

# DISEÑO CIRCULAR DE VIVIENDAS PARA CHILE

ESTRATEGIAS Y EJEMPLOS DE INSPIRACIÓN

Imagen Portada: Marjorie Barros, Esquema de reversibilidad del Pabellón de Milán. En: "Arquitectura Reversible", Tesis MASE, Facultad de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos, PUC. 2020.

#### DESCARGO DE RESPONSABILIDAD

Este documento refleja únicamente los puntos de vista de sus autores. No representa ni sustituye un asesoramiento legal o técnico personalizado. Los autores y la institución financiadora ANID no son responsables del uso que pueda hacerse de la información contenida en este documento.

*This publication builds further on: Galle, W., Poppe, et al. (2019). Building a Circular Economy. Design Qualities to Guide and Inspire Building Designers and Clients. VUB Architectural Engineering, Brussels ([www.vub.be/arch/circulardesign](http://www.vub.be/arch/circulardesign)). That research was made possible thanks to the financial support of the European Regional Development Fund (ERDF) and the Brussels-Capital Region for the research project Le Bâti Bruxellois : Source de nouveaux Matériaux (BBSM).*

Tiene derecho a descargar, imprimir y distribuir digitalmente este documento.  
No tiene derecho a modificarlo o utilizarlo con fines comerciales



## **ECONOMÍA CIRCULAR EN LA CONSTRUCCIÓN**

La industria de la construcción es actualmente la mayor consumidora de recursos y materias primas, y genera un 35% de los residuos sólidos a nivel mundial. Esto puede ser contrarrestado con la implementación de estrategias que estén en línea con los principios de la economía circular (EC), motivo por el cual el sector de la construcción es considerado uno de los espacios claves para una efectiva transición del mundo a la economía circular. Existen diversas estrategias para aplicar los principios de la economía circular a la construcción, que adquieren un alto impacto cuando se aplican desde la etapa de diseño arquitectónico, así como también en la etapa de fabricación de los productos. El presente documento profundiza en el diseño y construcción circular, particularmente mediante la ejemplificación de 16 cualidades de diseño circular en el contexto chileno.

