

GA-147

SOSTENIBILIDAD EN LA EDIFICACIÓN. COMPARACIÓN DE DOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS¹

Gómez-Soberón J. Manuel², Corral-Higuera Ramón³, Arredondo-Rea S. Paola⁴, Gómez-Soberón M. Consolación⁵, Gómez-Soberón L. Alberto⁶ y Esteban-Díaz M. Ángel⁷

El trabajo realizado consistió en el análisis de tipologías constructivas (viviendas unifamiliares y plurifamiliares), desde la perspectiva de la sostenibilidad. Para poder lograr lo anterior, se realizó una comparativa de las afectaciones en los vectores contaminantes producidos para la aplicación de estos tipos de sistemas constructivos. Con los datos obtenidos y la aplicación de estadística descriptiva, se valoraron criterios que establecen discriminación entre los tipos de sistemas constructivos. En la investigación se tomó como conjunto de estudio catorce muestras que presentaron similitudes básicas a cada grupo de análisis; el análisis se realizó mediante el uso de la herramienta informática de libre uso para la gestión de residuos en la construcción Net Waste Tool, perteneciente a la empresa Waste & Resources Action Programme. En esta herramienta fueron introducidos los datos, características y volúmenes de cada variable/grupo para poder determinar y cuantificar sus vectores contaminantes indicativos generados. Como conclusiones del anterior trabajo, se evidencia cuál es el sistema constructivo más eficiente, y por tanto, el que comporta un menor impacto medioambiental. De esta forma, se aporta evidencia al sector de la construcción, y a la sociedad en general, de cuál es la tipología más idónea acorde a los criterios de sostenibilidad analizados, para que de esta forma pueda ser adoptada la decisión selectiva correcta en el ámbito de la construcción de viviendas.

Palabras Clave: Gestión sostenible de la construcción, Impacto ambiental en la construcción, Materiales sostenibles para la construcción.

¹ Trabajo presentado en el II Congreso Internacional de Cambios Climáticos de la VIII Convención Internacional Sobre Medio Ambiente y Desarrollo, realizada en La Habana, Cuba, del 4 al 8 de julio de 2011

² Departamento de Construcciones Arquitectónicas II, Universidad Politécnica de Cataluña. España. josemanuel.gomez@upc.edu

³ Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Ingeniería Mochis, México. rmn1779@gmail.com

⁴ Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Ingeniería Mochis, México. susypao79@gmail.com

⁵ Departamento de Materiales, Universidad Autónoma Metropolitana, México. cgomez@correo.azc.uam.mx

⁶ Profesional Ingeniero Civil, México. laags@hotmail.com

⁷ Departamento de Construcciones Arquitectónicas II, Universidad Politécnica de Cataluña. España. maed_19@hotmail.com

SOSTENIBILIDAD EN LA EDIFICACIÓN. COMPARACIÓN DE DOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

Gómez-Soberón J. Manuel, Corral-Higuera Ramón, Arredondo-Rea S. Paola, Gómez-Soberón M. Consolación, Gómez-Soberón L. Alberto y Esteban Díaz M. Ángel

1. Introducción

Se prevé que antes de mediados del presente siglo el crecimiento demográfico de la población mundial se duplique, y como causa vinculante de lo anterior, se pronostica también que se acentuará esta tendencia aún más en zonas urbanas y limítrofes. Si se tienen en cuenta las limitaciones cada vez mayores de espacios edificables en las grandes urbes, el sector de la edificación parece obligado a definir nuevas soluciones a este problema (Editorial Waste Management & Research, 2008), entre ella, la validación de una tipología constructiva de vivienda sostenible podría contribuir en este aspecto. De las tipologías constructivas más usuales de nuestro medio, las viviendas unifamiliares y plurifamiliares aún no han aportado criterios de optimización para su ratificación sostenible equiparable; aunque si bien es verdad, sí se ha dado presunción de que el uso de las viviendas mediante la tipología constructiva de viviendas plurifamiliares podría ser más sostenible que el de las viviendas unifamiliares. En España, durante el periodo de 1990 al 2007, la construcción de viviendas, zonas urbanizables e infraestructuras, reportó un aumento de un 40%, lo que condujo a un incremento del consumo de materiales por encima del 141% en ese periodo (Instituto Nacional de Estadística. (National Statistics Institute)).

Por otra parte, el desarrollo sostenible, y por ende la construcción sostenible también, se han convertido en una inquietud creciente en todo el planeta, gracias a la comprensión de lo que provoca la contaminación sobre el medioambiente, por las previsiones de agotamiento de los recursos naturales a plazo cercano, por el incremento en la generación de residuos, y por los problemas sociales que éstos pueden conllevar.

La edificación es uno de los sectores productivos que consume grandes cantidades de recursos naturales y que representa un porcentaje significativo de las emisiones de gases de efecto invernadero en el planeta. En los EE.UU., el sector de la edificación representa el 38,9% del consumo de energía primaria, el 38% de todas las emisiones de CO₂, y el 30% de la producción de residuos (U.S. Green Building Council (USGBC)). En la Unión Europea, la construcción de edificios consume el 40% de la energía primaria, el 40% de todos los materiales y genera el 40% de los residuos (Hendriks, 2000).

En términos de desechos de demolición de la construcción, la Unión Europea reporta cerca de 450 millones de toneladas anuales, de los cuales tan solo el 25% de ellos son recuperables (European Environmental Agency (EEA), 2002), En tanto que en España,

se estima que del total de residuos generados en todo el país, el 70% corresponden directamente a residuos de las actividades de la Demolición y Construcción (D&C) (Hendriks, 2000). Por último, en España las emisiones de CO₂ del sector residencial, comercial e institucional reportan incrementos de un 65% respecto del año de 1990, siendo los sectores doméstico y el de la edificación los que consumen el 20% del total de la energía, y producen al mismo tiempo, el 25% del total de las emisiones de CO₂ (Spain Green Building Council (Consejo Constructor Verde España)).

En relación a lo anterior, es importante remarcar que las tipologías constructivas como las viviendas unifamiliares representan un contrastado impacto medioambiental, un consumo de materias primas importante, un uso importante de energía para su construcción y uso, y una aplicación de elementos para su composición constructiva que en algunos casos llegan a ser innecesarios. Las viviendas deberían ser evaluadas bajo criterios equiparables que permitan corroborar su vapuleo apócrifo en la generación de residuos y uso de materiales reciclados para su elaboración con sistemas alternos de la edificación, como lo es el de las viviendas plurifamiliares. Según los datos publicados para España (ARC (Catalan Waste Agency), 2006), alrededor de 40 millones de toneladas de residuos se producen cada año en el sector de la construcción, llegando a representar el 32% del volumen total del país; por lo cual, si se verificase la anterior hipótesis referente a las viviendas unifamiliares vs plurifamiliares, se podría argumentar, y así contribuir al ahorro de materias primas, a la conservación de los recursos naturales, a la preservación de la calidad ambiental, a la protección de la salud pública, al uso de materiales reciclados (Bossink, 1996), a la reducción de residuos y al desarrollo sostenible en general.

1.1 Causas y orígenes

Actualmente, en las zonas urbanas industrializadas, se está provocando un gran impacto ambiental como producto de su necesidad de obtención de recursos materiales para el uso en el sector de la construcción. En paralelo, y de forma paulatina pero incesante, esto conduce a una situación al límite de explotación de los recursos naturales por el agotamiento de éstos, y genera de este ciclo una problemáticas que terminará haciendo técnicamente insostenible el mantener el modelo de construcción actual. Entre las principales implicaciones que genera el sector de la edificación sobre el medioambiente se pueden resaltar a las siguientes:

- Incremento de la producción y generación de los residuos contaminantes producto del proceso propio de la construcción.
- Agotamiento de los recursos naturales vírgenes o materiales de primera generación.
- Incremento en la distancia en recorrer entre la zona de extracción de las materias primas y los centros de su aplicación o utilización.

