

Boletín N°3

VIGILANCIA TECNOLÓGICA

Programa Tecnológico *Construye Zero*

Tecnología aplicada al Diseño de Productos y Materiales Sostenibles

Los edificios consumen entre el 20 y el 50% de los recursos físicos (CDT, 2023).



¿QUÉ ES LA TECNOLOGÍA SOSTENIBLE?

Es una de las formas de abordar el cambio climático global, disminuyendo sus efectos sobre nuestro planeta mediante la implementación de soluciones que ayuden a reducir los Gases de Efecto Invernadero (IKUSI, 2023). Adicionar tecnologías sostenibles a los diseños y procesos constructivos permite disminuir la contaminación e impactos ambientales, mejorando la eficiencia energética de los proyectos.

Entre algunos ejemplos de tecnologías que dan vida a nuevos productos, se encuentra el desarrollo de materiales y productos que incorporan dentro del diseño inicial la nanotecnología, la cual permite mejorar las propiedades del material en su resistencia, durabilidad y capacidad de autoreparación. Además, existe la biotecnología que se incluye en la producción de bioplásticos y captura del dióxido de carbono para convertirlo en materiales. Por otro lado, también se considera el desarrollo de softwares que ayudan a la gestión permanente de la automatización y monitoreo constante de los elementos que consumen recursos dentro de un edificio (Hildebrandt, 2020).

¿QUÉ TECNOLOGÍAS DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE EXISTEN?



Imagen 1: Características de la construcción sostenible, Sondeo LR/ Bloomberg, 2013.

Materiales biodegradables: Los métodos tradicionales de construcción llevan a una acumulación de productos y desechos tóxicos que tardan años en degradarse dañando el medio ambiente. Indicar dentro del diseño el uso de materiales biodegradables como por ejemplo pinturas orgánicas, madera, aislantes, entre otros, colabora con el desarrollo de nuevos productos para la industria

Aislamiento verde: Crear aislantes para viviendas de ropas de vestir se convierte en una alternativa de aislamiento verde que se debe empezar a incorporar en los nuevos proyectos.

Techos fríos: Los techos fríos son tecnologías de diseño ecológico sostenible, que tienen como objetivo reflejar el calor y la luz solar. Ayuda a mantener las casas y los edificios a temperatura ambiente estándar al reducir la absorción de calor. Un ejemplo de esto serían techos con colores claros que reflejan la radiación solar.

Energía solar: Considera el uso de sistemas solares funcionales en las edificaciones, los cuales absorben la radiación para proveer calefacción y electricidad reduciendo la necesidad de utilizar gas o electricidad de la matriz general. Cada vez son más bajos los costos de implementación de sistemas autosustentables que colaboran con la disminución de las emisiones de GEI procedentes de fuentes de energía no renovables, como son los combustibles fósiles.

Vidrio inteligente electrocrómico: El vidrio electrónico inteligente es una nueva tecnología que funciona especialmente en los períodos estivales para eliminar el calor intenso de la radiación solar. Utiliza pequeñas señales eléctricas para cargar ligeramente las ventanas y cambiar la cantidad de radiación solar que refleja. Se incorpora al sistema de control de los edificios, lo que permite a los usuarios elegir la cantidad de radiación solar a bloquear.

Aparatos inteligentes: La utilización de electrodomésticos que ahorren energía y sean autosuficientes, como lavavajillas, refrigeradores y lavadoras Smart Grid son ejemplos de estas tecnologías sostenibles.

¿QUÉ BENEFICIOS TIENE UTILIZAR TECNOLOGÍAS SOSTENIBLES?

Utilizar tecnologías sostenibles en el diseño de materiales conlleva una serie de beneficios significativos para el medio ambiente, la economía y la sociedad en general. Aquí están algunos de los beneficios clave:

Reducción del impacto ambiental: Las tecnologías sostenibles reducen la demanda de recursos naturales no renovables y minimizan la generación de residuos y la contaminación. Esto contribuye a la conservación de ecosistemas, la disminución de la huella de carbono y la preservación de la biodiversidad (Revista Consultoría, 2022).

Eficiencia en el uso de recursos: Estas tecnologías permiten la optimización en el uso de materias primas, agua y energía, lo que resulta en una producción más eficiente y en la disminución de costos a largo plazo (Rev. ing. constr. vol.33 no.1 Santiago abr. 2018).

Menores emisiones de Gases de Efecto Invernadero: La adopción de tecnologías sostenibles en la fabricación y el diseño de materiales puede ayudar a reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero, contribuyendo a la lucha contra el cambio climático (Informe nº 6, reducción de emisiones de GEI/2020).

Fomento de la Innovación: La búsqueda de soluciones sostenibles impulsa la innovación y el desarrollo de nuevas tecnologías, lo que puede generar oportunidades económicas y aumentar la competitividad de las empresas (Gallardo, 2022).

Mejora de la salud y el bienestar: La reducción de productos químicos tóxicos y contaminantes en los materiales beneficia la salud de los trabajadores, los consumidores y las comunidades cercanas a las instalaciones de producción (Organización Panamericana de la Salud, 2022).

Respuesta a las demandas del mercado: A medida que aumenta la conciencia ambiental entre los consumidores, la demanda de productos y materiales sostenibles también crece. Las empresas que adoptan estas tecnologías pueden satisfacer estas demandas y ganar la lealtad de los clientes.

Reputación empresarial: La adopción de prácticas sostenibles mejora la reputación de una empresa y su imagen pública. Las organizaciones que demuestran un compromiso genuino con la sostenibilidad a menudo atraen a inversores y socios interesados en la responsabilidad social y ambiental (Fuentes, 2023).

Ahorro de costos a largo plazo: Aunque puede haber costos iniciales más altos asociados con la adopción de tecnologías sostenibles, a menudo se traducen en ahorros significativos a lo largo del tiempo debido a la eficiencia en el uso de recursos y la reducción de residuos (Ouxion, 2023).

Cumplimiento normativo: En muchos lugares, existen regulaciones cada vez más estrictas relacionadas con la sostenibilidad y la reducción del impacto ambiental. La adopción de tecnologías sostenibles ayuda a las empresas a cumplir con estas normativas y a evitar posibles sanciones (Kantan, 2023).

Contribución al desarrollo sostenible: La aplicación de tecnologías sostenibles en el diseño de materiales es un paso hacia la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas, promoviendo un mundo más equitativo, saludable y sostenible para las generaciones presentes y futuras. (Criterios para la sostenibilidad del proyecto de estructuras: análisis del ciclo de vida con BIM, 2017).

¿QUIERES SABER MÁS?

Revisa las publicaciones que han sido referencias para este artículo:

- Tecnología sostenible
- La tecnología para el desarrollo
- Materiales Reciclados curiosos
- Innovación en Construcción con tecnología
- Viviendas con materiales reciclados
- Tecnologías y productos sostenibles
- Nueva vida para el CO2
- Arquitectura Sostenible
- Reducir el Impacto Ambiental
- Medición de la eficiencia en la industria de la construcción y su relación con el capital de trabajo
- ¿Cómo puede la innovación mejorar la seguridad, salud y bienestar en el sector de la construcción?
- Reducción de emisiones de GEI
- Directrices de la OMS sobre vivienda y salud
- ISO 26000
- El valor de los ASG en la construcción de reputación corporativa
- Estrategias de ahorro de costos para proyectos de construcción
- La importancia de la sostenibilidad
- 4 Tecnologías para optimizar la eficiencia energética en edificios

TACC 01 - Plataforma Pasaporte de Materiales

Plataforma BEDEC de ITeC:

¿Cómo contar con datos y medir el impacto ambiental de la construcción?

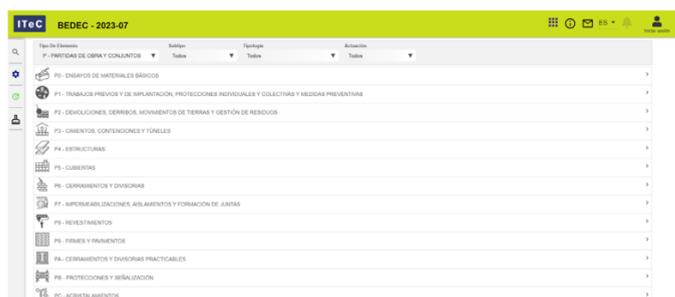


Figura 1: Visualización del módulo proyecto y obra. Plataforma BEDEC de ITeC (2023).

BEDEC es una plataforma del Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña - ITeC, que posee una base de datos con información de productos de construcción, tales como precios, pliegos de condiciones y datos ambientales, biblioteca de objetos BIM, banco de entidades de empresas, presupuestos tipos y un banco de normativa. Contiene 860.000 elementos de obra nueva y mantenimiento de edificación, urbanización, ingeniería civil, rehabilitación y restauración, seguridad, ensayos de control y gastos indirectos, abordando las fases de vida de una obra en su totalidad.

La plataforma permite la utilización de la información mediante los programas informáticos de elaboración de presupuestos capaces de leer el formato FIEBDC, entre los que se encuentra MPwin y mediciones y presupuestos de iMventa Ingenieros.

¿CUÁNTOS MÓDULOS TIENE?

BEDEC cuenta con cuatro módulos que permiten al usuario suscrito acceder a datos para las distintas etapas de un proyecto:

Proyecto y obra: Contiene banco de empresas y entidades, reglamento normativo del sector, controles de recepción ejecución y término de obra, precios unitarios, justificaciones de obra, además de objetos BIM estructurados bajo los criterios del eCOB. Este módulo permite crear informes técnicos detallados de presupuestos y certificaciones, es compatible con TCQ-TCQI-Presto, Arquímedes, MPWin, ARQ+CC, Gest o SQL Obras.

Sostenibilidad: En este módulo se encuentra toda la información necesaria para ambientalizar los proyectos, pasando por cantidad de residuos de obra y embalaje, separación selectiva de residuos, emisiones de CO2, costo energético, energías renovables y no renovables, agotamiento de ozono atmosférico, formación de ozono troposférico, acidificación del suelo y recursos del agua, porcentaje de materia prima, porcentaje de material reciclado pre consumo y post consumo, agotamiento de recursos abióticos fósiles y no fósiles. Dentro del módulo se puede gestionar hacia dónde van los residuos de la obra que se generaron durante el ciclo de vida, permite enlazar los datos con aplicaciones de análisis de ciclo de vida y aplicaciones de sostenibilidad de cualquier infraestructura, además de revisar qué Objetivos de Desarrollos Sostenible (ODS) se cumplen en los proyectos estudiados.

Mantenimiento: El mantenimiento de las edificaciones posterior a su ejecución, se está transformando cada vez más en un requisito previo, que se debe estudiar y responder. Por lo mismo, es que este módulo gestiona la operación de mantenimiento que solicite el edificio o equipamiento, ya sea preventivo, conductivo o sustitutivo. Se puede acceder a mantenimiento obligatorio y recomendado, periodicidad con la que se debe realizar cada acción, justificación de precios y normativas vigentes aplicadas a las operaciones. Además, permite crear un inventario completo y personalizado de todos los elementos que componen el edificio o equipamiento, recopilar las operaciones imprescindibles para desarrollar la introducción, coordinación y planificación del mantenimiento y conectar con cualquier programa orientado a la gestión de mantenimiento asistido compatible con TCQI MNT, Rosminan, GIM, MNntest, Archibus, Sisterplant, entre otros.