## **16 CUALIDADES DE DISEÑO CIRCULAR**

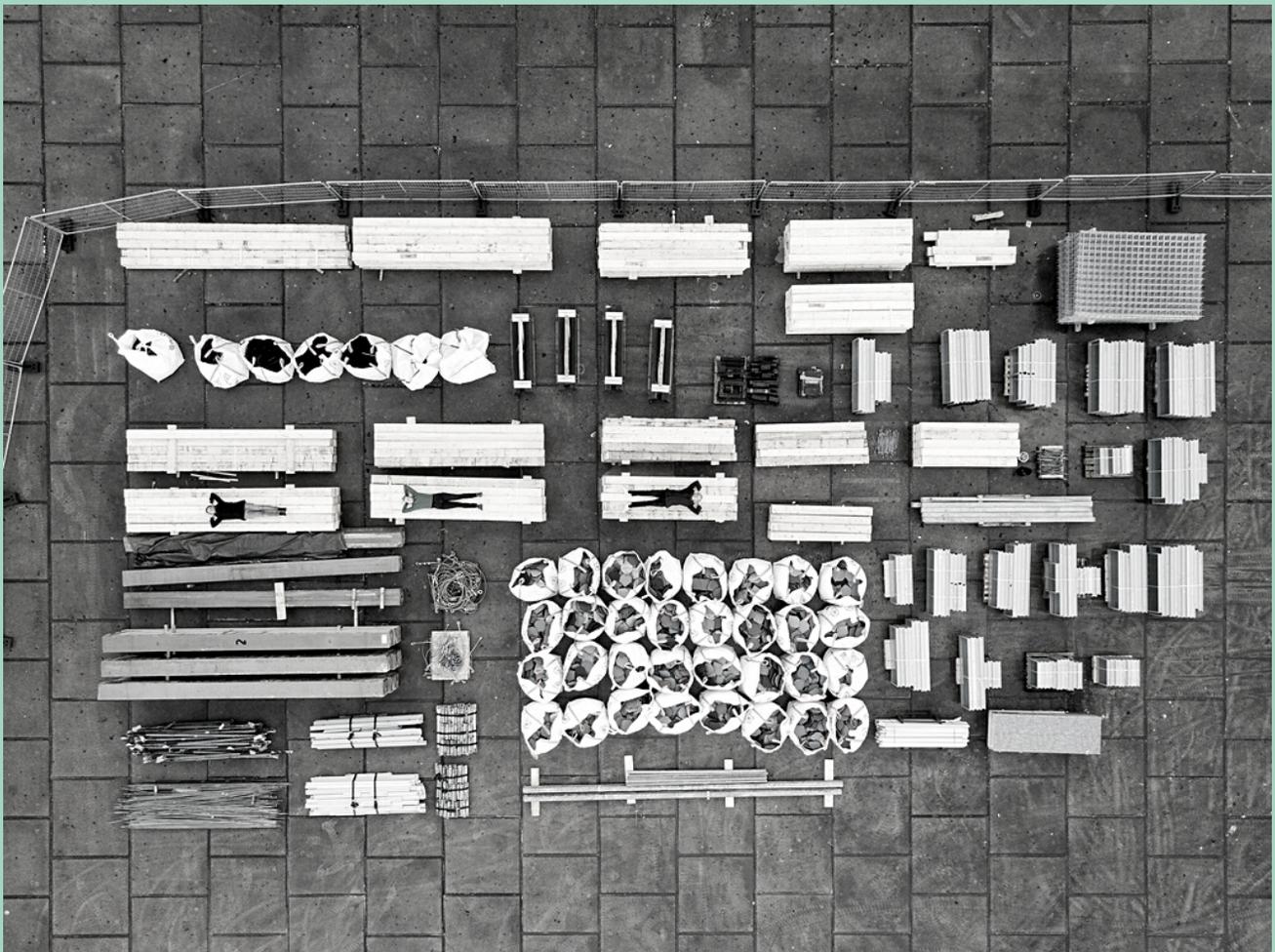
Con el objetivo de facilitar la transición del sector de la construcción hacia la economía circular a través de diferentes opciones de cualidades de diseño, en 2019, *VUB Architectural Engineering* (Bélgica) publica "*Design Qualities to Guide and Inspire Building Designers and Clients*" donde se describen 16 cualidades de diseño circular que permiten una reutilización, reciclaje y renovación más eficaz de las edificaciones y sus componentes.

El término "cualidades de diseño" es utilizado intencionalmente por sobre otros como "criterios" o "indicadores" para evitar su uso como un sistema de puntuación. Dado que las cualidades de diseño descritas en el presente documento no pueden ser utilizadas en todos los contextos y no siempre pueden ser combinadas (algunas incluso se contraponen entre ellas) no debe apuntarse a aplicar la mayor cantidad de cualidades posible. De este modo, las cualidades de diseño deben ser comprendidas como fuente de inspiración, de las cuales los profesionales pueden usar las que consideren más adecuadas considerando el contexto, el carácter del proyecto, las oportunidades del sitio, la relación con otros aspectos de la sustentabilidad, etc.

El objetivo del presente documento es describir, a través de ejemplos nacionales, los conceptos principales de las 16 Cualidades de Diseño Circular y entregar herramientas para comprender las generalidades de un diseño circular que incorpore la visión del tiempo, cambios y ciclos propios de nuestro entorno, contribuyendo a instalar en nuestra industria los principios sostenibles de la economía circular: mantener en circulación los recursos por el mayor tiempo, con su mayor calidad, dentro de la mayor cantidad de ciclos posibles.

## **REVERSIBLE BUILDING DESIGN. VIEWING A BUILDING AS A MATERIAL BANK**

El presente documento se enmarca en el Proyecto FONDECYT de Iniciación en Investigación 2020 N° 11200688: *Reversible Building Design. Viewing a Building as a Material Bank* financiado por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo de Chile (ANID). El proyecto tiene por objetivo proponer una estrategia de Diseño Reversible para vivienda representativa de Chile, es decir, un protocolo de diseño que informará a los arquitectos y tomadores de decisiones sobre la capacidad de transformación y el potencial de reutilización del diseño y los impactos de las soluciones de diseño durante la fase de diseño conceptual.



