EUBIM 2023

12º Encuentro de Usuarios BIM

BIM INTERNATIONAL CONFERENCE

ÉLITE BIM

Valencia 17, 18, 19, 20 de mayo 2023

LIBRO DE ACTAS

Entidades Participantes:

GURV

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR ENGINYERIA D'EDIFICACIÓ

COAT VALENCIA
Colegio Oficial de la Arquitectura Técnica de Valencia

CAMINOS UPV ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
COMPROMETIDA CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS

CONSEJO GENERAL DE LA ARQUITECTURA TÉCNICA DE ESPAÑA

CTAV COLEGIO TERRITORIAL DE ARQUITECTOS DE VALENCIA

Organizadores:

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

www.EUBIM.com

Congresos UPV

EUBIM2023. International BIM Conference EUBIM 2023. 12º Encuentro de usuarios BIM

Los contenidos de esta publicación han sido evaluados por el Comité Científico que en ella se relaciona y según el procedimiento que se recoge en http://www.eubim.com

© Edición Científica

Begoña Fuentes Giner
Inmaculada Oliver Faubel

Comité Organizador

Manuela Alarcón Moret
Alberto Cerdán Castillo
Begoña Fuentes Giner
David Martínez Gómez
Inmaculada Oliver Faubel
José Suay Orenga
David Torromé Belda
Sergio Vidal Santi-Andreu

© de los textos: los autores

© 2023, de la presente edición: Editorial Universitat Politècnica de València.

www.lalibreria.upv.es Ref.: 6695_01_01_01

ISBN: 978-84-1396-158-3

DOI: https://doi.org/10.4995/EUBIM2023.2023.16863

EUBIM2023. International BIM Conference EUBIM 2023. 12º Encuentro de usuarios BIM

Se distribuye bajo una licencia de Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

Basada en una obra en http://ocs.editorial.upv.es/index.php/EUBIM/EUBIM2023

PRESENTACIÓN

EUBIM 2023: ÉLITE BIM

El lema del congreso EUBIM de este año podría parecer un tanto pretencioso, especialmente si no se conoce la idiosincrasia de este. Son ya 12 años (que no son pocos) de encuentros de usuarios BIM y de tomarle el pulso al nivel de conocimiento y competencia tecnológica, así como de implantación, de la metodología BIM en nuestro país. En estos 12 años hemos ido conformando la comunidad BIM más longeva y exitosa, con mayor grado de conocimiento y praxis metodológica, además de madurez de implementación y desarrollo. Que no nos dé reparo afirmar que los Eubimmers somos la élite BIM en España.

La transferencia de conocimiento que propicia este congreso científico, con las ponencias invitadas y las comunicaciones presentadas y su recopilación en los libros de actas de cada edición, junto con las oportunidades de networking, han facilitado que aquella iniciativa de reunir a los pioneros y pioneras BIM se haya consolidado como el acontecimiento del año para conocer las tendencias y estado de BIM en el sector de la construcción.

Hay otros eventos BIM, pero no son EUBIM. Hay otros eventos BIM, pero no tienen el componente científico, tecnológico y humano que tiene EUBIM. Hay otros eventos BIM, pero no tienen el factor de innovación y compartición de conocimiento que tiene EUBIM. Hay otros eventos BIM, pero no tienen las posibilidades de networking y acceso a quienes generan el conocimiento que te ofrece EUBIM. Lo mires por donde lo mires, EUBIM es la élite BIM.

Una de las máximas de la programación dice que “si algo funciona, no lo toques”. Creemos que el modelo de congreso y encuentro de usuarios de EUBIM funciona muy bien, y año tras año, queda patente. Sin embargo, siempre intentamos modificar, introducir alguna novedad, cambiar alguna cosa, con el ánimo de avanzar, mejorar, generar mayor grado de satisfacción entre los profesionales y empresas que participan. Confiamos en que los cambios introducidos este año (algunos sobrevenidos y otros aprovechando la coyuntura) también reviertan en la buena valoración y prestigio ganado edición tras edición.

Como toda comunidad de conocimiento y profesionalidad, los EUBIMmers hemos pasado distintas etapas, fases más teóricas, de formación, de juguetería y pruebas, para paulatinamente alcanzar este grado de madurez que nos permite, sin ánimo de ser pretenciosos, llamar a este grupo que se reúne en València en EUBIM, la élite BIM a nivel estatal.

Bienvenidos / bienvenidas, EUBIMmers. Bienvenidos / bienvenidas, élite BIM, a vuestro encuentro anual.

El Comité Organizador de EUBIM 2023

BY-NC-SA 2023 EDITORIAL UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

COMITÉ INSTITUCIONAL

- Rector Magnífico de la Universitat Politècnica de València, D. José E. Capilla Romá.
- Presidente del Grupo de Usuarios Revit Valencia (GURV), D. Alberto Cerdán Castillo.
- Director de la ETS de Ingeniería de Edificación UPV, D. Fernando Cos-Gayón López.
- Director del Departamento de Construcciones Arquitectónicas UPV, D. José Mª Fran Bretones

COMITÉ CIENTÍFICO

- Jesús Alfaro González - Universidad de Castilla–La Mancha
- Alberto Cerdán Castillo - Consultor BIM
- Eloi Coloma Picó - Universitat Politècnica de Catalunya
- Patricia del Solar Serrano – Universidad Europea de Madrid
- Ernesto Faubel Cubells - Universitat Politècnica de València
- Ángel José Fernández Álvarez - Universidade da Coruña
- Begoña Fuentes Giner - Universitat Politècnica de València
- Jaume Gimeno Serrano - Universitat Politècnica de Catalunya
- Beatriz Inglés Gosálbez - Universidad Europea de Madrid
- Isabel Jordán Palomar - Consultora BIM
- Óscar Liébana Carrasco - Consultor BIM
- Norena Natalia Martín Dorta - Universidad de La Laguna
- Inmaculada Oliver Faubel - Universitat Politècnica de València
- Luis Pallarés Rubio - Universitat Politècnica de València
- Eugenio Pellicer Armiñana - Universitat Politècnica de València
- Juan Luis Pérez Ordóñez - Universidade da Coruña
- Miquel Rodríguez Niedenführ - Universitat Politècnica de Catalunya
- José Antonio Vázquez Rodríguez - Universidade da Coruña
- Gonçal Costa Jutglar - La Salle BES
- Jesús De Paz Sierra - Universidad de Cantabria

COMITÉ ORGANIZADOR UPV-GURV

- Manuela Alarcón Moret
- Alberto Cerdán Castillo
- Begoña Fuentes Giner
- David Martínez Gómez
- Inmaculada Oliver Faubel
- José Suay Orenga
- David Torromé Belda
- Sergio Vidal Santi-Andreu

