

## **72. Pasos hacia la integración de los procesos de regeneración de la envolvente de edificios obsoletos españoles en el paradigma del desarrollo sostenible**

**Ramos Martín, Manuel**<sup>(1)</sup>, **Mercader Moyano, María del Pilar**<sup>(2)</sup>

(1) Universidad de Sevilla, manrammar3@alum.us.es, 0034644340758

(2) Universidad de Sevilla, pmm@us.es, 0034618305559

**Resumen** El objetivo de la siguiente comunicación es realizar una revisión sucinta de aquellos aspectos normativos y legislativos que acotan la intervención sobre la envolvente de nuestros edificios en materia de rehabilitación energética a través de las mejoras sobre la envolvente de los edificios españoles, en relación a las políticas europeas; determinar el panorama internacional en lo referente a la evaluación de la sostenibilidad en rehabilitación y establecer una serie de conclusiones al respecto. Para ello el artículo se estructurará en tres bloques temáticos: (1) “Cambio climático, gases de efecto invernadero y desarrollo sostenible”, donde se establece la conexión de los intereses políticos e institucionales en materia de reducción de emisiones de GEI con las medidas a nivel europeo y español, haciendo especial énfasis en los mecanismos y herramientas para la determinación de la eficiencia energética; (2) “La evaluación de la sostenibilidad de los edificios”, realizándose una revisión de aquellas herramientas de evaluación y/o certificación de la sostenibilidad, así como de aquellas basadas en un estudio medioambiental, y en ocasiones económico, de las medidas a través del ACV y adaptaciones de dicha metodología a la compleja realidad de los edificios; y (3) “Eficiencia energética y construcción sostenible en la rehabilitación de edificios”, apartado en el cual se extraen conclusiones al respecto de la integración de los procesos de rehabilitación energética dentro del paradigma del desarrollo sostenible y su potencial implementación en herramientas BIM.

**Palabras clave** Regeneración urbana, Eficiencia energética, Desarrollo sostenible, BIM, Estrategias pasivas

## **1 Cambio Climático, Gases de Efecto Invernadero y Desarrollo Sostenible**

Son innumerables los resultados de investigaciones en relación al cambio climático que muestran como está repercutiendo negativamente en la actualidad sobre aspectos tan esenciales como la calidad del aire, el agua, la producción de alimentos, etc. Sin embargo los acuerdos internacionales, alcanzados a lo largo de la segunda mitad del siglo XX y principios del XXI dirigidos a atender “urgentemente” la problemática del cambio climático, no han sido capaces aún de revertir la tendencia. Ante la necesidad de reducir las emisiones de gases provocadores del efecto invernadero (GEI) -tal y como fueran ya identificados en el Protocolo de Montreal de 1987- surge la más importante línea de acciones políticas en materia medioambiental. De este modo y mediante dichos acuerdos los estados implicados se comprometen a reducir sus emisiones de GEI, lo cual no deja de resultar paradójico si atendemos al hecho de que limitamos un modelo de desarrollo y crecimiento tradicional, sin incidir en modo alguno en sus procesos e implicaciones sociales y económicas (González-Díaz, 2013).

Todo hace pensar que el paradigma de la sostenibilidad ilustrado por el conocido Informe Brundtland, presentado ante la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo a finales de los ochenta, no haya sido interpretado aun adecuadamente, puede en parte ser debido a la medida ambigüedad de su definición central:

“satisfacer las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones.”

Esta definición incluye de manera inteligente el concepto de necesidad, lo cual ineludiblemente establece una serie de limitaciones, pero también exige una distribución de los recursos más equitativa. Esta equidad demanda a su vez de un apoyo de los sistemas políticos que garantice la participación de la ciudadanía y evidencie una voluntad política de cambio que haga posible alcanzar un nivel de desarrollo sostenible que contemple tres ámbitos correlacionados: ambiental, social y económico (Conferencia Europea sobre Ciudades Sostenibles, 1994).

