

LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN EN EDIFICACIÓN Y SUS ALTERNATIVAS DE REUTILIZACIÓN

¹Mercader Moyano, M^a.P., ¹Olivares Santiago, M., ²Ramírez de Arellano Agudo, A.

¹Departamento de Construcciones Arquitectónicas I. Universidad de Sevilla. Avda. Reina Mercedes nº 2. 41012 Sevilla

**²Departamento de Construcciones Arquitectónicas II. Universidad de Sevilla. Avda. Reina Mercedes nº 4. 41012 Sevilla
pmm@us.es**

RESUMEN

Los residuos generados durante la puesta en ejecución de los edificios que proyectamos y construimos ocasionan un impacto ambiental considerable, más aún cuando nos referimos a residuos que podrían ser fácilmente recuperables y reutilizables, si nos referimos a los residuos generados por los embalajes con los que llegan los productos de construcción a la obra. El presente artículo plantea una estrategia metodológica que nos permita identificar y cuantificar tales residuos, utilizando para ello su aplicación práctica en un edificio residencial en Sevilla.

Identificados y cuantificados los residuos mas relevantes generados, estudiaremos sus posibles alternativas desde la óptica de la reutilización y el reciclaje, lo que ha sido puesto en práctica por los alumnos de la asignatura de 4º curso de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla, "Otras Tecnologías, industrialización de la construcción. Peritaciones y tasaciones. El arquitecto Forense", mostrándonos qué se puede hacer con los embalajes que en mayor cuantían se generan en nuestras obras.

Keywords: Construcción de edificios, residuos de construcción, impacto ambiental, reutilización, reciclaje.

1.- Introducción

Las actividades de construcción tienen una alta capacidad de producir residuos durante y al final del ciclo de vida de los productos y obras, con la consiguiente polución atmosférica: ya sea en la recepción de productos, en el almacenaje en las zonas de acopio, durante la ejecución de obras de construcción, o en las obras de demolición [1]. Es por ello, que el discurso sobre la sostenibilidad, desde el ámbito de la arquitectura, descansa a menudo en la valoración del impacto de los materiales de construcción empleados en la ejecución del edificio y los residuos que generan [2].

La relación entre el origen y el final del ciclo de vida de los materiales de construcción es directa, ya que los residuos generados dependerán de la elección de los recursos materiales consumidos en la ejecución del edificio. Así pues, partiendo del análisis del impacto ambiental generado al final del ciclo de vida de los productos de construcción utilizados, identificando y cuantificando los residuos que generan en obra, podemos fomentar su prevención, reutilización, reciclado y otras formas de valorización.

En esta línea de compromiso ambiental, se plantea pues la necesidad de identificar y cuantificar los residuos de construcción generados en los edificios que diseñamos, construimos y habitamos; partiendo de la identificación y cuantificación de los recursos materiales consumidos en la ejecución de los elementos constructivos que los configuran.

Tomaremos como datos de partida los resultados de investigaciones precedentes que identifican y cuantifican tanto los recursos materiales consumidos habitualmente en edificios residenciales en Sevilla, consecuencia de los envases y embalajes con los que llegan y son depositados en la obra los materiales de construcción.

El presente artículo aúna diferentes metodologías de cálculo desarrolladas por los autores para cuantificar, entre otros, los residuos de construcción generados en la ejecución de edificios residenciales [3] y las aplica a un modelo de construcción definido como Modelo Constructivo Habitual (MCH) en Sevilla, destinado a Viviendas de Protección Oficial, lo que nos permitirá identificar y clasificar los residuos generados de mayor relevancia.

Finalmente, a la vista de los resultados obtenidos, se aportan soluciones prácticas desde el diseño y la industrialización en la construcción de los residuos generados de mayor relevancia, desde la óptica del reciclaje y la reutilización.

2.- Objetivos

El objetivo principal de este trabajo, la cuantificación de los residuos de construcción generados en la puesta en obra del MCH en Sevilla, procedentes de los envases y embalajes de los recursos materiales consumidos, así como sus posibilidades de reutilización, requiere de la consecución y desarrollo de los siguientes objetivos de rango menor:

2.1.- Selección de una muestra de edificios, cuyas características constructivas y tipológicas sean representativas de la edificación destinada a edificios residenciales destinados a Viviendas de Protección Oficial en Sevilla.

2.2.- Cuantificación de los recursos materiales consumidos, en kg por m² construido, en la ejecución del modelo constructivo seleccionado.

2.3.- Cuantificación de los residuos de construcción generados, en la ejecución del MCH definido, consecuencia de los recursos materiales consumidos.

