

## CAPÍTULO 9

# **EL SISTEMA DE GESTIÓN SEGÚN EL CIERRE DEL CICLO DE LOS MATERIALES**



Viviendas modulares a partir del reciclaje de contenedores de transporte.  
Modelo Sioux Habitanier, consulta en línea 07/2008  
[www.habitainer.net/](http://www.habitainer.net/)



Oficinas modulares a partir de construcción modular temporal  
Sistema Progress de Algeco, consulta en línea, 07/2008  
[www.algeco.es/](http://www.algeco.es/)

## 9.1 Planteamiento

Este capítulo está dedicado a estudiar y determinar aquellas características de los sistemas industrial y comercial que resulten necesarias para la gestión de módulos de vivienda en alquiler y otras modalidades que permiten el mantenimiento de los recursos empleados en el sistema técnico industrial<sup>1</sup>, dentro de las limitaciones del cierre del ciclo de los materiales. Abordará las verificaciones de las características técnicas de los materiales, especialmente la reciclabilidad o renovabilidad, tenidas en cuenta en el capítulo anterior.

Respecto de las características del sistema de fabricación es importante observar que la configuración material de esos módulos ha sido realizada bajo el supuesto de que cada material o componente de fabricación que llega a fábrica es de origen reciclado o renovable. De la misma manera y a la finalización de la vida útil de los módulos se ha supuesto que ellos regresan a fábrica, ya que se trata de unidades alquiladas cuya titularidad mantiene la empresa fabricante. Un vez allí son desmontados y separados sus materiales. Cuando ya no es posible su reutilización o rehabilitación, ni total ni parcial, el máximo posible de recursos, un 95% respecto del peso de los materiales empleados según se ha estimado, se reutilizan, rehabilitan o son entregados a recicladores para asegurar que continuarán dentro del sistema técnico industrial convirtiéndose en materias primas.

Este flujo de ingresos y egresos de recursos de la fábrica es el que asegura que el sistema, que naturalmente depende de una elección de materiales reciclados y reciclables previa, pueda cerrar sus ciclos. Deberá entonces ser verificado para comprobar su viabilidad técnica, tal como se ha hecho hasta ahora en el desarrollo de esta investigación, teniendo como referencia las posibilidades del mercado en la actualidad. Haciendo abstracción de la localización, es decir considerando que las diferentes técnicas, materiales, productos, etc., seleccionados podrían estar presentes algún día en casi cualquier sitio, se trabajará como si se dispusiera de la mejor tecnología existente en el mercado local.

Se verificarán entonces los supuestos tenidos en cuenta durante el estudio de los materiales que componen los módulos y el edificio modular optimizado, respecto del contenido de materia reciclada, la generación de residuos a lo largo del ciclo de vida y la reciclabilidad de los recursos una vez finalizada la vida útil.

Tomando como base al conjunto de materiales de mayor repercusión ambiental (los 15 materiales que superan el 1% del total en peso, energía o emisiones de efecto invernadero, que en conjunto suponen el 96% del peso total del edificio), se establecerá para cada uno de ellos las condiciones de provisión, montaje, desmontaje y tratamiento final asegurando de esta manera su origen reciclado, su gestión para el reciclaje y su reciclado efectivo.

En síntesis, esta verificación de los supuestos relacionados con el sistema industrial consiste en desarrollar los siguientes puntos:

- Las condiciones de los materiales de construcción al comienzo de su vida útil (ingresos al sistema), mediante el estudio de recursos entrantes, proveedores de materiales y gestión.
- Las condiciones de los materiales de construcción al final de su vida útil (egresos del sistema), mediante el estudio de recursos salientes, recicladores de materiales y gestión.
- Los residuos y sus posibilidades de reciclaje durante el proceso de fabricación y de alquiler (eficiencia del sistema). Estudio de flujos materiales en una fábrica de módulos.
- El flujo de materiales resultante, balance de masas y evaluación del cierre de ciclos.

Los supuestos respecto de los materiales del sistema modular optimizado necesitan de un sistema industrial que haga posible su gestión y ambos necesitan, a su vez, de un sistema comercial que asegure los flujos de ida y vuelta de los módulos entre la fábrica, el emplazamiento y nuevamente la fábrica sin que se produzcan mermas.

Dicho de otra manera, para asegurar el nivel de cierre de los ciclos materiales que ha sido determinado en el capítulo anterior (un 95% respecto del peso de los materiales empleados) es necesario disponer de: a) un sistema constructivo modular realizado con materiales reciclados y reciclables, b) un sistema industrial que permita tanto la fabricación como el desmontaje completos para el reciclaje y c) un sistema comercial que garantice el retorno de las unidades a fábrica, basado en el alquiler en lugar de la venta.

De tal forma y aunque *a priori* pudiera parecer un elemento ajeno a la consideración del cierre de ciclos, también deberán estudiarse las condiciones que debería cumplir el sistema comercial de edificios de alquiler basados en unidades modulares removibles. Para que éste funcione necesita, como cualquier otra actividad económica, de una demanda o necesidad y una oferta o provisión de servicio.

En el contexto local, el mercado español, posiblemente no se pueda hablar de la existencia de demanda y oferta de este tipo de edificios, más que en unos pocos casos singulares. El sector de la construcción modular, excepto algunos casos aislados como los que representan las empresas Compact Habit y Habidite que emplean el hormigón armado como material base<sup>2</sup> o las empresas Modultec, Drace y Algeco que emplean el acero como material base<sup>3</sup> entre otras, con los que se realizan edificios permanentes que no obstante pueden llegar a desmontarse y regresar a fábrica, está dominado no obstante por las empresas que comercializan módulos ligeros destinados a edificación temporal. Se trata de fábricas de unidades de alquiler y también de venta que se emplean en aularios, oficinas y comedores provisorios, casetas de obra, equipamiento para ferias y fiestas patronales, etc.,



Sistema constructivo modular de alquiler y venta.  
ALCO, consulta en línea, 07/2008 /www.alcogrupos.es



Sistema constructivo modular realizado en madera.

die.Modulfabrik de KLH, consulta en línea 07/2008  
[www.diemodulfabrik.at](http://www.diemodulfabrik.at)

que no están diseñadas para un uso prolongado como el que supondría una vida útil de 50 años, ni tampoco para cumplir las exigencias técnicas necesarias en caso de ser habitadas permanentemente ya que en tal caso la durabilidad de los materiales, el aislamiento térmico y acústico, la adaptabilidad a diferentes tipos de instalaciones y equipamiento, entre otros factores, deberían ser revisados. En esta variante de construcción modular que predomina en el mercado se encuentra la mayoría de las empresas del sector (Wiron, Washington Internacional, Alco, Balat, K2, las divisiones de construcción temporal de Drace, Algeco, Modultec, etc.).

La situación del sector en otros países europeos presenta una realidad diferente e incluso algunas singularidades de interés para esta investigación. Reino Unido, Alemania, Holanda, Suiza y Austria entre otros países, tienen una mayor tradición en la utilización de sistemas constructivos prefabricados y, entre ellos, específicamente en los ligeros y modulares. La construcción modular, además de poseer un tamaño relevante respecto del sector de la construcción en general<sup>4</sup> tiene capacidad de producir estudios de evolución ambiental de su sector [Ove Arup 2005] e incluye empresas que fabrican edificios modulares desmontables con calidad de habitación permanente que, además, pueden alquilarse. Es el caso de las empresas Bauart Architekten con su sistema Zuri-Modular y ERNE con su sistema Modultech (ambas de Suiza), o Spacebox (Holanda), Yorkon (en Reino Unido), die.Modulfabrik (en Austria) ya reseñadas en el capítulo 5, que presentan unas condiciones de comercialización muy próximas a los supuestos de este capítulo. Se estudiarán los modos de gestión que han hecho posible estas experiencias, a efectos de determinar cuáles son las condiciones que aseguran su funcionamiento y cuáles pueden ser sus ventajas respecto de la gestión comercial convencional, es decir la venta de la vivienda basada en la edificación convencional. Todo ello comprende los siguientes puntos:

- Características de la demanda de edificación modular desmontable de alquiler de calidad de habitación permanente y cuál es su tendencia.
- Cuáles son las ventajas comparativas del sistema de alquiler de edificios desmontables respecto de las alternativas convencionales y cómo pueden explotarse.
- Cuáles son las claves o cambios a producir en el sistema comercial para favorecer un servicio de habitabilidad que incluya los costes ambientales.

Finalmente se realizaran unas conclusiones, propias del capítulo, con el objeto de sintetizar en pocos puntos los resultados del análisis del sistema industrial y comercial.



## 9.2 El ámbito industrial

### La gestión industrial convencional

La mayoría de las empresas dedicadas a la construcción modular tridimensional ligera en España basan su sistema constructivo en una estructura de perfiles de acero, forjado ligero (tablero de madera sobre chapa plegada) o pesado (losa de hormigón embebida), cerramientos verticales de panel de acero lacado con núcleo de espuma de poliuretano, y cubierta de chapa de acero galvanizado con aislamiento térmico de lana de vidrio. Las carpinterías suelen ser de aluminio y los pavimentos de losetas de PVC. El material predominante es el acero, seguido por los plásticos y otros metales [Ormo 1999].

Los módulos, de 2,44 x 6,00 x 2,60 m de altura en promedio, se venden o se alquilan en proporciones similares, utilizándose como unidades aisladas o bien formando edificios de una, dos y tres plantas. Las calidades de la construcción respecto de la durabilidad o la habitabilidad frecuentemente se encuentran por debajo de los estándares de la construcción convencional. Este sistema constructivo modular, por tanto, no es comparable a los estudiados en el capítulo 7 (hormigón, acero y madera) ya que aquellos estaban destinados a edificación permanente aunque su análisis resulta de interés porque se trata de la alternativa predominante en el mercado local. Tanto la fabricación como el mantenimiento, en la modalidad del alquiler, se realizan bajo los parámetros de producción convencionales de la industria y no es habitual ninguna consideración ambiental en ellos.

A efectos de poder conocer los flujos materiales y de energía que intervienen en la fabricación y el mantenimiento, así como poder realizar una evaluación ambiental, se ha contactado con una empresa que ha facilitado la información industrial necesaria y que se mencionará en adelante como la empresa modular para mantener el anonimato que ha solicitado. Se dispone de esta manera de datos sobre el sistema de fabricación, provenientes de una planta de producción ubicada en Castilla y León, y de datos del sistema alquiler, provenientes de un parque de acopio y acondicionamiento ubicado en Cataluña. La información, que se encuentra en forma completa en el Anexo 9, está referida a totales anuales de 2002, un lapso de tiempo que permite la ponderación global del sistema.

El análisis ambiental abarca las fases de fabricación y alquiler ofreciendo información sobre flujos de materiales, residuos y energía asociados a la producción y la utilización de los módulos, permitiendo componer finalmente un ciclo de vida reducido que permite evaluar la incidencia relativa de las distintas fases y determinar los principales problemas ambientales.



Edificio temporal de ampliación de servicios en la ciudad sanitaria de la Vall d'Hebron, Barcelona, realizado con módulos ligeros de fabricación española.

