



Descripción del Reto

El reto planteado lleva por título: **“¿Cómo medir y controlar el impacto ambiental de la construcción industrializada de madera?”**

Este reto responde a las necesidades que se describen a continuación:

- ¿Cómo podemos calcular el impacto ambiental real de cada elemento estructural y de la infraestructura en su conjunto?
- ¿Cómo alinear nuestro plan de negocio y posicionamiento con los principios del desarrollo sostenible (ambiental, económico y social) y tendencias marcadas por las directrices de la Unión Europea?
- ¿Cómo controlar la procedencia de la materia prima y su certificación PEFC y FSC?
- ¿Cómo controlar y registrar la trazabilidad de elementos estructurales de madera (CLT y MLE) y su impacto ambiental?
- ¿Cómo controlar las operaciones internas, o procesos industriales, de primera y segunda transformación de la madera?
- ¿Qué nuevos indicadores necesitaremos de cara a facilitar la visión general de impacto ambiental y ayudar en la toma de decisiones?
- ¿Cómo almacenar y publicar la información relevante de nuestros productos una vez instalados, para que sea fácilmente accesible de cara a todos los agentes intervinientes?

Contexto

EGOIN es una empresa de origen familiar que cuenta con 30 años de experiencia en el **diseño de soluciones estructurales de madera para el sector de la construcción**. Su propuesta de valor integra la ingeniería, el diseño, la fabricación y el montaje, lo que la convierte en un *partner* de confianza para el desarrollo de proyectos constructivos como pueden ser; rehabilitación de cubiertas y tejados, edificaciones residenciales en altura, promociones públicas y privadas, viviendas unifamiliares, pabellones de usos industriales y deportivos, entre otros.

Desde que en el 2006 se publicase la primera versión del Código Técnico de la Edificación (CTE)¹, que sería de obligado cumplimiento a partir del 2009, la salida al mercado de nuevos **sistemas constructivos** para cumplir con los requisitos normativos se ha visto acentuada.

También la generación de documentos de apoyo para el cálculo de los requisitos y la creación de nuevos software para la simulación y certificación de los edificios han supuesto un paso hacia la especialización y desarrollo de **nuevas soluciones** en el mercado, que satisfagan las necesidades y requerimientos, no sólo prestacionales (eficiencia energética, acústica, resistencia al fuego, durabilidad), sino también de **desempeño ambiental** (huella de carbono, energía embebida, toxicidad, entre otros).

¹Sitio web: <https://www.codigotecnico.org/>

En el caso de la producción de madera, una de las mejoras detectadas de mayor peso se encuentra en el aprovechamiento de los **residuos** para la fabricación de subproducto; tableros conglomerados, aislamientos de fibra de madera, pellets o pasta de papel.

Por otro lado, el crecimiento exponencial de la actividad inmobiliaria junto con la **escasez de mano de obra**, materia prima, y mejora de plazos, han derivado en una búsqueda de soluciones cada vez más industrializadas, garantizando una mayor calidad del producto. Esto a su vez, ha derivado en soluciones más fáciles de transportar (con productos de **gran formato**) y rápidas de montar.

Con relación al sector, el salto tecnológico se ha dado con el desarrollo de piezas laminadas, tanto en formato de paneles de madera comúnmente conocidos como **CLT** (*Cross Laminated Timber*), o piezas estructurales de vigas y pilares de **MLE** (Madera Laminada Encolada). Estas soluciones permiten construir espacios diáfanos de **grandes luces**, a partir de piezas de gran formato, y suponen un mayor aprovechamiento de materia prima a nivel de edificio, una mejora de calidad de las piezas al elaborarse íntegramente en fábrica, y una notable reducción de plazos de montaje. Además, su característica de material ecológico está teniendo un fuerte impacto a nivel de mercado.



