



Boletín N°2

# VIGILANCIA TECNOLÓGICA

Programa Tecnológico *Construye Zero*

Julio 2023

El Diseño Circular se centra en crear productos y servicios para la economía circular. Es repensar el proceso desde el inicio, para que los materiales y los procesos biológicos tengan un ciclo de vida regenerativo en pro de la sostenibilidad. En otras palabras que vuelva a ser útil una y otra vez siendo transformada, reparada o reciclada.

(Tim Brown)

**PROGRAMA TECNOLÓGICO CONSTRUYE ZERO**

# Hacia un Diseño Circular en la construcción

*El 80% del impacto ambiental de un producto se determina durante su fase de diseño.*



## ¿QUÉ ES LA ARQUITECTURA CIRCULAR Y LA HUELLA ECOLÓGICA?

La Arquitectura Circular se centra en el diseño de edificios e infraestructura, materiales, productos y comunidades sostenibles, manteniendo la idea de la cuna a la cuna, para avanzar hacia un ecosistema donde nada se desperdicia. El mayor desafío de la arquitectura circular es conseguir la eficiencia y sostenibilidad, siguiendo los principios de minimizar residuos, respetar el medio ambiente, utilizar recursos renovables y, disminuir la contaminación.

Por otra parte, la huella ecológica mide la cantidad de superficie de agua y tierra necesaria para producir los recursos que utilizaremos y absorber los desechos que generan. Medir el impacto que la humanidad provoca en nuestro planeta permite actuar para ir encauzando las actividades cotidianas hacia formas de vida sustentable. Mientras que monitorear el impacto ambiental que se provoca en el planeta, ayuda a ralentizar el cambio climático.

## LOS EDIFICIOS BASADOS EN UNA ECONOMÍA LINEAL

En la actualidad se continúan diseñando proyectos de edificación, sin realizar un análisis del ciclo de vida de, pensando que al finalizar su vida útil, éste terminará siendo demolido, y toda la inversión de diseño y materias primas de alta calidad, quedará acumulada en un vertedero.

En el último tiempo los proyectos han incluido variables de eficiencia energética, pero eso no significa que los diseños sean circulares. Los edificios de consumo energético casi nulo son un claro ejemplo de que nuestro enfoque sigue siendo la fase de consumo y cómo optimizarlo, pero no se considera el fin del ciclo de vida de la edificación, y tampoco la fase generadora de residuos.

## ¿CÓMO SABEMOS SI UN PROYECTO ESTÁ DISEÑADO CIRCULARMENTE?

Los edificios circulares tienen en común fases cíclicas que consideran:

**1.-Diseño/Producción:** Desde el diseño se definen los materiales con los que se construirá, tipo de ventilación, optimización de recursos necesarios para el desarrollo de proyecto, etc.

**2.-Construcción:** Se utilizan sistemas constructivos modernos e industrializados que poseen componentes de ensamblaje.

**3.-Uso/Mantenimiento:** El mantenimiento oportuno garantizará la prolongación de la vida útil, logrando evitar el deterioro y finalmente, su destrucción.

**4.- Fin del Ciclo de vida:** El uso del edificio para el que se había diseñado ha terminado, siendo remodelado para un nuevo uso o bien deconstruido para utilizar sus partes en otro proyecto.

Cuando la Arquitectura aplica los principios de la economía circular, crea diseños que contemplan las etapas de uso, fin de servicio y cómo aprovechar la totalidad de sus materiales y sistemas constructivos para otros proyectos.



Algunos de los principios para crear diseños de arquitectura circular son:

1. Los edificios (nuevos y obsoletos) son bancos de materiales en potencia.
2. La estructura debe ser muy duradera.
3. Una envolvente diseñada para ensamblaje y desmontaje; conexiones lo más sencillas posible.
4. Las instalaciones (sanitarias, clima, eléctricas, etc) pueden estar a la vista para tener un fácil acceso y reparación.
5. Los espacios deben ser diseñados de forma flexible para recibir diferentes usos a lo largo del tiempo.

## ¿POR DÓNDE COMENZAR A DISEÑAR UN PROYECTO CIRCULAR?

Podríamos empezar por cambiar la manera de visualizar los proyectos desde su génesis, valorar el potencial que poseen las edificaciones ya construidas y privilegiar sistemas constructivos que incorporen el desensamblado. En la actualidad, los edificios pasan a considerarse auténticos almacenes de materiales en uso, sin visualizar que en el futuro se convertirán en residuos.

Empezar a incorporar diseño circular agrega valor a los proyectos, ya que cuando se aprovecha al máximo los materiales disponibles se necesita cada vez menos recursos no renovables. Esto influye directamente en los costos de producción, compra de materia prima y huella de carbono de los proyectos.

## ¿CUÁLES SON LOS BENEFICIOS DE USAR DISEÑO CIRCULAR?

- Minimizar el consumo de recursos y la generación de residuos.
- Reducir las emisiones contaminantes.
- Generar un consumo de energía más eficiente.
- Impulsar la conciencia con la sostenibilidad.
- Alargar la vida de los productos.

## ¿QUIERES SABER MÁS?

- » [Diseño Circular](#)
- » [Nuevos Principios de DC](#)
- » [Arquitectura Circular](#)
- » [Importancia de la Arquitectura Circular](#)
- » [Digitalización de Diseño Circular](#)
- » [Diseño Circular y Madera](#)
- » [Cinderela - Economía Circular](#)

Un ACV (Análisis de Ciclo de Vida) o LCA (por sus siglas en inglés Life Cycle Analysis) es una metodología de trabajo para medir el impacto ambiental de un producto, proceso o sistema durante el ciclo de vida. Por lo general incluye todas las fases, desde la extracción de materias primas hasta la disposición final autorizada.

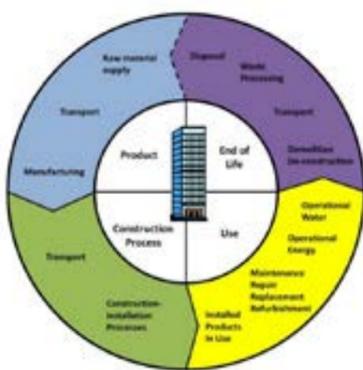
**TACC 01 - Plataforma Pasaporte de Materiales**

# ¿En qué consiste un análisis de ciclo de vida?

Medir el impacto ambiental de la construcción.

Un análisis de Ciclo de Vida (ACV) invita a estimar y evaluar los impactos ambientales de los productos que se utilizan durante todas las etapas del ciclo de un proyecto. También permite elegir materiales más adecuados en aspectos económicos, técnicos y ambientales. El ACV es una herramienta útil para tomar decisiones más sostenibles, permitiendo identificar los puntos críticos de un producto, sistema o proceso y evaluar alternativas para mejorar su impacto ambiental.

Identificar el impacto ambiental permite determinar la huella de carbono asociada a una organización o proyecto. Con esta información se puede contribuir proponiendo soluciones a tiempo para reducir los impactos generados al medio ambiente.



Fuente: Certificados Energéticos

## ACV EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

Según la Comisión Europea, las edificaciones son responsables del 36% de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y del 40% del consumo energético, por ende es necesario realizar un ACV de los proyectos e identificar los puntos débiles para proponer mejoras.

El ACV de un proyecto se concentra en la medición del impacto que cada material entrega al edificio, desde la fabricación hasta una posible nueva vida, debido a que la mayor cantidad de emisiones, según el estudio realizado por Corporate Citizenship, está relacionada con los materiales de construcción, fabricación, distribución y disposición final.

El análisis de ciclo de vida de un proyecto contempla fases según la etapa en que se encuentre cada material:

FABRICACIÓN DEL PRODUCTO	A1	Extracción materias primas
	A2	Transporte a fábrica
	A3	Fabricación
CONSTRUCCIÓN	A4	Transporte del producto
	A5	Instalación y construcción
USO	B1	Uso
	B2	Mantenimiento
	B3	Reparación
	B4	Sustitución
	B5	Rehabilitación
	B6	Energía operacional
	B7	Agua operacional
FIN DE VIDA	C1	Deconstrucción y derribo
	C2	Transporte
	C3	Gestión de residuos
	C4	Eliminación final
BENEFICIOS FUERA DE LOS LÍMITES DEL PRODUCTO	D	Riesgo
		Recuperación
		Reciclaje
		Energía exportada

Fuente: zeroconsulting

## OBJETIVOS DE UN ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

**Cuantificar:** Medir el impacto ambiental por unidad de producto para obtener indicadores comparables con estándares internacionales.

**Identificar oportunidades de mejora:** Al conocer el desempeño ambiental de cada etapa del ciclo de vida de un proyecto o material, se puede determinar qué acciones son las más beneficiosas para mejorarlo.

