



Universidad de Concepción  
Dirección de Postgrado  
Facultad de Ingeniería  
Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Geografía



**“DISEÑO DE UN INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN  
BASADO EN LOS PRINCIPIOS DFD PARA UNA  
CONSTRUCCIÓN CIRCULAR. APLICACIÓN EN UNA  
VIVIENDA PANELIZADA EN MADERA”**

POR

KARIN WERNER BECKER

Trabajo Integrativo presentado a la Facultad de Ingeniería & Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Geografía de la Universidad de Concepción para optar al grado académico de **Magister en Construcción Industrializada en Madera**

Profesor Guía: Valentina Torres Poblete

Marzo de 2025  
Concepción, Chile

© 2025, Karin Werner Becker

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento.

Dedicado a mis motores,  
Matilde  
Olivia  
Julia

---

## TABLA DE CONTENIDO

### Resumen

#### 1. Introducción

- 1.1 Desarrollo sostenible
- 1.2 Contexto normativo
- 1.3 Industria de la construcción
- 1.4 Diseño para el desmontaje y la adaptabilidad
- 1.5 La madera como material protagonista

#### 2. Propuesta de investigación

- 2.1 Pregunta de investigación
- 2.2 Objetivo general
- 2.3 Objetivos específicos
- 2.4 Metodología
  - 2.4.1 Diseño metodológico
  - 2.4.2 Referentes construidos con principios de Diseño para la deconstrucción en madera
  - 2.4.3 Diseño de herramienta de análisis para caso de estudio
  - 2.4.4 Caso de estudio

#### 3. Resultados

#### 4. Discusión

#### 5. Conclusiones y futuro estudios

#### 6. Referencias bibliográficas

#### 7. Lista de imágenes

- Figura 1: Esquema de economía circular (A) y economía lineal (B). (Adaptado de Hoja de Ruta para un Chile Circular al 2040.2021, p.10-11)
- Figura 2: Jerarquía en el manejo de los residuos de la construcción (Adaptación de NCh 3562:2019)
- Figura 3: Marco jurídico para enfrentar el cambio climático y la construcción sustentable, se indican enfoques específicos relacionados con el estudio (Fuente: elaboración propia)
- Figura 4: Principales instrumentos de políticas públicas orientadas a la transición del país hacia un desarrollo sustentable, construcción circular y carbono neutralidad. (Fuente: elaboración propia)
- Figura 5: Representación de ciclo biológico y ciclo técnico de construcción circular industrializada en madera. (Fuente: elaboración propia)
- Figura 6: Esquema con algunas estrategias de diseño para el logro de objetivos de circularidad. (Fuente: elaboración propia)
- Figura 7: Esquema con elementos, componentes y materiales de “Caso de estudio”, niveles

---

de análisis considerados en este estudio (Fuente: elaboración propia)

Figura 8: Gráfico de barras. Resultados “Variable a”: Desempeño por unidad de proyecto evaluada (Elaboración propia).

Figura 9: Gráfico de barras. Resultados “Variable b”: Desempeño del proyecto por principio DfD evaluado (Elaboración propia).

## 8. Lista de tablas

Tabla 1: Resumen con las principales metas/acciones relacionadas con el tema de estudio. (Adaptación de “Hoja de Ruta para un Chile circular al 2040” MMA Chile, 2021, p.57-58).

Tabla 2: Resumen de los principales objetivos relacionados con el tema.

Tabla 3: Resumen de resultados de evaluación de estudio. (Adaptación de “Estrategia Climática de Largo Plazo de Chile”. MMA Chile, 2021)

Tabla 4: Matriz base de instrumento de evaluación (Elaboración propia).

Tabla 5: Resumen resultados “Variable a”: Desempeño por unidad de proyecto evaluada (Elaboración propia).

Tabla 6: Resumen resultados “Variable b”: Desempeño del proyecto por principio DfD evaluado (Elaboración propia).

Tabla 7: Resumen resultados “Variable c”: Calificación del proyecto evaluado, según indicador de aptitud de desmontabilidad (Elaboración propia).

Tabla 8: Matriz 2a. Conexiones reversibles. Evaluación “Caso de estudio” (Elaboración propia).

## 9. Lista de anexos

Anexo 1 - Glosario

Anexo 2 – Resumen ISO 20.887:2023

Anexo 3 – Antecedentes planimétricos y fotográficos de “Caso de estudio”.

Anexo 4 - Instrumento de evaluación aplicado a “Caso de estudio” - Matrices y resultados

---

## RESUMEN

El uso de materias primas y energía en la industria de la construcción es un problema global debido a su impacto ambiental y al aumento de residuos, especialmente los generados por la construcción y demolición (RCD). Las transformaciones industriales han permitido reducir costos, pero a costa de mayores residuos y efectos negativos en el medio ambiente y la salud humana. Es fundamental que la industria adopte un enfoque más circular, repensando el diseño para facilitar el desmontaje, la reutilización y el reciclaje de materiales, contribuyendo así a la descarbonización de la cadena de valor.

En este contexto, Chile ha asumido importantes desafíos, específicamente en desarrollar un modelo económico más sostenible y eficiente, para transitar hacia una construcción circular.

Dentro del espectro de alternativas disponibles, está el Diseño para el Desmontaje (DfD, por siglas en inglés), estrategia de diseño que permite desmontar sistemas, componentes, materiales y edificaciones permitiendo su recuperación y reutilización, disminuyendo residuos en lugar de tratarlos. Se entiende que cada edificio representa un depósito de recursos que, si se diseña y programa para eso, pueden volver al ciclo constructivo.

Los objetivos de este trabajo fueron aportar con una herramienta metodológica base para acercar esta estrategia de diseño a la industria de la construcción local, además ayudar a comprender, de forma aplicada, los principios de DfD como alternativa para hacer más sostenible la edificación.

Se diseñó un instrumento simple, basado en los principios de diseño de la norma ISO 20.887 para evaluar, con indicadores, la desmontabilidad de una edificación enfocado en su estructura y envolvente principalmente. Se seleccionó un proyecto prototipo de vivienda social diseñado con criterios para la desmontabilidad, panelizado en madera, ya construido, para aplicar esta herramienta de evaluación.

Como primer resultado se obtuvo un instrumento compuesto por 7 “matrices de evaluación multicriterio”, asociadas a los 7 principios DfD de la norma ISO 20.887. Las matrices permitieron evaluar estructura y envolvente de la edificación, tomando como subgrupos para el análisis: Elementos, Componentes y Materiales.

Los resultados obtenidos muestran que, es posible aplicar una herramienta de evaluación simple y obtener resultados que validan decisiones de diseño en la línea del DfD, tal como visualizar en que categorías el diseño tiene un rendimiento más débil, facilitando al diseñador tomar acciones para mejorar el DfD y aportar desde esta estrategia hacia una construcción más circular.

**Conceptos Clave:** economía circular / construcción circular en madera / diseño para el desmontaje y la adaptabilidad / diseño para la deconstrucción / edificios reversibles

---

## ABSTRACT

In the construction industry, the use of commodities and energy is a global problem, mainly due to the potential environmental impact and waste increase, especially those generated by the construction and demolition process (CDW). Industrial transformations have resulted in a cost reduction. Nonetheless, this reduction has been associated to an increased in waste generation and negative effects on the environment and human health. It is essential for the industry to adopt an increasing circular approach, rethinking the design process to facilitate disassembly, reuse and recycling of materials, thus contributing to decarbonization of the value chain.

Chile has undertaken important challenges, specifically in developing a more sustainable and efficient economic model, moving towards circular construction.

Of the available options, Design for Disassembly (DfD) is a design strategy that allows systems, components, materials and buildings to be disassembled, allowing for their recovery and reuse, reducing the generation and treatment of residues. It is understood that each building represents a deposit of resources that, if designed and programmed for that, can be returned to the construction cycle.

The aims of this study were to provide a basic methodological tool to introduce this design strategy to the national construction industry, as well as to help to understand the principles of DfD as an alternative for a more sustainable construction process.

An instrument based on the design principles of the ISO 20.887 standard was created to evaluate, using specific indicators, the dismantlability of a building, focusing on its structure and envelope. A previously built social housing prototype project was selected to apply this evaluation tool. Accordingly, the selected prototype house was designed using dismantlement criteria and paneled wood.

The main result of this study was the creation of an instrument composed of 7 multi-criteria evaluation matrices according to the 7 DfD principles of the ISO 20.887 standard. These matrices allowed us to evaluate the structure and envelopes of the prototype house using as subgroups for the analysis: Elements, Components, and Materials. Furthermore, the results showed the feasibility for the application of this simple evaluation tool. The use of this methodological tool and its results may validate design decisions according to the DfD principles, including visualizing categories in which the design has a weaker performance. It may also help to facilitate designers to improve DfD application contributing towards an increasingly circular construction.

**Keywords:** circular economy / wood circular construction / design for disassembly and adaptability / design for deconstruction / reversible buildings

## 1. INTRODUCCIÓN

La construcción, es un área productiva reconocida por su alto consumo de materias primas y energía. Los sectores de manufactura industrial y construcción son importantes generadores de Gases de Efecto Invernadero (GEI), además la producción y transporte de materiales para la construcción impacta aún más a esta problemática. Es así como, a nivel global, se estima que las industrias manufactureras y de construcción son responsables del 38% de las emisiones GEI (CChC, 2019).

Según la Global Alliance for Buildings and Construction, esta industria es también responsable del 36% del consumo mundial de energía y 37% de las emisiones de CO2 relacionadas con la energía y los procesos.

En Chile, las emisiones de GEI se desglosan en 5 sectores: i) energía; ii) agricultura; iii) uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura; iv) residuos, y v) procesos industriales y uso de productos (Vogt-Schilb, 2021).

De éstos al menos 4 sectores se relacionan de una u otra forma a la industria de la construcción.

Estos datos no solo son parte de la brecha existente entre el sector de la construcción y la sostenibilidad, sino que además nos plantean importantes desafíos a futuro que deben atenderse en el corto plazo.

En esta línea, muchos países han ido tomando conciencia, para lograr un desarrollo sostenible, y atendiendo la necesidad de transitar desde una economía lineal a una circular, con una gestión responsable y sostenible de los recursos naturales.

Un modelo lineal de producción y consumo (figura 1B) se basa en extraer, producir, consumir y eliminar, para satisfacer las necesidades humanas. Como contraste, el enfoque de economía circular (figura 1A) aporta una forma distinta de abordar la producción de bienes y servicios y el destino de los residuos generados.

Los 3 principios básicos de la economía circular son: eliminar los residuos y la contaminación desde el diseño, mantener los productos y materiales en uso por el mayor tiempo posible y regenerar los sistemas naturales. (MMA, 2020).

Considerando el consumo actual y futuro de recursos naturales, es necesario aumentar significativamente el uso eficiente de éstos. Sin embargo, en la mayoría de los países desarrollados y en vías de desarrollo, la industria de la construcción todavía opera según el modelo lineal.

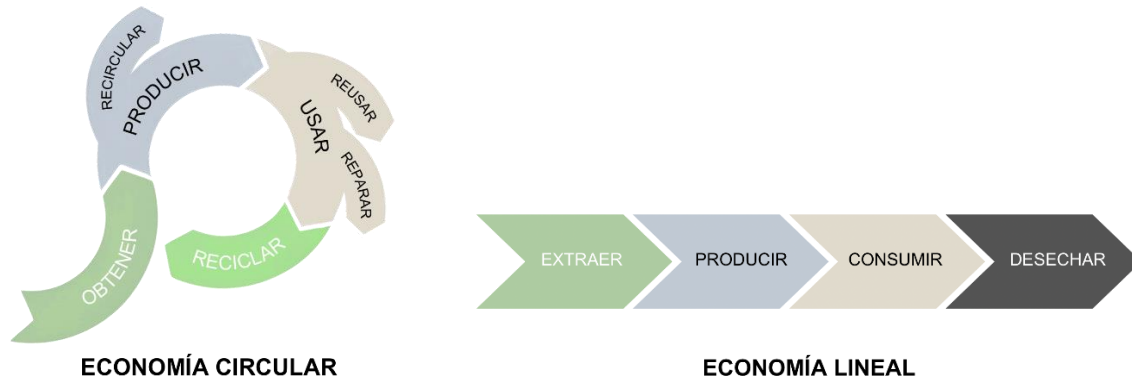


Figura 1: Esquema de economía circular (A) y economía lineal (B). (Adaptado de Hoja de Ruta para un Chile Circular al 2040.2021,p.10-11).

Parte importante del problema, son los Residuos de la Construcción y Demolición (RCD), ya que la generación y disposición de estos producen grandes impactos a nivel social y medioambiental que afectan directamente al ser humano.

Es así como, en el mundo, el 35% de los residuos sólidos están vinculados a la industria de la construcción, y específicamente en Chile, corresponden al 34% (Conama, 2010).

En nuestro país se producen anualmente casi 3 millones de m<sup>3</sup> de RCD sólo por concepto de viviendas nuevas (Ossio, F., 2021). Además, en el estudio de productividad encargado por la CChC (Matrix Consulting, 2020) se reporta que, a nivel nacional, cada 17 pisos se generan aproximadamente 2 pisos de residuos, el doble del estándar internacional (CChC, 2023, p.5).

Los RCD incluyen diversos tipos de residuos, muchos de los cuales se pueden recuperar como recursos, considerando el principio de jerarquía en el manejo de éstos, citado en la legislación nacional, asegurando así una trazabilidad en su manejo (Figura 2) (INN Chile, NCh 3562, 2019).

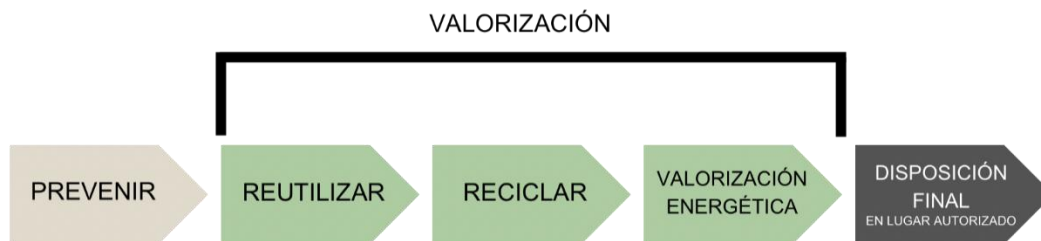


Figura 2: Jerarquía en el manejo de los residuos de la construcción (Adaptación de NCh 3562:2019)

Actualmente en Chile, la valorización del porcentaje de RCD es mínimo. Según el Informe de Ministerio de Medio Ambiente, en nuestro país solo el 7% de los RCD son reportados en el Sistema Nacional de Declaración de Residuos (SINADER) (MMA Chile, 2020).

Más aun, la mayor cantidad de residuos de demolición termina en sitios de disposición final o vertederos ilegales probablemente debido a que en Chile existen 7 regiones que no cuentan con sitios legales específicos para este tipo de residuos (Ossio, F., 2021).

### 1.1. Contexto normativo nacional

Chile, como parte de los países asociados al Acuerdo de París, busca alcanzar la carbono neutralidad al año 2050. El marco institucional para avanzar hacia la carbono-neutralidad se encuentra plasmado en la Ley Marco de Cambio Climático promulgada el año 2022 (Del Congreso Nacional, s. f.).

Esta ley, crea un marco jurídico para que el país pueda enfrentar el cambio climático en materia de mitigación y adaptación en una mirada a largo plazo y así dar cumplimiento a sus compromisos internacionales (Del Congreso Nacional, s. f.). Adicionalmente, su compromiso de Contribución Determinada a nivel Nacional (NDC, por sus siglas en inglés) en la actualización del 2022, se estableció como uno de sus pilares para la economía circular (MMA Chile, 2022). Esta meta, requiere aplicar un conjunto de medidas progresivas en todos los sectores de la economía para alcanzar las cero emisiones netas de GEI para 2050.

Dentro del marco normativo nacional actual podemos destacar algunas normas que inciden en el tema del presente estudio (Figura 3).

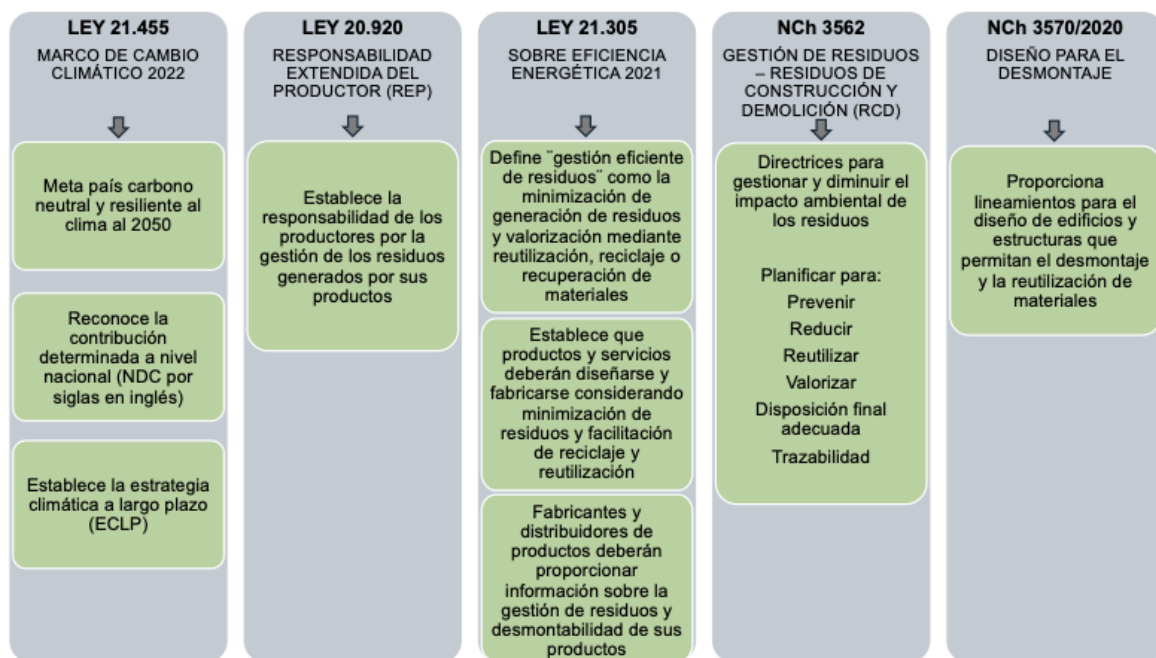


Figura 3: Marco jurídico para enfrentar el cambio climático y la construcción sustentable, se indican enfoques específicos relacionados con el estudio (Fuente: Elaboración propia).

Por otro lado, en 2021 se publicó el documento, “Hoja de Ruta para un Chile circular al 2040” (MMA Chile, 2021) y dentro de las metas fijadas, en la Tabla 1 se resumen las relacionadas directamente con el tema de este estudio.

Tabla 1: Resumen con las principales metas/acciones relacionadas con el tema de estudio. (Adaptación de “Hoja de Ruta para un Chile circular al 2040” MMA Chile, 2021, p.57-58).

Área	Meta/Acción	Plazo
Gestión de residuos	Reducir en un 30% la generación de residuos por unidad de PIB	2040
Gestión de residuos	Aumentar la tasa general de reciclaje al 75%	2040
Normas Técnicas	Elaborar y oficializar una norma técnica con especificaciones para la gestión de demoliciones bajo un enfoque de economía circular	2040
Normas Técnicas	Elaborar y oficializar normas técnicas que faciliten la reutilización de materiales de construcción	2040
Compras Públicas	Incorporar criterios y/o requisitos de circularidad en las obras de infraestructura pública y/o viviendas sociales financiadas por el Estado, por ejemplo, requisitos mínimos de incorporación de materiales secundarios	2040

Adicional a lo anterior, el mismo año se publica el documento “Estrategia Climática de Largo Plazo de Chile” (MMA Chile, 2021), el cual propone el plan para cumplir con lo declarado en la Ley de Cambio Climático para lograr la carbono-neutralidad al 2050. Los objetivos de esta estrategia, que reflejan objetivos concretos, también se relacionan directamente con el tema de esta investigación y se resumen en la siguiente tabla (Tabla 2).

Tabla 2: Resumen de los principales objetivos relacionados con el tema de estudio. (Adaptación de “Estrategia Climática de Largo Plazo de Chile” MMA Chile, 2021).

Capítulo	Objetivo	Meta	Plazo
5.5. Economía Circular y Residuos	Eliminar basura y contaminación desde el diseño	Reducir en un 30% generaciones de residuos por unidad de PIB al 2020	2040
5.5. Economía Circular y Residuos	Mantener productos y materiales en uso	Alcanzar una tasa de reciclaje del 75%	2040
5.6. Edificación y Ciudades	Reducir emisiones GEI en ciudades	100% de edificaciones nuevas reportan huella de carbono	2023
5.6. Edificación y Ciudades	Reducir emisiones GEI en ciudades	Emisiones netas cero en nuevos edificios	2050
5.6. Edificación y Ciudades	Reducir emisiones GEI en ciudades	Reducir un 50% emisiones GEI en nuevas edificaciones residenciales	2050
5.6. Edificación y Ciudades	Aumentar la eficiencia energética	100% de edificaciones nuevas son “energía neta cero”	2050
5.6. Edificación y Ciudades	Aumentar la eficiencia energética	Reacondicionar 50.000 viviendas al año	2050
5.7. Infraestructura	Economía circular en infraestructura	50% de iniciativas incluyen criterios de economía circular	2050
5.7. Infraestructura	Economía circular en infraestructura	80% de licitaciones públicas gestionan sustentablemente RCD	2050

Considerando lo anterior (Figura 4), podemos ver que en Chile ya existen ciertos caminos trazados con iniciativas propuestas para fomentar el desarrollo de la innovación para una economía circular. Lo anterior da cuenta de la urgencia de incorporar los conceptos de desmontabilidad, deconstrucción, disminución y reciclaje de residuos para colaborar en las metas país en relación con la construcción.

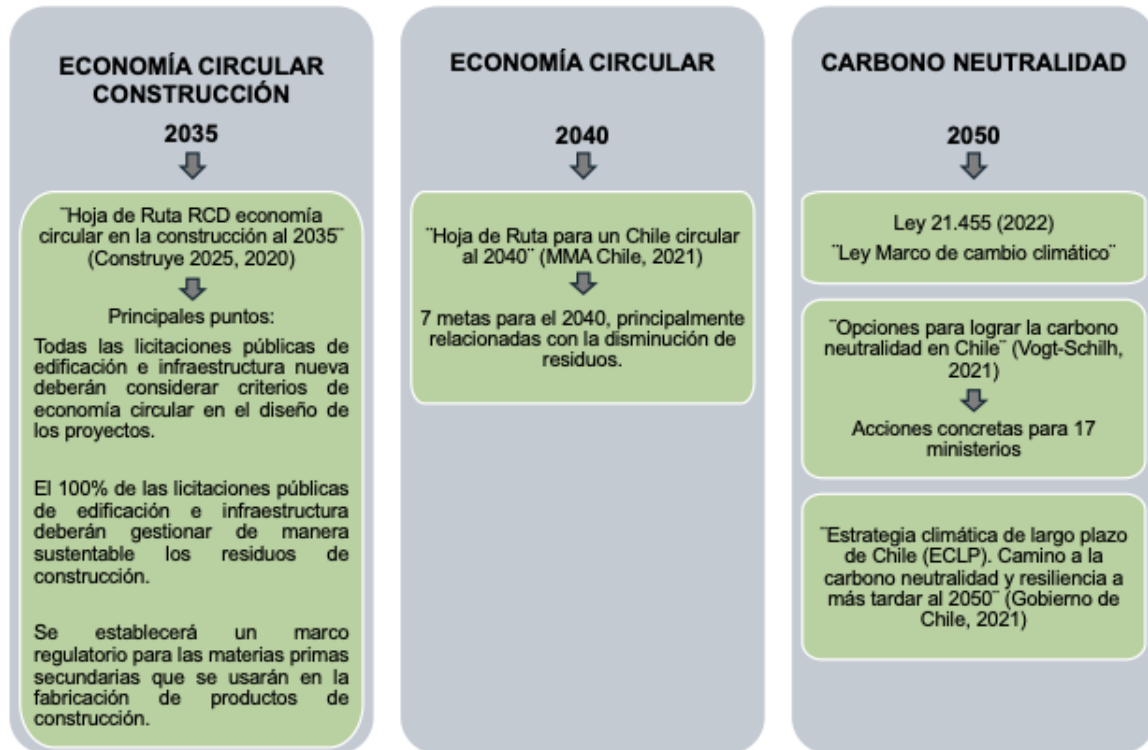


Figura 4: Principales instrumentos de políticas públicas orientadas a la transición del país hacia un desarrollo sustentable, construcción circular y carbono neutralidad. (Fuente: elaboración propia)

## 1.2. Construcción circular industrializada en madera

El uso de elementos de madera en la construcción ha aumentado en los últimos años y se prevé que siga creciendo en los próximos 25 años (Grüter et al., 2023). Es así, que el Banco Mundial ha proyectado que la demanda global de madera podría cuadruplicarse para 2050, surgiendo así un riesgo creciente para el manejo sustentable de los recursos forestales del mundo; esto, si se espera que los recursos vírgenes por sí solos satisfagan esta demanda, haciendo que la reutilización de madera y sus subproductos sea cada vez más importante (Cristescu et al., 2021).