Consulta: Este módulo cuenta con la misma información que Proyecto y Obra, pero permite examinar mediante consultas sin descarga con excepción de las propiedades de los objetos BIM.

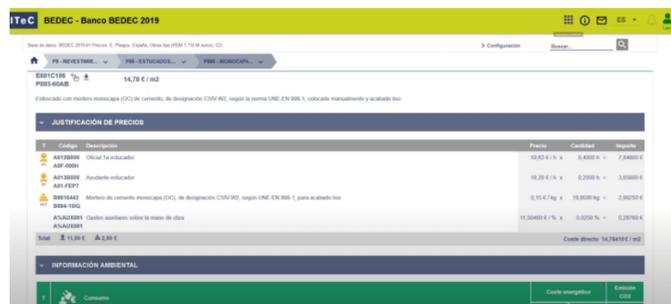


Figura 2: Visualización Banco de precios. Plataforma BEDEC del ITeC módulo Proyecto y obra (2023).

¿CUÁNTO CUESTA UTILIZAR LA PLATAFORMA?

BEDEC funciona con un sistema de suscripciones. A usuarios nuevos les permite acceder de forma gratuita al curso del módulo de sostenibilidad y proyecto con 15 consultas gratis para conocer la plataforma. Luego, todos los módulos tienen un valor mensual de 55 euros con la excepción del módulo de Mantenimiento que cuesta 1000 euros al año y el de Consulta 25 euros.

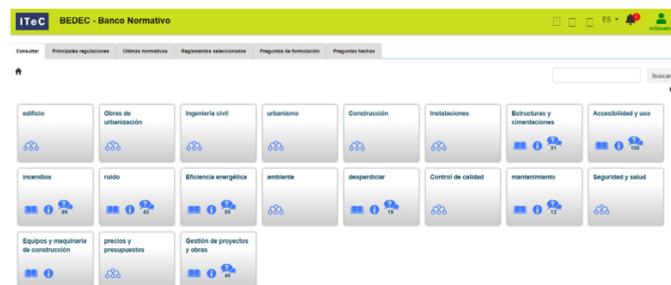


Figura 3: Visualización de Banco Normativo para consulta en las que destacan Construcción, Eficiencia Energética, desperdicios, seguridad entre otros. Plataforma BEDEC del ITeC (2023).

¿CUÁLES SON LAS VENTAJAS DE UTILIZAR BASE DE DATOS?

- Unificación de criterios.
- Estandarización de soluciones.
- Trazabilidad de los datos.
- Disponibilidad de la información centralizada.
- Disponibilidad de los datos actualizados.

¿QUIERES SABER MÁS?

Revisa las publicaciones que han sido referencias para este artículo:

- ITeC
- Bedec Base de datos
- Bedec Sostenibilidad
- Banco de Construcción
- Digitalización de la información para partidas de construcción

AquiPor es un tipo de hormigón que fue diseñado para que el agua fluya a través de él, infiltrándose en el suelo, mientras filtra la suciedad, los escombros y las partículas contaminantes inherentes a la escorrentía de aguas pluviales urbanas, gestionándolas de manera eficiente y ecológica. Utiliza un cemento inherentemente bajo en carbono que requiere una fracción de la energía y emite una fracción de CO2 que emite el hormigón tradicional (*Aquipor.com, 2013*)

TACC 02 - Laboratorio de Materiales

Normas y resultados específicos sobre resiliencia y durabilidad de los Materiales a nivel internacional

La resiliencia y durabilidad de los materiales en la construcción son aspectos fundamentales para garantizar la seguridad, la longevidad y la capacidad de resistencia de las estructuras a lo largo del tiempo y frente a condiciones adversas. A nivel internacional, existen varias normas y estándares que establecen requisitos y pautas para la resiliencia y durabilidad de los materiales.

El uso de normativas de resiliencia y durabilidad de materiales de construcción a nivel internacional ha tenido varios resultados positivos y beneficios en la industria, tales como: longevidad y resistencia frente a inclemencias climáticas.



Imagen 1: Aislante con raíces de cereales, resistente al fuego desarrollado por Rootman. (*País circular.cl, 2023*)

NORMAS Y ESTÁNDARES INTERNACIONALES PARA LA RESILIENCIA Y DURABILIDAD

ISO 15686 - Edificación y Obras de Ingeniería Civil: Esta serie de normas de la Organización Internacional de Normalización (ISO) se centra en la evaluación de la vida útil de los edificios y las obras civiles, y proporciona directrices para evaluar y mejorar la durabilidad y el rendimiento a lo largo del tiempo. (ISO 15686:2011. (2011). ISO (Ed.), Buildings and constructed assets, service life planning).

ACI 201.2R-16 - Guide to Durable Concrete: Publicado por el Instituto Americano del Concreto (ACI, 2016), este documento proporciona directrices para mejorar la durabilidad del hormigón en diversas condiciones ambientales y exposiciones.

EN 1990 (Eurocódigo 0) - Bases de diseño estructural: Proporciona principios y requisitos generales para el diseño estructural, incluyendo consideraciones de durabilidad y seguridad. (Biblus, 2023).

EN 1992-1-1 (Eurocódigo 2) - Proyecto de estructuras de hormigón: Este eurocódigo establece requisitos y directrices para el diseño y la durabilidad de estructuras de hormigón en Europa. (Biblus, 2023).

ASTM C1585 - Standard Test Method for Measurement of Rate of Absorption of Water by Hydraulic-Cement Concretes: Esta norma de ASTM International describe un método para medir la tasa de absorción de agua de los hormigones, lo que está relacionado con su durabilidad. (ASTM C1585, 2020).

CIBSE Guide E Fire Safety Engineering: Publicado por el Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE, 2019), esta guía proporciona información sobre el diseño seguro en caso de incendio, aspecto esencial para la resiliencia de los edificios.

ASTM E119 - Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials: Esta norma establece procedimientos para evaluar la resistencia al fuego de elementos de construcción y materiales (ASTM.org, 2022).

FEMA P-957 - Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings: Publicado por la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA, 2013) de EE. UU., este documento proporciona orientación sobre la rehabilitación sísmica de edificios, lo que incluye consideraciones de resiliencia.

BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method): Si bien no es una norma en sí misma, BREEAM es un sistema de certificación de sostenibilidad que evalúa la resiliencia y durabilidad de los edificios, entre otros aspectos. (Building Research Establishment, UK).

RESULTADOS DEL USO DE NORMATIVAS

Mayor seguridad y protección: El cumplimiento de las normativas de resiliencia y durabilidad garantiza que las

estructuras sean capaces de resistir cargas y condiciones adversas, como terremotos, vientos fuertes, inundaciones y otros desastres naturales. Esto proporciona un mayor nivel de seguridad para las personas que ocupan esos edificios y para la comunidad en general (Ficem, 2021).

Longevidad y menores costos de mantenimiento: El uso de materiales y métodos de construcción duraderos según las normativas adecuadas, reduce la necesidad de reparaciones y mantenimiento frecuentes a lo largo del tiempo. Esto permite disminuir los costos de mantenimiento a largo plazo y prolongar la vida útil de los edificios y estructuras (tomorrow.city 2023).

Reducción de pérdidas económicas: Las estructuras que cumplen con las normativas de resiliencia son menos propensas a sufrir daños graves durante eventos extremos, lo que ayuda a reducir las pérdidas económicas en caso de desastres naturales u otros eventos imprevistos, y por tanto, los costos asociados a reconstrucción (Clark, 2020).

Reducción del impacto ambiental: La durabilidad y la resiliencia permiten reducir la necesidad de reconstrucción y reemplazo, lo que a su vez reduce el consumo de recursos y la generación de residuos (Comercio Internacional, N° 160 (LC/TS.2020/177, Santiago, CEPAL, 2021).

Mejora de la sostenibilidad: El diseño y la construcción basados en normativas de resiliencia pueden incluir prácticas de sostenibilidad, como el uso de materiales locales y reciclados, así como sistemas de eficiencia energética. Esto contribuye a la sostenibilidad a largo plazo y al respeto por el medio ambiente (CEPAL, 2021).

Mayor énfasis en investigación y desarrollo: La implementación de normativas de resiliencia y durabilidad impulsa la investigación y el desarrollo de nuevos materiales y técnicas de construcción que sean más resistentes y duraderos (Revista Tecnológica, 2015).

Coherencia internacional: La adopción de normativas internacionales de resiliencia y durabilidad, facilita la comparación y la colaboración entre proyectos y profesionales en diferentes países.

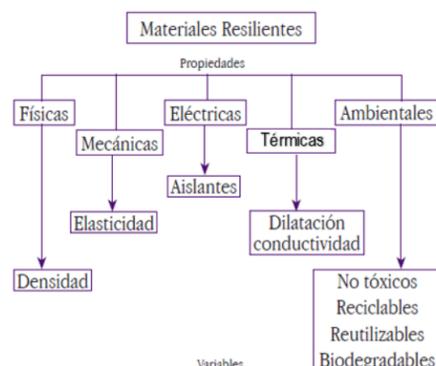


Imagen 2: Propiedades de los materiales resilientes, revista tecnológica, Volumen 14, 2015.

¿QUIERES SABER MÁS?

Revisa las publicaciones que han sido referencias para este artículo:

- ↘ ACI PRC-201.2-16 Guide to Durable Concrete
- ↘ Durabilidad y vida útil de los materiales
- ↘ Base de Cálculo estructuras
- ↘ Guía 201.2R-16 para concreto duradero
- ↘ Materiales que aumentan la resiliencia
- ↘ Resiliencia de la Infraestructura frente al cambio climático
- ↘ AquiPor
- ↘ Accuratek Morteros ignífugos
- ↘ Futuro sostenible
- ↘ SPONG3D Fachada resiliente
- ↘ Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials
- ↘ Rootman: el aislante térmico y acústico sustentable fabricado a base de cultivo de raíces
- ↘ Explorando el concepto de Casa COB: longevidad, legalidad, electricidad y aislamiento térmico
- ↘ Infraestructura resiliente
- ↘ Proyectos Resilientes
- ↘ ¿Por qué necesitamos proyectos de infraestructura resiliente?

Los gemelos digitales son una herramienta valiosa para planificar y optimizar procesos con el objetivo de reducir residuos. No garantizan la eliminación completa de residuos. La eliminación de residuos en un proyecto depende de diversos factores, incluyendo la planificación, la ejecución, la gestión de recursos y la implementación de prácticas sostenibles efectivas. (TS2,2023).

TACC 03 - Gemelo Digital

Gemelo Digital para la Gestión de la construcción

El consumo de energía en los edificios puede reducirse entre un 30 y un 80% utilizando gemelos digitales para el impulso de ciudades inteligentes (Lopes, 2023).



Imagen N°1: Gemelo digital de edificio. Fuente: Seys, 2023.