**Informar de forma objetiva:** Aportar información objetiva para que las industrias, los consumidores y el gobierno puedan tomar decisiones de manera informada.

**Fomentar la competencia en aspectos medioambientales:** Comparar datos de fabricantes y sus declaraciones ambientales fomenta que se trabaje con énfasis en reducir el impacto ambiental de los procesos productivos.



## ¿CUÁLES SON LAS PRINCIPALES FASES DEL ACV DE UN PRODUCTO?

Para realizar un ACV se deben abordar las 4 etapas principales:



Fuente: zeroconsulting

• **Definición de objetivo y alcance:** Es necesario conocer los motivos por los que se desarrollará el ACV del proyecto y establecer sus objetivos y alcances para trazar un plan de trabajo.

• **Análisis del inventario:** Identificar y cuantificar todas las entradas (consumo de recursos y materiales), y todas las salidas (emisiones al aire, suelo, aguas y generación de residuos) que potencialmente pueden causar un impacto ambiental durante la etapa que se está analizando.

• **Evaluación de impacto ambiental:** Establecer una relación de entradas y salidas en el inventario con los posibles impactos sobre el ecosistema, con el objetivo de clasificar y evaluar cuán graves podrían ser los potenciales impactos generados. En esta etapa se establecen las categorías de impacto y se asocian los resultados del apartado anterior.

• **Interpretación de resultados:** En esta etapa se concluye qué fases o elementos del ciclo de vida son responsables de las cargas ambientales, y con esa información determinar los aspectos a mejorar según los objetivos establecidos en el primer punto.

## ¿CUÁLES SON LOS MOTIVOS PARA HACER UN ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA EN LA CONSTRUCCIÓN?

Todos los procesos constructivos provocan un impacto ambiental. Añadir el consumo de recursos injustificados y su procesamiento a la ecuación, como se hace hoy en día, refleja lo urgente que resulta cambiar la manera en que hacemos las cosas. Realizar un ACV puede llevarnos al punto de partida y sus directrices para transitar el camino hacia la sostenibilidad en la construcción.

Conocer las propiedades medioambientales de los materiales que componen un proyecto y la huella de carbono del mismo, faculta a las empresas para implementar estrategias activas que reduzcan el impacto medioambiental, los riesgos asociados y tomar mejores decisiones. Recordando que solo se puede actuar sobre lo que se puede medir y controlar.

Actualmente existen distintos software que permiten entender cómo usar un ACV, por ejemplo:

• **One Click LCA Ltd**, de origen finlandés desarrolló un software para calcular de forma sencilla y eficiente el ACV de un edificio.

• **ELODIE by CYPE** es un software desarrollado para realizar el análisis del ciclo de vida completo de un edificio de manera óptima en Francia.

• **GaBi** permite utilizar las metodologías de evaluación de impacto más importantes y actualizadas. Ofrece almacenar, analizar y realizar seguimiento del perfil ambiental del producto y/o servicio.

• **SimaPro** es un software que mide la sustentabilidad de los productos, para contribuir a tomar mejores decisiones en pro de mejorar su ciclo de vida.

## ¿QUIERES SABER MÁS?

- ↳ [Análisis de ciclo de vida de los materiales](#)
- ↳ [Plataforma de Materiales para construcción](#)
- ↳ [Ciclo de vida de los materiales](#)
- ↳ [Ciclo de vida de Edificios](#)
- ↳ [Análisis del ciclo de vida de materiales sostenibles](#)
- ↳ [Oneclicklca](#)
- ↳ [Medición de Huella de Carbono](#)
- ↳ [Estrategias de Medición de Impactos Ambientales en Construcción](#)
- ↳ [Elodie by CYPE](#)
- ↳ [Gabisoftware](#)
- ↳ [Simapro](#)

## Laboratorio de hidrodinámica Naval

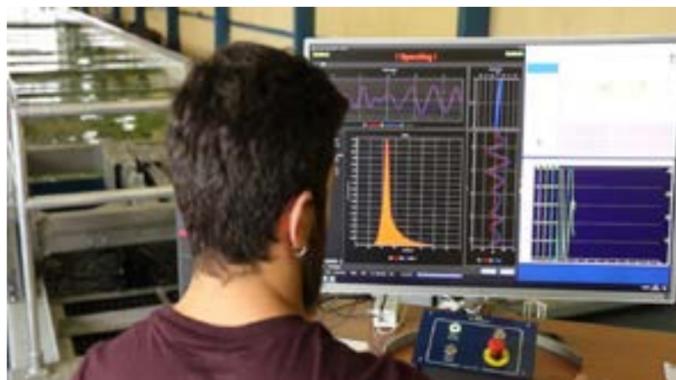


El Laboratorio de Ensayos Hidrodinámicos de la Universidad Austral de Chile, lleva más de 40 años realizando ensayos hidrodinámicos de modelos a escala, simulando las condiciones de operación de distintas naves y artefactos flotantes.

Se utiliza principalmente para actividades de docencia de pregrado, investigación y asesoramiento de instituciones y empresas del ámbito marítimo, tanto a nivel nacional como internacional con un canal de ensayos único de su tipo en Chile, ya que cuenta con un generador de olas reguladas mediante un software y un carro de remolque.

### ¿QUÉ EQUIPAMIENTO TIENE EL LABORATORIO?

Cuenta con el canal de ensayos que tiene una longitud de 45 metros y una sección transversal de 2,5 metros de eslora. Está construido en acero, cuenta con un sistema de apoyo y permite generar olas hasta de 0,2 metros de altura.



El canal de ensayos es un laboratorio altamente configurable y puede ser utilizado para una gran variedad de ensayos en el ámbito de la hidrodinámica experimental, ya que permite una gran variedad de aplicaciones tales como, sistemas flotantes para la acuicultura, energías marinas, etc.

Además, el taller posee una fresadora CNC de tres ejes con mesa de 2,5 metros x 1,2 metros para el fresado de madera, plástico y aluminio, lo que permite fabricar los modelos a escala.

### ¿QUÉ ENSAYOS SE REALIZAN?

Se realizan principalmente cuatro tipos de ensayos:

- 1. Ensayos de remolque en aguas tranquilas:** Mide las resistencias al avance de la embarcación a una velocidad determinada y el comportamiento de las corrientes de estructuras flotantes en forma simultánea por 24 horas mínimo.
- 2. Ensayos en olas (en posición fija):** Comportamiento de embarcaciones en distintos tipos de olas para el análisis del sistema de fondeo.
- 3. Ensayos en olas (con carro en movimiento):** Análisis del comportamiento de embarcaciones y estructuras flotantes a las corrientes y olas.
- 4.- Ensayo de Hundimiento y Trimado:** Se obtienen los coeficientes de hundimiento de la embarcación o estructuras flotantes.



El sistema de seguimiento óptico de movimiento (Motion Tracking System) producido por la empresa sueca Qualisys, tiene cuatro cámaras que permiten seguir el movimiento de marcadores de los objetos flotantes, capturando su velocidad y aceleración, lo que permite reducir el uso de sensores cableados en los ensayos, optimizando la respuesta de las estructuras, mejorando la eficiencia de extracción de la energía y reduciendo los esfuerzos por cargas de impacto en las naves.

Su celda de carga de seis componentes, permite medir fuerza en las tres direcciones z, y, x.

Se debe destacar que se ensayan distintos tipos de materiales que conforman una embarcación, por ejemplo el acero, los tipos de soldadura, todo esto de acuerdo a las normativas regidas por A.W.S. (American Welding Society, Sociedad Americana de Soldadura) por su código aplicable al acero AWS D1.1/D1.1M:2002.

Este laboratorio permite a la industria naval someter a pruebas sus materiales o equipos previo a la generación a gran escala, lo que facilita la toma de decisiones respecto al comportamiento del diseño proyectado.

### ¿QUIERES SABER MÁS?

- [INGENIERÍA UACH](#)
- [CANAL DE ENSAYOS](#)

Actualmente se encuentra detenido su funcionamiento, sin embargo, en condiciones operativas, para acceder a inscribir una vivienda es necesario completar un formulario que se encuentra en la página web. Desde el administrador se pondrán en contacto con el solicitante para comenzar el proceso de medición del comportamiento ambiental de la vivienda y el entorno.

TACC 03 - GEMELO DIGITAL

# CASO ReNaM: Red Nacional de Monitoreo de viviendas



## ¿QUÉ ES ReNaM Y CÓMO FUNCIONA?

La Red Nacional de Monitoreo, conocida por su sigla ReNaM, consiste en una plataforma que permite conocer en tiempo real la humedad, temperatura, ruido y calidad del aire al interior de las viviendas mediante un sistema de monitoreo de variables ambientales (SMVA) que incorpora sensores, un sistema de procesamiento y transmisión de los datos obtenidos para almacenar en la plataforma.