Ilustración 1. Edificio de CLT (Cross Laminated Timber), y cubierta con vigas de MLE (Madera Laminada Encolada)

La tendencia hacia la construcción de edificios más sostenibles también supone un punto importante en la evolución hacia productos de mayor calidad y eficientes, que repercuten en una mejora, no solo ambiental, sino también económica y social. Recordemos los principios y definición del **desarrollo sostenible** que vieron la luz por primera vez a través del Informe *Brundtland* en 1987 para la ONU², realizado por la *Comisión Brundtland* y liderado por la ex primera ministra noruega *Gro Harlem Brundtland*. Dicho desarrollo viene a ser aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones, y se sustenta sobre tres pilares principales; el medioambiental, el económico, y el social. Hoy en día, son 17 los objetivos de desarrollo sostenible adoptados para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos, como parte de la agenda sostenible 2030, en la cual se establece un plan para alcanzar los Objetivos en 15 años³.

² Las Naciones Unidas es una organización internacional fundada en 1945 tras la Segunda Guerra Mundial por 51 países que se comprometieron a mantener la paz y la seguridad internacional, fomentar entre las naciones relaciones de amistad y promover el progreso social, la mejora del nivel de vida y los Derechos Humanos.

³ Fuente de información: www.un.org/sustainabledevelopment



Ilustración 2. Objetivos de Desarrollo Sostenible

A partir de aquí, comienzan a aparecer herramientas y guías de apoyo, basándose en indicadores que permitan cuantificar los diferentes impactos y establecer estrategias de mejora. Cabe subrayar que el sector de la construcción es de los más dañinos en términos medioambientales [1].

En 1998 aparece la certificación *LEED* en Estados Unidos a través del *USGBC (OS Green Building Council)*⁴, y en 1990 la certificación *BREEAM* desarrollada por la organización *BRE Global* de Reino Unido⁵, de cara a cuantificar y clasificar las edificaciones en función de su sostenibilidad. Sucesivamente han ido surgiendo modificaciones adaptando las exigencias a cada caso, según uso (vivienda, industrial, administrativo), o naturaleza (obra nueva o rehabilitación), sobre todo en materia medioambiental y de prevención de riesgos. Algunas administraciones públicas se suman y crean sus herramientas propias de certificación como las “Guías de Edificación y Rehabilitación Sostenible”, aplicables a través del software específico “Gestor ERAS”⁶, lanzado en 2011. También aparecen las eco-etiquetas orientadas a producto como “FSC” y “PEFC” [2], que ayudan a la obtención de los certificados⁷. Estas eco-etiquetas garantizan la cadena de custodia de la madera, certificando su origen.

Uno de los puntos fuertes de las certificaciones “verdes” se encuentra en el Análisis del Ciclo de Vida de los Edificios [3]. Hoy en día, esto se resume en la recopilación de Declaraciones Ambientales de Producto (DAPs) como resultado estándar y a nivel muy general sobre el impacto ambiental en forma de huella de carbono de cada producto, para la estimación de la huella de carbono del edificio en su totalidad. Sin embargo, dadas las exigencias por parte de los promotores

⁴ Sitio web: <https://www.usgbc.org/leed>

⁵ Sitio web: <https://breeam.es/>

⁶ Sitio web: <https://www.ihobe.eus/publicaciones/aplicacion-eras-herramienta-para-aplicar-guias-edificacion-y-rehabilitacion-sostenible-2>

⁷ Fuente de información: “Guía práctica sobre el uso de las certificaciones ambientales en la compra y contratación pública”. IHOBE.

con relación al control sobre los productos hasta la llegada en obra, hace prever que este documento no sea suficiente, porque es muy generalista y en ocasiones la realidad para cada caso puede ser muy diferente [4]. Además, se han detectado complicaciones en la integración de estos documentos con el modelo final del edificio conocido como “As-Built”, desarrollado con tecnologías BIM [5].

En este caso, y en línea con los requerimientos a los que nos enfrentamos, la **trazabilidad** como mecanismo de control en la cadena de extracción, transformación, fabricación, montaje y fin de vida de los edificios toma especial relevancia, como paso previo al cálculo de su **impacto ambiental** o ACV (Análisis de Ciclo de Vida) [6]. Para ello, se prevé necesario el diseño de herramientas y sistemas que nos permitan el registro y almacenaje de la información de una forma fácilmente accesible y transparente para todos los agentes intervinientes [7].

