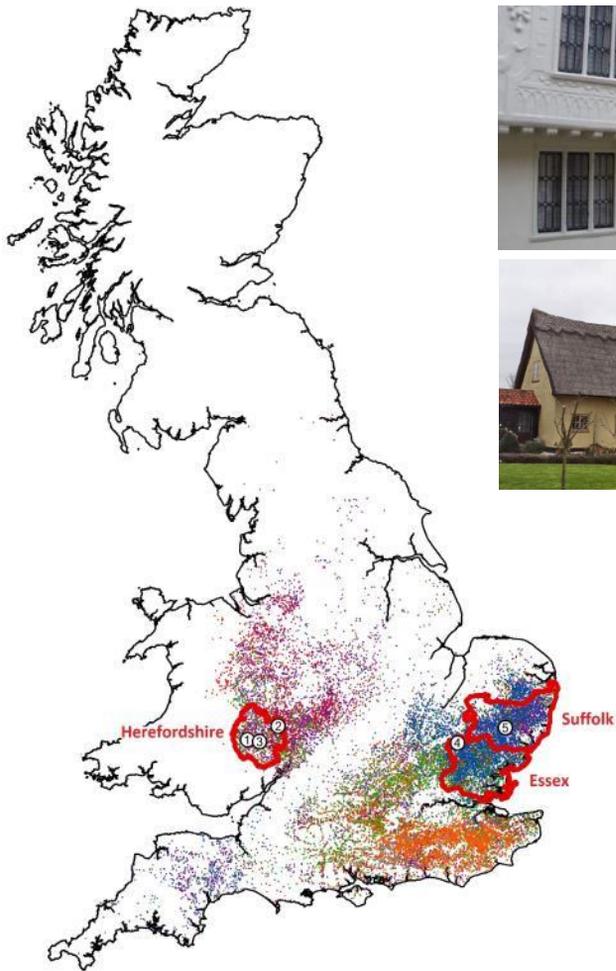
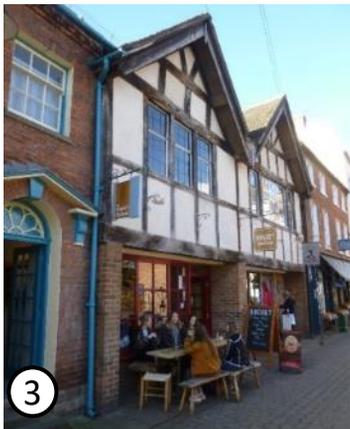
>15°C
>10%

>25°C
17-23%

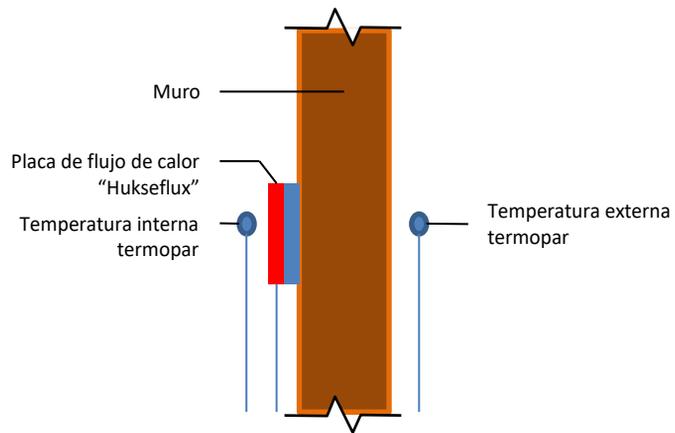
>28°C
5-40%

>25°C
20-32%

Fuente: (McCaig & Ridout, 2012)



Monitoreo de casos de estudio



Medición de valor-U in situ según BS ISO 9869-1:2014
Medición de transmitancia térmica de los paneles de relleno



Termografía interna y externa según buenas prácticas
Medición y visualización de la temperatura de superficie

- Hart, J. M. 1991. Practical guide to infra-red thermography for building surveys. Building Research Establishment BRE.
- Young, M. 2015. Thermal Imaging in the Historic Environment. Historic Environment Scotland

Edificios presurizados para termografía externa y
despresurizados por termografía interna



Infiltraciones según BS EN ISO 9972:2015

Medición de hermeticidad y cambios de aire por hora

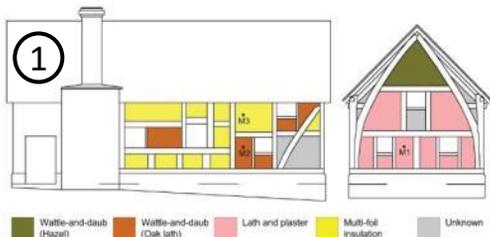
- Minneapolis Blower Door®
- Medidores Magnehelic®



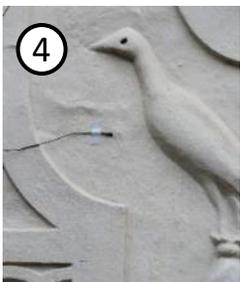
Confort hygotérmico según buena práctica

