

## **CONSERVACIÓN DE RECURSOS ATRAVÉS DE ESTRATEGIAS DE REUTILIZACIÓN DE EDIFICIOS Y DE REUTILIZACIÓN DE MATERIALES EN EL SITIO**

<sup>1</sup>Amoêda, R.

<sup>1</sup>Facultad de Arquitectura y Artes, Universidad Lusíada  
Largo Tinoco de Sousa - 4760-108 V. N. Famalicão

Portugal

e-mail: rogerio.amoeda@fam.ulusiada.pt

### **RESUMEN**

Repensar los edificios y las actividades de la construcción es un paso fundamental hacia la construcción sostenible. Siendo uno de los mayores consumidores de materiales, es crucial proceder a cambios en las prácticas actuales en el sector de la construcción para reducir efectivamente la explotación de recursos primarios, como también para reducir todos los impactos ambientales asociados. El fin de vida de los edificios son oportunidades para cerrar el ciclo de vida de los materiales, por medio de la renovación de los edificios y la recuperación de componentes y materiales. En este contexto, la reutilización de los edificios y la reutilización de los materiales en el sitio han demostrado ser la solución más preferible en la gestión de los escenarios de fin de ciclo de vida, en comparación con la reutilización de los materiales fuera del sitio, reciclaje, valorización energética y eliminación en vertedero. Pasar de la demolición a la deconstrucción es uno de los cambios que deberá de acontecer. Otro es lo de cambiar los procedimientos de selección de los materiales con el fin de tener en cuenta también los materiales reutilizables como una opción válida en el proyecto arquitectónico. Por lo tanto, se necesita estudiar el edificio para evaluar su potencial de reutilización antes del proyecto, con el fin de buscar oportunidades y restricciones a la reutilización, tanto al nivel del edificio como al nivel de los componentes y materiales. Tales oportunidades y limitaciones incluyen la capacidad de adaptación del edificio, su estado de conservación, el funcionamiento mecánico y condición estética de los materiales y, por fin, la viabilidad técnica y económica de la recuperación de esos componentes y materiales. Sin embargo, los edificios existentes no fueron construidos para ser deconstruidos y la recuperación de materiales se torna una tarea intensiva de trabajo, enfrentando obstáculos como conexiones no reversibles que normalmente destruyen la integridad de los materiales. Un caso de estudio para la reutilización de la construcción y la reutilización de materiales en el sitio está aquí analizado con el fin de ilustrar los principios y objetivos teóricos que impulsan el enfoque de la reutilización, destacando los beneficios ambientales al mantener la energía incorporada y reduciendo así el potencial de calentamiento global relacionado con las actividades de construcción.

**Keywords:** construcción sostenible, reutilización de edificio, reutilización de materiales

## 1.- Introducción

Como se sabe, la sobreexplotación de los recursos materiales primarios ha contribuido a la carga ambiental de las actividades humanas y para reducir nuestro capital natural, aumentando nuestra huella ecológica global que ahora se estima en 1.5 Tierras [1].

Los edificios son uno de los mayores contribuyentes para el decaimiento ambiental e del capital natural. Los impactos ambientales asociados incluyen el cambio climático, la acidificación, la toxicidad humana, la deforestación, el agotamiento del ozono, la creación de ozono fotoquímico, la eutrofización... Respecto al consumo de recursos, se estima que el sector de la construcción representa el 40 al 50% de todos los recursos materiales utilizados en nuestro planeta [2]. En particular, el consumo de recursos por parte del sector de la construcción contribuye al calentamiento global, al agotamiento abiótico y al potencial tóxico.

En Europa, más del 30-50% del flujo de materiales total se destina a la construcción de viviendas. Además, alrededor del 65% del total de los agregados y el 20% de los metales son utilizados por el sector de la construcción [3]. Sin embargo, a pesar de los índices de consumo disminuyeron a partir de 2008 debido a la crisis económica que provocó una reducción de las actividades de construcción (Fig. 1), un enfoque eficiente para la gestión de recursos es obligatorio.