El uso de madera es una tendencia mundial ya que es el material con menores emisiones de GEI en comparación con otros, y con mayor razón en nuestro país, al ser productor y elaborador de sus subproductos. Gracias a su capacidad de secuestrar carbono y su bajo consumo de energía, reúne las mejores condiciones para acompañar la construcción circular. El problema, es cuando se desmonta un edificio de madera y sus elementos se queman o se biodegradan, el carbono almacenado en la estructura de madera se libera a la atmósfera en forma de CO<sub>2</sub>. Entonces la reutilización de elementos de madera evita que este proceso ocurra (Grüter et al., 2023).

La construcción circular industrializada en madera (Figura 5) puede trabajarse en ciclos biológicos y técnicos. El modelo se basa en una idea sistémica que considera todo el ciclo de vida de cada producto o proceso constructivo, dándole énfasis a la etapa de diseño, mejorando la forma de producción y extendiendo al máximo el uso de cada elemento. De esta manera, se busca una óptima gestión de los recursos y disminución de desechos.

Como menciona Ottenhaus et al. (2023), los edificios de madera presentan una oportunidad única, ya que pueden maximizar la circularidad en la interfaz de la tecnosfera y biosfera. La retención de valor en la tecnosfera se maximiza a través del mantenimiento y la reparación, donde el diseño para la durabilidad y robustez son relevantes, a través de la reutilización y la renovación (Ottenhaus et al., 2023).



Figura 5: Representación de ciclo biológico y ciclo técnico de construcción circular industrializada en madera (Fuente, elaboración propia).

En Chile, los conceptos asociados a la construcción circular, para lograr una real circularidad, aún no se ven aplicados de manera masiva. Las iniciativas van en la dirección de fomentar al máximo el uso de la madera, optimizándolo y reutilizándolo tantas veces como sea posible, para no agotar su disponibilidad y permitir que pueda ser usado en otras áreas de innovación.

En el área de construcción circular, la innovación es trascendental para el avance progresivo y adecuación al dinamismo de esta área económica, y debe incorporarse transversalmente en la academia, estamentos públicos, generadores de normas, empresa privada, etc.

¿Como es posible avanzar en esta línea de construcción circular?

En la última década, la industria ha desarrollado y ampliado continuamente estrategias de diseño para hacer más sostenible la producción. En este contexto ha surgido el concepto del Diseño para X (DfX, por sus siglas en inglés).

Este es un enfoque para diseñar productos y procesos que tiene como objetivo optimizar los costos y mejorar la calidad a lo largo del ciclo de vida de un producto. Los enfoques actuales de DfX incluyen el diseño para la deconstrucción (DfD), diseño para el desmontaje (DfDisa), diseño para el montaje (DfA), diseño para la fabricación y el montaje (DfMA), diseño sin desperdicios (DoW), diseño para la adaptabilidad (DfAdapt) entre muchos otros (Roxas et al., 2023).

Algunos de estos conceptos se reflejan en la siguiente figura (Figura 6).

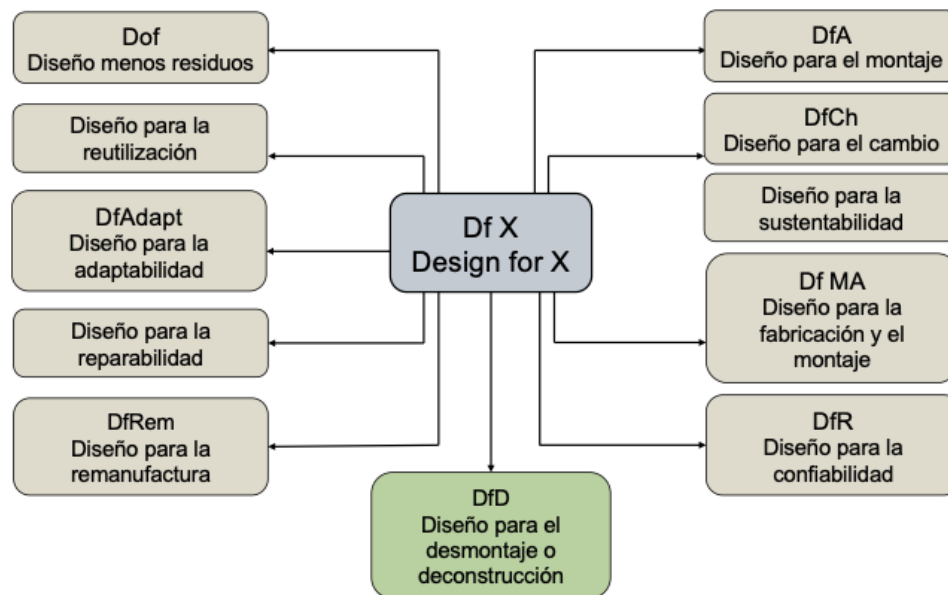


Figura 6: Esquema con algunas estrategias de diseño para el logro de objetivos de circularidad (Fuente: elaboración propia).

### 1.3. Diseño para el desmontaje/ deconstrucción o Design for / Disassembly/ Deconstruction (DfD)

Las siglas DfD hacen referencia en inglés a *Design for Deconstruction* o *Design for Disassembly* (Diseño para la Deconstrucción o Diseño para el Desmontaje). La comisión europea en el documento “Economía circular, principios para el diseño de construcciones” publicado el 2020, define el DfD de la siguiente manera: “Enfoque del diseño de un producto o estructura que facilita la deconstrucción al final de su vida útil, de tal manera que los componentes y piezas puedan reutilizarse, reciclarse o recuperarse para un uso económico posterior o, de alguna otra manera, desviarse del flujo de residuos” (European Commission, 2020).

En el sector de la arquitectura, la ingeniería y la construcción es un campo relativamente joven y ha experimentado recientemente un aumento de interés debido a las políticas de minimización de residuos y la transición a la economía circular que se han llevado a cabo en muchos países.

El DfD se caracteriza principalmente por el uso de conexiones reversibles (Ottenhaus et al., 2023), y contribuye de manera relevante al concepto global de economía circular, al permitir la selección, colección, reciclaje/reprocesamiento y reutilización de materiales de construcción. El éxito de este concepto depende del uso eficiente de los recursos y la capacidad de cerrar el ciclo de vida evitando generar basura (ISO 20887:2020, Annex B).

Tal como se menciona, uno de los principales objetivos de la construcción circular y el objetivo específico del DfD es la reducción y correcto manejo de residuos de la construcción.

El manejo inadecuado de residuos, como se ha explicado, afecta de una u otra forma a la sociedad en su totalidad, por ejemplo, impactando en la salud, economía, estabilidad de ecosistemas y dignidad de las personas. Hoy se comprende que la mejor forma de hacerse cargo del costo de gestionar un residuo es “eliminándolo” desde el diseño, es decir evitando que se genere (Roxas et al., 2023). La aplicación de una metodología deconstructiva flexible y la reutilización y reciclaje de los elementos deconstruidos, como alternativas a la incineración o eliminación de residuos, mantienen los componentes y materiales de construcción dentro del ciclo de producción, lo que ayuda a que el sector de la construcción sea más circular y, en consecuencia, más sostenible (Bertino et al., 2021).

En los últimos años, se ha avanzado en el campo de la deconstrucción de edificios, tanto en términos de desarrollo de investigación como en términos prácticos, con varios edificios siendo deconstruidos o diseñados con este propósito. Múltiples investigadores han establecido pautas para orientar a los diseñadores hacia la incorporación de características que pueden influir tanto en la extensión del ciclo de vida de un edificio como en el desarrollo de técnicas para la reutilización de materiales de construcción y para la futura deconstrucción del edificio (Carvalho, 2018).

Para promover el uso de DfD, son fundamentales estas pautas, en las que los profesionales de la construcción pueden basarse. Para emplear correctamente DfD, un sistema de construcción debe simplificarse, deben utilizarse materiales apropiados y la información de deconstrucción relevante debe estar fácilmente disponible. Estos principios permitirían un uso justo de DfD en la construcción. A través de la integración de las etapas de planificación con DfD, se puede erradicar, sin mayores obstáculos la producción de RCD (Roxas et al., 2023).

Sin embargo, a través de una revisión para identificar la tasa de aplicabilidad y los beneficios del DfD en la industria de la construcción, Roxas et al. (2023) revelaron que los profesionales del diseño rara vez lo utilizan, a pesar de las razones convincentes para adoptar el DfD. Este hallazgo es respaldado por los estudios de Akbarieh et al. (2020) y Pittri et al. (2023), quienes indicaron que el compromiso general con las prácticas de DfD en la industria de la construcción es bajo, especialmente en los países en desarrollo (Pittri et al., 2024).

## 1.4 Uso de madera en DfD

Al incorporar conceptos de DfD en etapas tempranas de planificación y diseño se logra un uso eficiente de los recursos del edificio durante cada una de sus etapas de uso. El DfD en madera es posible gracias a una serie de medidas que facilitan la reutilización, como la prefabricación y modularidad; de hecho, la prefabricación podría reducir el desperdicio de madera entre un 65 y un 80% (Pristerà et al., 2023).

La madera y los productos de madera industrializada son las fuentes más comunes de materiales estructurales para la construcción de DfD, con más de la mitad de los casos identificados construidos con madera (Ostapska et al., 2024). La flexibilidad de los resultados de la construcción DfD, dependerá de cómo se haya diseñado y manejado la deconstrucción.

La posibilidad de estructura multicapa de los componentes de paredes y techos de madera diferencia claramente la construcción con madera de los métodos de construcción minerales. La estructura en capas tiene el potencial de reutilizar los componentes completos o los elementos individuales en lugar de reciclarlos como biomasa al final de su uso inicial.

Dependiendo de su tamaño y su estado post desmontaje, los componentes de madera pueden reutilizarse directamente como componentes estructurales, como columnas y vigas, reprocesarse en componentes más pequeños, reciclarse en productos laminados pegados y tableros de partículas, o usarse para recuperación de energía (Pristerà et al., 2023).

La reversibilidad de las uniones, definido como la combinación de facilidad de desmontaje y potencial de reutilización de las propias conexiones, es clave para lograr este objetivo. Aunque estos dos términos suelen usarse indistintamente en la literatura, las uniones más elaboradas que involucran varios elementos suelen denominarse "conexiones". Según Ottenhaus et al. (2023), los tipos de uniones se agrupan y describen en: i. Uniones de carpintería (generalmente de madera con madera, basadas en el apoyo y la fricción), ii. Uniones realizadas con fijaciones simples, es decir, fijaciones tipo espiga cargadas lateral o axialmente, utilizadas en uniones de madera con madera o de acero con madera, iii. Conectores que utilizan soportes y fijaciones (patentados) que sirven para conectar dos o más elementos de madera, iv. Sistemas de conexión para aplicaciones específicas (Ottenhaus et al., 2023).

### Problema:

Existe la necesidad de avanzar hacia una construcción más sostenible en madera, propiciando la reutilización y reciclaje de componentes y elementos. Es fundamental mantener cada material el máximo de tiempo en uso para reducir el impacto de los residuos de la construcción.

Actualmente, se cuenta con la norma ISO 20.887, actualizada el 2023, la cual promueve el diseño sostenible y ofrece estrategias para el desmontaje y la adaptabilidad en edificios,

así como obras de ingeniería civil. Además, proporciona directrices para medir el desempeño en relación con el tema.

El DfD es la estrategia para lograr este objetivo entre otros. Sin embargo, hoy no se cuenta con herramientas de evaluación aplicadas a proyectos ejecutados, que sirvan como ejemplo, referencia y base futura, para avanzar en la incorporación masiva de este criterio y por parte de todos los actores de la industria.

Fijarse objetivos de DfD no tiene sentido si no existen mecanismos para demostrar el avance en relación con un escenario habitual. Definir el rendimiento o comportamiento básico de un escenario usual, por lo tanto, es clave para medir el avance con relación al DfD y la consiguiente implementación.

## 2. PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

### a. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Como evaluar un proyecto panelizado de entramado liviano en madera, según principios de DfD como estrategia para avanzar hacia una construcción circular?

### b. OBJETIVOS

#### Objetivo general

Evaluar el nivel de desmontabilidad de una vivienda social panelizada en entramado liviano en madera, en función de los principios técnicos establecidos en la norma ISO 20.887 sobre desmontaje (DfD).

#### Objetivos específicos

1. Diseñar un instrumento de evaluación con parámetros específicos de Diseño para el Desmontaje establecidos en la norma ISO 20.887, con el fin de aplicarlo a un caso de estudio.
2. Evaluar el grado de desmontaje del proyecto “Caso de estudio” mediante el instrumento diseñado.
3. Analizar el principio de Conexiones Reversibles, diseñando una matriz de evaluación exclusiva e independiente para este tema.

---

## c. DISEÑO METODOLÓGICO

### Antecedentes

Para el desarrollo de este estudio se realizó una revisión general de información referida al tema DfD, normas nacionales e internacionales vigentes sobre el tema y proyectos referenciales.

Se diseñó un instrumento simple, para evaluar la desmontabilidad o deconstrucción de una edificación enfocado en su estructura y envolvente principalmente.

Se seleccionó un proyecto prototipo de vivienda social diseñado con criterios para la desmontabilidad, ya construido, el que en este documento se nombrará como “Caso de estudio” y que será objeto de evaluación.

Todos los antecedentes del prototipo “Caso de estudio” considerados para este estudio fueron provistos por Polomadera de la Universidad de Concepción, responsables del diseño, especificaciones técnicas y supervisión de ejecución del proyecto. Se trabajó con planimetría, fotografías, especificaciones técnicas disponibles y modelo en cadwork. La información recibida no fue verificada en construcción.

Hasta el momento el “Caso de estudio” no cuenta con artefactos ni terminaciones interiores, por lo que no se consideraron en este estudio.

### C.1 “Caso de estudio”

La vivienda utilizada como “Caso de estudio” es un prototipo en madera, diseñado para el Programa de Bienes Públicos: *“Diseño para la Manufactura y el Montaje. Propuestas de viviendas sociales para la Región del Bio Bio”* (Código proyecto general 23BP.246692), proyecto liderado por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, MINVU y ejecutado por la Universidad de Concepción. Son seis viviendas planificadas y diseñadas bajo parámetros de construcción industrializada, panelizadas en entramado ligero en madera.

Específicamente corresponde a una vivienda social rural DS.N°10 código “V4PROTRU”. Ésta se desarrolló, diseñó, manufacturó y montó durante el año 2024, registrando cada etapa del proceso, posibilitando el monitoreo y comprensión de dificultades que enfrenta la industria hoy para llevar a cabo este tipo de construcciones. El proyecto se encuentra construido y en etapa de monitoreo en terreno de la Universidad de Concepción, Campus Arquitectura, ciudad de Concepción, Región del Bio Bio, Chile.

La etapa final de este prototipo es desmontar la vivienda en 2 años y montarla en una comuna cercana para ser utilizada por una familia, para lo cual este análisis de las variables asociadas a desmontabilidad podrá también ser de utilidad para la planificación de este traslado y renovación de infraestructura.

Nota: las instalaciones eléctricas y sanitarias se ubican sobre paneles estructurales prefabricados de muro y techo, en espacio “fachada ventilada” (exterior) y “cámara de instalaciones” (interior). No se considera su evaluación en el presente estudio.

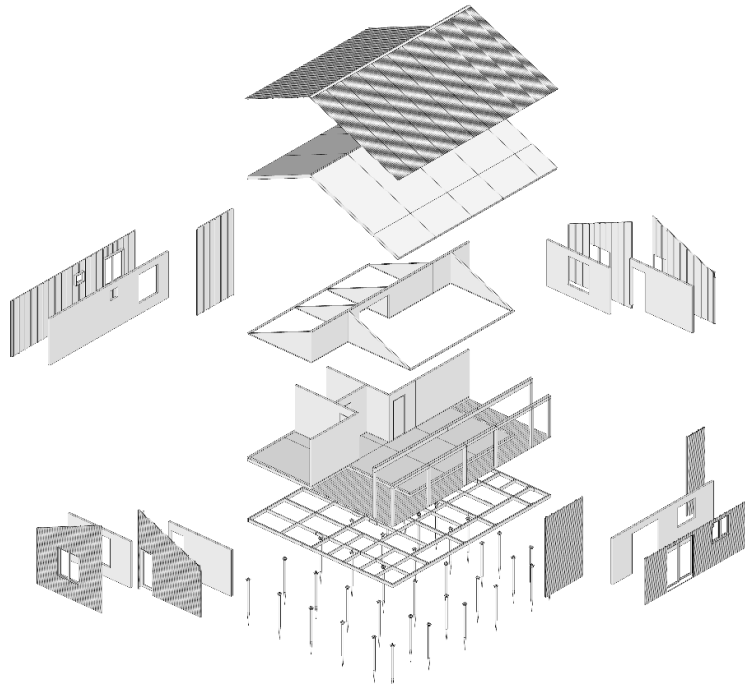


Figura 7: Esquema con elementos, componentes y materiales de “Caso de estudio”, niveles de análisis considerados en este estudio (Fuente: elaboración propia)

### **Norma ISO 20.887**

#### **Sostenibilidad en edificación y obras de ingeniería civil — Diseño para desmontaje y adaptabilidad — Principios, requisitos y orientación**

Esta norma, publicada el 2020 y actualizada en 2023, busca entregar un marco a los principios de Diseño para el Desmontaje y la Adaptabilidad (DfD/A por sus siglas en inglés) y los principales aspectos y estrategias para ser integrados y considerados por los actores involucrados en un proyecto. Sin embargo, al ser relativamente reciente, no existen muchos ejemplos de su aplicación en edificaciones en madera.

La norma ISO 20.887 define 7 principios de desmontabilidad (ver Anexo 2), y recomienda que cada uno de estos debe ser examinado a su vez para cada uno de los 5 *niveles de análisis*. Los 7 principios son:

- 1.- Facilidad de acceso a los componentes e instalaciones
- 2.- Independencia (conexiones reversibles)
- 3.- Prescindencia de terminaciones y tratamientos innecesarios
- 4.- Apoyo a modelos de negocios de reutilización (economía circular)
- 5.- Simplicidad (reduce el número de elementos, componentes o materiales)
- 6.- Estandarización
- 7.- Seguridad del desmontaje

Esta norma, también realiza recomendaciones generales para la deconstrucción, sobre la documentación e información y la implementación en el tiempo las que resultan importantes de considerar.

## C.2 Metodología

### C.2.1 Tipo de estudio

Se desarrolló un tipo de estudio exploratorio y descriptivo.

Se define como exploratorio debido a que es un tema específico poco explorado en nuestro país, y se presenta como un acercamiento a la estrategia de diseño para la desmontabilidad en Chile.

Además, se constituye como descriptivo ya que explica el marco del tema, identifica qué y cómo se usaron los principios DfD en el “Caso de estudio”, y sistematiza la información a través del diseño de matrices adaptadas al caso.

### C.2.2 Enfoque de investigación

Esta investigación posee un enfoque mixto, primero a través de un análisis documental que define y describe cualitativamente cuáles son los parámetros y principios del DfD que se utilizan en el diseño de matrices para aplicar al “Caso de estudio”. En segundo lugar, cuantitativo, ya que determina cuántos de estos principios y de qué forma están presentes en el “Caso de estudio”.

Este estudio incluye 3 etapas, asociadas a objetivos específicos.

### C.2.3 Objetivo específico 1 – Elaboración del instrumento

Tomando como marco la norma ISO 20.887:2023, se desarrolló un instrumento, con matrices de medición de cumplimiento de parámetros para cada uno de los 7 principios técnicos de DfD establecidos en la norma, mencionados anteriormente (Específicamente, a lo sugerido en Anexo C de ésta, referidas a la evaluación de consideración para el desmontaje o deconstrucción, no a las variables de adaptabilidad).

#### Enfoque de instrumento

El objetivo fue diseñar un instrumento que permita visualizar la información del proyecto y evaluar su desmontabilidad, aplicada principalmente a su estructura y envolvente.

Se tomó la decisión de dejar fuera de, este instrumento, el análisis de terminaciones y componentes no estructurales o no relevantes para la envolvente, ya que tienen un ciclo de vida más corto y generalmente son más fáciles de reparar/reemplazar (Pristerà et al., 2023).

La norma ISO 20.887 define 5 *niveles de análisis* (ISO 20.887, 2023), y de éstos, el presente estudio tomó solo 3: *Elementos, Componentes y Materiales*.

---

El criterio para la categorización en “Caso de estudio” obedece a la descripción presente en la norma, la que indica lo siguiente:

*Elemento:* el análisis en este nivel se centra en una parte estructural importante de una obra de construcción, por ejemplo, un techo, cimientos, sistemas de paredes o suelos elevados, vigas de puentes, así como diseños de elementos modulares y panelizados que se ajustan fácilmente a estándares dimensionales comunes.

*Componente:* en este nivel, el análisis se centra en combinaciones de varios subcomponentes que a menudo no son estructurales, por ejemplo, válvulas, paneles solares; “capas” o diferentes sistemas están diseñados para permitir la actualización, reparación y reemplazo. Los productos reemplazados pueden luego ingresar al circuito de reciclaje o usarse nuevamente en alguna forma.

*Material:* cuando un producto ha sido despojado de sus materiales más básicos, estos pueden reutilizarse o, en un mínimo, servir como materia prima en el proceso de reciclaje para producir otros materiales.

Por definición, la metodología utilizada para el diseño del instrumento correspondió a una *Matriz de Evaluación Multicriterio* (MCDA, por sus siglas en inglés) (Taherdoost et al., 2023), que es una técnica comúnmente utilizada para analizar y evaluar múltiples criterios en un proceso de toma de decisiones. Además, este tipo de metodología permite hacer una evaluación cuantitativa y cualitativa del desempeño de las estrategias de diseño, en este caso aplicadas a los principios de DfD, de manera sistemática y estructurada. En este caso, adaptado a la realidad técnica de proyectos de vivienda social, específicamente de “Caso de estudio”.

En este caso, se utilizó para evaluar los principios de DfD a través de matrices que consideran diversos elementos, componentes y materiales, asignando un puntaje según el desempeño en relación con cada principio de la Norma ISO.

La estructura de la matriz incluyó (ver Tabla 4):

1. **Unidades (Elementos, Componentes, Materiales):** Son los objetos o elementos que se están evaluando, asociados a un código predefinido.
2. **Niveles de desempeño:** Los diferentes niveles de desempeño o criterios que se aplican a cada unidad, 3 niveles para cada uno de los 7 principios de DfD.
3. **Puntaje:** Cada unidad recibe un puntaje que contribuye al puntaje total del "Caso de estudio".
4. **Puntaje total:** Un puntaje acumulado que refleja el desempeño global del "Caso de estudio" en relación con el principio DfD.

### **Criterio de medición de instrumento**

Los niveles de logro se definieron bajo el sistema de tabla diferencial semántica.

Se utilizó una escala de 3 puntos como sistema de calificación para cada principio DfD para simplificar el uso y la comprensión de resultados.

Esto es similar a una calificación de lista de verificación, donde SI es 1 y NO es 0, pero además permite evaluar un punto medio, lo que le da al usuario la opción de evitar extremos en las respuestas (Zabala, 2021).

### **Criterio de resultados de instrumento**

En base a los objetivos de este estudio, los resultados obtenidos del conjunto de 7 matrices de evaluación, una por principio DfD, tributan a una última tabla resumen (Tabla 3), en la que se observa:

- a.- Puntaje total, o sumatoria de puntaje por matriz, obtenido por cada unidad de Elemento, Componente y Material y su evaluación en relación con un puntaje máximo ideal, a través de un gráfico de barras. Es decir, evaluación de DfD de cada unidad del proyecto evaluado.
- b.- Puntaje total obtenido por el proyecto evaluado (elementos + componentes + materiales) para cada uno de los siete principios DfD, y su evaluación con respecto al puntaje máximo ideal de cada principio, a través de un gráfico de barras.

c.- Calificación del resultado final, puntaje total obtenido por el proyecto evaluado, con respecto al puntaje máximo ideal alcanzable, calificando su aptitud de desmontabilidad. El indicador se basa en la escala que utiliza la Herramienta RE10 (Instituto Valenciano de la Edificación, 2023). Considerando el porcentaje de criterios cumplidos en relación con el puntaje ideal, identifica en qué intervalo se encuentra el proyecto, dentro de una escala de rendimiento donde:

- 90% - 100% = excelente
- 60% - 89% = muy bueno
- 30% - 59% = bueno
- 0% - 29% = falta puntuación

Como referencias se realizó un análisis de distintas herramientas o sistemas de evaluación de DfD disponibles, tales como: *Indicator System based on ISO 20887:2020*, autor Andrés Zabala-Mejía, (2021); *RE10-Herramienta de análisis del desmontaje y la adaptabilidad en proyectos de edificación*, autor Instituto Valenciano de la Edificación (2024); *Análisis de Guías de Diseño y propuesta de una sistematización de las preguntas para evaluar la viabilidad de la deconstrucción*, autores Carvalho et al., (2018). Además, lo que plantean Grüter et al. (2023) sobre indicadores y desarrollo de un sistema basado en puntuación, para cuatro indicadores distintos: reutilización, conexiones estructurales, daños durante el desarme y accesibilidad/independencia.

### **C.2.4 Objetivo específico 2 – Aplicación**

En segunda instancia se aplicó el instrumento anterior al proyecto prototipo construido “Caso de estudio”.

La información del proyecto fue provista por Polomadera, organización a cargo del desarrollo y ejecución de éste

### **C.2.5 Objetivo específico 3 – Analizar el principio de Conexiones Reversibles, diseñando una matriz de evaluación exclusiva e independiente para este tema.**

## Criterios del instrumento

Los niveles de desempeño, al igual que en las otras matrices, van del 0 a los 2 puntos. La matriz pide especificar el tipo de unión o conexión para el respectivo encuentro, y puntuar según una o más de las siguientes alternativas:

- 0 puntos: Conector no reversible
- 1 punto: Conector reversible
- 1 punto: Conector fácilmente reemplazable (acceso y estándar)

## 3. RESULTADOS

**3.1 Objetivo específico 1:** Diseñar un instrumento de evaluación con parámetros específicos de Diseño para el Desmontaje establecidos en la norma ISO 20.887, con el fin de aplicarlo a un caso de estudio.