Medición de temperatura del air y humedad relative

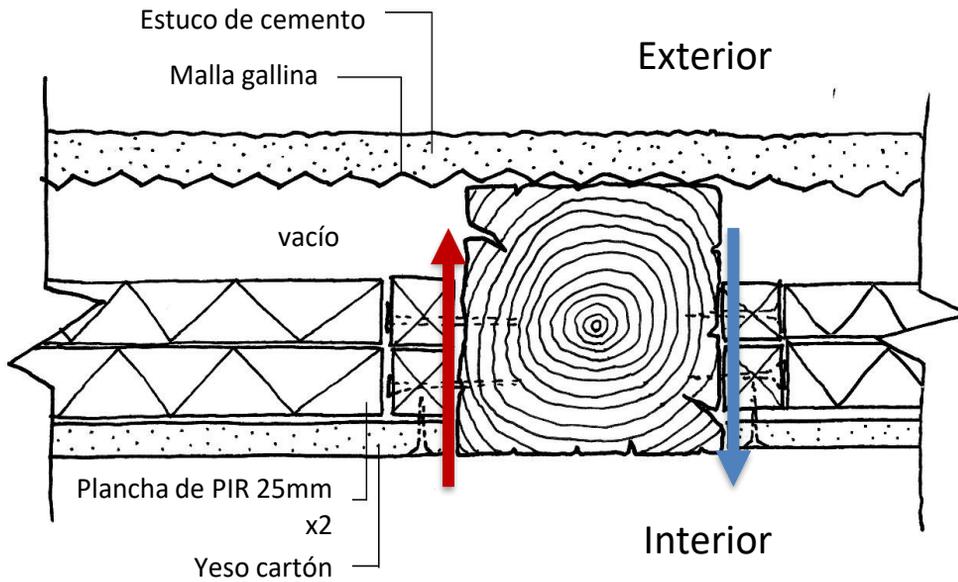
- Nichol, F. et al. 2012. Adaptive thermal comfort: Principles and practice.
- Tinytags
- Encuestas simplificadas al usuario:



Caso de estudio	Relleno de panel	Valor U medido (W/m ² K)	Valor U calculado (W/m ² K)	Diferencia medido a calculado (%)
1.	Estuco de cal original	2.21	2.40	-8.6
	Quincha nueva	2.88	2.99	-3.8
	Aislante multicapa	0.66	0.41	37.9
3.	Fibra de madera + revestimiento interno de poliisocianurato (PIR)	0.11	0.13	-18.2
	Fibra de madera + revestimiento interno de lana mineral	0.11	0.17	-54.5
4.	Quincha original + estuco de cal decorativo (<i>pargetting</i>)	0.64	1.79	-179.7
5.	Estuco de cemento, PIR rígido y yeso cartón	1.72	0.92	46.5



Resultados: Transmitancia térmica



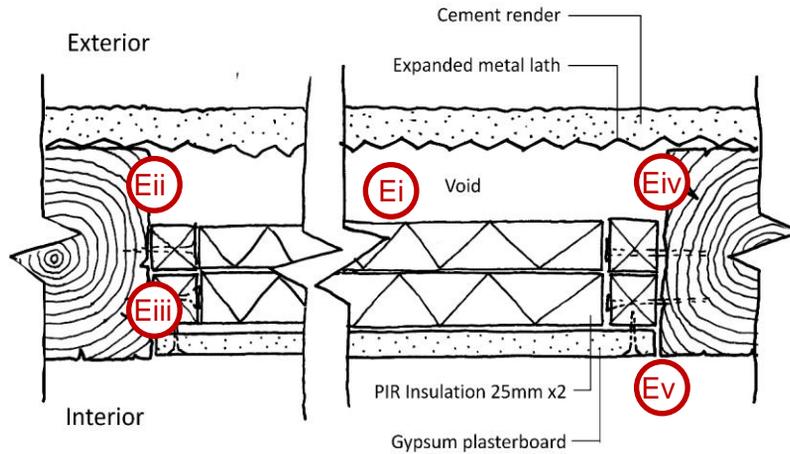
Caso de estudio 5 detalle de reacondicionamiento previo.