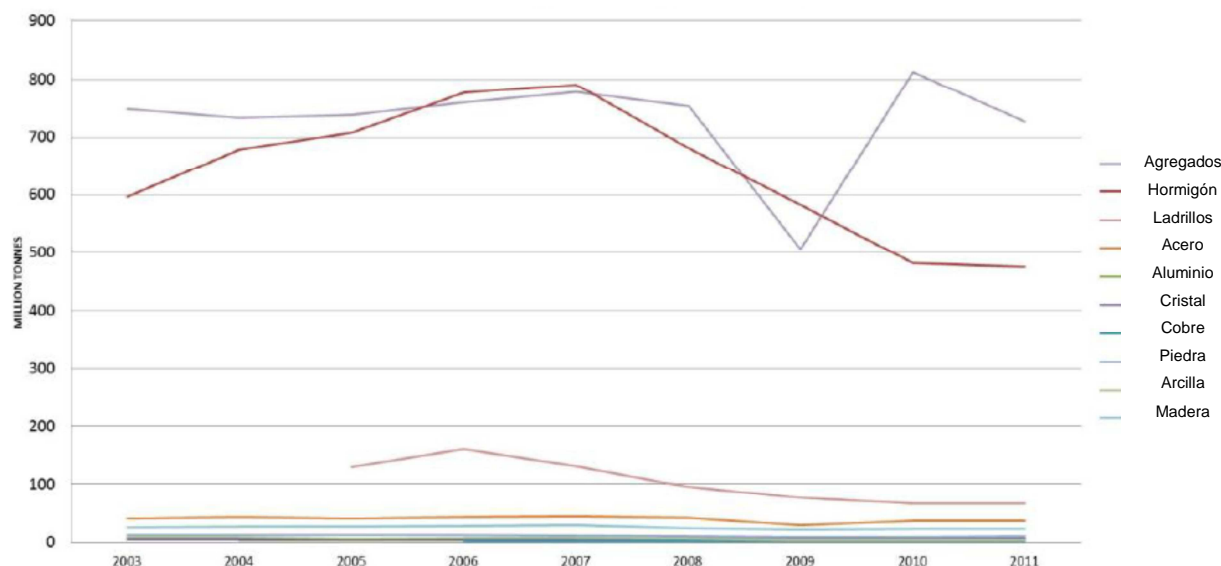


Fig. 2 "Utilización de materiales de construcción para los edificios en la UE-27 (millones de toneladas)" [3]

La Estrategia Europa 2020 realza la importancia de las políticas de eficiencia de recursos en general, mediante el aumento de las tasas de reciclaje con el fin de reducir la demanda de recursos primarios [4]. Dentro de la estrategia, la iniciativa emblemática 4 "Recurso Europa eficiente" subraya la importancia de reducir el uso de recursos en los edificios a saber por [5]:

- Promover los productos de construcción eficientes mediante el uso de materiales reciclados y la reutilización de los materiales existentes;
- Promover una construcción que sea más eficiente en la utilización de los recursos y promover la renovación de los edificios.

En la UE-27, se estima que, en el año 2005, la cantidad de residuos de construcción y demolición (RCD) osciló entre un total de 310 hasta 700 millones de toneladas por año, sin tener en cuenta los residuos de excavación que aumentaría la estimativa [6]. En el año 2008, sólo alrededor del 46% de la RCD residuos generados fue reutilizado o reciclado.

De este breve análisis, está claro que la reducción de las materias primas en el sector de la construcción es uno de los objetivos principales que deberán alcanzarse para reducir los impactos ambientales asociados. Las acciones principales incluirían:

- Reducir el peso de los edificios mediante la sustitución de los actuales sistemas de construcción por sistemas de construcción ligera, a fin de bajar el consumo energético en el transporte y en la construcción;
- Reducir la cantidad de nuevos materiales de construcción, reemplazándolos por materiales reutilizados o reciclados, a fin de evitar la sobreexplotación de los recursos primarios y para reducir los impactos ambientales de la explotación de materiales.

## 2.- Establecer estrategias para reducir los flujos de materiales de construcción

Reducir los impactos ambientales asociados al consumo de materias primas debe ser uno de los principales objetivos de las estrategias de construcción sostenible, junto con la eficiencia energética y el uso eficiente del agua. Estas estrategias se basan en la reducción de los flujos de materiales mediante el cierre de ciclo de los materiales:

- Reducir la cantidad de nuevos materiales utilizados en las actividades de construcción;
- Reducir la cantidad de residuos generados por las actividades de construcción y demolición.

Por lo tanto, la conservación de los recursos no renovables y de los recursos renovables a largo plazo establece un amplio enfoque en los edificios y en los materiales recuperados. Estas opciones de recuperación incluyen la reutilización y el reciclaje como las principales opciones en la gestión de los escenarios de fin de vida útil de los edificios (Fig. 2).

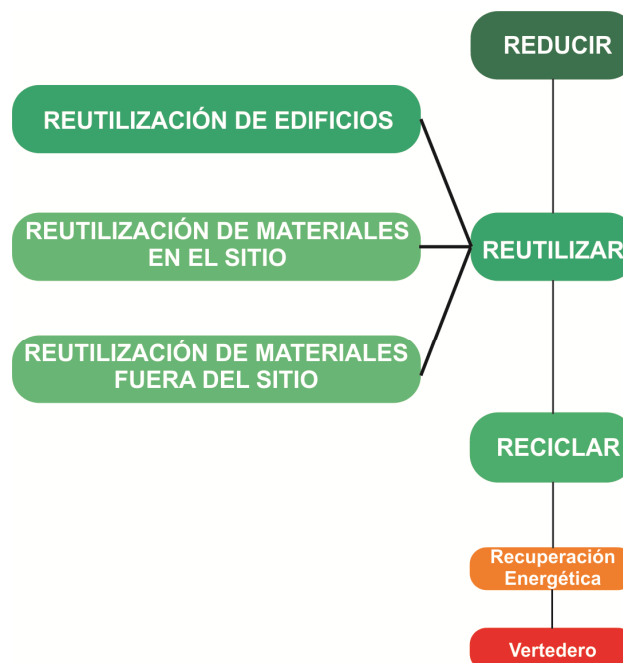


Fig. 2 “Escenarios de fin de vida útil de los edificios”