*People´s Pavilion: Materiales ordenados previo al montaje de la obra. Una vez finalizado el tiempo de uso del edificio, estos materiales fueron desmontados en perfectas condiciones para ser reutilizados.*

*Diseño: Overtreders W & Bureau SLA*

*Foto: Jeroen van der Wielen*

*Dutch Design Week, Países Bajos, 2017*

# Contenidos

<b>1 - Entendiendo la circularidad en las edificaciones</b>	<b>3</b>
Diseño tradicional v/s entornos cambiantes	3
Descomposición funcional y tiempo, hacia una arquitectura en capas	5
<b>2 - Vivienda en Chile</b>	<b>9</b>
<b>3 - Comprendiendo las 16 Cualidades de Diseño Circular</b>	<b>11</b>
Reutilizado	15
Reciclado	17
Renovado	19
Compostable	21
Seguro y Saludable	23
Monomaterial	25
Durable	27
Sencillo	29
Manejable	31
Accesible	33
Desmontable	35
Independiente	37
Compatible	39
Polivalente	41
Diverso	43
Localización y Terreno	45
<b>4 - Conclusión</b>	<b>46</b>
<b>5.- Glosario</b>	<b>47</b>
<b>6.- Bibliografía</b>	<b>51</b>



# 1 - Entendiendo la circularidad en las edificaciones

Las edificaciones son parte fundamental en el desarrollo socioeconómico de un país. Su diseño y construcción son un aporte significativo en la economía y empleo de una región y su desarrollo permite satisfacer las múltiples necesidades de una sociedad. Sin embargo, pese a su enorme y positivo impacto, son intensivas en el uso de recursos vírgenes y generación de residuos. Lo anterior, sustentado en un modelo de desarrollo lineal de extraer-producir-consumir- desechar genera impactos que son insostenibles a largo plazo.

En consecuencia, resulta evidente que el diseño y construcción de nuestras edificaciones debe cambiar del paradigma lineal de producción y consumo por un modelo que sustituya el concepto de «fin de vida» por la reducción, la reutilización, el reciclaje y la recuperación de materiales en los procesos de producción y consumo. De este modo, se podrán mantener los recursos circulando la mayor cantidad de tiempo posible disminuyendo la demanda de materiales vírgenes y la generación de residuos.

La aplicación de los principios de la economía circular a un proyecto de edificación incluye el diseño, la gestión de la construcción, los modelos de negocio involucrados y la minería urbana como potencial stock de materiales.

En el presente documento, nos concentraremos en el diseño de edificaciones circulares, entendiendo por un edificio circular, al conjunto de materiales, productos y elementos con una identidad documentada, registrando su origen y sus posibles usos futuros, ensamblados de una manera tal que les permitan adaptarse a las cambiantes necesidades de los usuarios en el tiempo, flexibles para cambiar de uso y preparados para su posterior desmontaje al final de su vida útil.

## 1.1. Diseño tradicional v/s entornos cambiantes

*Building is not something you finish.  
Building is something you start.  
(Brand 1995, citado por Durmicevic 2006)*

Cuando un profesional de nuestra industria (arquitecta/o, ingeniera/o, constructor/a civil u otras/os), se enfrenta al desafío de una nueva obra, automáticamente en su pensamiento se dibuja una línea temporal: El encargo tiene un inicio y un final muy preciso (ver figura 1): Se “inicia” el proceso cuando el mandante plantea sus necesidades, se delimita el programa y se comprende el entorno urbano/rural donde se desarrollará la obra, definiendo así los primeros lineamientos.

El proyecto y la obra avanzan hasta llegar a su fase de “término” cuando se finaliza la construcción y se entrega para ser habitada. Estos puntos de “inicio y término” de un obra de arquitectura la definen como un proyecto tradicional lineal: concebido como un sistema estático, instalado en un único terreno, sustentado bajo el paradigma que durará para siempre idéntico a como fue proyectado y construido. El(la) arquitecto(a) y el(la) constructor(a) toman distancia y el inmueble comienza a vivir su propio proceso. Se dejan de lado consideraciones como el deterioro que sufren sus materiales o componentes, o el dinamismo propio del entorno urbano y las necesidades cambiantes de los usuarios.