En el ámbito español, nuestro actual modelo de construcción provoca la necesidad de obtención de grandes cantidades de materia prima y de su procesamiento para la

creación de viviendas; mientras que por otra parte los residuos que se generan dentro del propio ciclo van también en incremento, aunque previsiblemente no de forma uniforme para todas las tipologías constructivas que se están realizando.

En la actualidad, la Unión Europea produce del orden de 450 millones de toneladas de residuos imputables a los sectores de la construcción y la demolición (EC (European Commission), 2000), cifra que contrasta con que este volumen de materiales represente más de una cuarta parte de todos los recursos naturales que se extraen o generan. Como motivos de la incongruencia del anterior actual proceder, se podrían imputar entre otros a los siguientes:

- Una selección incorrecta de las tipologías constructivas acorde con criterios sostenibles.
- Una mala gestión de las obras que provocan desechos no contemplados o innecesarios.
- Un uso desequilibrado de los recursos naturales que provoca una selección discriminatoria de los mismos en detrimento de los materiales de segunda generación.
- Un uso inadecuado de procesos constructivos que no permiten viabilidad y facilidad para la alternancia sostenible.

Como consecuencia de todo lo anterior, es de destacar la importancia y repercusión de las actividades que realiza el sector de la construcción en la optimización de sus procesos, en la selección de los materiales que usa, en el uso de las tipologías constructivas adecuadas, y en la gestión óptima de la generación de los residuos que producen en su propio proceso (Editorial Waste Management, 2011).

En otro orden de ideas, es importante destacar también que la vida útil de los materiales, de los productos y, en particular de las tipologías constructivas que se apliquen como soluciones para la edificación, deberán estar pensadas y dispuestas dentro de un ciclo de vida de éstas lo más cerrado posible (Ortiz, 2010), esto es, que incluyan, capten y retengan todas las actividades/insumos dentro de los siguientes conocidos conceptos óptimos de él:

- Reducción.
- Extracción, producción y uso.
- Re-uso.
- Reciclado.
- Recuperación de energía y residuo.

Asumiendo y provocando esta situación en la edificación, al final de este ciclo de vida cerrado, los residuos generados deberán ser revalorizados, minimizados o controlados mediante acciones mitigadoras; y por tanto, es aquí en donde se entiende y justifica su gran interés por el análisis de su generación, en su necesidad de demostración y en su obligada confrontación con otras alternativas constructivas que permitan dar base técnica como herramienta de decisión para un proceso constructivo sostenible.

1.2 Objetivos de la investigación-patrón de trabajo

La presente investigación, tiene como objetivo el establecer la comparación de los consumos de recursos, la extracción de los rendimientos generados y la verificación de la sostenibilidad para cada una de las dos tipologías constructivas habituales de uso en la edificación española: Viviendas unifamiliares y Viviendas plurifamiliares. Entendiéndose que, como sucede en aspectos de decisión alternativa de construcción, estos criterios o metodologías no están establecidos de forma que permitan así constituir una decisión basada en principios sostenibles (Gül, 2010). Por tanto, el proceso seleccionado para discernir, mediante criterios sostenibles, entre ambas tipologías constructivas, ha sido mediante el uso de un sistema informático evaluador de la generación de residuos en las obras. Para poder lograr lo anterior fueron seleccionadas siete muestras representativas de cada tipología constructiva como fuente de información, así mismo, fueron seleccionados los parámetros comparativos de control y los criterios de normalización de las variables, que permitieron un cotejo estadístico distintivo de las variables.

De los resultados obtenidos del proceso de análisis se filtraron e infirieron tendencias que permiten explicar y justificar, mediante valoración sostenible, la tipología constructiva más adecuada, logrando con ello fundamentar de forma técnica una propuesta de cambio constructivo en la edificación, que conlleve inmersa una reducción del impacto medioambiental.

1.3 Afabilidad del uso del sistema informático con cuantificación sostenible

El sistema informático antes referido es conocido por el nombre de Net Waste Tool (NWT) (Waste & Resources Action Programme (WRAP)). Si bien es cierto que existen en el medio varias herramientas similares a ésta (Yost, 1996), (Solís-Guzmán, 2009), (Hajjar, 2000), (Llatas, 2001), (Chandrakanthi, 2002), (Wang, 2004), NWT ha sido utilizada por su demostrada versatilidad, por su potencia, por su capacidad de procesos específicos, por su flexibilidad ante situaciones particulares y por su disponibilidad de uso libre. NWT es una herramienta diseñada para contribuir con los diseñadores, con los constructores y con los contratistas a incrementar la eficiencia en el uso de los materiales de edificación y cumplir con el reglamento de gestión que se demanden en los diferentes países. Además de la cuantificación y de la determinación del tipo de residuo y de la programación de su gestión, ofrece un enfoque de evaluación real del uso de los propios recursos, proporciona información clave sobre los costes y las cantidades de residuos a generar de un proyecto, permitiendo establecer varias estrategias como criterio de comparación. Entre sus bondades, están la capacidad de hacer una gestión eficiente de los materiales, aportar orientación en las acciones

alternativas de optimación de los residuos y generar los informes previstos necesarios con los resultados reales de cada estudio.

Por otra parte, entre sus ventajas específicas para el sector de la construcción en general y de la edificación en particular, se pueden enumerar las siguientes:

- Capacidad de definir una reducción del orden del 50% de los residuos de vertedero, proponer la neutralidad de los residuos (cero residuos en vertederos), realizar una evaluación coherente de los materiales y aportar los informes para su previsión.
- Mesura y gestión del rendimiento eficiente de los recursos de los proyectos, evaluación estándar y uso de un método de control de datos generando puntos de referencia fiables, pronóstico de las fases de diseño, del valor de los residuos y determinación de los costes de su eliminación.
- Identificación de las principales fuentes de residuos de la construcción en etapa insipiente del diseño, permitiendo así el poder centrar los esfuerzos de su reducción mediante la selección de los elementos del proyecto que generarán menos costes; y por tanto, proponer alternativas que produzcan beneficio medioambiental.
- La predicción de los residuos que se generan permiten el uso de esta información para la identificación de oportunidades (re-uso y reciclado), obteniendo de esta forma, una mejora de las acciones a ejecutar y de su uso como elemento de negociación con los subcontratistas y gestores de los residuos.
- Exactitud en la previsión de los residuos normalizados, mostrando los beneficios de su gestión y ayudando así a minimizar y recuperar dichos residuos.

2. Método de trabajo en la investigación

2.1 Descripción de las muestras de análisis

El estudio de las tipologías constructivas en edificación aquí presentado, ha requerido la división del universo seleccionado para análisis en dos Grupos de estudio:

- Grupo 1: Viviendas unifamiliares.
- Grupo 2: Viviendas plurifamiliares.

Entenderemos como Grupo 1, a todo sistema constructivo que dé servicio y uso a una unidad familiar, ya sea mediante solución de una o varias plantas, con indiferencia de geometría en planta y alzado, con disposición con respecto a otras construcciones de tipo asilado, pareado, adosada o de esquina, y solventada mediante tecnología convencional actual. Por otra parte, entenderemos como Grupo 2 a los sistemas constructivos con igual libretar de diseño que los del Grupo 1, pero que a diferencia del primer Grupo, éste dé servicio y uso a más de una unidad familiar dentro del propio sistema constructivo.

Cada uno de los Grupos de estudio se integró por muestras representativas de éstos; en específico, se incluyeron siete muestras de cada Grupo para el proceso de investigación y análisis de los resultados. El criterio de límites de aceptación adoptado para ambas tipologías constructivas fue el de la superficie construida, el cual responde a la completa disponibilidad de la información necesaria para su procesado en la investigación; en la Tabla 1 se presentan los límites del criterio aplicado:

Tabla 1 Límites de superficie en m² construidos para los Grupos de investigación.