Con el fin de reducir el consumo de los materiales por la recuperación de materiales de construcción, escenarios y estrategias de reutilización incluirán tanto el nivel del edificio como el nivel de los materiales:

- Promover la reutilización de los edificios mediante la selección de los nuevos usos que pueden encajar en las características espaciales y tipológicas;

- Promover la reutilización en sitio de los materiales de construcción recuperados, reduciendo así los impactos ambientales relacionados con el transporte;
- Aumentar la utilización de materiales de construcción recuperados en la nueva construcción de edificios mediante el establecimiento de una selección de materiales no convencional en el proyecto arquitectónico;
- Poner en práctica un procedimiento de proyecto abierto a fin de ser posible una línea de comunicación entre la obra y el equipo de proyecto, tanto para la reutilización del edificio como para la recuperación de los materiales;
- Definir los métodos y técnicas para identificar los materiales que puedan reutilizarse, reciclarse o eliminarse;
- Establecer las normas técnicas y reglamentarias que pueden apoyar las oportunidades para un nuevo mercado de los materiales de construcción recuperados, cumpliéndose así los objetivos de una economía circular.

### **3.- Reutilización del edificio y reutilización de los materiales en el sitio**

Como se muestra antes, una reducción efectiva de los flujos de materiales de construcción se puede realizar tanto por medio de la reutilización del edificio como por medio de la reutilización de materiales, siendo las principales opciones que deben tomarse antes de la reciclaje de los materiales, de la recuperación energética o de la eliminación en vertederos.

En presencia de un edificio existente, algunas opciones pueden ser tomadas sobre su significado y relevancia (por ejemplo, edificios históricos), su conservación en general y la calidad de sus componentes y materiales. Tal conjunto de opciones integra la conservación del edificio y la adaptación por medio de reutilización o de reconstrucción, o de recuperación de los componentes y de los materiales en función de su disponibilidad para ser reutilizados en el edificio renovado o en un nuevo edificio.

Basado en los criterios ambientales y económicos, la reutilización de los materiales en el sitio es una opción más preferible, reduciendo el suministro de materiales, el transporte de materiales, y costos de almacenamiento y de manejo.

Con el fin de verificar el potencial de reutilización de un edificio y sus componentes y materiales, debe realizarse antes un sondeo al edificio. Por lo tanto, el enfoque de la renovación del edificio existente debe basarse en la identificación de oportunidades de reutilización:

- Capacidad de adaptación del edificio;
- Condición estructural general del edificio;
- Conservación general de fachadas, techos, ventanas, paredes interiores, puertas y materiales de acabado (por ejemplo pavimentos de madera, techos de yeso, morteros, tejas);
- Materiales y componentes que sean posibles para recuperar, tales como los que usan conexiones mecánicas (por ejemplo, conexiones reversibles tales como pernos que permiten una recuperación completa sin procesos de reducción de plantilla adicionales) o aglutinantes ligeros (por ejemplo el uso de morteros de cal permite la separación de los ladrillos);
- Obstáculos a la recuperación de materiales, tales como conexiones no reversibles (por ejemplo, fuertes aglutinantes adhesivos: uso de morteros de cemento en comparación con morteros de cal no permite la separación de ladrillos).

La encuesta completa apoyará el proyecto arquitectónico, ayudando en los procedimientos de toma de decisiones, tanto para la evaluación del proyecto como para la evaluación de los costos.

Potenciales componentes y materiales para reutilización incluyen una amplia gama de elementos de construcción, tales como ventanas y marcos de puertas, azulejos de cerámica, ladrillos de cerámica, vigas de acero y columnas, vigas de madera y columnas y pavimentos de madera. Componentes técnicos tales como eléctrica y el suministro de agua se desechan debido a los requisitos técnicos y de seguridad.

#### **4- El enfoque en la reutilización del edificio: Centro de la Juventud en el Centro Histórico de Oporto, Portugal**

##### **4.1.- Objetivo y metodología**

El objetivo de este estudio es verificar la eficacia de la reutilización de la construcción y la reutilización de los materiales en el sitio, con el fin de demostrar las ventajas ambientales relacionadas con la extensión de vida útil de los materiales de construcción.

Los flujos de materiales se contabilizan a fin de establecer la cantidad de materiales en el edificio existente, la cantidad de materiales que se mantuvieron en el edificio renovado, la cantidad de materiales que se descartaron y la cantidad de nuevos materiales que fueron añadidos.

Después que fueron agregados los flujos de materiales, se utilizaron dos indicadores ambientales: masa incorporada y energía incorporada. El uso de estos indicadores permite entender la cantidad de la masa de materiales que se en comparación con la cantidad de de la masa de materiales que se descarta, como también la reducción de Potencial de Calentamiento Global (GWP) por medio de la reducción de la energía incorporada que es mantenida en los materiales reutilizados después de la renovación del edificio.

Por lo tanto la energía incorporada relacionada con el transporte de nuevos materiales y la construcción se minimizaría como también las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Para verificar este enfoque, un análisis de GWP de un conjunto seleccionado de materiales también se lleva a cabo con el fin de comparar el GWP que se mantiene en el edificio renovado con el GWP de los nuevos materiales usados en la renovación.