Al 2020, el mercado mundial estimado de gemelos digitales es de 5.400 millones de dólares y se prevé que el crecimiento hasta 2025 sea de un 36%. Sin embargo, el alcance en la implementación sigue siendo limitado y el mercado sólo ha alcanzado un 10% de la adopción a nivel mundial (Lopes, 2023). Para avanzar en el levantamiento de obstáculos y acelerar el proceso de incorporación en las organizaciones se deben considerar algunas recomendaciones que son claves:

- Asegurar liderazgo para vincular la tecnología y sostenibilidad en las estrategias de crecimiento de la organización y la toma de decisiones.
- Capacitar al personal en las nuevas tecnologías aplicables a la industria y las posibilidades de aplicación en los casos de mejora dentro de la empresa.

¿CÓMO APOYA LA GESTIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN UTILIZAR UN GEMELO DIGITAL?

Los gemelos digitales se están utilizando cada vez con mayor frecuencia para monitorear áreas de una construcción y gestionar las edificaciones de mejor forma en la seguridad, operación, eficiencia energética y mantenimiento. Los equipos de construcción crean modelos digitales detallados de los proyectos a ejecutar, incorporando puntos relevantes como son los patrones climáticos para automatizar tareas, responder rápidamente a las condiciones cambiantes y garantizar que los aspectos del proyecto se controlen en tiempo real. Al monitorear las condiciones del sitio, los equipos pueden garantizar que se cumplan los estándares de seguridad y los requisitos reglamentarios del proyecto (Frackiewicz,2023).

Algunos ejemplos:

Planificación y Diseño Precisos: Antes de que comience la construcción, un gemelo digital permite a los equipos de diseño y construcción, visualizar y analizar el proyecto en detalle. Pueden identificar posibles problemas, optimizar diseños, simular diferentes escenarios y tomar decisiones informadas antes de que se inicie la construcción. Esto ayuda a evitar errores costosos y realizar trabajos posteriores, lo que a su vez reduce el desperdicio de materiales y recursos (Baker, 2021).

Gestión de Proyectos: Durante la construcción, un gemelo digital permite proporcionar una visión en tiempo real del progreso del proyecto. Los gerentes de construcción pueden supervisar la ubicación de equipos y trabajadores, controlar el flujo de materiales y prever posibles retrasos. Esto permite una gestión más eficiente del tiempo y de los recursos, lo que puede reducir la generación de residuos al evitar paralizaciones innecesarias o entregas excesivas de materiales (Clarke, Harry Anthony, 2023).



Imagen N°2: El uso de gemelos digitales puede ayudar a mejorar la eficiencia, reducir costos, optimizar la calidad de los productos y servicios y minimizar los riesgos de seguridad. Fuente: Emerson, 2023.

Optimización de Recursos: Un gemelo digital puede ayudar a controlar el uso de recursos como energía, agua y materiales. Puede proporcionar datos en tiempo real sobre el consumo de energía de un edificio en construcción o alertar sobre el uso excesivo de materiales. Esto permite tomar medidas para optimizar el uso de recursos y disminuir los residuos (Cordova Ceballos, 2023).

Planificación de Demolición y Reciclaje: En proyectos de demolición o renovación, un gemelo digital puede ayudar a planificar la deconstrucción de manera eficiente. Permite identificar materiales que pueden ser reutilizados o reciclados y guiar la secuencia de demolición para minimizar la generación de residuos (Arup,2019).

Seguridad: Los gemelos digitales también pueden utilizarse para simular situaciones de seguridad en la construcción. Esto ayuda a prevenir accidentes y retrasos, lo que a su vez puede evitar daños materiales asociados con incidentes en el lugar de trabajo (Frank Diana, 2023).

¿CÓMO CONTRIBUYEN LOS GEMELOS DIGITALES A LA REDUCCIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD)?

Los gemelos digitales están ayudando a disminuir y gestionar los residuos generados debido al seguimiento en tiempo real de las operaciones, proporcionando información detallada, lo que permite que las empresas pueden identificar problemas potenciales y tomar medidas para prevenirlos, reduciendo los costos asociados a reparaciones y disposición de residuos (Frackiewicz,2023). Los grandes ítems donde aporta valor la utilización de los gemelos digitales en la construcción de un proyecto son:

- Capacitación y concientización.
- Demolición de edificios .
- Fabricación de productos para la construcción de edificaciones.
- Logística y transporte de productos.
- Gestión eficiente de inventarios y programación.

¿QUIERES SABER MÁS?

Revisa las publicaciones que han sido referencias para este artículo:

- ↳ El concepto de gemelo digital y su funcionamiento
- ↳ Gemelo Digital, aplicación en el sector del reciclaje
- ↳ Gemelo digital para la fabricación para la construcción y la gestión de edificios
- ↳ BIM y el Gemelo Digital: el futuro de las Infraestructuras
- ↳ Nueva tecnología de gemelos digitales 3D
- ↳ Los Beneficios de la Tecnología Gemelo Digital para la Sociedad y el Medio Ambiente
- ↳ El potencial sustentable de los gemelos digitales
- ↳ Gemelos digitales y el futuro de la gestión de residuos
- ↳ Gemelo digital: el modelo inteligente de datos, futuro de la edificación
- ↳ El gemelo digital facilita la documentación de trabajos de demolición
- ↳ Gemelos digitales podrían ayudar en la gestión de sismos
- ↳ Edificación presenta un modelo de edificio que incorpora todas las medidas de sostenibilidad del mercado
- ↳ Gemelo digital: hacia un marco significativo

En el próximo boletín: Soluciones para manejos de data a escala intermedia: ¿Qué pasa antes de llegar a la BIGDATA con la gestión de la información?

Sistema de apoyo a la inversión en Eficiencia Energética en el sector residencial

El consumo de energía en los edificios puede reducirse entre un 30 y un 80% utilizando gemelos digitales para el impulso de ciudades inteligentes (Lopes, 2023).



Fuente: EEchile

¿QUÉ ESTÁ PASANDO EN NUESTRO PAÍS CON EL CONSUMO ENERGÉTICO?

Según el informe Balance Nacional de Energía 2020, el consumo energético en sectores público, comercial y residencial es de un 23% (Ministerio de energía, 2022), siendo el ítem calefacción de viviendas el que más consume.

El 50% del consumo total de energía de una vivienda es destinada a calefacción, esto se ve reflejado en el informe final de usos de energía de los hogares en Chile. Lo anterior, se debe a que las viviendas en Chile se encuentran sin aislación térmica en un 63,3%, por lo que el calor generado se pierde con mucha facilidad, generando un gasto económico y energético excesivo. De acuerdo a un estudio del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, son 4,5 millones de viviendas sin aislación térmica (MINVU, 2015).

¿QUÉ SE PUEDE IMPLEMENTAR PARA DISMINUIR EL CONSUMO ENERGÉTICO EN VIVIENDAS?

Implementar medidas de eficiencia energética, como la incorporación de aislación en paredes, techos y pisos, además de cambio de ventanas, sellado de filtraciones y un control de la ventilación, logran un ahorro de hasta un 80% del consumo de energía para calefacción (MINVU, 2019).

¿EXISTEN PROCESOS DE INVERSIÓN O APOYO PARA SER MÁS EFICIENTES ENERGÉTICAMENTE?

El MINVU viene trabajando hace unos años en la incorporación de subsidios de mejora y calificación energética para las viviendas. El postulante debe contar con un ahorro de 0 a 3 UF dependiendo del tramo que posea en el Registro Social de Hogares (RSH) y pueden optar al beneficio viviendas de hasta 1.375 UF.

Los tipos de proyectos de mejoramiento en eficiencia energética a los que se puede postular son (MINVU, 2023):

Sistemas solares térmicos (SST) o colectores solares: instalación de sistemas que ayudan a calentar el agua para que los habitantes ahorren en gas.

Sistemas fotovoltaicos (SFV): instalación de equipos que generan electricidad a través de la luz solar.

Acondicionamiento térmico para comunas con Planes de Descontaminación Atmosférica (PDA): instalación de aislación térmica en muros, techumbres y pisos, además del recambio de ventanas simples al tipo termopanel e instalación de ventilación. Esto con un estándar superior al de la norma actual.

Recambio de calefactores: para los proyectos de acondicionamiento térmico en zonas PDA, se financia el recambio de calefactores a leñas por calefactores eficientes. Esto es clave pues ayuda a disminuir la contaminación ambiental e intradomiciliaria.

PLAN NACIONAL DE EFICIENCIA ENERGÉTICA 2022-2026

El Plan Nacional de Eficiencia Energética tiene como propósito generar un desarrollo eficiente de la energía en nuestro país, materializando el potencial de ahorro energético que permita alcanzar la carbono neutralidad al año 2050. Esta es la línea que han impulsado el Ministerio de Energía y el Estado para concretar la sostenibilidad en el país (Plan Nacional de Eficiencia Energética, 2022).

Junto con el Plan, se disponen alternativas de financiamiento público y privado para el reacondicionamiento térmico de viviendas existentes, donde se busca alcanzar una reducción del 30% en el consumo de climatización de los hogares (Plan Nacional de Eficiencia Energética, 2022).

Con la vigencia y aplicación de la Ley 21.305, y con el objetivo de entregar mayor información al usuario, comienza a regir el etiquetado obligatorio de viviendas nuevas, edificios de uso público, edificios comerciales y oficinas. En tanto para edificaciones existentes, se promoverá la Calificación Energética de forma voluntaria.



Fuente: Plan Nacional de eficiencia energética, 2022.

HIPOTECARIO VERDE

A raíz de la entrada en vigencia de la ley recién mencionada, nace en el mercado el crédito Hipotecario Verde, el cual busca entregar tasas preferentes a los clientes que apuesten por la compra de viviendas que cuenten con Calificación Energética y Certificación de Vivienda Sustentable. De la misma forma la entidad bancaria realizará aportes a los proyectos que apoyen la conservación de los ecosistemas (De la Cerda, 2021).

¿QUIERES SABER MÁS?

Revisa las publicaciones que han sido referencias para este artículo:

- ↳ Invertir en Eficiencia Energética
- ↳ Chile celebra aprobación de primera Ley de Eficiencia Energética
- ↳ Plan Nacional de Eficiencia Energética
- ↳ Eficiencia Energética en viviendas
- ↳ Minvu anuncia apertura de llamado para mejoramiento de viviendas.
- ↳ Minvu
- ↳ INFOR presenta proyecto de eficiencia energética para disminuir la contaminación
- ↳ Hipotecario Verde
- ↳ El incentivo que premia a quienes compren viviendas sustentables
- ↳ Informe Nacional de Energía

Es una asociación tecnológica para edificios que nace en 1959 y cuenta con más de 57.000 miembros a nivel mundial. Su enfoque está en la eficiencia energética, la calidad del aire y sostenibilidad dentro de la industria de la construcción, mediante la investigación, difusión y educación (ASHRAE, 2023).

TACC 05 - Módulo Multipropósito “Net Zero”

ANSI/ASHRAE Standard 228-2023



ANSI/ASHRAE Standard 228-2023

Standard Method of Evaluating Zero Net Energy and Zero Net Carbon Building Performance

Approved by the ASHRAE Standards Committee on February 4, 2023; by the ASHRAE Board of Directors on February 8, 2023; and by the American National Standards Institute on March 8, 2023.

This Standard is under continuous maintenance by a Standing Standard Project Committee (SSPC) for which the Standards Committee has established a documented program for regular publication of addenda or revisions, including procedures for timely, documented, consensus action on requests for change to any part of the Standard. Instructions for how to submit a change can be found on the ASHRAE® website (www.ashrae.org/continuous-maintenance).