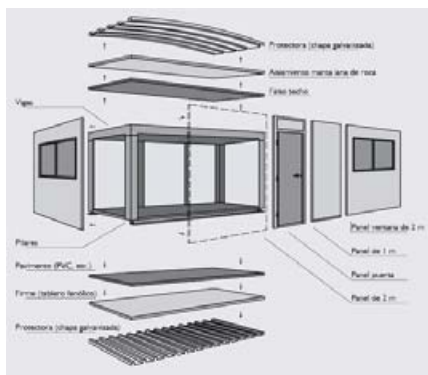
### Fabricación

La superficie de espacios modulares fabricados es de 80.415m<sup>2</sup>, que corresponden a 5.361 unidades de 15 m<sup>2</sup>, es decir al módulo de 20 pies que es dominante en el mercado. La tabla muestra los materiales de fabricación que han ingresado a la planta, así como su repercusión en peso, energía y emisiones por metro cuadrado. El cuadro muestra valores de las dos versiones del módulo que se comercializan, con forjado de madera y chapa plegada (140,33 Kg/m<sup>2</sup>) y con forjado de hormigón armado (340,33 Kg/m<sup>2</sup>).

#### Materiales de fabricación

Materiales (ingresos)	total kg	kg/m <sup>2</sup>	MJ/kj	MJ/m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /kg	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
acero, diversos tipos	8.000.000	99,48	35,00	3481,94	2,80	278,55
vidrio	124.800	1,55	19,90	30,88	0,94	1,46
pintura epoxi poliuretano imprimación	25.000	0,31	100,00	31,09	14,76	4,59
pintura poliuretano acabado	25.000	0,31	100,00	31,09	14,76	4,59
lana de vidrio	880.000	10,94	22,00	240,75	1,65	18,06
espuma de poliuretano	50.000	0,62	70,00	43,52	10,33	6,42
tablero aglomerado hidrófugo	1.824.000	22,68	25,80	585,20	1,53	34,70
pavimento PVC	52.800	0,66	70,00	45,96	10,33	6,78
adhesivo para pavimento	24.000	0,30	45,00	13,43	6,64	1,98
perfilería de aluminio para puertas	78.125	0,97	205,00	199,16	30,14	29,28
hojas de puertas de acero	906.900	11,28	35,00	394,72	2,80	31,58
selladora de silicona	9.625	0,12	20,00	2,39	2,95	0,35
cables eléctricos (PVC)	4.400	0,05	70,00	3,83	10,33	0,57
cables eléctricos (Cobre)	3.600	0,04	150,00	6,72	14,70	0,66
<b>Subtotal (con forjado ligero)</b>		<b>149,33</b>		<b>5.110,69</b>		<b>419,57</b>
hormigón armado losa		192,00	2,02	386,88	0,16	30,72
chapa colaborante losa		15,70	39,90	626,43	3,91	61,39
(-) tablero aglomerado hidrófugo		11,34	25,80	-292,60	1,53	-17,35
<b>Total (con forjado pesado)</b>		<b>341,33</b>		<b>5.831,40</b>		<b>494,33</b>

Debido a dificultades en recabar la información no todos los materiales están completamente representados, por lo que los valores finales pueden ser algo más bajos que los reales. No obstante, permiten apreciar que a pesar del bajo peso del sistema su repercusión en energía y emisiones no resulta significativamente menor que el sistema convencional estudiado en el capítulo 7 (5.380,28 MJ/m<sup>2</sup> y 600,49 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>), cuya configuración sí cumple las exigencias normativas de habitabilidad de una vivienda.



Despiece y detalle de cerramiento de los módulos tridimensionales estándar que se utilizan en edificios temporales. El sistema constructivo, con ligeras variantes, es compartido por diversas marcas y patentes. Dibujo: ALCO. Foto: Ormo.

Los materiales intensivos en energía y emisiones (sólo el acero representa el 75% de la energía incorporada de los materiales) predominan en este sistema. Otro aspecto a destacar es el aumento de masa que implica incorporar el forjado pesado, habitualmente para evitar vibraciones o el sonido a hueco del suelo, que dobla el peso a transportar e izar.

De acuerdo con los datos proporcionados por la planta el gasto de energía de fabricación se reparte entre electricidad, gas propano y gasoil, empleados en la fuerza motriz de maquinaria, usos térmicos y vehículos y grúas de utilización interna respectivamente.

### Energía final de fabricación

Energía (ingresos)		MJ	MJ/m <sup>2</sup>	%	KgCO <sub>2</sub>	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	%
electricidad	45275 KWh	162990	2,03	1,7%	29338	0,36	4,8%
gas propano*	200000 kg	9000000	111,92	92,3%	540000	6,72	88,6%
gasoil	15000 l	585000	7,27	6,0%	39900	0,50	6,5%
<b>Total</b>		<b>9747990</b>	<b>121,22</b>		<b>609238</b>	<b>7,58</b>	

\* 50MJ/kg con recuperación de calor. Se adopta 45MJ/kg

La fuente energética más utilizada es el gas propano, dada la importancia de usos térmicos como hornos de pintura y otras aplicaciones respecto de máquinas y vehículos. Cuando la energía es convertida a emisiones crece la electricidad (de 1,7 a 4,85%) debido a la baja eficiencia en la generación.

La contabilización de los residuos sólo ha podido segregarse en tres fracciones genéricas y no ha podido determinarse si entre la fracción de los metales, posiblemente la que mejores posibilidades de separación selectiva presenta, se cuentan algunos que son destinados al reciclaje en lugar del vertido.

### Residuos de fabricación

Residuos (egresos)	total kg	kg/m <sup>2</sup>
metales (acero y otros)	200.000	2,49
varios (plásticos, madera, otros)	175.000	2,18
especiales (tóxicos)	20.000	0,25
<b>Total</b>	<b>395.000</b>	<b>4,91</b>

Porcentaje sobre total materiales 3,3%

El porcentaje relativo de residuos respecto del total de materiales empleados (3,3%) es elocuente. Se aleja del 1,5-1,8% considerado en la evaluación de los sistemas prefabricados del capítulo 7 (basados en estadísticas inglesas) y se aproxima a los valores de la construcción convencional (alrededor del 5%).



Las fases de producción: montaje del bastidor de perfiles de acero, instalación de paneles de cerramiento y acabados, acopio y posteriormente transporte.



### Alquiler

Los módulos de alquiler se destinan a edificios temporales de escuelas, oficinas, hospitales, etc., y a casetas de obra, sanitarios, servicios, etc. cuando se utilizan en forma aislada. Su vida útil es de 20 años y en ella regresan hasta 5 veces al parque para ser rehabilitados o adaptados a un nuevo uso. También se realiza mantenimiento en el emplazamiento.

#### Datos generales del alquiler

Flujo de superficies	cantidad	superficie [m <sup>2</sup> ]	%
stock de unidades (15 m <sup>2</sup> ) en alquiler	1.740	26.100	100,0%
unidades entradas al parque	75	1.125	4,3%
unidades salidas del parque	85	1.275	4,9%
unidades incorporadas al sistema (nuevas)	10	150	0,6%
unidades descartadas*	30	450	1,7%

\* Que acabaron su vida útil, en algunos casos debido a falta de mantenimiento

La rotación de unidades es relativamente baja, menos de un 5% del stock entra o sale en un año. La incorporación de nuevas unidades (10), en este caso no cubre el déficit de módulos fuera de servicio (30) ya que ello depende de la demanda de superficie del alquiler (en otro año puede ser distinto).

El mantenimiento y adaptación de módulos en alquiler consiste en la incorporación o reposición de paneles de cerramiento, la sustitución de cristales, el repintado y la renovación de pavimentos.

#### Materiales adquiridos para mantenimiento y adaptación

Materiales nuevos (ingresos)	kg	s/stock [kg/m <sup>2</sup> ]	MJ/kj	MJ/m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /kg	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
Acero	21,00	0,0008	35,00	0,03	2,80	0,002
Vidrio	18.746,00	0,7182	19,90	14,29	0,94	0,675
Pinturas poliuretánicas	775,00	0,0297	100,00	2,97	14,76	0,438
Paneles sándwich (acero lacado)	19.625,00	0,7519	38,80	29,17	3,81	2,865
Paneles sándwich (poliuretano)	6.000,00	0,2299	70,00	16,09	10,33	2,375
PVC (pavimentos)	280,50	0,0107	70,00	0,75	10,33	0,111
<b>Total</b>	<b>45447,50</b>	<b>1,74</b>		<b>63,31</b>		<b>6,47</b>

La cantidad de nuevos materiales repercutida sobre todas las unidades en alquiler es de 1,74 kg/m<sup>2</sup>, que suponen 63,31 MJ/m<sup>2</sup> y 6,47 KgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>. Predomina el acero, seguido por los plásticos (poliuretano de aislamiento y PVC de pavimentos). El vidrio principalmente es de reposición de roturas por vandalismo.



Edificios temporales de apoyo a obras de rehabilitación montados sobre estructura independiente a la manera de un cajón de botellas. Arriba, París. Abajo, Barcelona.



Los residuos, de los que sólo el acero es reciclable, están formados por los desechos que provienen del mantenimiento y adaptación y los módulos descartados. La primera columna del cuadro representa el total, al que se le restan los residuos de unidades desechadas, llegándose así a determinar los residuos que corresponden sólo a mantenimiento.

#### Flujos de residuos de unidades descartadas y mantenimiento

Residuos generados (egresos)	total [kg]	unid. desc. [kg]	difer. [kg]	mant. [kg]	s/stock [kg/m <sup>2</sup> ]
acero, diversos tipos*	36.000,00	42.067,77	-6.067,77		
vidrio y vidrio laminado	18.746,00	698,38	18.047,62	18.047,62	0,691
pinturas varias (potes)	600,00	279,80	320,20	320,20	0,012
hormigón armado**	84.375,00	43.200,00	41.175,00	41.175,00	1,578
mantos de lana de vidrio*	495,00	4.924,45	-4.429,45		
paneles sándwich (acero)	31.988,75	2.700,00	29.288,75	29.288,75	1,122
paneles sándwich (poliuretano)	9.780,00	279,80	9.500,20	9.500,20	0,364
PVC (pavimentos)	356,40	295,47	60,93	60,93	0,002
<b>Total</b>	<b>182.341,15</b>	<b>94.445,66</b>		<b>98.392,71</b>	<b>3,77</b>

\* Materiales que se reaprovechan en el mantenimiento y por ello tienen saldo negativo

\*\* Se ha considerado que el 50% de las unidades posee forjado pesado (losa de hormigón)

Los residuos de mantenimiento representan un 50% del total, con una repercusión sobre el total de superficie en alquiler de 3,77 kg/m<sup>2</sup>. La fracción con mayor repercusión es hormigón, seguida por el acero (adherido al poliuretano de los paneles). El vidrio, fundamentalmente de remoción de roturas, ocupa el tercer lugar.

Los módulos recorren en camión casi 1.000 km y son manipulados por grúas unas 5 horas durante su vida útil, lo cual supone el siguiente consumo de energía.