##### **4.2.- El edificio existente**

El edificio está situado en el centro histórico de la ciudad de Oporto. La calle de Caldeireiros, donde se encuentra el edificio, es una de las calles más antiguas en el centro histórico, y en el siglo 19 un nuevo conjunto de edificios reemplazó las antiguas estructuras, creando un nuevo tipo de trama urbana. Su extensa longitud, en proporción con su anchura, caracteriza a esta trama urbana (Fig. 3 y 4).

El sistema estructural original se caracteriza por muros de piedra estructurales que soportan la estructura de madera de los pisos y techos. Las paredes interiores fueron construidas con madera y yeso. También las aceras, escaleras, ventanas y puertas exteriores e interiores estaban hechas de madera. Las tejas cerámicas cubren toda la cubierta. La adición superior fue construida con una estructura de madera y las adiciones del patio trasero, más reciente, fueron construidas con hormigón y ladrillos cerámicos.

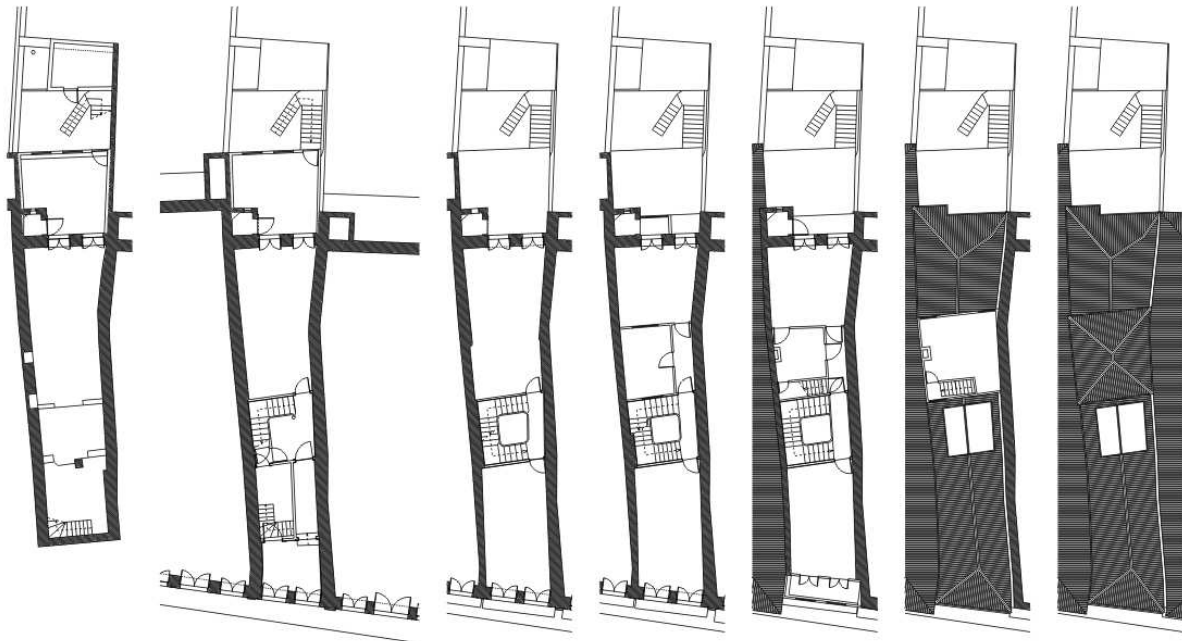


Fig. 3 “Edificio existente: planes (Sur / Norte orientado)”.