2.4.- Propuestas de reutilización de los residuos generados de mayor relevancia, desde la óptica del diseño y la industrialización de la construcción.

3.- Metodología

Se establece la siguiente estructura con la que se pretende dar cumplimiento a los objetivos planteados en cada nivel, atendiendo al siguiente plan de etapas:

3.1.- Etapa 1. Acercamiento al sector de la construcción para definir el Modelo de Construcción Habitual (MCH) y seleccionar una muestra de estudio representativa.

Se utilizan para ello las publicaciones estadísticas editadas por el Ministerio de Fomento [4] desde el año 2004 y hasta la actualidad, donde se obtiene el tipo de construcción habitual: La edificación que más se construye es de nueva planta y uso residencial, por lo que en este tipo de edificación debe centrarse el estudio del MCH.

Su “morfología constructiva”; esto es, geometría, organización en la parcela, tipología, soluciones, sistemas y materiales constructivos empleados para su ejecución, coinciden con los más usados en las construcciones definidas: Bloque de cuatro plantas sobre rasante y una de sótano, con una disposición sobre la parcela exento, geometría de manzana cerrada con patio interior. Cuentan con una superficie construida en torno a los 11.000-12.000 m² y un total de 82-86 Viviendas de Protección Oficial (fig.1).

Las características constructivas de esta tipología están constituidas por: losa de hormigón armado en cimentación, estructura vertical de pilares de hormigón con forjado unidireccional, cubierta plana, cerramiento de material cerámico de ladrillo y carpintería exterior de aluminio [5].



Fig. 1 “Imagen ilustrativa del Modelo Constructivo Habitual (MCH)”

3.2.- Etapa 2. Se cuantifican en kg por m² construido los recursos materiales consumidos en la ejecución del modelo de construcción definido, partiendo del conocimiento de los elementos básicos que constituyen los elementos constructivos en los que se integran, y que forman parte de las mediciones correspondientes a los proyectos de ejecución que constituyen la muestra seleccionada.

Utilizando como herramienta la Transferencia de Medición y atendiendo al sistema de clasificación y codificación propuesto por la Base de Costes de la Construcción de Andalucía, BCCA [6]; obtenemos la cantidad de los diferentes materiales básicos que constituyen los proyectos de ejecución seleccionados, en las unidades de medida origen, las asignadas por la BCCA .

Para obtener tales cantidades por m² de edificación, dividimos la cantidad de cada elemento básico por la superficie construida del proyecto; corrigiendo así el efecto negativo del tamaño de la obra y poder establecer comparativos entre los mismos.

La normalización de las unidades de medida dará lugar a la cuantificación de los recursos materiales consumidos en el MCH, expresados en kg/m² construido. Este proceso consiste en transformar la unidad origen, unidad de medida del elemento, a la unidad de destino, el peso en kg del elemento, para permitir resultados comparables, utilizando como apoyo los denominados Coeficientes de Transformación, que representan el peso por la unidad de referencia del elemento y permite transformar el criterio de medición de la partida origen en el criterio de medición de la partida de destino (kg/m²). Se emplea cuando la unidad de medida del concepto es distinta al kg.

El desarrollo de esta etapa concluye con que los recursos materiales consumidos en la ejecución del MCH definido, suponen un total de **2.177,738 kg/m²** construido[7].

3.3.- Etapa 3. Se cuantifican, en kg por metro cuadrado construido, los residuos generados en la puesta en ejecución del MCH, consecuencia de los recursos materiales consumidos, clasificándolos en función de su separación selectiva establecida en el RD 105/2008 [8] y que son las siguientes: Hormigón, ladrillos, tejas, cerámicos, metal, madera, vidrio, plástico, papel y cartón.

La metodología utilizada para ello consiste en establecer una serie de hipótesis que nos permitan adaptar la información medioambiental disponible, el conjunto de bases de datos con información medioambiental que constituyen el banco BEDEC PR/PCT del ITeC[9] y que asumimos como fuente fiable de información, a nuestro listado de recursos materiales consumidos en la ejecución del MCH; creando con ellos una Base de Datos que nos permita conocer por cada componente básico material, la cantidad de residuos que generan por kg de recurso material utilizado, en base a la separación selectiva expuesta.

Para cuantificar los residuos generados en kg/m², debido al consumo de recursos materiales utilizados, será necesario multiplicar la cantidad total de recursos materiales consumidos por cada uno de los residuos que generan en su puesta en obra, lo que permitirá a su vez identificar los más relevantes.

Los resultados finales quedan recogidos en la Tabla 1, donde se cuantifican en kg/m² construido los diferentes residuos generados, que suponen un total de 6,89 kg/m² construido en el MCH definido [3].