#### Transporte vida útil (1 traslado fábrica-parque y cinco traslados dentro de la provincia)

923 <b>km/módulo</b>	18,46 <b>l/gasoil/m<sup>2</sup></b>
779,01 <b>MJ/m<sup>2</sup></b>	202,54 <b>kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup></b>

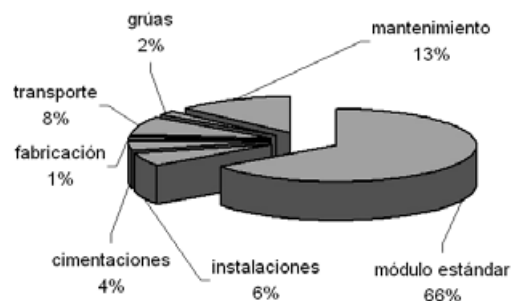
#### Grúa vida útil (un uso de grúa por cada viaje, media hora ida y media hora vuelta)

5 <b>h/módulo</b>	4,55 <b>Kg/gasoil/m<sup>2</sup></b>
188,37 <b>MJ/m<sup>2</sup></b>	48,98 <b>kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup></b>

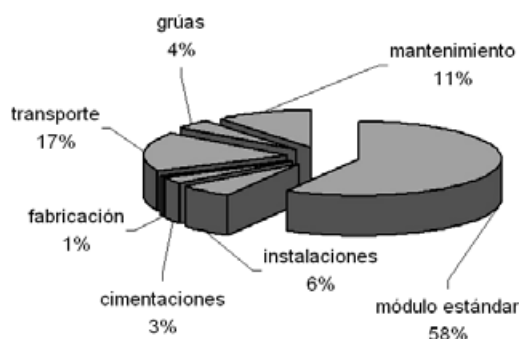
Estos valores son promedios y pueden verse alterados por factores tales como la localización de la demanda del alquiler y la configuración de los edificios solicitados (con mayor o menor altura).



Módulo para desguace, unidad para ser rehabilitada y acopio de cubiertas y paneles de cerramiento para ser reutilizados en una playa de gestión de módulos de alquiler para aulas temporales que habitualmente son contratados por la Generalitat de Catalunya.



Gasto energético de las distintas fases



Emisiones de CO<sub>2</sub> de las distintas fases

### El ciclo de vida y la repercusión de las etapas

Para reconstruir el ciclo de vida, que no incluye la energía de uso, los módulos han sido adaptados para vivienda (alterándose el aislamiento, la superficie de carpinterías, las particiones interiores, incorporándose vidrios dobles, etc.). Se agregan también las cimentaciones y las instalaciones.

Ciclo de vida resumido, módulos adaptados para vivienda

	kg/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>	%	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	%
módulo estándar s/fábrica (forjado pesado)*	341,33	5831,40		494,33	
módulo estándar p/vivienda (forjado aligerado)**	251,53	6222,35	65%	698,95	58%
instalaciones p/vivienda	53,36	588,01	6%	70,41	6%
cimentaciones (dos plantas)	196,38	382,80	4%	37,59	3%
fabricación		121,22	1%	7,58	1%
transporte		779,01	8%	202,54	17%
grúas		188,37	2%	48,98	4%
mantenimiento (a 20 años)		1266,18	13%	129,32	11%
<b>Total</b>	<b>501,27</b>	<b>9547,94</b>	<b>100%</b>	<b>1195,37</b>	<b>100%</b>

\* Módulo base tal como sale de fábrica

\*\* Módulo adaptado, tenido en cuenta para el cálculo de ciclo de vida

Los materiales del módulo sumados a las cimentaciones y las instalaciones representan casi el 60% de las emisiones. El transporte (17%) y el mantenimiento (11%) son también importantes.

Módulos p/vivienda (calculados con el programa TCQ 2000 y el banco BEDEC PR/PCT, ITeC)

Material	kg/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
aceros de estructuras y cerramientos	95,10	3534,83	313,87
hormigón armado, forjados	129,27	77,03	14,03
adhesivo en disolución acuosa	0,30	13,50	1,99
aluminios de carpinterías	6,37	1445,74	212,53
vidrio laminado, incluye butiral	8,07	129,99	7,86
pinturas antióxido y de acabado	5,65	560,90	82,79
aislamiento térmico, poliuretano y fibra de vidrio	5,11	281,73	39,51
sellados, silicona	0,003	0,05	0,01
plásticos y goma sintética, usos diversos	1,30	154,07	22,74
PVC, pavimentos y cableado	0,35	24,50	3,62
<b>Total</b>	<b>251,53</b>	<b>6222,35</b>	<b>698,95</b>

### La gestión industrial para el cierre de los ciclos materiales

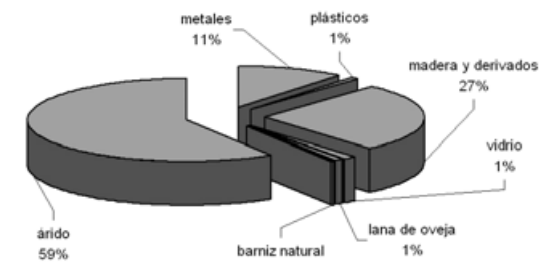
Evaluación de reciclaje<sup>5</sup> de los productos que ingresan al sistema modular optimizado, de acuerdo a exigencias de máximo contenido de reciclados post consumo, partiendo de los materiales de mayor repercusión ambiental detectados en el estudio del capítulo anterior.

#### Materiales que superan el 1% en peso, energía y emisiones (hipótesis considerada)

Material	Productos predominantes	Kg/m <sup>2</sup>	Reciclado [1]		Reciclable [2]	
			%	Kg/m <sup>2</sup>	%	Kg/m <sup>2</sup>
<b>Metales</b>						
1 Acero galvanizado	Chapas, perfiles, barras	45,65	100	45,65	100	45,65
2 Aluminio	Chapas, perfiles y accesorios	1,15	100	1,15	100	1,15
3 Cobre	Tubos, accesorios y cables	0,72	90	0,65	90	0,65
4 Bronce	Tubos, accesorios y válvulas	0,40	50	0,20	50	0,20
5 Latón	Grifería y accesorios	0,24	50	0,12	50	0,12
<b>Plásticos</b>						
6 Polipropileno [3]	Tubos, accesorios, cables	1,47	50	0,74	50	0,74
7 Polietileno [4]	Rollos, tubos, depósitos de agua	1,08	50	0,54	50	0,54
8 Neopreno	Láminas y rollos	0,42	50	0,21	80	0,34
9 ABS	Cables y accesorios eléctricos	0,18	50	0,09	80	0,14
<b>Madera y derivados</b>						
10 Tablero aglomerado [5]	Tableros	91,14	100	91,14	100	91,14
11 Madera	Lamas y listones	28,50	100	28,50	100	28,50
<b>Otros</b>						
12 Vidrio	Paneles cámara	6,30	20	1,26	100	6,30
13 Lana de oveja	Rollos y mantos	2,93	100	2,93	100	2,93
14 Barniz natural	Cajas de botes	1,52	80	1,22	100	1,52
15 Árido	A granel y en losetas	260,56	100	260,56	100	260,56
<b>Total mats. considerados</b>			<b>94,9%</b>	<b>434,9</b>	<b>96,1%</b>	<b>440,5</b>
<b>Total materiales proyecto</b>						

Árido	58,92%
Tablero aglomerado	20,61%
Acero galvanizado	10,32%
Madera	6,44%
Vidrio	1,42%
Lana de oveja	0,66%
Barniz natural	0,34%
Polipropileno	0,33%
Aluminio	0,26%
Polietileno	0,24%
Cobre	0,16%
Neopreno	0,10%
Bronce	0,09%
Latón	0,05%
ABS	0,04%

Materiales según su repercusión en el peso total del sistema modular optimizado.



Materiales agrupados, repercusión en el peso total del sistema modular optimizado.

[1] Reciclado: material fabricado con residuos de postconsumo o bien con materias primas renovables

[2] Reciclable: material que efectivamente será reciclado o bien es compostable

[3] Incluye las tuberías y fundas de cable que originariamente estaban realizados con PVC

[4] Incluye los depósitos que originariamente estaban realizados con poliéster y fibra de vidrio

[5] Incluye los tableros de partículas de uso interior

### Steel Takes LEED™ with Recycled Content

This equates to 5,396,500 tons of pre-consumer scrap (32,509,000 x 16.6%). This "prompt scrap" is mainly scrap generated by manufacturing processes for products made with steel. It is also considered post-industrial scrap.

Therefore, the **total recycled content** to produce the 46,310,300 tons of liquid steel in the EAF is:

**44,661,700 / 46,310,300 = 96.4%**  
(Total Tons Ferrous Scrap / Total Tons Liquid Steel)

Also, the **post-consumer recycled content** is (32,509,000 - 5,396,500) + 28,700 = 27,141,200 and:

Fuente: Steel Recycling Institute, American Institute of Steel Construction y American Iron and Steel Institute

### LEED™ Fact Sheet Aluminum Sheet & Plate for the Building & Construction Market

#### RECYCLED CONTENT

A survey of aluminum producers in late 2003 indicated that the total recycled content of domestically produced, flat rolled products for the Building and Construction market was approximately 80 - 85%. A subsequent survey of the producers indicated that on average, approximately half of the recycled content (or 40 - 42% of the total content) is from post-consumer sources. While these numbers represent the industry average, higher post-consumer and total recycled content material may be available from individual producers. For information on the LEED™ program and to find out how you can earn credit for the recycled content of your aluminum products go to: [http://www.usgbc.org/leed/leed\\_main.asp](http://www.usgbc.org/leed/leed_main.asp).

Fuente: The Aluminium Association

### Acero galvanizado (chapas, barras, cables y perfiles de uso estructural)

- **Provisión:** Las referencias de las asociaciones de productores de acero respecto de la alta presencia de reciclado que suele contener este material, en especial si proviene de hornos de arco voltaico EAF alimentados casi sólo con chatarra, son abundantes. El Steel Recycling Institute de EEUU lo cifraba en 2006 en un 82,8% en 2006 para el sistema de producción EAF y en el ámbito de producción de ese país, un valor similar al que estima el Internacional Iron and Steel Institute a escala global. Aún así es muy difícil obtener certificaciones de parte de los fabricantes respecto del material que ofrecen. No obstante y gracias a la existencia del documento Steel Takes LEED™ with Recycled Content editado por el Steel Recycling Institute y el American Institute of Steel Construction, es posible certificar que, bajo ciertas condiciones de provisión, es posible disponer de acero 96,4% reciclado para todos los tipos de piezas considerados en el sistema modular optimizado.

- **Gestión final:** El acero, según afirman todas sus asociaciones y numerosos autores, es el material que más se recicla en el mundo y esto ocurre desde al menos cien años. Su separación es sencilla y puede segregarse por magnetismo. Técnica y económicamente es viable. La galvanización no supone un obstáculo al reciclaje, ya que el zinc es recuperado durante el proceso de fusión.