Figura 1: Línea de tiempo "Inicio-Fin" de un proyecto-obra de arquitectura tradicional. Elaboración propia

Las/os profesionales de la industria de la construcción son responsables de proyectar y construir nuestro entorno, pero al mismo tiempo son humanos: viven y habitan los espacios. En definitiva, es muy probable que ellas/os sean capaces de visualizar que nuestro entorno es dinámico y que los espacios, las edificaciones, y los materiales se ven afectados por aquellos cambios que suceden a través del tiempo. Entonces resulta pertinente preguntarse **¿Se diseña y construye una obra autónoma para que cumpla sólo con los requerimientos solicitados en el presente? O ¿Se diseña y se construye hoy para permitir el desarrollo de una historia futura?**

*"El tiempo es un presente triple: el presente como lo experimentamos, el pasado como memoria presente y el futuro como expectativa presente (Kant). Según ese criterio, el mundo del año 2025 ya ha llegado, porque en las decisiones que tomamos ahora, en la forma en que diseñamos nuestro entorno y así trazamos las líneas de las limitaciones, el futuro está comprometido".*  
Dutt 1996, citado por Durmicevic 2006

De acuerdo a investigaciones realizadas durante la década del 90 en Ámsterdam, existe una aceleración en los cambios que se visualizan tanto a nivel de la ciudad como en los edificios. En efecto, "las viviendas cuya vida útil es de 50 años comienza a cambiar al tercer año. En promedio, toda la vivienda se transforma en 25 años. Se espera que el pulso del cambio se acelere aún más en el futuro cercano" (Durmisevic, 2006).

Cuando se proyecta un edificio de forma tradicional, sólo se piensa en el método o sistema con el cual se construirá. Desde ese momento el diseño instala lo estático y lineal, determinando que el edificio permanecerá igual en el tiempo, sin sufrir modificaciones. Es necesario dar un giro hacia un cambio de paradigma desde la etapa de diseño arquitectónico: Incorporar la mirada del tiempo, las variaciones y transformaciones, comprendiendo al objeto arquitectónico como un ente dinámico vivo que tiene sus propios ritmos de cambios, los cuales afectan tanto a los componentes materiales como a su composición funcional y su programa. "A diferencia de las estructuras convencionales en las que el diseño se ocupa de la composición funcional, técnica y física, el diseño de estructuras reversibles considera la descomposición funcional, técnica y física" (Durmisevic, 2018).

Los ajustes y transformaciones que sufren las edificaciones son parte de un proceso natural que en una arquitectura tradicional no se consideran con la profundidad que se requiere. "Nuestros deseos y necesidades hacen obsoletos los edificios que de otro modo serían duraderos" (Cambier, 2019, b). Estas transformaciones se realizan de acuerdo a las tecnologías disponibles en el momento. El diseño para la deconstrucción o diseño de edificaciones reversibles forman parte de nuevas estrategias que toda obra de arquitectura debe incorporar para que el dinamismo propio de nuestra vida se plasme en el edificio y estas transformaciones provoquen un mínimo impacto en el medioambiente.

## 1.2. Descomposición funcional y tiempo, hacia una arquitectura en capas

En una arquitectura tradicional, los fenómenos de cambios y transformaciones son prácticamente enemigos para el proceso de diseño y para la propia vida útil del edificio. Convencionalmente el edificio se entiende como un sistema en el cual tanto materiales como componentes y sistemas constructivos se reúnen y se integran para conformar un todo estático. Ellos están ideados para ser ensamblados de manera fija y así conformar un objeto permanente e inalterable: “Este enfoque estático de la integración ignora el hecho de que los componentes y sistemas del edificio tienen usos y vidas técnicas diferentes” (Durmisevic, 2006).

Al concebir el edificio como un objeto estático, fijo y homogéneo, estamos dejando de lado la complejidad temporal de los fenómenos de cambios y transformaciones que suceden durante la vida de este, pero principalmente este antifaz impide introducirse más allá y comprender que el edificio es un sistema y que la construcción y la transformación de este sistema se produce por la existencia e interacción de sus propios materiales y componentes. Es necesario mirar las edificaciones como organismos con vida propia, sujetos a procesos de cambios interminables y donde sus componentes son reemplazados constantemente. “Francis Duffy en su libro ‘Midiendo el rendimiento de un edificio’ plantea que no existe cosa tal como un edificio, un edificio correctamente concebido tiene varias capas de longevidad de componentes construidos” (Durmicevic 2006).