Residuos generados por los recursos materiales consumidos en la ejecución del MCH (kg/m ²)						
No peligrosos						Peligrosos
Madera	Envases cartón-papel	Hormigón	Metales mezclados	Plástico	Residuos mezclados	
5,82243	0,67353	0,10365	0,08514	0,05065	0,00549	0,15669
TOTAL RESIDUOS GENERADOS = 6,89756 kg/m² construido						

Tabla 1. “Cuantificación de residuos generados en la ejecución del MCH”.

A partir de los resultados obtenidos, podemos realizar una clasificación de los residuos generados en la ejecución del MCH definido, expresando los resultados anteriores en porcentajes (fig.2). Podemos identificar los diferentes residuos generados procedentes de los envases y embalajes con los que se transportan los materiales de construcción más utilizados en la ejecución del MCH definido.

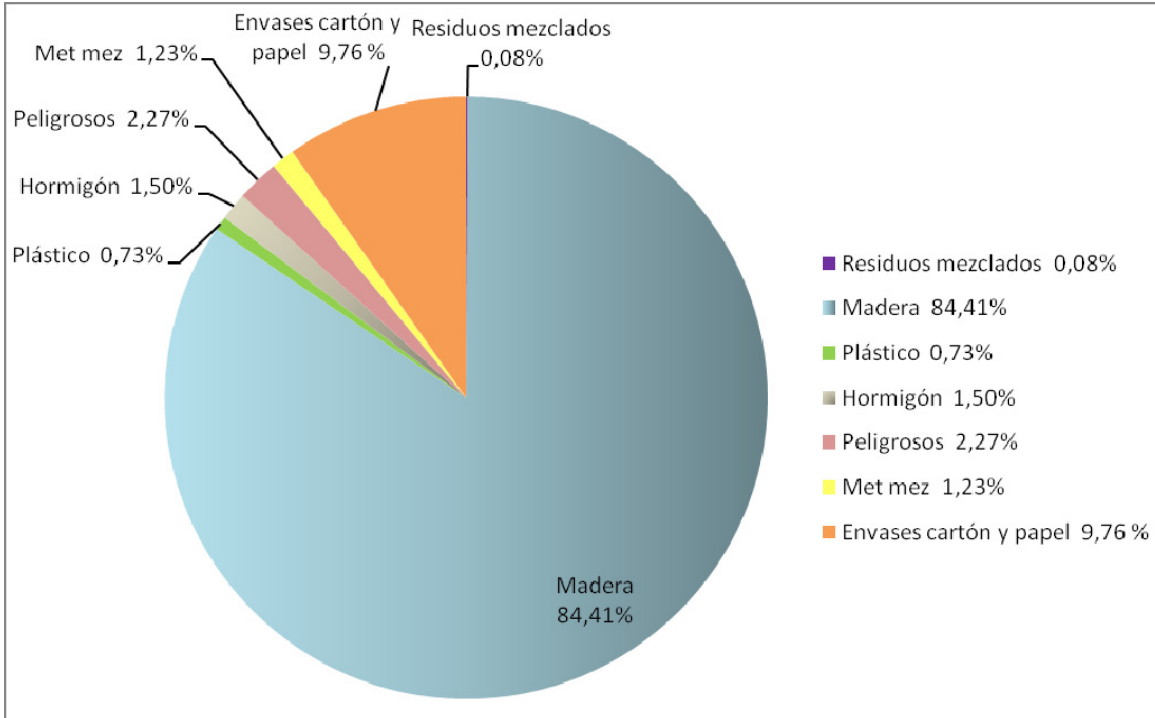


Figura 2. Representación de los residuos generados en la ejecución del MCH.

La clasificación establecida en la base de datos BEDEC del ITeC, añade a la clasificación de los residuos que establece el Real Decreto 105/2008, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición, los residuos y metales mezclados, que suponen un porcentaje mínimo con respecto al total, un 1,31 % de los residuos no peligrosos; pero que dada su composición se entiende oportuno reflejar. Los residuos mezclados se corresponden a aquellos residuos mezclados de construcción y demolición que no contienen mercurio PCB ni

sustancias peligrosas y que no pueden clasificarse en ninguno de los señalados por el citado Real Decreto 105/2008.

Se observa que los residuos de madera, procedentes de los palets sobre los que vienen los materiales de construcción utilizados, constituyen el mayor porcentaje de los residuos generados, con un 84,41 % de los 97,70% que forman parte de los residuos no peligrosos generados en obra, mientras que el 2,3% son los peligrosos.