### Aluminio (chapas de revestimiento y perfiles plegados, accesorios)

- **Provisión:** El aluminio presenta un caso similar al del acero, sólo que de conformación mucho más reciente. Hasta no hace muchos años atrás, resultaba difícil hablar de aluminio reciclado en productos para la construcción pero esto ha cambiado rápidamente. La European Aluminium Association asegura que, en términos porcentuales sobre el total, la producción de aluminio a partir de materia prima virgen se reduce y la que se basa en reciclado sube en forma lenta pero constante desde 1950 alcanzando el último más del 50% a escala global. En el sector de la construcción, que representa la cuarta parte del consumo total de este metal, gracias al documento LEED™ Fact Sheet Aluminum Sheet & Plate for the Building & Construction Market editado por The Aluminium Association de EEUU y bajo ciertas condiciones de suministro es posible disponer de productos de aluminio laminado con contenido de reciclado de entre un 80 y un 85%.

- **Gestión final:** El aluminio no presenta inconvenientes para su reciclado, aunque se facilita si las piezas no se encuentran revestidas por lacados u otros materiales agregados. Un estudio de la Universidad Tecnológica de Delft basado en 24 edificios demolidos en diversos países europeos (entre ellos España), desarrollado en 2004, determinó que entre el 90 y el 95% del aluminio contenido en ellos era separado selectivamente.



**Cobre** (tubos, accesorios hidráulicos y cables eléctricos)

- **Provisión:** Se considera que el cobre es 100% reciclable sin límites de ciclos y que en este proceso no hay mermas significativas ni de calidad ni de cantidad. El cobre comercial habitualmente contiene importantes cantidades de material reciclado pre y post consumo gracias a que su recuperación y reintroducción en los procesos de fundición se practica desde hace varias décadas. Las asociaciones norteamericanas y europeas como Copper Development Association, International Copper Association y European Copper Institute estiman que el 80% del cobre que se encuentra en uso es producto de reciclaje, proceso estimulado por la escasez de materias primas vírgenes y los altos precios del material recuperado. Las estadísticas norteamericanas sitúan el contenido de reciclado del cobre en el 45-55% y las europeas lo hacen en el 41%. Al menos un fabricante español, La Farga Group, produce semielaborados de cobre 99,90% a partir de material secundario.
- **Gestión final:** En España la mayor parte del reciclado es post consumo de la construcción (instalaciones de fontanería, gas, calefacción y electricidad), de la automoción (radiadores y cables) y de la industria electrónica (electrodomésticos, ordenadores, etc.). Se trata de un material con alto precio, hasta el 90% del valor final del metal una vez ha sido refinado, y una infraestructura de recicladores muy extendida.

**Where does the copper used in Europe come from?**  
Distribution of recycled copper & primary copper  
(as a % of total European copper use, 2006 figures)

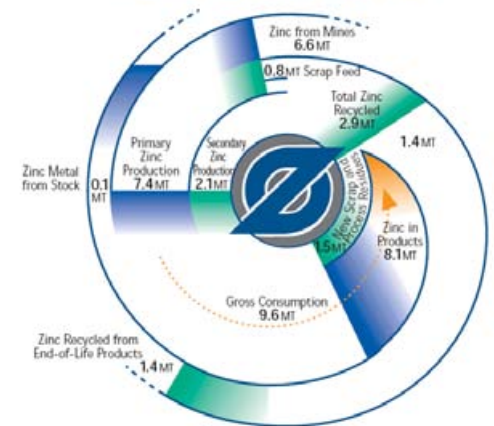


Fuente: International Study Copper Group y La Farga Group

**Bronce y latón** (grifos, válvulas y accesorios hidráulicos)

- **Provisión:** El contenido de reciclado del bronce, aleación de cobre con estaño (más del 90% y el 10% respectivamente) y otros metales, y el latón, aleación en la que predominan el cobre y zinc (alrededor del 80% y el 20% respectivamente), depende básicamente del reciclaje alcanzado por los componentes. Ya ha sido comentado que el cobre habitualmente tiene una tasa de reciclaje del 42% en Europa y que existen fabricantes que alcanzan casi el 100%. Respecto del estaño, ya en 1998 su reciclado en EEUU se estimaba en un 22% respecto del total producido (U.S. Department of the Interior Geological Survey), llegando en la actualidad al 25-30%. El zinc, aunque podría reciclarse hasta el 100% sin pérdidas de calidad ni de cantidad, globalmente es reciclado en un 30% (Asociación Latinoamericana del Zinc), proporción que se estima continuará su tendencia al crecimiento.
- **Gestión final:** Hasta el 70% del zinc post consumo es reciclado (International Zinc Association), siendo las fuentes principales el latón y el galvanizado del acero. En el caso del estaño la proporción llega en ciertos mercados al 75% (U.S. Department of the Interior Geological Survey). Estas cifras se alcanzan gracias al alto precio de la chatarra de bronce y latón, así como por la extensa red de recicladores. El proceso de recuperación de los metales se realiza a baja temperatura y su recuperación es relativamente sencilla.

**THE ZINC RECYCLING CIRCUIT**



Fuente: Internacional Zinc Association



### Polipropileno (tubos, accesorios y recubrimiento de cables)

- **Provisión:** A diferencia de lo que ocurre con otros plásticos, los fabricantes de polipropileno reciclado aceptan residuos de materiales de construcción, como tuberías de este polímero libres de otros materiales. Su reciclaje es de los más sencillos dentro de los plásticos, debido a una baja intervención de aditivos en este polímero. Existen tuberías de evacuación y drenaje de polipropileno con 85% o más de material reciclado postconsumo (SCS LTD con su producto Aquavoid-D) [WRAP 2007]. En el caso de las tuberías para agua potable, si bien no se han comprobado riesgos para la salud humana cuando se encuentra en contacto con polipropileno reciclado, aún no se dispone de productos de fontanería autorizados por las autoridades sanitarias competentes.

- **Gestión final:** De acuerdo con la American Society of Plastics Industry, el polipropileno (grupo 5) es 100% reciclable. Ello depende de dos condiciones: la separación de residuos exclusiva para este polímero y su entrega a un fabricante de polipropileno reciclado. Las tuberías monoplásticas no presentan problemas, la clave está en los productos que contienen materiales adicionales (una válvula de agua con insertos metálicos, o un cable con núcleo de cobre), cuya separación debe preverse.

### Polietileno (rollos, tubos, depósitos de agua)

- **Provisión:** El polietileno muestra con elocuencia los beneficios ambientales del reciclaje, ya que respecto del producido con materias primas vírgenes supone unas reducciones de fabricación de un 30-60% en la energía, un 70% en el dióxido de sulfuro, un 50% en el óxido nítrico, un 50% o más en el dióxido de carbono y un 90% en el agua consumida. Existen tuberías de polietileno de alta y baja densidad para evacuación con 85% y 100% de material reciclado post consumo (Samaplast con su producto Ecotub o JFC Manufacturing Company LTD con su producto CorriPipe, respectivamente) así como también membranas de impermeabilización de polietileno de baja densidad con 98% y 100% de material reciclado post consumo (Capital Valley Plastics LTD con su producto Damp proof membrane o Visqueen Building Products LTD con su producto EcoMembrane, respectivamente). Este material reciclado se aplica también a la fabricación de depósitos para agua no potable y como en el caso del polipropileno, aún no es posible su uso en contacto con el agua potable.

- **Gestión final:** Según la American Society of Plastics Industry, el polietileno de baja y alta densidad (grupos 2 y 4 respectivamente) son 100% reciclables. Al igual que otros polímeros requieren una separación exclusiva y su entrega a un fabricante de polietileno reciclado. Esto es sencillo con productos que no contengan otros materiales, aunque en las tuberías es necesario separarlo de los accesorios, normalmente fabricadas en latón o bronce.



Tubo Ecotub de Samaplast, 85% reciclado post consumo de polietileno de baja densidad



### Neopreno (láminas y rollos de apoyo estructural)

- **Provisión:** El neopreno, cuya denominación original es policlorofeno, es habitualmente reciclado cuando se dispone de grandes cantidades de residuo pre y post consumo. En este proceso y dependiendo de la aplicación a la que vaya destinado el compuesto puede ser mezclado, en masa o formando diversas capas, con otras gomas o espumas sintéticas, combinación que dificulta su posterior reciclado. A partir de ello resulta importante seleccionar neopreno que sólo contenga material reciclado de la misma composición. En el sector de productos de neopreno para la construcción, habitualmente elementos de distintas densidades para juntas de apoyos estructurales, ha podido identificarse al menos una gama de productos de neopreno reciclado (Duraprene, producido por Ecore), aunque no ha logrado saberse la proporción de contenido de reciclado. No obstante, en otras aplicaciones sí ha podido comprobarse un 100% de reciclaje en el neopreno (por ejemplo almohadillas para ordenadores y láminas de distintos grosores y densidades fabricadas en EEUU).

- **Gestión final:** La clave es una separación selectiva que permita disponer de neopreno en cantidad y pureza suficientes como para asegurar la viabilidad de su reciclado. En la construcción modular se lo utiliza como intercalario entre los apoyos, sin adherir, de modo que su recuperación es sencilla.



Neopreno reciclado de la marca Duraprene, de Ecore

### ABS (cajas y accesorios eléctricos)

- **Provisión:** Desde el año 1999 y gracias a un proceso llamado Froth flotation (Argonne National Laboratory, EEUU) el ABS (acrilonitrato-butadieno-estireno) puede ser separado de otros plásticos con una tasa de recuperación del 88% y una pureza en el material final del 99%. Este proceso, que comienza con la típica mezcla de plásticos de diferentes composiciones que habitualmente se dispone en el reciclado post consumo, permite separar por gravedad en primera instancia el ABS y el poliestireno del resto de la mezcla. Seguidamente, a través de la diferente tensión superficial que los dos plásticos experimentan en una solución líquida el ABS se precipita mientras que el poliestireno flota, permitiendo su separación. Una vez lavado y transformado en pellets, alimenta la industria fabricante de ABS reciclado, que llega a producir reciclado post consumo en un 100%.

- **Gestión final:** A diferencia de lo que ocurre con el neopreno el ABS es utilizado en la fabricación de productos para electricidad –cajas, mandos, mecanismos, etc.- que combinan diversos materiales a veces unidos en forma mecánica y a veces mediante adhesión. La recuperación del ABS por tanto no es sencilla y debe recurrir a dos etapas: una separación previa de todo lo que pueda ser removido fácilmente y, posteriormente, el triturado de la pieza y la segregación por gravedad y/o Froth flotation.



ABS recuperado de neveras en desuso, pellets recuperados por Froth flotation y óptica de luz piloto fabricada con material 100% reciclado





### Tablero aglomerado (tableros de cerramiento)

- **Provisión:** Los tableros partículas pueden ser fabricados a partir de madera con certificación de origen renovable (que se comenta en el siguiente apartado) o, mejor aún, mediante el reciclado de madera recuperada, con lo que se retiene parte de la energía y el CO<sub>2</sub> incorporados. Ya en 2005 en España el 80% de la madera recuperada tenía destino en la fabricación de tableros aglomerados con un contenido de material reciclado post consumo del 45-50% (Asociación Española de Recuperadores de Madera, ASERMA). La fabricación de tableros de madera reciclada sigue casi los mismos pasos que la producción basada en madera virgen, triturando el material, moldeándolo y prensándolo con calor. En ocasiones resulta necesaria la adición de adhesivos, que deben ser de origen natural (por ejemplo derivados de la soja o la leche) a efectos de preservar la biodegradabilidad de la madera. Existen tableros de madera 100% reciclada post consumo (Natural Building Technologies LTD, Pavatherm o Puhos Board UK LTD, Weatherdek2 tipos P5 y P7).