The latest edition of an ASHRAE Standard may be purchased from the ASHRAE website (www.ashrae.org) or from ASHRAE Customer Service, 180 Technology Parkway, Peachtree Corners, GA 30092. E-mail: orders@ashrae.org. Fax: 678-539-2129. Telephone: 404-636-8400 (worldwide), or toll free 1-800-527-4723 (for orders in US and Canada). For reprint permission, go to www.ashrae.org/permissions.

© 2023 ASHRAE ISSN 1041-2336



PDF includes hyperlinks for convenient navigation. Click a reference to a section, table, figure, or equation and jump to its location in the document.



Imagen N°1. Fuente: ANSI/ASHRAE 228. 2023.

La norma ANSI/ASHRAE 228-2023 “Método estándar para evaluar el rendimiento de un edificio con energía neta cero y carbono neto cero”, proporciona la metodología de cálculo y factores necesarios para determinar si un edificio tiene o no cero emisiones netas. Este cálculo se basa en la fuente de energía, dióxido de carbono y sustancias químicas que producen para dar la cantidad de dióxido de carbono equivalente (CO₂e). Además, puede mostrar qué tan cerca está un edificio, sitio, comunidad o cartera de alcanzar el estado neto cero.

Algunos alcances que contempla la normativa:

- Considera edificios existentes, edificios nuevos, grupos de edificios o partes de edificios.
- Determinación, incluida la metodología de cálculo, y expresión del estado energético neto cero del edificio(s).
- Determinación, incluida la metodología de cálculo, y expresión del estado de carbono neto cero del edificio(s).
- Emisiones de energía y carbono asociadas con flujos, a través de los límites del sitio y flujos acreditados fuera del sitio.

Para calcular la energía neta del sitio, la normativa nos proporciona la siguiente ecuación:

$$\Sigma(E_{imp} \times SF_{imp}) - [\Sigma(E_{exp} \times SF_{exp}) + \Sigma(E_{rec} \times SF_{rec} \times DF_{rec})] = E_{net}$$

where

- E_{imp} = imported energy by energy form crossing the site boundary
- SF_{imp} = source energy factor by energy form for imported energy crossing the site boundary
- E_{exp} = exported energy by energy form crossing the site boundary
- SF_{exp} = source energy factor by energy form for exported energy crossing the site boundary
- E_{rec} = qualified off-site renewable energy
- SF_{rec} = source energy factor for qualified off-site renewable energy
- DF_{rec} = discount factor for off-site renewable energy in accordance with Section 8
- E_{net} = net source energy of the site

Imagen N°2: Cálculo de la energía neta. Fuente: ANSI/ASHRAE 228. 2023.

Se calculará utilizando la energía de la fuente calculada a partir de energía importada, menos el total de energía exportada y cualquier adquisición calificada de energía renovable fuera del sitio, de acuerdo a la sección 8 de la normativa: Calificaciones de Energía Renovable para calificaciones fuera de sitio y adquisición de compensación de carbono (ANSI/ASHRAE 228. 2023).

El total neto de Gases de Efecto Invernadero (GEI) anual, se calculará utilizando las emisiones GEI calculadas a partir de energía importada más fugas de refrigerante, menos la energía exportada y cualquier energía renovable externa calificada.

$$GHG_{net} = [\Sigma(E_{imp} \times GEF_{imp}) + \Sigma(REF_{leak} \times GEF_{ref})] - [\Sigma(E_{exp} \times GEF_{exp}) + (E_{rec} \times GEF_{rec} \times DF_{rec}) + CCO] \quad (2)$$

where

- GHG_{net} = net greenhouse gas emissions of the site
- E_{imp} = imported energy by energy form crossing the site boundary
- GEF_{imp} = greenhouse gas emission factor by energy form for imported energy crossing the site boundary
- REF_{leak} = refrigerant mass leakage across the site boundary for each type of refrigerant
- GEF_{ref} = greenhouse gas emission factor for each type of refrigerant
- E_{exp} = exported energy by energy form crossing the site boundary
- GEF_{exp} = greenhouse gas emission factor by energy form for exported energy crossing the site boundary
- E_{rec} = qualified off-site renewable energy.
- GEF_{rec} = greenhouse gas emission factor by energy form for qualified off-site renewable energy
- DF_{rec} = discount factor for off-site renewable energy in accordance with Section 8
- CCO = credited carbon offset in accordance with Section 8

ANSI/ASHRAE Standard 228-2023

Imagen N°3: Cálculo GEI. Fuente: ANSI/ASHRAE 228. 2023.

Para los límites de compensaciones de carbono de adquisición y acreditado, se debe evaluar si las compensaciones anuales de carbono acreditadas serán inferiores o igual a las emisiones de GEI calculadas a partir de las fugas de refrigerante más el 20% de las emisiones de GEI calculadas de energía importada de acuerdo con la ecuación entregada en el punto 8.7 de la normativa (ANSI/ASHRAE 228. 2023). Se propondrá un mínimo de cinco unidades de compensación de carbono curado, por cada unidad de compensación de carbono acreditada.

Dentro de la normativa se podrán encontrar diferentes formularios para llevar el control de una proyecto carbono neto cero, estándar de carbono verificado, reserva de acción climática, entre otros.



¿QUIERES SABER MÁS?

Revisa las publicaciones que han sido referencias para este artículo:

- Norma 228-2023
- Camino para evaluar rendimiento 228
- Edificios de Energía Cero

Esta Tecnología de Adaptación al Cambio Climático (TACC) se basa en la generación fotovoltaica cuyo sistema de montaje considera una solución de monoposte como solución estructural para el conjunto de paneles.

TACC 06 - Parawatts

Sistemas de anclajes de estructuras monopostes



Imagen N°1; Seguidor solar de 125 MW en Australia. Fuente: DGIT, 2023.

¿QUÉ ES UN MONOPOSTE?

Los monopostes son estructuras físicas de cemento, fierro u otro material que se construye para sostener antenas, paneles fotovoltaicos, letreros publicitarios, entre otros. Estas estructuras miden por lo general entre 2 a 50 metros (Portal informativo, Ley de torres, 2023).



Imagen N°2: Sistema de Anclaje Monopostes. Fuente: Wanhos, 2023.

¿QUÉ OPCIONES DE FIJACIONES EXISTEN?

Existen dos maneras de realizar fijaciones para monopostes, una es a la fundación y la otra a la estructura que se desea instalar, las cuales pueden ser tanto mecánicas como químicas (Soleme, 2020).

Fijación Mecánica:

- El anclaje MTA: Es el más habitual en las fijaciones mecánicas.
- Tornillo autorroscante: Es la opción menos conocida pero igual de válida (Soleme, 2020).

Fijación Química:

- Tornillo Autotaladrante: Con una punta de acero de carbono, cuerpo de tornillo de acero inoxidable y en la parte superior arandela de epdm que es imprescindible para asegurar la estanqueidad de la solución.
- Anclaje de Doble Rosca: Este llamativo anclaje posee una parte inferior autorroscante y una parte superior constituida por la varilla roscada (Soleme, 2020).

¿QUÉ ELEMENTOS COMPONEN UN SISTEMA DE FIJACIÓN?



Imagen N°3: Piezas de sistemas de paneles. Fuente: Wanhos, 2023.

Dependiendo del tipo de panel a instalar, ubicación y condiciones climáticas, existen diferentes tipos de complementos en el mercado para instalar. Estos deben estar

calculados de acuerdo a las características que tiene el lugar de instalación. En la tabla N°4, se encuentra un listado de fijaciones y sus valores a la torsión (Sistema Sunmod, 2018).

Equipo	Torsión
Tornillos 1/4-20 (M6X1) y tuerca hexagonal brida	7.5 ft. lbs. (10.2 Nm)
Terminal de tierra 1/4-20 (M6X1), la brida de tuerca con cabeza hexagonal de 7/16 (M12)	7.5 ft. lbs. (10.2 Nm)
Terminal de tierra 1/4-20 (M6X1), tornillo de ajuste con Dados Allen de 1/8" (21mm)	4.2 ft. lbs. (5.7 Nm)
Abrazadera intermedia o externa de 1/4-20 (M6X1), Soporte con terminal femenina con tuerca de cabeza hexagonal de 7/16" (M12)	7.5 ft. lbs. (10.2 Nm)
Pernos de Fijación de 5/16" x 4" (M8 x 100mm)	25 ft. lbs. (33.9 Nm)
Pernos y tuercas hexagonales de brida de 3/8-16 (M10X1.5)	15 ft. lbs. (20.3 Nm)
Pernos "T" y tuercas hexagonales de brida 3/8-16 (M10X1.5)	15 ft. lbs. (20.3 Nm)
Tornillo de ajuste de 3/8-16 (M10X1.5) con dado Allen de 3/16" (27mm)	10 ft. lbs. (13.6 Nm)
Tuerca y tornillo 1/2-13 (M14X2) para montar el poste en la placa base	20 ft. lbs. (27.1 Nm)
Tornillo auto-perforante #12 X 3/4" (4.2 X19mm) de la unión (enlace) # 12 x 3/4" (4.2 X19mm)	6 ft. lbs. (8.1 Nm)
Tornillos de ajuste M10	25 ft. lbs. (33.9 Nm)

Imagen N°4: Tabla de valores de torsión de pernos de fijación recomendados (Sunmod, 2018).

FIJACIÓN DE TORNILLO DE CIMENTACIÓN

Los pilotes de tornillo de cimentación Grengy son un sistema diseñado con materiales que garantizan durabilidad y rendimiento óptimo en la instalación de paneles y monopostes. Están fabricados de acero galvanizado en caliente para brindar inmunidad a la corrosión y por lo tanto, soportar condiciones climáticas extremas.



Imagen N°5: Sistema de Anclaje Monopostes. Fuente: Grengysolar, 2023.

Las características que posee este sistema son:

- **Versatilidad** para utilizar en diversos entornos.
- **Comodidad** debido a la instalación rápida y eficiente.
- **Respetuoso con el medio ambiente** debido a que no se utiliza concreto u otro material para la instalación.
- **Flexibles** ya que se pueden quitar y reubicar en distintos lugares (Grengysolar, 2023).

¿QUIERES SABER MÁS?

Revisa las publicaciones que han sido referencias para este artículo:

- Presor Central Clip
- Ley de Torres
- Naturaenergy.cl
- Montaje de soporte de Panel Solar tipo poste de alta calidad
- Alusínsolar: Guía sobre fijación de estructuras solares
- Perno hexagonal Galvanizado, Acero, M8 x 60mm
- Pilotes De Tornillos De Cimentación Para Sistemas Solares
- Seguidores de eje para sistema solar
- Tipos de tornillos de fijación
- Sistema Sountour-Metric-1

En el próximo boletín: Empresas chilenas que ofrecen soluciones de energía fotovoltaica Off Grid domiciliaria.