El instrumento de evaluación diseñado utiliza una matriz para cada principio DfD a considerar, por lo tanto, se utilizaron 7 matrices principales (ver Anexo 4). Se presenta una matriz base explicativa de cómo se organizan los datos (Tabla 4).

Tabla 4. Matriz base de instrumento de evaluación.

Número matriz	Título del principio DfD según norma ISO 20.887	0	1	2	Niveles de logro	
	Descripción del principio	Descripción nivel inexistente o bajo	Descripción nivel medio	Descripción nivel alto o completo	Puntaje máx. _ptos	Explicación
	Detalle de la unidad a evaluar. Separados según <i>niveles de análisis</i> , descritos en norma ISO 20.887. Asociados a fichas con información técnica.	Columna nivel 0	Columna nivel 1	Columna nivel 2		Observaciones aclaratorias (si es necesario)
	1 Elementos					
	2 Componentes					
	3 Materiales					
Título del principio DfD según norma ISO 20.887:					PUNTAJE TOTAL	0

Se adaptó la matriz base a cada uno de los 7 principios de DfD de la norma ISO 20.887, generando así una matriz por principio.

Se analizó el proyecto "Caso de estudio" y se definió que unidades se incorporarían en las matrices, como una constante (primera columna) a utilizar en todas las matrices. Para la evaluación se definieron 20 unidades, considerando elementos, componentes y materiales. Recordar que estos se definieron bajo el criterio de unidades estructurales y de envolvente.

Tal como se muestra en la matriz base el nivel de logro máximo es de 2 puntos, por lo que el puntaje máximo a obtener por unidad (elemento, componente o material) con respecto a los 7 principios DfD es de 14 puntos.

Por otro lado, el puntaje máximo a obtener, de la sumatoria de unidades evaluadas, en cada matriz es de 40 puntos.

Cada unidad y cada matriz tienen la misma ponderación con respecto al total.

Las matrices consideran un espacio para observaciones, que permiten que el evaluador aclare o explique algunos puntos con respecto a lo considerado para su puntuación.

Utilizando los resultados de cada matriz se pueden visualizar y analizar múltiples datos para obtener conclusiones que permitan tomar decisiones de diseño en una siguiente oportunidad, o modificaciones al proyecto, si es que este lo permite.

En este caso, se decidió visualizar a través de tablas resumen y gráficos una primera Variable a: desempeño por unidad de proyecto evaluado (elemento, componente y material) con respecto a cada parámetro y matriz DfD.; una segunda Variable b: desempeño del proyecto por principio DfD evaluado; y por último la Variable c: desempeño final concluyente del proyecto evaluado, el porcentaje cumplido con respecto al puntaje ideal esperado.

En el Anexo 4 se presentan las matrices diseñadas, una para cada principio, numeradas del 1 al 7.

- 1.- Facilidad de acceso a los componentes e instalaciones
- 2.- Independencia (conexiones reversibles)
- 3.- Prescindencia de terminaciones y tratamientos innecesarios
- 4.- Apoyo a modelos de negocios de reutilización (economía circular)
- 5.- Simplicidad (reduce el número de elementos, componentes o materiales)
- 6.- Estandarización
- 7.- Seguridad del desmontaje

**3.2 Objetivo específico 2:** Evaluar el grado de desmontaje del proyecto “Caso de estudio” mediante el instrumento diseñado.

Se presentan láminas de resultados, con los criterios explicados anteriormente. En estas láminas se pueden visualizar las tablas con el resumen de los puntajes y los gráficos de barras correspondientes, a través de los cuales se puede comprender fácilmente el desempeño de cada ítem evaluado (Anexo 4).

A continuación, se presentan las tablas de resumen y gráficos de resultados de las variables consideradas para la herramienta diseñada.

### **Resultados Variable a.**

Variable a: desempeño por unidad de proyecto evaluado (elemento, componente y material) con respecto a cada parámetro y matriz DfD (Tabla 5 y Figura 8).

Tabla 5. Resumen resultados “Variable a”: Desempeño por unidad de proyecto evaluada, aplicado al “Caso de estudio”.

RESULTADO VARIABLE A: Desempeño de cada unidad de proyecto evaluada, puntajes totales		7 principios DfD de un máximo de 14 ptos.
<b>1 Elementos</b>		
1.1	PM-Paneles estructurales de muros perimetrales	11,45
1.2	PM-Paneles estructurales de muros interiores	11,45
1.3	PT-Paneles estructurales de techo	11,95
1.4	PTC-Paneles estructurales de techo corredor	11,48
1.5	PP-Paneles estructurales de piso	11,95
<b>2 Componentes</b>		
2.1	Panel revestimiento exterior fachada ventilada en madera	13,1
2.2	Ventanas y puertas de PVC	11,3
2.3	Puertas interiores	13,6
<b>3 Materiales</b>		
3.1	Placa de madera, revestimiento cielo y muros interior	13,6
3.2	Piezas de listoneado de madera por cara exterior paneles de techo PT, PTC para instalación placas metálicas	10,6
3.3	Piezas de madera para parrilla de vigas estructurales sobre pilotes de fundaciones	9,6
3.4	Vigas perimetrales a PP	9,6
3.5	Soleras base de PM, de amarre superior PM y superior de cumbrera PT	9,6
3.6	Piezas de madera estructura corredor exterior	10,6
3.7	Piezas de madera entablado corredor exterior	13,6
3.8	Piezas de madera revestimiento cielo corredor	13,6
3.9	Pilares de madera, estructura exterior para techo de corredor PTC	12,6
3.10	Viga de madera sobre pilares corredor exterior, eje A	12,6
3.11	Ecopilote acero galvanizado (fundación)	10,1
3.12	Plancha de cubierta acero zinc electropintada	12,6

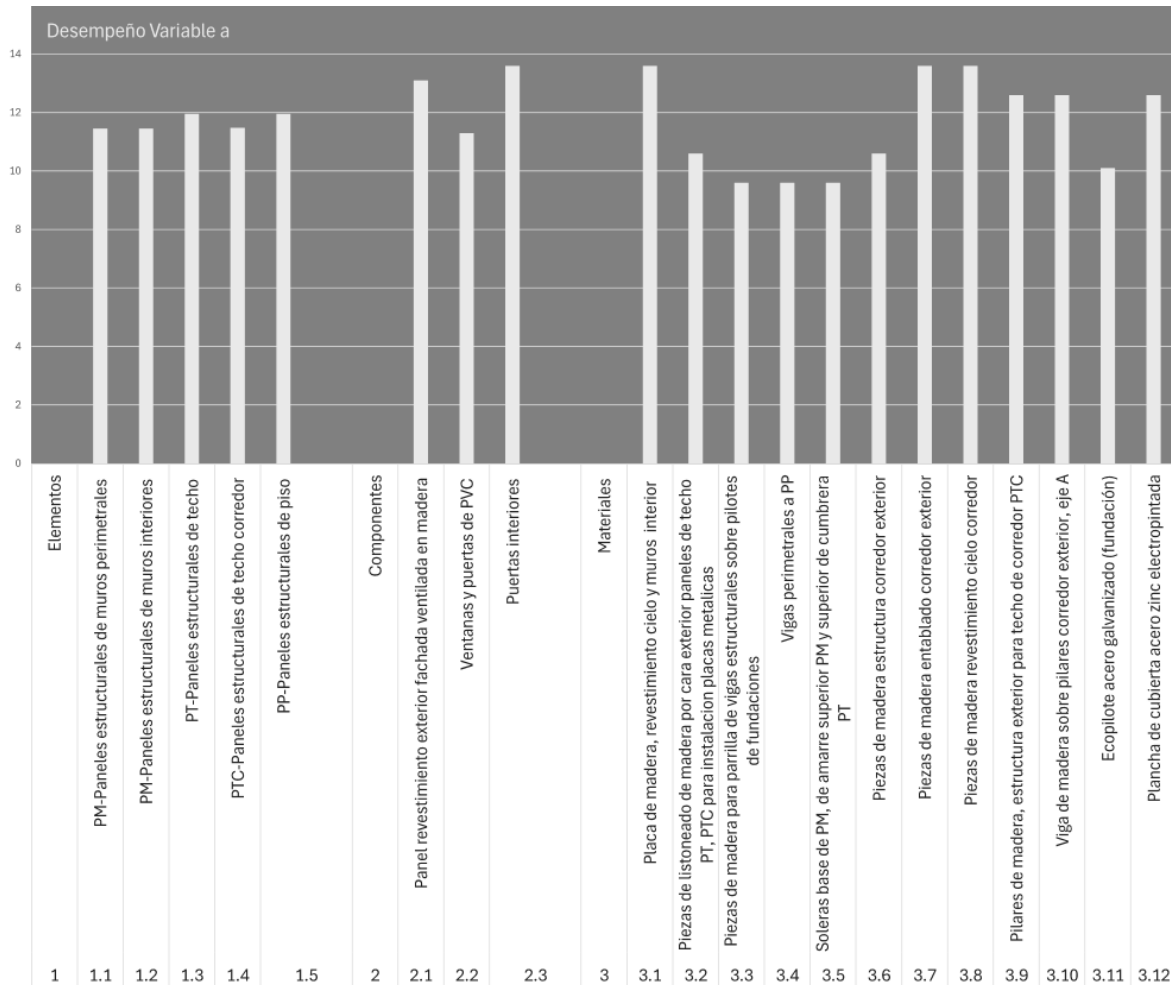


Figura 8: Representación gráfica de los resultados correspondientes a la “Variable a”: Desempeño por unidad de proyecto evaluada, aplicado al “Caso de estudio”.

El desempeño de las distintas unidades evaluadas fue sobre el 68% del puntaje ideal. Por otro lado, las unidades más débiles en su evaluación fueron tres, con un puntaje de 9,6 de un máximo de 14:

- Parrilla de piezas de vigas de madera ipv sobre pilotes de fundación,
- Vigas perimetrales de madera ipv al borde de paneles de piso y
- Piezas de madera ipv con función de soleras base y amarre de paneles de muro y paneles de sobretabiques.

Por otro lado, las unidades con mejores resultados con respecto a su DfD fueron cuatro, con un puntaje de 13,6 de un máximo de 14:

- Componentes: las puertas interiores

- Materiales: las placas de madera fingerjoint moduladas y atornilladas de revestimiento interior de muros y cielos;  
Piezas de madera termotratada moduladas como revestimiento de piso;  
Cielo corredor exterior de vivienda, en madera termotratada

### Resultados Variable b.

Variable b: desempeño del proyecto por principio DfD evaluado (Tabla 6 y Figura 9).

Tabla 6. Resumen resultados “Variable b”: Desempeño de proyecto con respecto a cada principio, aplicado a “Caso de estudio”.

RESULTADO VARIABLE B: Desempeño del proyecto evaluado con respecto a cada principio, puntajes totales		Sumatoria para cada principio DfD de un máximo de 40 pts. por principio
1	Facilidad de acceso a componentes y servicios e instalaciones	35
2	Independencia / Autonomía	34
3	Prescindencia de terminaciones y tratamientos innecesarios	34
4	Apoyo al mercado de negocios de economía circular	26
5	Simplicidad	40
6	Estandarización	38
7	Seguridad de desmontaje	27
Puntaje total proyecto evaluado (puntaje máximo 280 puntos)		233,7

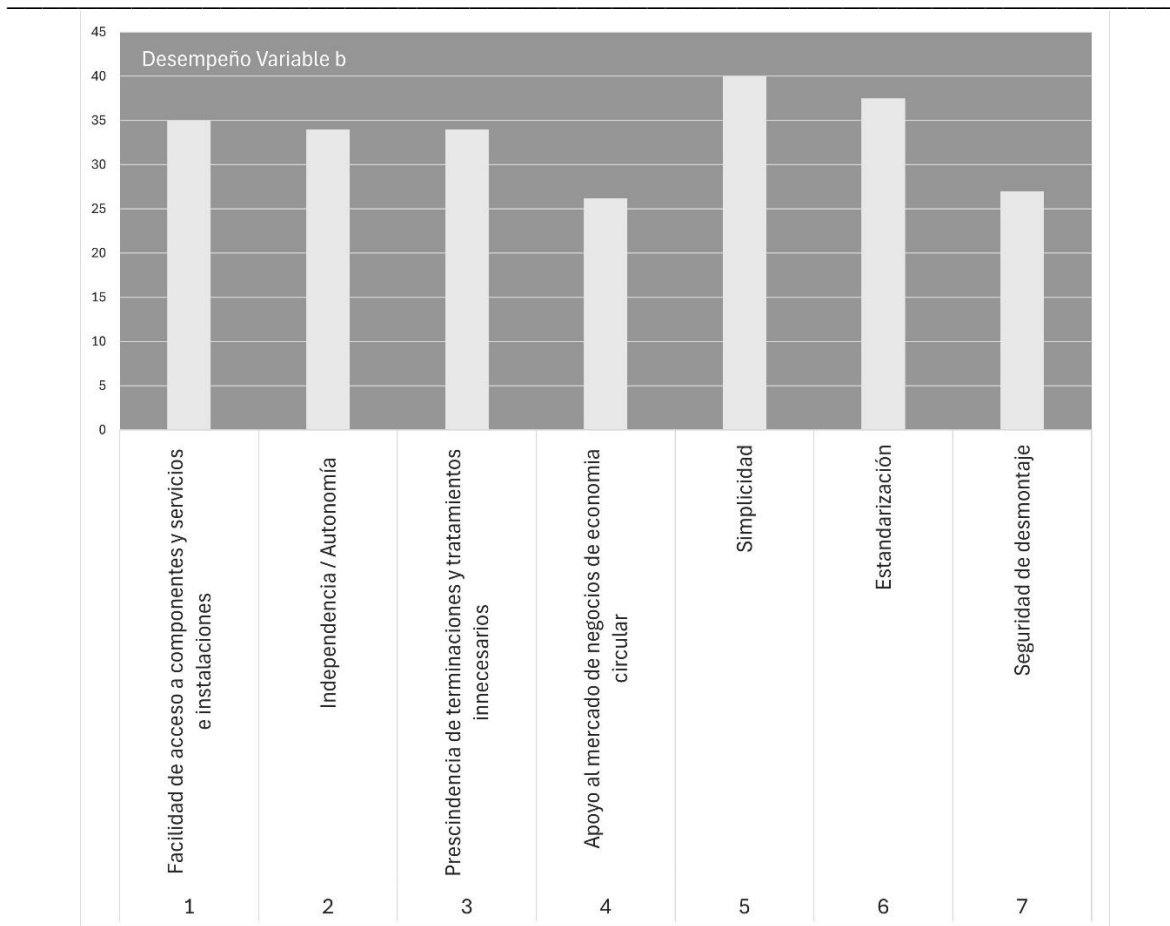


Figura 9: Representación gráfica de los resultados correspondientes a la “Variable b”: Desempeño de proyecto con respecto a cada principio, aplicado a “Caso de estudio”.

Con respecto al desempeño del proyecto en relación con cada principio, los resultados muestran que el proyecto está sobre el 50% del desempeño ideal en todos los principios DfD evaluados, lo que se considera un resultado muy bueno. El principio que podemos observar más descendido es el 4, correspondiente a “Apoyo al mercado de negocios de economía circular”.

Por otro lado, el proyecto obtuvo el puntaje máximo, de 40 puntos, en relación con el concepto o principio de “simplicidad”. Este principio permite ser incorporado desde el Diseño y entregar buenos resultados al momento de requerir el desmontaje de partes o de la totalidad de la edificación.

Un concepto similar es el de “estandarización”, correspondiente al número 6. El “Caso de estudio” obtuvo muy buena evaluación, 38 puntos de un máximo de 40, en relación con este principio.

### Resultados Variable c.

Variable c: desempeño final concluyente del proyecto evaluado, el porcentaje cumplido con respecto al puntaje ideal esperado (Tabla 7).

Tabla 7. Resumen resultados “Variable c”: Calificación del proyecto evaluado, según indicador de aptitud de desmontabilidad, aplicado a “Caso de estudio”.

RESULTADO VARIABLE C: Indicador intervalos de evaluación. Criterios cumplidos por proyecto evaluado.	Puntajes	Porcentaje
Puntaje máximo ideal (sumatoria puntajes máximos de los 7 principios DfD)	280,0	100%
Puntaje total obtenido por proyecto evaluado	233,7	83,46%
<b>Resultados según indicador de intervalos- aptitud de desmontabilidad:</b>		
90% - 100% = excelente		
60% - 89% = muy bueno		83,46%
30% - 59% = bueno		
0% - 29% = falta puntuación		

Finalmente, la evaluación busca obtener como resultado un concepto indicador de cumplimiento de los criterios, transformando el puntaje total obtenido en porcentaje. Para el “Caso de estudio”, el porcentaje obtenido fue de 83,46% del puntaje total, lo que al indicador de resultado “Muy bueno”.

**3.3 Objetivo específico 3:** Analizar el principio de Conexiones Reversibles, diseñando una matriz de evaluación exclusiva e independiente para este tema.

En el caso de la norma ISO el concepto de conexiones reversibles se encuentra contenido dentro del principio 2 “Independencia / Autonomía”.

Con la convicción de la importancia de analizar las conexiones en un proyecto para evaluar su desempeño de desmontabilidad, se diseñó una octava matriz llamada “Conexiones reversibles” (Anexo 4) y se incorporaron a esta los datos del proyecto “Caso de estudio” (Tabla 8).



El análisis del proyecto permitió individualizar uniones o conexiones representativas entre elementos, componentes y materiales. Se individualizó en la primera columna cada unión dentro de cada una de las 20 unidades del proyecto definidas para evaluar.

El proyecto “Caso de estudio” evaluado arrojó buenos resultados en relación con sus conexiones, obteniendo 72 puntos de un total de 82.  
Las conexiones son, en su mayoría, reversibles del tipo tornillos aislados, placas metálicas con tornillos y placas de acero con pernos.

En las Fichas 1.1.2 a la 1.5.3 y de la 3.3.1 a la 3.5.1, contenidas en el Anexo 3 se presentan gráficamente la mayoría de las uniones incorporadas dentro de la Matriz 2a.

#### 4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Pregunta de investigación ¿Cómo evaluar un proyecto panelizado de entramado liviano en madera, según principios de DfD como estrategia para avanzar hacia una construcción circular?

La propuesta para responder a la pregunta del problema fue diseñar una herramienta de evaluación simple, que pueda servir como referencia para utilizarse en otros proyectos.

Una herramienta que permita visualizar claramente el desempeño de un proyecto en este aspecto permite entender de mejor forma las variables a considerar para avanzar a través de esta estrategia hacia una construcción más circular, disminuyendo residuos de gran impacto medioambiental.

Para determinar que factores a considerar para evaluar se decide tomar como base lo planteado en la norma ISO 20.887, norma internacional y reconocida que entrega, hasta el momento al menos, un marco teórico del DfD validado internacionalmente.

Cabe mencionar, que en el proceso surgieron dificultades en algunos casos para aplicar los principios de la norma, ISO 20.887, coincidiendo con lo expuesto por Sandin et al. (2023), quienes afirman que: por un lado, se puede decir que la norma cubre los aspectos importantes identificados en los estudios de caso, pero por otro lado, aspectos importantes no están explícitamente tratados. La norma es genérica e independiente del material estructural. Los aspectos específicos y tangibles del DfD/A que surgen de los estudios de caso no se encontrarán en la norma. La norma es abstracta y necesita ser interpretada (Sandin et al., 2023).

La información entregada por la norma es de suma relevancia como base para el diseño de instrumentos de evaluación sobre este tema. No obstante, se hace evidente que para incorporarla los instrumentos de evaluación deben ser diseñados para el tipo de proyecto y sus características específicas, para obtener resultados consistentes, que permitan tomar decisiones de diseño y mejorar estrategias.

Por otro lado, existen algunas ventajas/desventajas del DfD/A que se mencionan en la norma ISO 20.887, pero no están explícitamente planteadas como principios y son, la transportabilidad y conexiones reversibles (Sandin et al. 2023).

Estos factores se consideran de gran relevancia al momento de evaluar las condiciones de un proyecto, específicamente las conexiones reversibles, por lo que se revisaron e incorporaron en forma adicional en este estudio, diseñando una matriz independiente, arrojando resultados complementarios.

En relación con la variable de transportabilidad se constata que esta fue considerada al momento de diseñar el “Caso de estudio”, limitando y regulando dimensiones de paneles y eficiencia para el transporte (Anexo 3 – “Transportabilidad”).

Durante el desarrollo de este estudio y el análisis del “Caso de estudio” se identificaron una serie de brechas a las que se enfrentara el proyecto al optar por la desmontabilidad o deconstrucción, para avanzar hacia una circularidad en la construcción. En este sentido, Pittri et al. (2024) plantean en su investigación, 10 principales barreras para implementar el DfD en la industria de la construcción en países en vías de desarrollo. Estas son: ausencia de regulaciones estrictas en cuanto al diseño de deconstrucción, información inadecuada disponible en la etapa de diseño de la estructura, falta de un mercado lo suficientemente grande para los componentes que han sido recuperados, dificultad de crear un mercado de negocio para DfD, falta de diseño efectivo de herramientas de deconstrucción, dependencia de conexiones irreversibles o sistemas compuestos que requieren de una demolición destructiva, consideración del almacenamiento de materiales recuperados, bajo costo de eliminación de residuos de demolición, ausencia de códigos de construcción que aborden cómo diseñar con materiales reutilizados, insuficiencia en la determinación de los impactos ambientales y beneficios económicos, las herramientas DfD existentes no se adhieren a los estándares BIM y para los materiales recuperados hay pocas garantías de rendimiento. Lo encontrado por estos autores es pertinente también para la realidad país y deberían considerarse como objetivos a abordar en un futuro.

La aplicación de las matrices de la herramienta diseñada al “Caso de estudio” resulto un proceso claro y simple.

Los resultados muestran en general un buen desempeño de las distintas unidades individuales del proyecto evaluadas. A pesar de las diferencias de puntaje, todas las unidades estuvieron por sobre el 68% del puntaje ideal.

Las unidades más débiles fueron, la parrilla de piezas de vigas de madera ipv sobre pilotes de fundación, las vigas perimetrales de madera ipv al borde de paneles de piso y las piezas de madera ipv con función de soleras base y amarre de paneles de muro y paneles de sobretabiques. Se concluye que las variables más incidentes que determinan su bajo puntaje son: el ser madera impregnada CCA, no considerar largos estandarizados y presentar un difícil acceso a estas, debiendo intervenir elementos y materiales contiguos para modificarlas o reemplazarlas si es necesario. Estos factores eran esperables, ya que aun en nuestro país la madera impregnada con CCA es la más común y fácil de obtener y en el caso de las parrillas de base su función específicamente las hace ser menos accesibles.

La visualización de los resultados en un proyecto real es muy importante para tomar nuevas decisiones de diseño y avanzar hacia soluciones con mejor desempeño.

Por otro lado, las unidades con mejores resultados fueron, las puertas interiores, las placas de madera fingerjoint moduladas y atornilladas de revestimiento interior de muros y cielos y las piezas de madera termotratada moduladas como revestimiento de piso y cielo del corredor exterior de vivienda, en madera termotratada también.

Las variables más incidentes que determinan su alto puntaje son: considerar el diseño con dimensiones estandarizadas, no requerir terminaciones superficiales, utilizar fijaciones atornilladas, presentar un fácil acceso a éstas en caso de requerirse y todas ser de materiales renovables y reciclables. Esto refleja que, durante el diseño del proyecto, se consideraron factores asociados a la desmontabilidad, y fueron viables de implementar, pudiendo ser replicables.

También se debe destacar que todos los paneles prefabricados utilizados en el proyecto (PM, PT, PTC, PP) obtuvieron una similar y muy buena evaluación. Es un resultado de gran importancia al ser una solución industrializada de paneles estructurales, que posibilita tomarla como referente y, utilizando los resultados específicos, mejorar las decisiones de diseño para futuros proyectos desmontables o deconstruibles.

Con respecto al desempeño del proyecto total en relación con cada principio, los resultados muestran que el proyecto está sobre el 50% del desempeño ideal en todos los principios DfD evaluados, lo que se considera un resultado muy bueno. El principio que podemos observar más débil es el 4, correspondiente a “Apoyo al mercado de negocios de economía circular”. Este resultado, tal como menciona Pittri et al., (2024), obedece en gran medida a un contexto país, ya que aún no existe un mercado maduro de materiales de construcción reciclados, tal como productores que se hagan cargo de sus materiales al término de su ciclo de vida. Un concepto similar es el de “estandarización”, correspondiente al número 6, también muy dependiente de la etapa de diseño de un proyecto. El “Caso de estudio” obtuvo muy buena evaluación, 38 puntos de un máximo de 40, en relación con este principio. Esto, ya que el proyecto se diseñó considerando en gran medida los cuatro factores de evaluación para este principio: dimensiones estandarizadas de las unidades, conexiones que permiten ser desmontadas, uniones y conexiones disponibles fácilmente en el mercado, materiales que facilitan su separación y reciclaje al final de su vida útil.

Otro concepto muy asociado al éxito en la desmontabilidad o deconstrucción de edificaciones son las conexiones reversibles.

La capacidad de desmontarse eficiente y rápidamente en una edificación en madera se relaciona directamente con su prefabricación, diseño de elementos y componentes estandarizados y por sobre todo por sus uniones y conexiones. Estas deben permitir desensamblar las partes sin dañar los materiales que se conectan o las áreas circundantes producir daño a los elementos contiguos, tal como permitir su reutilización.