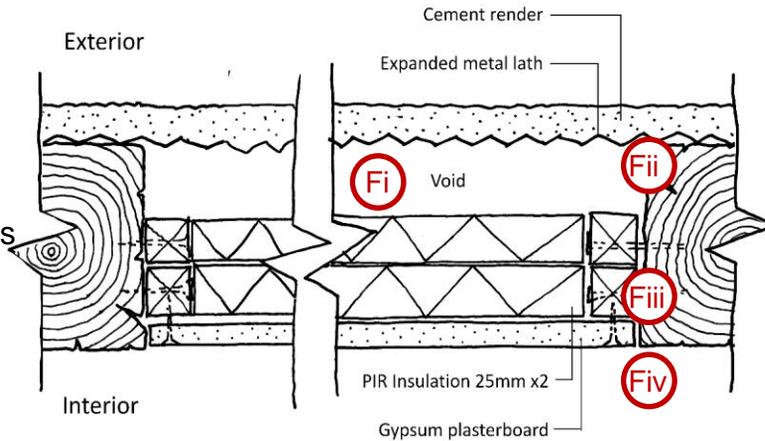
Cara interna del estuco de cemento

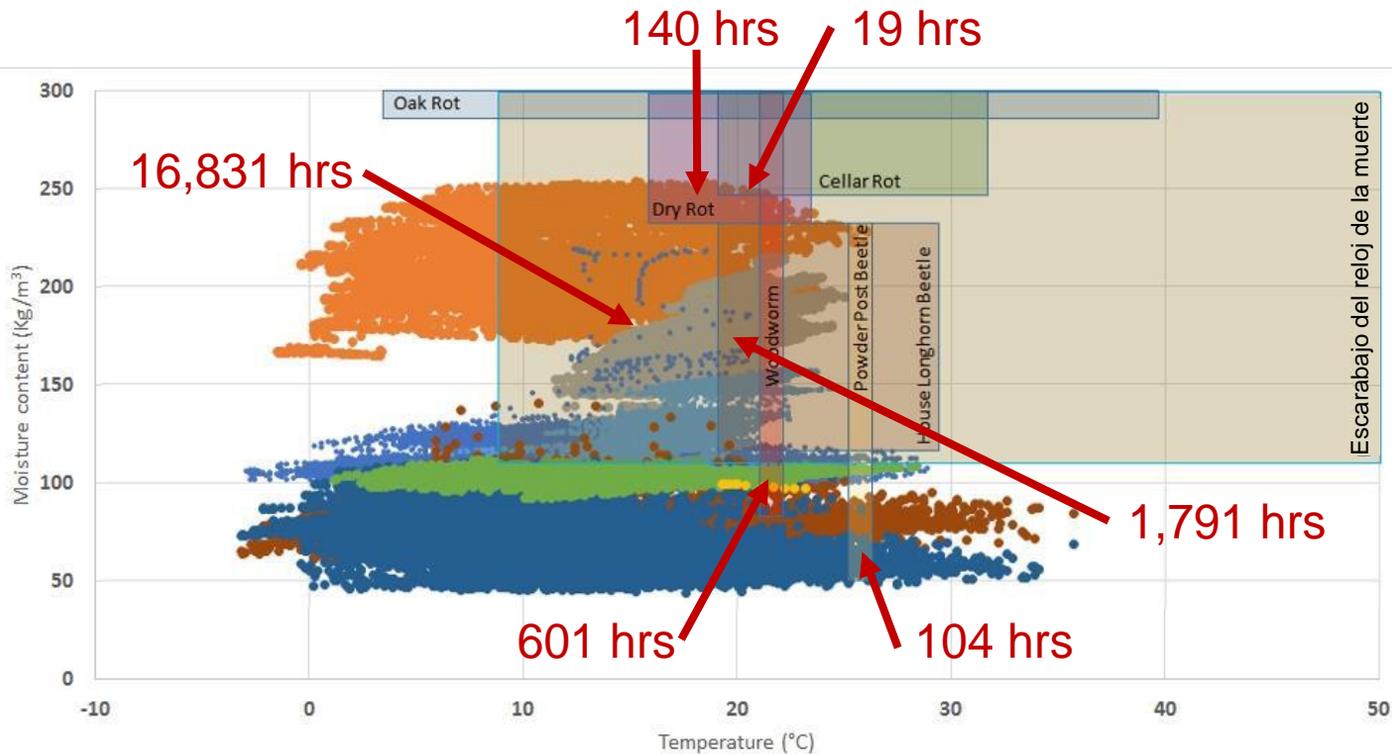
Resultados: Transmitancia térmica– Caso de estudio 5

Sala de Estar
Muro norte



Dormitorio de invitados
Muro sur

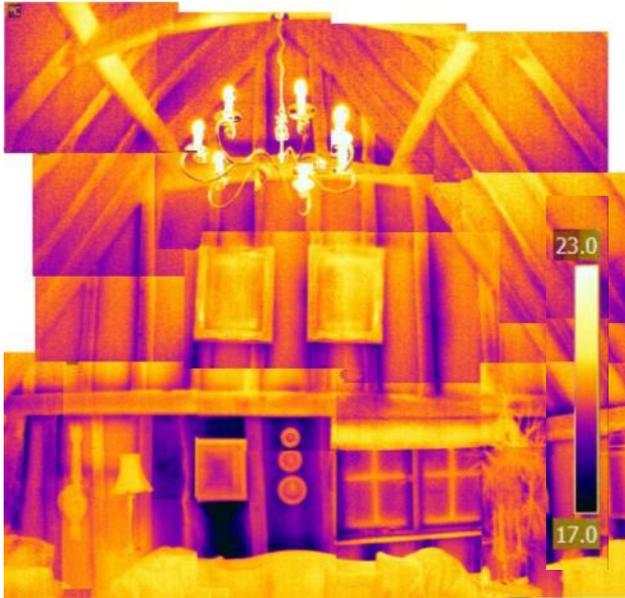




- (B) Study
 - (Ei) Drawing Rm LH Inner
- (C) SE Corner
 - (Eiv) Drawing Rm RH Outer
- (D) Master B.room
 - (F) Guest Room inner
- (Eii) Drawing Rm LH Outer
 - (Fi) Guest Room Outer

Mediciones Hygotérmicas con los riesgos biológicos sobrepuestos.