Grupo 1		Grupo 2	
Inferior	Superior	Inferior	Superior
110	490	1330	5930

Todas las muestras están localizadas en el ámbito del territorio español y fueron diseñadas entre los años 2003 y 2009. En la Tabla 2, se presenta un listado de las muestras de análisis, aportando los datos de los valores medios representativos. Es importante comentar, que los parámetros de superficie construida, de superficie útil y el número de ocupantes, han sido seleccionados como los parámetros que permitirán la normalización de los resultados que se obtengan en el programa, de esta forma las variables estudiadas resultantes pueden ser comparadas de forma objetiva entre ellas.

Tabla 2 Resumen de datos significativos de las muestras de la investigación.

Muestra	Ubicación de la muestra			Fecha diseño	Superficie útil m ²	Superficie construida m ²	Uso (ocupantes)
	Comunidad Autónoma	Localidad	Dirección				
Grupo 1							
1	Murcia	Aljezares	C/ Del carril nº 6	11/2009	232,0	278,40	6
2	Cataluña	V i c	Can Pau nº 5	04/2007	405,0	486,0	7
3	Cataluña	Sant Just Desvern	C/ Espluques nº 80	05/2007	295,0	380,0	7
4	Cataluña	Cambrils	C/ Rambla de Jaume I 17	10/2003	90,0	105,30	6
5	Cataluña	Barberá	C/ Pintor Murillo nº 12	09/2008	192,0	238,0	7
6	Cataluña	Barcelona	C/ Claudi Guell nº 18	03/2009	319,0	381,0	3
7	Cataluña	Barcelona	C/ Pomaret nº 116	06/2008	217,0	258,0	6
Media					250,00	303,81	6
Grupo 2							
8	Cataluña	Vilanova	C/ Passeig del Carme nº 34	11/2004	1530,0	1790,0	45
9	Cataluña	Vilanova	C/ Rambla de la pau nº 15	11/2004	2950,0	3300,0	84
10	Cataluña	Sant Feliu de Codines	Avenida Escoltes con C/ Osona	12/2005	4641,73	5338,0	147
11	Cataluña	Vilanova	C/ Rambla Pirelli nº 3	07/2003	4150,0	4500,0	96
12	Cataluña	Vilanova	C/ Rambla de Lluís Companys nº 56	10/2008	2850,0	3273,0	85
13	Cataluña	Badalona	C/ Mestre Bretón nº 5	02/2006	1154,78	1328,0	44
14	Cataluña	Vilanova	C/ De la Boia s/n	06/2009	5300,0	5930,0	110
Medias					3225,22	3637,00	87

Por último, es necesario comentar que para simplificar y adaptar la investigación se han seleccionado como datos de análisis únicamente a las partidas que incluyen los capítulos de: cimentación, estructura vertical y horizontal, cubierta, escaleras fijas, cerramiento exterior, interior y practicables, carpintería metálica y de madera, acabados

de yeso y mortero, pavimentos y muebles de baño y cocina. Estas partidas son tomadas en cuenta por considerarse que son las que representan los elementos que perdurarán durante la vida útil del edificio, y que por tanto estarán siempre presentes en todas las obras estudiadas; además de considerárseles uniformes y similares entre las muestras estudiadas.

En contraposición, se han apartado del estudio las partidas de: el total de las instalaciones, acabados de alicatados y pintura y partidas en las que no se incluyen como insumos los materiales (partidas alzadas, de ayudas, de indirectos, de seguridad y salud, etc.); por considerar que éstas únicamente incrementarán la variabilidad de los resultados, no son de validez para el estudio e imposibilitan la comparación propuesta de esta investigación

2.2 Procedimiento para el tratamiento de la información

La introducción de la información de cada proyecto en NWT se hace de forma simple e intuitiva, con tan solo la entrada de las partidas específicas de cada obra y de sus volúmenes se pueden obtener los resultados que permitan la estimación de los residuos que se van a generar o producir en una determinada evaluación

Para facilitar el análisis, NWT cuenta con una amplia base de datos que contiene la información sobre las dimensiones, el contenido reciclado de los materiales, los índices de residuo que generarán y las densidades de los componentes genéricos de la construcción, siendo estos valores y parámetros resultados de estudios estadísticos previos del sector inglés; pero con una previa calibración y adaptación se pueden modificar para su aplicación específica en cualquier otro entorno.

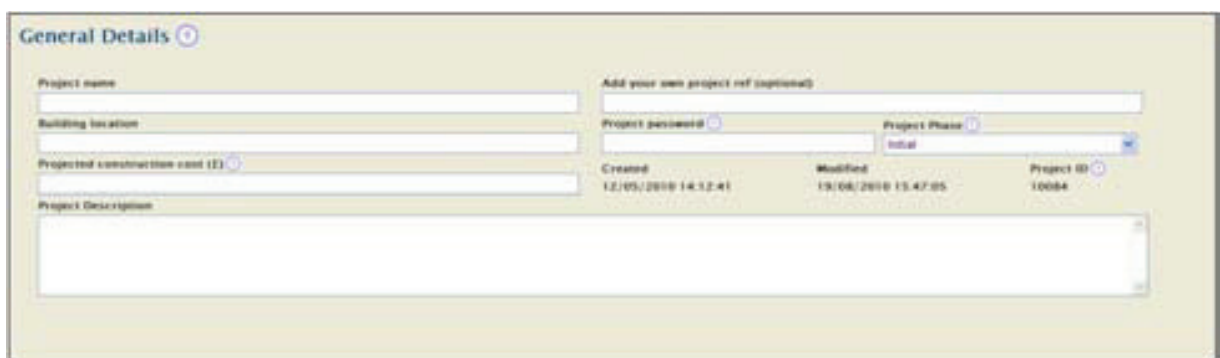
Introducida la información del proyecto y calibrados los coeficientes de cálculo, el sistema utiliza algoritmos de cálculo que le permiten evaluar los niveles de residuos generados sobre la base de la cantidad o del peso de los residuos de los materiales. De esta forma, mediante la formulación de estos datos, es factible identificar las acciones correctoras que permitan reducir los niveles de residuos generados en la obra de estudio, así como clasificar esta información por masas, por el valor alcanzado de los materiales residuos, etc.

Una vez terminada esta primera fase de análisis, NWT facilita las pautas que permiten la selección de los residuos, la identificación de los materiales que provocarán una mayor reducción y su secuencia dentro de la organización de la obra. Además, determina el coste de clasificación de los residuos y la cantidad de contenedores de acopio necesarios a lo largo de la duración de la obra.

Finalmente, NWT aporta los posibles destinos de cada material clasificado durante la construcción, valorando la cantidad de dicho material que terminará siendo asimilado como posible material reutilizado, como residuo, en vertedero, etc.

2.3 Implementación de la herramienta informática

Los pasos simplificados de la implementación de NWT inician con la introducción de los datos básicos de la obra y de su cronología o planning de proyecto, estos datos permitirán más adelante la selección de la tipología de residuo y de su volumen generado mensual, pudiendo de esta forma prever posibles reducciones de los costes de minimización, o proponer alternativas de materiales que permitan aumentar su reutilización. En la Figura 1, se presenta la ventana inicial de introducción de datos, pudiéndose apreciar los parámetros necesarios a introducir.



The screenshot shows a web-based form titled "General Details". It contains several input fields and a dropdown menu. The fields are: "Project name", "Building location", "Projected construction cost (€)", "Project Description", "Add your own project ref (optional)", "Project password", "Project Phase" (with a dropdown arrow), "Created" (12/05/2010 14:12:41), "Modified" (19/06/2010 15:47:05), and "Project ID" (10004). The form is set against a light yellow background.

Figura 1 Ventana inicial de introducción de datos en el programa.