Este concepto, de uniones reversibles, esta presente en la norma ISO 20.887, y algunas de las principales ideas que plantea, son:

- El uso de conexiones reversibles en lugar de uniones fijas para conectar productos o componentes permite un desmontaje más fácil. Los materiales también pueden ser fácilmente separados por tipo de material y luego pueden servir como insumos para otros productos a través de procesos de reciclaje.

- 
- No sólo se puede volver a utilizar el material, sino también los conectores (por ejemplo, tornillos, pernos) también se pueden reutilizar.
  - Las conexiones deben dejar el espacio necesario en todos los lados para dar cabida a las opciones de desmontaje.
  - Idealmente requerir las mismas herramientas estándar para el montaje y el desmontaje. Menos conectores y la consolidación de los tipos y tamaños de estos reduce la necesidad de múltiples herramientas.
  - Facilitar la independencia de los diferentes materiales, productos, componentes o sistemas.

Todas estas recomendaciones abren posibilidades de mejora en el área del diseño y construcción.

Con respecto a la herramienta diseñada en este estudio para evaluar el "Caso de estudio" en relación con sus conexiones (matriz anexa M2a), los resultados en general se consideran muy positivos, al obtener 72 puntos de un total de 82. Siendo la conexión entre materiales que componen los paneles prefabricados, en este caso clavos, el factor de disminución del puntaje, ya que se considera una unión irreversible.

Esto resultados nos hacen pensar que, con las condiciones de planificación adecuadas, es viable su desmontabilidad.

Además, los resultados obtenidos corroboran lo planteado en la literatura sobre el tema, el atornillado es un proceso sostenible, ya que la conexión es seca y el uso de pernos que se pueden desmontar fácilmente para la recuperación y reutilización de las varillas rígidas, lo que permite un buen grado de deconstrucción de la estructura (Bertino et al., 2021). Sin embargo, los sujetadores típicos, como clavos, clavijas, muestran solo un potencial limitado para DfD, mientras que los soportes patentados pueden lograr potencialmente la reversibilidad para su aplicación prevista (Ottenhaus et al., 2023).

El tercer resultado que ofrece la herramienta (Variable c), define un concepto indicador del resultado. Para el "Caso de estudio" fue de "Muy bueno", con un porcentaje obtenido de 83,46% del puntaje total (280 puntos máximo). Este resultado final y en general los resultados específicos para cada variable, se consideran un resultado muy alentador, contemplando que es un tema relativamente nuevo para la industria nacional y que a su vez podría tener un gran impacto sustentable en esta.

Los resultados del instrumento aplicado avalan una posibilidad concreta para crecer como país hacia una construcción circular y disminuir los RCD. Si consideramos que, según el Censo del 2017, en Chile el número de viviendas era de 6.499.355, las casas y otros tipos de edificios que se diseñan y construyen llegarán en algún momento al final de su vida útil, cuando serán demolidas o modificadas significativamente (Vida útil en promedio en Chile para viviendas en madera es de 30 años (SUSESO,2024)), Por lo tanto, es importante considerar cómo se pueden reutilizar y/o reciclar los componentes de cada edificación.

Por último, no se debe perder de vista un tema que no se tocó en este estudio, que es la base para el desmantelamiento o deconstrucción de edificios: entrega de una

---

documentación completa, la que debe incluir, entre otra información, los materiales utilizados e información específica sobre conexiones, uniones y cómo encontrarlas.

## 5. CONCLUSIONES

Los resultados expuestos en este estudio nos hacen concluir que es posible incorporar principios de DfD en el diseño de nuevas edificaciones y a su vez evaluar su consideración y eficacia en cada proyecto. Las decisiones de diseño son viables de considerar y ejecutar en nuestro país, aun con la tecnología y recursos que poseemos hoy en día.

El avanzar en herramientas o instrumentos de evaluación y guía para el DfD es un camino que debe recorrerse lo antes posible. La visualización de resultados ayuda mucho a su comprensión, en cómo aplicar ciertas estrategias en cada proyecto y el impacto que éstas tendrán en el tiempo.

Para garantizar su eficacia, no se debe perder de vista que la consideración del DfD debe integrarse en las etapas tempranas del proceso de diseño. A pesar de que la norma ISO 20.887 presenta siete principios para el DfD, podemos simplificarlos en dos consideraciones principales y determinantes: los tipos de materiales y componentes utilizados, y la forma en que los materiales y componentes se ensamblan (y por lo tanto se pueden desmontar) y deconstruir. Lo cual determinó los resultados obtenidos por ej. por el “Caso de estudio” evaluado en este trabajo.

La participación temprana de especialistas en deconstrucción, para garantizar que se adopten alternativas adecuadas de fin de vida y que se especifiquen materiales de alto rendimiento, en cuanto a ciclo de vida es fundamental.

Además, sería necesario fomentar el mercado para productos recuperados, pudiendo desarrollar un sistema de clasificación nacional y estableciendo una plataforma de intercambio de información para productos recuperados, con el fin de facilitar la difusión y utilización de prácticas de diseño de deconstrucción y fin de vida.

La necesidad de ampliar el conocimiento y la capacitación del equipo de diseño, establecer políticas públicas e incentivos fiscales y desarrollar herramientas, métodos e indicadores circulares que permitan la implementación de estrategias de deconstrucción de edificaciones.

Es importante empezar a implementar el uso de estos instrumentos, para comprender holísticamente el tema. Como menciona Zabala (2021) la falta de conocimiento y evidencia de los beneficios de su aplicación es un aspecto que dificulta la implementación de las herramientas sostenibles, hay una brecha entre la necesidad sostenible y como alcanzarla (Zabala, 2021).

Sin embargo, no existe una metodología, estándar o prueba definida en Chile que los diseñadores puedan utilizar para evaluar la facilidad de deconstrucción de un edificio y el potencial de reutilización y reciclaje posterior de los componentes del edificio.

---

Este estudio busca avanzar en esta línea y exponer a partir de los resultados obtenidos que, a pesar de las barreras aún pendientes, podemos considerar la estrategia de DfD, como una opción concreta para implementar hoy en proyectos de vivienda social y otros de pequeña escala, en madera y contribuir así con los objetivos país de carbono neutralidad.

En resumen, el estudio demuestra que existen tremendas oportunidades, tal como desafíos significativos para la implementación de la deconstrucción y el diseño para la circularidad en la construcción, las herramientas diseñadas, como la evaluación del desempeño, proporcionan una base sólida para mejorar y avanzar hacia soluciones más sostenibles en la industria de la construcción.

---

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bertino, G., Kisser, J., Zeilinger, J., Langergraber, G., Fischer, T., & Österreicher, D. (2021). *Fundamentals of Building Deconstruction as a Circular Economy Strategy for the Reuse of Construction Materials*  
<https://doi.org/10.3390/app11030939>
- Cámara Chilena de la Construcción (2019). *El Sector de la Construcción ante el Desafío Climático Global*. <http://surl.li/jmpmmp>
- Carvalho Machado, R., Artur de Souza, H., & De Souza Veríssimo, G. (2018). *Analysis of Guidelines and Identification of Characteristics Influencing the Deconstruction Potential of Buildings*. <https://doi.org/10.3390/su10082604>
- Construye 2025, Gobierno de Chile (2020). *Hoja de ruta RCD economía circular en construcción 2035*.  
<https://construye2025.cl/wp-content/uploads/2022/07/Hoja-de-Ruta-RCD-Economia-Circular-en-Construccion.pdf>
- Cristescu, C., Honfi, D., Sandber, K., Sandin, Y., Shotton, E., Walsh, S., Cramer, M., Ridley-ellis, D., Risse, M., Ivanica, R., Uí chúláin, C., Harte, A., De Arana-Fernández, M., Llana D.F., Iñiguez-González, G., García Barbero, M., Nasiri, B., Hughes, M., Krofl, Z. (2021) *Design for deconstruction and reuse of timber structures – state of the art review*.  
DOI: 10.23699/bh1w-zn97
- Del Congreso Nacional, B. (s. f.). *Biblioteca del Congreso Nacional. Ley Marco de cambio climático. Ley 21.455*.  
[www.bcn.cl/leychile](http://www.bcn.cl/leychile). <https://bcn.cl/3211s>
- European Commission (2020), *Circular Economy - Principles for Building Design*.  
<https://ec.europa.eu/docsroom/documents/39984>
- Fofou, RF, Jiang, Z. y Wang, Y. (2021). *Una revisión de las estrategias del ciclo de vida que mejoran la remanufactura*. <https://doi.org/10.3390/app11135937>
- Fundación Ellen MacArthur (2021). *Glosario de economía circular*.  
<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/es/temas/presentacion-economia-circular/glosario>
- Grüter C., Gordon M., Muster M., Kastner F., Grönquist P., Frangi A., Langenberg S. and De Wolf, C. (2023), *Design for and from disassembly with timber elements: strategies based on two case studies from Switzerland*.  
Front. Built Environ. 9:1307632. doi: 10.3389/fbuil.2023.1307632

- 
- INN Chile (2019). NCh 3562. *Norma chilena de Gestión de residuos. Residuos de construcción y demolición (RCD). Clasificación y directrices para el plan de gestión.*
- Instituto Valenciano de la Edificación (2023), *RE10:Circularidad. Herramienta de análisis del desmontaje y adaptabilidad en proyectos de edificación.*  
<https://11nq.com/rVleT>
- Ipsen, K. L., Pizzol, M., Birkved, M., & Amor, B. (2021). *How Lack of Knowledge and Tools Hinders the Eco-Design of Buildings—A Systematic Review.*  
<https://doi.org/10.3390/urbansci5010020>
- ISO 20.887 (2023). *Sostenibilidad en edificios y obras de ingeniería civil. Diseño para el desmontaje y la adaptabilidad. Principios, requisitos y directrices.* ICS:91.040.01/Edificación en general.
- MMA Chile (2020). *Informe del Estado del Medio Ambiente.*  
[https:// sinia.mma.gob.cl/iema-2020/](https://sinia.mma.gob.cl/iema-2020/)
- MMA Chile (2022). *Fortalecimiento de la Contribución determinada a nivel nacional (NDC) de Chile.*  
<https://cambioclimatico.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2023/01/Chile-Fortalecimiento-NDC-nov22.pdf>
- MMA Chile (2021). *Hoja de ruta para un chile circular al 2040.*  
<https://economiacircular.mma.gob.cl/hoja-de-ruta/>
- MMA Chile (2021). Ley 21.305. Ley de eficiencia energética. <https://bcn.cl/2nn0z>
- MMA Chile (2021). *Estrategia Climática de Largo Plazo de Chile.*  
<https://cambioclimatico.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/11/ECLP-LIVIANO.pdf>
- Muñoz, J. C., J. Barton, D. Frías, A. Godoy, W. Bustamante, S. Cortés, M. Munizaga, C. Rojas y E. Wagemann (2019) *Ciudades y cambio climático en Chile: Recomendaciones desde la evidencia científica.* Santiago: Comité Científico COP25; Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. <http://surl.li/ntenrj>
- Munaro, M.R. and Tavares, S.F. (2023), "Design for adaptability and disassembly: guidelines for building deconstruction", *Construction Innovation*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi.org/10.1108/CI-10-2022-0266>
- Ossio, F.y Faundez, J. (2021). *Diagnóstico Nacional de Sitios de Disposición Ilegal de Residuos.* Santiago, Chile, 10.1787/b6bccb81-en

- Ostapska, K., Rüther, P., Loli, A., Klodian G., (2024) *Design for Disassembly: A systematic scoping review and analysis of built structures Designed for Disassembly*. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2024.05.01>
- Ottenhaus, L-M., Yan, Z., Brandner, R., Leardini, P., Fink, G., Jockwer, R. (2023). *Design for adaptability, disassembly and reuse – A review of reversible timber connection systems*. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.132823>
- Pittri, H., Godawatte, G.A.G.R., Agyekum, K., Botchway, E.A., Dompey, A.M.A., Oduro, S. and Asamoah, E. (2024), *Examining the barriers to implementing design for deconstruction in the construction industry of a developing country, Construction Innovation*. <https://doi.org/10.1108/CI-09-2023-0239>
- Pristerà, G., Tonini, D., Lamperti Tornaghi, M., Caro, D., Sala, S. (2023). *Taxonomy of design for deconstruction options to enable circular economy in buildings*. <https://doi.org/10.1016/j.resenv.2024.100153>
- Roxas, CLC, Bautista, CR, Dela Cruz, OG, Dela Cruz, RLC, De Pedro, JPQ, Dungca, JR, Lejano, BA, & Ongpeng, JMC (2023). *Diseño para fabricación y ensamblaje (DfMA) y diseño para deconstrucción (DfD) en la industria de la construcción: desafíos, tendencias y desarrollos*. *Buildings*, 13 (5), 1164. <https://doi.org/10.3390/buildings13051164>
- Sandin, Y., Cramer, M., Sandberg, K. (2023), *How timber buildings can be designed for deconstruction and reuse in accordance with iso 20887*. <https://doi.org/10.52202/069179-0463>
- SUSESO, 2024. Compendio de Normas del Seguro Social de Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales. Tabla de referencia de vida útil de los bienes del activo fijo. <https://www.suseso.cl/613/w3-propertyvalue-139759.html>
- Taherdoost, H., & Madanchian, M. (2023). *Multi-Criteria Decision Making (MCDM) Methods and Concepts*. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia3010006>
- United Nations Environment Programme, & Yale Center for Ecosystems + Architecture (2023). *Building Materials and the Climate: Constructing a New Future*. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/43293>.
- Vogt-Schilb, A. (2021). *Opciones para lograr la carbono-neutralidad en Chile: una evaluación bajo incertidumbre*. <https://doi.org/10.18235/0003527>
- Zabala Mejia, A.O. (2021). *Developing a grading tool for sustainable design of structural systems in buildings*. <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:liu:diva-177388>

---

## ANEXO 1

### Glosario

**Ciclo de vida:**

Progresión de un producto o servicio a través de las distintas etapas que tiene en el mercado, desde la obtención de las materias primas, hasta su fin de vida, pasando por la producción y uso, y considerando todos los procesos, subprocesos, entradas y salidas de materia y energía. (MMA Chile, 2021. *Hoja de ruta para un Chile circular al 2040*, p. 123)

**Ciclo técnico:**

Los procesos por los que fluyen los productos y materiales para mantener su más alto valor posible en todo momento. Los materiales adecuados para estos procesos son aquellos que no se consumen durante el uso, como los metales, plásticos y madera. (Fundación Ellen MacArthur, 2021. *Glosario economía circular*)

**Componente:**

Producto fabricado como una unidad distinta para cumplir una función o funciones específicas. Los componentes pueden fabricarse, prefabricarse o construirse o formarse *in situ* y pueden ser unidades básicas o complejas (ISO 20.887, 2023).

**Contribuciones Determinadas a Nivel nacional (NDC):**

Instrumentos a través de los cuales los países comunican, cada cinco años, los compromisos y planes que implementarán para avanzar hacia el cumplimiento de los objetivos del Acuerdo de París. (MMA Chile, 2021. *Hoja de ruta para un Chile circular al 2040*)

**Conexión reversible:**

Conexión que se puede desconectar y/o desmontar para realizar modificaciones y adiciones sencillas a estructuras. Esto es aplicable a componentes, conjuntos, módulos o sistemas dentro de un activo construido (ISO 20.887, 2023).

**Demolición selectiva:**

La demolición selectiva se define como la “remoción de materiales de un sitio de demolición en una secuencia predefinida para maximizar la recuperación”. (Fundación Ellen MacArthur, 2021. *Glosario economía circular*)

**Desarrollo sostenible:**

Tipo de desarrollo que satisface las necesidades presentes sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones de satisfacer las suyas. Se basa en el equilibrio de sus tres pilares que son económico, social y medioambiental. (MMA Chile, 2021. *Hoja de ruta para un Chile circular al 2040*)

**Disposición final de residuos:**

Proceso de aislar y confinar los residuos en lugares especialmente seleccionados y debidamente autorizados, para evitar la contaminación al medio ambiente y daños a la salud humana. (MMA Chile, 2021. *Hoja de ruta para un Chile circular al 2040*)

---

**Diseño de edificios reversibles:**

El diseño de edificios reversibles es el diseño de edificios que se pueden deconstruir fácilmente, o donde las partes se pueden quitar y agregar fácilmente sin dañar el edificio o los productos, componentes o materiales. El diseño de construcción reversible permite la reparación, reutilización y recuperación eficiente de los recursos de materiales, productos y componentes de construcción. (BAMB, 2020)

**Diseño para el desmontaje (DfD por sus siglas en inglés):**

Enfoque del diseño de un producto o activo construido que facilita el desmontaje al final de su vida útil de tal manera que permite que los componentes y piezas se reutilicen, reciclen, recuperen para obtener energía o, de alguna otra manera, se desvíen del flujo de residuos (ISO 20.887, 2023).

**Diseño para la adaptabilidad (DfA por sus siglas en inglés):**

permite que los edificios y sus componentes permanezcan en uso durante más tiempo al responder a las condiciones ambientales cambiantes y a las necesidades de los ocupantes. (Ottenhaus et al., 2023)

**Diseño para la deconstrucción (DfD por sus siglas en inglés):**

No existe una definición acordada internacionalmente de diseño para deconstrucción, aunque el término se usa ampliamente para indicar medidas implementadas desde la etapa de diseño y destinadas a facilitar la deconstrucción no destructiva de un edificio en su etapa final de vida útil, con el objetivo de aumentar el potencial de reutilización y reciclaje de elementos de construcción seleccionados. (Pristerá et al. 2023)

**Diseño para X (DfX por sus siglas en inglés):**

Es un enfoque para diseñar productos y procesos que tiene como objetivo optimizar los costos y mejorar la calidad a lo largo del ciclo de vida de un producto (Roxas et al. 2023)

**Diseño para la remanufactura (DfRem por sus siglas en inglés):**

el diseño para la remanufactura es un medio para respaldar los objetivos de fabricación sostenible dentro de una empresa. La remanufactura devuelve un producto a su estado de funcionamiento en lugar de reducirlo a materias primas (reciclaje). (Fofou et al., 2021)

**Economía circular:**

Marco de soluciones sistémicas que hace frente a desafíos globales como el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, los residuos y la contaminación. Se basa en tres principios, todos impulsados por el diseño: eliminar los residuos y la contaminación, hacer circular los productos y materiales (en su valor más alto) y regenerar la naturaleza. (Fundación Ellen MacArthur, 2021 Glosario)

**Huella de carbono:**

Se define como el conjunto de emisiones de GEI producidas, directa o indirectamente, por personas, organizaciones, productos, eventos o regiones geográficas, en términos de CO<sub>2</sub> equivalentes y sirve como una útil herramienta de gestión para conocer las conductas o

---

acciones que están contribuyendo a aumentar emisiones. (MMA Chile, 2021. *Hoja de ruta para un Chile circular al 2040*)

**Independencia:**

Cualidad que permite retirar o actualizar piezas, componentes, módulos y sistemas, sin afectar el rendimiento de los sistemas conectados o adyacentes. Esto puede estar relacionado con la independencia funcional, física y estructural, así como con el grado de independencia (ISO 20.887, 2023).

**Mantener (en uso):**

Mantener un producto en su estado actual de calidad, funcional y/o cosméticamente, para protegerlo contra fallas o deterioro. Es una práctica que retiene el valor más alto de un producto al extender su período de uso. (Fundación Ellen MacArthur, 2021 Glosario)

**Materiales secundarios:**

Son materiales obtenidos de procesos de reciclaje; son similares a las materias primas vírgenes en cuanto a la calidad en la mayoría de los casos, pero se diferencian en su origen, ya que los segundos se obtienen de la naturaleza mediante procesos de extracción y los primeros se obtienen de procesos de recuperación de residuos. (MMA Chile, 2021. *Hoja de ruta para un Chile circular al 2040*)

**Modelo circular:**

La economía circular es un marco de soluciones sistémicas que hace frente a desafíos globales como el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, los residuos y la contaminación. Se basa en tres principios, todos impulsados por el diseño: eliminar los residuos y la contaminación, circular los productos y materiales (en su valor más alto), regenerar la naturaleza. (Fundación Ellen MacArthur, 2021 Glosario)

**Modelo lineal:**

Modelo de producción en el cual las materias primas se extraen, se procesan para producir un producto, luego se utilizan y al final de la vida útil se desecha, sin recuperar el valor inherente de la materia prima o los procesos de producción. (MMA Chile, 2021. *Hoja de ruta para un Chile circular al 2040*)

**Reciclar:**

Transformar un producto o componente en sus materiales o sustancias básicos y reprocesarlos en nuevos materiales. (Fundación Ellen MacArthur, 2021 Glosario de economía circular)

**Recuperación:**

La recuperación de residuos incluye todas aquellas operaciones cuyo principal resultado es que los residuos sirvan a un propósito útil al reemplazar otros materiales que de otro modo se habrían utilizado para cumplir una función particular, o que los residuos se preparen para cumplir esa función, en la planta o en la economía en general. (Eurostat, 2023c/ G. Pristera, Taxonomy of design for deconstruction options to enable circular economy in buildings)

**Redistribuir:**

---

Desviar un producto de su mercado objetivo hacia otro cliente para que sea usado con un alto valor, en lugar de convertirse en residuo. (Fundación Ellen MacArthur, 2021, Glosario de economía circular)

**Remanufacturar:**

Reingeniería de productos y componentes para dejarlos como nuevos, con el mismo nivel de rendimiento o incluso mejorado, en comparación con uno recién fabricado. (Fundación Ellen MacArthur, 2021 Glosario de economía circular)

**Renovar:**

Devolver un producto a un buen estado de funcionamiento. Esto puede incluir reparar o reemplazar componentes, actualizar especificaciones y mejorar la apariencia estética. (Fundación Ellen MacArthur, 2021 Glosario de economía circular)

**Reparar:**

Operación mediante la cual un producto o componente defectuoso o roto se devuelve a un estado utilizable para cumplir con el uso previsto. (Fundación Ellen MacArthur, 2021 Glosario de economía circular)

**Reutilización:**

La reutilización de residuos se refiere a “cualquier operación mediante la cual productos o componentes que no son residuos se vuelven a utilizar para el mismo fin para el que fueron concebidos” (Eurostat, 2023d/ G. Pristera, Taxonomy of design for deconstruction options to enable circular economy in buildings)

**Vida útil:**

El período de tiempo desde que un producto es liberado para su uso después de su fabricación hasta el momento en que se vuelve obsoleto, sin posibilidad de recuperación a nivel de producto. (Fundación Ellen MacArthur, 2021 Glosario de economía circular)

---

## ANEXO 2

### Resumen ISO 20887:2023

Esta norma busca entregar un marco a los principios de DfD/A y los principales aspectos y estrategias para ser integrados y considerados por los actores involucrados en un proyecto. Aplicar los principios del diseño para el desmontaje y adaptabilidad (DfD/A, por sus siglas en inglés) a la planificación de edificaciones puede tener un gran impacto en el desarrollo sustentable de esta área.

El principal objetivo del DfD/A es diseñar para construir activos que puedan adaptarse a los posibles cambios requeridos en el tiempo y/o puedan permitir desmontar sus partes, materiales, o componentes considerando todas sus capas, para ser reusadas o recicladas. Incorporar aspectos de DfD/A en fases iniciales de diseño, puede utilizarse para reducir o evitar los residuos en procesos constructivos, tal como hacer más eficiente el uso de los recursos.

El concepto de la adaptabilidad se enfoca en minimizar los requerimientos de remodelación o nuevas construcciones, al propiciar la renovación de espacios para su reutilización. A través del diseño lograr espacios fácilmente adaptables y reutilizables en el tiempo. La recuperación, reutilización y reciclaje de materiales y componentes desmontados sostienen el concepto de economía circular.

Habitualmente en un proyecto de diseño lineal, para una renovación o demolición es muy difícil reutilizar, reciclar o incluso transformar en energía los productos y materiales, por lo cual todo se transforma en basura y termina en vertederos contaminando.

Al incorporar conceptos de DfD/A en etapas tempranas de planificación y diseño se logra un uso eficiente de los recursos (tiempo y costos asociados, mano de obra, materiales, energía) del edificio durante cada una de sus etapas de uso. Se optimizan tareas de mantenimiento y adaptación, como reparaciones y remodelaciones, y se logra la gestión de recursos en la etapa final (desmontaje, reutilización, reciclaje) alargando la vida del edificio y luego cada elemento y material al máximo.

Es importante considerar que todas las partes involucradas en el proyecto, desde el diseño, construcción hasta su uso en el tiempo, tengan conocimiento y comprensión del tema, para lograr los mejores resultados y el impacto deseado.

Esta norma considera 3 principios de diseño para la adaptabilidad (uso) y 7 principios de diseño para el desmontaje (material). Cada uno de estos principios debe ser examinado para cada uno de los 5 niveles de análisis definidos:

Sistema  
Elemento  
Componente o conjunto  
Subcomponente  
Material

Los 3 principios de adaptabilidad son: versatilidad, capacidad de convertirse y de expandirse.

### Los 7 principios para el desmontaje son:

#### 1. Facilidad de acceso a los componentes e instalaciones

La facilidad de acceso está estrechamente relacionada con la independencia. Entre otras cosas permite reducir el tiempo para el reemplazo de un material, componente conector; tal como reducir la generación de residuos asociados a estos trabajos.

También se asocia a componentes de una edificación en distintas capas con un plazo de vida útil muy distinto.