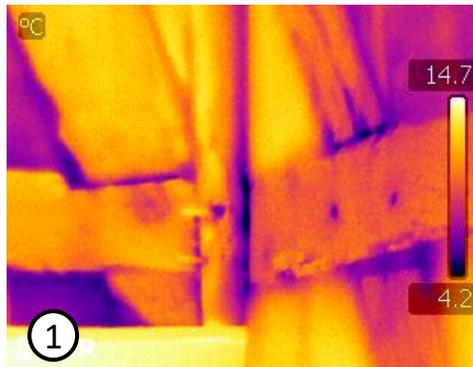
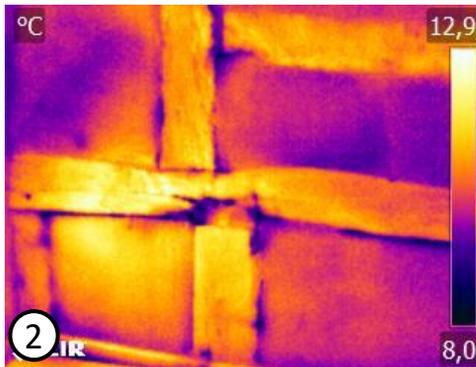
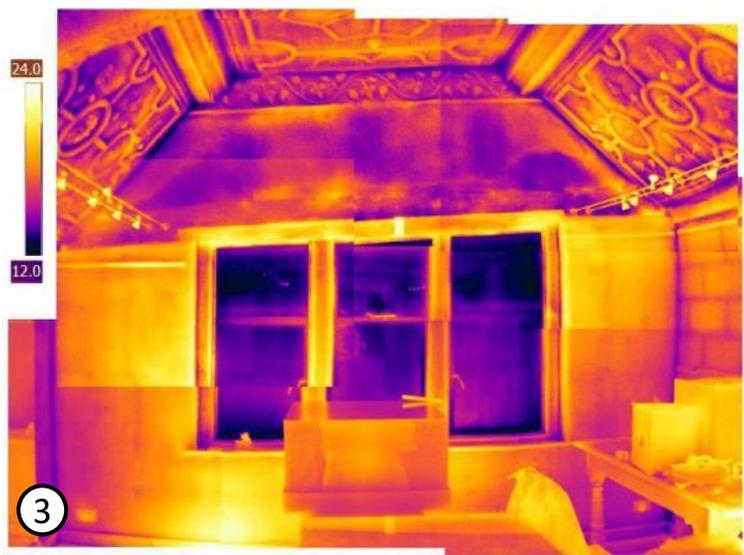
Caso de estudio 5: Mediciones hygotérmicas intersticiales



Caso de estudio 5 Termografía interna- Sala de Estar



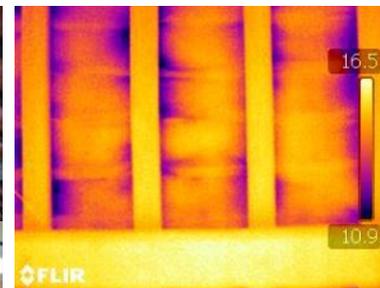
Caso de estudio 5 Termografía externa– Fachada poniente.

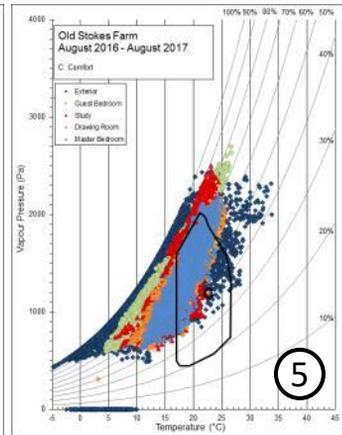
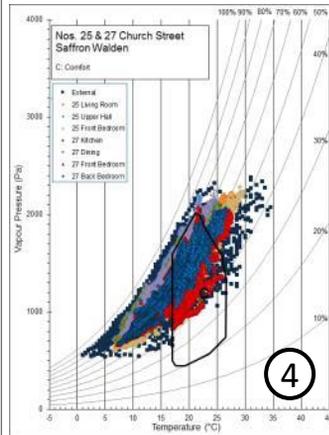
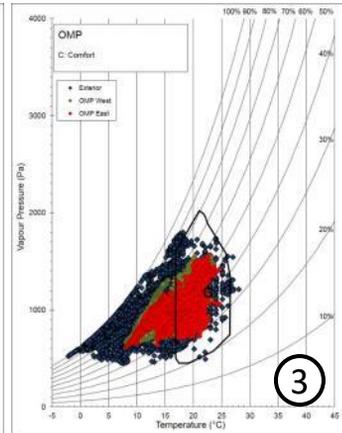
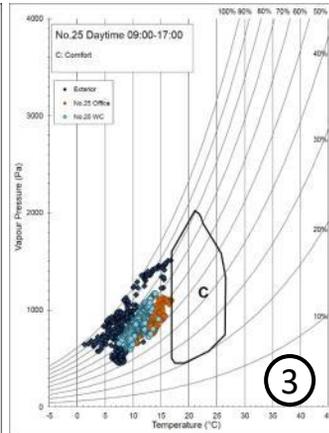
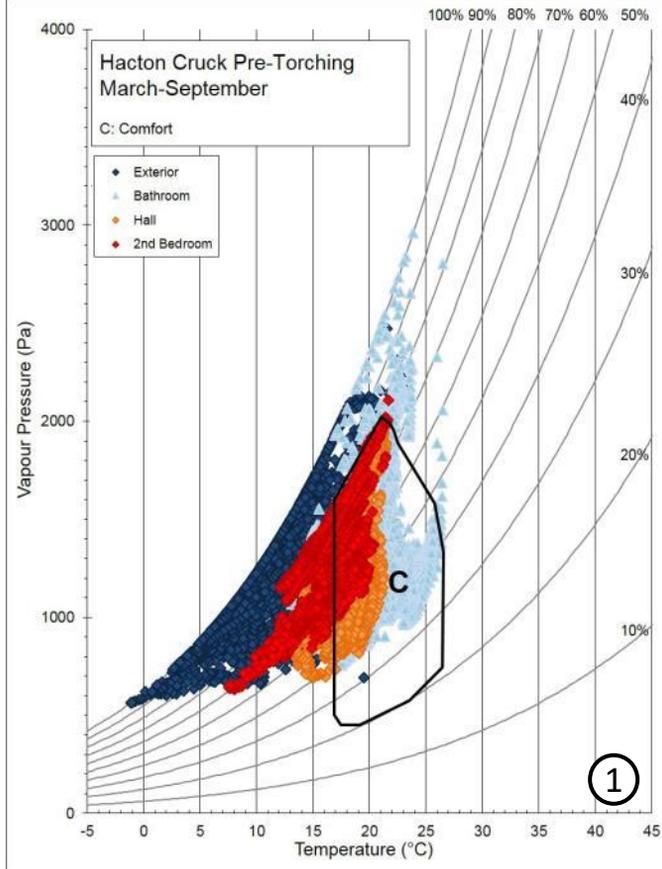