Como el objetivo principal del proceso de estudio es el poder identificar los materiales que serán separados durante la ejecución del proyecto como residuos, se hace imperativo el definir una serie de acciones previas para poder hacerlo, entre las cuales podemos mencionar las siguientes:

- Ajuste del tamaño de los contenedores para los residuos y definir la frecuencia de su recogida.
- Identificación de los diferentes residuos por generar.
- Verificación de la exactitud de los costes de eliminación de los residuos para su segregación.

Realizados los anteriores ajustes, el programa permite seleccionar una estrategia de separación de residuos mediante la elección del número de contenedores de residuos seleccionados por mes, la selección del flujo de los residuos adicionales menores y la definición de los materiales que serán considerados como mermas y que requerirán ser transportados mezclados con los residuos no separados. Los anteriores valores son determinados mediante las mediciones introducidas al inicio del proceso y los índices y parámetros estadísticos de cada material, componente o procesos constructivos extraídos de la base de datos del programa, determinando así el volumen mensual generado mediante el uso de la información aportada en la planificación de la construcción.

En este punto de proceso de la implementación, es cuando se establecen los objetivos deseados como metas para la gestión global de los residuos, así como también, el material que es factible de su reciclado dentro del contexto propio del proyecto. La herramienta NWT permite proponer dos objetivos en acuerdo con el nivel de exigencia y control a implantar en la obra: el estándar o habitual, y el deseado u óptimo. Así mismo, un tercer nivel (mínimo o bajo) es aplicado de forma automática por el propio programa (opción no hacer nada). Para cualquiera de los tres niveles a analizar la unidad de cuantificación de éstos es en porcentaje. Para poder definir todas estas etapas del análisis, el programa nos permite su adecuación desde la página principal del proyecto, la cual, incluye los siguientes apartados que pueden ser vistos de forma gráfica en el ejemplo de la Figura 2:

- Adicionar partidas de obra.
- Configurar opciones para la reducción de los residuos.
- Configurar opciones para la separación de los residuos.
- Configurar acciones para la recuperación de los residuos.
- Configurar el contenido de reciclado rápido.
- Configurar el contenido de residuos de las demoliciones u otros residuos.
- Establecer los objetivos y los requisitos.



Figura 2 Ventana inicial de introducción de datos en el programa.

Introducidos los datos básicos generales del análisis se procede a la introducción de todas las partidas que definen el proyecto por analizar (botón adicionar y editar componentes), para lo cual, el sistema permite dos alternativas (ver Figura 3):

- Uso de un proyecto de ejemplo disponible en la plataforma y su modificación o adaptación a nuestro caso de estudio.
- Partiendo de un nuevo proyecto, introducir todas las variables y especificaciones particulares de cada partida a considerar para su análisis.

En ambos casos, todas las partidas de obra se introducen o modifican de forma individual, editando las características de cada una hasta obtener la deseada que

cuenta con las especificaciones de nuestro caso de estudio (recuadro rojo de Figura 3 y detalle de especificación de una partida de obra en específico en la Figura 4)

View/Edit	Component	Unit	Default Qty	User Qty	Part of an BRC assembly?	Select component	Copy	Delete
View/Edit	Screed	m ²	30	30				
View/Edit	Pre-cast concrete hollow core plank, 150mm thick, grouting - excludes screed	m ²	30	30				
View/Edit	Pre-cast concrete slab and beam floor, 220mm thick overall, 220mm thick in-situ beams at column centres - excludes screed	m ²	30	30				
View/Edit	Self-cleansing screed, 20mm thick, mesh reinforcement	m ²	30	30				
Wooden Floor								
View/Edit	12mm Flooring grade sub-board, plan or moisture resistant	m ²	30	30				
View/Edit	30 x 225mm joist at 400mm centres	m ²	30	30				
View/Edit	40 x 225mm BC joist at 400mm centres	m ²	30	30				
Boarding								
View/Edit	12mm OSB flooring	m ²	0	0				
View/Edit	12mm OSB flooring	m ²	0	0				
View/Edit	12mm Flooring grade sub-board, plan or moisture resistant	m ²	0	0				
View/Edit	12mm Flooring grade HDF, plan or moisture resistant	m ²	0	0				

Figura 3 Esquema general de la ventana de las partidas.

Add / Edit Component

Provide the details for the components you wish to add and click Save. When you have finished adding components close this window.

Basic details | Recycled content | Wastage | **Add new component**

Core details

Component Name: Pre-cast concrete hollow core plank, 150mm thick, grouting - excludes screed | Rate (£ / unit): 654 | % Materials: 66 %

Category 2: Floors | Category 3: b) Concrete pre cast | Unit: m² | Qty: 30

Component dimensions

Length (m): 0.0000 | Width (m): 0.0000 | Height (m): 0.0000 | Density factor (t/m³): 0.0000

Volume (m³/unit): 0.0000 | Mass (t/unit): 0.0000 | Auto calculate volume and mass:

Note: If you are modifying a default dataset component that has already been added to your project, you may need to deselect it once you have closed this screen.

Save & close | Save | Cancel

Figura 4 Esquema general de la ventana especificaciones de una partida.

Cargadas todas las partidas de estudio, el programa permite consultar un resumen gráfico de los resultados del proceso de análisis, permitiendo también examinar los indicadores claves del rendimiento para el proceso de diseño sostenible. En la Figura 5 se presenta un esquema ejemplo de los gráficos resultantes del análisis de un ejemplo, en el cual se aporta información para los dos niveles objetivos establecidos (estándar o deseado) en lo referente a: los residuos obtenidos, a los residuos a vertedero, al contenido de reciclado y al coste de los residuos.

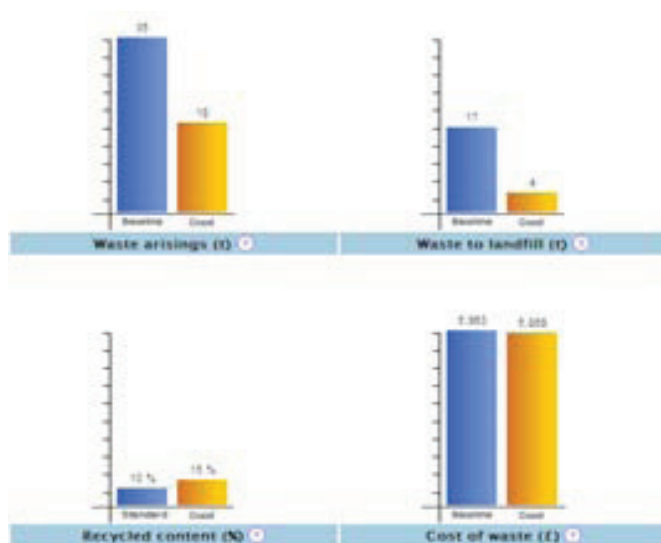


Figura 5 Esquema general de la ventana de resultados gráficos de un ejemplo.

Toda la información resultante del proceso de análisis puede ser extraída fuera del programa informático mediante diferentes reportes, NWT facilita la obtención de los resultados mediante archivos con formatos de hoja de cálculo o archivos tipo PDF. Dichos informes pueden ser utilizados para desarrollar un plan de gestión de residuos, para su análisis, para su comparación estadística, etc.

3. Discusión de los resultados obtenidos

Se obtuvieron del sistema NWT los reportes siguientes: por partidas (descripción, medidas, coste de materiales, de reciclados para los casos objetivos definidos, porcentajes de reciclado y de residuos generados, etc.); por peso, volumen y costes (porcentajes por partidas para ambos objetivos definidos y cifra de reducción de residuos estimados) y residuos clasificados por materiales (totales y por objetivos establecidos, tanto en peso, volumen y coste).