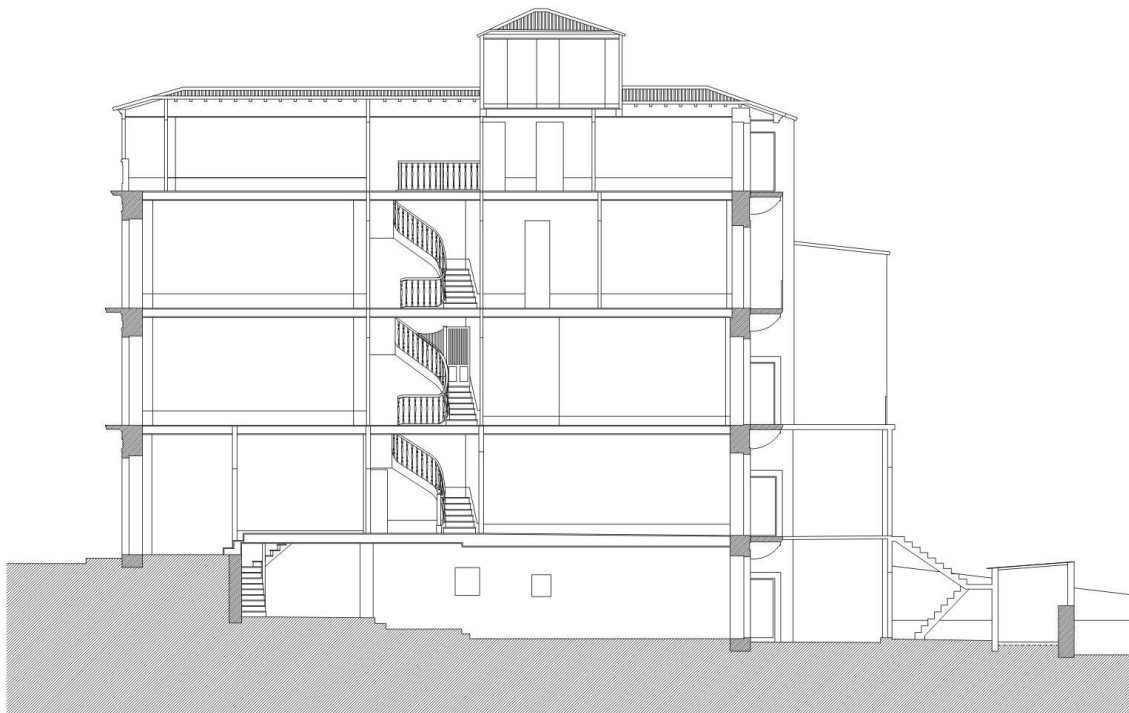


Fig. 4 “Edificio existente: sección longitudinal”.

#### 4.3.- El edificio renovado: los procesos de proyecto y construcción

Para el proyecto arquitectónico se fijaron dos objetivos principales (Fig. 5): preservar la tipología del edificio original; reducir el impacto ambiental de los flujos de materiales de construcción.

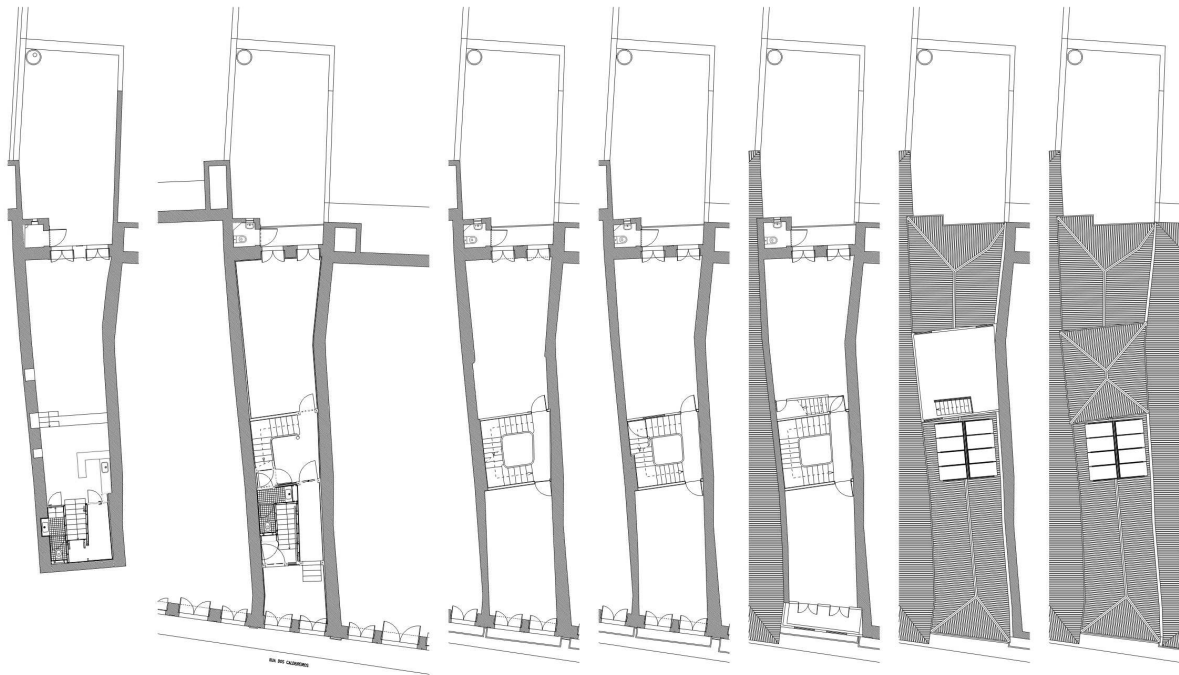


Fig. 5 “Edificio renovado: planes (orientado al sur/norte)”.

La metodología de proyecto aplicada se basa en un enfoque de la deconstrucción: paso a paso, las partes no deseadas o dañadas fueron retirados sin dañar otros elementos, y se realizaron acciones de inspección a los elementos críticos, como las estructuras de madera de los pisos y techos. Estos procedimientos tornaran posible obtener una visión detallada del estado de conservación del edificio, dando información adicional al equipo de proyecto con el fin de ajustar las soluciones tecnológicas aplicadas.

Durante el estudio, se detectaron algunos daños, principalmente debido a la infiltración de agua a través de los tejados. Algunas vigas de los techos estaban parcialmente dañadas debido a infiltraciones de agua en la superficie de unión de los azulejos con las paredes de piedra. Algunas vigas la tercera planta resultaron dañadas debido a un pequeño fuego. Los marcos de ventanas y puertas en la fachada sur estaban muy dañados como consecuencia de los agentes climáticos, como la luz del sol, la lluvia y el viento. Los marcos de ventanas y puertas en la fachada norte estaban bastante bien conservados.