Temperaturas de superficie desiguales podría aumentar el riesgo de condensación y hongos. Falta de hermeticidad, especialmente a la unión entre entramada y relleno.

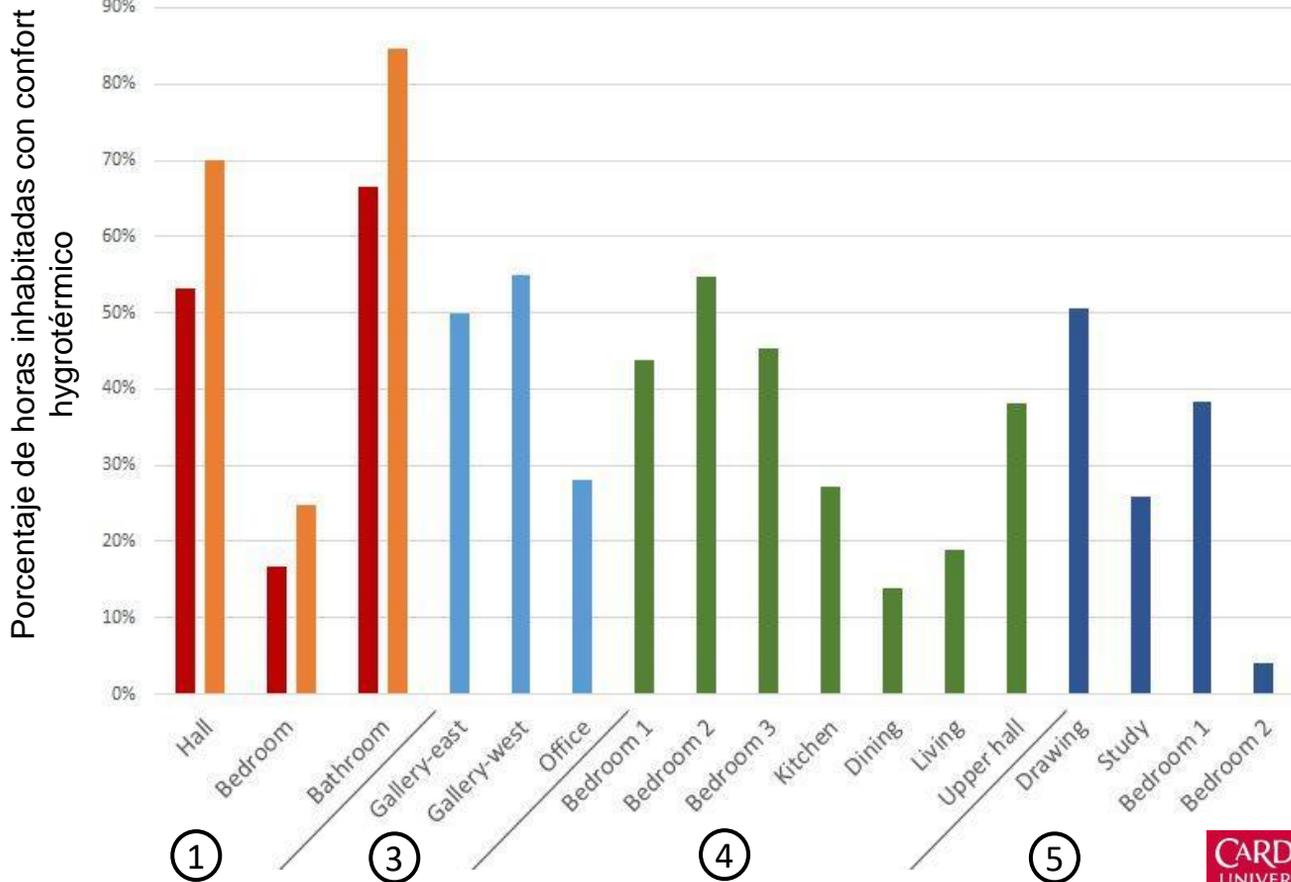
Resultados: Termografía

Caso de estudio		Permeabilidad al aire (m ³ /h/m ²)	Área efectiva de fuga (m ³)	Cambios de aire @50 Pa (/hr)	Cambios de aire (/hr)
1.	Cielo de paja sin terminaciones	154.0	32.64	129.9	6.5
1.	Cielo de paja con revestimiento de cal	80.3	15.83	67.7	3.38
2.	Pre-reacondicionamiento	17.8	4.71	16.5	0.83
2.	Post-reacondicionamiento	11.7	1.83	10.8	0.54
3.	Post-reacondicionamiento	17.6	1.74	22.5	1.12
4	Terminaciones del siglo 20	7.3	-	10	-
4	Sin terminaciones	14.2	1.36	18.8	0.94
5	Estado actual	19.0	9.43	18	0.9