BY-NC-SA 2023 EDITORIAL UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

TEMAS DEL CONGRESO

Continuando con las líneas de investigación y divulgación que fueron tratadas durante los congresos nacionales BIM, EUBIM de otros años, los temas del congreso son:

1. FORMACIÓN E INVESTIGACIÓN EN BIM

2. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON BIM

3. EXPERIENCIAS REALES CON BIM

BY-NC-SA 2023 EDITORIAL UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

1. FORMACIÓN E INVESTIGACIÓN EN BIM

Creemos que la Universidad debe ser un agente de cambio fundamental en la divulgación, formación e investigación de nuevas metodologías de gestión de proyectos de construcción. Los futuros profesionales del sector deberían finalizar sus estudios con un nivel competencial suficiente tanto en el conocimiento de estas metodologías como en el dominio de sus herramientas de aplicación. Del mismo modo, el fomento y obtención de resultados de investigación sobre este campo lo consideramos fundamental para la necesaria evolución de nuestro sector productivo.

1.1 Investigación

Comunicaciones originales resultantes de un trabajo de investigación (ya finalizado o en progreso) centrado en BIM o donde la metodología BIM juega un papel fundamental en la investigación.

En este campo están invitados a presentar comunicaciones autores de tesis doctorales, trabajos final de máster, proyectos final de grado y grupos de investigación o investigadores a título individual o colectivo.

1.2 Formación

Comunicaciones originales resultantes de la experiencia real de programar e implementar en el currículo de asignaturas regladas de grado y postgrado herramientas BIM: objetivos, posibilidades e inconvenientes, metodología formativa, trayectoria, resultados, futuro.

Comunicaciones originales resultantes de la experiencia real de programar e implementar el aprendizaje de herramientas BIM en formación continua, tanto en cursos específicos como seminarios de naturaleza académica y técnica: objetivos, posibilidades e inconvenientes, metodología formativa, trayectoria, resultados, futuro.

En este campo están invitados a presentar comunicaciones tanto el profesorado universitario como formadores BIM fuera del ámbito universitario que deseen presentar su experiencia docente específica en la formación y el proceso aprendizaje enseñanza de herramientas BIM.

1.3 Empleabilidad

Las salidas profesionales y las nuevas profesiones creadas como consecuencia del empleo de la metodología BIM en la gestión de proyectos de construcción.

Nos gustaría recibir comunicaciones originales sobre las expectativas de empleabilidad que puede tener el dominio de la metodología BIM, los requisitos de formación y capacidades que solicitan los empleadores y casos reales de profesionales que han encontrado empleo gracias a sus conocimientos en BIM: localización de la oferta de empleo, requisitos solicitados, demostración de competencias y capacidades del aspirante durante el proceso de selección, etc.

BY-NC-SA 2023 EDITORIAL UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

2. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON BIM

Evolución de la edificación y construcción, costes y presupuestos con el diseño en BIM. Algunos de estos aspectos se pueden gestionar con programas BIM, para optimizar los costes y el funcionamiento tanto de los inmuebles como de los servicios.

Las comunicaciones pueden incidir en cómo el BIM puede influir en los procesos de:

2.1 Costes, mediciones y presupuestos

En el ámbito del diseño y construcción con BIM destacamos los procesos de costes, mediciones y presupuestos.

2.2 Gestión de las TI

El uso del BIM para el mantenimiento de las infraestructuras tecnológicas y gestión de su información incluida su relación con otros elementos del edificio estructurales o no.

2.3 Gestión de los espacios

Ejemplo de ello es la necesidad actual de crear completos catálogos que permitan a los usuarios disponer de todos los servicios que pueden ser ofrecidos y soportados por la infraestructura, como la reserva de salas, petición de catering, gestión de plazas de aparcamiento, petición de mudanzas y traslados, gestión de llaves, gestión de visitas y un largo etcétera que varía según las posibilidades de cada organización.

2.4 El mantenimiento de los activos, mantenimiento preventivo y correctivo

Para planes de mantenimiento operativo (tareas que permiten mantener un activo funcionando y en un estado óptimo) o mantenimiento basado en el estado (y no de una periodicidad arbitraria) que permiten alargar los ciclos de vida de los activos, disminuyendo el número y la gravedad de incidencias, y a la larga, reducir los costes derivados de ellos.

2.5 Aplicaciones de las nubes de puntos

Escaneado y reproducción de espacios mediante nubes de puntos a aplicaciones BIM y su relación con el Facility Management.

2.6 Facility Management

Evolución del Facility Management gracias a la influencia del BIM y sus posibilidades.

2.7 Metodologías BIM al servicio del FM

Cómo el uso del BIM se convierte en una ventaja estratégica para la empresa de Facility Management.

BY-NC-SA 2023 EDITORIAL UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

2.8 Propiedad y Legalidad en BIM

Aspectos legales y de Propiedad Industrial e Intelectual dentro de BIM.

2.9 Conexión de programas BIM con bases de datos y BMS

Posibilidades de conexión y beneficios prácticos que ofrece el uso del software BIM junto con diferentes bases de datos y por otra parte con building management systems o sistemas de gestión de edificaciones, domótica y automatización integral de inmuebles con alta tecnología basado en software y hardware de supervisión y control instalado en edificios.

2.10 El papel del BIM en las smart cities

Utilidades de la metodología BIM en las futuras Smart cities y el papel que puede desempeñar o cómo puede contribuir a conseguir ciudades súper-eficientes y sostenibles. Todo ello desde el punto de vista de cómo puede contribuir el BIM a una supervisión optimizada del espacio de la ciudad, a la relación interactiva y móvil entre sus habitantes o el desarrollo y promoción de nuevas formas de cooperación entre otros.

2.11 Normalización

Cualquier estudio o reflexión sobre aspectos o elementos que deban ser considerados en el desarrollo de los estándares para una implantación del BIM a nivel nacional. Como propuestas de estándares, formatos de intercambio, propuesta de documentos, opciones de digitalización, roles y perfiles profesionales, certificaciones, etc…

2.12 Programación Visual y Desarrollo de aplicaciones vía API

Estudios y aplicaciones de programación visual o desarrollo de aplicaciones via API en cualquier plataforma y con cualquier herramienta para BIM que facilite la manipulación de datos, el modelado de geometrías estándar o complejas, explorar opciones de diseño, automatizar procesos, y crear vínculos entre múltiples aplicaciones.