Una combinación de demolición seleccionada (Fig. 6 y 7), de mantenimiento, y acciones de reparación fue necesaria con el fin de mejorar las piezas reutilizadas, tales como estructura de pisos y techos, pavimentos de madera, ventanas y marcos de puertas, azulejos cerámicos, techos de yeso y morteros de yeso.



Fig. 6 Fachadas Norte y Sur: (a) antes y (b) después de la renovación.



Fig. 7 “Escalera: (a) durante el proceso de deconstrucción y (b) después de la renovación”.

#### 4.4.- Resultados y discusión

Con el fin de verificar el desempeño ambiental de la reutilización del edificio de los materiales de construcción, se llevó a cabo un análisis de los flujos relacionados con la masa incorporada y con la energía incorporada, para todo el edificio, antes y después de la renovación, así como también un análisis del GWP de los principales materiales que fueron reutilizados y los principales nuevos materiales que se añadieron durante la renovación.

Antes del análisis, un primer paso fue hacer un inventario del peso de la edificación existente, de los residuos de la deconstrucción, de los materiales reutilizados, de los nuevos materiales y del edificio renovado (Tabla 1).



Materiales	Existente		Residuos		Reutilizados		Nuevos		Renovado		
	EE coeficiente	Peso	EE	Peso	EE	Peso	EE	Peso	EE	Peso	EE
	MJ/kg	kg	MJ	kg	MJ	kg	MJ	kg	MJ	kg	MJ
Ladrillo	3.0 <sup>(2)</sup>	1881	5643	1881	5643	0	0	0	0	0	0
Moqueta	72.4 <sup>(1)</sup>	23	1665	23	1665	0	0	0	0	0	0
Mortero de cemento	2.0 <sup>(1)</sup>	26,375	52,750	24,042	48,084	2333	4666	33,220	66,440	35,553	71,106
Hormigón	1.3 <sup>(1)</sup>	23,640	30,732	23,640	30,732	0	0	1968	2558	1968	2558
Cristal	15.9 <sup>(1)</sup>	4175	66,383	2600	41,340	1575	25,403	2575	40,943	4150	65,985
Azulejos (antiguos)	8.0 <sup>(2)</sup>	403	3224	0	0	403	3224	0	0	403	3224
Azulejos (modernos)	8.0 <sup>(2)</sup>	225	1800	225	1800	0	0	208	1664	208	1664
Gravilla	0.1 <sup>(1)</sup>	0	0	0	0	0	0	42,858	4286	42,858	4286
Cartonyeso	6.1 <sup>(1)</sup>	0	0	0	0	0	0	1539	9388	1539	9388
Mortero de cal	1.0 <sup>(2)</sup>	41,626	41,626	14,353	14,353	27,273	27,273	0	0	27,273	27,273
Linóleo	116.0 <sup>(1)</sup>	34	3944	34	3944	0	0	0	0	0	0
Pintura	88.5 <sup>(1)</sup>	1480	130,980	1480	130,980	0	0	1296	114,696	1296	114,696
Yeso	4.5 <sup>(1)</sup>	5850	26,325	4177	18,797	1673	7529	0	0	3034	13,653
Chapas de madera	10.4 <sup>(1)</sup>	0	0	0	0	0	0	636	6614	636	6614
Tejas	3.0 <sup>(2)</sup>	4067	12,201	4067	12,201	0	0	4067	12,201	4067	12,201
Arena	0.1 <sup>(1)</sup>	0	0	0	0	0	0	3744	374	3744	374
Acero (estructural)	35.0 <sup>(1)</sup>	166	5810	166	5810	0	0	1243	43,505	1243	43,505
Piedra	0.8 <sup>(1)</sup>	3456	2730	0	0	3456	2730	10,395	8212	13,851	10,942
Piedra (estructural)	0.8 <sup>(1)</sup>	1,412,208	1,115,644	0	0	1,412,208	1,115,644	00	0	1,412,208	1,115,644
Madera (dura)	2.0 <sup>(1)</sup>	20,160	40,320	1524	3048	18,636	37,272	816	13,010	19,452	38,904
Madera (blanda)	9.0 <sup>(1)</sup>	24,570	221,130	16,638	149,742	7932	71,388	6198	55,782	14,130	127,710
Barniz	88.5 <sup>(1)</sup>	115	10,178	115	10,178	0	0	147	13,010	147	13,010
XPS (aislamiento)	72.0 <sup>(2)</sup>	0	0	0	0	0	0	121	8712	121	8712
<b>Total</b>		<b>1,570,454</b>	<b>1,773,085</b>	<b>94,965</b>	<b>478,316</b>	<b>1,475,489</b>	<b>1,294,796</b>	<b>111,031</b>	<b>390,017</b>	<b>1,587,881</b>	<b>1,690,910</b>

(1) [8]

(2) [9]

Tabla 1 "Análisis de flujos de los materiales y de la energía incorporada"

El resultado de este análisis muestra que los valores iniciales y finales para el peso global son sólo ligeramente diferentes, pasando de 1.570.454 kg para 1.587.881 kg. Este pequeño aumento se debe a la gran cantidad de los materiales reutilizados, y al peso ligero de los nuevos materiales añadidos.