El Consejo Europeo se suma a estas medidas a través de la creación de un mecanismo de seguimiento de las emisiones de gases de efecto invernadero y de evaluación del progreso en el cumplimiento de los compromisos respecto a dichas emisiones (Decisión 93/76/CEE), que permite a los Estados miembros determinar la cuota total de derechos de emisión que deben asignarse, considerando su potencial reducción. Se da así el pistoletazo de salida a una serie de medidas basadas en la limitación del Cambio Climático, pero en ningún caso propulsoras de una necesaria transformación basada en el desarrollo sostenible.

### ***1.1 Los Edificios Europeos y sus Emisiones***

Debido al importante impacto ambiental del sector de la edificación en Europa se tomaron una serie de medidas relativas a la limitación de las emisiones de dióxido de carbono a través de la mejora de la eficacia energética (Directiva 93/76/CEE). Dicha directiva exigió a los Estados miembros instaurar y aplicar programas de rendimiento energético en el sector de los edificios e informar sobre su aplicación.

No es hasta nueve años más tarde que se empieza a hablar en Europa de eficiencia energética de los edificios (Directiva 2002/91/CE), teniendo en cuenta las condiciones climáticas exteriores y las particularidades locales, así como los requerimientos ambientales interiores y la relación coste-eficacia.

El Consejo Europeo celebrado en Bruselas en marzo de 2007 sentó las bases sobre una Política Energética Europea (PEE) a corto y medio plazo. Se puso entonces de relieve la necesidad de aumentar la eficiencia energética en la Unión para alcanzar el objetivo de reducir su consumo energético en un 20 % y aumentar en el mismo porcentaje el empleo de energía procedente de fuentes renovables para el año 2020. Definiéndose así el compromiso a largo plazo de mantener el aumento de la temperatura global por debajo de 2 °C y de reducir para 2020 las emisiones totales de GEI en un 20 % como mínimo con respecto a los niveles de 1990. Dichos compromisos quedaron plasmados a través de la Directiva 2010/31/UE, relativa a la eficiencia energética de los edificios, que refundió la anterior Directiva 2002/91/CE y estableció nuevos objetivos para el periodo 2010-2020 en relación con los requisitos mínimos de eficiencia energética, certificación energética e inspección periódica de las instalaciones térmicas de los edificios. Esta Directiva precisa y completa aspectos ya tratados en la Directiva de 2002, introduce modificaciones y novedades como la metodología de cálculo de los requisitos mínimos de eficiencia energética, que se deben fijar de acuerdo con un “marco metodológico comparativo” común y establecerse en base a un nivel óptimo de rentabilidad donde se tendrán en cuenta los costes de inversión, mantenimiento, operación, energía, etc. Calculados para el periodo de vida útil del edificio (Unión Europea, 2010).

En 2011 la Comisión confirmó que la Unión no estaba, pese a los progresos en las políticas nacionales, camino de alcanzar su objetivo de eficiencia energética. Se puso entonces de relieve que los edificios existentes de la Unión representan el 40% de consumo de energía final, lo cual hacía pensar que los Estados miembros deberían crear una estrategia a largo plazo para después de 2020 destinada a movilizar inversiones en la renovación de edificios residenciales y comerciales para mejorar el rendimiento energético del parque inmobiliario. Es por ello que se aprueba en octubre de 2012 la Directiva 2012/27/UE, estableciendo un marco común de medidas para el fomento de la eficiencia energética dentro de la Unión a fin de asegurar la consecución del objetivo principal de eficiencia energética de la Unión en un 20 % de ahorro para 2020, y a fin de preparar el camino para mejoras ulteriores de eficiencia energética más allá de ese año (Unión Europea, 2012).