2.13 Realidad Virtual, Realidad aumentada y Realidad Mixta

Estudios y usos de la información dentro del modelo BIM para diferentes aplicaciones enfocados a una realidad tridimensional / virtual o real.

BY-NC-SA 2023 EDITORIAL UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

3. EXPERIENCIAS REALES CON BIM

Experiencias reales tras la utilización de BIM como metodología de trabajo, control de la información generada en relación a una construcción, durante todo su ciclo de vida. El uso del BIM va asociado a grandes cambios y por lo tanto se suele encontrar resistencia al mismo, y no siempre termina con el final deseado si no se realiza adecuadamente.

Este sería el tema más práctico del congreso y estamos interesados en información sobre:

3.1 Experiencias reales

Testimonios de empresas locales que hayan implementado el BIM como metodología de trabajo, incluyendo la descripción del proceso que les ha posibilitado la adopción de esta nueva metodología, los problemas que han tenido que superar y los resultados obtenidos.

3.2 Casos de éxito

Redundando sobre el apartado anterior, buscamos información sobre los beneficios obtenidos como consecuencia de esta implementación, sobre todo en el terreno las nuevas oportunidades de negocio aportadas a la empresa como conciencia de la adopción de la metodología BIM como procedimiento de trabajo.

3.3 Coordinación entre diferentes agentes del proceso constructivo

Soluciones de coordinación entre los diferentes agentes que intervienen en el proceso constructivo en nuestro país.

3.4 Procesos

Nuevos procesos tras la utilización de BIM como metodología de trabajo en una empresa.

3.5 Adaptación de Flujos de Trabajo

Adaptación de los flujos de trabajo existentes en una empresa a los nuevos requeridos como consecuencia de la implementación BIM.

3.6 Generación de documentos de Construcción

Cambios en la documentación de construcción generada como consecuencia de la inclusión de nuevos métodos de producción de la misma.

BY-NC-SA 2023 EDITORIAL UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ÍNDICE DE COMUNICACIONES Y PONENCIAS

1. FORMACIÓN E INVESTIGACIÓN EN BIM

1.1 LA HUELLA DE CARBONO QUE GENERAN LOS EDIFICIOS. PRINCIPALES DESAFÍOS Y APRENDIZAJES DE SU CÁCULO DESDE LA FASE DE PROYECTO EN BIM.
Soust-Verdaguer, Bernardette……..……..…...Pág.14

1.2 AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS PARA GENERAR MODELOS IFC. APLICACIÓN EN DOS CASOS DE ESTUDIO
Pérez-García, Ana; Martín-Dorta, Norena y Aranda, José Ángel….…….....Pág.24

1.3 MÉTODO PARA AUTOMATIZAR EL MAPEO DE LA DEGRADACIÓN EN EL MODELADO PARAMÉTRICO DE INFORMACIÓN DE UN EDIFICIO HISTÓRICO
Sanseverino, Anna; Lozano-Galant, Fidel; Guida, Caterina Gabriella; Limongiello, Marco y Lorusso, Angelo…..…….....Pág.34

1.4 HACIA UNA INTEGRACIÓN ENTRE BIM Y ROBOTIC PROCESS AUTOMATION: UNA PRUEBA DE CONCEPTO
Atencio-Castillo, Edison, Ignacio Alfaro, Felipe Muñoz-La Rivera Lozano-Galant, Fidel y Lozano-Galant, José……. Pág.45

1.5 UTILIZACIÓN DE BIM PARA LA GENERACIÓN DE FICHAS RELATIVO A LA MANIFESTACIÓN PATOLÓGICA EN EDIFICIOS HISTÓRICOS
García Valldecabres, Jorge L; Escudero, Pablo Ariel ; López González Concepción ;Cortés Meseguer, Luis……..……..……. Pág.56

1.6 MODELOS DE INFORMACIÓN DE PAVIMENTOS (PIM): REVISIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM APLICADA A CARRETERAS
Lastra-González, Pedro, Manchado-del-Val, Cristina, Gómez-Jauregui, Valentin y Otero-González, Cesar Antonio ……. Pág.63

1.7 DE LA REALIDAD A LO DIGITAL MEDIANTE LIDAR
Carvallo-García, Sara; Garrido-Iglesias, André; Cañizares-Sánchez, Alicia; Romero Fernández, José; Pérez-Ordóñez, Juan Luis……..……. Pág.73

1.8 POWER BI COMO HERRAMIENTA GRATUITA PARA PRESENTACIÓN DE INFORMACIÓN DE MODELOS BIM
Moret-Colomer, Salvador……..……. Pág.87

2. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON BIM

2.1 FLUJO DEL DATO EN LA SMART CITY
Gómez-Ferrer, César y Aznar-Cabotá, Sergio…….…….…...…...Pág.97

2.2 HBIM APLICADO AL PLAN DIRECTOR DEL CASTILLO DE XIVERT
Martínez-Gómez, David Carlos; Alarcón López, Iván José y Villacampa Crespo, Laura….....Pág.109

BY-NC-SA 2023 EDITORIAL UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

2.3 MONITORIZACIÓN DIGITAL DE SEDES CORPORTATIVAS: EL GEMELO DIGITAL DE TYPSA (MADRID)
Sánchez Allegue, Paloma, García Castañar, Javier, Tigreros Guerrero, Daniel y Hueros Castellano, Juan Carlos……..……..……....Pág.120

2.4 INTEGRACIÓN DE MODELOS BIM EN REALIDAD AUMENTADA PARA LA PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES
Núñez-Fernández, Mario Collado-Mariscal, Darío; Bejarano-Torres, Marta; Cortés-Pérez, Alfonso y Cortés-Pérez, Juan Pedro…….…...Pág.130

2.5 USING BIM TO INCREASE THE EFFICIENCY OF ENERGY-DRIVEN RETROFITTING PROJECTS
Grego, Anne; Chance, Shannon y McAuley, Barry…….…….....Pág.142

2.6 ADAPTACIÓN DE CÓDIGO LOCAL DE DISEÑO DE SISTEMA DOMICILIARIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO CON BIM
Atencio-Castillo, Edison,; Pablo Araya, Francisco Oyarce, Felipe Muñoz-La Rivera, Lozano-Galant, Fidel y Lozano-Galant, José……...…..Pág.152

3. EXPERIENCIAS REALES CON BIM

3.1 GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN MEDIANTE CUADRO DE MANDO ASOCIADO A UN VISOR WEB BIM-GIS PARA EL PROYECTO DEL TREN MAYA, MÉJICO
Roldán-Hernández, Agustín; Jiménez-Gil, Jonás …….……...….….Pág.166