El punto clave está en definir cómo se organizan los componentes que conforman el edificio, que funciones cumplen, qué requerimientos técnicos y de uso tienen y/o cual es la longevidad o deterioro de los mismos. Se han desarrollado diversas teorías para definir estrategias y jerarquías que agrupan tipologías de componentes o niveles dirigidos a la adaptación y flexibilidad a los cambios, introduciendo conceptos de independencia y desacoplamiento, identificando responsabilidades diferentes en cada nivel, asociadas por ejemplo a tasas de cambio o niveles de control.

En la década de los 60 Habraken (“De dragers en de mensen”, 1961, citado por Durmisevic, 2006) desarrolló la teoría que el entorno construido podía dividirse en tres niveles de control: El Tejido, el Soporte y el Relleno son los tres niveles básicos en la jerarquía de toma de decisiones o responsabilidades. Aplicado a edificios de vivienda colectiva, dos de estos niveles interactúan en tanto la estabilidad del ámbito colectivo (soporte) permite la diversidad y dinamismo de lo individual (relleno). De esta manera, los cambios que se producen en un nivel no afectan al siguiente. Además, incorpora la idea que el edificio consta de componentes materiales y componentes espaciales: Entonces un edificio puede considerarse como un sistema de relaciones materiales (paredes, pisos, techos, entre otros) así como también un sistema de relaciones espaciales (programa-función), con niveles de control que posibilitan la toma de decisiones. Por ejemplo, en la jerarquía de control de una edificación el soporte pasa a ser el “edificio base de usos múltiples” y el relleno pasa a ser el equipamiento de este.

Por otro lado, en 1969 y 1990 Francis Duffy define el concepto de “Shearing Layers”, precisando 4 niveles funcionales de uso y deterioro para edificios de oficina. Stewart Brand en 1995 profundiza sobre ello y describe las seis capas (“6-S”), esta vez para edificios de cualquier índole, cada una de estas capas tiene una vida útil propia y cambia a velocidades diferentes. Para ellos “la unidad de análisis no es el edificio, es el uso del edificio a través del tiempo. El tiempo es la esencia del verdadero problema de diseño” (Durmisevic, 2006).

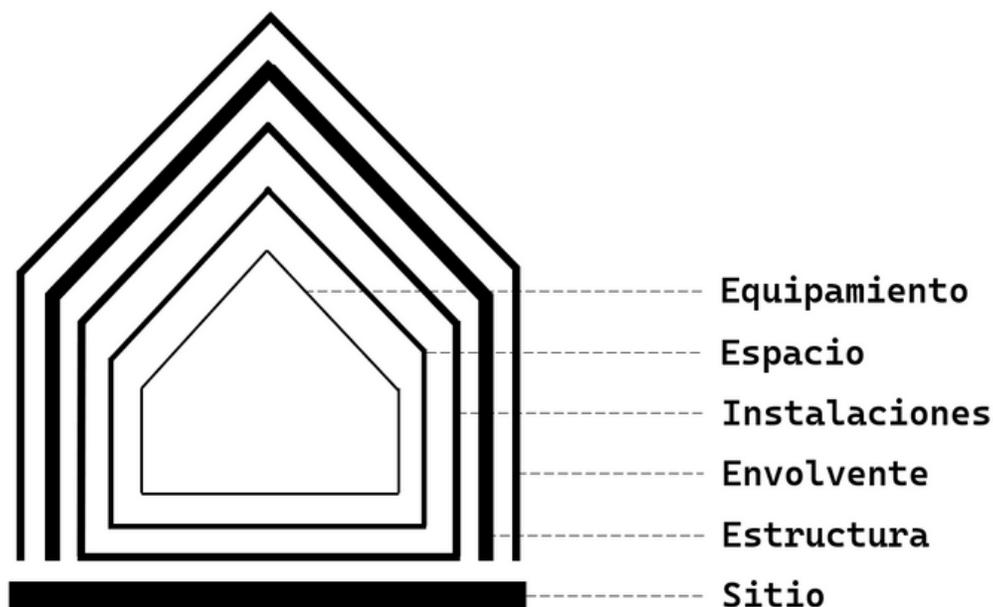


Figura 2: Elaboración propia en base a "Diagrama de Descomposición por capas 6 'S'". ("Shearing Layers", Brand 1995)