Normativa y circularidad en fachadas industrializadas

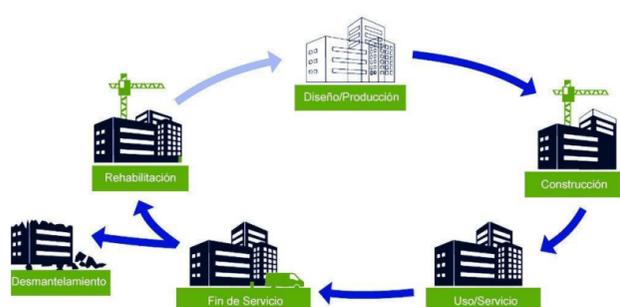


Imagen N°1 Circularidad en Edificación Fuente: <https://retokommerling.com/arquitectura-circular-nuevos-principios/>

Al diseñar un proyecto, ¿tienes en cuenta que algún día serán demolidos, y que toda esa inversión de diseño y materias primas de altísima calidad, quedará acumulada en un vertedero?

Actualmente, tendemos a diseñar proyectos siguiendo un concepto lineal destructivo, con un principio y un final (de la cuna a la tumba): Extracción-Producción-Consumo-Desperdicio. (Reto kommerling, 2022)

La arquitectura diseñada con principios de economía circular se basa en proyectar la fase 1 (diseño) teniendo en cuenta la fase de fin de servicio y cómo aprovechar la totalidad de sus materiales y sistemas constructivos tras el fin de su vida (Reto kommerling, 2022). Para ello, los componentes deben ser:

- Lo más duraderos posible (sobre todo estructura y envolvente) para soportar la fase de uso en condiciones óptimas y poder ser reutilizados tras un desmantelamiento.
- Máxima modulación / industrialización.
- Conexiones lo más sencillas posible.
- Evitar fijaciones con mortero, pegamentos y espumas. Para un desmantelamiento correcto evitando contaminación entre materiales y dañar partes de estos.

CIRCULARIDAD EN SISTEMAS DE FACHADAS

Actualmente en Europa, se han realizado investigaciones relacionadas a desarrollar un análisis comparativo sobre el índice de circularidad de diversos sistemas de fachadas, mediante la valoración de lineamientos e indicadores durante su desmontaje y proceso de reciclabilidad de materiales.

La metodología desarrollada permite determinar cuál o cuáles sistemas de fachadas tienen altos estándares en los procesos de desmantelamiento y gestión de materiales en las pieles exteriores de las construcciones, después de su vida útil (Manzaba, 2021). Para ello se trabajan los siguientes índices:

Índice de reciclabilidad: Valor numérico que expresa el nivel de transformación de un material usado a un proceso para que se pueda volver a utilizar.

Índice de desmontabilidad: Valor numérico que expresa el nivel de separación de las piezas de que se compone algo o de un edificio o parte de él.

Índice de circularidad: Valor numérico que expresa el nivel de circularidad de un sistema o edificio. La circularidad pretende alcanzar un sistema de producción regenerativo en el que los materiales que componen un producto sean reciclables, es decir, puedan ser reutilizados indefinidamente y de forma segura para las personas y el medio ambiente.

NORMATIVAS ASOCIADAS A SISTEMAS DE FACHADAS INDUSTRIALIZADAS

Actualmente, existen varios conceptos principalmente desde el diseño asociados a la circularidad y sistemas industrializados, que presentan ciertas limitaciones y restricciones normativas, por ejemplo para la reutilización de estructuras existentes o recuperar elementos de aquella, para evitar generar nuevas obras de construcción o mayor uso de materiales, existen barreras principalmente normativas estructurales y/o urbanismo, que no permiten la reutilización y recuperación de materiales de estructuras existentes (CCI, 2021).

Cuando hablamos de diseño para la adaptabilidad, es decir, reducción del uso materiales mediante la extensión de la vida útil de uso del inmueble, nos encontramos con restricciones normativas tales como la sísmica que, por ejemplo, no permite o encarece mucho la utilización de plantas libres.

Algo similar sucede con el diseño para el desarme o recuperación, la reglamentación dificulta la especificación de conexiones mecánicas no monolíticas (Cuadra, 2021). Para poder abarcar estos desafíos que muchas veces la normativa nos pone en el camino, se recomienda fuertemente trabajar la integración temprana de todos los actores involucrados en un proyecto, y comprometer tanto al equipo de diseño como a los calculistas, constructores y proveedores de fachadas de manera temprana, para solucionar temas como, por ejemplo, encontrar soluciones

que aseguren un desempeño correcto de la conexión.

Además, no se debe olvidar que nos encontramos en un país donde terremotos y temblores son un hecho, por lo que se debe asegurar siempre el diseño con criterios sísmicos adecuados.

En el ámbito internacional, existen normas y criterios como el “Technical Standards and Approval Criteria for Manufactured Construction”, que establecen los requisitos técnicos y de calidad para la construcción prefabricada en el país. Estas normas abarcan diversos aspectos de la construcción, incluyendo elementos no estructurales como fachadas.

Por ejemplo, en Japón, las fachadas prefabricadas son elementos clave en la construcción de edificios. El Technical Standards and Approval Criteria establece los requisitos técnicos que deben cumplir estas fachadas para garantizar su seguridad, durabilidad y rendimiento, teniendo en cuenta normas que incluyen la resistencia al viento, la resistencia al fuego, el aislamiento térmico y acústico, la protección contra el agua y la humedad, y la resistencia sísmica (US ARMY CORPS, 2022).

El Technical Standards and Approval Criteria también establece los procedimientos de evaluación y aprobación de las fachadas prefabricadas. Estos procedimientos aseguran que las fachadas cumplan con los requisitos establecidos antes de su instalación en los edificios. Para obtener la aprobación, los fabricantes de fachadas prefabricadas deben presentar pruebas y documentación que demuestren que sus productos cumplen con los requisitos establecidos. Esto puede incluir informes de pruebas de laboratorio, certificados de conformidad y documentos técnicos.

Además, el documento también puede proporcionar pautas sobre el mantenimiento y la inspección de las fachadas para garantizar su buen funcionamiento a lo largo del tiempo (US ARMY CORPS, 2022).



Imagen 2: Fachada industrializada. Fuente: <https://www.cdt.cl/fachadas-prefabricadas-innovacion-y-productividad/>



Imagen 3: Fachada Industrializada vista exterior e interior. Fuente: <https://opticaretos.com/producto/fachadas/>

¿QUIERES SABER MÁS?

Revisa las publicaciones que han sido referencias para este artículo:

- Arquitectura circular y sus nuevos principios
- Fachadas Smart
- Estudio comparativo del Índice de Circularidad en sistemas de fachadas: cálculo del potencial de reciclabilidad de materiales y desmontabilidad de componentes
- Fachadas Industrializadas
- Beneficios de Fachadas Industrializadas
- Wallex lanza la fachada industrializada más sostenible del mercado
- Diseño de guía con estrategias para aplicación de Economía circular y Lean Construction en proyectos de viviendas industrializadas
- Manufactured Home Construction and Safety Standards
- Japan district design guide
- Impacto de barreras presentes en la adopción de la construcción fuera del sitio en Chile
- Una guía para proyectos de arquitectura desmontables

TACC 08 - Prolab - Hormigón Armado

Carbonaide: reduciendo las emisiones de CO2 del hormigón

Carbonaide afirma que su tecnología puede reducir las emisiones de CO2 del concreto convencional en un 45% durante su producción



Imagen N°1: Desarrollada en Finlandia, esta nueva metodología trabaja con la carbonatación del hormigón y los minerales carbonatados que se generan a partir de este proceso, transformándolos en material aglomerante y convirtiendo así al hormigón en carbono negativo. Fuente: Hormigón al día.

¿QUÉ ES LA CARBONATACIÓN DEL HORMIGÓN?

Es cuando el hormigón en su mezcla contiene hidróxido de calcio, y cuando el dióxido de carbono que se encuentra en el aire logra penetrar el hormigón reacciona con este para crear carbonatos de calcio, y por ende, reducir el pH del material hasta 9, el problema viene en la interacción entre el hormigón y la capa de óxido que se encuentra en los hierros que se utilizan para armar el hormigón.

Cuando se llega a un pH tan bajo, la capa protectora de óxido que rodea una barra de acero empieza a acelerar su descomposición y a aparecer la corrosión del propio elemento de acero. Todo esto se da de manera potenciada en medios donde la humedad es muy alta, ya que penetra los poros del concreto y se evapora, quedando el CO2 de forma gaseosa (Structuralia S.A, 2022).

¿QUÉ HACE CARBONAIDE AL RESPECTO?

Carbonaide es una empresa que nace derivada del Centro de Investigación Técnica VTT de Finlandia, que investigó durante años la reducción de la huella de carbono al transformar el CO2 en productos prefabricados que absorben dióxido de carbono de la atmósfera. De esta forma, llegan a prefabricados de hormigón carbono negativos que se logra mediante un eficiente proceso de carbonatación con aglutinantes bajos en carbono, transformándose en una metodología que demostró que es posible producir hormigón carbono negativo.

La idea de investigación fue liderada por Lakan Betoni y Vantaa Energy, y logró recaudar un financiamiento de 1,8 millones de euros. Estos fondos se utilizarán para integrar su tecnología de curado con CO2 en una producción automatizada de fabricación de prefabricados en Hollola.

La empresa cuenta en la actualidad con una unidad piloto del tamaño de una fábrica y su cadena de valor funcionando. Esta puede mineralizar cinco toneladas de CO2 por día y mejorar la producción en cien veces de los productos de hormigón carbono negativo.

¿ES POSIBLE ABSORBER EMISIONES DE CARBONO CON HORMIGÓN?

Carbonaide afirma que el hormigón tiene la capacidad de capturar dióxido de carbono mediante el proceso de carbonatación. Esta técnica produce un desgaste a la enfierradura del hormigón, y lo que hace el equipo de Carbonaide es transformar ese proceso en una ventaja significativa, que convierta la huella de carbono calculada de la fabricación de concreto en carbono negativo: -60 kg por metro cúbico de concreto (Vehmas Tapio, 2023). El uso de hormigón reciclado y tipo de cemento influyen en la captura de CO2 según Collins (2010). Flower y Sanjayan (2007) encontraron que la escoria de alto horno y la ceniza volante podrían reducir las emisiones de CO2 del hormigón en un 22% y entre un 13% respectivamente, y

un 15% en mezclas de hormigón habituales.



Imagen N°2: CEO de Carbonaide en la fábrica de prefabricado. Fuente: Kauppalehti

Según Vehmas Tapio (2023), la huella de carbono del hormigón convencional es de 250 a 300 kg aproximadamente por m3. Por esta razón, se busca reducir el consumo de cemento en la producción diaria y de esta manera disminuir aún más la huella de carbono del producto al mineralizar el CO2 en el hormigón.

¿CARBONAIDE ATRAPA EL CO2 A DIFERENCIA DEL CONCRETO TRADICIONAL?

Al unir el dióxido de carbono en el concreto prefabricado (bloques de hormigón) utilizando el sistema automatizado a presión atmosférica, se pueden reducir las emisiones de CO2 en un 50% aproximadamente. Cuando se utilizan subproductos industriales en la fabricación de productos como escorias, lodos de licor verde y ceniza de biomasa en el proceso de unión, resulta un concreto de huella de carbono negativa, lo que permite que el CO2 se pueda almacenar permanentemente y eliminar del ciclo del carbono (Designboom, 2023).

¿CARBONAIDE SE HA PROBADO EN OBRAS?