Como síntesis de la información que se generó en esta investigación, se presentan algunas relaciones de interés. Por ejemplo, si se agrupa la información de las muestras (ver Tabla 3), se puede observar que para el caso del Grupo 1, el 63.51 de los costes de la obra están agrupados en los insumos de materiales y el 36.49% a otros insumos; mientras que para el caso del Grupo 2 los valores son de 78.15% y del 21.85%, en términos promedios. Lo anterior indica dos cosas, primero que en los Grupos de edificación estudiados los costes de los materiales sobre cualquier otro insumo (mano de obra, maquinaria, indirectos de obra, etc.) son más significativos, y por tanto deberían de establecerse tratamientos especiales para ellos en la gestión global de las obras. Por otra parte, en lo referente a los Grupos estudiados se evidencia que el Grupo 2 cuenta con el orden del 14.64% más en costes imputables a los materiales, y por tanto debería considerarse que si se gestionan de forma óptima estas obras se podría

traducir en una eficiencia más sostenible. Los anteriores datos son resultado de los valores aportados en la Tabla 3.

Tabla 3 Costes generados de las muestras de estudio (euros).

Muestra	Grupo 1						
	Nº 1	Nº 2	Nº 3	Nº 4	Nº 5	Nº 6	Nº 7
Proyecto	95.119,00	309.897,00	158.601,00	50.457,00	214.607,00	377.198,00	174.072,00
Material	61.882,84	205.520,22	93.573,97	31.265,99	118.695,20	246.785,01	118.735,85
Muestra	Grupo 2						
	Nº 8	Nº 9	Nº 10	Nº 11	Nº 12	Nº 13	Nº 14
Proyecto	896.031,00	1.636.419,00	2.480.714,00	1.636.419,00	2.073.503,00	920.655,00	2.242.107,00
Material	694.308,49	1.284.155,04	1.930.730,74	1.284.155,04	1.581.757,57	718.534,32	1.795.269,97

Para poder iniciar el análisis global de los datos obtenidos, se ha seleccionado de las posibles alternativas dispuestas en el programa, el usar como valor de referencia el coste (canon de transporte y vertido) de contenedor con volumen igual a 6,10 m³; y así poder determinar los costes inherentes de las diferentes muestras estudiadas (ver la Tabla 4).

El procedimiento utilizado para determinar los costes finales (Z de la Tabla 5) de reciclaje de los materiales, se ha realizado mediante la aplicación de la Ecuación 1:

Ecuación 1

$$Z = W - R$$

donde:

Z = Valor final.

W = Valor de los residuos.

R = Valor recuperado.

Analizando los valores de costes generados de reciclaje de la Tabla 4, es de interés decir que en lo que respecta al valor W, y haciendo comparación entre los objetivos antes definidos en el trabajo, se produce un 28.76% como promedio general de ahorro para éste parámetro, un 100% de beneficio para el valor de R (como motivo de que en el objetivo estándar no existe valor para reciclar por ser una opción habitual la no contemplación de ésta), y un destacado 595.73% de mejora económica en términos generales como resultado final del análisis de todas las muestras (valor de Z de Tabla 5).

En la Tabla 5, se presentan los resultados resumidos de las muestras analizadas, como se puede observar, los valores reportan un incremento del porcentaje de contenido de material reciclado (del 7.27% al 8.23% en términos promedios globales) y de una reducción de los residuos (del 79.4% al 81.12% en términos promedios globales) para el Grupo 2 de estudio, con referencia al Grupo 1 (en ambos casos con referencia a el objetivo estándar o deseado), cifras semejantes a las reportadas en la literatura (Erlandsson, 2005).

Tabla 4 Coste reciclaje de materiales (€)

Muestra	Valor de material y embalaje residuos (W)		Valor material reciclado (R)		
	Estándar (€)	Deseado (€)	Estándar (€)	Deseado (€)	
Grupo 1	1	2.916,81	1.473,95	0,00	3.251,29
	2	9.730,81	5.063,04	0,00	8.582,00
	3	9.730,81	5.063,04	0,00	8.582,00
	4	1.840,55	905,23	0,00	1.834,90
	5	6.943,83	3.507,85	0,00	5.937,55
	6	11.282,73	5.308,92	0,00	14.839,01
	7	7.078,90	3.459,92	0,00	7.967,42
	8	31.333,93	17.347,26	0,00	42.072,78
Grupo 2	9	55.959,12	31.379,95	0,00	77.109,12
	10	82.704,96	45.534,36	0,00	88.405,19
	11	55.959,12	31.379,95	0,00	77.109,12
	12	99.848,73	56.628,07	0,00	147.089,58
	13	33.145,64	18.199,27	0,00	38.790,76
	14	85.823,25	48.215,61	0,00	104.099,48

Por otra parte, si se analizan los datos en lo referente a los objetivos marcados en el estudio, se puede decir que el hacer una gestión de las obras aplicando los objetivos deseados permitiría un incremento del contenido de materiales reciclados del 0.96% en términos promedio globales de las muestras analizadas, y de un incremento de 152.08 t o 194.51 m³ en términos promedios globales de los residuos.

Para poder realizar un análisis con más equidad comparativa, se utilizaron los valores obtenidos de la Tabla 5 (columnas 5, 6 y 7) y dividirlos entre los parámetros normalizadores de la Tabla 2 (columnas 6, 7 y 8), por considerar que éstos (efecto tamaño) son los que podrían distorsionar el análisis comparativo de valores a estudiar.

En la Tabla 6, se presenta el resultado del anterior ajuste, así como al final de la tabla los valores promedios para cada caso. En la Figura 6 apartado a), se pueden ver los valores medios normalizados para las relaciones de superficie, destacándose varios aspectos:

1. La variable de normalización *superficie útil* es la más sensible de los parámetros de análisis por contar ésta con un mayor recorrido entre máximo y mínimo alcanzados, y por tanto debería ser seleccionada como parámetro de decisión.
2. En lo referente a la expresión de los resultados, las unidades (t, m³) que mejor permiten discernir entre ellos es *metros cúbicos*, y por tanto debería ser seleccionada esta unidad de medida como la más adecuada para evaluar la gestión de residuos de las obra.
3. Como era de esperar, en todos los casos el nivel objetivo marcado en el análisis como deseable siempre genera una eficiencia sostenible mejor.
4. Por último, siendo de gran importancia para esta investigación, es el poder evidenciar en los gráficos que en todos los casos y situaciones estudiadas, el Grupo 1 de estudio genera mayor incremento de sus residuos. El orden de optimización sostenible ascendente vendría a ser el siguiente: 1) Grupo 1 con

gestión de obras estándar, 2) Grupo 1 con gestión de obras deseado. 3) Grupo 2 con gestión de obras estándar y 4) Grupo 2 con gestión de obras deseado.

Tabla 5 Tabla resumen de resultados generales de la investigación.