- **Gestión final:** Los tableros deben estar libres de materiales sintéticos o tóxicos (pinturas, preservantes, adhesivos) y de metales que puedan dañar la maquinaria de trituración (herrajes, tornillos), condiciones que cumple el sistema constructivo estudiado. Existe una extensa red de recicladores.

### Madera (lamas y listones de subestructura)

- **Provisión:** Existen dos maneras de cerrar los ciclos en la madera. La primera consiste en la provisión de material con certificación de explotación forestal sostenible (FSC Forest Stewardship Council, PEFC Pan European Forest Certification) que asegura su origen renovable. Si esta madera, una vez acabada su vida útil, regresa al medio natural de forma que se asegure su biodegradación se transformará en nutriente. El ciclo se cierra a través de la biosfera. La segunda forma es la reutilización o reciclaje, que consiste en emplear material recuperado. Si una vez acabada su vida útil es entregado libre de otros materiales a recicladores, podrá convertirse en diversas secciones de madera o bien en tableros. El ciclo se cierra a través del sistema técnico-industrial. Ambas formas pueden ser empleadas alternativamente y disponen de oferta en el mercado, aunque es importante tener en cuenta que la segunda requiere menores cantidades de energía y supone, por lo anterior y porque se evita su putrefacción que genera gas metano, menores emisiones de efecto invernadero.

- **Gestión final:** Para que la madera pueda descomponerse o reciclarse es necesario liberarla de todo material no degradable (adhesivos, preservantes y pinturas sintéticas) y otros materiales (metales de herrajes y tornillos, etc.). Todo ello ha sido tenido en cuenta en el sistema modular optimizado.



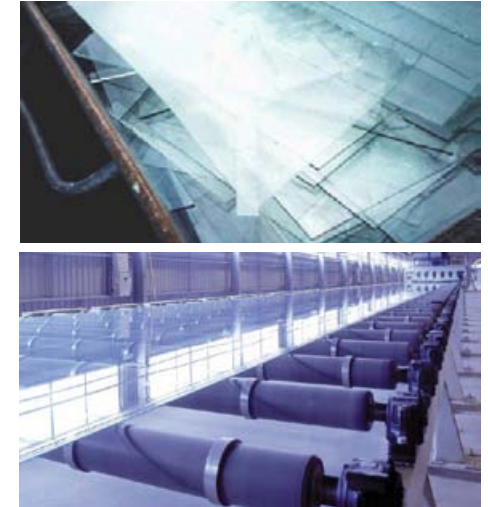
Sellos Forest Stewardship Council y Pan European Forest Certification. Recogida selectiva en Inglaterra (Wood Recycline)



### Vidrio (paneles cámara de puertas y ventanas)

- **Provisión:** El vidrio es un material 100% reciclable tanto a partir de residuos pre como post consumo. En el sector de los envases existe una gran variedad de productos totalmente reciclados a partir del sistema de recogida urbana y en el de la construcción también hay ejemplos de interés (Strucuran y Decoran, vidrio plano translúcido para fachadas e interiores producidos por The Greenhouse Effect Ltd) aunque no en el caso del vidrio flotado de alta transparencia y calidad óptica. En este tipo de vidrio el límite en la utilización de material recuperado triturado en sustitución del sílice natural se sitúa en el 30% del total (Pilkington, Saint-Gobain, etc.), debido a la dificultad de disponer del recurso libre de impurezas (materia orgánica, restos de otros materiales, láminas intercalarias en los laminados, juntas en el vidrio cámara, *films* de protección, tintados, etc.) que afecta gravemente su calidad final. Para facilitar una separación del residuo libre de impurezas en la construcción debe recurrirse a vidrio monolítico (no puede ser laminado, pero sí templado) y a fijación mecánica, sin adhesivos ni adheridos.

- **Gestión final:** El vidrio correctamente separado es 100% reciclable y puede ser gestionado a través de una extensa red de recicladores. En el caso del sistema modular optimizado esto sería posible gracias a la ejecución de paneles cámara atornillados y desmontables.



### Lana de oveja (rollos y mantos de aislamiento térmico)

- **Provisión:** La lana de oveja, al igual que la madera y otros materiales naturales permite combinar estrategias de cierre de ciclos materiales basadas absolutamente en la biosfera, completamente en el ámbito industrial, o combinando ambos sistemas. De hecho, el proceso habitual de fabricación de mantos de lana de oveja para aislamiento térmico en el mercado local combina la recuperación post consumo de tejidos, colchones, etc., con materia prima virgen proveniente de la esquila en porcentajes que se sitúan aproximadamente en el 20% y el 80% respectivamente (RMT Recuperación de Materiales Textiles, SA), pudiendo aumentar el reciclado en función del crecimiento de la oferta de material recuperado. De tal manera e independientemente de la proporción de reciclado, la condición natural en que se mantiene al material durante su ciclo de vida (recurso renovable y residuo degradable) asegura que en cualquier caso la lana de oveja sea considerada 100% reciclada (o renovada).

- **Gestión final:** El anclaje mecánico y el confinamiento entre paneles de madera de los mantos de lana de oveja asegura que en el desmontaje de los módulos pueda ser recuperados sin pérdidas de cantidad ni de calidad, al no producirse mezclas con ningún otro tipo de materiales. La reintroducción del material a reciclar en el sistema industrial se hace a través de gestores de residuos textiles.



Fabricación de mantos de lana de oveja a partir de material reciclado y virgen. RMT



Muestras de madera para ensayos técnicos de durabilidad y abrasión con aplicación de barniz natural. Fuente: Le Tonkinois

### Barniz natural (recubrimiento de la madera)

- Provisión: Los barnices naturales (por ejemplo los fabricados por Livos, Auro, Biodur, etc.) están producidos a partir de materiales biosféricos renovables, como el agua, aglomerantes como el aceite de lino, de girasol o de ricino, disolventes extraídos de la corteza de los cítricos y pigmentos minerales como los óxidos de zirconio o de titanio y otros materiales orgánicos que facilitan su aplicación o favorecen su secado y endurecimiento. Se trata de materiales 100% renovables y biodegradables que por tanto cierran sus ciclos a través de la biosfera, aunque en ciertos casos (por ejemplo algunos productos la empresa Livos) pueden incorporar hasta un 10% de material reciclado pre consumo. Algunas empresas (por ejemplo Auro) han obtenido certificaciones de producción industrial neutra en emisiones de CO<sub>2</sub>.

- Gestión final: Los barnices naturales aplicados sobre madera no presentan inconvenientes para su reciclaje ya que son compatibles con el mantenimiento del estado natural de ésta, pudiendo degradarse y/o reciclarse conjuntamente. Los residuos del producto en estado líquido pueden reciclarse en la fabricación de nuevos barnices o bien ser vertidos, ya que actúan como nutrientes de la biosfera y se degradan completamente. Los envases metálicos son reciclables y no es necesario tratarlos como residuos especiales (tóxicos).

### Árido (a granel y en losetas para cimentaciones, inercia térmica y revestimientos)

- Provisión: La mayoría de la piedra utilizada en el sistema modular optimizado corresponde a granulados de mayor o menor tamaño empleados en las cimentaciones de gaviones y en las cámaras de inercia térmica del cerramiento. Una fracción menor, utilizada en el revestimiento de los baños, corresponde a losetas de revestimiento. En las cimentaciones y cerramientos el árido es de origen reciclado y en el revestimiento es natural. En el primer caso el cierre de ciclos se produce en el sistema técnico industrial a partir de material pre consumo (residuos de canteras) o post consumo (residuos de derribo). El segundo caso es algo más complejo, ya que si bien en escala de tiempo geológico puede considerarse que la piedra es un material renovable si al final de su vida útil es depositado correctamente en el suelo adecuado, resulta más sencillo triturarlo y reintroducirlo en el sistema como un material reciclado. Este es el caso de las losetas empleadas en el revestimiento, cuyo origen es natural aunque su tratamiento final no.

- Gestión final: El árido de cimentaciones y cerramientos se encuentra simplemente contenido en jaulas o cámaras. En el caso de las losetas, la fijación al paramento es mecánica. La recuperación es sencilla y la reutilización también ya que los granulados pueden reinsertarse en el sistema constructivo muy fácilmente, mientras que las losetas que no puedan reutilizarse pueden ser fácilmente trituradas.



La determinación de los contenidos de materia reciclada y de efectivo reciclaje realizada para los materiales de mayor repercusión en el sistema modular optimizado permite realizar un nuevo balance de masas que resulta una verificación respecto del nivel de cierre de ciclos considerado inicialmente (sobre el 95-96%), que se presenta en el siguiente cuadro.

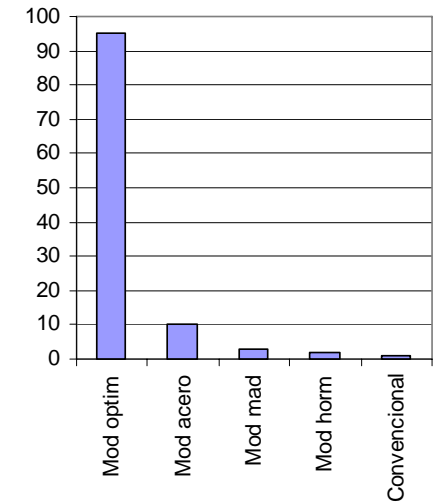
**Materiales que superan el 1% en peso, energía y emisiones (verificación)**

Material	Productos predominantes	Kg/m <sup>2</sup>	Reciclado [1]		Reciclable [2]	
			%	Kg/m <sup>2</sup>	%	Kg/m <sup>2</sup>
<b>Metales</b>						
1 Acero galvanizado	Chapas, perfiles, barras	45,65	96	43,82	100	45,65
2 Aluminio	Chapas, perfiles y accesorios	1,15	85	0,98	100	1,15
3 Cobre	Tubos, accesorios y cables	0,72	100	0,72	90	0,65
4 Bronce	Tubos, accesorios y válvulas	0,40	100	0,40	90	0,36
5 Latón	Grifería y accesorios	0,24	30	0,07	90	0,21
<b>Plásticos</b>						
6 Polipropileno [3]	Tubos, accesorios, cables	1,47	85	1,25	90	1,33
7 Polietileno [4]	Rollos, tubos, depósitos de agua	1,08	100	1,08	90	0,972
8 Neopreno	Láminas y rollos	0,42	100	0,42	100	0,42
9 ABS	Cables y accesorios eléctricos	0,18	99	0,18	80	0,14
<b>Madera y derivados</b>						
10 Tablero aglomerado [5]	Tableros	91,14	100	91,14	100	91,14
11 Madera	Lamas y listones	28,50	100	28,50	100	28,50
<b>Otros</b>						
12 Vidrio	Paneles cámara	6,30	30	1,89	100	6,30
13 Lana de oveja	Rollos y mantos	2,93	100	2,93	100	2,93
14 Barniz natural	Cajas de botes	1,52	100	1,52	100	1,52
15 Árido	A granel y en losetas	260,56	100	260,56	100	260,56
			<b>95,0%</b>	<b>435,5</b>	<b>96,4%</b>	<b>441,8</b>