3.4.- Etapa 4. Se plantean soluciones alternativas a la vista de los resultados obtenidos en el apartado anterior.

Los datos expuestos en la tabla 1 constituyen por sí mismos una base sobre la que reflexionar la forma de minimizar los residuos de construcción generados en edificación, mostrándonos a su vez aquellos recursos materiales en los que debemos incidir a la hora de su transporte y puesta en obra y cómo podemos proceder para obtener una forma de vida más sostenible desde la construcción de nuestros edificios, pasando por la reutilización, reciclaje y/o valorización de los residuos generados o tal vez la sustitución de los materiales más comúnmente utilizados hasta el momento para su embalaje.

Se proponen a los alumnos de 4º curso de la E.T.S.A.S, de la asignatura “Otras tecnologías, industrialización de la construcción. Peritaciones y tasaciones. El arquitecto forense” del curso académico 2011-2012, que planteen propuestas alternativas para la reutilización y/o reciclaje de las residuos generados. Destacamos dos de ellas por su contenido de diseño y originalidad en la reutilización de los palets de madera (fig.3), dejando a un lado las soluciones convencionales.



Fig. 3 “ Palets de madera”

El grupo de alumnos formado por: José Andrés García González, Margarita Ferrera González y Jesús Jiménez Carrión, dirigido por el profesor Rafael Herrera Limones, con el lema “CELOSIA SOSTENIBLE”, nos plantean reutilizar los palets de madera utilizados para el transporte de materiales de construcción tales como ladrillos, baldosas, azulejos, etc y crear con ellos una zona de exposición en el hall de la E.T.S.A.S.

La idea proyectual engloba sostenibilidad y arquitectura efímera, con la creación de una malla resuelta mediante una celosía de palets de madera de dimensiones 1200 x 1000 mm, por ser éstos las que mejor se ajustaban al espacio de trabajo donde se pretende instalar, de forma que toda persona fuese participe de esta exposición, ya sea directamente pasando a través de la misma o indirectamente visualizándola a través de las juntas de los listones y tablas de madera de los palets.

Se reutilizan además los palets para diseñar piezas de mobiliario y elementos arquitectónicos efímeros como delimitadores de recintos, apostando por su empleo en construcción e incluso en la industria; utilizar el palet como soporte de nuevos productos aplicables en obra, minimizando así este residuo.

La fase de construcción (fig.4) se asienta en el desarrollo modular adaptable y la unión entre cada pieza o unidad de palet mediante tensores de acero dispuestos horizontalmente y bridas colocadas verticalmente que unirían los palets entre sí. A la vez la celosía se fijaría a los 4 pilares que van a delimitar el espacio expositivo, mediante tensores.

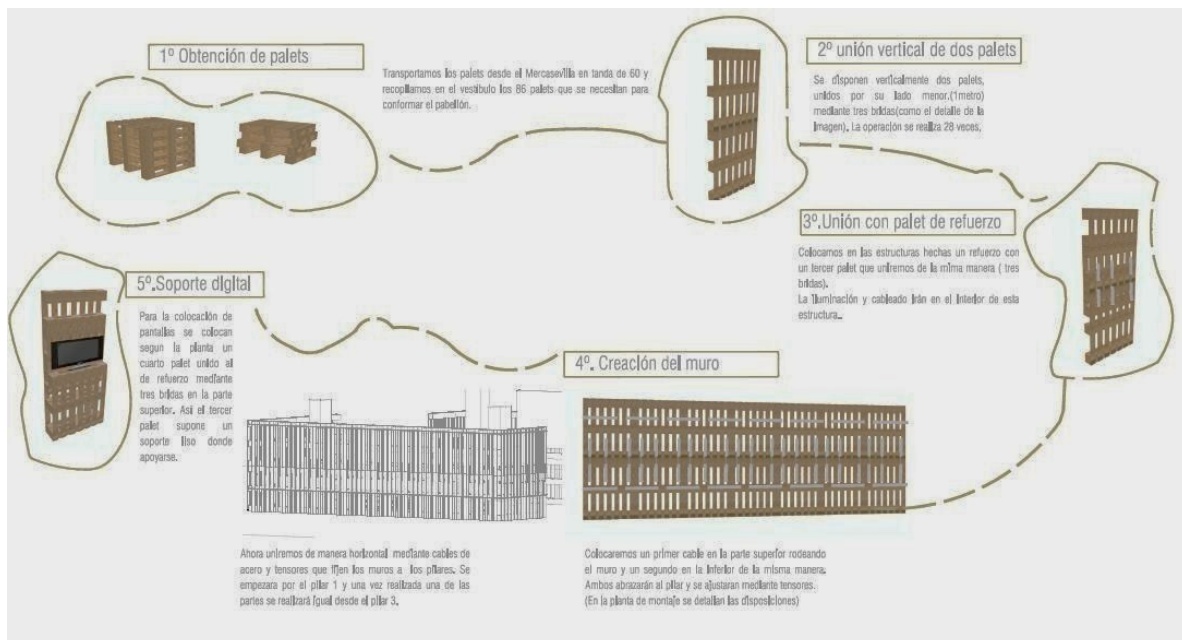


Fig. 4 “Esquema de montaje”