## ***1.2 Eficiencia Energética de Edificios en España***

En la actualidad en España el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de edificios queda regulado por el Real Decreto 235/2013 que, en línea con lo planteado en la ya mencionada Directiva europea de 2010, establece un procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética tanto de los edificios de nueva construcción, como de aquellos edificios o partes de edificios existentes que se vendan o alquilen a un nuevo arrendatario, siempre que no dispongan de un certificado en vigor (España, 2013). De este modo se establece la obligación de disponer por parte de los compradores o usuarios de dicho certificado que deberá incluir información objetiva sobre la eficiencia energética de un edificio y valores de referencias tales como requisitos mínimos de eficiencia energética con el fin de que los propietarios o arrendatarios del edificio o de una unidad de éste puedan comparar y evaluar su eficiencia energética. Dichos requisitos mínimos quedan regulados mediante el Documento Básico de Ahorro Energético HE del Código Técnico de la Edificación.

La finalidad de la aprobación del procedimiento es la "información objetiva" para compradores y/o usuarios, sin que se establezca de manera expresa una prescripción de soluciones para la mejora de la eficiencia energética, ni plazos de tiempo para la adopción de las mismas. No obstante se identifica la necesidad de presentar un documento de recomendaciones para la mejora de los niveles óptimos o rentables de la eficiencia energética de un edificio; consistentes en medidas activas (interviniendo sobre las instalaciones térmicas y/o de iluminación) o pasivas (interviniendo sobre la envolvente de los edificios).

## ***1.3 Cálculo de la Eficiencia Energética de Edificios en España***

El cálculo de la eficiencia energética regulado por el RD 235/2013 se soporta en dos indicadores principales: las emisiones anuales de CO<sub>2</sub> equivalentes (kgCO<sub>2e</sub>.m<sup>2</sup>) y el consumo anual de energía primaria no renovable (kWh.m<sup>2</sup>). Complementariamente a estos indicadores se considera la demanda tanto por calefacción, como por refrigeración, el consumo de energía primaria no renovable desagregada por servicios y las emisiones anuales desagregadas por servicios, por consumo eléctrico y por otros combustibles (Ministerio de Industria Energía y Turismo, 2015a, p. 4).

De este modo la calificación energética final de nuestro edificio se establecerá en función del consumo anual del mismo y de sus emisiones, dichos indicadores podrán ser determinados mediante un modelo térmico del edificio o métodos simplificados equivalentes, a criterio del técnico encargado de realizar la evaluación siendo ambos métodos regulados por el estado.

### ***1.4 Herramientas reconocidas para la Evaluación y Certificación Energética de Edificios***

El estado reconoce, a través del Ministerio de Energía y Turismo, cuatro implementaciones informáticas que permiten generar y evaluar informáticamente la eficiencia energética de los edificios: CERMA, CE3, CE3X, basados en métodos simplificados y la Herramienta Unificada Lider Calener (En adelante HULC), que ofrece unos datos más precisos a través de la utilización de un modelo térmico del edificio.

Todas ellas son igualmente válidas, sin embargo se sirven de diferentes parámetros y métodos de cálculo que, consecuentemente, hace que los resultados sean diferentes tanto en la determinación de emisiones, como en el cálculo del consumo energético del edificio. Un análisis comparativo realizado por la universidad de Granada en 2015 contrastó los distintos resultados que las tres herramientas basadas en el método simplificado ofrecían para un mismo proyecto con los obtenidos mediante el software CALENER VYP, versión anterior de HULC (Carpio, Martín-Morales, & Zamorano, 2015, p. 100).

El estudio comparativo mostraba que la herramienta CE3 incrementa en un 2,21% el cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub>. Por el contrario documentos como CEX (Versión anterior a CE3X) y CERMA presentaban valores menores, con reducciones del 26,29% y 24,49% respectivamente. Pese a que estas diferencias no comportan errores significativos en la obtención de la letra correspondiente a la calificación energética del edificio, si es cierto que la utilización de unas herramientas frente a otras puede inducir a errores en la elección de soluciones específicas para los cerramientos de los edificios.