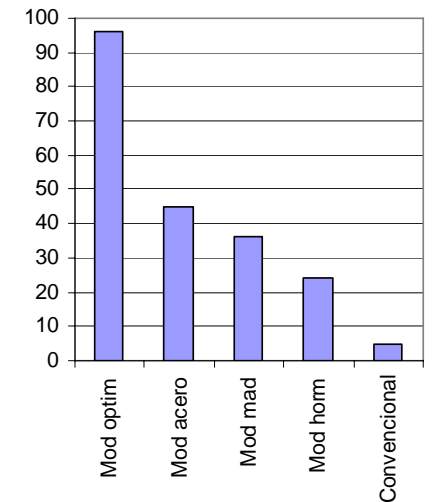
**Total mats. considerados 442,26 96%**  
**Total materiales proyecto 458,31 100%**

- [1] Reciclado: material fabricado con residuos de postconsumo o bien con materias primas renovables
- [2] Reciclable: material que efectivamente será reciclado o bien es compostable
- [3] Incluye las tuberías y fundas de cable que originariamente estaban realizados con PVC
- [4] Incluye los depósitos que originariamente estaban realizados con poliéster y fibra de vidrio
- [5] Incluye los tableros de partículas de uso interior

Porcentual de contenido reciclado en los materiales de construcción según el sistema constructivo



Porcentaje de reciclaje efectivo en los materiales recuperados, según el sistema constructivo



## 9.3 El ámbito comercial

### La gestión comercial convencional

En España, y a diferencia de la mayoría de los países europeos, la promoción de viviendas pública y privada, se basa casi exclusivamente en la venta, siendo el alquiler marginal<sup>6</sup>. Contrariamente, para el planteamiento de esta investigación el concepto de alquiler sumado al de estructura desmontable resulta central porque hace posible que los recursos puedan continuar dentro del sistema técnico industrial y no se pierdan en forma de residuos.

Además, la forma dominante de comercialización de viviendas, basada en la promoción de venta y en los sistemas constructivos convencionales, es muy poco adaptable a las variaciones de la demanda de habitabilidad. El tiempo que se tarda en estudiarla para detectar su localización, el tipo de espacios requeridos, el perfil de los futuros usuarios, etc., sumado a los plazos que requieren la programación de la promoción, la redacción de proyecto y la ejecución de obra supone que la respuesta -el edificio promovido- puede desfasarse tres o más años respecto de la situación de partida<sup>7</sup>. La demanda habitabilidad, debido a factores cambiantes como la movilidad social, la conformación del territorio, la disposición de equipamientos, la red de transporte, la agrupación de las personas que habitarán las viviendas, los requerimientos ambientales etc., tiene carácter dinámico. Pero su respuesta suele ser estática [Cuchí et al. 2008].

Otra observación que tiene lugar en este análisis es la dificultad del edificio, una vez construido, de adaptarse a los cambios de la composición de sus ocupantes, de la forma de habitar o de los requerimientos técnicos. Algunos autores [Habraken 1979], [Paricio 2005] han analizado este problema, llegando a la conclusión de que sus sistemas técnicos deberían permitir los cambios que supone la evolución de los factores comentados. Y esto actualmente no es posible sin destrucción y pérdida de recursos.

Por último, la promoción de venta basada en la construcción convencional supone dos requerimientos importantes. Por un lado la inmovilización de un capital, el valor del inmueble, indisponible durante décadas y, por tanto, que no puede ser reutilizado en nuevas soluciones de vivienda o en la optimización de las existentes. Por el otro la disposición y afectación permanente de cierto tipo de espacio para construir, habitualmente suelo con capacidad de carga sólo para edificios pesados, que deja de lado parte de la oferta disponible (solares de baja capacidad de carga, terrenos de disposición temporal, volumen edificable no construido, etc.), localizada en áreas ya servidas por infraestructuras urbanas.



Sistema de viviendas para estudiantes y residencias en la playa de la empresa Spacebox instaladas en la Universidad de Delft, Holanda



## La gestión comercial para el cierre de los ciclos materiales

Frente al panorama descrito, un impedimento para superar los problemas ambientales, puede plantearse una alternativa. La estrategia de comercialización, tal como se ha dicho, resulta casi tan importante como las de los materiales o la producción. Sin ella faltaría un eslabón en la cadena de puesta en práctica del modelo de ciclo cerrado que se plantea.

Se trata de la gestión comercial ideada como respuesta a las demandas del cierre de los ciclos materiales, es decir dedicada al cumplimiento de las hipótesis planteadas en el Capítulo 3 y a poner en práctica los modelos constructivos e industriales planteados. Esta nueva visión se formula a partir de la revisión crítica del modelo de promoción convencional y de la comprensión de las limitaciones que este supone frente a las demandas físicas de la de la sostenibilidad. Se basa en ciertas condiciones de partida del mercado que, tal como las empresas que fabrican unidades modulares o edificios modulares de alquiler, conforman una aproximación al modelo de cierre de ciclos no formuladas desde una visión ambiental pero que se deben aprovechar porque significan que algunos primeros pasos ya están dados.

La gestión comercial para el cierre de los ciclos materiales tiene dos características centrales que la diferencian del modelo de la convencional y se describen a continuación.

- La habitabilidad entendida como servicio dinámico, no como producto estático.

El servicio que presta la arquitectura o que ofrece una promoción -la habitabilidad- es dinámico. Si cambia su localización, sus requerimientos, etc., entonces el espacio habitable puede ser pensado como respuesta a estas variables. La habitabilidad se replantea como un servicio, algo que no es necesario adquirir y que puede cambiar de localización y configuración junto con las necesidades de las personas, y no como un producto estático, es decir un edificio o conjunto de espacios que no admite modificaciones.

- La habitabilidad gestionada en alquiler y edificios muebles, no inmuebles.

En España y desde hace años todas las administraciones<sup>8</sup> intentan incrementar el porcentaje de vivienda pública y privada en régimen de alquiler. Para ello habitualmente se necesitan tres recursos escasos: suelo, capital y tiempo. Si el edificio es ligero y desmontable, puede disponerse sobre ciertos tipos de suelo que comúnmente no se utilizan. Si unas empresas fabrican unidades modulares de vivienda, tal como lo hacen con coches o grandes electrodomésticos, y las ofrecen en régimen de alquiler, no es necesario afectar grandes cantidades de capital y a largo plazo. Y si los edificios se realizan a partir de unidades prefabricadas, el tiempo de respuesta de la promoción frente a la demanda de habitabilidad puede ser entre tres y cuatro veces menor que el habitual.



Viviendas para estudiantes Tempohousing (bajo la marca local de Keetwonen), realizadas con contenedores de transporte reciclados en el centro de Ámsterdam, Holanda



Conjunto de 30 viviendas de alquiler promovidas por IncaSòl (Institut Català del Sòl) en Banyoles. Módulos de hormigón armado recuperables. Sistema Compact Habit [InCaSol 2008].

La habitabilidad como servicio, su contratación en régimen de alquiler y el edificio entendido como una estructura desmontable no aseguran en sí mismos que los recursos no se pierdan en forma de residuos, tal como ha quedado demostrado en el análisis de la construcción modular temporal de alquiler llevada a cabo en las páginas precedentes, sino que proporciona la alternativa inicialmente más favorable para hacerlo. El último eslabón de la cadena, la comercialización que se propone, bajo ciertas condiciones asegura que el circuito de materiales pueda cerrarse. Sus principales características se describen seguidamente.

- La adaptación de la oferta a la variabilidad de la demanda.

La vivienda modular puede moverse. El edificio puede montarse, usarse, trasladarse y volverse a montar en otro sitio, adaptándose de este modo a la variabilidad de la demanda en el tiempo y en la localización, sin que grandes inversiones queden inmovilizadas.

- La utilización de suelo ocioso y de baja repercusión ambiental.

La vivienda ligera y temporal puede ocupar suelo marginal. Su bajo peso permite situarla en suelos de baja resistencia, estructuras de cubrimiento de infraestructuras y en volúmenes edificables no agotados (extensión de edificios). Su movilidad permite disponerla en solares de uso temporal, suelo que ya cuenta con servicios y no necesita de nuevas infraestructuras.

- La evolución de la configuración de la vivienda y sus sistemas técnicos.

La vivienda desmontable muta. Los ciclos de alquiler y la movilidad ofrecen la posibilidad de actualizar las unidades de vivienda en fábrica, adaptándola a nuevas configuraciones espaciales o cambios en los requerimientos ambientales, constructivos, o de instalaciones.

- La velocidad de respuesta: programa, proyecto y construcción de corto plazo.

La vivienda prefabricada requiere menos tiempo. El proyecto de edificios es concebido como un megaproyecto capaz de albergar distintas configuraciones espaciales y adaptarse a diferentes situaciones de emplazamiento. Los plazos habituales de programación, proyecto y construcción se acortan significativamente, ya que cada uno de ellos es más corto y en buena parte se superponen. Acortar los tiempos entre demanda y oferta hace posible que la respuesta de habitabilidad se ajuste a las necesidades originalmente determinadas.

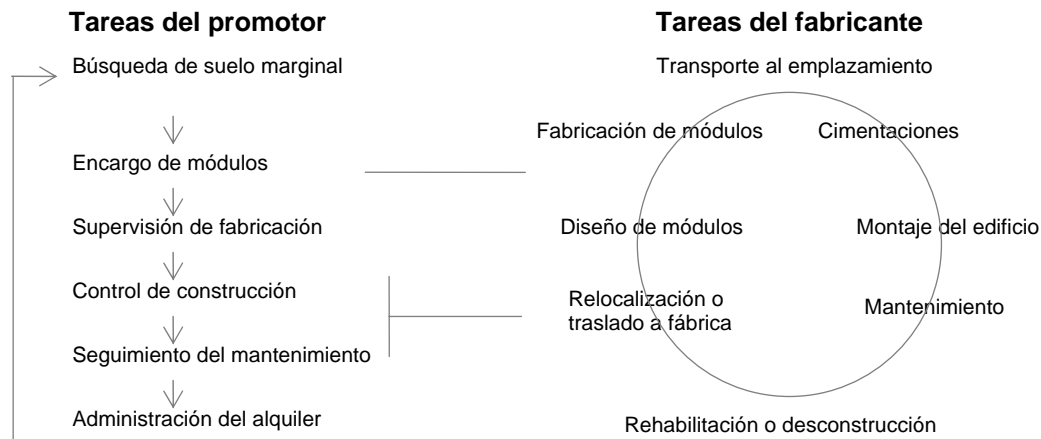
- La independencia del capital inmovilizado: no hay necesidad de compra.

La vivienda desmontable de alquiler no necesita paralizar capital. El carácter no permanente del edificio hace posible la contratación de un derecho de uso de suelo -alquilar suelo u obtenerlo en comodato cuando es ocioso o puede disponerse de él temporalmente- sin que sea necesaria su compra ni sea alterado por cimentaciones que no puedan removerse fácilmente. Se desactiva así la mayor carga económica que actualmente pesa sobre el precio de la vivienda, que es la repercusión del suelo.