Además, se prevé un cambio normativo en el ámbito de la sostenibilidad de los productos, con la creación y aparición de nuevos sistemas de certificación denominados como “Pasaportes Digitales”. Estos mecanismos permitirán el registro de datos relacionados con la evaluación del impacto ambiental a lo largo de todo el ciclo de vida del producto, y contribuirán a su vez a la **Economía Circular** [8].

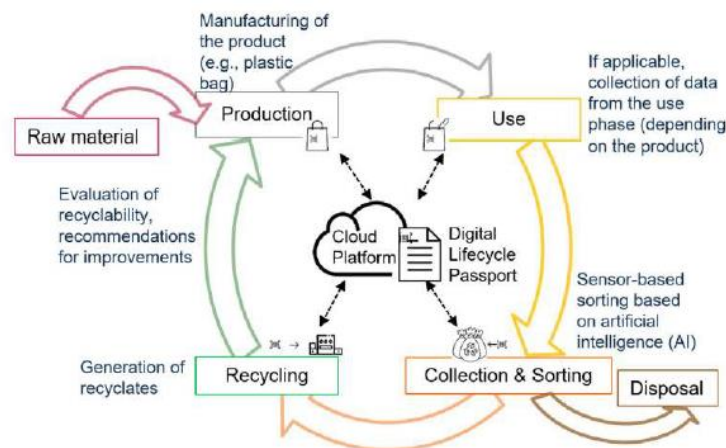


Ilustración 3. Almacenaje de información de los Pasaportes Digitales a lo largo del Ciclo de Vida

A su vez, esta estrategia supone una mejora en el control de **calidad** que, en nuestro caso, se apoya en la norma ISO 9001:2015. Dicha norma nos permite establecer un sistema de gestión de calidad dividido en los siguientes principios: Enfoque al cliente, liderazgo, compromiso de las personas, enfoque a procesos, mejora continua, toma de decisiones basadas en la evidencia⁸.

EGOIN pretende centrar sus esfuerzos en caracterizar la repercusión de sus productos hasta su puesta en obra, entendiéndolo como mecanismo prioritario para la posterior mejora y/o desarrollo de soluciones más innovadoras y respetuosas a nivel ambiental.

La apuesta por la sostenibilidad es un eje transversal en toda la filosofía y actividad en EGOIN. El compromiso con el medio ambiente es el pilar sobre el que se sustenta la empresa desde su fundación, y que va más allá del reclamo comercial u oportunidad de negocio.

⁸ Fuente de información: www.iso.org



Desde la entrada del tronco en las instalaciones de EGOIN, la madera se transforma para dar paso a piezas de KVH que se usan para producir paneles de **CLT**, de **entramado ligero**, y piezas de **MLE**. En esta fase, entra el proceso de diseño liderado por el equipo de ingeniería, donde se acotan secciones, se realizan pedidos de material interno y externo, y se preparan los archivos de mecanización, que no serán aplicados hasta verse incluidos en la planificación de fabricación y montaje. Dicha planificación va supeditada a la fecha prevista de entrada en obra, de cara a ajustar tiempos de mecanización y dar salida inmediata al producto final, una vez gestionados los recursos de transporte y montaje necesarios. De esta forma, se evita el almacenamiento prolongado y masivo de producto conformado. El ciclo de EGOIN llega a su fin con la entrega del proyecto completamente montado, ajustándose al presupuesto contratado con el cliente.

Dado el crecimiento en la demanda de proyectos y el aumento de la productividad, EGOIN se ha visto en la necesidad de ampliar sus instalaciones. En la actualidad, EGOIN cuenta con más de 60.000 m² de superficie productiva repartidos entre en sus tres plantas de *EGOIN Natxitua* en Ea (Bizkaia), *EGOIN Goain* y *EGOIN Albertia* en emplazamientos distanciados dentro de Legutiano (Alava). Las tres naves se organizan para producir coordinadamente, entrelazando productos que pueden transformarse y/o mecanizarse en diferentes plantas, de ahí la complejidad del esquema productivo, que no sigue una misma línea en todos los proyectos.