Se han realizado pruebas con éxito en obras de Rakenusbetonija Elementti Oy de Hollola y con la empresa constructora Skanska. Se fabricaron pavimentos de jardín con carbono negativo, los cuales se instalaron en el sitio de construcción de Skanska. El principal objetivo de estas pruebas fue recopilar datos sobre el comportamiento del material para avanzar en una producción industrial.

La empresa Carbonaide se propuso tener para el 2030, cien unidades de dispositivos de producción instalados en el mercado mundial, y capturar alrededor de quinientos megatonnes de dióxido de carbono anuales hasta el 2050, lo que corresponde entre un 10 a un 20% del mercado del hormigón (Carbonaide, 2023).

¿QUIERES SABER MÁS?

Revisa las publicaciones que han sido referencias para este artículo:

- Capturar 500 megatonnes de dióxido de carbono en 2050
- Carbonaide aims for carbon negative concrete technology
- Carbonaide: Una nueva forma de secuestrar CO2 en prefabricados de hormigón
- Carbonaide convierte el CO2 en bloques de concreto de carbono negativo capaz de atrapar emisiones
- Productos fabricados con tecnología Carbonaire
- Qué es la carbonatación del hormigón
- Carbonaire

En el próximo boletín: Innovaciones en las mezclas de los hormigones prefabricados

Se consideran 6.141 conectores metálicos, 624 elementos de losa, 340.000 tornillos y 2.446 vigas y columnas para la estructura del edificio (Armanet, 2022).

TACC 09 - Prolab híbrido Madera y Hormigón prefabricados

Edificio Tamango



Imagen 1: Edificio Tamango. Fuente: Edificiotamango.cl

Tamango es el nombre del primer edificio sustentable de madera en Latinoamérica. Ubicado en Coyhaique, Región de Aysén, ha sido desarrollado por la oficina de arquitectura Tallwood de la mano de Juan José Ugarte y Gerardo Armanet y con el cálculo estructural de Juan Acevedo. Cuenta con doce pisos de altura y una superficie a construir de alrededor de 21 m². Se espera que su ejecución comience a finales de este año (Madera21, 2022). El Proyecto contará con tres subterráneos que albergarán 220 estacionamientos, además de servicios, comercios y oficinas que estarán situados en los primeros dos niveles. Los diez niveles restantes se concentrarán en dos torres unidas de 68 departamentos de 2 a 3 dormitorios que van desde los 90 m² a los 140 m².

La construcción está conformada por 1.870 m³ de madera aproximadamente, las que capturan 1.582 toneladas de dióxido de carbono. Contará con eficiencia energética mediante bombas de calor eléctricas de alta eficiencia y losas radiantes que ayudarán a combatir la contaminación en esta región.

Veinte profesionales, tanto extranjeros (Finlandia y Canadá) como nacionales, participaron en su desarrollo, el cual duró 6 meses del anteproyecto y 8 meses del proyecto, con el objetivo de fomentar la construcción en madera en Chile.

¿CÓMO SE DESCOMPONE ESTE PROYECTO?

Este es un edificio híbrido, ya que todos los subterráneos y los tutores estarán compuestos de hormigón armado, para ser rodeados de la estructura de madera. Estas estructuras prefabricadas serán losas (CLT), columnas y vigas de madera contralaminada (LVL) que con su utilización permitirán capturar 1.230 toneladas de CO₂. La distancia máxima entre los bordes de la estructura y la estructura de hormigón es de 8 metros, además de contar con una junta de dilatación entre las dos torres. Este diseño cumple con todas las normativas sísmicas vigentes (Armanet, 2022).

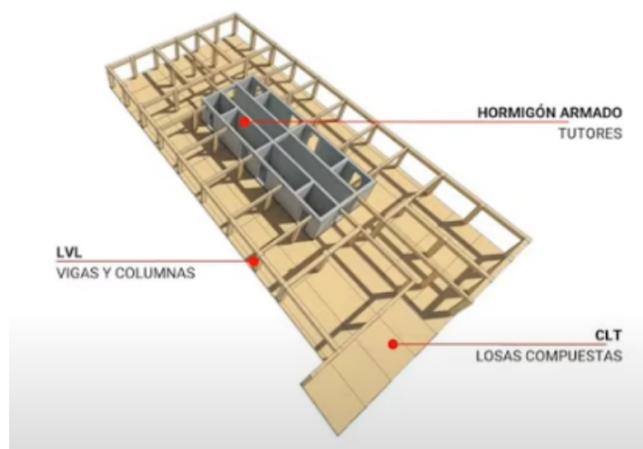


Imagen 2: Piso Tipo Edificio Tamango Fuente: Ciudades del futuro Arauco, 2022.

¿QUÉ PASA CON LA RESISTENCIA AL FUEGO?

Se trabajó desde el inicio, en conjunto con las decisiones de diseño, para dar cumplimiento a la resistencia exigida por la altura que corresponde a F120 según NCh935. Se consideraron tres criterios, un incendio real proyectado (modelado), carbonización y laminación para elementos expuestos y protegidos (Armanet, 2022).

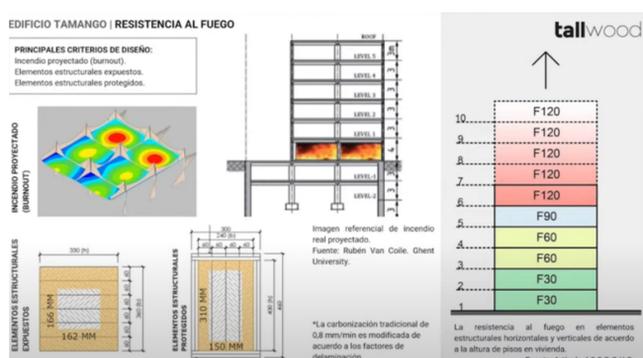


Imagen 3: Resistencia al fuego. Fuente: Ciudades del futuro Arauco, 2022.

¿CUÁL ES EL PLAZO EN QUE DISMINUYE LA EJECUCIÓN?

Dada las características constructivas del edificio, se pretende acortar los plazos de ejecución en 4 meses, que es el tiempo que se ahorra en la etapa de obra gruesa, debido a que no se tienen que montar andamios alrededor. Sólo se necesitan dos grúas y ocho operarios para el montaje de la estructura, la cual tendrá características significativas, ya que contempla una obra en seco, emitiendo menos ruido, menos material particulado y disminuirá el tránsito de camiones.

Con un ritmo de montaje de 200 m²/día de la estructura incluyendo fachadas, se espera montar en 45 días la estructura. Para ello, se trabaja para la secuencia del montaje con un gemelo digital del proyecto, lo que ayuda a modificar y comprobar la eficiencia que se requiere en la ejecución (Armanet, 2022).



Imagen 4: Área Común Edificio Tamango. Fuente: Edificiotamango.cl

La empresa finlandesa de materiales sustentables Stora Enso aportará los elementos estructurales de madera prefabricados con altos estándares de desempeño, proveniente de bosques sustentables. Este material llegará a la región mediante embarcaciones y será transportado en 49 contenedores (Armanet, 2022).

¿QUÉ APOYO SE TIENE PARA EL DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE MADERA EN CHILE?

En el año 2021 se lanzó el Manual de Diseño de estructuras en Madera, el cual busca fomentar y apoyar el desarrollo de estructuras de este material. El documento contempla el diseño ante cargas sísmicas de muros de corte y diafragmas de entrepiso del sistema constructivo marco-plataforma aplicable a edificaciones de 3 a 6 pisos (Centro UC de Innovación en Madera, 2021).

¿QUIERES SABER MÁS?

Revisa las publicaciones que han sido referencias para este artículo:

- ↳ El proyecto en madera que potencia la Descentralización
- ↳ Ciudades del Futuro, edificación sustentable en madera
- ↳ Tener una estructura sustentable y eficiente cambia el paradigma en la construcción
- ↳ El edificio sustentable de madera más alto de Latinoamérica se asoma en la Patagonia
- ↳ Manual de diseño de estructuras en madera
- ↳ Tallwood
- ↳ Storaenso
- ↳ Edificios de madera ganan terreno en Chile
- ↳ Edificios de madera ganan terreno en Chile
- ↳ Centro de experiencia en construcción comercial en madera Québec
- ↳ CLT- Madera Contralaminada
- ↳ La construcción de viviendas en madera en Chile

Mezclas de Hormigón con materias primas locales o secuencias de proximidad



Imagen N°1. Mezcla de hormigón compuesto por 20% de relaves. Fuente: EQUIPO 3DCP UC 2020.

La producción de hormigón es un proceso que implica la combinación de varias materias primas para crear una mezcla homogénea y duradera. Las materias primas clave en su producción incluye cemento, áridos (arena y grava), agua y, a veces, aditivos químicos. A continuación se detallan algunas consideraciones relacionadas con las materias primas y la proximidad:

Proximidad de materias primas: Utilizar materias primas locales siempre que sea posible puede ser beneficioso desde el punto de vista económico y ambiental. Reducir la distancia entre las fuentes de materias primas y la planta de producción de hormigón puede disminuir los costos de transporte y minimizar la huella de carbono asociada con la logística. Esto es especialmente relevante para los agregados (arena y grava), ya que son los materiales más utilizados en el hormigón después del agua (C. Muñoz, F.Quiroz,2014).

Materias primas alternativas: Además de las materias primas tradicionales, como el cemento Portland y los agregados naturales, algunas plantas de producción de hormigón pueden considerar el uso de materiales alternativos o secundarios, como cenizas volantes, escorias de alto horno, cenizas de paja de arroz, etc. Estos materiales pueden sustituir parcial o totalmente a las materias primas convencionales y estar disponibles en proximidad a las plantas (Arquitectura sostenible,2020, Giaccio, G. – Zerbino, R,2008).

Reciclaje de hormigón: En proyectos de demolición o de construcción, el hormigón existente se puede triturar y reciclar para su uso en la producción de un nuevo hormigón. Esto reduce la necesidad de nuevas materias primas y minimiza la generación de residuos. La proximidad de las plantas de reciclaje de hormigón a los sitios de demolición es importante en este contexto (CDT,2023).

Aditivos y mezclas especiales: En ciertos casos, se pueden utilizar aditivos químicos para mejorar las propiedades del hormigón, como la resistencia, la durabilidad o la trabajabilidad. La selección de aditivos puede depender de la disponibilidad local y las necesidades específicas del proyecto (Instituto del hormigón, 2020).

Control de calidad: Independientemente de las materias primas utilizadas, es esencial llevar a cabo un control de calidad riguroso durante la producción de hormigón para garantizar que cumple con los estándares y especificaciones requeridos (Vargas Fabres, 2019).



Imagen N°2: Banca de hormigón impreso 3D utilizada como piloto de la investigación de mezcla de vidrio reciclado. Fuente: NTU Singapore, 2021.

¿QUÉ INNOVACIONES SE HAN APLICADO EN LA CREACIÓN DE MEZCLAS DE HORMIGÓN?

Polvo de vidrio reciclado: El vidrio reciclado se puede moler en polvo y luego incorporar en la mezcla de hormigón como un reemplazo parcial del cemento Portland. Esto no sólo reduce la cantidad de cemento requerida, sino que también, proporciona una forma de dar un uso secundario al vidrio reciclado (Frómata-Salas,Vidaud-Quintana,Ne-gret-Ortiz, 2020).