Esta plataforma utiliza tanto Hardware como Software mediante una API (interfaz de programación de aplicaciones), que permite el monitoreo de medidas ambientales del hogar. Para su desarrollo se utilizaron tecnologías como: MySQL, API Netatmo, Admin LTE, Cron-job, Curl y Yii2.

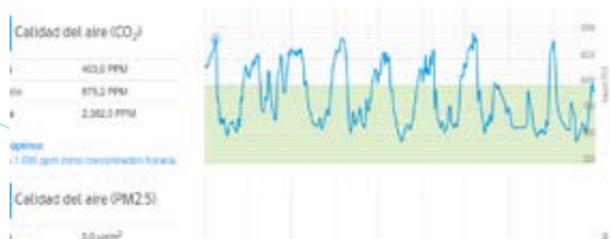
Para su creación, en 2014 se estableció un convenio con Fundación Chile para el desarrollo de la Red Nacional de Monitoreo. En 2015, se iniciaron actividades enfocadas en investigar metodologías de monitoreo, evaluar tecnologías de medición y plataformas en línea, así como seleccionar variables factibles de monitorear. Durante el 2016 se definieron criterios de selección de viviendas y ciudades a trabajar, se llevaron a cabo pruebas de tecnologías y se desarrolló la plataforma. Al año siguiente se abrió la convocatoria para postulaciones al proyecto, se seleccionaron beneficiarios y se instaló el equipo de monitoreo en diferentes ciudades de Chile.

## ¿QUÉ SENSORES SE UTILIZAN PARA EL MONITOREO?

Netatmo es el principal proveedor de equipos que se instalan en las viviendas del programa ReNaM. Existen otros equipos como Air-Q que miden más variables ambientales como CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, VOC, MP2.5, Temp, Humedad, ruido.



**Estación Meteorológica Inteligente:** Consiste en un equipo de monitoreo ambiental que mide la humedad interior y exterior de la vivienda, temperatura, presión atmosférica interior, niveles de ruido y calidad del aire. La información permite a los usuarios ajustar sus actividades a los datos climáticos y de humedad entregados, evitando las enfermedades, mientras que las mediciones de la temperatura y la calidad del aire interior ayudan a añadir confort al hogar.



A través de la aplicación instalada en un teléfono inteligente se pueden consultar las mediciones en tiempo real, además, mediante una luz de colores se informará los niveles de CO<sub>2</sub> y se notificará con una alerta que se debe ventilar.

El sensor principal de estación meteorológica cuenta con equipos complementarios (módulo interior) para monitorear más recintos interiores dentro de la vivienda con un máximo de hasta tres habitaciones, y se alimenta mediante una batería con autonomía de un año.

## ¿CÓMO ACCEDER Y QUÉ INFORMACIÓN TIENE LA PLATAFORMA?

La plataforma cuenta con información recopilada de todas las viviendas monitoreadas a lo largo del país, es de acceso público por medio del sitio web, donde se encuentran consejos para impulsar mejoras que sean beneficiosas para el bienestar y la optimización de los recursos.

Para acceder se debe inscribir la vivienda en Fundación Chile, por medio de un asesor que corresponda a la región donde se encuentra el domicilio que se desea monitorear.

A continuación se presentan resultados de la medición de una vivienda de Santiago con indicadores del comportamiento ambiental en los meses de monitoreo.

## TEMPERATURA Y HUMEDAD DE LA VIVIENDA



## CALIDAD DEL AIRE Y RUIDO



## ¿CUÁNTAS VIVIENDAS A LA FECHA SON MONITOREADAS?

Alrededor de 100 viviendas se encuentran activas al ingresar a la plataforma. En Antofagasta y alrededores, existen 25 viviendas monitoreadas entre departamentos y casas. Entre Santiago, Valparaíso, Los Andes y Rancagua son alrededor de 60, finalizando por Concepción, Temuco y Coyhaique con 15 viviendas monitoreadas. La plataforma fue desarrollada por Kwantum servicios integrales de informática, empresa que también ha implementado otras plataformas como Topten, la que se enfoca en entregar información de los productos con certificación de bajo consumo energético.

En los últimos tres años, el sistema ha enfrentado desafíos administrativos, lo que provocó la interrupción de datos y problemas de conectividad de los monitores al no tener un administrador. Sin embargo, en 2019 se llevó a cabo un piloto de monitoreo de variables ambientales en viviendas de Temuco, en colaboración con la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT). El objetivo fue evaluar aspectos como la caracterización de las viviendas, el monitoreo de variables ambientales y realizar el seguimiento de conductas de uso de las viviendas para integrarlas a la RENAM. Como resultado, se entregaron algunas recomendaciones para la continuidad de la administración, así como protocolos de operación y mantenimiento del sistema en su totalidad. El año 2021 hubo un intento por licitar la administración, operación y mantenimiento de la ReNaM, sin embargo a la fecha este proyecto se encuentra detenido.

## ¿QUIERES SABER MÁS?

- [ReNam](#)
- [DOI FOUNDATION](#)
- [POBREZA ENERGÉTICA Y LOS NIVELES DE CONTAMINACIÓN](#)
- [NETATMO](#)
- [AIR -Q](#)
- [CALIDAD DEL AIRE Y LAS EXPOSICIONES EN EL SUR DE CHILE](#)
- [KUANTUM](#)

Machine Learning es una disciplina del campo de la Inteligencia Artificial que, a través de algoritmos, tiene la capacidad de identificar patrones en datos masivos y elaborar predicciones (análisis predictivo). Este aprendizaje permite realizar tareas específicas de forma autónoma, es decir, sin necesidad de tener una programación explícita.

TACC 04 - Plataforma USACH

## Plataformas y Softwares referentes en el uso de IA y Machine Learning: Optimal Efficiency



### MACHINE LEARNING E INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN PLATAFORMAS DE CONSTRUCCIÓN

La forma acelerada en la que avanza la tecnología exige a las empresas innovar de forma constante para lograr ser competitivos en el mercado. El sector de la construcción hoy cuenta con una oferta de softwares de gestión automatizada, los cuales buscan integrar todos los procesos involucrados en cada proyecto para ofrecer experiencias de usuario simplificadas que favorezcan la productividad y reduzcan el reproceso.

La creación de soluciones basadas en **Inteligencia Artificial (IA)** y **Machine Learning** es lo que hoy se está desarrollando en cuanto a softwares de gestión de proyectos, los cuales ayudan en el fortalecimiento y agilidad de tareas en la industria de la construcción.

La IA convierte años de datos recopilados sobre gestión de proyectos en información útil con predicciones, que permiten a los diseñadores, inmobiliarias y constructoras ajustar sus costos a fin de ser más competitivas.

Algunos de los beneficios que aporta la IA en construcción son:

**Evita sobrecostos en proyectos:** Las redes neuronales permiten utilizar datos de proyectos anteriores, a fin de establecer modelos predictivos en futuros proyectos, mediante el análisis de los diferentes procesos de la construcción y el establecimiento de hitos claves.

**Optimiza el diseño de edificios:** Por medio de diferentes softwares que permiten aplicar diferentes metodologías como BIM (Building Information Modeling), Lean, entre otras, los diferentes agentes implicados en la construcción del edificio pueden ingresar información asociada a modelos únicos. Estos softwares, mediante la utilización de algoritmos de aprendizaje automático, pueden predecir posibles conflictos, minimizar sus efectos y generar alternativas válidas.

**Mitigación de accidentes:** La construcción es el sector económico que mayor tasa de accidentabilidad presenta. La inteligencia artificial se está utilizando para realizar una monitorización y evaluación continua del espacio de construcción, y así evitar y mitigar los posibles riesgos.

**Planificación de proyectos:** Mediante el uso de robots y sistemas de monitorización de planta, es posible analizar la evolución de una obra. Utilizando diferentes técnicas de inteligencia artificial, como el aprendizaje por refuerzo, se pueden establecer planes de ejecución de un proyecto y seleccionar aquellos escenarios de ejecución más óptimos, tanto por tiempo, costo o nivel de seguridad.

**Control de mano de obra:** Las empresas de construcción están utilizando el aprendizaje automático para planificar mejor la distribución de mano de obra y maquinaria en los puestos de trabajo. Un robot evalúa constantemente el progreso del trabajo y la ubicación de cada uno de los operarios y equipos. Con esta información, una red neuronal decide cual es el lugar óptimo de cada trabajador en cada una de las fases de la construcción.