Muestra	Objetivo*	Contenido reciclado (%)	Residuos (t)	Residuos (m ³)	Valor final (Z) Coste materiales residuos (€)	Coste contenedores (€)	Coste total reciclaje (€)	
Grupo 1	Estándar	1	9,84	34,87	46,22	2916,81	3046,40	5963,21
		2	8,32	85,43	102,31	9730,81	5004,80	14735,61
		3	9,73	36,73	49,96	6164,96	3046,40	9211,36
		4	8,52	22,59	33,18	1840,55	2393,60	4234,15
		5	7,13	40,34	57,35	6943,83	3481,60	10425,43
		6	16,76	53,19	68,91	11282,73	3699,20	14981,93
		7	12,27	48,20	54,77	7078,90	2828,80	9907,70
Grupo 2	Estándar	8	21,63	292,44	341,69	31333,93	13926,40	45260,33
		9	20,03	253,99	326,27	55959,12	13926,40	69885,52
		10	12,34	653,00	719,00	82705,00	27635,00	110340,00
		11	20,03	253,99	326,27	55959,12	13926,40	69885,52
		12	20,37	413,18	603,40	99848,73	24153,60	124002,33
		13	13,44	189,98	238,24	33145,64	10444,80	43590,44
		14	15,60	734,83	1.038,95	85823,25	38950,40	124773,65
Grupo 1	Deseado	1	15,09	18,13	24,97	-1777,34	4394,44	2617,10
		2	12,49	44,28	53,63	-3518,96	5230,04	1711,08
		3	15,00	19,12	25,83	-3518,96	4612,04	1093,08
		4	14,39	11,68	17,60	-929,67	4442,04	3512,37
		5	12,13	21,05	28,56	-2429,70	5202,85	2773,15
		6	22,78	24,91	34,57	-9530,09	4272,06	-5258,03
		7	18,98	24,38	27,46	-4507,50	3498,48	-1009,02
Grupo 2	Deseado	8	27,69	158,38	187,56	-24725,52	10087,60	-14637,92
		9	26,04	145,41	191,19	-45729,17	9997,20	-35731,97
		10	18,82	359,00	412,00	-42870,83	13938,00	-28932,83
		11	26,04	145,41	191,19	-45729,17	9997,20	-35731,97
		12	29,67	240,65	357,52	-90461,51	11843,20	-78618,31
		13	18,84	111,14	143,72	-20591,49	9364,00	-11227,49
		14	21,40	409,04	548,97	-55883,87	18548,80	-37335,07

*Estándar: se asumen valores de reciclaje típicos. Deseado: se asumen valores de reciclaje óptimos.

En la Figura 6 apartado b) se pueden ver los valores medios normalizados para las relaciones de residuo-uso, destacándose los siguientes aspectos de interés:

1. La unidad de medida *meto cúbico* es igualmente como en el caso anterior más representativa para describir la varianza de resultados.

Tabla 6 Resultados normalizados obtenidos.

Muestra	Objetivo	Superficie útil				Superficie construida				Uso	
		Residuos (t)	Residuos (m ³)	Coste materiales residuos (€)	Residuos (t)	Residuos (m ³)	Coste materiales residuos (€)	Residuos (t)	Residuos (m ³)	Residuos (m ³)	Coste materiales residuos (€)
Grupo 1	1	0,15	0,20	12,57	0,13	0,17	10,48	5,81	7,70	486,13	
	2	0,21	0,25	24,03	0,18	0,21	20,02	12,20	14,62	1390,12	
	3	0,12	0,17	32,99	0,10	0,13	25,61	5,25	7,14	1390,12	
	4	0,25	0,37	20,45	0,21	0,32	17,48	3,77	5,53	306,76	
	5	0,21	0,30	36,17	0,17	0,24	29,18	5,76	8,19	991,98	
	6	0,17	0,22	35,37	0,14	0,18	29,61	17,73	22,97	3760,91	
	7	0,22	0,25	32,62	0,19	0,21	27,44	8,03	9,13	1179,82	
	8	0,19	0,22	20,48	0,16	0,19	17,50	6,50	7,59	696,31	
	9	0,09	0,11	18,97	0,08	0,10	16,96	3,02	3,88	666,18	
	10	0,14	0,15	17,82	0,12	0,13	15,49	4,44	4,89	562,62	
	11	0,06	0,08	13,48	0,06	0,07	12,44	2,65	3,40	582,91	
	12	0,14	0,21	35,03	0,13	0,18	30,51	4,86	7,10	1174,69	
	13	0,16	0,21	28,70	0,14	0,18	24,96	4,32	5,41	753,31	
	14	0,14	0,20	16,19	0,12	0,18	14,47	6,68	9,45	780,21	
Grupo 1	1	0,07	0,11	-7,66	0,07	0,09	-6,38	3,02	4,16	-296,22	
	2	0,09	0,13	-8,69	0,09	0,11	-7,24	6,33	7,66	-502,71	
	3	0,05	0,09	-11,93	0,05	0,07	-9,26	2,73	3,69	-502,71	
	4	0,11	0,20	-10,33	0,11	0,17	-8,83	1,95	2,93	-154,95	
	5	0,09	0,15	-12,65	0,09	0,12	-10,21	3,01	4,08	-347,10	
Grupo 2	6	0,07	0,11	-29,87	0,07	0,09	-25,01	8,30	11,52	-3176,70	
	7	0,09	0,13	-20,77	0,09	0,11	-17,47	4,06	4,58	-751,25	
	8	0,09	0,12	-16,16	0,09	0,10	-13,81	3,52	4,17	-549,46	
	9	0,04	0,06	-15,50	0,04	0,06	-13,86	1,73	2,28	-544,39	
	10	0,07	0,09	-9,24	0,07	0,08	-8,03	2,44	2,80	-291,64	
Grupo 2	11	0,03	0,05	-11,02	0,03	0,04	-10,16	1,51	1,99	-476,35	
	12	0,07	0,13	-31,74	0,07	0,11	-27,64	2,83	4,21	-1064,25	
	13	0,08	0,12	-17,83	0,08	0,11	-15,51	2,53	3,27	-467,99	
	14	0,07	0,10	-10,54	0,07	0,09	-9,42	3,72	4,99	-508,04	
Estándar	Estándar	0,19	0,25	27,74	0,16	0,21	22,83	8,36	10,75	1357,98	
Deseda	Deseda	0,13	0,17	21,53	0,12	0,15	18,90	4,64	5,96	745,18	
Deseda	Deseda	0,16	0,21	24,63	0,14	0,18	20,87	6,50	8,36	1051,58	
Deseda	Deseda	0,08	0,13	-14,56	0,08	0,11	-12,06	4,20	5,52	-818,80	
Deseda	Deseda	0,07	0,10	-16,00	0,07	0,08	-14,06	2,61	3,39	-557,44	
Deseda	Deseda	0,07	0,11	-15,28	0,07	0,10	-13,06	3,41	4,45	-688,12	

̄X= Valor de la media aritmética.

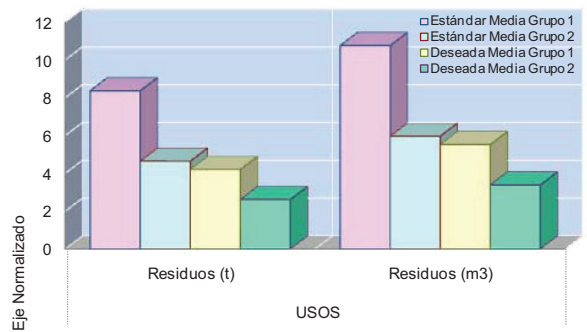
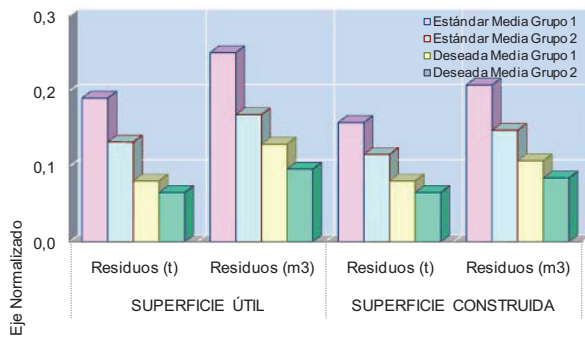


Figura 6 a) Relación superficie normalizada. b) Relación residuos-usos normalizados.