Para poner en práctica la idea, acuden a MercaSevilla, uno de los lugares donde se almacenan en Sevilla y estudian la forma de transportarlos, siendo necesario para ello furgonetas con cubricaje aproximado de 20 m³, que podrían albergar 66 palets. Se calculan dos transportes de 66 palets cada uno para ejecutar el trabajo.

La forma de implantación de los muros delimitadores ejecutados con los palets, se adapta a un análisis previo de los recorridos y circulaciones más frecuentes en el vestíbulo principal de planta baja de la E.T.S.A.S, planta casi diáfana y por ello ambigua. Un análisis realizado les lleva a asemejar su geometría a dos U enfrentadas entre sí y desplazadas una sobre la otra, con un leve movimiento planimétrico, por lo que se pretende reproducir dicho movimiento (fig.5).

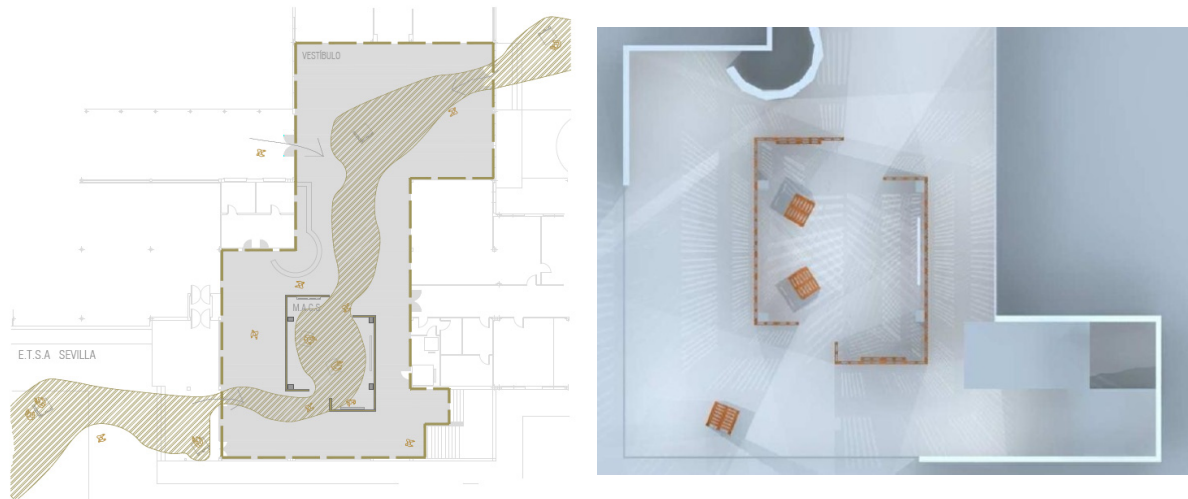


Fig.5 “Flujos de circulación en el vestíbulo principal de la E.T.S.A.S”

En el corazón de esta “celosía sostenible”, de altura 2.10 m y longitud 10 m en los alzados norte y sur y 7.80 m en los alzados este y oeste, se colocarán dos grupos horizontales de palets diseñados a modo de asientos, para que aquellos que lo desean y sin obstaculizar el tránsito, puedan detenerse a contemplar a través de un proyector imágenes, videos y trabajos que se pretendan exponer. Este espacio también se concibe con la finalidad de proyección visual y para ello se colocan dos pantallas planas de televisión y se usan los palets (enfrentados al proyector) como paramento expositor.

De esta celosía sostenible central, corazón de la exposición, se extienden ramales informativos, bancos realizados con palets, distribuidos en distintos puntos de los accesos principales de la E.T.S.A.S, cuya misión como primer punto de contacto con la exposición, es transmitir la idea global de lo expuesto.