Progresar en estos temas ha sido complejo debido a la alta resistencia al cambio que en general sufre el sector de la construcción. Optimal Efficiency, es una plataforma que conjuga Machine Learning e IA y puede ser aplicada a la industria.

### ¿EN QUÉ CONSISTE OPTIMAL EFFICIENCY (OE)?

Este software está diseñado para la gestión de proyectos de la industria del gas, petróleo, minería y las distintas áreas de la construcción utilizando conceptos de Machine Learning e IA. Su propósito es optimizar los procesos de negocios entregando diferentes herramientas, como por ejemplo, sistemas de gestión de información y documentos, sistemas de notificaciones y alertas en tiempo real que ayuden a escalar los eventos a distintos niveles gerenciales, controlar los costos del proyecto, gestionar logísticas, seguridad y salud laboral, y aportar con componentes de realidad aumentada.

Su propuesta de valor consiste en administrar fácilmente proyectos, de principio a fin, ahorrando tiempo y generando un aumento en las ganancias de los clientes.

### ¿QUÉ CARACTERÍSTICAS TIENE OPTIMAL EFFICIENCY (OE)?

OE es un programa tipo SaaS (Software como Servicio o por sus siglas en inglés Software as a Service) que ofrece diferentes módulos:

**Nexo:** Este módulo cuenta con gestión de usuarios, compañías, personas, roles, publicación y distribución de documentos, activación y configuración de notificaciones.

**Inteligencia Artificial:** Permite recibir soluciones inteligentes del análisis de patrones, tendencias y problemas potenciales, logrando entregar soluciones en obra que sean más eficientes y de mejor calidad.

**Blockchain:** Uso de base de datos distribuidas para la integración del módulo de contratos administrativos y logística.

**Realidad Aumentada:** Visualización en 3D de la documentación del proyecto, colaboración en tiempo real con otros involucrados mediante dispositivos de realidad aumentada, contribuyendo a la supervisión del detalle de avance de proyectos.

**Control de Costos:** Automatización de reportes de finanzas, gestión de presupuestos, duración y valor ganado, lo que permite analizar reportes de desviaciones y tendencias de los principales indicadores claves asociados a las finanzas de la empresa.

**Integración de Softwares:** Cuenta con la capacidad de interconectarse con distintos softwares utilizados en el rubro, como MS Project, SAP, Primavera.

Además considera los módulos de Logística, Seguridad y Salud Industrial, Gestión de Obras y administración de Contratos.



### ¿CUÁLES SON LOS BENEFICIOS DE UTILIZAR OE?

Al contar con distintos apartados asociados a la gestión de proyectos, el software puede ser utilizado en diversas áreas para manejar los problemas más comunes que se generan en la industria y que han sido repetitivos por muchos años. De esta manera las organizaciones pueden:

1. Tomar mejores decisiones, rápidas e informadas.
2. Disponer de datos en tiempo real.
3. Reducir riesgos con inteligencia de negocios.
4. Disminuir los costos de gestión de cada proyecto en un 15% aproximadamente.
5. Estar integrados con los distintos sistemas y ejes de la empresa.
6. Mejorar los procesos de control.

El software OE hasta el momento se ha utilizado en pilotos de empresas constructoras y mineras de Canadá que se encuentran bajo la NDA (acuerdo de confidencialidad).

### ¿QUIERES SABER MÁS?

- [Optimal Efficiency](#)
- [Seminario de Eficiencia Óptima](#)
- [Consultoría Optimal Efficiency](#)
- [la en la construcción](#)
- [Aplicaciones de IA](#)

La Agencia Internacional de Energía (IEA por sus siglas en inglés, International Energy Agency) señala que los edificios consumen alrededor de 40% de la energía final del mundo y producen el 33% de las emisiones de gases de efecto invernadero, de manera directa o indirecta.

TACC 05 - MÓDULO MULTIPROPÓSITO “NET ZERO”

# Método de Evaluación Cero Emisión asociada a la energía y al carbono en el comportamiento de un Edificio



De acuerdo con Carbon Leadership Forum, las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) asociadas a los edificios se dividen en:

**1.- Carbono incorporado:** Corresponde a las emisiones asociadas con los materiales y los procesos constructivos a lo largo de todo el ciclo de vida de una edificación. Estas emisiones representan alrededor del 30% de las emisiones globales de CO2 relacionadas con la energía.

**2.- Carbono operacional:** Corresponde al uso de energía que se ocupa durante la operación del edificio. El carbono operacional puede llegar a representar el 18% del impacto sobre el cambio climático durante la vida del edificio.

La investigación Proyecto Annex 57 “Evaluation of Embodied Energy and CO2eq for Building Constructions” desarrollada por la Agencia Internacional de la Energía (IEA), revela la situación real del CO2 después de realizar un análisis de los datos teóricos, la información recopilada y sus métodos de cálculo. Este estudio determinó que las emisiones de carbono pueden dividirse en cuatro etapas:

**1. Emisiones de Producción (ECO2eqp):** Corresponden a las emisiones producidas por los procesos de extracción de materia prima, su transporte, transformación y almacenaje en fábrica.

**2. Emisiones de Construcción (ECO2eqc):** Se generan desde el transporte del material a la obra, el proceso de construcción e instalación de los materiales, incluyendo pérdidas y retrabajos, emisiones por retiro de escombros y problemas de gestión asociados a la construcción tradicional.

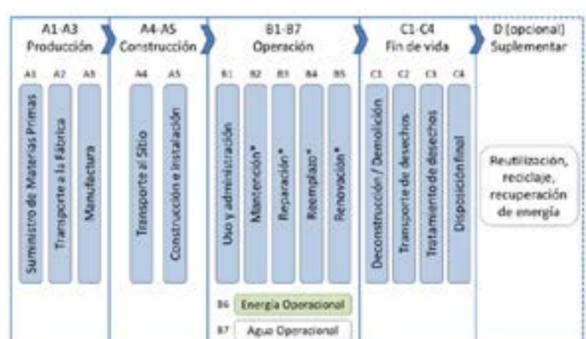
**3. Emisiones de Uso (ECO2equ):** Corresponden al uso, mantenimiento, reemplazo y rehabilitación de los elementos cuya vida útil es menor a la considerada para el edificio, y son emitidas durante la fase de operación de las edificaciones.

**4. Emisiones de Fin de Vida (ECO2eqeol):** Consideran los procesos para el desmantelamiento, reciclaje y/o disposición final de los elementos que conforman las edificaciones (IEA, 2019).

## CICLO DE VIDA DE LA EDIFICACIÓN: CARBONO INCORPORADO Y CARBONO OPERACIONAL

Los estándares ISO 21930 y EN 15978 definen las etapas del ciclo de vida de un proyecto, considerando la producción de materia prima, la construcción del proyecto, la utilización y el fin de su ciclo. Estos estándares otorgan los datos necesarios para gestionar el carbono generado.

A continuación, se presenta un esquema donde se visualiza el ciclo de vida y las emisiones que se generan.



Fuente: Ecoed.cl  
Fuente: Carbon Leadership Forum

## MÉTODOS DE EVALUACIÓN



Al clasificar las emisiones incorporadas de un edificio por sus elementos constructivos, se observó que las fundaciones y estructuras abarcan el 46% del total de estas emisiones, seguido por las cubiertas y escaleras con un 21%. En tercer lugar se encuentran las terminaciones con un 16%, luego los trabajos de fachada generan un 13% y finalmente, los sistemas mecánicos y eléctricos aportan un 4% de las emisiones incorporadas (RICS, 2019).

Esta información deja en evidencia que todas las emisiones que se generan durante todo el ciclo de vida de un proyecto pueden ser clasificadas. La clasificación se realiza con el fin de obtener indicadores respecto al comportamiento ambiental de los recintos los cuales están conformados por los siguientes elementos:

- La eficiencia energética en la fase de uso medida en kWh/m2/año
- El Potencial de Calentamiento Global durante el ciclo de vida medido en kgCO2eq/m2/año (UE, 2017).

Estos elementos se traducen directamente en Emisiones Incorporadas y Emisiones Operacionales de la edificación respectivamente.

Los métodos de evaluación son parte de la metodología del Análisis del Ciclo de Vida (ACV) y están definidos por los estándares ISO 14040 y ISO 14044. Teniendo el ACV disponible, las estimaciones se pueden adaptar a cualquier fase del proyecto, desde el diseño hasta el funcionamiento y posterior mantenimiento.

Hoy en día ya están disponibles en el mercado softwares que permiten medir fácilmente las emisiones generadas por un proyecto. En Chile se puede disponer de esta tecnología con softwares como: Rukaru, Ábaco, Ecobase Construcción, entre otros.