En el caso concreto de intervenciones en edificios existentes no se requiere, salvo que se trate de una ampliación del mismo, que se cumplan las limitaciones de consumo energético indicadas en la sección HE0 y sólo se contemplen aspectos relacionados con la demanda energética. No obstante los métodos simplificados que a través de la norma se proponen para edificios existentes, los más usados (CE3, CE3X y CALENER), no permiten determinar separadamente la demanda energética de calefacción y la de refrigeración, algo que se entiende como extraordinariamente necesario si atendemos a las importantes oscilaciones térmicas entre el régimen de verano e invierno de nuestro clima. Esto sin duda alguna introduce distorsiones en los resultados que no permite que puedan proyectarse adecuadamente soluciones basadas en estrategias pasivas que, contempladas desde la perspectiva de ACV, son las que mayor repercusión tienen en el conjunto de medidas que puedan adoptarse.

### ***1.3 Herramientas Complementarias para la Evaluación Energética de Edificios***

Alternativamente a las herramientas proporcionadas por la administración podrán considerarse otras, siempre y cuando se verifiquen las condiciones técnicas relativas a los procedimientos para la evaluación de la eficiencia energética de los edificios en España que se establecen por parte del ministerio (Ministerio de Industria Energía y Turismo, 2015b), ya sea con el objetivo de emplear los resultados obtenidos para la certificación energética de los edificios o para la verificación de las exigencias reglamentarias del CTE-DB-HE. De este modo se establecen, entre otras condiciones, las características generales de los procedimientos de cálculo y la precisión de los mismos. Según éste documento, la capacidad de los procedimientos de cálculo para obtener resultados con una precisión suficiente para su uso en la evaluación de la eficiencia energética de los edificios se puede acreditar, bien por hacer uso de un motor de cálculo de referencia [DOE2, BLAST, ESP, SRES/SUN (SEIRES/SUNCODE), SERIRES, S3PAS (LIDER/CALENER), TAS, TRNSYS, EnergyPlus] cuya precisión se considera contrastada, o bien mediante justificación específica sobre su precisión en un informe de resultados para procedimientos basados en la norma UNE-EN ISO 13790. Sirva para ilustrar la viabilidad de plantear la alternativa de evaluación mediante herramientas BIM, la utilización de Revit del motor de cálculo DOE2 para la evaluación del comportamiento energético del edificio tanto en su fase de diseño como de uso, algo demostrado ya por trabajos de la UPC (Norte Sosa, 2014). Con esto apunta hacia las posibilidades que la propia normativa ofrece para la adopción fundamentada de métodos alternativos que, gracias a la aparición de programas basados en modelos informáticos de edificio, permitirían además considerar parámetros relacionados con la construcción sostenible de las medidas de mejoras de ahorro energético de los edificios.

## **2 La Evaluación de la Sostenibilidad de los Edificios**

Los sistemas de evaluación y herramientas que veremos contemplan consensuadamente la definición, el alcance y objetivos fijados por el estándar internacional 15392, que no establece agendas políticas o proporciona prioridades relacionadas con preocupaciones específicas establecidas internacionalmente, aunque sus requerimientos y objetivos si están relacionados con aquellas metas políticas orientadas a la identificación de los principios generales para la construcción sostenible (ISO 15392, 2008, p. vi) . Tal y como reconoce dicha norma internacional, los sistemas de evaluación de edificios deberán considerar los tres principales aspectos de la sostenibilidad: ambiental, social y económico; entendidos desde una perspectiva del análisis del ciclo de vida (Andrade & Bragança, 2016); sin que deban ser

confundidos los aspectos sociales con las condiciones de usabilidad, durabilidad, seguridad y confort, intrínsecas a cualquier proyecto arquitectónico de nueva planta.

### ***2.1 Herramientas para Sistemas de Evaluación y Certificación de la Sostenibilidad***

Comenzaremos hablando de los sistemas de evaluación que, en el caso concreto de nuestro estudio, se aplican a edificios existentes, no siendo este el único contexto posible donde considerarlos, tal y como veremos más adelante. Estos sistemas proponen, además de la evaluación de la sostenibilidad, una clasificación dentro de una serie de escalas, pudiendo incorporarse una posterior certificación a través de un instituto u organismo acreditado. Son entidades las encargadas de evaluar, clasificar, certificar la sostenibilidad y desarrollar herramientas concretas para las que cada método hace sus consideraciones particulares y establece un sistema de escalas en torno al concepto de sostenibilidad sobre el que trabajan.