Cenizas volantes: Las cenizas volantes son un subproducto de la quema de carbón en centrales eléctricas. Se pueden utilizar como un suplemento de cemento en la mezcla de hormigón. Esto no sólo reduce la cantidad de cemento necesaria, sino que también evita que las cenizas volantes se depositen en los vertederos (López, 2020).

Escorias de alto horno: Las escorias de alto horno son un subproducto de la fabricación de hierro y acero. Pueden utilizarse como suplemento de cemento en el hormigón, mejorando su resistencia y durabilidad (Cabrera-Madrid, Escalante-García, P. Castro-Borges, 2016).

Relaves mineros como prioridad en la mezcla: Se espera reemplazar el 20% de la mezcla cementicia de cemento por relaves, además de incorporar áridos que también se desarrollan a partir de relaves. De acuerdo a lo indicado por Felipe Vargas, docente de la Facultad de Ciencias de Ingeniería de la Universidad Austral, en su investigación han reemplazado en un 95% el cemento por relave y los áridos, de esta forma se espera que la industria de la construcción pueda sustituir los recursos naturales como arenas, gravas, gravillas o piedra por residuos mineros (Vargas, 2023).

Agregados de neumáticos reciclados: Los neumáticos de caucho reciclado se pueden triturar y utilizar en la mezcla de hormigón, proporcionando un uso secundario para los neumáticos usados y mejorando las propiedades de aislamiento y absorción de impactos del hormigón (Osama Youssf, 2022).

¿SABES QUE ES ECOPACT?

Línea de hormigones de la empresa Holcim, que reduce la huella de carbono, a través de sus mezclas optimizadas, disminuyendo el contenido de CO2 entre un 30% y 70% con respecto a los hormigones tradicionales. (Holcim, 2023)



Imagen N°3: Sustitución de agregados por particular de caucho; Fuente: Revista Recursos, conservación y reciclaje,Volumen 184, 2022.

¿QUÉ CARACTERÍSTICAS DEBEN TENER LOS MATERIALES DE LA MEZCLA PARA LA IMPRESIÓN 3D?

Diversos estudios y análisis se han realizado a la fecha respecto a la mezcla ideal para utilizar en la impresión 3D. El diseño de esta mezcla es fundamental para que el producto sea de calidad, debiendo cumplir con propiedades críticas en estado fresco, donde la elección de los componentes, aditivos y dosificaciones son de suma relevancia, por ejemplo:

Cemento: Deben ser de alta resistencia, debido a que son más finos reducen la trabajabilidad, demandando más agua. Se recomienda que la mezcla óptima tenga una relación agua/cemento (a/c) más baja.

Áridos: Tamaño de los áridos máximo de 2 o 3 mm para que no se bloquee u obstruya en la máquina. Además, es importante determinar una cantidad adecuada de áridos, una elevada cantidad podría causar segregación de la mezcla, provocando una mala extrudabilidad.

Aditivos: Incorporación de algunos aditivos como el humo de sílice (alta resistencia) y las cenizas volantes (reducción del contenido de cemento).

Agua: Se debe tratar que el agua sea mínima para que la mezcla tenga una mayor resistencia. El uso de superplastificantes podría ser beneficioso.

El estudio desarrollado por Hugo Reyes para optar su título de Ingeniero Civil de la Universidad de Chile, relativo a las características del hormigón para su uso en una máquina de impresión, entrega en la tabla 5.1 diferentes diseños de mezclas realizadas, las cuales pueden servir como diseño inicial para la posterior optimización de los desarrolladores (Reyes, 2018).

Diseño de Mezcla	Hormigón Convencional	T.T.Le et al [21]	Contour Crafting	Ali Karimian et al [20]	Zelin Mahesh [24]
Cemento	-10-15% de la mezcla	Cemento CEM I tipo I 22.5 -25% de la mezcla	Cemento Portland tipo II -30% de la mezcla	Cemento Portland ASTM C150 tipo II -25-28% de la mezcla	Cemento tipo I -30% de la mezcla
Humo de Silice	-	Humo de Silice de dióxido -10% del peso de aglutinante	-	Humo de Silice dióxido -2-3% de la mezcla	-
Cenizas volantes	-	-30% del peso de aglutinante	-	-	-
Áridos	-40-75% de la mezcla	Arena de tamaño máximo 2 mm -54% de la mezcla	Arena -41% de la mezcla	Arena de tamaño máximo 2,00 mm -59% de la mezcla	Agregado de tamaño máximo 2 mm -58% de la mezcla
Agua	-15-20% de la mezcla	-10% del peso de la mezcla	-10% de la mezcla	-10-12% de la mezcla	-11% de la mezcla
Superplastificante	-	-1% en peso de aglutinante	-3% de la mezcla	Superplastificante a base de poliacrilato (HDSVA) -0,05-0,10% en peso de aglutinante	Superplastificante Visconer -0,8% del peso de cemento
Retardante	-	-0,3% en peso de aglutinante	-	-	-0,3% del peso de cemento
Accelerador	-	-	-	Accelerador basado en Cloruro de sodio -1-3% en peso de cemento	-0,8% del peso de cemento
Modificador de viscosidad	-	-	-	Modificador de viscosidad (VMA) -0,1% del peso de aglutinante	-
Fibras de polipropileno	-	Fibras de 12 mm de longitud y 0,18 de diámetro -1,2 kg m ³	-	Fibras de 6 mm de longitud y resistencia a la tracción de 415 MPa -1,18 kg m ³	-
Arellita	-	-	-	Arellita de polipropileno (en caso de no utilizar fibra) -0,3% del peso de aglutinante	-
Proporciones	agua/cemento -0,43 -30 MPa	agua/aglutinante -0,20 -30 MPa	agua/cemento -0,5 -18,9 MPa	agua/aglutinante -0,43 -45-50 MPa a 28 días	agua/cemento -0,39 -42 MPa
Resistencia a compresión	-	-110 MPa a 28 días	-18,9 MPa	-45-50 MPa a 28 días	-42 MPa
Resistencia a flexión	-	-13 MPa a los 28 días (Resistencia superior)	-	-	-

Imagen N°4. Fuente: ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL HORMIGÓN PARA SU USO EN UNA MÁQUINA DE IMPRESIÓN, 2018.

¿QUIERES SABER MÁS?

Revisa las publicaciones que han sido referencias para este artículo:

- Hormigón hecho con neumáticos usados
- Empleo del vidrio reciclado triturado en sustitución parcial del árido fino para elaborar hormigón con fines de sostenibilidad
- Sostenibilidad y construcción con hormigón: Estrategias y definiciones
- Estudio de las características del hormigón para su uso en una máquina de impresión: selección de propiedades, ensayos experimentales y diseño de mezcla
- La importancia de las materias primas en la elaboración de hormigón
- Hormigón a base de fibras de zanahoria para potencializar sus propiedades mecánicas
- Hormigones con cenizas de cáscara de arroz
- Transforman relaves del cobre en materiales de construcción
- Practical Application of Crumb Rubber Concrete in Residential Slabs
- Hormigón en base a residuos de termoelectricas
- Construcción con Hormigón en base a residuos de termoelectricas: un ahorro ambiental hormigón
- El hormigón que cambiará la Construcción
- Transformar los posos de café en un recurso valioso para mejorar la resistencia del hormigón
- Relaves en nuevos materiales
- Utilizan cristal reciclado como árido para mezcla de hormigón impreso 3D
- 3D-printed concrete with recycled glass: Effect of glass gradation on flexural strength and microstructure
- Hormigón con Polvo de Vidrio reciclado
- Design and strength optimization method for the production of structural lightweight concrete: An experimental investigation for the complete replacement of conventional coarse aggregates by waste rubber particles
- El uso del arroz en la construcción de viviendas.
- ACV en la determinación de la energía contenida y la huella de carbono en el proceso de fabricación del hormigón premezclado
- Propuesta de control de calidad complementario para reducir el impacto ambiental de la construcción con hormigones
- ECOpart, Holcim.

Referencias

ACI. (23 de noviembre de 2016). 201.2r-16 Guide to durable concrete. ACI. <https://www.concrete.org/publications/internationalcon-creteabstractsportal/m/details/id/51689514>

ANSI/ASHRAE 228. (08 de Marzo de 2023). Standard Method Of Evaluating Zero Net Energy And Zero Net Carbon Building Performance. ASHRAE. <https://www.ashrae.org/technical-resources/bookstore/ansi-ashrae-standard-228-standard-method-of-evaluating-zero-net-energy-and-zero-net-carbon-building-performance>

Arquitectura PUC. (25 de agosto de 2022). Ciudades del futuro, edificación sustentable en madera”, summit organizado por Arauco y la Asociación de Oficinas de Arquitectos (AOA). Arquitectura PUC. <https://arquitectura.uc.cl/Proyectos/Noticias/7425-Juan-Jo-se-Ugarte-Participa-En-La-Primera-Cumbre-Sobre-Construccion-En-Madera.Html>

Arquitectura Sostenible. (23 de julio de 2020). El uso del arroz en la construcción de viviendas. Arquitectura Sostenible. <https://arquitectura-sostenible.es/Uso-Del-Arroz-Construccion-Viviendas/#:~:Text=Esta%20ceniza%20es%20rica%20en,Como%20los%20bloques%20de%20hormig%C3%B3n>

Arup. (Noviembre de 2019). Digital Twin: towards a meaningful framework. Arup. <https://www.arup.com/perspectives/publications/research/section/digital-twin-towards-a-meaningful-framework>

ASTM C1585. (22 de septiembre de 2020). Standard Test Method For Measurement Of Rate Of Absorption Of Water By Hydraulic Cement Concretes. ASTM. <https://www.astm.org/c1585-13.html>

ASTM E119. (10 de octubre de 2022). Standard test methods for fire tests of building construction and materials. ASTM. <https://www.astm.org/e0119-20.html>

Baker, B. (10 de noviembre de 2021). El concepto de gemelo digital y su funcionamiento. Digikey. <https://www.digikey.com.mx/es/articles/the-digital-twin-concept-and-how-it-works>

Bedec. (2023). Base de datos BEDEC. Plataforma Itec. <https://itec.es/servicios/bedec/>

Biblus. (27 de febrero de 2023). Eurocódigo 0:Requisitos estructurales de un edificio. BiblusBIM. <https://biblus.accasoftware.com/es/eurocodigo-0-requisitos-estructurales-de-un-edificio/>

Burbano, L. (23 de junio de 2023). Explorando El concepto de casa cob: longevidad, legalidad, electricidad y aislamiento térmico. Tomorrow City. <https://tomorrow.city/a/que-es-una-casa-cob>

Cabrera-Madrid, Escalante-García, P. Castro-Borges.,(2016).Resistencia a la compresión de concretos con escoria de alto horno. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=427645284006>

Camacho, E. (14 de enero de 2022). ¿Cómo reducir el impacto ambiental en obra? Revista Consultoría. <https://revistaconsultoria.com.mx/como-reducir-el-impacto-ambiental-en-una-obra/>

Carbonaide. (22 de agosto de 2023). Transforming CO2 into a rock - solid concrete. Carbonaide. <https://carbonaide.com/>

CCI. (18 de mayo de 2021). Impacto de barreras presentes en la adopción de la construcción fuera de sitio en Chile identificación y evaluación. CCI. <https://construccionindustrializada.cl/download/impacto-de-barreras-presentes-en-la-adopcion-de-la-construccion-fuera-de-sitio-en-chile-identificacion-y-evaluacion-2/>

Centro UC de Innovación en Madera. (2021). Manual de Diseño de Estructuras en Madera. Diseña Madera. <https://www.disenamadera.cl/templates/plantillaresponsiva/doc/Manual%20de%20Diseno%20de%20Estructuras%20en%20Madera-v8.pdf>

CIBSE. (Junio de 2019). Guide E: Fire Safety Engineering. CIBSE. <https://www.cibse.org/knowledge-research/knowledge-portal/guide-e-fire-safety-engineering-2019>

Córdova, F. Alberto, C. (Abril de 2018). Medición de la eficiencia en la industria de la construcción y su relación con el capital del trabajo. Revista Ingeniería de Construcción Vol.33. <https://www.ricuc.cl/index.php/ric/article/view/700/pdf>

Cortes.O, (09 de marzo de 2015). Propiedades de los materiales resilientes, revista tecnológica, Volumen 14. Universidad Católica de Colombia.