A nivel europeo, se observa un esfuerzo por evaluar no solamente indicadores económicos y sociales, sino también éstas afectan a la salud de las personas. Las emisiones incorporadas, junto con las emisiones operacionales toman protagonismo como representantes de la calidad ambiental, al mantener un carácter cuantitativo.

En la actualidad, solo existen 3 países de la Unión Europea (Francia, Holanda y Alemania) que disponen de una normativa vigente para contabilizar las emisiones de CO2 en la etapa previa a la construcción de edificios en conformidad con la normativa EN 15978:2011.

A continuación se detallan las metodologías y métodos de evaluación aplicables para cada una de las certificaciones:

Nombre	LEED	BREEAM International	EDGE Building	Active House	LEVER	Wuwei Building
Región	Global	Global	Global	Unión Europea	Unión Europea	Unión Europea
Actores	USGBC	BREEAM Group	UIC, BIM	BES	BV Building	CEIBA
Año	1998	1990	2012	2016	2009-2008	2004-2007
Metodología	ACV etapa de producto	ACV cruce a puerta	Comparación de materiales catalogados como de bajo carbono	ACV cruce a puerta en edificios de transporte	EN 15974, EN 15974	EN 15974-44, en 15977
Alcance	Toda edificación nueva	Toda edificación nueva	Toda edificación nueva	Toda edificación residencial nueva	Toda edificación nueva	Toda edificación nueva
Escala	Edificio	Edificio, EPI	Edificio	Edificio, EPI	Carbon Footprint L10, Carbon Footprint, EPI	EPI de cada país
Método Evaluación	Comparación de valores normalizados de baja carbono incorporados	Comparación de emisiones incorporadas en la etapa de producto	Hoja de ruta para descarbonización: Reducción emisiones ciclo de vida en el tiempo.	Valores normalizados para 4 categorías	Comparación de Emisiones por decimales de emisiones de diseño para nuevas edificaciones	Escala de emisiones de acuerdo con su tipología
Indicadores	Puntos categoría materiales	Puntos categoría materiales	Puntos categoría ambiental	Puntos categoría ambiental	Elaboración base de datos normalizada para cada país	Comparación entre o actual de emisiones, abstracción en energía y agua
Certificado Energético	SI	SI	SI	SI	NO	NO
Certificado Sostenibilidad	SI	SI	SI	SI	NO	SI
Requisitos	Voluntario	Voluntario	Voluntario	Voluntario	Voluntario	Voluntario
Máximo Puntaje	80.000	100.000	200	100	100	100

Fuente: Emisiones Incorporadas (2020).

## ESTÁNDAR 228

El Estándar 228 de ASHRAE establece los requisitos para evaluar si un edificio o un grupo de edificios cumple con la definición de “Energía Neto Cero” o “Carbono Neto Cero”, proporcionando metodologías para expresar la calificación asociadas a las edificaciones nuevas o la operación de las ya existentes, basada en la ASHRAE Standard 105. Este estándar dirige los flujos de energía y carbono a través de los límites de un sitio y su medición.

- Asignaciones para sitios que carecen de la oportunidad de producir energía renovable adecuada, al tiempo que se establecen requisitos adicionales sobre el uso de carbono externo y energía renovable.
- Cálculo definido de energía. Un multiplicador de la energía que cruza el límite del sitio para incluir la energía utilizada o pérdida en la extracción, generación y tránsito al sitio.
- El cálculo energético principal se realiza en términos de factores medios anuales.

Más de este estándar en el siguiente reporte de Vigilancia Tecnológica.

## ¿QUIERES SABER MÁS?

- [Estándar de Construcción Sustentable](#)
- [Ciclo de vida completo en Piloto Edificación](#)
- <http://abacochile.cl/>
- [Cero Emisiones](#)
- [Edificios de Energía Cero](#)
- [Arquitectura Cero en China](#)
- [Evaluation of Embodied Energy and CO2eq for Building Construction](#)
- [Abaco](#)
- [Rukaru](#)
- [Estado del Arte Huella de Carbono para Edificaciones](#)
- [Norma 228-2023](#)
- [Huella de Carbono](#)

Según Investigadores de EUPD Research se pueden disminuir hasta el 45% de las emisiones de CO2, además si el sistema cuenta con baterías de almacenamiento de energía se puede llegar a una reducción del 85%.

TACC 06 - PARAWATTS

## Sistema de Energía Autónomo - Caso : Acciona



### EQUIPO ELECTRÓGENO PORTÁTIL FOTOVOLTÁICO MOBIL-GRID.

Acciona desarrolló un proyecto para sustituir un grupo electrógeno diesel de 100 KVA, que suministra energía al campamento de maquinaria pesada de la obra de ampliación Embalse Relaves. El alcance de la implementación fue alimentar 10 casetas y las herramientas eléctricas por un periodo de dos años.

### ¿QUÉ TECNOLOGÍA SE IMPLEMENTÓ?

Mediante el proveedor ESOSUN Innovations, una empresa francesa dedicada al desarrollo, diseño y fabricación de soluciones de energía renovable “plug and play”, Acciona trajo a Chile un equipo generador eléctrico portátil MOBIL -GRID ROLL UP, que consiste en un contenedor equipado de 20 pies, con capacidad de potencia de campo solar de 26 kWp, baterías con capacidad de almacenamiento de energía 20 KWh y un inversor de 24 kVa (salidas monofásicas y trifásicas).

**Mobil-Grid®**  
Desde 30  
Hasta 400 paneles  
Despliegue en 1-2 días  
Semipermanente

Contenedores de 20 o 40 pies  
Potencia kWp: Desde 9 hasta 150  
Almacenamiento de energía en kWh: Desde 15 hasta 180\*

Para las obras de construcción, esto significa una alternativa robusta, debido a que tiene una duración mayor en ambientes extremos, es rápido de ejecutar y fácil de desmantelar al final de la vida útil, permitiendo un traslado constante sin tener pérdidas y con un bajo impacto ambiental, ya que el suelo el subsuelo no sufren cada vez que se retira debido a que el terreno queda en su estado original, reduciendo al mínimo el impacto que se podría producir utilizando otras tecnologías.



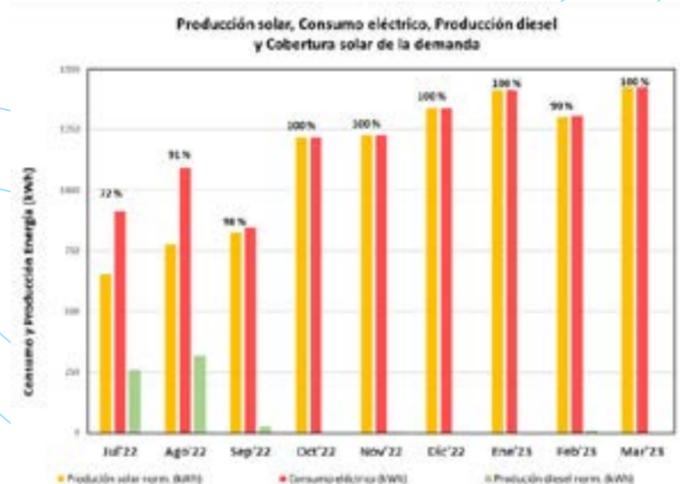
Estos contenedores están aislados y son herméticos debido al uso de tabiques interiores que vienen pre construidos desde el suelo hasta el techo. Por otro lado, el cierre lateral se realiza con paneles machihembrados tipo sándwich. El revestimiento exterior e interior es de acero galvanizado, perfilado y lacado. Todos los componentes y materiales están protegidos eficazmente contra los ambientes salinos, el polvo, la arena y la humedad.



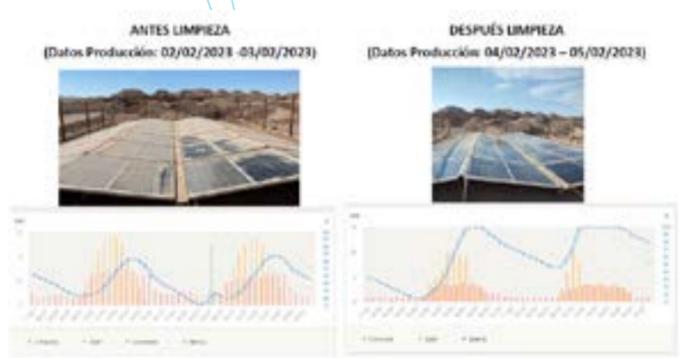
### RESULTADOS OBTENIDOS CASO ACCIONA

Se levantaron métricas durante nueve meses, de lo que se concluye que el sistema cubre el 94% de la demanda energética del proyecto con energía fotovoltaica, produciendo 9.987 kWh para un consumo de 10.586 kWh y generando una diferencia de 599 kWh que se complementan con la generación de grupo electrógeno. Con la implementación de este equipo en el proyecto se ahorraron 12.984 litros de combustible gasoil. Además, se evitó generar en el medio ambiente 39 toneladas de CO2.