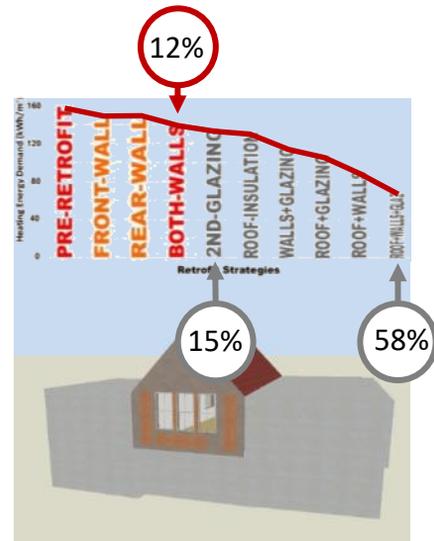
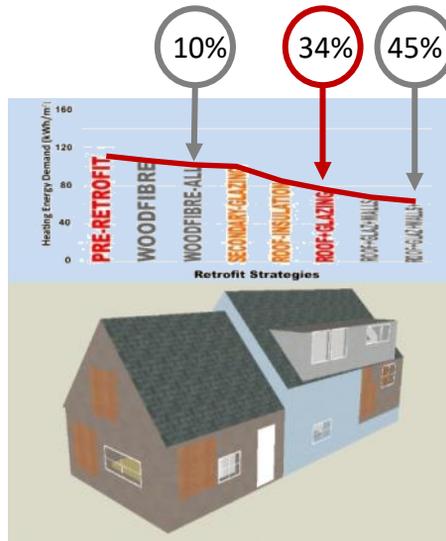
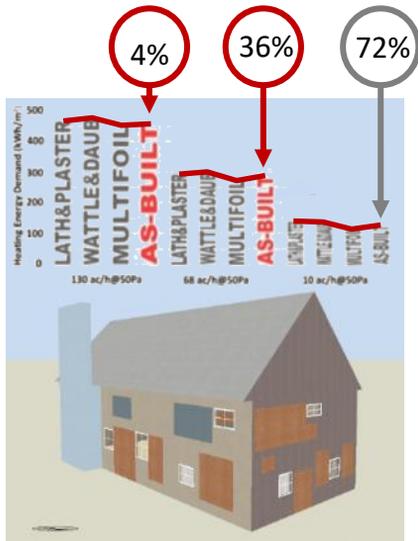




Resultados: Confort higrotérmico

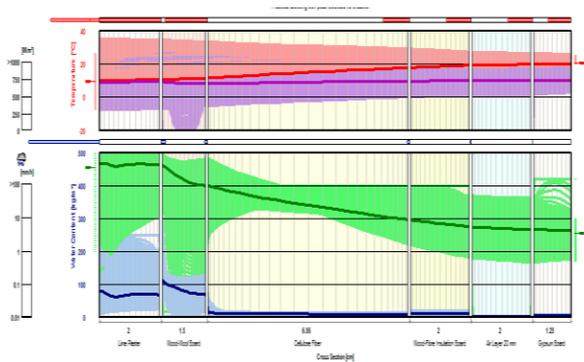


Resultados: Confort hygotérmico



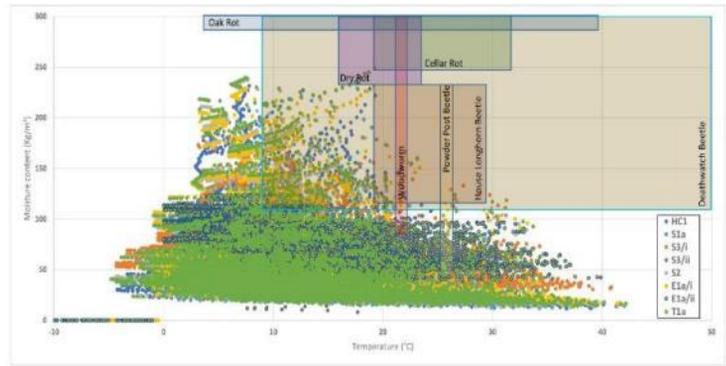
- Leyenda:
- Acción individual de reacondicionamiento
 - Demanda actual con combinación de acciones de reacondicionamiento
 - Acciones y combinaciones hipotéticas

Resultados: Simulaciones de demanda energética-DesignBuilder

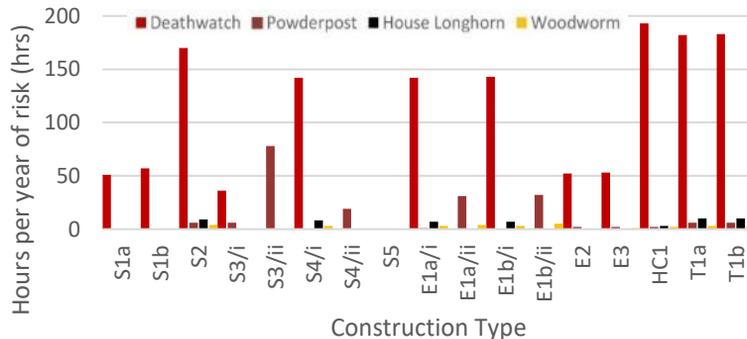


Simulación con WUFI Pro 5.2: relleno de fibra de madera, orientación suroeste, Herfordshire.