El resultado final de la celosía sostenible ubicado en el vestíbulo principal de la E.T.S.A podría ser el siguiente (fig.6):



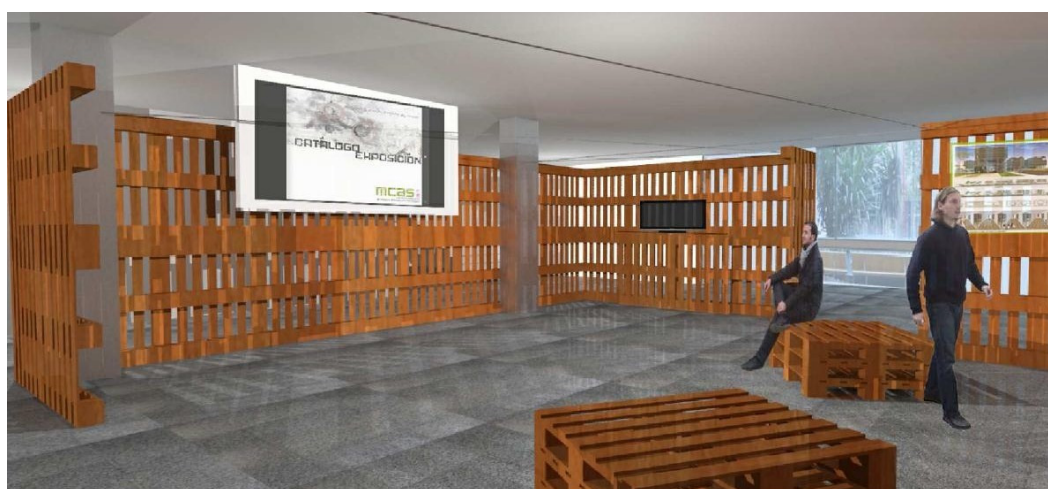
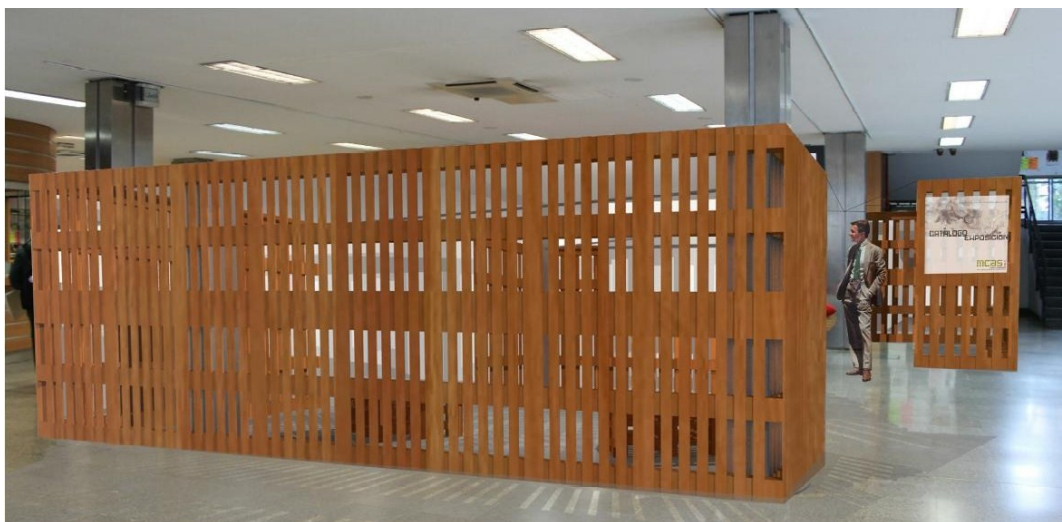


Fig. 7 “ Expositores en el vestíbulo principal de la E.T.S.A.S”

El grupo de alumnos formado por: Barbara Fiacchino, Javier Martín Macías, Santos Murillo Martín, Erika Naccari, Javier Sánchez Lucena, dirigido por el profesor D. Jorge Roa Fernández, con el lema “OBRA CADABRA”, plantean la realización de un pabellón cultural multifuncional, un espacio único e imaginativo que cambie la forma de entender el acto cultural.

Mediante la reutilización de materiales de construcción fácilmente transportables y reutilizables, tales como palets de madera, plásticos, tubos corrugados, puntales y encofrados metálicos, plantean un espacio escénico que pretende funcionar como museo al aire libre, teatro de representaciones ocasionales o simple espacio de reunión e intercambio de opiniones.

La envolvente exterior está conformada por tubos de PVC que atrapa al visitante introduciéndolo en un espacio intermedio, entre el exterior y el interior y se protege mediante rígidos paramentos verticales de madera, procedentes de los palets utilizado para el transporte de materiales de construcción. Se define una crujía perimetral que permite el recorrido y reconocimiento total del espacio que se visita.