Si bien el costo del equipo ronda los 80 mil dólares aproximadamente, Acciona tiene dentro de sus políticas ambientales, dedicar recursos para estrategias que contribuyan a la descarbonización.



Se debe destacar que la limpieza de los equipos debe ser constante debido a que esto podría ocasionar una baja en la producción de energía.



Cualquier negocio, ya sea del sector industrial, minería, construcción o de servicios, necesita suministro eléctrico para poder realizar las funciones básicas en sus instalaciones. Por tanto, contar con la mejor solución energética y sustentable es un punto clave a la hora de reducir los costos fijos de la actividad económica y reducir las emisiones de los procesos.

### ¿QUIERES SABER MÁS?

- [ECOSUN](#)
- [ECOSUNINNOVATIONS](#)
- [ECOSUN INNOVATIONS- MOBIL GRID](#)
- [QUANTICA RENOVABLE](#)

Se está desarrollando una fachada modular de aluminio que se puede ensamblar e interconectar fácilmente. Consta de una capa interior con perfiles estructurales y aislamiento, y una capa exterior con paneles intercambiables que pueden incorporar tecnologías activas como la fotovoltaica y los paneles solares. El diseño modular permite flexibilidad para adaptarse a diferentes escenarios de rehabilitación de edificios.

TACC 07 - Construcción Eficiente por medio de los MMC - Fachadas Adaptables Industrializadas

## Desafíos técnicos de los sistemas constructivos no estructurales



Los sistemas constructivos no estructurales juegan un papel fundamental en la arquitectura moderna, aportando versatilidad, estética y eficiencia a los edificios. Sin embargo, su implementación presenta desafíos técnicos que deben abordarse de manera adecuada para garantizar su funcionalidad y durabilidad. Entre los principales se encuentran los relacionados con el diseño y compatibilidad, el aislamiento térmico y acústico y la resistencia al fuego.

La ingeniería de fachadas es un aspecto fundamental en el diseño, donde los principales factores técnicos que influyen son:

**Resistencia al viento:** El viento puede generar fuerzas significativas en la fachada, lo que puede provocar deformaciones, vibraciones y fallas en los componentes. Para superar este desafío, los ingenieros deben utilizar técnicas avanzadas de análisis de viento para diseñar una fachada que pueda soportar las fuerzas del viento sin sufrir daños.

**Carga estructural:** Los ingenieros de fachadas deben diseñar sistemas de anclaje y soporte que sean fuertes y duraderos, y así garantizar la estabilidad de la fachada. Además deben cumplir con las normativas vigentes como elementos no estructurales frente a la carga muerta que aportan en las estructuras, además de las solicitaciones sísmicas que deben resistir y evitar convertirse en elementos riesgosos y dañinos frente a un evento telúrico.

**Elección de materiales:** La elección de los materiales es otro desafío crítico, ya que los utilizados en la fachada deben ser ligeros pero resistentes, duraderos y estéticamente atractivos. Además, deben cumplir los requisitos de resistencia al fuego y a los impactos. La elección de los materiales también tiene un impacto significativo en la eficiencia energética y el diseño circular, donde se busca privilegiar materiales sustentables y la optimización de recursos.

**Eficiencia energética:** La fachada no es solo la primera línea de defensa contra los elementos, sino que también es responsable de la eficiencia energética del edificio. Una fachada mal diseñada puede provocar fugas de aire, pérdida de energía y mayores costos de mantenimiento. La elección de materiales aislantes adecuados y la implementación de tecnologías avanzadas de gestión energética son fundamentales para garantizar la eficiencia energética. Es clave tener en consideración los sellos y puentes térmicos o las características de una adecuada fachada ventilada.

### SOLUCIONES PARA LA INGENIERÍA DE FACHADAS

Dado los desafíos planteados, una de las soluciones más efectivas para la ingeniería de fachadas en edificios de gran altura es el uso de materiales avanzados. Por ejemplo, el **vidrio laminado de alta resistencia** es una opción popular para fachadas, ya que ofrece una mayor resistencia al viento y una excelente eficiencia energética. Además, los **materiales compuestos** pueden ofrecer una combinación única de resistencia y flexibilidad. Lo anterior, combinado con tecnologías avanzadas pueden ser una solución efectiva para mejorar la eficiencia energética. Por ejemplo, la utilización de **ventanas inteligentes** que cambian de opacidad en respuesta a las condiciones climáticas pueden reducir la cantidad de calor que entra en el edificio, reduciendo la necesidad de aire acondicionado. Los **sensores de temperatura y humedad** pueden ayudar a controlar y ajustar el sistema de ventilación de la fachada para maximizar la eficiencia energética.

Tecnologías como los **sistemas de energía solar integrados** en la fachada o las plantas de energía geotérmica, pueden reducir aún más la dependencia de los combustibles fósiles y aumentar la eficiencia energética del edificio.

Otro enfoque importante, es la **integración del diseño estructural desde el inicio del proceso de diseño**. Esto puede incluir la utilización de sistemas de soporte y anclaje de alta resistencia, así como la incorporación de detalles arquitectónicos innovadores, que mejoren la eficiencia energética y la estética del edificio.

Finalmente, el uso de los **paneles prefabricados de madera, hormigón o acero** pueden mejorar la resistencia y estabilidad de la fachada, ya que sus piezas son resistentes y duraderas y soportan eficazmente los cambios climáticos. Además, son más ligeras que otros sistemas con acabados similares y permiten **rapidez y facilidad de instalación**, menor costo frente a otros sistemas, son totalmente impermeables y presentan un excelente aislamiento acústico.

### DESAFÍOS Y SOLUCIONES DE LAS FACHADAS PREFABRICADAS

**Complejidades de diseño e ingeniería:** El diseño y la ingeniería de componentes prefabricados requieren una atención especial para garantizar un ajuste preciso durante la instalación.

**Problemas de comunicación:** La comunicación efectiva entre arquitectos, ingenieros, fabricantes y contratistas es crucial para evitar errores, demoras y costos adicionales.

**Problemas de control de calidad:** El control de calidad es fundamental para asegurar que los componentes prefabricados cumplan con las especificaciones requeridas y evitar fallas estructurales, de sustentabilidad y riesgos para la seguridad.

**Dificultades de programación y secuenciación:** La fabricación y la instalación de componentes prefabricados requieren una cuidadosa programación y secuenciación para garantizar un proceso eficiente y coordinado.

**Problemas de transporte y espacio limitado:** El transporte y la manipulación de componentes prefabricados pueden presentar desafíos debido al tamaño, peso y acceso limitado en el sitio de construcción. Es importante ajustarse a la normativa en cuanto a transporte y a planificar adecuadamente el suministro a terreno para evitar atrasos que desvíen los plazos de entrega y merme el beneficio que la optimización de las fachadas puede otorgar.

Para superar los desafíos anteriores se propone:

**Uso de tecnología y software avanzado:** El uso de software de modelado 3D y la Metodología BIM puede ayudar a identificar y resolver problemas de diseño e ingeniería antes de la fabricación, mejorando la eficiencia y la precisión.

**Mejora de la comunicación y la colaboración:** Establecer integración temprana, canales claros de comunicación, reuniones colaborativas periódicas y compartir información a través de plataformas digitales puede mejorar la comunicación y evitar descoordinaciones.

**Implementación de medidas de control de calidad:** Inspecciones y pruebas regulares durante todo el proceso de fabricación aseguran que los componentes cumplan con las especificaciones requeridas y minimicen los riesgos.

**Prácticas efectivas de programación y secuenciación:** Utilizar software especializado para planificar y secuenciar la fabricación e instalación de los componentes, evitando retrasos en el suministro de las fachadas y conflictos con otras partidas.

**Estrategias innovadoras de transporte y logística:** Utilizar técnicas de modularización y equipos especializados para facilitar el transporte y la instalación en espacios y áreas de acceso limitado.



### ¿QUIERES SABER MÁS?

- [Ingeniería de fachadas de edificios de gran altura](#)
- [Fachadas Smart](#)
- [Challenges faced precast detailing](#)
- [Fachadas Industrializadas](#)
- [Beneficios de Fachadas Industrializadas](#)
- [Ventajas y desventajas de la fachada prefabricada](#)

La evidencia indica que para lograr y asegurar el beneficio de productividad y calidad que entregan los prefabricados, se debe tener una buena planificación y logística del proyecto, incorporando a todos los actores clave de forma temprana, en el desarrollo del mismo.