- El aumento de la calidad, la disminución del riesgo laboral y el impulso a la innovación  
La vivienda industrializada puede alcanzar mayor calidad y seguridad. La construcción en un entorno controlado y previsible favorece la disposición de los equipos más adecuados, las condiciones de trabajo óptimas y el personal de mayor calificación. El control y el seguimiento exhaustivos que pueden establecerse redundan en calidad constructiva, pero también en mayor seguridad para el personal. La rotación de los módulos a causa de los ciclos de alquiler y de la movilidad de los edificios favorece la innovación, ya que cada nueva versión debe incorporar las mejoras que lo mantengan como un producto competitivo.
- Un acceso a la vivienda con repercusión económica igual o inferior a la de mercado.  
La vivienda modular no tiene porqué ser más cara<sup>9</sup>. Desacoplado el precio de la vivienda del valor del suelo y siendo su contratación en régimen de alquiler se evita la inversión de grandes cantidades de capital, así como su inmovilización durante largos períodos de tiempo. Quien realiza la inversión mayor en capital y trabajo es el fabricante, tal como ocurre con la mayoría de los productos del mercado, y no el promotor. El promotor, especialmente si es público, puede utilizar su capacidad de inversión para ampliar la oferta, al tiempo que se facilita el acceso a vivienda. El precio de alquiler de la vivienda modular, de acuerdo con los cálculos de los fabricantes (el Anexo 2 presenta información más detallada sobre este tema) puede ser igual o inferior al que tiene la construcción convencional.



Conjunto de 36 viviendas de venta promovidas por Incasòl (Institut Català del Sòl) en Torelló. Módulos de estructura de acero recuperables. Sistema Modultec [InCaSol 2008].

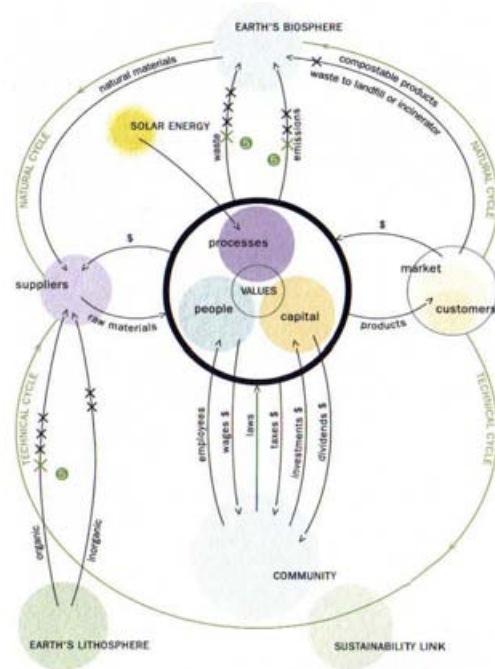


## 9.4 Conclusiones de este capítulo

El modo en que la gestión industrial y la gestión comercial de la edificación se desarrollan habitualmente presenta importantes oportunidades de mejora ambiental y admite ser rediseñado bajo el enfoque del cierre de los ciclos materiales. Seguidamente se presenta una síntesis de los principales cambios de estructura que deberían ponerse en marcha, cambios que naturalmente no podrían ser asumidos por unas empresas, ni tampoco por el sector de la edificación. Se necesita involucrar en ellos a toda la sociedad, formando a las personas que intervienen a lo largo de la cadena de decisiones y reformulando el marco normativo vigente y la acción de la administración pública, todo ello orientado desde del enfoque de la economía ecológica y la ecología industrial.

### El rediseño de la industria

- **Cero residuos:** existen productos que son fabricados, usados y reintroducidos en el ciclo productivo sin que se produzcan residuos sólidos no aprovechables, ni tampoco emisiones que no puedan ser absorbidas por el medio. Sistemas de certificación como Cradle to Cradle<sup>10</sup> determinan en qué medida un producto cumple la exigencia de que las entradas y salidas de recursos de su ciclo alcanzan, como en la biosfera, la condición de nutrientes industriales o naturales.
- **Reciclado/reciclable:** el reciclaje<sup>11</sup> puede hacerse en el sistema técnico (materiales reciclables), en el sistema biosférico (materiales renovables), o combinando ambos mediante el reciclado de los materiales renovables, ahorrando así en la fase de extracción de materias primas. Materiales y productos ya existentes en el mercado alcanzan el 100% de reciclado/reciclable. Los sistemas de ecoetiquetado<sup>12</sup> pueden ser el mecanismo de certificación idóneo de esta condición.
- **Energía renovable:** otro salto cualitativo a dar es el cambio de energías no renovables a renovables, ya que las fuentes de donde se extraen las primeras son materiales y por tanto están afectadas por la exigencia del cierre de ciclos. Esta es la clave para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> incorporadas en los materiales. Algunas empresas<sup>13</sup> han comenzado a dar pasos en esta dirección, aunque se necesita algo de mayor envergadura: la reconversión del sector energético hacia la renovabilidad.
- **Transporte eficiente:** la primera acción es la reducción del flujo, trabajando con materias primas locales y localizando las plantas en proximidad con el área a servir. La segunda, mediante la utilización de los medios más eficientes<sup>14</sup> y una optimización de los flujos de cargas que evite la importante circulación ociosa detectada en oportunidad del análisis de la



Esquema del rediseño de la empresa con los *links* insostenibles (extracción de recursos no renovables, residuos, emisiones, etc.) anulados y con los nuevos *links* sostenibles (emisiones benignas, reciclaje, transporte eficiente, energía renovable, etc.) incorporados.

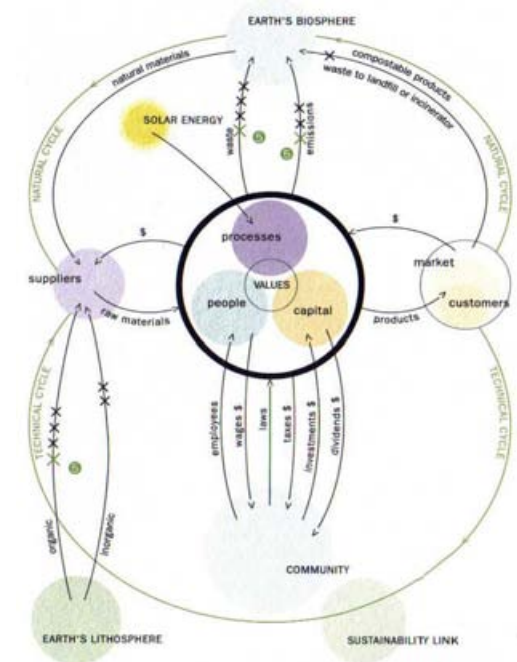
[Anderson 1999] Ray Anderson, Mid-Course Correction. Toward a Sustainable Enterprise, The Peregrinazilla Press, Atlanta, 1999.



etapa de transporte de los sistemas constructivos convencional y modulares de hormigón, madera y acero realizado en el Capítulo 7 (viajes a carga parcial y regresos vacíos). Y existe una tercera, de futuro, que es la introducción de energía renovable.

### El rediseño del comercio

- La demanda de calidad ambiental: suele creerse que los aspectos ambientales tienen escasa influencia a la hora de adquirir un servicio o un producto pero la experiencia demuestra que si hay formación y concienciación del público esta presunción muchas veces no es cierta. La educación puede hacer que la demanda de calidad ambiental sea creada, y no sólo se espere a que esta se produzca. Ejemplos de servicios de movilidad alternativa como Carsharing o Bicing<sup>15</sup>, cuya modalidad comercial es similar a la que aquí se propone para la vivienda, son muy ilustrativos en este sentido.
- Servicios más que productos: la venta supone la transferencia del dominio del producto y con ella se desvincula a los recursos afectados del sistema industrial y comercial, que es quien puede gestionarlos. El servicio, el alquiler de habitabilidad en este caso, mantiene vinculados los recursos con la industria y el comercio a lo largo del ciclo de vida. La totalidad de los costes, especialmente si reflejan los ambientales, están presentes en forma constante y no sólo puntualmente como en el momento de la compra [Harford 2008], haciendo que permanentemente se busque reducirlos. Por un lado aumenta la eficiencia en el uso de los recursos y por el otro éstos se mantienen siempre dentro del sistema técnico industrial.
- Un precio con coste de reposición del capital natural incluido: posiblemente el mayor éxito del Protocolo de Kioto no sea el freno al crecimiento de las emisiones de CO<sub>2</sub> y otros gases de efecto invernadero (GEI) sino haber introducido el coste de las repercusiones ambientales (de momento sólo las de ese efecto ambiental y en forma parcial) en la economía. Esto podría aprovecharse desde la administración pública, tal como comienza a hacerse en forma incipiente y sesgada<sup>16</sup> para hacer aflorar los costes ocultos de la vivienda, al menos algunos de los que tienen que ver con el cambio climático. Reflejar el coste de reposición de capital natural en el precio, aunque sea parcialmente, abriría mercado para las alternativas ambientalmente correctas.
- La penalización de la ineficiencia: otro mecanismo para hacer aflorar los costes ambientales, alternativo al anterior, es la penalización de la ineficiencia. Si los precios no reflejan los costes de reposición de capital natural, entonces pueden hacerlo ciertas tasas e impuestos que graven la ineficiencia en la explotación de los recursos por parte de la oferta de productos y servicios<sup>17</sup>.



Esquema del rediseño de la empresa con las estrategias comerciales para el cierre de los ciclos materiales (proveedores concienciados, formación de los clientes, replanteamiento del comercio) ya incorporadas.

[Anderson 1999] Ray Anderson, Mid-Course Correction. Toward a Sustainable Enterprise, The Peregrinzilla Press, Atlanta, 1999.

### Bibliografía y otros documentos de relevancia consultados:

[Anderson 1999] Ray Anderson, *Mid-Course Correction. Toward a Sustainable Enterprise*, The Peregrinzilla Press, Atlanta, EEUU, ISBN 0964595354.

[Cuchí et al. 2008] A. Cuchí, F. López, A. Sagrera y G. Wadel. *La qualitat ambiental en els edificis*. Departament de Medi Ambient i Habitatge de le Generalitat de Catalunya, Barcelona, España, 2008, ISBN en trámite.

[Habraken 1979] N. J. Habraken et al., *El diseño de soportes*, Gustavo Gili, Barcelona, España, 2000, ISBN 8425209366.

[Harford 2008] Tim Harford, *El economista camuflado*, Ediciones temas de hoy, Madrid, España, 2007, ISBN 9788484606178.

[Hegger et al. 2008], M. Hegger, M. Fuchs, T. Stark, M. Zeumer, *Energy Manual: Sustainable Architecture*, Birkhauser/Edition Detail, Basilea, Suiza, 2008.

[Kieran et al. 2003] S. Kieran y J. Timberlake, *Refabricating architecture: How manufacturing methodologies are poised to transform building construction*, McGraw-Hill Professional, 2003, ISBN 007143321X.

[Ormo 1999] Equipo técnico *Ormo*, *Ormo módulos serie 3000* (catálogo), Ormo Construcciones Móviles Industriales, Sant Andreu de la Barca, España, 1999.