Conviene destacar importantes diferencias entre la metodología y áreas que contemplan las distintas herramientas para acreditar la sostenibilidad de los proyectos evaluados, calificados y/o certificados. Mientras que algunas herramientas entienden la sostenibilidad a través del rendimiento energético del proyecto en fase operacional –como por ejemplo el estándar PassivHaus–, hay otras que avanzan sobre la consideración de otro tipo de cargas ambientales vinculadas a la fase de uso del edificio y relacionadas directamente con los procesos constructivos o de deconstrucción y demolición del edificio (BEAT 2002, DGNB, LEnSE y otras). En la tabla incorporada al término de este apartado se recogen las diferentes fases que cabría contemplasen los sistemas y sus herramientas; así mismo se identifica el contexto geográfico en el que surgieron y donde principalmente han sido aplicadas, no obstante muchas de las herramientas han sido aplicadas en diversos países (DGNB, BREEAM, LEED y SBTTool), lo cual permitiría dar soporte a un análisis comparativo de la sostenibilidad a través de su estructura.

En la tabla síntesis de la revisión de estas herramientas (Figura 1) se puede observar comparativamente las principales ventajas e inconvenientes de las distintas herramientas para la evaluación de la sostenibilidad y su certificación estudiadas.

### ***2.2 Herramientas de evaluación de la sostenibilidad basadas en el ACV***

Como hemos podido ver al inicio de este apartado, contemplar el ciclo de vida de nuestras edificaciones y su relación con las distintas dimensiones que comprenden

la sostenibilidad se convierte en una vocación general de todos los sistemas existentes, debido en parte a la importancia que ello tiene en la toma de decisiones inicial. Mediante la técnica del análisis del ciclo de vida podemos comprender y tratar los impactos ambientales asociados a un producto o servicio; a través de la recopilación de entradas, salidas y potenciales cargas al medio, a lo largo de las distintas etapas de la vida de dicho producto o servicio (UNE-EN ISO 14040, 2006, pp. 8-10). Mediante este método se puede: identificar mejoras del desempeño ambiental de los productos empleados; aportar información a los agentes implicados en los procesos de diseño y toma de decisiones; seleccionar las técnicas de medición e indicadores adecuados para la identificación de dichos impactos y la certificación de los resultados mediante un proceso de clasificación basado en dicha evaluación. No obstante, un análisis de este tipo abarca la totalidad de las etapas del Ciclo de Vida, algo que puede requerir de un gran número de datos y la aplicación de una cantidad considerable de recursos para su realización. Es por ello que se normalizó la simplificación de dicho análisis, a fin de reducir la complejidad del estudio y de ahí el coste, tiempo y esfuerzo necesarios para realizarlo (UNE 150041 EX, 1998, p. 4). Algo que señala directamente a la idoneidad de modelos de ACV simplificados para su aplicación en edificación.

El estudio de las distintas herramientas investigadas a lo largo del estado de la cuestión (indicado en la Figura 1) ha mostrado la interoperabilidad de estas con los sistemas de evaluación y certificación anteriormente mencionados (como LEED y BREEAM), que encuentran en estas herramientas el medio para evaluar los impactos ambientales de la construcción, el uso y el fin del ciclo de vida de la estructura física del edificio. Además se ha estudiado las posibilidades que dichas herramientas proponen para su integración en nuevos modelos de trabajo, verificándose que algunas de ellas (TCQ2000 e IMPACT) han comenzado a operar en entornos BIM o contemplar el intercambio de archivos en formato IFC (BRE Group, 2012; ITEC, 2016).





ción de la sostenibilidad de edificios basados en técnicas ACV simplificado. Existen en la actualidad investigaciones, que se sirven de dichas técnicas, desarrollando herramientas para la selección de soluciones constructivas de envolventes mediante el empleo de modelos que estudian los impactos ambientales de las soluciones más habituales (Huedo, Mulet, & López-Mesa, 2016).