La primera transformación de la madera ocurre en *Goain*, con el secado y categorización de las tablas llevándose a cabo tanto allí como en *Albertia*. Además, se realizan pedidos de suministro de tablas a proveedores externos. La producción de MLE se hace íntegramente en *Goain*, mientras que la producción de CLT se puede hacer en las tres plantas (*Goain*, *Albertia* y *Natxitua*). Respecto a la mecanización de piezas; el CLT puede mecanizarse en las tres plantas, mientras que las vigas de MLE se mecanizan en *Goain* y *Natxitua*. En el caso de la producción de Entramado ligero, esta se realiza íntegramente en *Natxitua*. En cuanto a *STOCK*, *Natxitua* se reserva lotes de madera, tanto en formato tabla como vigas de MLE, siempre disponibles para su mecanización inminente, una vez esté cerrado el diseño del proyecto, en aras de reducir tiempos.

El enfoque de EGOIN hacia el control de los productos y su trazabilidad, se estima como paso previo a la definición de estrategias que permitan la optimización tanto de los recursos materiales como de procesos, reduciendo así tiempos de producción, consumo energético y de transporte. Esto se verá reflejado en la minoración de los costes asociados.

Partes interesadas

El conjunto de agentes de interés involucrados en este reto, y que por tanto deberán tenerse en cuenta a la hora de presentar la solución, son los siguientes:

- Las **personas usuarias**, que buscan el confort dentro de los edificios sin comprometer la estabilidad económica y medioambiental.
- Los **arquitectos** que se ven obligados a prescribir soluciones cada vez más sostenibles y de calidad.
- Los **promotores**, que pretenden vender sus edificios como sostenibles y entrar en el mercado élite de la edificación más respetuosa.
- Los **constructores** que se enfrentan a la licitación de nuevos formatos de construcción (industrializada) del que carecen de experiencia, y a la compra de productos nuevos.



- Los **fabricantes** que buscan soluciones más innovadoras que encajen con las tendencias actuales y que permitan garantizar el futuro de sus productos.
- Los **trabajadores** que buscan identificar sus valores en los de la empresa, y apuestan por una producción más eficiente y menos contaminante, que además contribuya a su salud y bienestar garantizando un entorno laboral mejor.
- Los **accionistas** que, en vistas a la tendencia del mercado, invierten en soluciones tecnológicas, eficientes, punteras y cada vez más sostenibles.
- Los **Project y BIM manager** que recopilan toda información de producto y proceso constructivo para la elaboración de la documentación técnica final del proyecto, que refleja lo realmente ejecutado, denominado como **“As Built”**.
- La **Administración pública** encargada de prescribir las condiciones técnicas para licitaciones públicas, en línea con la normativa y exigencias actuales, y anteponiéndose a requerimientos futuros en materia de sostenibilidad y/o impacto ambiental.
- Los **Certificadores de producto**, que necesitan datos veraces del impacto ambiental real de los productos que certifican, en forma de eco-etiquetas tipo I (Ej; *FSC, PEFC, Cradle to Cradle, EU Ecolabel*), y tipo III, denominadas como “Declaraciones Ambientales de Producto (DAPs)” (Ej; *EPD, DAPc, GlobalEPD, IBU*).
- La **sociedad** cada vez más involucrada y concienciada con el medio ambiente, y a su vez, más abierta a la contratación de propuestas y soluciones “verdes” que les beneficie económicamente y supongan una apuesta a futuro en cuanto a sostenibilidad.
- Los **fondos de inversión**, que apuestan por el desarrollo sostenible como tendencia a futuro y proporcionan nuevos productos de inversión para satisfacer las necesidades de su cartera de clientes, tanto a nivel de perfil particular (Ej.; *hipotecas verdes*), como de gran empresa (Ej.; *derechos de emisión de carbono*).