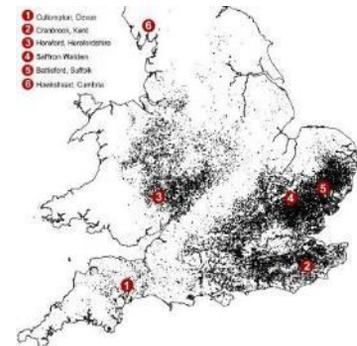
Fuente: (elaboración propia, 2017)



Condiciones hygroterómicas simuladas para muros con orientación suroeste, Suffolk, con riesgos biológicos sobrepuestos. Fuente: (elaboración propia, 2017)



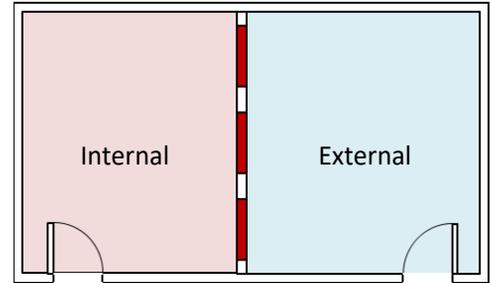
Riesgos biológicos para muros con orientación suroeste, Suffolk. Fuente: (elaboración propia, 2017)



Ubicación de simulaciones Fuente: (elaboración propia, 2017)

Simulaciones de condiciones hygroterómicas intersticiales- WUFI® Pro





Paneles de prueba montados entre dos cámaras climáticas:
University of Bath, Building Research Park, Swindon

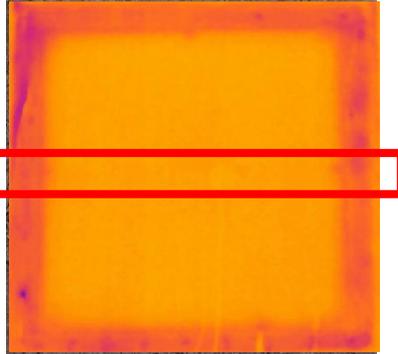


Quincha (*Wattle-and-daub*)