Las conexiones para permitir acceder eficientemente deberían: estar expuestas en la medida de lo posible, y considerar suficiente espacio para realizar maniobras de desmontaje con las herramientas necesarias.

#### 2. Independencia

Es la cualidad que permite remover o actualizar partes, componentes, módulos o sistemas, sin afectar el comportamiento de sistemas contiguos o conentados. Maximizar la independencia funcional de las partes es clave para optimizar el desmontaje y actualización de estas.

Es importante pensar en “capas” al planificar desde una perspectiva temporal para funcionalidad y actualizaciones. Los componentes de una edificación presentan distintas durabilidades en el tiempo, estas variaciones deben ser factorizadas en el diseño.

Las tres principales “capas” relacionadas con activos construidos serían:

Envolvente y núcleo – estructura, fundaciones, superestructura y envolvente

Servicios eléctricos y mecánicos – tuberías, conductos, cables, maquinaria, etc.

Equipamiento – tabiquería, cielos, pavimentos, accesorios, terminaciones.

Las “capas” de la edificación deben poder separarse unas con otras para facilitar la adaptabilidad y desmontaje. Separar componentes de larga vida con otros de corta vida facilitara la complejidad del desmontaje, tal como el reciclaje o actualización de estos.

#### Conexiones reversibles

El uso de conexiones reversibles entre productos o componentes permite y facilita el desmontaje. No solo los materiales pueden ser reutilizados, sino también los conectores o medios de unión.

Se sugiere priorizar sistemas de unión de materiales como machihembrado o similar en vez de uniones adhesivas, ya que estos últimos contaminan el material, afectando su reusabilidad y reciclabilidad final.

Al lograr productos fácilmente separables, los elementos pueden ser reutilizados directamente, tanto tiempo como su rendimiento lo permita.

También podrían ser fácilmente separados por tipo de material y luego servir como materia prima para otros productos, a través de procesos de reciclaje.

Conexiones tipo pasta, soldaduras, químicos disminuyen el potencial de desmontaje.

Eliminar por ej. la necesidad de sellos químicos para protección al agua en conexiones, utilizando protecciones mecánicas facilitara el retiro de componentes para reparación o reemplazo.

Las conexiones deben:

Dejar suficiente espacio en todos sus lados para permitir opciones de desmontaje.

Requerir o estandarizar las mismas herramientas para el montaje y desmontaje

Utilizar métodos de conexiones reconocidos universalmente, que no dañen el material al conectarlo o las áreas aledañas.

Minimizar la interdependencia de los distintos materiales, productos, componentes o sistemas.

Deben utilizarse la menor cantidad de tipologías de conexiones. Esto disminuye el uso de distintas herramientas y el tiempo de instalación.

Las uniones y conectores deben diseñarse para resistir repetidos usos, así como para minimizar el daño o deformación de componentes y materiales durante los repetidos procesos de montaje y desmontaje.

### **3. Prescendencia de terminaciones y tratamientos innecesarios**

#### **4. Apoyo a modelos de negocios de reutilización (economía circular)**

Reuso (capacidad de reuso en su forma original mas de una vez )

Renovabilidad (capacidad de restaurar estética y funcionalmente un producto o edificación, para seguir usándolo)

Remanufacturabilidad (capacidad de ser desensamblado y refabricado al final de su vida útil)

Uso de materiales reciclados

Reciclabilidad (capacidad de ser separado y reprocesado para reciclar)

#### **5. Simplicidad (reduce el numero de elementos, componentes o materiales)**

#### **6. Estandarización** – hay distintos aspectos relacionados con la estandarización tales como:

En dimensiones, componentes, conexiones, modularidad.

#### **7. Seguridad del desmontaje** (es de una importancia primordial, se requiere de un plan, considerado al comienzo del diseño. Considera todos los conceptos detallados anteriormente)

Y se sugieren 4 prácticas que pueden apoyar estos principios:

Cuando sea posible, utilizar materiales y componentes que puedan ser reemplazados, removidos y transportados fácilmente, en forma segura y con un buen indicador de costo-beneficio.

Proveer de medios de manipulación de componentes para el desmontaje. Podrían requerirse puntos de conexión para equipos de izaje o dispositivos de soporte temporales

Se deben considerar componentes cuyo tamaño se ajuste a los medios de manipulación previstos, en distintas fases: de montaje, desmontaje, transporte, reprocesamiento, y remontaje.

## **Documentación e información**

La documentación del proyecto debe incluir lo referido a los criterios para la adaptabilidad y el desmontaje utilizados, y debe estar disponible y actualizada durante todo su ciclo de vida.

Los puntos más relevantes relacionados con la información son:

Detalles de diseño

Se debe generar suficiente información documentada en la etapa de diseño, metodología de desmontaje, composición de materiales, métodos de recuperación y características de adaptabilidad. (Ver tabla 2)

**Table 2 — Information transfer checklist**

<i>Documentation and information description</i>	<i>Metric</i>
DfD/A design details in drawings, specifications, disassembly plan	Yes/no
Disassembly/deconstruction plan, including disassembly sequencing information	Yes/no
Traceable inventory of materials, suppliers, warranties	Yes/no
Approach developed and embedded into handover and operation to ensure transfer and updating throughout the constructed asset's life	Yes/no
Components, products and constructed asset has directly accessible information pertaining to identification, warranties, services life, disassembly (e.g. bar code, RFID tagging)	Yes/no

El diseño de detalles debería incluir planimetría específica de desmontaje, secuencias, métodos de construcción, tal como el tamaño, resistencia, y materialidad de cada componente considerado en el ensamblaje.

Un manual de desmontaje / adaptabilidad debería ser incluido en la documentación de construcción e incluido en el proceso de la puesta en marcha. Podría incluirse una sección de DfD/A en el manual de operaciones de la edificación. Detalles de las adaptaciones específicas deben ser claramente definidos. Se deben señalar las posibles adaptaciones generales, indicando el impacto en la funcionalidad, teniendo en cuenta las interconexiones, interacciones e interdependencias.

Componentes materiales y fabricantes.

Los productos y materiales deberían ser rastreables hasta el proveedor o fabricante, e incluir esta información en legajo de construcción. Esta información debe ser mantenida para poder contactar a fabricantes en caso de requerir asistencia, por ej. La separación de materiales para reciclaje.

La composición de los materiales debe registrarse para ser considerado en la evaluación de materiales o componentes en relación con su reusabilidad o reciclabilidad al momento del desmontaje, el impacto ambiental asociado al material, tal como determinar materiales potencialmente peligrosos (para manipular por ej)

Detalles de conexiones.

Se deberán documentar y detallar las conexiones, especialmente las reversibles. Se deberán especificar conexiones y conectores, tamaños y materiales. En el caso de conexiones no estándares, se deberán proveer instrucciones del paso a paso para ensamblaje y desensamblaje.

### Digitalización de datos.

La digitalización de los datos, como los que requiere BIM, permite registrar y transferir información en formatos estandarizados.

Esta información debe estar disponible para la adaptabilidad o desmontaje. Podría estar disponible en los puntos de adaptabilidad o desmontaje para entregar una mejor comprensión a las personas involucradas en estos procesos. Por ej. Utilizando códigos de barra, códigos QR o referencias a documentación más detallada.

### Transferencia y gestión de la información.

Transferir y mantener actualizada la información relevante y documentación durante el ciclo de vida es fundamental para lograr los objetivos originales en relación con el DfD/A.

La información sobre procesos de desarme debe ser registrada. En la medida de lo posible en el mismo componente o material, tal como en planimetría as-built, en manuales de operación y mantenimiento, etc.

La gestión de la documentación e información es muy relevante para cumplir los objetivos del DfD/A.

La siguiente lista podría usarse para chequear que las actividades sugeridas se han adoptado.

<i>Documentation and information description</i>	<i>Metric</i>
DfD/A design details in drawings, specifications, disassembly plan	Yes/no
Disassembly/deconstruction plan, including disassembly sequencing information	Yes/no
Traceable inventory of materials, suppliers, warranties	Yes/no
Approach developed and embedded into handover and operation to ensure transfer and updating throughout the constructed asset's life	Yes/no
Components, products and constructed asset has directly accessible information pertaining to identification, warranties, services life, disassembly (e.g. bar code, RFID tagging)	Yes/no

### **Implementación continua del DfD/A**

Es importante que todos los aspectos del proyecto, diseño, proveedores, constructores, puesta en servicio, operación, remodelación, tengan el suficiente conocimiento y comprensión para implementar lo esperado en relación con DfD/A. Los diseñadores tienen el rol más importante en la consideración del DfD/A, para facilitar las mejores oportunidades económicas y ambientales.

### **Proveedores de productos y componentes**

Los proveedores de materiales, productos y sistemas para la construcción pueden influir en gran medida en los principios del DfD/A.

Se debe realizar una evaluación de las características y composición de los productos, los métodos de ensamblaje y la información de respaldo en función de estos principios para identificar el potencial. Deberá considerarse proveer acceso a esta información árabe de una plataforma digital como BIM.

La norma incluye un anexo (Anexo B) en el que describe el desarrollo de diferentes enfoques sobre el final de la vida útil de una infraestructura o de productos de construcción.

### Construcción

La mayoría de las decisiones referidas al DfD/A ya se habrán tomado previamente, por lo que podemos asumir que serán ejecutadas en la fase de construcción. La transferencia de conocimiento entre los equipos de diseño y construcción y la discusión de como implementar el DfD/A, tal como cualquier desafío que pueda surgir durante la construcción debe abordarse.

Cuando esto no sea posible, por restricciones de costos o no disponibilidad de materiales por ej, los constructores deberán trabajar junto al equipo de diseño para identificar que alternativas serian las mejores soluciones de reemplazo, minimizando el impacto en otras decisiones tomadas para consolidar el DfD/A. La documentación y modelos deben mantenerse actualizados.

### Puesta en servicio

Un aspecto critico de la entrega es el asegurar que toda la documentación y modelados relevantes para el DFD/A ha sido transferida o entregada a los operadores del activo, incluida la capacitación a propietarios de la edificación, sus agentes y administradores de las instalaciones.

### Etapa de uso

Debe asegurarse una rutina de mantenimiento durante la etapa de uso del activo para asegurar que las propiedades de desensamblaje de los componentes y elementos no estén comprometidos o se dañen.

### Remodelación

Una remodelación puede ofrecer la oportunidad de incorporar DfD/A donde pudo no haberse considerado en el activo.

En el caso de una remodelación de un activo que incluye aspectos de DfD/A, se recomienda que sea considerado durante la remodelación y conservado y mejorado cuando sea posible. En particular aparte de los riesgos descritos en punto 4, existen otros riesgos asociados de importantes obras de remodelaciones, tales como:

Reducción de la capacidad de uso mixto o alternativo, como por ej. fragmentando rígidamente espacios donde antes había mayor flexibilidad de uso.

Demolición parcial, que reduce la capacidad de ampliación o conversión.

Las conexiones han sido tapadas o reemplazadas por conectores irreversibles

Los materiales o componentes reusables o reciclables han sido removidos y no hay una posibilidad de uso posterior o una ruta de eliminación.

Elementos estandarizados han sido reemplazados por elementos no-estandarizados.

### Fin ciclo de vida/ desmantelamiento

Todo criterio o diseño considerado para el desmantelamiento, y mantenido durante el ciclo de vida del activo, debe ser transferido, comunicado y reconocido por contratistas o encargados del desmantelamiento.

Esto debe estar disponible en la documentación, la que debió mantenerse actualizada durante el ciclo de vida del activo, incluidas remodelaciones.

---

### Educación y desarrollo de capacidades

Como los beneficios del DfD/A toma muchos años en ser observado, considerando el ciclo completo, se requiere de la difusión a conciencia de estos esfuerzos. Es así como un objetivo debería ser el transferir a terceros la experiencia y los conocimientos de todo proyecto que adopta DfD/A. Para esto el plan de operación, mantenimiento y relaciones públicas del activo deben ser desarrollados, implementados y difundidos.

Se debe considerar la experiencia de clientes, diseñadores, proveedores de productos, constructores, administradores de activos, encargados de deconstrucción y otros actores de la cadena involucrados en el activo construido. En el contexto del DfD/A y otros objetivos de uso eficiente de recursos y economía circular.

La información relevante de proyectos anteriores debe ser reconocida claramente, con los principios de este documento utilizados como “check list” para asegurar que las “lagunas” de información no distorsionan el foco del proyecto.

Donde existan “lagunas” de conocimiento (considerando los principios específicos de DfD/A) debe desarrollarse e implementarse un plan para llenar cada laguna.

Esto puede hacerse a través de la especialización o sumar recursos adicionales al proyecto, como por ej un asesor con experiencia específica. Por ej. Para capacitar en la mantención ya sea del activo como de la documentación de este.

---

## ANEXO 3

### **Antecedentes técnicos Caso de estudio – Vivienda prototipo**

A continuación, se adjuntan fichas con información técnica utilizada para para la evaluación a través del instrumento diseñado.

#### GENERALES

- Ficha 0.1: Arquitectura. Planta de recintos, cubierta, elevaciones y superficies
- Ficha 0.2: Arquitectura. Cortes, detalles de ventanas y puertas
- Ficha 0.3: Estructura. Planta de fundaciones de tornillos ecopilotes y parrilla estructural de madera

#### ELEMENTOS

- Ficha 1.1: PM-Paneles estructurales de muros perimetrales
- Ficha 1.2: PM-Paneles estructurales de muros interiores
- Ficha 1.3: PT-Paneles estructurales de techo
- Ficha 1.4: PTC-Paneles estructurales de techo corredor
- Ficha 1.5: PP-Paneles estructurales de piso

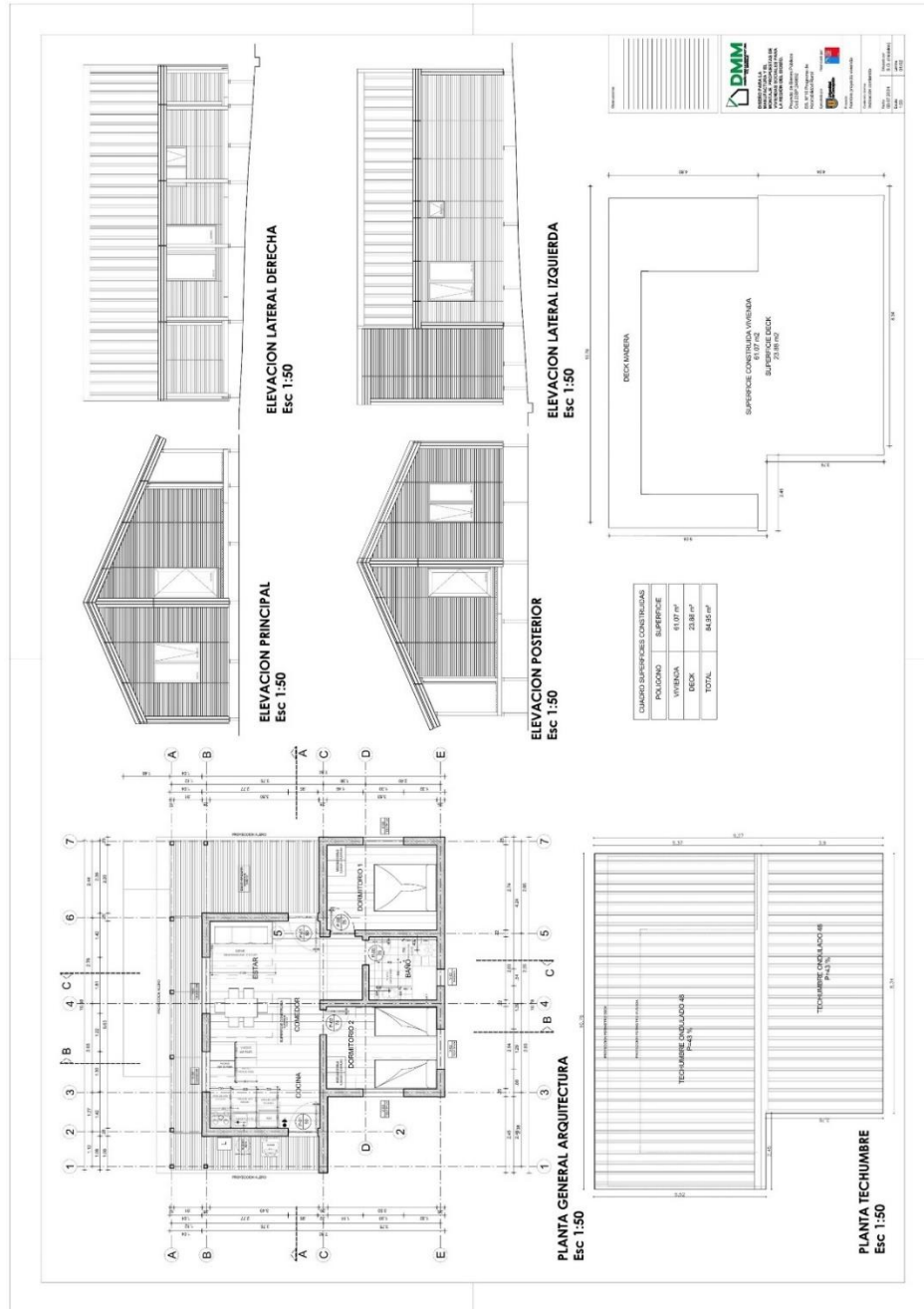
#### COMPONENTES

- Ficha 2.1: Panel revestimiento exterior fachada ventilada en madera
- Ficha 2.2: Ventanas y puertas de PVC
- Ficha 2.3: Puertas interiores

#### UNIONES Y CONEXIONES

- Ficha 1.1.2: PM - PM encuentro en "T"
- Ficha 1.1.3: PM - PM encuentro en "L"
- Ficha 1.1.4: PM - PM unión en línea
- Ficha 1.1.5: PM - PP - parrilla estructura fundación
- Ficha 1.1.7: PM - solera de amarre – PST
- Ficha 1.2.4: PM interior - solera base
- Ficha 1.2.5: PM interior - solera de amarre – PST
- Ficha 1.3.2: PT – PT
- Ficha 1.3.3: PT – PMS
- Ficha 1.3.4: Cumbrera PT – PMS
- Ficha 1.5.3: PP - estructura parrilla envigado
- Ficha 3.3.1: Entre vigas dobles y uniones T entre vigas
- Ficha 3.3.2: Entre parrilla y ecopilotes
- Ficha 3.4.1: Entre vigas perimetrales y paneles PP
- Ficha 3.5.1: Entre soleras y vigas respectivas

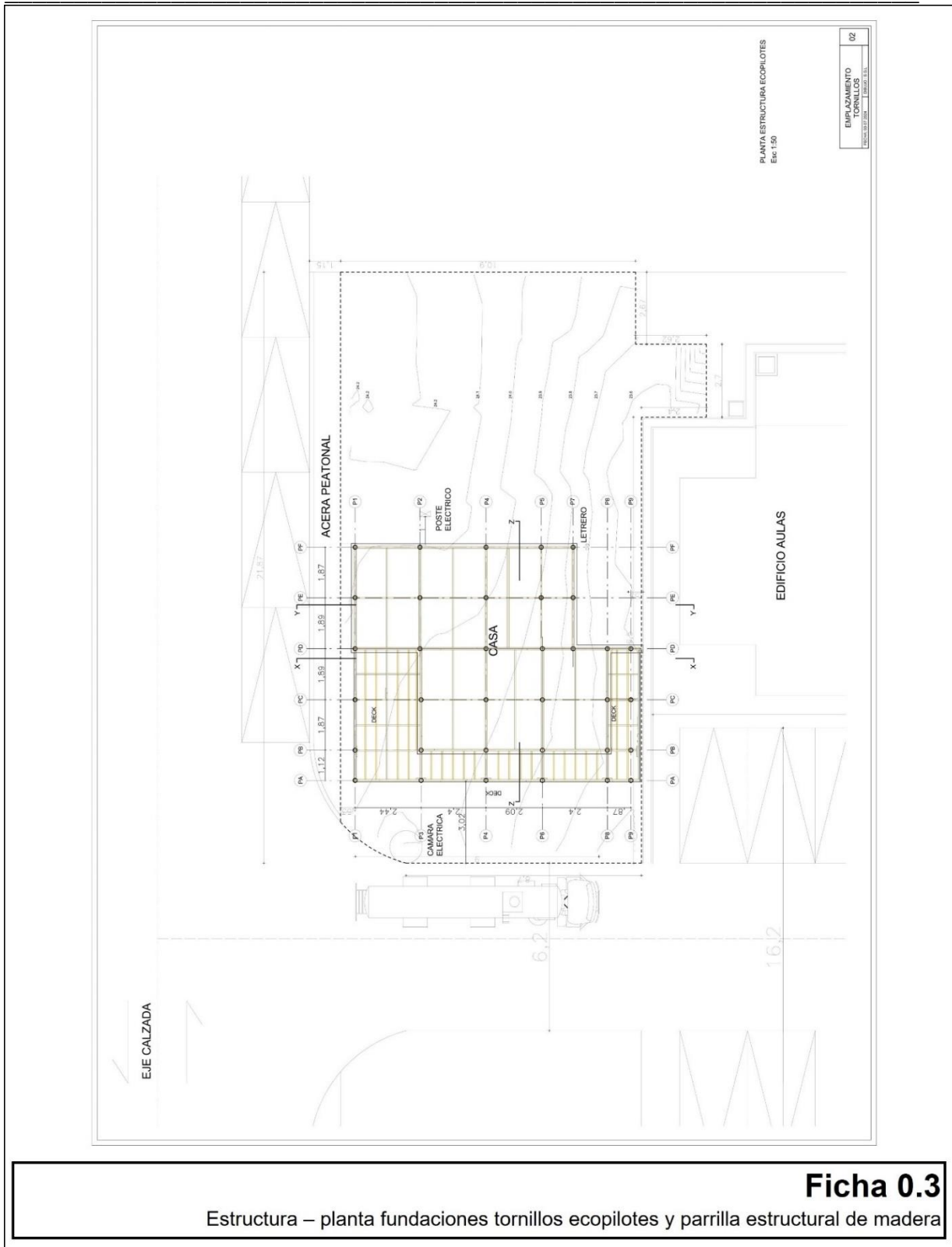
#### TRANSPORTABILIDAD



## Ficha 0.1

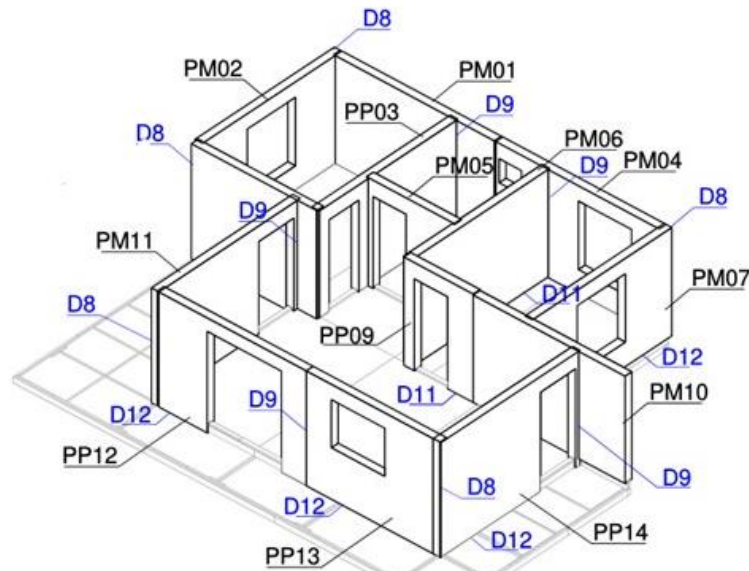
Arquitectura – planta recintos, cubierta, elevaciones y superficies





**Ficha 0.3**

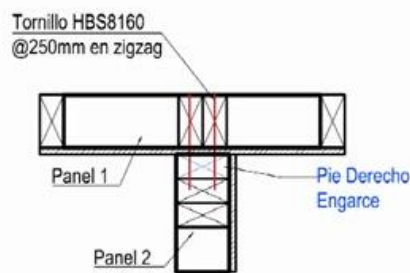
Estructura – planta fundaciones tornillos ecopilotes y parrilla estructural de madera



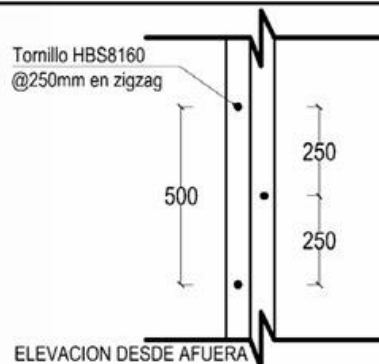
PANELES MUROS TOTAL

# D9

## Encuentro en T entre Paneles de Muro



PLANTA ENCUENTRO ESQUINA

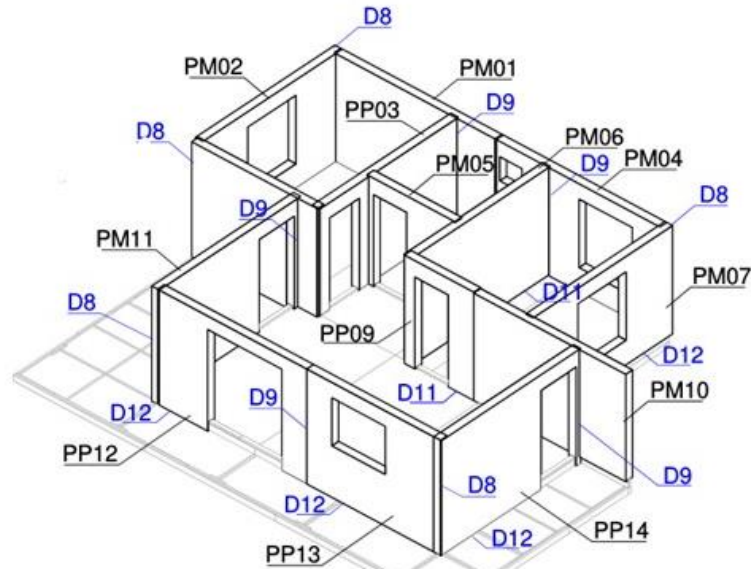


ELEVACION DESDE AFUERA

NOTA: - Tornillo HBS8160 puesto en zigzag @250mm (@500mm en cada pie derecho)