Necesidades

La necesidad de EGOIN S.A. no reside solamente en desarrollar **nuevos productos**, sino en que estos repercutan en un bien común, teniendo en cuenta las bases del desarrollo sostenible.

Entendemos como desarrollo económico sostenible dentro de EGOIN S.A., al control y **trazabilidad** de nuestros productos, para poder incrementar la calidad de nuestros procesos. Como desarrollo medioambiental sostenible consideramos imprescindible el registro de **consumo de recursos** (electricidad, agua, gas u otros combustibles, materia prima), que se dan a lo largo de nuestra cadena de producción, transporte [9] de materia prima, producto, medios auxiliares e incluso personas [10], y finalmente montaje, aplicado a cada proyecto, como paso previo a la toma de decisiones en materia de mejora. Y finalmente, como desarrollo social sostenible, al **tratamiento de los datos** satisfaciendo las necesidades del resto de agentes intervinientes, que serán los responsables de cerrar el ciclo del edificio.

Destacar que la necesidad de control sobre los productos y procesos permitirán la optimización de la producción, dando lugar a una reducción de costes y tiempos, desde su fabricación hasta el montaje en obra. Esto repercutirá en un servicio más eficiente y de mayor calidad, beneficiando a todas las partes interesadas.



Objetivos

La visión final de EGOIN reside en **diseñar una solución que habilite el tratamiento de información** y que **permita registrar datos de los procesos** aplicados a cada proyecto en particular durante **todas las fases del producto, desde la extracción y transporte** a planta hasta la **producción, transporte y montaje**. Estos registros deberán cubrir tanto **trazabilidad como consumo de recursos ambientales**, además de **almacenar documentación y certificaciones**, con el objetivo de ofrecer una **visión real del impacto ambiental de cada producto**. La información ha de ser fácilmente **accesible para todos los agentes** intervinientes.

Para ello, se prevé que la solución permita:

- La localización y control de nuestros productos.
- El almacenaje y registro de datos, además de documentación y certificaciones.
- El acceso a la información de forma ágil y sencilla.

La solución final deberá dar respuesta a las siguientes cuestiones:

1. ¿Qué **tecnologías son las más adecuadas para el rastreo** de la materia prima y los productos durante todas las fases del proyecto?
2. ¿Cómo puedo **identificar las fuentes de información** extraíbles de los diferentes procesos productivos durante todas las fases del proyecto (extracción, producción y montaje)?
3. ¿Qué **mecanismos de apoyo** puedo establecer para asegurar la **toma de datos** en los casos en que la **información sea difícil de extraer**?
4. ¿Cómo puedo asegurar que las diferentes personas técnicas **registren los datos de forma sistemática y ordenada**?
5. ¿Cómo puedo asegurar que se tienen en cuenta a todos los diferentes **agentes intervinientes** para no perder ningún dato relevante?
6. ¿Cuáles son las **tecnologías innovadoras más ad-hoc** que pueden dar respuesta a los requerimientos definidos?
7. ¿Cómo puede la solución **registrar, integrar y almacenar los datos recopilados por los mecanismos de localización y control de los productos y materia prima**, para que pueda ser accesible para todos los agentes intervinientes?

Alcance

El alcance del reto consiste en diseñar una solución que permita **controlar y registrar la trazabilidad, así como calcular el impacto ambiental, durante el proceso de segunda transformación, almacenamiento y distribución**.

Para su testeo y validación, dicha solución se aplicará a un **proyecto piloto con datos reales, registrando los datos de un proyecto constructivo a pequeña escala, pero completo y significativo a nivel de uso de los diferentes productos**.

El **proyecto piloto iniciará en la etapa de segunda transformación, con la entrada de la materia prima en los procesos de fabricación de los tres productos principales: CLT, MLE y entramado ligero**. La solución recopilará y registrará los consumos de los diferentes procesos de los que se componen cada uno (ver ilustración 4). Se considerará el **consumo asociado con el almacenamiento y el traslado de productos entre las tres instalaciones de EGOIN**. Finalmente, también se tomará en cuenta el consumo relacionado con el **transporte de los productos hasta el lugar de montaje**.