De La Cerda, F. (13 de enero de 2021). Créditos Hipotecarios Verdes. Madera21. <https://www.madera21.cl/blog/2021/01/13/creditos-hipotecarios-verdes-el-incentivo-que-premia-a-quienes-compren-viviendas-sustentables-y-que-contribuye-al-cuidado-del-medio-ambiente/>

De la Cerda, F. (17 de enero de 2022). Edificio Tamango en Coyhaique: el proyecto en madera que potencia la descentralización y ayuda al medioambiente. Madera21. <https://www.madera21.cl/blog/2022/01/edificio-tamango-en-coyhaique-el-proyecto-en-madera-que-potencia-la-descentralizacion-y-ayuda-al-medioambiente/>

Designboom. (11 de abril de 2023). Absorbiendo emisiones de carbono con concreto. Designboom. <https://designboom.es/tecnologia/carbonaide-convierte-el-co2-en-bloques-de-concreto-con-huella-de-carbono-negativa-que-pueden-atrapar-emisiones-11-04-2023/>

El Español. (07 de septiembre de 2023). El hormigón que cambiará la construcción: es un 30% más fuerte gracias a este popular ingrediente. CDT. <https://www.cdt.cl/El-Hormigon-Que-Cambiara-La-Construccion-Es-Un-30-Mas-Fuerte-Gracias-A-Este-Popular-Ingrediente/>

Erupean Environmet Agency. (2020). Informe N° 6, Reducción de emisiones de GEI.

F. Weikert Bicalho. (Febrero de 2021). “Infraestructura resiliente: un imperativo para el desarrollo sostenible en América Latina y El Caribe”. Serie comercio internacional, N°160 (Lc/Ts.2020/177), Santiago. Comisión Económica para América Latina y El Caribe (CEPAL). <https://www.cepal.org/es/publicaciones/46646-infraestructura-resiliente-un-imperativo-desarrollo-sostenible-america-latina>

FEMA. (Enero de 2013).Snow Load Safety Guide. FEMA. https://www.fema.gov/sites/default/es/documents/fema957_snowload_guide.pdf

FICEM. (Junio de 2021). Ciudades Resilientes Y Sostenibles. FICEM. <https://ficem.org/wp-content/uploads/2021/06/paper-ciudades-resilientes.pdf>

Frackiewicz, M. (30 de mayo de 2023). Gemelo digital para la fabricación para la construcción y la gestión de edificios.TS2. <https://ts2.space/es/gemelo-digital-para-la-fabricacion-para-la-construccion-y-la-gestion-de-edificios/>

Frank, D. (2023). Gemelos digitales podrían ayudar en la gestión de sismos. Computer Weekly. <https://www.computerweekly.com/es/noticias/366552555/Gemelos-digitales-podrian-ayudar-en-la-gestion-de-sismos>

Frómeta-Salas, Z. Vidaud-Quintana, I. Negret-Ortiz, D. (18 de agosto de 2020). Empleo del vidrio reciclado triturado en sustitución parcial del árido fino para elaborar hormigón con fines de sostenibilidad. Sistema De Información Científica Redal. <https://www.redalyc.org/journal/1813/181366194006/html/>

Fuentes, D. (18 de julio de 2023). El valor de los ASG en la construcción de reputación corporativa. Diario Sustentable. <https://www.diariosustentable.com/2023/07/el-valor-de-los-asg-en-la-construccion-de-reputacion-corporativa/>

Gallardo C. (28 de noviembre de 2022). ¿Cómo puede la innovación mejorar la seguridad, salud y bienestar en el sector construcción?. Ferrovia Blog. <https://blog.ferrovia.com/es/2022/11/innovacion-mejorar-seguridad-salud-y-bienestar-en-sector-construccion/>

González, C. (21 de abril de 2023). Rootman: el aislante térmico y acústico sustentable fabricado a base de cultivo de raíces. País Circular. <https://www.paiscircular.cl/empresa-e-innovacion/rootman-aislante-termico-raices/>

Grengy Solar. (S/F). Pilotes de tornillos de cimentación para sistemas solares. Grengy Solar. <https://es.grengysolar.com/ground-screw/foundation-screw-piles-for-solar-systems.html>

Herrería, E. (Diciembre de 2017). Criterios para la sostenibilidad del proyecto de estructuras: análisis del ciclo de vida con BIM. Universidad De Valladolid. <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/29296>

Hildebrandt Gruppe. (16 de noviembre de 2020). 4 tecnologías para optimizar la eficiencia energética en edificios. Hildebrandt Gruppe. <https://www.hildebrandt.cl/4-tecnologias-para-optimizar-la-eficiencia-energetica-en-edificios/>

Ikusi (2023). Tecnología Sostenible: Un Aspecto Clave En 2023. Ikusi.C <https://Www.Ikusi.Com/Mx/Blog/Tecnologia-Sostenible/#:~:Text=La%20tecnolog%C3%Ada%20sostenible%20se%20refiere,Ecol%C3%B3gico%20y%20los%20ecosistemas%20naturales.>

Ingeniería PUC. (27 de diciembre de 2021). Investigadores UC transforman relaves del cobre en materiales de construcción. Ingeniería PUC. <https://www.ing.uc.cl/Noticias/Investigadores-Uc-Transforman-Relaves-Del-Cobre-En-Materiales-De-Construccion/>

ISO 15686:2011. (2011). ISO (Ed.), Buildings And Constructed Assets, Service Life Planning. ISO. <https://www.iso.org/standard/45798.html>

Kowal, K. (2021). Diseño de guías con estrategias para la aplicación de economía circular y Lean Construction en proyectos de viviendas industrializadas. Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/180559>

Lopes, A. (23 de agosto de 2022). El potencial sustentable de los gemelos digitales en la minería. Guía Minera de Chile. <https://www.guiaminera.cl/el-potencial-sustentable-de-los-gemelos-digitales-en-la-mineria/>

Manzaba, G. (24 de octubre de 2021). Estudio comparativo del Índice de Circularidad en sistemas de fachadas: cálculo del potencial de reciclabilidad de materiales y desmontabilidad de componentes. Universidad Politécnica De Catalunya. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/356894>

Ministerio De Energía. (16 de noviembre de 2022). Plan Nacional De Eficiencia Energética. Ministerio de Energía Chile. https://energia.gob.cl/sites/default/files/eficiencia-energetica_16-nov.pdf

Muñoz, C. Quiroz, F. (30 de diciembre de 2014). Análisis de ciclo de vida en la determinación de la energía contenida y la huella de carbono en el proceso de fabricación del hormigón premezclado. Caso estudio planta productora región del Bío Bío, Chile. Revista Hábitat Sustentable Vol. 4. <https://revistas.ubiobio.cl/index.php/RHS/article/view/447>

Organización Panamericana de la Salud. (10 de junio de 2022). Directrices de la OMS sobre vivienda y salud. PAHO IRIS. <https://iris.paho.org/handle/10665.2/56080>

Ouxion Construction Services. (02 de enero de 2023). Estrategias de ahorro de costos para proyectos de construcción. Ouxion Construction Services. <https://ouxion.com/estrategias-de-ahorro-de-costos-para-proyectos-de-construccion/>

Reyes, H. (2018). Estudio de las características del hormigón para su uso en una máquina de impresión: selección de propiedades, ensayos experimentales y diseño de mezcla. Universidad De Chile. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/153009/Estudio-de-las-caracter%C3%ADsticas-del-hormig%C3%B3n-para-su-uso-en-una-m%C3%A1quina-de-impresi%C3%B3n.pdf?sequence=1>

Sanz, M. (18 de abril de 2022). Hormigón hecho con neumáticos usados: no sólo es más sostenible, también más resistente y ligero. El Español. https://www.elespanol.com/omicrofono/tecnologia/20220418/hormigon-neumaticos-usados-no-sostenible-resistente-li-gero/660933930_0.html

Sisternes, A. (23 de mayo de 2022). La arquitectura circular y sus nuevos principios. Reto Kommerling. <https://retokommerling.com/arquitectura-circular-nuevos-principios/>

Software, K (23 de junio de 2023). La importancia de la sostenibilidad: 4 razones para implementar un Sistema de Gestión Ambiental. Kantan Software. <https://www.kantansoftware.com/blog/la-importancia-de-la-sostenibilidad-4-razones-para-implementar-un-sis-tema-de-gestion-ambiental/>

Soleme. (16 de octubre de 2020). Alusínsolar: Guía sobre fijación de estructuras solares. Soleme. <https://solemesl.com/Fijacion-De-Es-tructura-Solar/>

Sostenibilidad Acciona (8 de Mayo de 2023). Arquitectura sostenible ¿qué materiales usa? Plataforma CDT. <https://www.cdt.cl/arqui-itectura-sostenible-que-materiales-usa/>

Structuralia S.A. (30 de marzo 2022). Qué es la carbonatación del hormigón y cómo prevenirla. Structuralia. <https://blog.structuralia.com/carbonataci%C3%B3n-del-hormig%C3%B3n-prevenci%C3%B3n>

SUBTEL. (2023). Portal Informativo, Ley De Torres. Subsecretaría de Telecomunicaciones de Chile. <https://antenas.subtel.gob.cl/ley-detorres/preguntasFrecuentes.html>

SUNMOD. (2018). Sistema de Montaje Sunturf SunModo. SUNMOD. <https://sunmodo.com/wp-content/uploads/2019/03/D10144-V001-Manual-de-Instalacion-para-Sunturf-Metric-1.pdf>

Us Army Corps. (2022). Japan district design guide. US Army Corps of Engineers. https://www.poj.usace.army.mil/Portals/33/docs/BusinessWithUs/JED%20DG_v6_JAN2022.pdf?ver=Bzqp5gjXPvXFiGxaqlhVmw%3D%3D

Vargas, C. (2019). Propuesta de control de calidad complementario para reducir el impacto ambiental de la construcción con hormigones. Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/170736/Propuesta-de-control-de-calidad-comple-mentario-para-reducir-el-impacto-ambiental.pdf?sequence=1>



 **Construye
Zero**

Desarrollo de contenidos: CDT
Edición: CTEC
Diseño: CTEC