Desde la estructura compuesta por andamios hasta los cerramientos de diferentes elementos, la idea se concibe para ser fácilmente montable por los propios usuarios,

obviando así la necesidad de maquinaria especial. Un edificio móvil y desmontable para ser instalado en diferentes emplazamientos (fig.8).

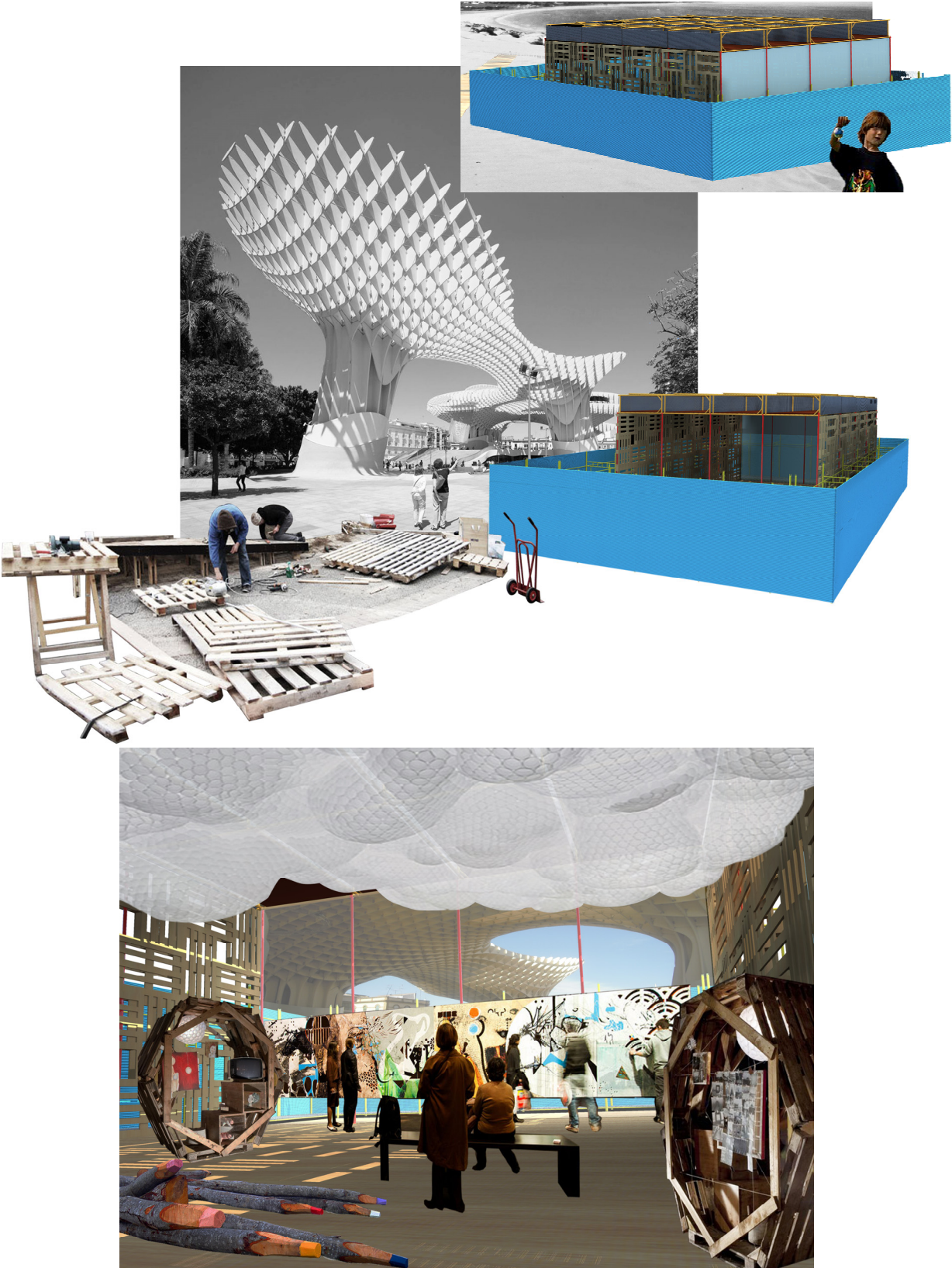


Fig. 8 “En el edificio Metrosol-Parasol en la Plaza de la Encarnación, Sevilla”

Finalmente, el fondo de este espacio escénico queda delimitado por un film de plástico con textura rugosa (de burbujas), jugando con la luz y la transparencia, reporta sensaciones de falsa intimidad o insinuación al usuario quién se deja seducir por las diferentes sensaciones que el entorno le produce, esta lámina también se utilizará para cerrar el espacio totalmente tanto en cubierta con la otra fachada para aquellos días donde las condiciones atmosféricas sean adversas (fig.9).