Ilustración 4. Alcance del reto dentro del proceso de fabricación y montaje de EGOIN

En la siguiente tabla, se recogen los requisitos y características del reto desglosado por fases o variables:

| <i>Necesidad funcional</i> | | <i>Ponderación⁹</i> |
|---|---|--------------------------------|
| 1. La solución permite el rastreo de la materia prima y los productos durante todas las fases del proyecto | 1.1. La solución debe ser capaz de proporcionar información precisa y confiable sobre la ubicación y el estado de los productos y la materia prima. | 5 |
| | 1.1. La solución debe ser capaz de proporcionar información en tiempo real para permitir una rápida toma de decisiones. | 2 |
| | 1.2. La solución debe ser adaptable a diferentes tipos de productos y materia prima, y ser capaz de soportar cambios en la logística y el flujo de trabajo. | 6 |
| | 1.3. La solución debe ser capaz de integrarse con otros sistemas y tecnologías existentes, como sistemas de gestión de inventarios o sistemas de automatización de almacenes. | 7 |
| | 1.4. La solución debe proporcionar una visibilidad completa de los productos y la materia prima, desde su origen hasta su destino final. | Requisito |
| | 1.5. La solución debe ser segura y proteger la información confidencial y los datos de los productos y la materia prima. | 8 |
| | 1.6. La solución debe ser capaz de manejar grandes volúmenes de productos y materia prima, y ser escalable a medida que el negocio crece. | 8 |
| | 1.7. La solución debe ser fácil de usar para el personal involucrado en la logística y el flujo de trabajo. | 6 |
| | 1.8. La solución debe ayudar a reducir los errores humanos en la gestión de inventarios y la logística. | 7 |
| | 1.9. La solución debe cuantificar los consumos asociados al proceso y el transporte de materias primas, productos y personas, determinando automáticamente el impacto ambiental total de un proyecto (huella de carbono). | Requisito |
| | 1.10. La solución debe ser capaz de recopilar y volcar datos al sistema de registro y almacenamiento de datos. | Requisito |
| 2. La solución tiene en cuenta a todas las entidades y agentes intervinientes en la operativa | 2.1. La solución contempla a toda la cadena de valor y el proceso productivo de los sistemas industrializados de construcción en madera CLT y MLE. | 8 |
| | 2.2. La solución contempla los diferentes procesos productivos para estudiar la problemática de la obtención de datos en cada caso. | Requisito |
| | 2.3. La solución permite identificar las fuentes de información extraíbles en cada proceso (ya sea a través de las propias máquinas, archivos de fabricación u otros medios) | 9 |
| | 2.4. La solución permite analizar los diferentes medios auxiliares de montaje en obra y estudio del formato en que el que se incluirán en el sistema. | 7 |
| 3. La solución cuenta con facilidades de usabilidad y gestión de volumen de datos | 3.1. La solución tiene la capacidad de centralizar y almacenar todos los datos recopilados durante todas las fases del proyecto. | Requisito |
| | 3.2. La solución es capaz de capturar y registrar información precisa y completa. | 6 |
| | 3.3. La solución es confiable y consistente en la captura y el registro de información. | 7 |
| | 3.4. La solución es segura y protege la información confidencial y los datos de los usuarios. | Requisito |
| | 3.5. La solución es capaz de manejar grandes volúmenes de información y ser escalable a medida que el negocio crece | 8 |
| | 3.6. La solución es accesible para los usuarios autorizados, lo que permite la recuperación de información cuando sea necesario. | 9 |
| | 3.7. La solución asegura la integridad de los datos almacenados, lo que significa que los datos deben estar completos y precisos y no se deben haber alterado o corrompido. | 6 |
| | 3.8. La solución es fácil de usar y navegar para los usuarios. | 6 |
| | 3.9. La solución es capaz de procesar y recuperar información rápidamente | 6 |
| | 3.10. La solución es versátil y capaz de manejar diferentes tipos de datos y formatos de archivo. | 6 |

Tabla 1. Requisitos y características del reto

⁹ Ponderación basada en una escala del 1 al 9, y requisitos obligatorios.