### **3 Eficiencia Energética y Construcción Sostenible en la Rehabilitación de Edificios**

Como hemos observado, la limitación de emisiones de GEI establecidas internacionalmente tiene su reflejo en edificación a través del concepto de eficiencia energética. No obstante el proceso de certificación con que contamos no va más allá del marketing y la caracterización del problema y ello se constata a través de las escasas intervenciones en materia de rehabilitación energética en España; algo que resulta del todo contradictorio si consideramos que nuestro país cuenta en la actualidad con 5,48 millones de edificios residenciales obsoletos construidos con anterioridad a 1980, según datos del INE de 2012. La realidad, según datos de Euro-construct (2013), es que la rehabilitación de edificios no es una práctica generalizada y se sitúa quince puntos por detrás de la media europea, en torno al 41 % del sector de la construcción (Val, 2015).

Abordar el proceso de rehabilitación urbana desde la perspectiva del desarrollo sostenible anteriormente ilustrado, comporta necesariamente una serie de implicaciones que van más allá de las consideraciones ambientales y que habrán de considerar, entre otras cuestiones, la corresponsabilidad económica entre vecinos y administración; algo que exigirá buscar nuevas vías de gestión y financiación, por ejemplo, mediante la capitalización de los ahorros energéticos, apoyo de entidades privadas y demás estrategias para que la actividad se desarrolle de manera sostenible (Cervero-Sánchez, N & Agustín-Hernández, 2015). Se pone así de manifiesto la complejidad de su implementación y el elevado nivel de exigencia a los agentes intervinientes en el proceso. No obstante, la crisis del modelo tradicional y las exigencias políticas a nivel europeo en materia de rehabilitación energética generan un territorio de oportunidad a la aparición de nuevos modelos de gestión de los procesos de rehabilitación.

Así mismo la especialización y participación de los distintos profesionales a lo largo del proceso constructivo precisa de una gestión de toda esta información para su planificación, cuantificación de costes/beneficios económicos, ambientales y sociales. En este complejo contexto, la definición de una metodología integrada y colaborativa de diseño, basada en prestaciones que considere el uso del BIM y las simulaciones a lo largo de todo el proceso (Mediavilla, Izkara, & Prieto, 2015) representaría una importante ayuda en el proceso de gestión y evaluación de las actuaciones en materia de rehabilitación. Además los entornos BIM ofrecen un espacio de trabajo colaborativo que promete ser el medio habitual por el cual distintos

profesionales del sector de la edificación colaboren simultáneamente en diferentes proyectos. Algunas herramientas BIM permiten ya integrar la evaluación del impacto ambiental de los edificios (Motawa & Carter, 2013); la implementación de certificaciones como LEED son en la actualidad una realidad en constante desarrollo (Jalaei & Jrade, 2015). En este sentido la asociación BuildingSMART trabaja en la elaboración de guías y la promoción de la metodología BIM a través de estándares abiertos (BuildingSMART Spanish Chapter, 2016), siendo un referente a nivel nacional y clarificando las verdaderas oportunidades que la implantación de estos modelos de trabajo representan.

Como reflexión final, podemos afirmar que la evaluación de la sostenibilidad de cada proceso de transformación resulta de vital importancia a tenor de los datos ya mencionados. Es por ello que la definición de una metodología de evaluación desarrollada para intervenciones de regeneración de envolventes de edificios y su integración en nuevas plataformas de trabajo permitirá una paulatina profesionalización de los oficios relacionados con la arquitectura, posibilitando la optimización de los procesos y una transmisión más ágil de la información.