### Ficha 1.1.2

Union PM con PM, encuentro en "T"

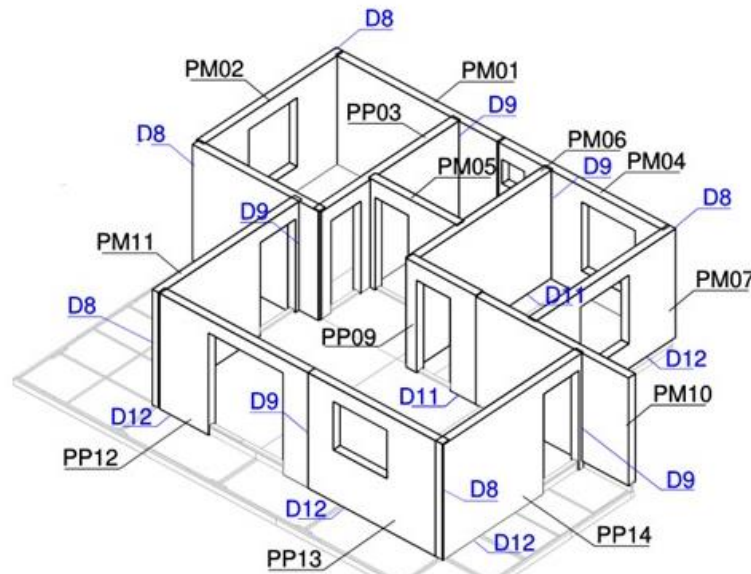


PANELES MUROS TOTAL

D8	Encuentro esquina entre Paneles de Muro	
<p>PLANTA ENCUENTRO ESQUINA</p>	<p>ELEVACION PLACA</p>	<p>POSICIÓN DE 3 PLACAS</p>
<p>NOTA: - 3 Placas LVB100200 con 20 tornillos HBS525, 10 a cada panel.</p>		

**Ficha 1.1.3**

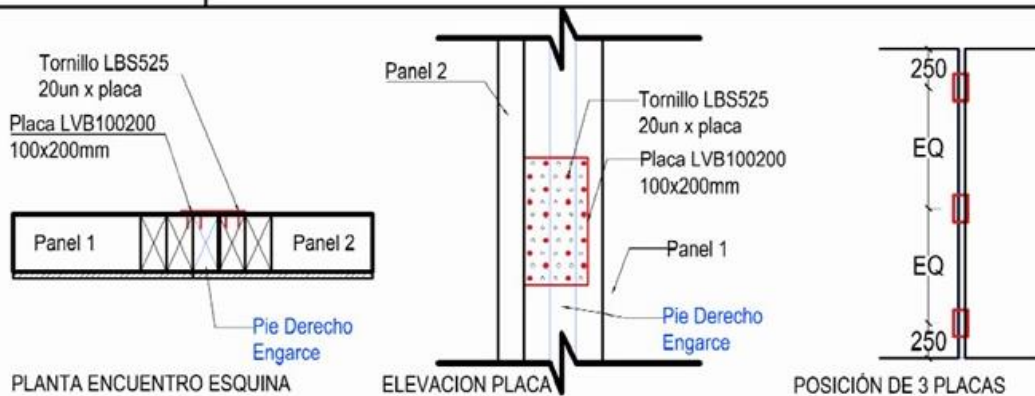
Union PM con PM, encuentro en "L"



PANELES MUROS TOTAL

# D10

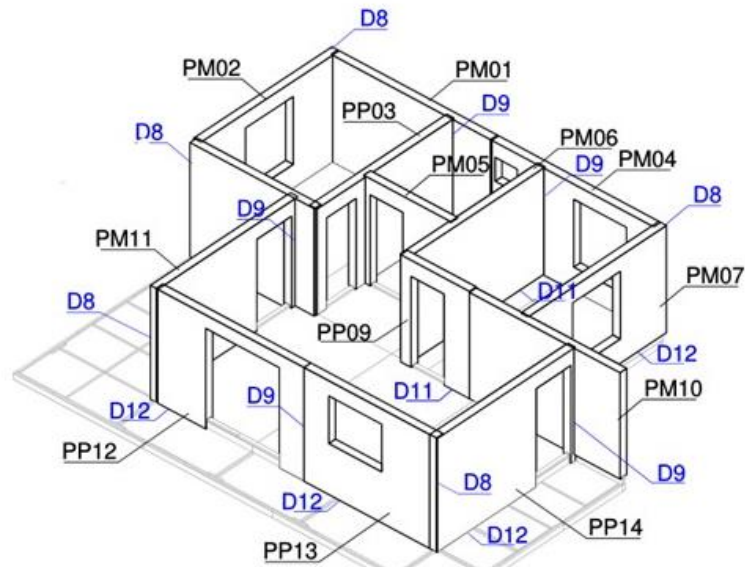
## Encuentro Muros Continuos



NOTA: - 3 Placas LVB100200 con 20 tornillos HBS525, 10 a cada panel.

### Ficha 1.1.4

Union PM con PM, unión en línea



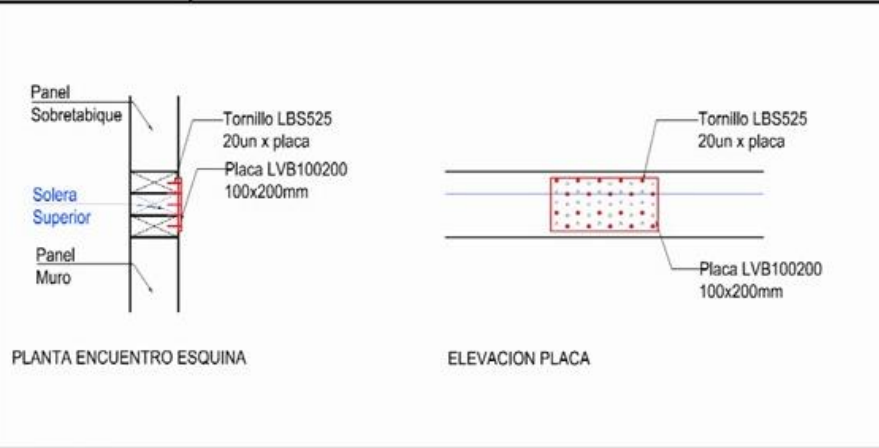
PANELES MUROS TOTAL

D12	Unión Parrilla + P. Piso + P. Muro
<p>CORTE A-A' <math>L_{B'}</math></p>	<p>CORTE B-B' <math>L_{A'}</math></p>
<p>NOTA: - Placa puesta en pie derechos dobles de muro.                  - Placa LVB60600 (34 un) con tornillos 33 LBS525 por placa</p>	

**Ficha 1.1.5**

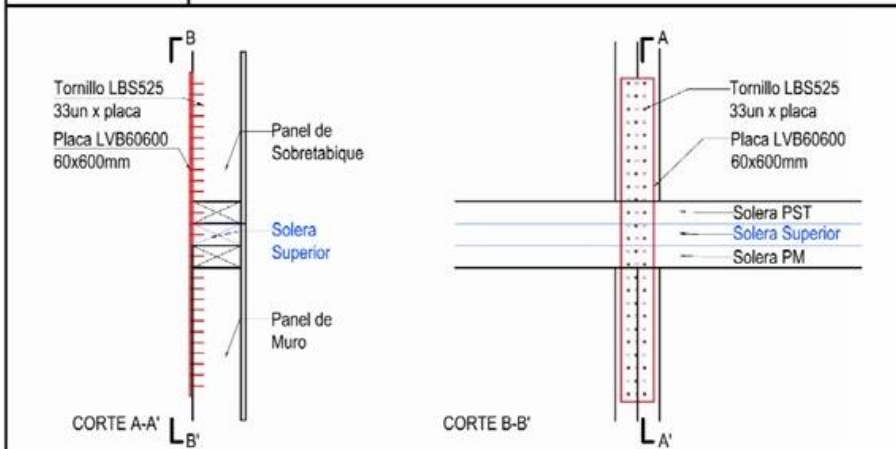
Union PM con PM, unión en línea

# D14 Panel Muro a Sobretab. Exterior (corte)



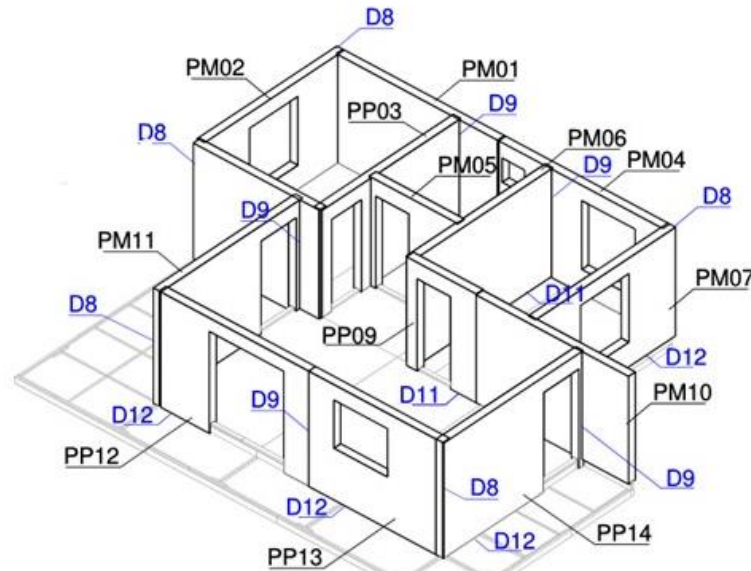
NOTA: - PST01, PSST07, PST10, PST11: 3 placas LVB100200  
 - PST02, PST09: 2 placas LVB100200

# D15 Unión Parrilla + P. Piso + P. Muro

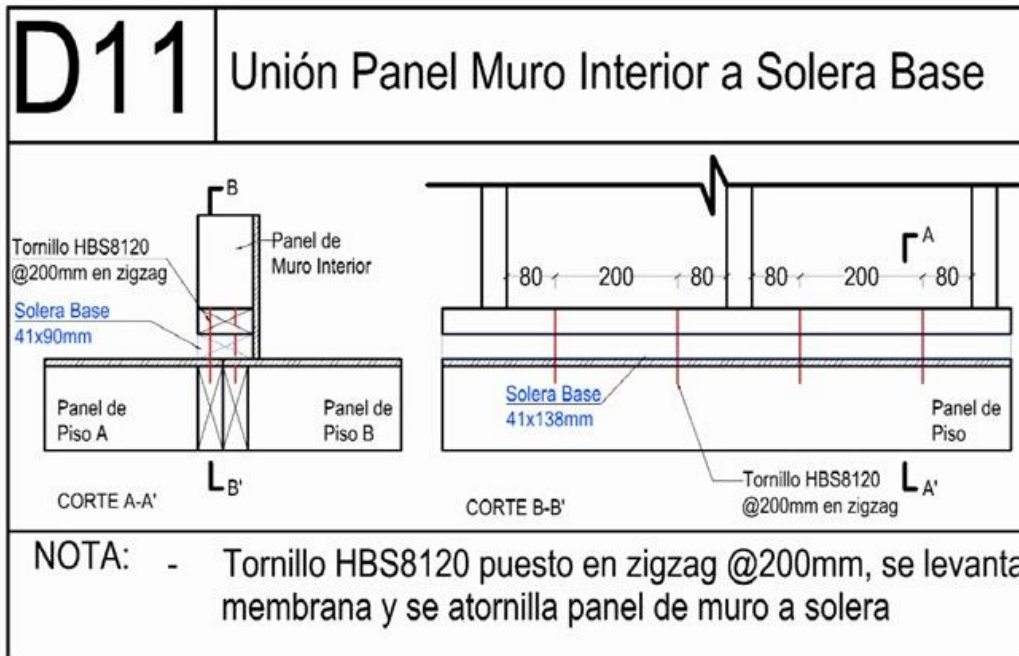


NOTA:- Posicion en pie derechos dobles , ambos extremos del muro  
 - Placa LVB60600 (8 un) con tornillos 33 LBS525 por placa

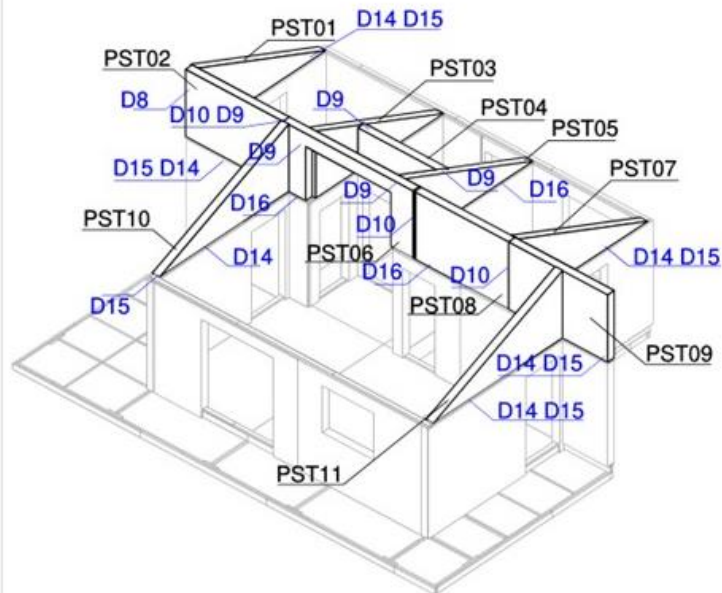
**Ficha 1.1.7**  
 Uniones PM con solera de amarre y PMS



PANELES MUROS TOTAL



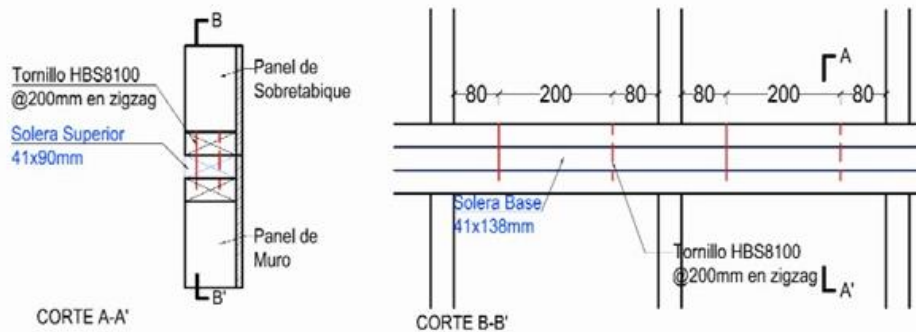
**Ficha 1.2.4**  
 Union PM interior con solera base



PANELES DE SOBRETABIQUE

# D16

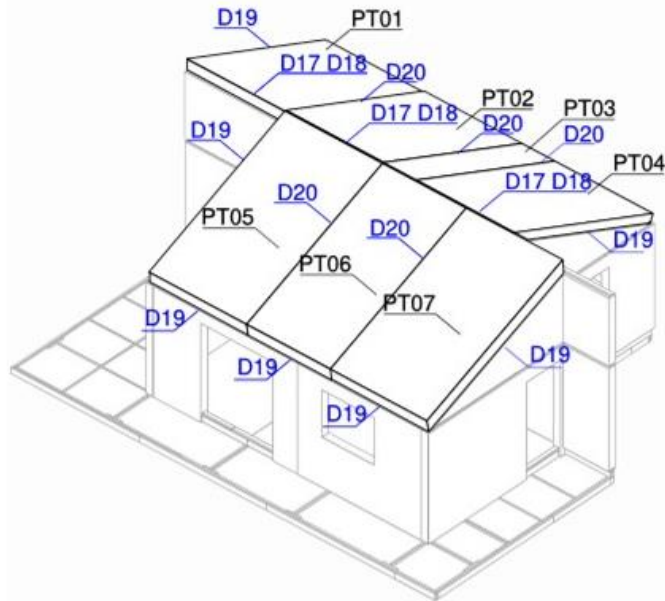
## Unión Panel Sobretab Interior a Solera



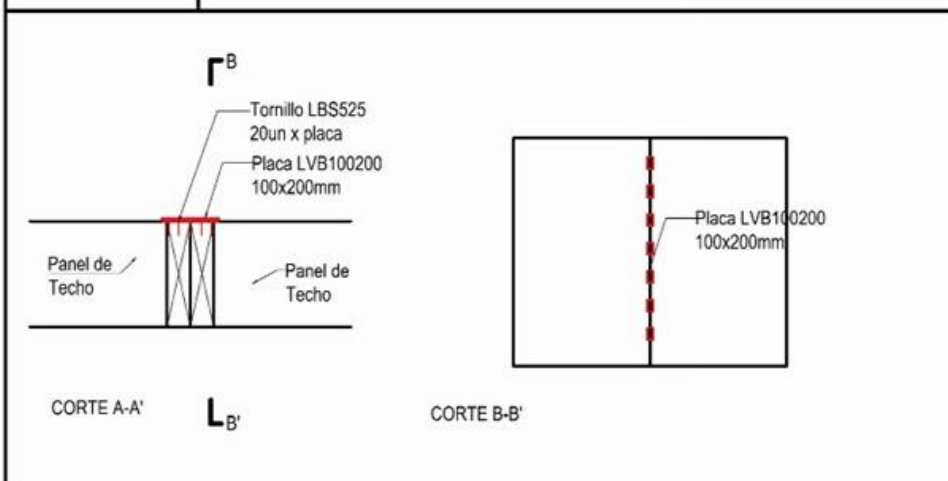
**NOTA:** - Tornillo HBS8100 puesto en zigzag @200mm, se levanta membrana y se atornilla panel de sobretabique a solera

### Ficha 1.2.5

Uniones PMS interior con solera de amarre

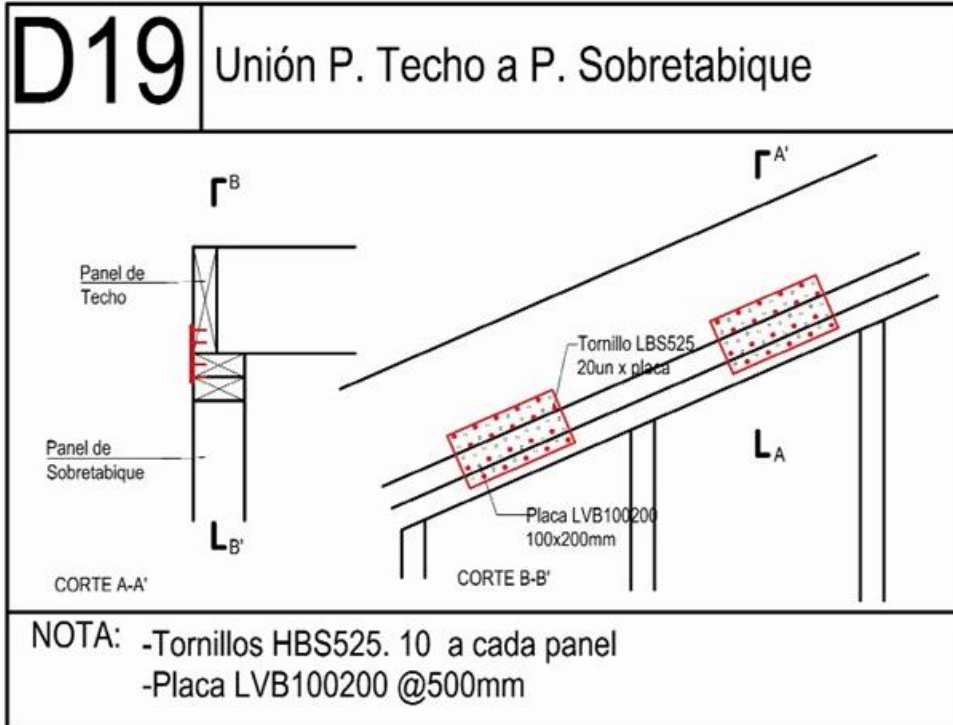
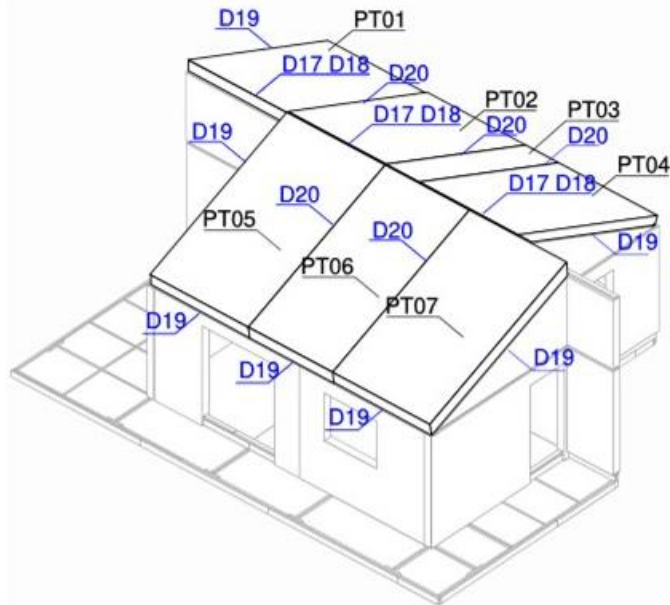


## D20 Unión entre Paneles de Techo



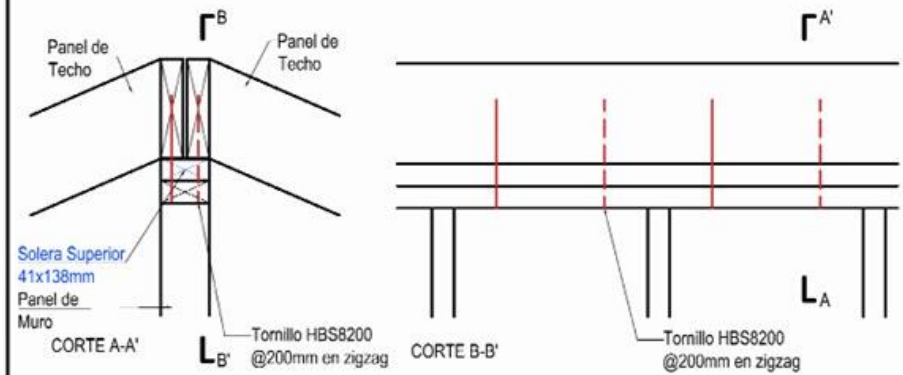
NOTA: -Tornillos HBS525. 10 a cada panel  
 -Placa LVB100200 @500mm

**Ficha 1.3.2**  
 Uniones PT con PT



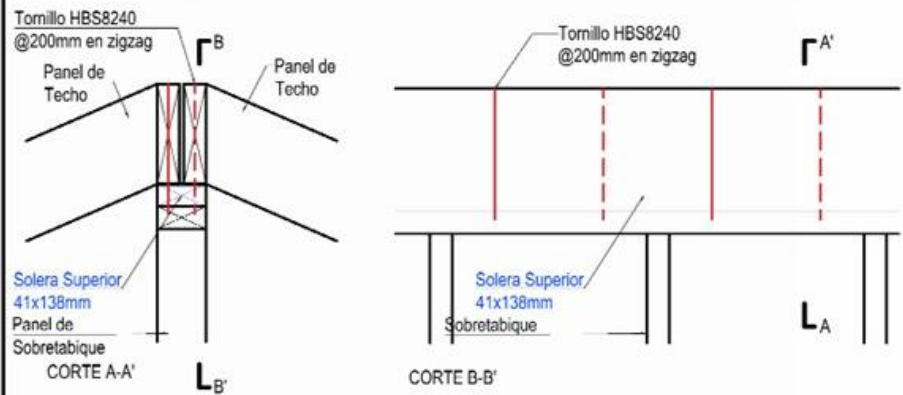
**Ficha 1.3.3**  
 Uniones PT con PMS

## D17 Unión Cumbre P. Techo a Sobretabique



NOTA: - Tornillo HBS8200 puesto en zigzag @200mm, se levanta membrana y se atornilla panel desde abajo hacia arriba