Próximos pasos

La ejecución de los diferentes puntos y, por tanto, consecución del reto, supondrá una integración total de datos en nuestro sistema para un control exhaustivo y real de volúmenes de producción en fábrica y montaje de edificios al año. En 2022, EGOIN S.A. cerró una producción de 14.500m³ de CLT y 4.800m³ de MLE aproximadamente, y 173 edificios construidos. En línea con el Plan Estratégico de Empresa para el 2025, la capacidad productiva de CLT se estima que llegue a los 35.000m³ y de MLE hasta 15.000m³.

Los siguientes pasos tras la consecución del reto se enfocarán en el tratamiento y publicación de la información obtenida, vinculada tanto al impacto ambiental como a la trazabilidad del producto. Para ello, será necesario el diseño de una solución que permita una fácil accesibilidad al sistema de almacenaje y registro de datos, documentación y certificaciones, para todos los agentes intervinientes. La visualización de los datos ha de ser clara y útil.

Dicha solución será capaz de mostrar la huella de carbono del producto a lo largo del ciclo de vida completo, además de contemplar la cantidad y tipo de energía utilizada en su producción incluyendo la energía utilizada en la extracción de materias primas, la fabricación, el transporte y el montaje.

A su vez, dicha solución facilitará la identificación del origen de los productos, incluyendo la ubicación de los proveedores y detalles de su producción, dando pie a la publicación de información sobre la trazabilidad completa de los productos a lo largo de todo su ciclo de vida.



Referencias

- [1] Murtagh, Niamh, Lloyd Scott, and Jingli Fan. 2020. **Sustainable and resilient construction: Current status and future challenges.** *Journal of Cleaner Production* 268: 122264.
- [2] Zanchini, Raffaele, Simone Blanc, Liam Pippinato, Francesca Poratelli, Stefano Bruzzese, and Filippo Brun. 2022. **Enhancing wood products through ENplus, FSC and PEFC certifications: Which attributes do consumers value the most?** *Forest Policy and Economics* 142: 102782.
- [3] Duan, Zhuocheng. 2023. **Impact of climate change on the life cycle greenhouse gas emissions of cross-laminated timber and reinforced concrete buildings in china.** *Journal of Cleaner Production* 395: 136446.
- [4] Dias, A. M. A., Dias, A. M. P. G., J. D. Silvestre, and J. de Brito. 2020. **Comparison of the environmental and structural performance of solid and glued laminated timber products based on EPDs.** *Structures* 26: 128-38.
- [5] Almeida, Raíssa, Lívia Chaves, Matheus Silva, Michele Carvalho, and Lucas Caldas. 2023. **Integration between BIM and EPDs: Evaluation of the main difficulties and proposal of a framework based on ISO 19650:2018.** *Journal of Building Engineering* 68: 106091.
- [6] Bahramian, Majid, and Kaan Yetilmezsoy. 2020. **Life cycle assessment of the building industry: An overview of two decades of research (1995–2018).** *Energy and Buildings* 219: 109917.
- [7] Tzoulis, Ioakeim, and Zaharoula Andreopoulou. 2013. **Emerging traceability technologies as a tool for quality wood trade.** *Procedia Technology* 8: 606-11.
- [8] Plociennik, Christiane, Monireh Pourjafarian, Ali Nazeri, Waldemar Windholz, Svenja Knetsch, Julian Rickert, Andreas Ciroth, et al. 2022. **Towards a digital lifecycle passport for the circular economy.** *Procedia CIRP* 105: 122-7.
- [9] Babak, N. A. 2017. **Transport construction negative impact on the environment.** *Procedia Engineering* 189: 867-73.
- [10] Corvec, Stéphanie Souche-Le. 2023. **Which transport modes do people use to travel to coworking spaces (CWSs)?** *Multimodal Transportation* 2 (2): 100078.