Fig. 9 “Museo y desfile de modas en la Plaza de América, Sevilla”

4.- Conclusiones

El modelo de cuantificación expuesto ha dado cumplimiento al objetivo principal que le había sido asignado, la cuantificación de los residuos generados en la construcción de edificios residenciales, derivados de los envases y embalajes procedentes de los materiales de construcción consumidos en su ejecución.

El ensayo del modelo de cuantificación sobre la muestra seleccionada de edificios residenciales en Sevilla, ha permitido identificar los residuos generados en su ejecución, así como el porcentaje que ocupan en la edificación por m² construido, identificando los de mayor relevancia.

La creatividad y el entusiasmo de los futuros arquitectos así como la enseñanza de la arquitectura y sus competencias y compromisos con el medio ambiente, son la apuesta futura hacia una construcción más sostenible y eficiente.

5.- Agradecimientos

A los alumnos referenciados de la asignatura “Otras tecnologías, industrialización de la construcción. Peritaciones y tasaciones. El arquitecto forense” del curso académico 2011-2012, cuyos lemas de sus trabajos han denominado “Celosía Sostenible” y “Obra Cadabra”, por ceder las imágenes de sus trabajos y mostrarnos otra vía dentro de la reutilización de los residuos de construcción y a sus profesores

D. Rafael Herrera Limones y D. Jorge Roa Fernández, por dirigir sus trabajos y orientarlos hacia la consecución de una arquitectura comprometida con el medio ambiente.

REFERENCIAS

- [1] Ramírez de Arellano Agudo, A. (2010). *Presupuestación de Obras [Giving a construction estimate]*, 4ª edición (actualizada con la gestión de residuos), Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla, Sevilla, España.
- [2] Cuchí Burgos, A. (2005). *Arquitectura i sostenibilitat*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya, sl. (UPC).
- [3] Mercader Moyano, Mª P.; Ramírez de Arellano Agudo, A.; Olivares Santiago, M. (2011). Calculation Methodology to Quantify and Classify Construction Waste, *The Open Construction and Building Technology Journal*, 5, (Supl 2-M3) 131-140.
- [4] Ministerio de Fomento, *Edificación y vivienda: 1990-1998*, Ministerio de Fomento de España. Dirección General de Programación Económica, España, 1999. Ministerio de Fomento, *Edificación y vivienda: 1994-1999*, Centro de Publicaciones Secretaría General Técnica Ministerio de Fomento, Madrid, 2000. Ministerio de Fomento, *Edificación y vivienda: 1998-2003*, Centro de Publicaciones Secretaría General Técnica Ministerio de Fomento, Madrid, 2004. Ministerio de Fomento, *Construcción de Edificios 1999-2004*, Centro de Publicaciones Secretaría de Estado de Infraestructuras. Dirección General de Programación económica, Madrid, 2005. D.G. de Programación Económica. Centro de Publicaciones, Ministerio de Fomento. *Construcción de edificios 2003-2007*. Madrid: Ministerio de Fomento. Secretaría de Estado de Infraestructuras. Dirección General de Programación económica, 2008.
- [5] Mercader Moyano, P., Marrero, M., Solís Guzmán, J., Montes Delgado, M.V., Ramírez de Arellano, A. (2010). Cuantificación de los recursos materiales consumidos en la ejecución de la Cimentación. *Informes de la Construcción*, Vol.62, nº 517, pp.125-132. doi:10.3989/ic.09.000
- [6] Consejería de Vivienda y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía (2009), *Base de Costes de la Construcción de Andalucía 2009*, Consejería de Vivienda y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía, Sevilla, España. http://www.juntadeandalucia.es/viviendayordenaciondelterritorio/www/estaticas/planificacion/publicaciones/banco_precios_construccion/bcca0709BCCA_09_Rev1e.bc3 (6 Mayo 2011)
- [7] Mercader Moyano, Mª P., (2010). Anexo XVI, Tomo II, Tesis doctoral: *Cuantificación de los recursos consumidos y emisiones de CO₂ producidos en las construcciones de Andalucía y sus implicaciones en el protocolo de kioto*, Sevilla: Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla.
- [8] Real Decreto 105/2008, de 1 de Febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- [9] ITEC, 2005, Metabase-TCQ 2000: Datos Ambientales. ITEC. Barcelona.Cataluña. <http://itec.cat>. (2 Marzo 2012)