3.2 BIZKAIA CONNECTED CORRIDOR (BCC) - LIVING LAB SENSORIZADO PARA TESTEO Y VALIDACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE INFRAESTRUCTURAS SEGURAS Y CONECTADAS
Quintana-Romo, Mikel; Capelastegui-Lasso, Abel y Alonso-Fernández, Olga.....…….....… Pág.176

3.3 HUBE: DEL PROYECTO DE EJECUCIÓN AL DISEÑO Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN
Pedrajas-García, Rafael; Van Horenbeke-García, Álvaro; Cortés-Jiménez, Hernán; Rosel-Ruiz, Iván y Borraz-Mir, Antón……... Pág.188

3.4 EVOLUCIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM EN PROYECTOS DE INGENIERÍA CIVIL. PROYECTO DE ADAPTACIÓN DEL ESPIGÓN DEL TURIA EN EL PUERTO DE VALENCIA
León-García, José Ignacio; Ureña Bolaños, Rosa…….……Pág.201

3.5 FEDERACIÓN, DIVISIÓN Y OBTENCIÓN DE DATOS DE MODELOS IFC CON HERRAMIENTAS DE BAJO COSTE Y ALTA DISPONIBILIDAD.
Carballo-Solla, Rogelio; Sánchez-Juncal, Evelio E.; Tenorio-Aranguren, Rafael y Valderrama-Rodríguez, Jesús…….…….……Pág.213

3.6 CONTROL DE LA OBRA POLIDEPORTIVO LA CEBADA MEDIANTE NUBE DE PUNTOS EN ENTORNO BIM
Romero-Ortega, Esteban y Planell-Catalán, Ignacio……Pág.224

3.7 APLICACIONES DEL IFC 4.3 EN INFRAESTRUCTURAS LINEALES, CASOS DE USO
Natale, Roberto; Furcolo, Nicola, Cianciulli, Michelangelo, D'Urso, Alfonso……..…… Pág.232

3.8 IMPLEMENTACIÓN BIM EN MEGAPROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA
Chuquín-Montoya, Frank; Sairitupa-Lopez, Mirna; Saire-Canales, Romina; Chuquin-Montoya, Cristhian…….. Pág.243

BY-NC-SA 2023 EDITORIAL UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

3.9 EL BIM/SIG EN LAS CARRETERAS EN SERVICIO.
Revuelta Coruña, Fco. Javier; Yarza Álvarez, Pedro y Vázquez Riera, Manuel…….. Pág.254

BY-NC-SA 2023 EDITORIAL UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

FORMACIÓN E INVESTIGACIÓN EN BIM

LA HUELLA DE CARBONO QUE GENERAN LOS EDIFICIOS. PRINCIPALES DESAFÍOS Y APRENDIZAJES DE SU CÁCULO DESDE LA FASE DE PROYECTO EN BIM.

Soust-Verdaguer, Bernardette
Instituto de Arquitectura y Ciencias de la Construcción, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad de Sevilla, España. bsoust@us.es

Abstract

Current situation regarding CO_2 emissions from buildings and their short and medium-term consequences is described as catastrophic. To stop this situation and mitigate their consequences, current international sustainability strategies such as the Green Deal propose very radical changes in our development model and make it increasingly necessary to implement more effective and innovative measures to produce radical changes. Existing studies show that the building design phase has a great potential to reduce these emissions, being the phase where it is easiest and cheapest to implement changes. In this vein, Life Cycle Assessment (LCA) is a fundamental methodology for measuring the CO2 emissions and obtaining the carbon footprint of buildings throughout their life cycle. However, its implementation in the design phase can be inaccurate and lead to wrong decisions. Hence, it is essential to consider aspects such as the management of environmental data sources or the organisation of building information. This paper presents the main aspects to consider when calculating the building carbon footprint, the key aspects, possible risks, errors, and solutions to deal with them.

Keywords: *Life Cycle Assessment, Carbon Footprint, Design process; Environmental Impact Assessment.*

Resumen

El panorama actual en relación con las emisiones de CO_2 que generan los edificios y sus consecuencias a corto y mediano plazo se sitúa como catastrófico. Para frenar esta situación y mitigar sus consecuencias, actuales estrategias internacionales tales como el "Green Deal" plantean cambios radicales en nuestro modelo de desarrollo, promoviendo medidas que produzcan cambios radicales. Estudios demuestran que la fase de diseño de los edificios tiene un enorme potencial para reducir estas emisiones, siendo la fase donde resulta más sencillo y menos costoso implementar estos cambios. En ese sentido el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) constituye una metodología fundamental para medir las emisiones de CO_2 y obtener la huella de carbono que generan los edificios durante su ciclo de vida. Pero su implementación en fase de proyecto puede resultar poco exacta y esto conducir a decisiones erróneas. Por lo que resulta fundamental tener en cuenta aspectos como el manejo de las fuentes de datos ambientales o la organización de la información de edificio. En esta comunicación se presentan los principales aspectos para tener en cuenta en el cálculo de la huella de carbono durante la fase de diseño en BIM, incluyendo posibles errores, problemas y alternativas para abordarlos.

Palabras clave: *Análisis del Ciclo de Vida; Huella de Carbono; Proceso de Diseño; Evaluación de Impactos ambientales.*

BY-NC-SA 2023 EDITORIAL UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Introducción