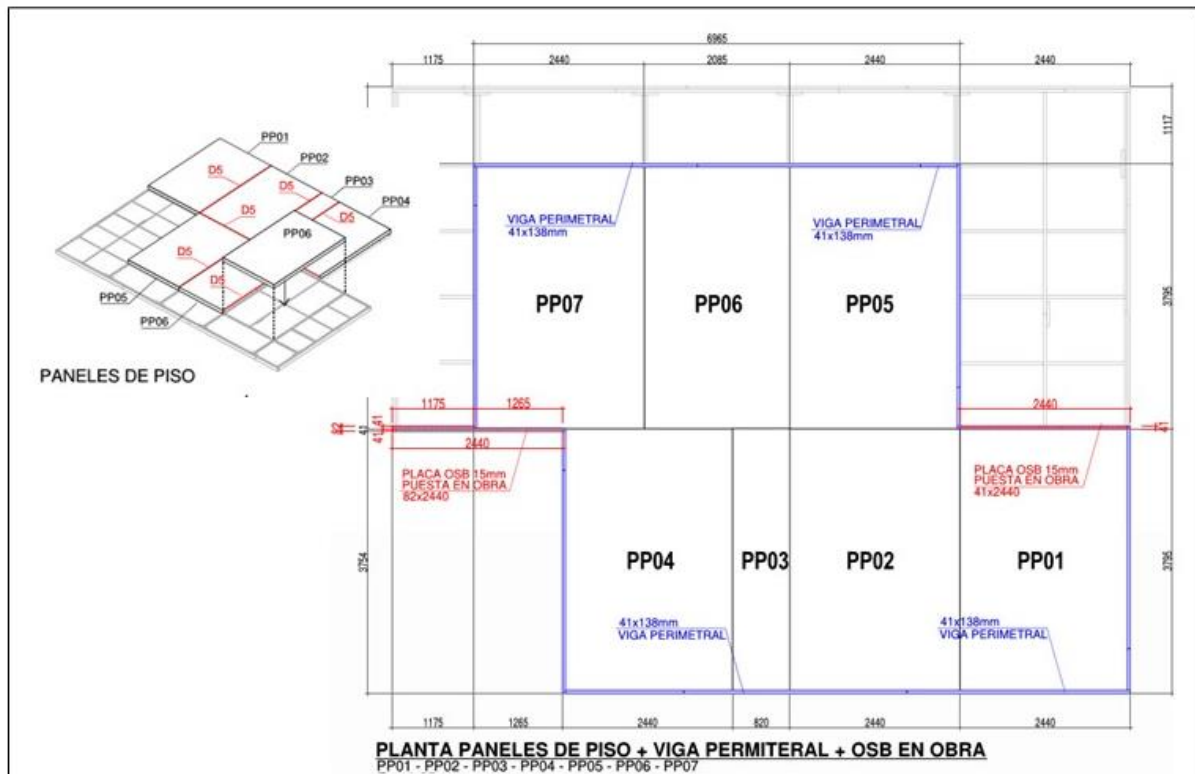
## D18 Unión Cumbre P. Techo a Sobretabique



NOTA: - Tornillo HBS8240 puesto en zigzag @200mm, se levanta membrana y se atornilla panel desde arriba hacia abajo

### Ficha 1.3.4

Uniones cumbre PT con PMS



## D5 UNIÓN PARRILLA A PANEL PISO

Viga Panel de Piso  
 Placa LVB100200 100x200mm  
 Tornillos HBS525 20u. x placa  
 Viga Doble 41x138mm

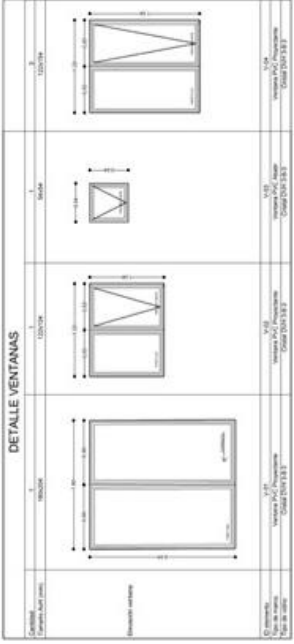
Tornillos HBS525 20u. x placa  
 Placa LVB100200 100x200mm  
 Viga Panel de Piso  
 Viga Doble 41x138mm

**NOTA:** -Tornillos HBS525. 10 a parrilla y 10 a panel de piso.  
 -Realizar rebaje en viga de panel de piso para encaje con placa, precaución con membrana

**Ficha 1.5.3**

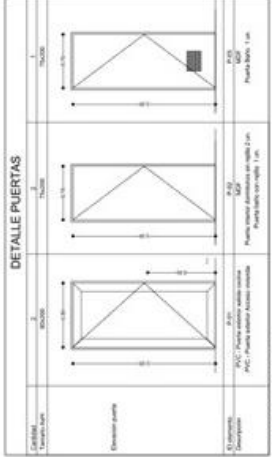
Uniones paneles estructurales de piso PP a parrilla estructural de madera

**DETALLE VENTANAS**



**DETALLE VENTANAS**  
Esc 1:25

**DETALLE PUERTAS**

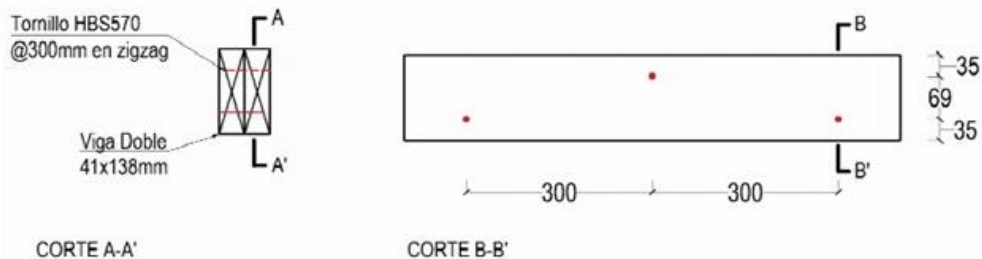


**DETALLE PUERTAS**  
Esc 1:25

**Ficha 2.2**

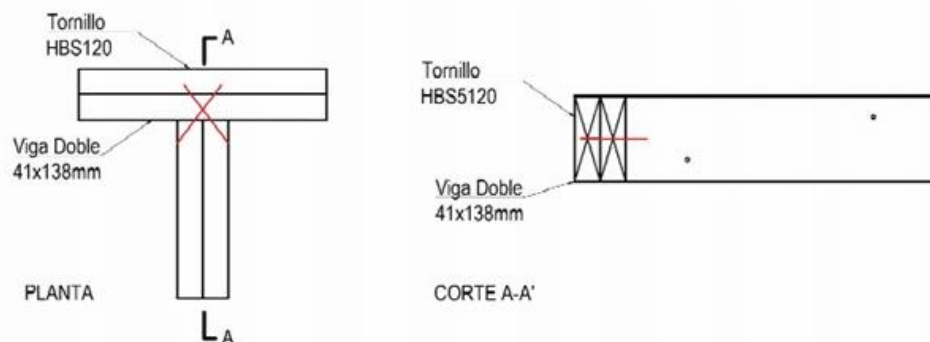
Detalles de puertas y ventanas de PVC y puertas interiores

## D2 UNIÓN VIGAS DOBLE PARRILLA



NOTA: - Tornillos HBS570 @300mm en zigzag, intercalados por ambos lados de la doble viga

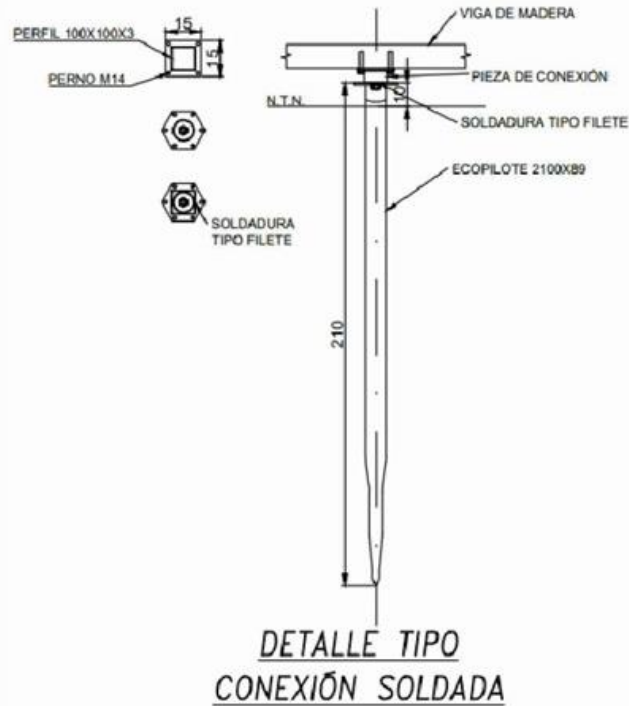
## D3 ENCUENTROS T VIGAS PARRILLA



NOTA: - 4 tornillos en uniones de viga doble  
 - 2 tornillos en unione de viga simple

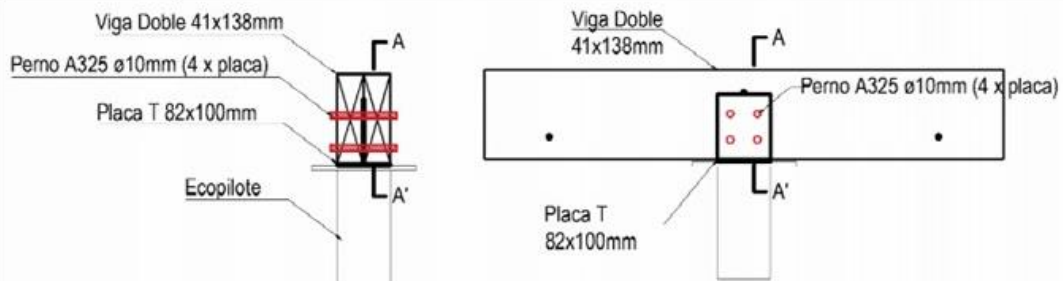
### Ficha 3.3.1

Uniones entre vigas de parrilla estructura sobre ecopilotes



**D1**

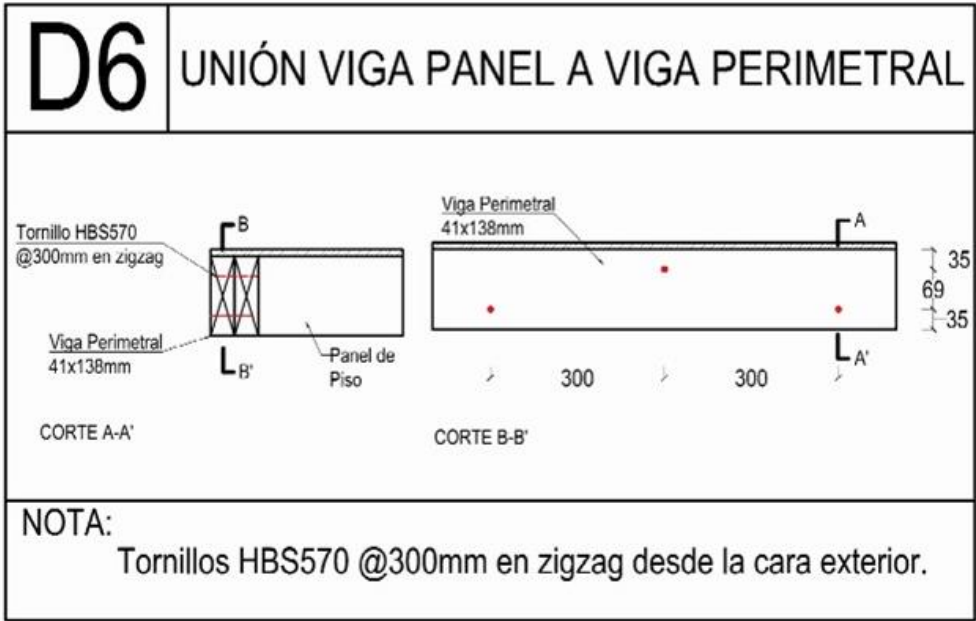
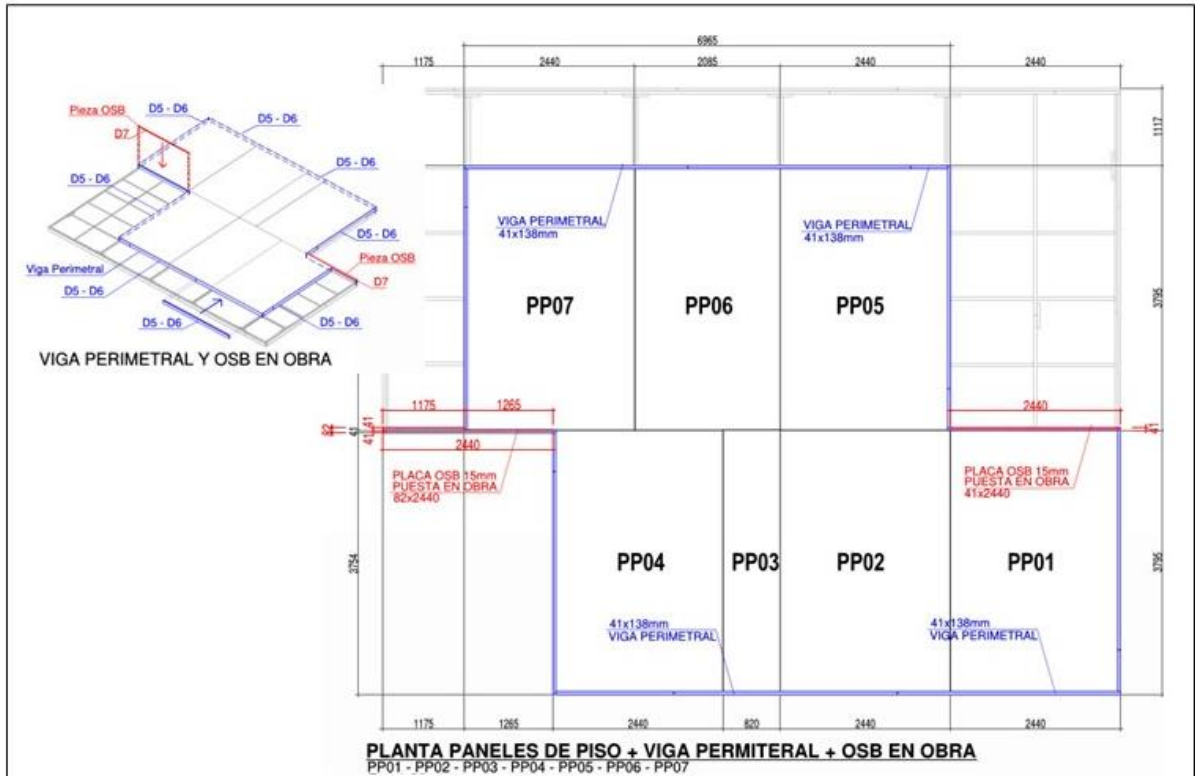
**UNIÓN ECOPILOTE A PARRILLA**



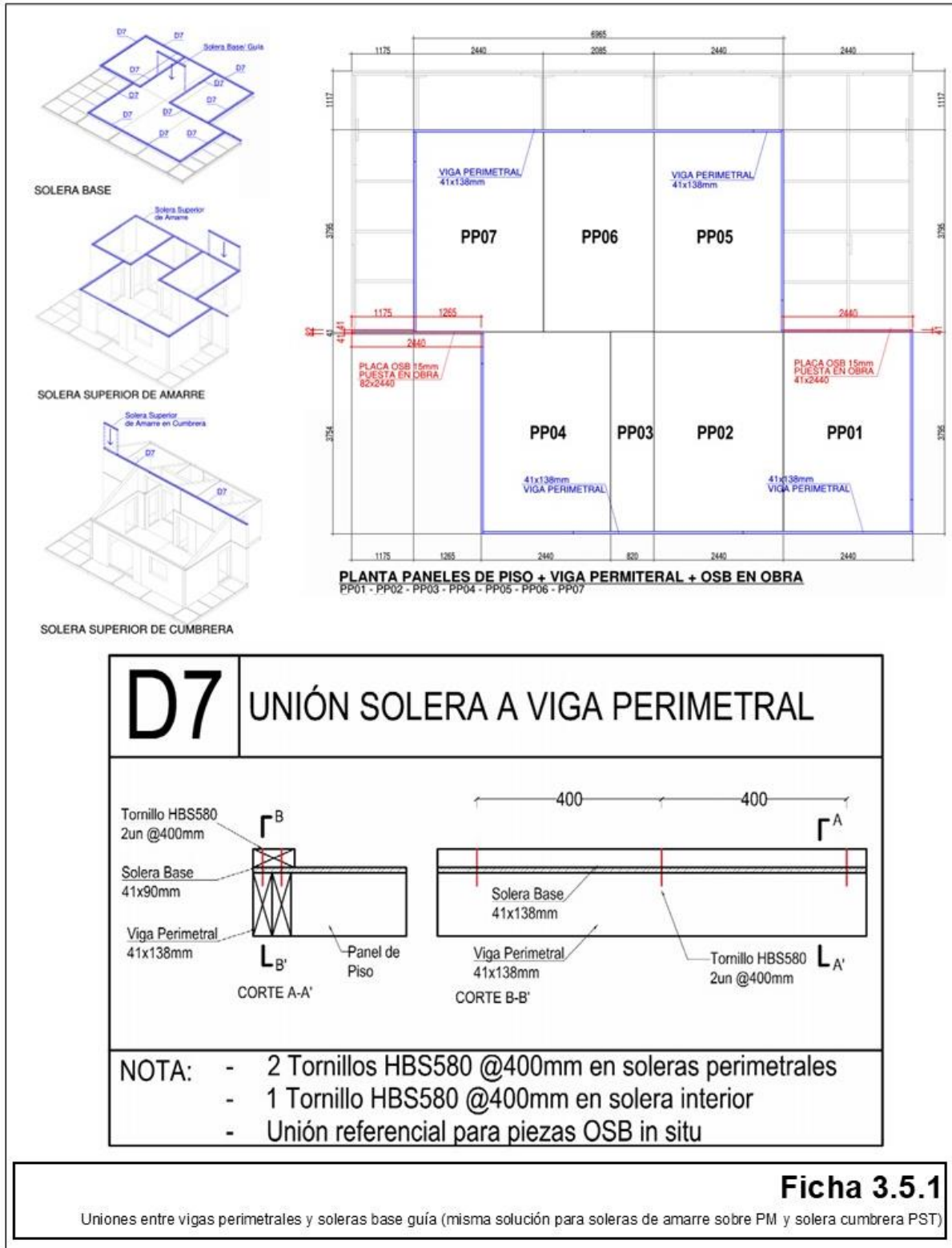
NOTA: - PLACA T (35 unidades) con 4 pernos por placa

**Ficha 3.3.2**

Conexión entre parrilla estructura de madera y fundación tornillos ecopilotes



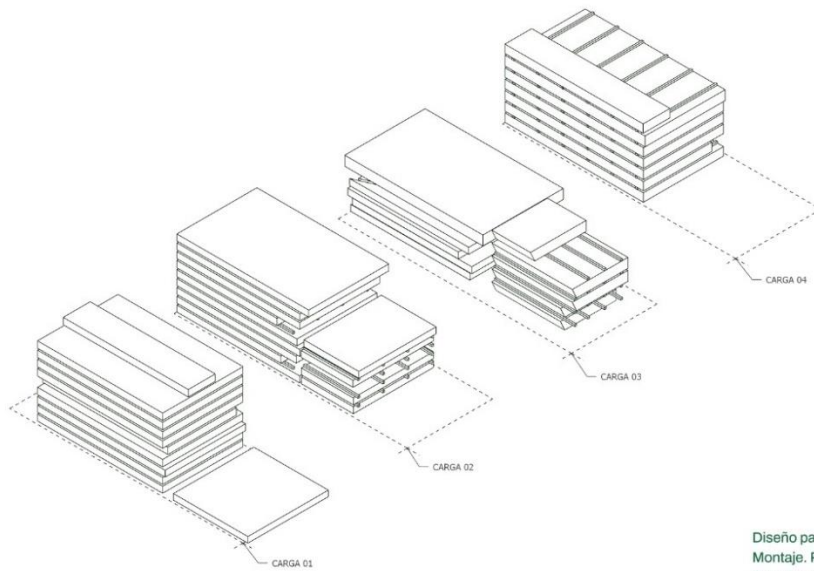
**Ficha 3.4.1**  
 Uniones entre viga perimetral y PP panel de piso



## TRANSPORTABILIDAD

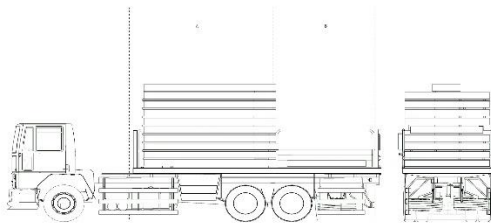
El “Caso de estudio” proyecto el transporte de elementos, paneles estructurales prefabricados para su montaje, optimizando el transporte para disminuir viajes.

 **POLOMADERA**



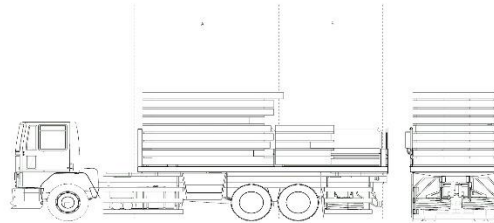
Diseño para la Manufactura y el Montaje. Propuestas de Viviendas Sociales para la Región del Biobío (cod.23BP.246692)

 **POLOMADERA**



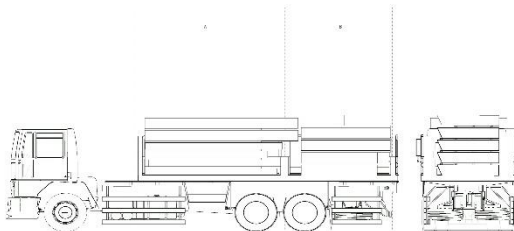
Diseño para la Manufactura y el Montaje. Propuestas de Viviendas Sociales para la Región del Biobío (cod.23BP.246692)

 **POLOMADERA**



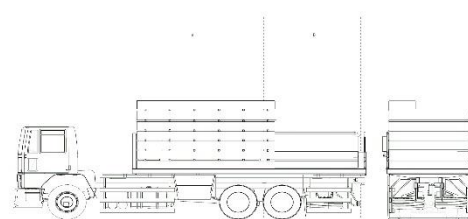
Diseño para la Manufactura y el Montaje. Propuestas de Viviendas Sociales para la Región del Biobío (cod.23BP.246692)

 **POLOMADERA**



Diseño para la Manufactura y el Montaje. Propuestas de Viviendas Sociales para la Región del Biobío (cod.23BP.246692)

 **POLOMADERA**



Diseño para la Manufactura y el Montaje. Propuestas de Viviendas Sociales para la Región del Biobío (cod.23BP.246692)

## IMÁGENES MONTAJE EN TERRENO

Fundaciones y parrilla de fundaciones, paneles de piso PP.