## Referencias

- Andrade, J., & Bragança, L. (2016). Sustainability assessment of dwellings – a comparison of methodologies Sustainability assessment of dwellings – a comparison of methodologies. *CIVIL ENGINEERING AND ENVIRONMENTAL SYSTEMS*, 33, NO.2, 125-146. <http://doi.org/10.1080/10286608.2016.1145676>
- BRE Group. (2012). IMPACT. Recuperado 27 de abril de 2016, a partir de <http://www.impactwba.com/>
- BuildingSMART Spanish Chapter. (2016). BuildingSMART, Spanish Home of openBIM. Recuperado 17 de noviembre de 2015, a partir de <http://www.buildingsmart.es/>
- Carpio, M., Martín-Morales, M., & Zamorano, M. (2015). Comparative study by an expert panel of documents recognized for energy efficiency certification of buildings in Spain. *Energy & Buildings*, 99, 98-103. <http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.04.022>
- Cervero-Sánchez, N & Agustín-Hernández, L. (2015). Remodelación, Transformación y Rehabilitación. Tres formas de intervenir en la Vivienda Social del siglo XX, 67, 1-11. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.3989/ic.14.049>
- Conferencia Europea sobre Ciudades Sostenibles. (1994). *Carta de las Ciudades Europeas hacia Sostenibilidad*. Aalborg.
- España. Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios, 89Boletín Oficial del Estado, 13 de abril de 2013, núm. 89, 27548-27562 (2013).
- González-Díaz, M. J. (2013). Sostenibilidad y construcción. En J. García-Navarro (Ed.), *Sostenibilidad en la construcción* (pp. 13-54). Madrid: Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja.
- Huedo, P., Mulet, E., & López-Mesa, B. (2016). A model for the sustainable selection of building

- envelope assemblies. *Environmental Impact Assessment Review*, 57, 63-77.  
<http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.eiar.2015.11.005>
- ISO 15392. Sustainability in building construction - General principles (2008).
- ITEC. (2016). ITeC lanza una versión del software TCQ2000 para trabajar en un entorno BIM. Recuperado 15 de abril de 2016, a partir de [http://www.coaatavila.es/doc\\_boletin/BIM\\_02\\_16.pdf](http://www.coaatavila.es/doc_boletin/BIM_02_16.pdf)
- Jalaei, F., & Jrade, A. (2015). Integrating building information modeling (BIM) and LEED system at the conceptual design stage of sustainable buildings. *Sustainable Cities and Society*, 18, 95-107. <http://doi.org/10.1016/j.scs.2015.06.007>
- Mediavilla, A., Izgara, J. L., & Prieto, I. (2015). HOLISTEEC – Plataforma colaborativa en la nube basada en BIM para el diseño de edificios energéticamente eficientes. *Spanish journal of BIM*, 15(1), 4-11.
- Ministerio de Industria Energía y Turismo. (2015a). *Calificación de la eficiencia energética de los edificios*. Madrid.
- Ministerio de Industria Energía y Turismo. (2015b). *Condiciones técnicas de los procedimientos para la evaluación de la eficiencia energética de los edificios*. Madrid.
- Motawa, I., & Carter, K. (2013). Sustainable BIM-based Evaluation of Buildings. *Physics Procedia*, 74, 419-428. <http://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.03.015>
- Norte Sosa, E. (2014). Modelado de información para la edificación en BIM y su aplicación frente a las exigencias de la demanda energética con LIDER Y ECOTECT.
- UNE 150041 EX. Análisis del ciclo de vida simplificado (1998).
- UNE-EN ISO 14040. Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y marco de referencia (2006).
- Unión Europea. Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios (refundición), Diario Oficial de la Unión Europea, de 18 de junio de 2010, núm. 153, 13-35 (2010).
- Unión Europea. Directiva 2012/27/UE del parlamento Europeo y del Consejo de 25 de octubre de 2012, Diario Oficial de la Unión Europea, 14 de noviembre de 2012, núm. 315, 1-56 (2012).
- Val, J. R. De. (2015). Potencial del nuevo marco normativo para el impulso de la rehabilitación y la regeneración urbana en los ámbitos autonómico y local, 67, 1-17.