Centro- 2.72 W/m²K

Esquina- **2.10 W/m²K**

Calculada- 2.85 W/m²K



Corcho expandido

Centro- 0.49 W/m²K

Esquina- **0.47 W/m²K**

Calculada- 0.45 W/m²K



Lana de madera y fibra de madera

Centro- **0.59 W/m²K**

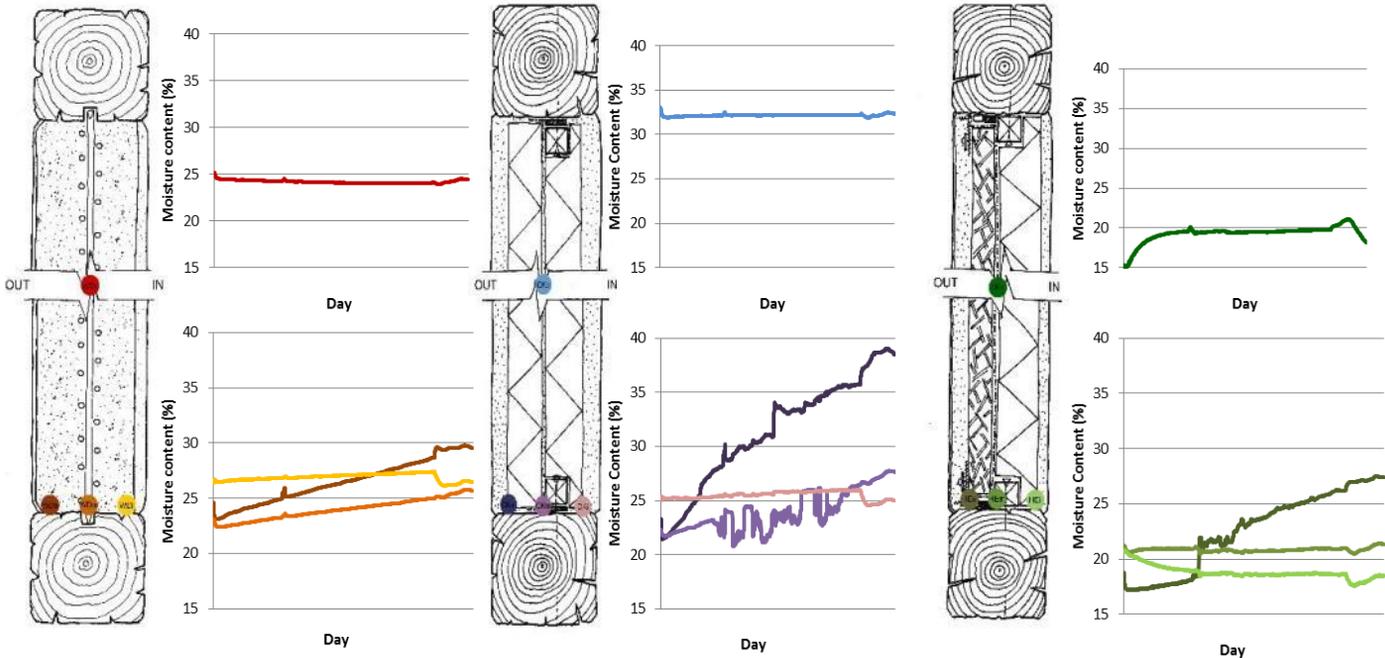
Esquina- 0.60 W/m²K

Calculada- 0.63 W/m²K

Resultados de transmitancia térmica

Condiciones externas (izquierda) : 5°C y 80% Humedad Relativa

Condiciones internas (derecha) : 21°C y 70% Humedad Relativa



Quincha (*Wattle-and-daub*)

Corcho Expandido

Lana y fibra de madera

Resultados medidos: duración de prueba- 21 días

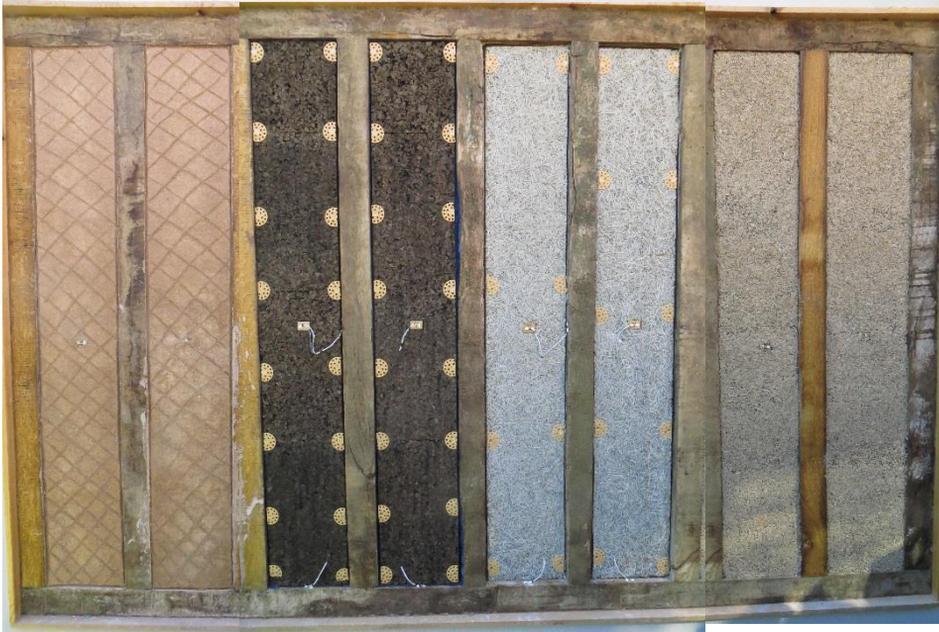
Relleno		Cálculo método Glaser	WUFI® Pro5.3	WUFI® 2D 3.3	Mediciones físicos	Acuerdo
Quincha (<i>Wattle-and-Daub</i>)	Exterior	Estable	Reducción	Reducción	Aumento	×
	Centro	Estable	Leve aumento	Leve Aumento	Estable	✓
	Interior	Aumento	Aumento	Aumento	Aumento leve	✓
Corcho	Exterior	Estable	Leve aumento	Reducción	Aumento	×
	Centro	Estable	Estable	Estable	Estable	✓
	Interior	Estable	Leve reducción	Aumento	Estable	×
Lana de madera y fibra de madera	Exterior	Estable	Leve aumento	Reducción	Aumento	×
	Centro	Aumento	Aumento	Aumento	Aumento	✓
	Interior	Estable	Reducción	Aumento	Reducción	×

Comparación de resultados: simulación y medición



Celda de prueba para mediciones a largo plazo – >2 años.





Celda de prueba para mediciones a largo plazo – >2 años.

Conclusiones

- Mientras que el reacondicionamiento térmico de los edificios patrimoniales de madera tienen la potencial de mejorar su eficiencia energética y el confort higrotérmico de su usuarios, existe la posibilidad de consecuencias negativas sin intención.
- El monitoreo es imprescindible tanto antes como después del reacondicionamiento para asegurar que la mínima intervención logre el mayor impacto positivo. Al mismo tiempo de aprender para proyectos futuros.
- Acciones simples, tales como mejorando la hermeticidad a través de la aplicación de una capa de estuco de cal, pueden lograr mejor resultados que soluciones más complejos y destructivos.
- Con simulaciones fue posible predecir instancias de condensación intersticial, sin embargo había contradicciones tanto entre los resultados simulados y medidos, como entre distintos métodos de simulación.
- Más investigaciones son necesarios. El monitoreo de largo plazo ya está a pie con financiamiento de Historic England.



**MSc Sustainable Building Conservation
Welsh School of Architecture**

Gracias



UNIVERSITY OF
BATH



Dr Chris Whitman B.Arch(Hons), Dip.Arch, Architecto, PhD

Course Leader, Msc Sustainable Building Conservation

Welsh School of Architecture, Cardiff University

WhitmanCJ@Cardiff.ac.uk

CARDIFF
UNIVERSITY

PRIFYSGOL
CAERDYDD