Componente fachada ventilada





MATRIZ 1. Facilidad de acceso a componentes y servicios e instalaciones

1	Facilidad de acceso a componentes y servicios e instalaciones		NIVEL DE LOGRO 0 A 2				Observaciones
	0	1	2	3	4	Puntaje (max. 2 pts)	
Esta característica permite reducir el tiempo y la generación de residuos al reemplazar un material o conector. Para su eficiencia las conexiones deberían estar expuestas en la medida de lo posible y considerar suficiente espacio para realizar maniobras de desmontaje.							
<b>1 Elementos</b>							
1.1	PM-Panels estructurales de muros perimetrales (Ficha 1.1)		X			2	
1.2	PM-Panels estructurales de muros interiores (Ficha 1.2)		X			2	
1.3	PT-Panels estructurales de techo (Ficha 1.3)		X			2	
1.4	PTC-Panels estructurales de techo corredor (Ficha 1.4)		X			2	
1.5	PP-Panels estructurales de piso (Ficha 1.5)		X			2	
<b>2 Componentes</b>							
2.1	Panel revestimiento exterior fachada ventilada en madera		X			2	
2.2	Ventanas y puertas de PVC (Ficha 2.2)		X			2	Instalación de componentes atornillados y de acceso directo
2.3	Puertas interiores (Ficha 2.2)		X			2	Instalación de componentes atornillados y de acceso directo
<b>3 Materiales</b>							
3.1	Placa de madera, revestimiento cielo y muros interior		X			2	
3.2	Piezas de listonado de madera por cara exterior paneles de techo PT, PTC para instalación placas metálicas		X			2	
3.3	Piezas de madera para parilla de vigas estructurales sobre pilones de fundaciones		X			1	Revestimientos exteriores de muro atornillados y de acceso directo
3.4	Vigas perimetrales a PP		X			1	
3.5	Soleras base de PM, de amarré superior PM y superior de cumbrera PT		X			1	
3.6	Piezas de madera estructura corredor exterior		X			1	
3.7	Piezas de madera entablado corredor exterior		X			2	
3.8	Piezas de madera revestimiento cielo corredor		X			2	
3.9	Planes de madera, estructura exterior para techo de corredor PTC		X			2	
3.10	Viga de madera sobre pilares corredor exterior, eje A		X			2	
3.11	Escopleta acero galvanizado (fundación)		X			1	
3.12	Plancha de cubierta acero zinc electropintada		X			2	

MATRIZ 2. Independencia / Autonomía

2	Independencia / Autonomía	NIVEL DE LOGRO 0 A 2				Observaciones
		0	1	2	Puntaje (max. 2 pts)	
	Esta calidad permite actualizar partes, componentes, módulos o sistemas, sin afectar sistemas contiguos. Considera el diseño en "capas" tomando en cuenta la temporalidad para funcionalidad y actualizaciones. Componentes o materiales con distinta durabilidad en el tiempo deben poder separarse para facilitar el desmontaje. Este enfoque asegura que el proceso sea ágil, incluso si los componentes tienen duraciones de vida útil diferentes o si se requiere su reemplazo o mantenimiento en momentos distintos.	No considera esperanza de vida de los materiales del componente. Requiere de una secuencia de ensamblaje con jerarquía, no relacionada con la vida útil de los materiales. Componentes muy integrados.	Considera un montaje y desmontaje paralelo pero no la temporalidad de vida útil de los materiales del componente.	Considera montaje y desmontaje paralelo y jerarquía modular abierta, permitiendo el fácil recambio de materiales.		
	<b>1 Elementos</b>					
	1.1 PM-Panels estructurales de muros perimetrales (Ficha 1.1)			X	2	
	1.2 PM-Panels estructurales de muros interiores (Ficha 1.2)			X	2	
	1.3 PT-Panels estructurales de techo (Ficha 1.3)			X	2	
	1.4 PTC-Panels estructurales de techo corredor (Ficha 1.4)			X	2	
	1.5 PP-Panels estructurales de piso (Ficha 1.5)			X	2	
	<b>2 Componentes</b>					
	2.1 Panel revestimiento exterior fachada ventilada en madera			X	2	
	2.2 Ventanas y puertas de PVC (Ficha 2.2)			X	2	
	2.3 Puertas interiores (Ficha 2.2)			X	2	
	<b>3 Materiales</b>					
	3.1 Placa de madera, revestimiento cielo y muros interior			X	2	
	3.2 Piezas de listonado de madera por cara exterior paneles de techo PTC para instalación placas metálicas		X		1	
	3.3 Piezas de madera para parrilla de vigas estructurales sobre pilotes de fundaciones		X		1	
	3.4 Vigas perimetrales a PP		X		1	
	3.5 Soleras base de PM, de amaire superior PM y superior de cumbrera PT		X		1	
	3.6 Piezas de madera estructura corredor exterior			X	2	Revestimientos exteriores de muro, alforjados y de acceso directo
	3.7 Piezas de madera enabladado corredor exterior			X	2	
	3.8 Piezas de madera revestimiento cielo corredor			X	2	
	3.9 Pilares de madera, estructura exterior para techo de corredor PTC			X	2	
	3.10 Viga de madera sobre pilares corredor exterior, oje A			X	2	
	3.11 Ecolite acero galvanizado (fundación)		X		1	
	3.12 Panel de cubierta acero zinc electrolitado		X		1	
						Puntaje máximo: 40 puntos
	<b>Independencia / Autonomía :</b>			<b>PUNTAJE TOTAL :</b>	<b>34</b>	

**MATRIZ 3. Prescendencia de terminaciones y tratamientos innecesarios**

3	Prescendencia de terminaciones y tratamientos innecesarios					NIVEL DE LOGRO 0 A 2		Observaciones
	0	1	1	1	Puntaje (máx. 2, pts)			
	Para facilitar el desmontaje se deben evitar acabados que puedan impedir la realización o reciclaje del sustrato. Los acabados deben tener un propósito específico, por ej. para protección contra incendios y/o corrosión.							
	<b>1 Elementos</b>							
1.1	PM-Paneles estructurales de muros perimetrales (Ficha 1.1)		X	X	2	Panel sin tratamiento o material adherido que impida su fácil reutilización		
1.2	PM-Paneles estructurales de muros interiores (Ficha 1.2)		X	X	2	Panel sin tratamiento o material adherido que impida su fácil reutilización		
1.3	PT-Paneles estructurales de techo (Ficha 1.3)		X	X	2	Panel sin tratamiento o material adherido que impida su fácil reutilización		
1.4	PTC-Paneles estructurales de techo corredor (Ficha 1.4)		X	X	2	Panel sin tratamiento o material adherido que impida su fácil reutilización		
1.5	PP-Paneles estructurales de piso (Ficha 1.5)		X	X	2	Panel sin tratamiento o material adherido que impida su fácil reutilización		
	<b>2 Componentes</b>							
2.1	Panel revestimiento exterior fichada ventilada en madera		X	X	2	Panel de madera sin producto de terminación		
2.2	Ventanas y puertas de PVC (Ficha 2.2)		X	X	1	Componente sin terminación o acabado por sobre material de fábrica		
2.3	Puertas interiores (Ficha 2.2)		X	X	2	Considerar terminación aceite tipo Osmo		
	<b>3 Materiales</b>							
3.1	Placa de madera, revestimiento cielo y muros interior		X	X	2	Considerar terminación aceite tipo Osmo		
3.2	Piezas de listonado de madera por cara exterior paneles de techo PT/PTC para instalación placas metálicas		X	X	1	Madera tratada con CCA. No considera terminación sobre el material.		
3.3	Piezas de madera para parilla de vigas estructurales sobre pilotes de fundaciones		X	X	1	Madera tratada con CCA. No considera terminación sobre el material.		
3.4	Vigas perimetrales a PP		X	X	1	Madera tratada con CCA. No considera terminación sobre el material.		
3.5	Soleras base de PM, de amarre superior PM y superior de cumbrera PT		X	X	1	Madera tratada con CCA. No considera terminación sobre el material.		
3.6	Piezas de madera estructura corredor exterior		X	X	1	Madera tratada con CCA. No considera terminación sobre el material.		
3.7	Piezas de madera embaldado corredor exterior		X	X	2	Madera termotratada. No considera terminación sobre el material.		
3.8	Piezas de madera revestimiento cielo corredor		X	X	2	Madera termotratada. No considera terminación sobre el material.		
3.9	Pilares de madera, estructura exterior para techo de corredor PTC		X	X	2	Madera laminada. Considera terminación aceite Osmo		
3.10	Viga de madera sobre pilares corredor exterior, eje A		X	X	2	Madera tratada con CCA. No considera terminación sobre el material.		
3.11	Ecopilote acero galvanizado (fundación)		X	X	2	No considera terminación sobre el material.		
3.12	Puncha de cubierta acero zinc 0.5		X	X	2	Terminación electropintado, pintura electro estática		
	<b>Prescendencia de terminaciones y tratamientos innecesarios :</b>							
				<b>PUNTAJE TOTAL</b>	<b>34</b>		<b>Puntaje máximo 40 puntos</b>	





MATRIZ 6. Estandarización

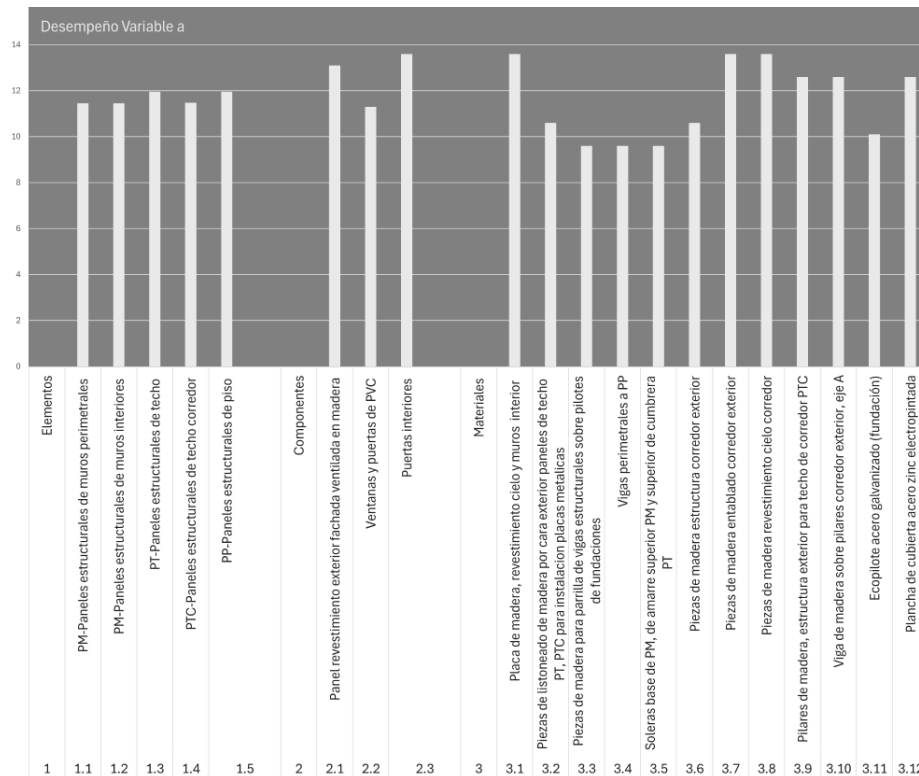
6	Estandarización	NIVEL DE LOGRO 0,42										Observaciones		
		0	0,5	0	0,5	0	0,5	0	0,5	0	0,5		Puntaje (máximo 2)	
<p>El nivel de estandarización dentro de la construcción, se puede evaluar en distintos niveles a través de un porcentaje del total construido. La estandarización se relaciona con elementos, componentes, productos o procesos, facilita el desmontaje, templado o desconstrucción. También puede facilitar el transporte, acople y re-uso.</p>														
<b>1 Elementos</b>														
1.1	PM4 Paneles estructurales de muros perimetrales (Ficha 1.1)	X			X				X			X	1,5	
1.2	PM4 Paneles estructurales de muros interiores (Ficha 1.2)	X			X				X			X	1,5	
1.3	PT Paneles estructurales de techo (Ficha 1.3)		X									X	2	
1.4	PTC-Paneles estructurales de techo corredor (Ficha 1.4)		X									X	2	
1.5	PP-Paneles estructurales de piso (Ficha 1.5)		X									X	2	
<b>2 Componentes</b>														
2.1	Panel revestimiento exterior fachada ventilada en madera (Ficha 2.1)	X							X			X	1,5	
2.2	Ventanas y puertas de PVC (Ficha 2.2)		X						X			X	1,5	
2.3	Puertas interiores (Ficha 2.2)		X						X			X	2	
<b>3 Materiales</b>														
3.1	Placa de madera, revestimiento cielo y muros, interior		X						X			X	2	
3.2	Piezas de listonado de madera por cara exterior paneles de techo PT, PTC para instalación placas metálicas		X						X			X	2	
3.3	Piezas de madera para parilla de vigas estructurales sobre pilotes de fundaciones		X						X			X	2	
3.4	Vigas perimetrales a PP		X						X			X	2	
3.5	Soleras base de PM, de amarre superior PM y superior de cumbrera PT		X						X			X	2	
3.6	Piezas de madera estructura corredor exterior		X						X			X	2	
3.7	Piezas de madera entablado corredor exterior		X						X			X	2	
3.8	Piezas de madera revestimiento cielo corredor		X						X			X	2	
3.9	Piezas de madera, estructura exterior para techo de corredor PTC		X						X			X	2	
3.10	Viga de madera sobre pilares corredor exterior, eja A		X						X			X	2	
3.11	Escoplete acero galvanizado (fundación)		X						X			X	1,5	
3.12	Pantalla de cubierta acero zinc electrolitada		X						X			X	2	
<b>Estandarización:</b>											<b>PUNTAJE TOTAL</b>	<b>37,5</b>	Puntaje máximo: 40 puntos	

MATRIZ 7. Seguridad de desmontaje.

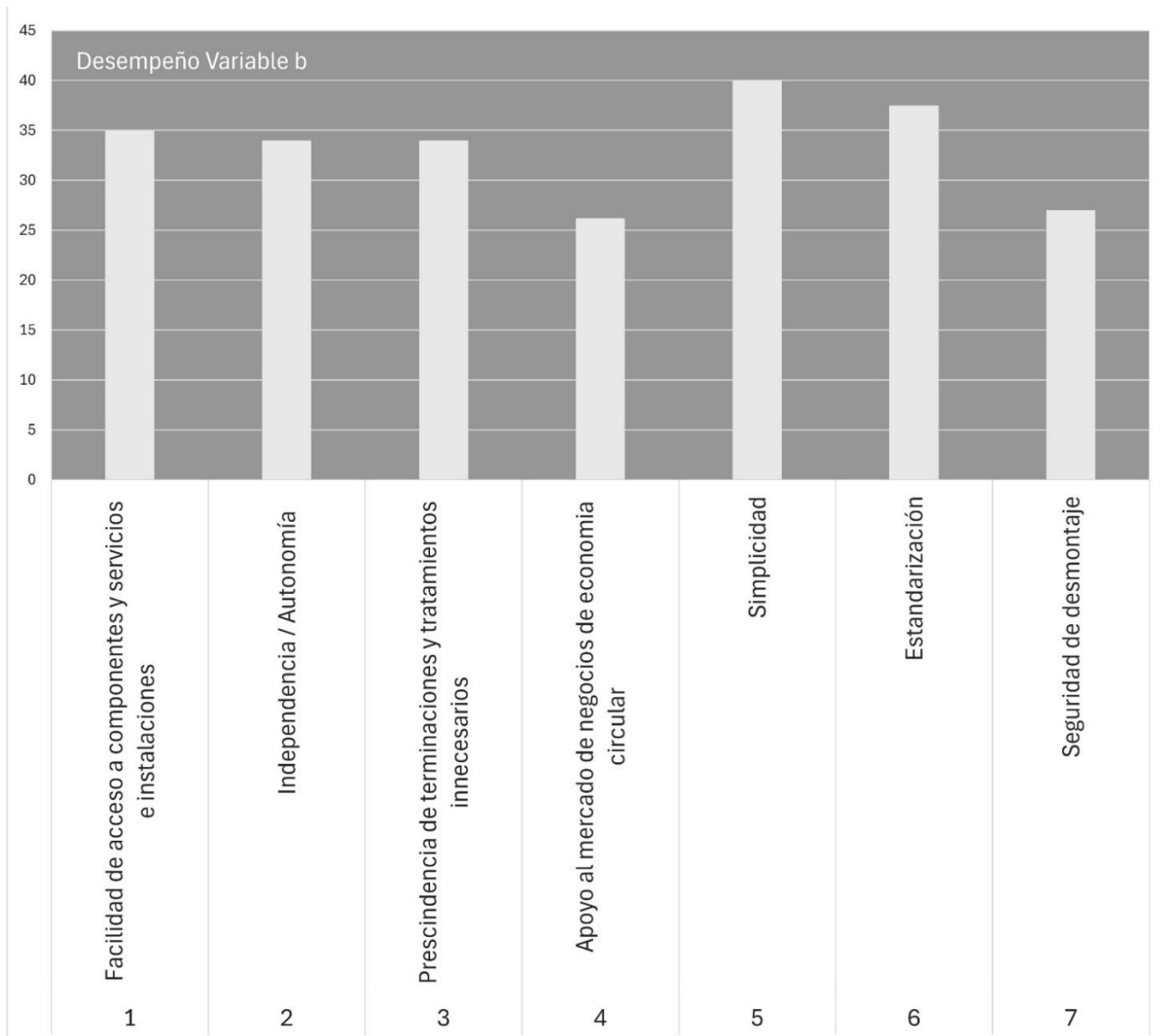
7	Seguridad de desmontaje	NIVEL DE LOGRO 0 A 2				Observaciones
		0	1	2	Puntaje (máx. 2 pts)	
Cualquier componente, módulo o sistema que deba desmontarse requiere un plan de desmontaje que se considera desde el inicio del diseño para garantizar su eficacia. Considera en forma global todos los principios vistos anteriormente (1 a 6). También tiene que ver con el fácil acceso a información precisa sobre los materiales originales y los métodos de montaje utilizados para un activo, junto con detalles de cualquier renovación importante posterior. Especialmente relevantes son la accesibilidad a las unidades, las conexiones expuestas, conexiones reversibles, independencia entre unidades, prescindencia de acabados innecesarios, simplicidad (numero de elementos, componentes, materiales), tiempo de ejecución, estandarización y durabilidad.		No asegura la desmontabilidad	Mediamente desmontable. Es posible su desmontabilidad pero con dificultades.	Facilmente desmontable		
<b>1 Elementos</b>						
1.1	PM-Paneles estructurales de muros perimetrales (Ficha 1.1)		X		1	
1.2	PM-Paneles estructurales de muros interiores (Ficha 1.2)		X		1	
1.3	PT-Paneles estructurales de techo (Ficha 1.3)		X		1	
1.4	PTC-Paneles estructurales de techo corredor (Ficha 1.4)		X		1	
1.5	PP-Paneles estructurales de piso (Ficha 1.5)		X		1	
<b>2 Componentes</b>						
2.1	Panel revestimiento exterior fachada ventilada en madera (Ficha 2.1)			X	2	
2.2	Ventanas y puertas de PVC (Ficha 2.2)			X	2	
2.3	Puertas interiores (Ficha 2.2)			X	2	
<b>3 Materiales</b>						
3.1	Placa de madera, revestimiento cielo y muros interior			X	2	
3.2	Piezas de listonado de madera por cara exterior, paneles de techo PT, PTC para instalación placas metálicas		X		1	
3.3	Piezas de madera para parrilla de vigas estructurales sobre pilotes de fundaciones		X		1	
3.4	Vigas perimetrales a PP		X		1	
3.5	Soleras base de PM, de amarre superior PM y superior de cumbriera PT		X		1	
3.6	Piezas de madera estructura corredor exterior		X		1	
3.7	Piezas de madera entablado corredor exterior		X		2	
3.8	Piezas de madera revestimiento cielo corredor			X	2	
3.9	Pilares de madera, estructura exterior para techo de corredor PTC		X		1	
3.10	Viga de madera sobre pilares corredor exterior, eje A		X		1	
3.11	Ecopilote acero galvanizado (fundación)		X		1	
3.12	Panocha de cubierta acero zinc electrolitada			X	2	
<b>Seguridad de desmontaje :</b>				<b>PUNTAJE TOTAL</b>	<b>27</b>	Puntaje máximo 40 puntos

2a	Conexiones reversibles			0	1	1	Puntaje (máx. 2 puntos)	Tipo de conector	Observaciones
	El uso de conexiones reversibles entre materiales o componentes facilita el desmontaje, posibilitando reutilizar o reciclar. Evitar pegamentos, pastas, soldaduras, químicos. Utilizar conexiones que no dañan el material que conectan.	Conector no reversible	Conector reversible	Conector fácilmente reemplazable (acceso y estándar)					
<b>1 Elementos</b>									
1.1	PM-Paneles estructurales de muros perimetrales (Ficha 1.1)						-	-	
	Entre materiales de capas que componen el elemento	X					0	clavo	
	Entre elementos: PM - PM encuentro en "T" (Ficha 1.1.2)		X	X	X		2	tomillo	
	Entre elementos: PM - PM encuentro en "L" (Ficha 1.1.3)		X	X	X		2	placa metálica y tornillos	
	Entre elementos: PM - PM union en línea (Ficha 1.1.4)		X	X	X		2	placa metálica y tornillos	
	Entre elementos: PM - PP - parrilla estructura fundación (Ficha 1.1.5)		X	X	X		2	placa metálica y tornillos	
	Entre elementos: PM - PT		X	X	X		2	placa metálica y tornillos	
	Entre elementos: PM - solera de amarré - PST (Ficha 1.1.7)		X	X	X		2	placa metálica y tornillos	
1.2	PM-Paneles estructurales de muros interiores (Ficha 1.2)						-	-	
	Entre materiales de capas que componen el elemento	X					0	clavo	
	Entre elementos: PM - PM		X	X	X		2	placa metálica y tornillos	
	Entre elementos: PM - PP		X	X	X		2	placa metálica y tornillos	
	Entre elementos: PM interior - solera base (Ficha 1.2.4)		X	X	X		2	tomillo	
	Entre elementos: PM interior - solera de amarré - PST (Ficha 1.2.5)		X	X	X		2	tomillo	
1.3	PT-Paneles estructurales de techo (Ficha 1.3)						-	-	
	Entre materiales de capas que componen el elemento	X					0	clavo	
	Entre elementos: PT - PT (Ficha 1.3.2)		X	X	X		2	placa metálica y tornillos	
	Entre elementos: PT - PMS (Ficha 1.3.3)		X	X	X		2	placa metálica y tornillos	
	Entre elementos: Cumbre PT - PMS (Ficha 1.3.4)		X	X	X		2	tomillo	
1.4	PTC-Paneles estructurales de cubierta corredor (Ficha 1.4)						-	-	
	Entre materiales de capas que componen el elemento	X					0	clavo	
	Entre elementos: PTC - PTC		X	X	X		2	placa metálica y tornillos	
	Entre elementos: PTC - PM		X	X	X		2	placa metálica y tornillos	
	Entre elementos: PT - viga corredor exterior, eje A				X		2	tomillo	
1.5	PP-Paneles estructurales de piso (Ficha 1.5)						-	-	
	Entre materiales de capas que componen el elemento	X					0	clavo	
	Entre elementos: PP - PP		X	X	X		2	placa metálica y tornillos	
	Entre elementos: PP - estructura parrilla envigado (Ficha 1.5.3)		X	X	X		2	placa metálica y tornillos	
<b>2 Componentes</b>									
2.1	Panel revestimiento exterior fachada ventilada en madera						-	-	
	Entre unidades que componen el componente		X	X	X		2	tomillo	
	Entre componentes		X	X	X		2	tomillo	
2.2	Ventanas y puertas de PVC (Ficha 2.2)						-	-	
	Entre unidades que componen el componente		X	X	X		2	herrajes	
	Entre componentes y panel estructural contiguo		X	X	X		2	tomillo	
2.3	Puertas interiores (Ficha 2.2)						-	-	
	Entre unidades que componen el componente (puerta - marco)	X					0	clavo	
	Entre componentes y panel estructural contiguo		X	X	X		2	tomillo	
<b>3 Materiales</b>									
3.1	Placa de madera, revestimiento cielo y muro interior (Ficha 3.1)						-	-	
	Entre placa y listones de PM y PT		X	X	X		2	tomillo	
3.2	Placas metálicas						-	-	
	Entre listones de madera y listoneado de PT		X	X	X		2	tomillo	
3.3	Piezas de madera para parrilla de vigas estructurales sobre pilotes de fundaciones						-	-	
	Entre vigas dobles y uniones T entre vigas (Ficha 3.3.1)		X	X	X		2	tomillo	
	Entre parrilla y ecopilotes (Ficha 3.3.2)		X	X	X		2	pernos	
3.4	Vigas perimetrales a PP						-	-	
	Entre vigas perimetrales y paneles PP (Ficha 3.4.1)		X	X	X		2	tomillo	
3.5	Soleras base de PM, de amarré superior PM y superior de cumbre PT						-	-	
	Entre soleras y vigas respectivas (Ficha 3.5.1)		X	X	X		2	tomillo	
3.6	Piezas de madera vigas estructura corredor exterior						-	-	
	Entre vigas y parrilla de vigas estructurales		X	X	X		2	tomillo	
3.7	Piezas de madera entablado corredor exterior						-	-	
	Entre tablas de entablado y vigas de apoyo		X	X	X		2	tomillo	
3.8	Piezas de madera revestimiento cielo corredor						-	-	
	Entre tablas de entablado y vigas de PTC		X	X	X		2	tomillo	
3.9	Pilares de madera, estructura exterior para techo de corredor PTC, eje A						-	-	
	Entre pilares y vigas superiores		X	X	X		2	tomillo	
	Entre pilares y viga inferior		X	X	X		2	pernos de anclaje y pletina acero	
3.10	Viga de madera sobre pilares corredor exterior, eje A						-	-	
	Entre vigas		X	X	X		2	tomillo	
3.11	Ecopilotes de acero galvanizado (fundación)						-	-	
3.12	Plancha de cubierta acero zinc electrolitada						-	-	
	Entre planchas y PT		X	X	X		2	tomillo de techo con gollita	
<b>Conexiones reversibles :</b>							<b>PUNTAJE TOTAL</b>	<b>72</b>	<b>Puntaje máximo 82 puntos</b>

RESULTADO VARIABLE A: Desempeño de cada unidad de proyecto evaluada, puntajes totales		7 principios DfD de un máximo de 14 ptos.
<b>1</b>	<b>Elementos</b>	
1.1	PM-Paneles estructurales de muros perimetrales	11,45
1.2	PM-Paneles estructurales de muros interiores	11,45
1.3	PT-Paneles estructurales de techo	11,95
1.4	PTC-Paneles estructurales de techo corredor	11,48
1.5	PP-Paneles estructurales de piso	11,95
<b>2</b>	<b>Componentes</b>	
2.1	Panel revestimiento exterior fachada ventilada en madera	13,1
2.2	Ventanas y puertas de PVC	11,3
2.3	Puertas interiores	13,6
<b>3</b>	<b>Materiales</b>	
3.1	Placa de madera, revestimiento cielo y muros interior	13,6
3.2	Piezas de listoneado de madera por cara exterior paneles de techo PT, PTC para instalación placas metálicas	10,6
3.3	Piezas de madera para parrilla de vigas estructurales sobre pilotes de fundaciones	9,6
3.4	Vigas perimetrales a PP	9,6
3.5	Soleras base de PM, de amarre superior PM y superior de cumbrera PT	9,6
3.6	Piezas de madera estructura corredor exterior	10,6
3.7	Piezas de madera entablado corredor exterior	13,6
3.8	Piezas de madera revestimiento cielo corredor	13,6
3.9	Pilares de madera, estructura exterior para techo de corredor PTC	12,6
3.10	Viga de madera sobre pilares corredor exterior, eje A	12,6
3.11	Ecopilote acero galvanizado (fundación)	10,1
3.12	Plancha de cubierta acero zinc electropintada	12,6



RESULTADO VARIABLE B: Desempeño del proyecto evaluado con respecto a cada principio, puntajes totales		Sumatoria para cada principio DfD de un máximo de 40 ptos. por principio
1	Facilidad de acceso a componentes y servicios e instalaciones	35
2	Independencia / Autonomía	34
3	Prescindencia de terminaciones y tratamientos innecesarios	34
4	Apoyo al mercado de negocios de economía circular	26
5	Simplicidad	40
6	Estandarización	38
7	Seguridad de desmontaje	27
<b>Puntaje total proyecto evaluado (puntaje máximo 280 puntos)</b>		<b>233,7</b>



<b>RESULTADO VARIABLE C: Indicador intervalos de evaluación. Criterios cumplidos por proyecto evaluado.</b>	<b>Puntajes</b>	<b>Porcentaje</b>
Puntaje maximo ideal (sumatoria puntajes maximos de los 7 principios DfD)	280,0	100%
Puntaje total obtenido por proyecto evaluado	233,7	83,46%
<b>Resultados según indicador de intervalos- aptitud de desmontabilidad:</b>		
90% - 100%= excelente		
60% - 89% = muy bueno		83,46%
30% - 59% = bueno		
0% - 29% = falta puntuación		