La elevada masa y dimensiones del entorno del edificio y su conservación, resultan en una gran cantidad de materiales reutilizados.

El resultado relacionado con la energía incorporada muestra una reducción del valor inicial de 1.773.085 MJ para 1.587.881 MJ. Este resultado se justifica por la elevada energía incorporada de los residuos, que incluye materiales como el hormigón, ladrillos de cerámica, moquetas y linóleo.

Cuatro indicadores específicos están definidos, la masa incorporada total/m<sup>2</sup> = EM/CA, la energía incorporada total/m<sup>2</sup> = EE/CA, masa incorporada de materiales reutilizados/m<sup>2</sup> = MR/CA, y la energía incorporada de los materiales reutilizados/m<sup>2</sup> = EMR/CA.

Además dos indicadores relativos están definidos y expresados en %: masa incorporada de materiales reutilizados dividida por el total de masa incorporado x 100% = (MR/EM) x 100%, y la energía incorporada de los materiales reutilizados dividido por el total de energía incorporada x 100% = (EMR/EE) x 100%.

Los indicadores muestran un aumento del valor de la masa incorporada por metro cuadrado de 5621 kg/m<sup>2</sup> para 6137 kg/m<sup>2</sup> debido a la reducción del área de la construcción después de la rehabilitación del edificio. El valor de la energía incorporada por metro cuadrado también muestra un aumento de 6.346 MJ/m<sup>2</sup> a 6535 MJ/m<sup>2</sup>.

Este análisis mostró que era posible mantener 93% de materiales reutilizados sobre el total de masa incorporada (EM) del edificio renovado y 77% de la energía incorporada en materiales reutilizados sobre el total de energía incorporada del edificio renovado (Tabla 2).

Indicador	Unidad	Edificio Existente	Edificio Renovado
Área de Construcción (CA)	m <sup>2</sup>	279	259
Masa Incorporada (EM)	kg	1,570,454	1,587,881
EM/CA	kg/m <sup>2</sup>	5621	6137
Energía Incorporada (EE)	MJ	1,773,085	1,690,910
EE/CA	MJ/m <sup>2</sup>	6346	6535
Reutilización de Materiales (MR)	Kg	-	1,475,489
Energía Incorporada en MR (EMR)	MJ	-	1,294,769
MR/CA	kg/m <sup>2</sup>	-	5703
EMR/CA	MJ/m <sup>2</sup>	-	5004
Residuos de Deconstrucción (DW)	kg	-	94,965
Energía Incorporada en DW (EDW)	MJ	-	478,316
DW/CA	kg/m <sup>2</sup>	-	367
EDW/CA	MJ/m <sup>2</sup>	-	1849
MR/EM	%	-	93
EMR/EE	%	-	77

Tabla 2 “Análisis de los flujos de materiales y de energía incorporada”

Por último, se realizó un análisis del potencial de calentamiento global con el fin de verificar la mitigación de este impacto ambiental cuando son reutilizados los materiales. Por lo tanto el GWP de los principales materiales reutilizados era 15.978,66 kg CO<sub>2</sub> eq. y 4.791,86 kg CO<sub>2</sub> eq. para los nuevos materiales (Tabla 3). El aumento se debe a la utilización de perfiles de acero en nuevos elementos estructurales, a la utilización de nuevas tejas de cerámica y a la utilización de paneles de aislamiento de poliestireno extrudido en el tejado, materiales que tienen un alto impacto ambiental en la fase de producción debido a las emisiones de CO<sub>2</sub>. Los nuevos materiales representan 23% de la estimación de GWP de los materiales seleccionados, mientras representan sólo el 1,5% del peso total.

Materiales	Peso Materiales reutilizados	Peso Nuevos materiales	Densidad	Total Materiales reutilizados	Total Nuevos materiales	GWP Coeficiente	GWP Materiales reutilizados	GWP Nuevos materiales
	kg	kg	kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	kg CO <sub>2</sub> eq./m <sup>3</sup>	kg CO <sub>2</sub> eq.	kg CO <sub>2</sub> eq.
Tejas	-	4067	1600 <sup>(1)</sup>	-	2,54	535.5 <sup>(2)</sup>	-	1361.17
Acero (estructural)	-	1243	61,300 <sup>(1)</sup>	-	0,02	73,560 <sup>(3)</sup>	-	41280.58
Piedra	3456	10,395	2667 <sup>(1)</sup>	1.30	3.90	26 <sup>(4)</sup>	33,69	101.34
Piedra (estructural)	1,412,208	0	2667 <sup>(1)</sup>	529.51	-	26 <sup>(4)</sup>	13767,31	-
Madera (dura)	18,636	816	760 <sup>(1)</sup>	24.52	1.07	57.7 <sup>(4)</sup>	1414,86	61.95
Madera (blanda)	7932	6198	600 <sup>(1)</sup>	13.22	10.33	57.7 <sup>(4)</sup>	762,79	596.04
XPS (aislamiento)	-	121	35 <sup>(1)</sup>	-	3.46	341.25 <sup>(2)</sup>	-	1179.75
<b>Total</b>	<b>1442232</b>	<b>22840</b>		<b>568.55</b>	<b>28.95</b>		<b>15978.66</b>	<b>4791.86</b>
Total de GWP para los materiales seleccionados después de la renovación (kg CO <sub>2</sub> eq.)								<b>20770.5</b>
								<b>1</b>

(1) [10]

(2) [11]

(3) Calculated from [12]

(4) [8]

Tabla 3 “Análisis del Potencial de Calentamiento Global para los materiales seleccionados después de la renovación del edificio”.