[Ove Arup 2005] Ove Arup & Partners, *CO<sub>2</sub> emissions from use, scrapping and manufacture of modular buildings* (documento electrónico), MPBA (Modular and Portable Building Association), Londres, Reino Unido, 2005.

[Paricio 2005] I. Paricio, *Proyecto Casa Barcelona*, Mobil Books, Barcelona, España, ISBN 8493311480.

[WRAP 2007] AMA research Ltd, *Choosing construction products* (catálogo), The waste & resources action programme WRAP, Oxon, Reino Unido, 2007.

### Notas:

---

<sup>1</sup> Existe una segunda opción de gestión comercial que asegura el retorno de los materiales a fábrica que es la venta con recompra asegurada por parte del fabricante una vez se ha alcanzado el final de la vida útil del edificio o bien una vez ha finalizado el período de uso, que puede ser considerablemente menor. Es relativamente frecuente en la construcción modular temporal y en la práctica funciona de una manera similar al alquiler a largo plazo, ya que ambas partes acuerdan que la propiedad del bien –el edificio modular- será adquirida por el usuario sólo temporalmente, sabiendo el fabricante de forma anticipada que en un momento determinado dispondrá nuevamente de una cierta cantidad de unidades modulares que podrá rehabilitar o bien podrá reciclar sus materiales (lo que frecuentemente se hace en la construcción modular intensiva en acero). La venta con recompra por parte del fabricante se utiliza en menor medida que el alquiler y en casos en que el usuario del edificio, normalmente una empresa que lo destina al alojamiento de sus propias actividades, desea asegurarse su disponibilidad sin que medien renovaciones de contratos de alquiler de por medio.

---

<sup>2</sup> Compact Habit ([www.compacthabit.com](http://www.compacthabit.com)) fabrica y comercializa viviendas y edificios modulares de estructura de hormigón armado de venta y alquiler desde en Cardona, Cataluña. Habidite ([www.habidite.com](http://www.habidite.com)) fabrica edificios modulares de estructura de hormigón armado y diversos usos desde Ortuella, País Vasco.

<sup>3</sup> Modultec ([www.modultec.es/](http://www.modultec.es/)) fabrica y rehabilita edificios modulares con estructura de acero desde Gijón, Asturias. Drace ([www.caracola.drace.com](http://www.caracola.drace.com)) fabrica módulos temporales y edificios modulares con estructura de acero desde Las Cabezas de San Juan, Sevilla. Algeco ([www.algeco.es](http://www.algeco.es)) fabrica módulos temporales y edificios modulares con estructura de acero desde Olmedo, Valladolid.

<sup>4</sup> La MPBA, Modular and Portable Building Association, agrupa en Inglaterra a más de 65 empresas que fabrican unas 10.000 unidades al año, de los que un tercio se alquila y el resto se vende. A ello se suman 2.500 unidades más que regresan de la venta para ser rehabilitadas y puestas otra vez en comercialización, llegando así a los 200.000m<sup>2</sup> anuales.

<sup>5</sup> Las referencias sobre las proporciones de reciclaje de los distintos materiales considerados en este capítulo, que cuentan con referencias específicas de fabricantes o instituciones del sector citadas oportunamente, representan una aproximación. En el contenido de reciclado de un material concreto interviene también el aumento total de la masa circulante, lo que obliga a disponer del estudio de flujos de ese material a escala global, algo que escapa a las posibilidades de esta investigación. Por ejemplo, para poder afirmar que el se está empleando un material 95% reciclado debería conocerse la cantidad de ese mismo material que se incorpora al *stock* en circulación en los sistemas técnico-industriales y también determinarse la durabilidad promedio o tiempo de permanencia en él antes de ser reciclado total o parcialmente.

<sup>6</sup> A finales de 2006 el parque de viviendas de España ascendía a 23,9 millones, de las que sólo 1,8 millones (7,5%) eran inmuebles arrendados y menos de 240.000 (1%) eran viviendas protegidas en alquiler, según el Ministerio de Vivienda. La media europea es del 30%, según datos del Observatorio Europeo de la Vivienda Social (CECODHAS).

<sup>7</sup> Cuando un promotor, ya sea público o privado, toma la decisión de promover un edificio se ponen en marcha un proceso de gestión que incluye, como mínimo, la adquisición del suelo y la gestión que le permitirá construir en él, la realización de un proyecto (anteproyecto, proyecto básico, proyecto ejecutivo), la gestión de la licitación y/o contratación de la construcción y, finalmente la construcción. La redacción de proyecto puede demorar 6 meses o más y la construcción unos 18 meses. Estos dos años, más todos los plazos correspondientes a las otras etapas cuya duración es difícil de promediar, puede suponer un término de al menos tres años entre el momento de tomar la decisión de promover y de ocupar el edificio.

<sup>8</sup> Tanto el Ministerio de la Vivienda de España como el Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Cataluña tienen políticas específicas para desarrollar el sector del alquiler en la comercialización de viviendas. Por una parte ellas se basan en incentivos y penalizaciones que actúan indirectamente frente a las situaciones de vivienda vacía o vivienda por rehabilitar y, por la otra, en el aumento de la cuota de alquiler en la construcción de vivienda de protección oficial VPO.

<sup>9</sup> El precio de obra in situ más construcción modular de los colegios que se construyen actualmente en Cataluña por encargo del Departament d'Ensenyament con sistemas modulares basados en acero que cumplen las exigencias constructivas del Código Técnico de la Edificación y otras normativas de aplicación ronda los 915 euros/m<sup>2</sup> incluidas las partidas de seguridad y salud. Reportaje Llars d'infants Les Borges Blanques, revista L'Informatiu (editada por el Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Barcelona) de julio de 2008 pp. 49-56.

---

<sup>10</sup> Cradle to Cradle Certification ([www.c2ccertified.com](http://www.c2ccertified.com)) es un sistema de certificación ambiental para productos diseñado por el arquitecto William McDonough y el químico Michael Branguart, que realiza una evaluación respecto del cierre de los ciclos materiales, tanto en el sistema biosférico como en el sistema técnico industrial. Los parámetros ambientales son la seguridad y la salubridad de los materiales, el diseño para la reutilización, el reciclaje o el compostaje, el uso de energía renovable y de criterios de eficiencia energética, el ahorro de agua y las estrategias institucionales de responsabilidad social frente a las demandas de la sostenibilidad.

<sup>11</sup> Deben distinguirse los materiales reciclados de los materiales infraciclados, es decir aquellos que si admiten un número limitado de ciclos de reciclaje, van perdiendo la calidad necesaria para su utilización en las aplicaciones originalmente previstas, como por ejemplo el plástico (infraciclado) que se obtiene de la mezcla de compuestos que proviene de la recogida urbana, de inferior calidad que los compuestos utilizados como materias primas.

<sup>12</sup> En especial las etiquetas ecológicas tipo I y III. En las tipo I, según la nomenclatura dada por la ISO (1999) una tercera parte independiente autoriza a un producto el uso de un logotipo (ecoetiqueta o etiqueta ecológica) acreditativo de que cumple con un conjunto de criterios de carácter medioambiental, En las tipo III, o tarjetas informativas, se recoge información cuantitativa acerca del comportamiento medioambiental del producto en relación a varios criterios (consumo de agua, de energía, sustancias peligrosas, etc.). Diferente es el caso de las tipo II o autodeclaraciones, ya que son simples declaraciones medioambientales emitidas por el fabricante o distribuidor del producto, sin que exista una verificación de un tercero independiente.

<sup>13</sup> Como por ejemplo Cerámica Piera, una empresa especializada en la fabricación de ladrillos cerámicos cara vista y adoquines cerámicos, en cuya cocción emplea biogás generado en el vertedero Can Mata de residuos urbanos, situado a 1 kilómetro de su planta de producción, como combustible alternativo en su planta de producción de Hostalets de Pierola, Barcelona. Se cuenta así con un producto que, al menos en cuanto al combustible de su horno, es neutro respecto de las emisiones de CO<sub>2</sub> de acuerdo con la forma en que este combustible es considerado por el Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía, IDAE.

<sup>14</sup> La eficiencia del transporte por carretera (1,7 t/km/MJ) respecto del transporte del ferrocarril (3,5 t/km/MJ), que prácticamente no se utiliza en la construcción, es del 50% [Hegger et al. 2008]. Dicho de otra manera, si la totalidad de los movimientos de los materiales pudieran realizarse por tren el consumo energético y sus impactos asociados se reducirían a la mitad.

<sup>15</sup> Carsharing ([www.avancar.es](http://www.avancar.es)) es una empresa con servicio en varias ciudades de Cataluña que ofrece el servicio de uso de coches por horas o por días a sus socios. La experiencia indica que el sistema actúa como una autolimitación del usuario (se pagan todos los gastos derivados de la compra, la amortización y el uso del coche) ya que, cuando reemplaza a coches familiares, significa menos unidades rodando, menos kilómetros finales, menos consumo de combustibles, menos emisiones y menos espacio dedicado al coche. Bicing ([www.bicing.com](http://www.bicing.com)) es una empresa con sede en Barcelona que ofrece transporte público en bicicleta para trayectos urbanos, mediante el pago de una cuota fija por la que se accede al servicio y un tiempo máximo de uso (media hora por trayecto) sin cargo adicional a partir del cual debe abonarse un cargo extra, que asegura la eficiencia en el uso de este medio de movilidad alternativo al bus, el metro y el coche en trayectos cortos.

<sup>16</sup> El Real Decreto 471/2007 aprueba el Procedimiento Básico para la Certificación de Eficiencia Energética de Edificios, obligatorio para los edificios de nueva construcción, y también en la rehabilitación integral es un avance en materia de



---

normativa ambiental. No obstante se limita a valorar únicamente uno de los efectos del impacto medioambiental de la edificación, las emisiones de CO<sub>2</sub> y el consumo de energía de los sistemas energéticos del edificio (calefacción, refrigeración, agua caliente e iluminación). Con ello quedan sin valorar en la etiqueta de calificación energética las emisiones de CO<sub>2</sub> y la energía asociadas a la producción, transporte, construcción, mantenimiento y disposición final de los materiales de construcción. Queda fuera de consideración, de esta manera y tal como se ha visto en la evaluación realizada en el Capítulo 7, un 30% o más (según se trate de edificios más o menos eficientes en su etapa de uso) de las emisiones de CO<sub>2</sub> o la energía consumida en el ciclo de vida. Y, además, en esta certificación queda excluido el resto de los impactos ambientales de la edificación como la generación de residuos sólidos, el consumo de agua, las emisiones tóxicas, la eutrofia, etc.

<sup>17</sup> El canon implantado hace pocos años en la tarificación del consumo doméstico de agua potable en Cataluña es un ejemplo en este sentido, ya que establece sucesivos bloques de consumo con tarifas crecientes mediante las cuales se penaliza la ineficiencia, o el consumo por sobre los niveles óptimos. Otro ejemplo es el canon que en algunos países se aplica sobre el vertido de residuos de la construcción para fomento del reciclaje, ya que hace aflorar los costes ambientales de la gestión de los mismos que de otra forma permanecerían ocultos.