TACC 08 - Prolab - Hormigón Armado

## Hormigón prefabricado: Incremento de productividad y calidad de los productos



Al abordar el índice de productividad en Chile, los últimos estudios dan cuenta que éste marca una tendencia al estancamiento. Según informó la Comisión Nacional de Productividad CNP a comienzos de 2021, la Productividad Total de los Factores (PTF) cayó en un 0,7% en 2020, algo menor que en 2019 (1,1%), lo que grafica esta posición.

Según el informe de productividad de Matrix Consulting mandatado por la CChC, en edificación las obras nacionales presentan en promedio un indicador de productividad de 0,24 m<sup>2</sup> persona-día, mientras que la muestra internacional es de una media de 0,37 m<sup>2</sup> por persona-día; un 53% mayor. En términos simples, si un edificio promedio de la muestra nacional es de 13 pisos, alcanzar el nivel de productividad de países referentes podría significar adicionar 6 pisos, empleando la misma cantidad de personas.

Una de las recomendaciones de este documento, corresponde al incremento del uso de elementos prefabricados como parte de las estrategias de incorporar industrialización en los procesos constructivos. A nivel nacional, el documento indica que aquellas obras que incorporan elementos prefabricados logran un 22-23% más de productividad laboral que aquellos que no los utilizan.

La incorporación de prefabricados en una obra genera un incremento en la rentabilidad del proyecto, reduciendo los costos, tiempos y recursos humanos en las distintas partidas. Además, permite que los ingenieros y arquitectos se planifiquen y programen las distintas actividades con mayor exactitud, ya que los productos llegan a las obras completamente personalizadas y listas para su instalación.

Algunas ventajas de este método constructivo son:

**Masificación e industrialización:** los prefabricados de concreto son productos a medida, producidos en plantas industriales, lo que permite obtener garantías en la funcionalidad y calidad del producto.

**Ahorro de tiempo:** este tipo de elementos se montan in situ, lo que permite reducir tareas auxiliares y mano de obra.

**Mayor seguridad:** la resistencia de los prefabricados de hormigón está garantizada desde la salida de la planta y a lo largo de toda la vida del producto.

**Alta resistencia:** los prefabricados tienen una alta resistencia al fuego, entre otras situaciones adversas.

**Aislación térmica y acústica:** este tipo de elementos mejoran el aislamiento acústico y optimización energética mediante la masa térmica.

**Calidad:** la calidad del producto está avalada por la empresa fabricante, independiente de la ejecución.

**Sostenibilidad:** el uso de prefabricados de hormigón permite un óptimo control de impactos ambientales, sociales y económicos.

**Versatilidad:** estas soluciones se adaptan a cualquier necesidad técnica o de diseño y consiguen una alta competitividad.

### RECOMENDACIONES PARA ASEGURAR PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD EN PREFABRICADOS DE HORMIGÓN

Se recomienda realizar una evaluación del costo - beneficio de la incorporación de elementos de hormigón industrializados en una obra, considerando todo el ciclo de vida. Además, la incorporación de elementos prefabricados en etapas tempranas de diseño y establecer metodologías de trabajo colaborativo.

El acopio, transporte y montaje puede afectar a los elementos si estas operaciones no son efectuadas por personal capacitado. Muchas veces la dimensión del elemento puede ser limitada por el medio de transporte y la capacidad para el montaje, por lo que se debe considerar la forma de transporte y las cargas transitorias que tiene el elemento durante el transporte y montaje. Además, se debe tener en cuenta la ubicación de la obra (con respecto a la planta de fabricación).

Las uniones de elementos de hormigón industrializado son un tema relevante que debe estar resuelto en el proyecto y que debe ser ejecutado con especial cuidado y controlado por un especialista. Los tipos de uniones que se pueden presentar, según lo que establezca el proyecto son: húmedas, húmedas en losas, dúctiles, secas, soldadas e híbridas.

Finalmente, se debe tener en cuenta la normativa que rige este tipo de soluciones como las nacionales: NCh170: Hormigón - Requisitos generales; NCh433: Diseño sísmico de edificios; NCh2369: Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales; NCh2745: Análisis y diseño de edificios con aislación sísmica; NCh3357: Diseño sísmico de componentes y sistemas no estructurales y las internacionales: ACI318: Requisitos para la construcción de hormigón armado.



Fuente: Espremix

### ¿QUIERES SABER MÁS?

- [Optimizando la construcción con hormigones prefabricados](#)
- [Estudio de productividad del sector construcción](#)
- [Prefabricados y sus ventajas](#)
- [Productividad en la industrialización con hormigón](#)
- [Integración temprana en el trabajo con prefabricados de hormigón](#)
- [Soluciones de prefabricados de hormigón en minería](#)
- [Elementos de Hormigón Industrializado en Edificaciones: Ventajas](#)

En el próximo boletín: *Estudio de caso: Carbonaide*

TACC 09 - Prolab Híbrido Madera y Hormigón prefabricados

## Losas industrializables híbridas de baja huella de carbono



Con el propósito de agilizar el ritmo de productividad en el área de la construcción y atender esta demanda desde una mirada más sustentable, un grupo de investigadores del Centro Nacional de Excelencia para la Industria de la Madera (CENAMAD), desarrolló el proyecto FONDEF ID20110312: “Bases técnicas para la inclusión de losas industrializables de baja huella de carbono en la normativa chilena”, cuyo objetivo principal fue desarrollar las bases científicas y tecnológicas para fomentar el uso de losas industrializadas de madera y hormigón-madera.

En cuanto a la metodología de estudio, se consideraron cinco tipologías de losas y bajo losas industrializadas de madera: Losa de Entramado Ligero, Losa de Entramado con Vigas - I-Joist, Losa de Entramado con Alta Resistencia, Losa CLT + Hormigón Prefabricado y Losa Híbrida Madera NLT + Hormigón Armado.

Del estudio surgieron tres propuestas de producción: método de diseño sísmico de losas industrializadas de madera, método de diseño gravitacional de losas hormigón-madera y método de diseño de uniones losa-muro y estudio desempeño no estructural de losas industrializadas.

### LOSAS HÍBRIDAS MADERA HORMIGÓN

Algunos beneficios de este sistema, es que este tipo de losas reducen el 50% del espesor de hormigón, eliminan el uso del moldaje (ya que la madera actúa como moldaje permanente) y disminuyen el uso de alzaprimas. Con estas losas compuestas, también hay una reducción de un 10% de la masa sísmica del edificio y reducción de hasta un 50% de residuos y pérdidas de material. El uso de esta solución se aplica en la renovación de estructuras y construcción de nuevas estructuras como losas o puentes.

En comparación con losas de madera, mejora la aislación acústica, mejora la resistencia al fuego, logra un diafragma más rígido (al estar presente el hormigón) y mejora las propiedades dinámicas de la losa. Si las comparamos con losas de madera-hormigón no colaborantes (hormigón solo actúa como peso muerto), se puede notar un aumento de rigidez y resistencia.

Además, es posible realizar losas de CLT con hormigón prefabricado; es decir, el ensamblaje es pos fraguado del hormigón, donde se pueden evitar varios fenómenos como la deflexión de la losa por retracción del hormigón, por mencionar algún ejemplo, ya que ésta ocurriría antes de montarlo.

### TIPOS DE CONECTORES LOSAS HÍBRIDAS

- **Mallas HBV, TicomTec:** consiste en una malla de acero insertada parcialmente en un corte longitudinal en la madera utilizando adhesivo, quedando embebida en el hormigón por su parte superior.
- **Conector SFS de intecRothoblaas:** tornillo que posee dos cabezas, que le permite ser insertado a una profundidad fija para que la parte superior pueda anclarse en el hormigón.
- **Conector Notched:** consiste en realizar una ranura en la madera, donde el hormigón lo llenará al ser vaciado y se formará un taco con la capacidad de tomar fuerzas de corte entre el hormigón y la madera.

Los ensayos realizados en el proyecto FONDEF de CENAMAD, consideraron losa de NLT con hormigón armado, buscando comparaciones entre los conectores comerciales SFS de Rothoblaas (de menor rigidez), con conectores tipo Notched, que corresponde a una conexión muy rígida (pero con un comportamiento frágil).