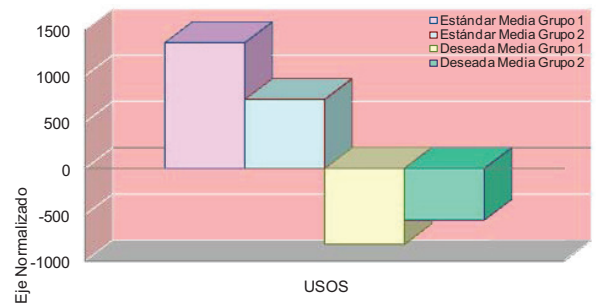
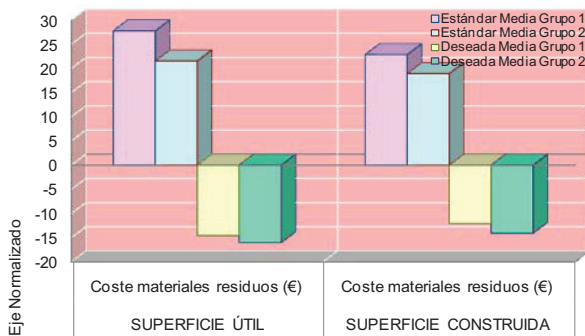


Figura 7 a) Relación coste normalizado. b) Relación costes-usos normalizados.

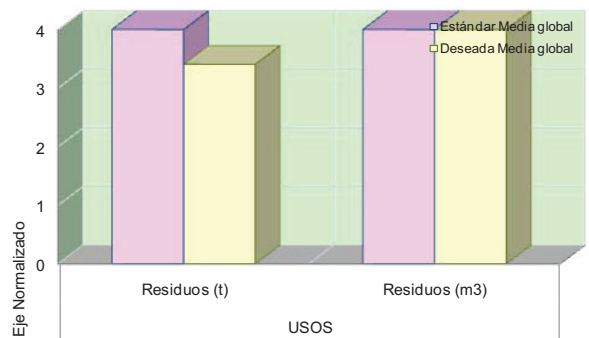
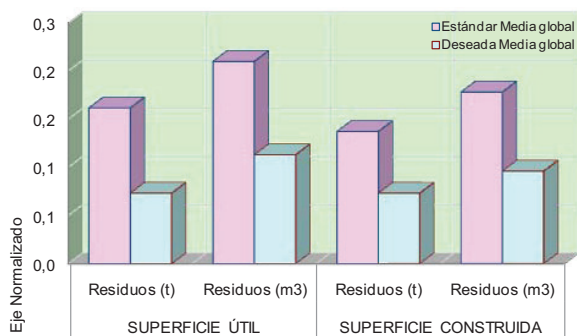


Figura 8 a) Relación superficie global. b) Relación residuo-uso global.

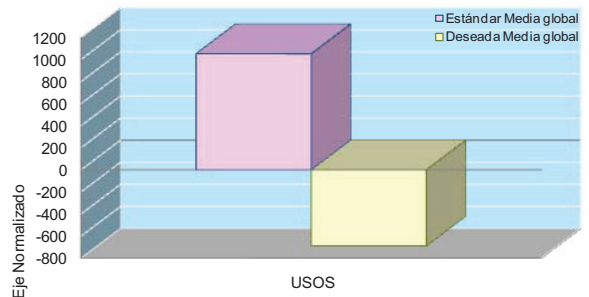
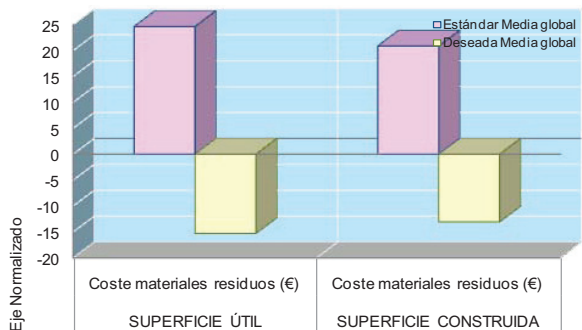


Figura 9 a) Relación coste global normalizado. b) Relación costes-usos global.

2. La diferencia en cuanto a los objetivos propuestos se mantiene de forma sensible como en el análisis anterior; sin embargo en este caso parece que sus variables son más continuas entre dos de ellas (Grupo 2 con gestión estándar y Grupo 1 con gestión deseada), considerándose por tanto previsible poco cambio significativo de una u otra alternativa.
Lo anterior, debería favorecer el aplicar criterios sostenibles en la edificación mediante el uso de elementos de edificación del Grupo 2 en lugar de las del Grupo 1 puesto que en términos de usuarios, el hacerlo o no hacerlo es poco significativo (siempre que se establezca la diferencia de su gestión de estándar a una de deseable).
3. Por último, el orden de optimización sostenible ascendente comentado en el anterior punto cuatro se mantiene para términos de usuarios de las alternativas estudiadas.

En la Figura 7 apartado a), se pueden ver los valores medios normalizados para las relaciones de costes, destacándose los siguientes aspectos de interés:

1. *Superficie útil* como variable de comparación sigue siendo la mejor alternativa, puesto que resulta ser más sensible para calibrar comparaciones de variables en costes asociados a ella.
2. Todos los casos presentados, realizando la gestión de la obra con objetivos fijados como deseados provoca costes con signo negativo (ahorro en la economía de obra) en comparación con hacerlo con objetivos estándar. Lo anterior evidencia lo necesario de su implantación en todas las obras por ser un ahorro económico directo, pero de mayor importancia, por ser un beneficio ambiental plausible.
3. Por último, analizando los costes con referencia a las tipologías constructivas, la diferencia entre el Grupo 1 y el Grupo 2 normalizados representa un ahorro del orden del 22% en objetivo estándar y de un 9% en objetivo deseado (variable de *superficie útil*). Lo anterior, debería favorecer el aplicar criterios sostenibles en la edificación mediante la definición de edificaciones del Grupo 2 en lugar de las del Grupo 1, puesto que en términos económicos el hacer o no una gestión sostenible de las obras es significativo y razonable.

En la Figura 7 apartado b), se presentan los valores medios normalizados para las relaciones de *costes-uso*, de éste grafico se puede comentar lo siguiente:

1. La diferencia en cuanto a los objetivos analizados evidencia que bajo la normalización del *número de usuarios* se mantienen como mejor evaluados los objetivos deseados en contra de los estándar (cambio de signo de gasto a ahorro)
2. Para el caso particular de objetivo deseado, se presenta una variación en cuanto al orden previsible de los Grupos estudiados. Esta variación anómala inesperada podría ser justificada mediante la siguiente explicación: En el Grupo 1 con una gestión de objetivos deseados podría resultar mejor que el Grupo 2 al contar el primero con un menor volumen de obra que permitiría así mayor optimización

económica. Otra posible explicación de este comportamiento sería que el Grupo 1 cuenta con un menor número de múltiples usuarios, y por lo tanto la normalización con filtrado de usuarios provoque esta singularidad.

En la Figura 8 apartado a) se pueden ver los valores de *superficie* normalizada global (para ambos Grupos estudiados). De esta gráfica se puede señalar lo siguiente: el establecer un procedimiento con objetivos sostenibles producirán la captación correcta de residuos en las obra; la superficie útil permite normalizaciones más amplias que facilitan la discriminación de un análisis en los términos del estudio, y por último, la unidad adecuada para medir el proceso de estudio es mediante el uso de *metros cúbicos*.

En la Figura 8 apartado b) se pueden ver los valores globales normalizados para las relaciones de *residuo-uso*, de los cuales se puede decir lo siguiente: en términos generales, la diferencia en el número de usuarios para ambos tipos de objetivos marcados es sensiblemente igual (t) o idéntico (m^3). Lo anterior pone de manifiesto que el número de usuarios de una edificación no se relaciona de forma significativa con la gestión sostenible de la construcción de cualquiera de los dos Grupos específicos estudiados, y por tanto no se justifica la necesidad (en temimos de sostenibilidad) de disponer Edificaciones del Grupo 1 en lugar de las del Grupo 2 (siempre que las segundas sean más sostenibles que las primeras).