Diversos estudios científicos sitúan el panorama actual en relación con las emisiones de CO_2 y sus consecuencias a corto y mediano plazo como catastróficas (IEA, 2019). En este sentido el espacio construido juega un rol muy importante, siendo responsable del 40% de las emisiones de efecto invernadero (IEA, 2019). Por lo que uno de los principales retos en los próximos años en España es aproximar el sector de la Edificación hacia un Modelo de Edificación Sostenible conforme a sus Estrategias, Planes y Legislación (BOE, 2021). Las actuales estrategias internacionales de sostenibilidad tales como los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (UN, 2019) y europeas como el Green Deal (European Commission, 2019a) plantean cambios radicales en nuestro modelo de desarrollo. Esto sumado a las predicciones y evidencias científicas sobre los efectos del cambio climático (IEA, 2019) hacen cada vez más necesaria la implementación de medidas más efectivas e innovadoras que generen cambios radicales. De hecho, se sabe que el escenario de mejora de la eficiencia energética en el sector de la edificación se agota cuando se alcanzan por ejemplo estándares de consumo energético casi nulo (Cabeza et al., 2021), o cuando se alcanzan la utilización de fuentes renovables para el abastecimiento de energía en fase operacional. En el contexto actual en España, instrumentos como la Ley de Cambio Climático (BOE, 2021) y Estrategias de Descarbonización (MITECO, 2020) se enfocan mayoritariamente en medidas que no van más allá de la rehabilitación energética de los edificios y en la reducción de huella de carbono de las emisiones derivadas del consumo energético en fase operacional. Por ejemplo, promoviendo el autoconsumo a través de paneles fotovoltaicos o la transición hacia fuentes renovables de producción de electricidad. Aunque resultan insuficientes para alcanzar retos tan ambiciosos como la descarbonización del sector de la construcción. Esto implica la reducción progresiva y absoluta de las emisiones de gases de efecto invernadero (huella de carbono tanto incorporada como operacional) de todas las actividades que desarrollamos, planteándose el año 2050 como horizonte para alcanzar la neutralidad de estas emisiones (European Commission, 2019b). La huella de carbono incorporado constituye la relacionada con los materiales y productos que se instalan en el edificio, incluyendo procesos como la fabricación, construcción, transportes, entre otros. Para esto la metodología del Análisis del Ciclo de Vida (ACV) resulta de vital importancia, dado que la "huella de carbono constituye la suma de las emisiones de gases de efecto invernadero y remociones de gases de efecto invernadero en un sistema producto, expresadas como CO_2 equivalente y basadas en esta metodología (ACV) utilizando como única categoría de impacto el cambio climático (CC) o potencial de calentamiento global" (PCG) (ISO, 2013).

La fase de diseño de los edificio resulta crucial para reducir los impactos ambientales que estos generan a lo largo de su ciclo de vida (Meex et al., 2018; Tschetwertak et al., 2017). Estudios demuestran (Kohler and Moffatt, 2003) que esta fase tiene una enorme potencialidad para reducir esos impactos, siendo la fase donde resulta más sencillo y menos costoso implementar cambios en el edificio.

Por otra parte iniciativas referentes en la descarbonización y desarrollo de edificios más sostenibles como el marco de evaluación Level(s) (Dodd et al., 2017), BUILD4people (European Commission, 2019), Building Life (WGBC, 2022), hacen especial hincapié en la necesidad de integrar la cuantificación de la huella de carbono en el proceso de diseño de los edificios. En ese sentido el marco de evaluación de la sostenibilidad Level(s) (Dodd et al., 2017) recomienda la integración del cálculo de la huella de carbono basado en el ACV en metodologías de diseño digital como Building Information Modelling (BIM). Una de las principales ventajas de la integración del ACV en BIM radica en la rapidez y facilidad de la cuantificación de los impactos ambientales durante la fase de diseño, posibilitando realizar cambios en el diseño y orientando la toma de decisiones (Basbagill et al., 2013). Por otra parte, se busca que los resultados obtenidos puedan ser comparables y representativos para el contexto de referencia. Pero en la práctica este tipo de cálculos aún presenta limitaciones, que generalmente tienen que ver con manejo de los datos y su utilización a lo largo del proceso de diseño de los edificios (IEA EBC, 2017; Obrecht et al., 2020).

Con el objetivo de poder ilustrar los principales avances en este ámbito, esta comunicación presenta un resumen de los resultados más relevante obtenidos en el marco de proyectos de investigación enfocados en este tema (IEA EBC, 2017; Llatas, 2017; Llatas, 2021a; Llatas, 2021b; Llatas, 2022). En primer lugar, se

BY-NC-SA 2023 EDITORIAL UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

presentan los principales desafíos existentes (Sección 1), y luego se proponen posibles caminos para solventarlos (Sección 2).

1. Aproximación metodológica del ACV para el cálculo de la huella de carbono en BIM. Principales inconvenientes y desafíos

La metodología del Análisis del Ciclo de Vida (ACV) se basa en la implementación de 4 fases fundamentales (ISO, 2006b, 2006a, 2013): 1) la definición de alcances y objetivos, 2) el inventario del ciclo de vida, 3) la evaluación de los impactos del ciclo de vida y 4) la interpretación de los resultados. En la primera fase será necesario definir los límites del sistema en el que se enfocará la evaluación (tanto físicos, como temporales, es decir los elementos del edificio que se incluirán en el cálculo y las fases del ciclo de vida y módulos de información que se incluirán en el análisis) y la unidad funcional/equivalente funcional (corresponde a la unidad a la que se van a relacionar los impactos que se calcularán. Dentro de estas fases, el análisis del inventario representa la más compleja y la que demanda mayor cantidad de tiempo para realizarse (Soust-Verdaguer et al., 2017). Esta fase implica la recopilación de todas las entradas y las salidas del sistema, y es aquí donde la utilización del BIM puede contribuir a reducir esfuerzos y simplificar la aplicación de la metodología (Soust-Verdaguer et al., 2016).

No obstante, a pesar de las potenciales ventajas que tiene la implementación del cálculo de la huella de carbono que generan los edificios durante la fase de diseño e integrada en la metodología BIM, diversos estudios (IEA EBC, 2017; Obrecht et al., 2020) señalan algunas limitaciones o cuestiones que pueden conducir a errores involuntarios, que requieren espacial atención. En la Tabla 1 se incluyen algunos de los más relevantes y su relación con la fase del método del ACV.

Tabla 1. Relación de las fases del método del ACV con los posibles inconvenientes o riesgos. Fuente: elaboración propia.

Fase del método de ACV	Posible inconveniente o riesgo
1) Definición de límites del sistema	Variabilidad en los resultados a lo largo del proceso de diseño. Dificultades en la organización y uso de la información del edificio contenida en el modelo BIM.
2) Análisis del Inventario	Dificultades en la organización y uso de la información del edificio contenida en el modelo BIM. Complejidad de modelado de procesos.
3) Evaluación de impactos	Variabilidad en tipos de datos, problemas de interoperabilidad y flujos de trabajo. Complejidad de modelado de procesos.
4) Interpretación de los resultados	Variabilidad en los resultados a lo largo del proceso de diseño.

1.1. Variabilidad en los resultados a lo largo del proceso de diseño

Uno de los posibles inconvenientes a la hora de realizar este tipo de evaluaciones durante la fase de diseño de los edificios en BIM, es la variabilidad descontrolada que pueden alcanzar los resultados del ACV para el cálculo de la huella de carbono del edificio, que podría en ocasiones llevarnos a tomar decisiones erróneas. Por ejemplo, el estudio desarrollado por Hollberg et al., (2020) que buscaba medir la variabilidad de los resultados del cálculo de la huella de carbono a lo largo del proceso de diseño en BIM, demuestra que existen posibilidades de no alcanzar un comportamiento constante o predecible que pueda orientar de forma sistemática la toma de decisiones para reducir la huella de carbono de los edificios desde fases tempranas de diseño (véase Figura 1).