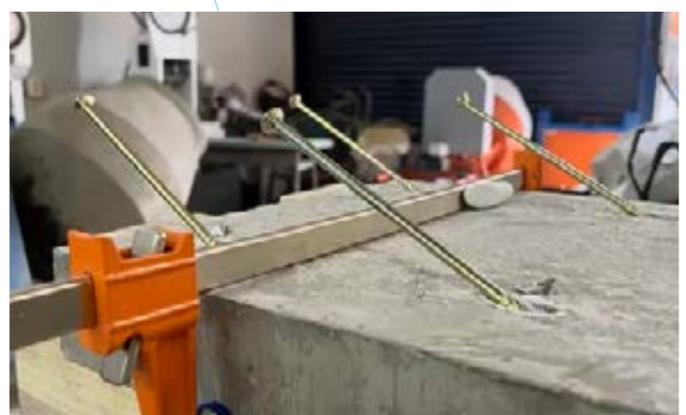


### RESULTADOS DE LAS INVESTIGACIONES

El proyecto FONDEF incorporó dos tipos de ensayos vibratorios: uno preliminar, que tiene que ver con la medición de propiedades dinámicas verticales de losas y, por otro lado, la medición de vibraciones por caminatas de personas. Con este último, se puede correlacionar el nivel de vibración con eventuales molestias de servicioabilidad. Existe evidencia científica de los últimos años que demuestra que las vibraciones verticales pueden controlar el diseño de las losas en general, sobre todo en las losas madera-hormigón. Además, fue importante incorporar este ensayo porque en la actualización de la normativa chilena NCh1198 se están agregando algunos elementos más específicos en control de vibraciones.

Los resultados obtenidos, para diseño flexional de losas compuestas NLT y CLT con hormigón podrían ser interesantes para el mercado cuando se requiera gran capacidad lateral o flexional contando con un paquete de losa reducido.

Finalmente, se estima que todos los resultados de este proyecto sean incorporados en la NCh1198 en los próximos dos años, así como también, las fichas de desempeño no estructural.



Fuente: CENAMAD

### ¿QUIERES SABER MÁS?

- ↳ [Proyecto de losas industrializables CENAMAD](#)
- ↳ [Solución híbrida de madera y hormigón en Chile](#)
- ↳ [Madera21: Ingeniería y Diseño](#)
- ↳ [TiComTec](#)
- ↳ [Rothoblaas](#)

En el próximo boletín: *Estudio de caso: Edificio Tamango*

Esta tecnología reduce la generación de residuos casi a cero, debido a que el hormigón para la impresión se puede fabricar combinando materiales del fin de la vida útil de la industria como son como escoria de alto horno, cenizas volantes, relaves y residuos de demolición, lo que contribuye a un importante ahorro de costos y a una reducción del 90% de las emisiones de CO2 incorporadas.

**TACC 10 - IMPRESIÓN 3D Y ECOHORMIGÓN**

## Impresión 3d en hormigón en Chile



Laboratorio de prototipos de la Universidad del Bío Bío (PEP LAB CITEC UBB).

En Chile, desde hace algunos años se han estado desarrollando investigaciones en torno a la impresión 3D por parte de distintas universidades como la Universidad de Santiago de Chile, la Universidad Federico Santa María de Valparaíso, la Pontificia Universidad Católica de Chile y la Universidad del Bío-Bío. Sin embargo, la mayoría de las investigaciones se encuentran actualmente en procesos de patentamiento de mezclas, lo que significa que la información levantada de estas investigaciones sea escasa, pues se relaciona con secretos de fábrica.

### ¿EXISTEN INVESTIGACIONES RESPECTO AL TIPO DE HORMIGÓN UTILIZADO EN LOS PROTOTIPOS IMPRESOS?

En este aspecto aún no existen publicaciones oficiales referente a las fórmulas realizadas para los diferentes prototipos de impresión realizados en nuestro país. Sin embargo, existen investigaciones que podrían ser publicadas en el corto plazo.

Por ahora, se sabe que el hormigón debe ser lo suficientemente viscoso para poder extruirse en la manguera, que se debe ir endureciendo rápidamente para resistir el peso superior, añadiendo en este proceso los aditivos acelerantes que permiten un fragüe más rápido. Además, se está trabajando cómo hacer un hormigón más resistente a la tracción, para utilizar el mínimo de enfierradura o añadirle fibra.



Columna impresa en hormigón 3D del proyecto FONDART: "Anaquel de Manufactura Aditiva: Hacia un Nuevo Lenguaje Arquitectónico" elaborada en el laboratorio CITEC UBB.

### ALGUNOS AVANCES EN UNIVERSIDADES NACIONALES

**Universidad del Bío Bío:** En 2018, estudiantes de la Universidad del Bío Bío levantaron el primer muro impreso en 3D. Este consistió en un paramento de hormigón de aproximadamente 100 cm de largo, 5 a 6 cm de espesor y 60 cm de altura. El desarrollo contó con el apoyo de Cbb (Cementos Bío-Bío) y SIKA, logrando un diseño de mezclas cementicias para imprimir. Este desarrollo ya cuenta con registro de invención y protección intelectual. Adicionalmente, se ha avanzado en pruebas de impresión de muros con enfierraduras integradas para lograr capacidades resistentes sísmicas.

El "Anaquel de Manufactura Aditiva: Hacia un Nuevo Lenguaje Arquitectónico", cuenta con la participación de un equipo de profesionales de diversas instituciones, como la Pontificia Universidad Católica de Chile, la Universidad del Bío-Bío y la Universidad Técnica Santa María. Según Verónica Arcos, Arquitecta y directora desde el 2018 del proyecto, señaló que los elementos tipo cúpula o bóveda o paraboloides hiperbólicas, tienen mayor resistencia que aquellos que tienen formas planas.



Prototipos impresos-3D en el Laboratorio de Prototipos (PEP-Lab) del Centro de Investigación en Tecnologías de la Construcción (Citec) de la Universidad del Bío-Bío.

**Universidad Técnica Federico Santa María:** Se realizaron ensayos probando la extrusión de mortero, utilizando un manipulador industrial, en base al proyecto de investigación FONDECYT 1181015 que tiene como objetivo evaluar un prototipo de extrusor, diseño y fabricación para montar en un robot KUKA KR 125/2 y depositar el material por capas.

**Universidad Católica de la Santísima Concepción:** En una alianza estratégica con empresas Minera Valle Central, Cob y , Schwager Service S.A, donde proponen la creación de un nuevo producto cementicio "Cemtail", que tiene como objetivo la reutilización de relaves mineros para aplicar en impresoras de hormigón 3D, elementos prefabricados estructurales. Con ello, se busca lograr una solución disruptiva para el mercado del hormigón.

**Pontificia Universidad Católica de Chile:** La Escuela de Ingeniería, mediante el equipo de 3DCP, ha realizado impresiones de baja escala con hormigón con un 40% de relave en aglomerante y 20% de puzolanas en aglomerantes, sometiendo los prototipos a ensayos de resistencia a la compresión, flexotracción, unión inter-capas. La Modelación 3D y programación para la impresión se realiza con Rhino-Grasshopper.

### ¿QUÉ EQUIPOS EXISTEN EN CHILE PARA IMPRESIÓN 3D ?

El proyecto FONDEF incorporó dos tipos de ensayos vibratorios: uno preliminar, que tiene que ver con la medición de propiedades dinámicas verticales de losas y, por otro lado, la medición de vibraciones por caminatas de personas. Con este último, se puede correlacionar el nivel de vibración con eventuales molestias de servicioabilidad. Existe evidencia científica de los últimos años que demuestra que las vibraciones verticales pueden controlar el diseño de las losas en general, sobre todo en las losas madera-hormigón. Además, fue importante incorporar este ensayo porque en la actualización de la normativa chilena NCh1198 se están agregando algunos elementos más específicos en control de vibraciones.

Los resultados obtenidos, para diseño flexional de losas compuestas NLT y CLT con hormigón podrían ser interesantes para el mercado cuando se requiera gran capacidad lateral o flexional contando con un paquete de losa reducido.

Finalmente, se estima que todos los resultados de este proyecto sean incorporados en la NCh1198 en los próximos dos años, así como también, las fichas de desempeño no estructural.

### ¿QUIERES SABER MÁS?

- ↳ [BEMORE3D](#)
- ↳ [Hormigón 3D en Chile](#)
- ↳ [Hacia un nuevo lenguaje arquitectónico](#)
- ↳ [Condiciones Arquitectónicas de la Construcción Impresa en 3D](#)
- ↳ [Brazo Robótico impresión 3D](#)
- ↳ [Proyección de Impresión de casas 3D en Chile](#)
- ↳ [Primer muro impreso en 3D en Chile Impresa en 3D](#)
- ↳ [Construcción 3D en Chile en la U del Bío Bío](#)
- ↳ [Calcáreo: Un biomaterial emergente de Chile](#)



Desarrollo de contenidos: CDT  
Edición: CTEC  
Diseño: CTEC

Julio 2023