En la Figura 9 apartado a) se pueden ver los valores de *coste global* normalizado, de los cuales se comentar lo siguiente: Siempre será más adecuado el establece procedimientos de gestión de obras del tipo *deseado*, puesto que representarán un benéfico sostenible y una mejora medioambiental, siendo el criterio de *superficie útil* el que mejor calibra este parámetro.

En la Figura 9 apartado b) se presentan los valores de *costes-usos* global normalizados, de la cual se destaca lo siguiente: siempre es más adecuado el establece procedimientos de gestión de obras del tipo *deseado*, puesto que representarán un benéfico sostenible, una mejora medioambiental, un atenuado incremento económico y no presentan una implicación significativa con respecto del número de usuarios que las utilizan. Lo anterior se entiende mejor indicando lo favorable que puede llegar a ser el establecer un procedimiento de gestión sostenible de la obra, puesto que en términos del número de usuarios puede considerarse como un moderado incremento, aunque en términos sostenibles es de gran beneficio medioambiental.

4. Conclusiones

4.1 Generales:

1. Del orden del 63.51% al 78.15% del los costes directos de las obras de edificación están agrupados en los insumos de los materiales; siendo por tanto

- que todos los procesos para su gestión, mejoras u optimización deban aplicarse y fomentarse, incluidos por supuesto los que favorecen la sostenibilidad y la protección del medioambiente.
2. En términos económicos el gestionar una obra con parámetros sostenibles (minimización del procedimiento, consideración de materiales reciclados y gestión de sus residuos) proporcionará un ahorro en ella.
 3. El establecer objetivos sostenibles deseables o con expectativas superiores a los aplicados en la práctica estándar de la construcción conducirá inexorablemente a mejoras medioambientales y económicas.

4.2 Específicas:

1. Las viviendas plurifamiliares cuentan con representatividad de materiales dentro del coste directo de la obra en el orden del 14.64% más que las viviendas unifamiliares; siendo por tanto que una gestión sostenible de las primeras predeciblemente producirá más eficiente que en una vivienda unifamiliar.
2. Las obras de vivienda plurifamiliar que se gestionen con principios sostenibles puede llegar a incrementar del orden de 7.27% al 8.23% el contenido de materiales reciclados, de reducir del orden del 79.4% al 81.12% de los residuos que generen, y a producir un ahorro de hasta un 22% en equiparables situaciones que las viviendas unifamiliares.
3. Como parámetro útil normalizador de los datos y como variable útil para definir los datos que pueden ser generados en un estudio similar al expuesto, el de la *superficie útil* y el de *metros cúbicos* resultan ser los mejores, puesto que cuentan con un mayor recorrido de variabilidad y por tanto son más sensible para determinar límites.
4. En todos los casos y variables estudiados, la tipología de vivienda unifamiliar genera mayor incremento de los residuos generados para su construcción que una vivienda plurifamiliar en equidad de comparación.
5. A efectos de número de usuarios de las viviendas analizadas, no se observa una correlación significativa importante, lo cual debía favorecer la implementación de la tipología de viviendas plurifamiliares, por ser éstas mejores en otros aspectos medioambientales.
6. Como conclusión final, se ha demostrado que las viviendas plurifamiliares pueden llegar a ser más eficientes desde la perspectiva de la sostenibilidad y cuidado del medioambiente, y que en la actualidad este tipo de edificación debería ser consideradas como la primera opción constructiva a implementar para satisfacer la necesidad de vivienda actual.

5. Agradecimientos

Los autores agradecen a: Convocatoria de ayudas para la iniciación o reincorporación a la actividad de investigación del Vicerrectorado de Política Científica de la UPC 2010-2011, al Proyecto de innovación docente "Atenea Labs 2011" del ICE de la UPC, al Proyecto de Mejoras Docentes PMD 2009-2010 del ICE-UPC, al proyecto de

investigación S-01117 del CTT-UPC, a la EPSEB-UPC y al Departamento CAII-EPSEB-UPC.

6. Referencias

- ARC (Catalan Waste Agency)** Revisió del Programa de Gestió de Residus de la Construcció a Catalunya (2004–2006) [Informe]. - 2006. - Documento disponible en Catalán.
- Bossink B. A. G., and Brouwers, H. J. H.** Construction Waste: Quantification and Source Evaluation [Publicación periódica] // Journal of Construction Engineering and Management. - 1996. - Vol. 122 (1). - págs. 55-60.
- Chandrakanthi M., Hettiaratchi, P., Prado, B. and Ruwanpura, J. Y.** Optimization of the waste management for construction projects using simulation [Conferencia] // Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference / ed. Yucesan E. Chen C. H., Snowdon J. L. and Charnes J. M.. - 2002. - págs. 1771-1777.
- EC (European Commission)** Directorate-General Environment, Directorate EIndustry and Environment, ENV.E.3-Waste Management, Management of Construction and Demolition Waste, Working Document No. 1. [Informe]. - 2000.
- Editorial Waste Management & Research** Challenges in sustainable management of construction and demolition waste [Publicación periódica] // Waste Management & Research. - 2008. - Vol. 26. - págs. 491-492.
- Editorial Waste Management** Sustainable management of waste and recycled materials in construction [Publicación periódica] // Waste Management. - 2011. - Vol. 31. - págs. 199-200.
- Erlandsson M., Levin, P.** Environmental assessment of rebuilding and possible performance improvements effect on a national scale [Publicación periódica] // Building and Environment. - 2005. - Vol. 40 (11). - págs. 1459–1471.
- European Environmental Agency (EEA)** Review of Selected Waste Streams [Informe]: Technical Report No. 69 / European Environmental Agency. - Copenhagen, Denmark : [s.n.], 2002.
- Gül Y. C., Gül E. O., Riley, D. R.** Sustainable performance criteria for construction method selection in concrete buildings [Publicación periódica] // Automation in Construction. - 2010. - Vol. 19. - págs. 235-244.
- Hajjar D., and AbouRizk, S.** Application Framework for Development of Simulation Tools [Publicación periódica] // Journal of Computing in Civil Engineering. - 2000. - Vol. 14 (3). - págs. 160-167.
- Hendriks C.F., Pietersen, H.S.** Sustainable Raw Materials: Construction and Demolition Waste [Libro]. - Cachan Cedex : RILEM Publication, 2000.
- Instituto Nacional de Estadística. (National Statistics Institute)** [En línea]. - 01 de 05 de 2011. - <http://www.ine.es/>.
- Llatas C.** A model for quantifying construction waste in projects according to the European waste list [Publicación periódica] // Waste Management. - 2001. - doi:10.1016/j.wasman.2011.01.023.

- Ortiz O., Pasqualino.J. C., Castells, F.** Environmental performance of construction waste: Comparing three scenarios from a case study in Catalonia, Spain [Publicación periódica] // Waste Management. - 2010. - Vol. 30. - págs. 646–654.
- Solís-Guzmán J. Marrero, M., Montes-Delgado, M. V., and Ramírez-de-Arellano, A.** A Spanish model for quantification and management of construction waste [Publicación periódica] // Waste Management. - 2009. - Vol. 29. - págs. 2542–2548.
- Spain Green Building Council (Consejo Constructor Verde España)** [En línea]. - 01 de 05 de 2011. - <http://www.spaingbc.org/>.
- U.S. Green Building Council (USGBC)** [En línea]. - 01 de 05 de 2011. - <http://www.usgbc.org/>.
- Wang J. Y., Touran, A., Christoforou, C., and Fadlalla, H.** A systems analysis tool for construction and demolition wastes management [Publicación periódica] // Waste Management. - 2004. - Vol. 24. - págs. 989–997.
- Waste & Resources Action Programme (WRAP)** [En línea]. - 01 de 05 de 2011. - <http://nwtool.wrap.org.uk/>.
- Yost P. A., and Halstead, J. M.** A methodology for quantifying the volume of construction waste [Publicación periódica] // Waste Management & Research. - 1996. - Vol. 14. - págs. 453–461.