BY-NC-SA 2023 EDITORIAL UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Fig. 1 Evolución de los resultados totales de la huella de carbono incorporada, expresada en GWP toneladas de CO_2 eq. a lo largo del proceso de diseño. Fuente: Hollberg, A. et al. (2020).

1.2. **Dificultades en la organización y uso de la información del edificio contenida en el modelo BIM**

La elaboración del inventario del ciclo de vida del edificio implica la recopilación de una gran cantidad de información sobre el edificio, incluyendo todos los materiales, productos y procesos que intervienen durante su ciclo de vida. Aquí uno de los posibles inconvenientes son las dificultades en la organización y sistematización de la información sobre el edificio, ya que dependiendo del nivel de detalle y desagregación de la información que se considera sobre el edificio serán los resultados de la huella de carbono que se obtendrán. Esto a su vez tendrá que ver con el LOD (Level Of Development) y LOIN (Level of Information Needed) del modelo BIM que se utiliza para calcular la huella de carbono del edificio.

Otra de las cuestiones que presenta limitaciones es la forma de extracción de las cantidades de los materiales, que en ocasiones puede variar dependiendo del software nativo BIM que se utilice. Por otra parte, este software también define las posibilidades de extracción de materiales y productos del modelo BIM (Olsen and Taylor, 2017) lo que implica que no siempre se podrá extraer el mismo tipo de información del edificio.

1.3. **Variabilidad en tipos de datos, interoperabilidad y flujos de trabajo**

La aplicación del ACV en edificios además de requerir la recolección de una gran cantidad de datos sobre el edificio, elementos y materiales que lo componen, implica la incorporación de datos ambientales sobre estos. Pero para que la evaluación resulte representativa para el contexto de análisis, es importante que se utilicen datos ambientales específicos, que hayan sido desarrollados para el contexto de referencia. Aquí una de las mayores limitaciones es la escasez de datos ambientales específicos (no siempre existen para todos los contextos) y la accesibilidad a las bases de datos ambientales genéricas.

Los datos ambientales genéricos son aquellos que no se recogen, miden o estiman directamente, sino que proceden de una base de datos elaborada por terceros (especialista en el este campo) que se utilizan para completar el inventario del ciclo de vida del edificio (Recchioni et al., 2014).

Los datos ambientales específicos están regulados por las normas EN 15804 (EN, 2012) y EN 15978 (EN, 2011), y constituyen las denominadas Environmental Product Declarations (EPD) o Declaraciones Ambientales de Productos (DAP) en español. Este tipo de declaraciones busca simplificar el manejo de los datos ambientales sobre los materiales y productos del edificio. El procedimiento propuesto por estas normas implica contar con una EPD o DAP por cada material, producto y proceso que forma parte del inventario de ciclo de vida de edificio. Para obtener los resultados de la huella de carbono del edificio será necesario multiplicar las cantidades de materiales, productos y procesos (extraídos mayoritariamente del modelo BIM) por los resultados de PCG extraídos de la EPD o DAP. El uso de este tipo de declaraciones es recomendado por la comunidad científica (Palumbo et al., 2020), ya que permite obtener resultados más próximos a la realidad. Este tipo de datos, a diferencia de los datos ambientales genéricos, han sido

BY-NC-SA 2023 EDITORIAL UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

generalmente desarrollados utilizando datos primarios sobre el consumo de electricidad, combustibles fósiles, etc. por lo que reflejará de forma directa el mix energético de la región y la empresa que fabrica el producto o material, las tecnologías utilizadas, etc. Pero existen limitaciones relacionadas con la disponibilidad de estos datos a nivel local y regional. En el caso de España la disponibilidad de DAPs de productos de la construcción aún es limitada, en lo que respecta al número y tipo de productos y materiales, así como en el grado de digitalización e interoperabilidad de esta información (Soust-Verdaguer et al., 2023). Actualmente, el manejo y desarrollo de este tipo de datos es voluntario para los fabricantes de materiales.

1.4. **Complejidad de modelado de procesos**

Existen a nivel metodológico algunas cuestiones que tiene que ver con el modelado de procesos que no puede realizarse a través del uso de EPDs o DAPs, ya que estos tienen limitada información sobre los procesos de construcción, uso, reparación, mantenimiento, entre otros. Por otra parte, para este tipo de procesos la utilización del modelo BIM como ayuda para la elaboración del inventario de ciclo de vida puede ser limitada, ya que implica la incorporación de procesos que no siempre pueden ser asociados al listado de materiales o productos que componen el edificio (por ejemplo, la utilización maquinaria, andamios o equipos auxiliares).

2. **Posibles soluciones y aspectos para tener en cuenta**

Partiendo los resultados más relevante obtenidos en el marco de proyectos de investigación enfocados en este tema (IEA EBC, 2017; Llatas, 2017; Llatas, 2021a; Llatas, 2021b; Llatas, 2022), en la Tabla 2 se detallan algunas de las posibles soluciones para abordar los problemas mencionados en la Sección 1.

Tabla 2. Relación de los posibles inconvenientes o riesgos detectados y las posibles soluciones para abordarlos. Fuente: elaboración propia.

Posible inconveniente o riesgo detectado	Posible solución
Variabilidad en los resultados a lo largo del proceso de diseño.	Definición armonizada de las fases de diseño y descomposición sistemática del edificio.
Dificultades en la organización y uso de la información del edificio contenida en el modelo BIM.	Definición de flujos de trabajo, herramientas y fuentes de datos
Variabilidad en tipos de datos, interoperabilidad y flujos de trabajo	Definición de flujos de trabajo, herramientas y fuentes de datos
Complejidad de modelado de procesos	Gestión de la incertidumbre, interpretación y visualización de los resultados

2.1 **Definición armonizada de las fases de diseño y descomposición sistemática del edificio**

Para la evaluación de la huella de carbono durante el proceso de diseño resulta relevante que pueden identificarse los principales hitos, los cuales facilitarán la sistematización de la información disponible sobre el edificio. Esto hace necesario que exista la definición de las fases de diseño de los edificios, donde se detallen los objetivos principales de cada etapa de diseño, los niveles de desarrollo (LOD) y LOIN (Level of Information Needed) (véase Figura 2).