#### 4.- Conclusiones

Estrategias de reutilización deben ser considerados antes de cualquier renovación de construcción o demolición como las opciones más sostenibles con el fin de cerrar ciclo de los materiales. Prácticas de reutilización cubren el marco de desarrollo sostenible, que contribuye a las dimensiones ambientales, económicas y sociales.

En la dimensión ambiental, la reutilización del edificio y la reutilización de materiales son más eficaces que las opciones de reciclaje: la reutilización del edificio evita nuevo uso del suelo, y la reutilización de materiales en el sitio reducen el consumo de energía relacionado con trabajos de demolición, transporte de materiales, procesamiento de materiales y disposición de residuos. Por lo tanto, los impactos ambientales asociados se reducen de manera efectiva, sobre todo el calentamiento global.

En la dimensión económica, la reutilización del edificio permite ahorrar costos en la adquisición de nuevos terrenos y la reutilización de materiales en el sitio permite reducir los costos de adquisición de nuevos materiales de construcción. Los materiales no reutilizados en el sitio pueden ser reutilizados en otro sitio por medio de un innovador mercado de materiales recuperados.

Por último, en la dimensión social, en particular en la reutilización de edificios históricos, las referencias culturales se mantienen, tanto para el patrimonio material (por ejemplo, sitio y significación arquitectónica) y para el patrimonio inmaterial (por ejemplo, materiales antiguos y técnicas de construcción).

Sin embargo, los edificios tradicionales y actuales no fueron y no están diseñados para fines de deconstrucción. Por lo tanto, la reutilización de edificios y materiales se enfrenta a varios obstáculos que comprenden no sólo el estado general de conservación del edificio y la viabilidad mecánica de los materiales recuperados, sino también la posibilidad de su recuperación, y el intenso labor manual que se

necesita para la demolición seleccionada y para la recuperación y tratamiento de los materiales. Además, el desarrollo de normas para la reutilización de materiales recuperados es de suma importancia para apoyar una economía circular eficaz.

La reutilización de edificios y materiales de construcción eran opciones arquitectónicas comunes a lo largo de los siglos. Los edificios existentes se han adaptado a los nuevos usos y necesidades. También los materiales de edificios demolidos se han utilizado con frecuencia en las nuevas construcciones, sobre todo los que tenían un trabajo intensivo en su extracción, como la mampostería de piedra. Estas prácticas que habían caído en desuso por una sociedad impulsada por el crecimiento del consumo de nuevos productos, surgen ahora como parte de las soluciones principales para disminuir la explotación de recursos primarios y reducir los impactos ambientales asociados.

## REFERENCIAS

- [1] World Wild Fund (2014). Living Planet Report 2014. World Wild Fund International, Gland.
- [2] Storey J. (2008). An international overview of construction materials stewardship. In J. Storey (Ed), Construction Materials Stewardship – The Status Quo in Selected Countries, p. 6-9. Centre For Building Performance Research, Victoria.
- [3] DG Environment. (2014). Resource efficiency in the building sector. Ecorys, Rotterdam.
- [4] European Commission. (2011). A resource-efficient Europe – Flagship initiative under the Europe 2020 Strategy. COM(211) 21.
- [5] European Commission. (2014). On resource efficiency opportunities in the building sector. COM(2014) 445 final.
- [6] European Commission. (2011). Final Report Task 2 – Management of C&D waste. Bio Intelligence Service, Paris.
- [7] Amoêda, R. & Pinheiro, C. (2008). Building deconstruction and building heritage preservation: A case study at Porto's World heritage historical centre. In G. Foliente et al. (Eds), Proceedings of the 2008 World Sustainable Building Conference, p. 569-576. CSIRO, Melbourne.
- [8] Berg, B. (2009). Ecology of Building Materials. Architectural Press, Oxford.
- [9] CBPR (2007). Embodied Energy Coefficients. Centre for building Performance Research, Victoria University of Wellington, New Zealand. <http://www.vuw.ac/cbpr/documents/pdfs/ee-coefficients.pdf>.
- [10] Amoêda, R. (2010). Design for Deconstruction: Energy approach to Evaluate Deconstruction Effectiveness. Universidade do Minho, Guimarães.
- [11] Bragança, L. & Mateus, R. (2011). Avaliação do Ciclo de Vida dos Edifícios – Impacte Ambiental de Soluções Construtivas. iiSBE Portugal, Guimarães.
- [12] World Steel Association (2011). Life Cycle Assessment Methodology Report. World Steel Association, Brussels.