BY-NC-SA 2023 EDITORIAL UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

	Fase temprana de diseño			Fase de diseño detallado				Mantenimiento	
Fase de diseño	Definición estratégica	Estudio preliminar	Diseño conceptual	Proyecto Básico	Proyecto de ejecución	Construcción	Final de obra	Gestión y mantenimiento	Fin de vida
Objetivo	Requerimientos generales, evaluación de riegos y alternativas de diseño.	Estudio de viabilidad	Esquemas	Elaboración del concepto	Definición técnica	Construcción y supervisión	Puesta en funcionamiento	Gestión de instalaciones, uso y mantenimiento	Demolición
LOD / LOIN	0	0-100	100-200	200-300	300-350	350-400	400-500	400-500	400-500

Fig. 2 Definición de las fases de diseño del edificio. Fuente: elaboración propia basado en IEA EBC Annex 72 (2023).

A medida que se avanza en el proceso de diseño de los edificios, los datos y la información disponible son cada vez más exactos y cercanos a la realidad. Por lo tanto, se recomienda descomponer la información del edificio en función de la granularidad de los datos disponibles en determinadas fases del proceso de diseño. El edificio puede descomponerse en una serie de "sistemas", "elementos", componentes, productos, materiales, tipologías y fabricantes (por ejemplo, sistemas, partes, elementos, componentes, materiales o fabricantes específicos) y la descomposición debe realizarse siguiendo estructuras específicos (Soust-Verdaguer et al., 2023).

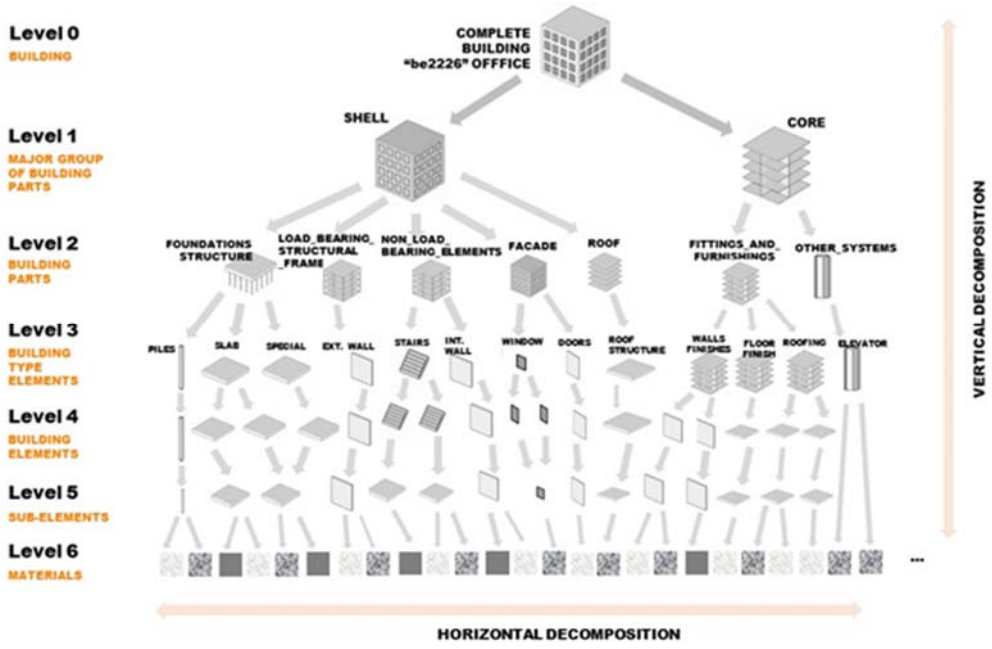

Fig. 3 Ejemplo de descomposición sistemática del edificio utilizando niveles de jerarquía. Fuente: Soust-Verdaguer et al., (2020).

Por lo tanto, seguir una descomposición sistemática (utilizando normas técnicas de referencia como la (ISO, 2012)) puede mejorar la completitud de la fase de inventario del ciclo de vida, entre otras cosas. En ese sentido, es recomendable llevar adelante la descomposición sistemática acompañado al nivel de definición de la información sobre el edificio (según Figura 2), e incluyendo diferentes niveles de jerarquía (por ejemplo, edificio, elemento, material) (véase la Figura 3). Por lo tanto, para reducir la variabilidad descontrolada en los resultados del cálculo de la huella de carbono a lo largo de la fase de diseño de los edificios, es conveniente ajustar la información ambiental del edificio a los niveles de detalle de la información contenida en el modelo BIM, es decir utilizar bases de datos ambientales que incluyan datos de elementos del edificio (p.e. pilares, vigas, muros) para evaluaciones en fases tempranas de diseño y bases de datos de materiales y productos cuando realicemos evaluaciones en fases más detalladas de diseño.

BY-NC-SA 2023 EDITORIAL UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

2.2 **Definición de flujos de trabajo, herramientas y fuentes de datos**

Actualmente existe una amplia gama de software basadas en el ACV e integradas en flujo de trabajo en BIM, que pueden utilizarse en diferentes fases del proceso de diseño para calcular la huella de carbono que generan los edificios. En ese sentido es conveniente que se realice una selección cuidadosa de las mismas teniendo en cuenta además de los factores ya señalados, así como otras cuestiones. Para esto, Bari et al., (2022) analiza algunas de las cuestiones fundamentales a hora de decidir el tipo de herramienta (software, plug-in o add-in) que mejor se ajuste a los objetivos de la aplicación del ACV y el nivel de especialización del usuario, incluyendo características tales como la usabilidad, funcionalidad, fiabilidad, e interoperabilidad.

Por otra parte, la utilización de metodologías de ACV como la que propone Level(s) (Dodd et al., 2017) y el proyecto IEA EBC, (2017) aportan soluciones para definir los escenarios del ciclo del edificio, por ejemplo escenarios de mantenimiento reposición de elementos, que ayudan a generar hipótesis que puedan ser replicables y comparables.

2.3 **Gestión de la incertidumbre, interpretación y visualización de los resultados**

La evaluación de la huella de carbono durante la fase de diseño implica también la gestión de incertidumbres y factores que aún no ha sido definidos, pero que es necesario manejar de forma correcta para alcanzar resultados coherentes. En este sentido IEA EBC, (2017) reconoce dos posibles tipos de incertidumbre con las que se debe lidiar: i) las incertidumbres exógenas, es decir, aquellas sobre la que el diseñador no puede influir y ii) las incertidumbres generadas durante la fase de diseño, es decir, incertidumbres sobre las que el diseñador puede influir. Para esta últimas se proponen 2 posibles formas de abordarlas. La primera propone que el cálculo del ACV se adapte al nivel de detalle disponible a lo largo del proceso de diseño. Esto significa que, en las primeras fases del diseño, se necesita incorporar información que incluyan supuestos e hipótesis sobre el proceso, materiales y productos, aunque el diseñador no los haya especificado en el modelo BIM. En ese caso, aunque un muro se represente sólo como un volumen, para el ACV del diseño inicial, ya significa una cantidad determinada de material asumiendo un tipo de construcción determinado (por ejemplo, el más frecuente). Este método utilizado por Cavalliere et al., (2019) resulta clave para guiar a los diseñadores hacia la solución que genera la menor huella de carbono, arrojando resultados coherentes a lo largo del proceso de diseño. La segunda estrategia está centrada en la optimización, se realiza un cálculo paramétrico del ACV en las primeras fases del diseño, con el fin de identificar los parámetros más influyentes. Esta simulación mostrará a los diseñadores los 5 a 10 parámetros que deben fijar desde el principio del diseño para reducir al máximo las incertidumbres.

La interpretación de los resultados de ACV, su visualización y comunicación a los diferentes actores intervinientes en el proceso de diseño es otras de las cuestiones de vital importancia. Por lo tanto, tener claro el propósito de los resultados (por ejemplo, optimizar un determinado sistema (estructura, envolvente, etc.)), resulta clave para encarar el cálculo de forma organizada y enfocada en objetivos que se pretenden alcanzar. Con el fin de orientar la elección del tipo de visualización de los resultados del ACV, se ha desarrollado una herramienta de ayuda a la selección que puede consultarse en Hollberg et al., (2021).

3. **Consideraciones finales, conclusiones y futuros desafíos**

Existe un gran potencial en la integración de metodologías de cálculo de la huella de carbono que generan los edificios en herramientas digitales de diseño, las cuales ayudarán a alcanzar objetivos tan ambiciosos como el de la descarbonización. De acuerdo con los resultados obtenidos, las principales limitaciones existentes se sitúan del lado del manejo de los datos tanto del edificio como de los datos ambientales sobre los materiales, productos y procesos que componen el edificio. El uso de procedimientos y métodos cada vez más sistematizados contribuyen a solventarlos, acercándose a resultados más fiables, comparables y representativos para el contexto en el que se emplaza el edificio.

No obstante, otras cuestiones como el nivel de digitalización de los datos ambientales, el grado de interoperabilidad, y la escasez de datos ambientales específicos requiere de estrategias más extensas para

BY-NC-SA 2023 EDITORIAL UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

su abordaje. En ese sentido es importante destacar que futuros desafíos se sitúan en incrementar el nivel el desarrollo de la integración del cálculo y evaluación de la huella de carbono que generan los edificios a lo largo de su ciclo de vida en el proceso de diseño. Esto requiere del apoyo de diversos actores que intervienen en el sector de la construcción (arquitectos, constructores, fabricantes de materiales, representantes de las administraciones públicas, entre otros) y que resulta cada vez más urgente la consecución de procesos que resulten sencillos y asumibles por todos los actores involucrados.

Referencias

DI BARI, R., HORN, R., BRUHN, S., ALAUX, N., RUSCHI MENDES SAADE, M., SOUST-VERDAGUER, B., POTRČ OBRECHT, T., HOLLBERG, A., BIRGISDOTTÍR, H., PASSER A..2022. "Buildings LCA and Digitalization: Designers' Toolbox Based on a Survey." in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 1078, sbe22 Berlin D-A-CH conference: Built Environment within Planetary Boundaries (SBE Berlin) 20/09/2022 - 23/09/2022 Berlin*.

BASBAGILL, J., FLAGER, F.; LEPECH, M.; FISCHER, M. 2013. "Application of Life-Cycle Assessment to Early Stage Building Design for Reduced Embodied Environmental Impacts." *Building and Environment* 60:81–92. doi: 10.1016/j.buildenv.2012.11.009.

España. Ley 7/2021 de Cambio Climático y Transición Energética*. BOE,* 21 de mayo de 2021. p. 8.

CABEZA, L. F., BOQUERA, L., CHÀFER, M., VÉREZ, D. 2021. "Embodied Energy and Embodied Carbon of Structural Building Materials: Worldwide Progress and Barriers through Literature Map Analysis." Energy and Buildings. doi: 10.1016/j.enbuild.2020.110612.

CAVALLIERE, C., HABERT, G., RAFFAELE DELL'OSSO, G., HOLLBERG, A. 2019. "Continuous BIM-Based Assessment of Embodied Environmental Impacts throughout the Design Process." *Journal of Cleaner Production* 211:941–52. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.11.247.

DODD, N., CORDELLA, M., TRAVERSO, M., DONATELLO, S 2017. *Level(s)-A Common EU Framework of Core Sustainability Indicators for Office and Residential Buildings Parts 1 and 2: Introduction to Level(s) and How It Works (Draft Beta v1.0)*. doi: 10.2760/827838.

EN. 2011. "EN 15978:2011 - Sustainability of Construction Works - Assessment of Environmental Performance of Buildings - Calculation Method." *International Standard* (November).

EN. 2012. "EN 15804:2012 + A2:2019 - Sustainability of Construction Works — Environmental Product Declarations — Core Rules for the Product Category of Construction Products." *International Standard* (February):70.

EUROPEAN COMMISSION. 2019a. *The European Green Deal*. doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.

EUROPEAN COMMISSION. 2019b. *European Partnerships under Horizon Europe Built4People | People-Centric Sustainable Built Environment*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A52019DC0640> [Consulta: 5 de marzo de 2023]

HOLLBERG, A., GENOVA, G., HABERT, G. 2020. "Evaluation of BIM-Based LCA Results for Building Design." Automation in Construction 109:102972. doi: 10.1016/j.autcon.2019.102972.

IEA EBC. 2017. "IEA EBC ANNEX 72." (http://www.iea-ebc.org/projects/ongoing-projects/ebc-annex-72/) [Consulta: 5 de marzo de 2023].

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). 2019. Global Status Report for Buildings and Construction 2019. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/3da9daf9-ef75-4a37-b3da-a09224e299dc/2019_Global_Status_Report_for_Buildings_and_Construction.pdf> [Consulta: 5 de marzo de 2023]

ISO. 2006a. *ISO 14040:2006 Environmental Management — Life Cycle Assessment — Principles and Framework*. Vol. 3. Ginebra, ISO

ISO. 2006b. "ISO 14044 Environmental Management-Life Cycle Assessment-Requirements and Guidelines." Ginebra: ISO

ISO. 2012. "ISO 12006-2 : 2015 - Building Construction - Organization of Information about Construction Works - Part 2 : Framework for Classification of Information." Ginebra: ISO

BY-NC-SA 2023 EDITORIAL UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Para seguir leyendo, inicie el proceso de compra, click aquí