- **Sitio:** el entorno geográfico, la ubicación urbana y el lote definido legalmente; los límites y el contexto duran más que generaciones de edificios efímeros;
- **Estructura:** la cimentación y los elementos portantes cuya vida útil oscila entre los 30 y los 300 años;
- **Envolvente:** las superficies exteriores que cambian aproximadamente cada 20 años;
- **Instalaciones:** las tripas funcionales de un edificio y las partes móviles como ascensores y escaleras mecánicas que deben reemplazarse cada siete a 15 años;
- **Espacio:** la distribución interior que muestra la disposición de paredes, techos, suelos y puertas. Tiene una duración de tres (espacio comercial) a 30 años (doméstico);
- **Equipamiento:** los componentes no arquitectónicos (muebles y enseres). Todas estas reformas pueden realizarse en intervalos diarios, mensuales o anuales.

Es importante destacar que estas propuestas teóricas, planteadas hace 50 o 60 años, se han interpretado de diversas formas en proyectos de arquitectura. A partir de los últimos 15 años éstas se han integrado paulatinamente los conceptos de Economía Circular aplicados al Entorno Construido. Investigadores, instituciones y arquitectos europeos liderados por ARUP, Fundación Ellen McArthur, Elma Durmisevic, BAMB, entre otros, las han profundizado tanto a nivel teórico como de obra construida. En la práctica profesional de Latinoamérica recién resuenan a nivel de teoría y es fundamental incorporarlas en todas las etapas del ciclo de vida de una obra (diseño de materiales y componentes, diseño arquitectónico, modelos de negocios, construcción, etapa de operación, deconstrucción). Estos conceptos introducen una perspectiva esencial: comprender por un lado que los edificios son construcciones dinámicas y vivas y por otro, que un edificio, más allá de ser un objeto homogéneo, es un sistema compuesto por capas, con distintos niveles de control, con ritmos o ciclos de cambio propios, que se definen de acuerdo a su función, sus componentes y sus conexiones.

El tiempo, factor fundamental en un diseño circular, afecta el sistema completo: tanto a sus componentes físicos (que pueden sufrir deterioro, modificarse por cambios de funcionalidad, entre otros) como a aquella función espacial propia del programa del edificio. Todo esto asociado a distintos ciclos de vida y frecuencias de cambio que complejizan la comprensión temporal del sistema. “El hecho de que los materiales de construcción tengan diferentes ciclos de vida y que la durabilidad de la mayoría de los materiales sea más larga que la durabilidad de sus funciones constituye el cuello de botella para la transformación” (Durmisevic 2006).

Los autores aquí mencionados y otros que posteriormente han incorporado, profundizado o modificado estas teorías en el ámbito de la investigación y del diseño, convergen y se complementan entre si. Todos ellos han demostrado que incluir jerarquías de niveles es una metodología de diseño viable y que permite plasmar desde la etapa de diseño posibles transformaciones o desmontajes que, aplicados a distintas escalas, permiten la reversibilidad parcial o total de un edificio.

Es indispensable que todos los proyectos de arquitectura incorporen desde el inicio estos conceptos. Los métodos que se usen para definir cual será la composición de este sistema, cuales y como serán sus partes y conexiones, entre otros; pueden ser diversos y definitivamente pueden ser adaptados a la realidad de cada proyecto, tanto en la manera de comprender la configuración de ensamble de componentes y estructura, la visualización de deterioros, cambios, reemplazos de estos, como cambios en el programa y funcionalidad del edificio. El enfoque principal es que no sólo se diseña para satisfacer las necesidades presentes, sino que se está diseñando para construir el futuro.

A partir de la comprensión del edificio como sistema, su temporalidad y ciclos, su programa, componentes y conexiones, podemos aplicar distintas estrategias de diseño para asegurar adaptabilidad a los cambios futuros en un edificio. “Las 16 cualidades de diseño permiten mantener en el ciclo los componentes de construcción y el edificio en sí mismo reutilizándolos, reciclándolos o renovándolos con mayor efectividad.” (VUB 2019)

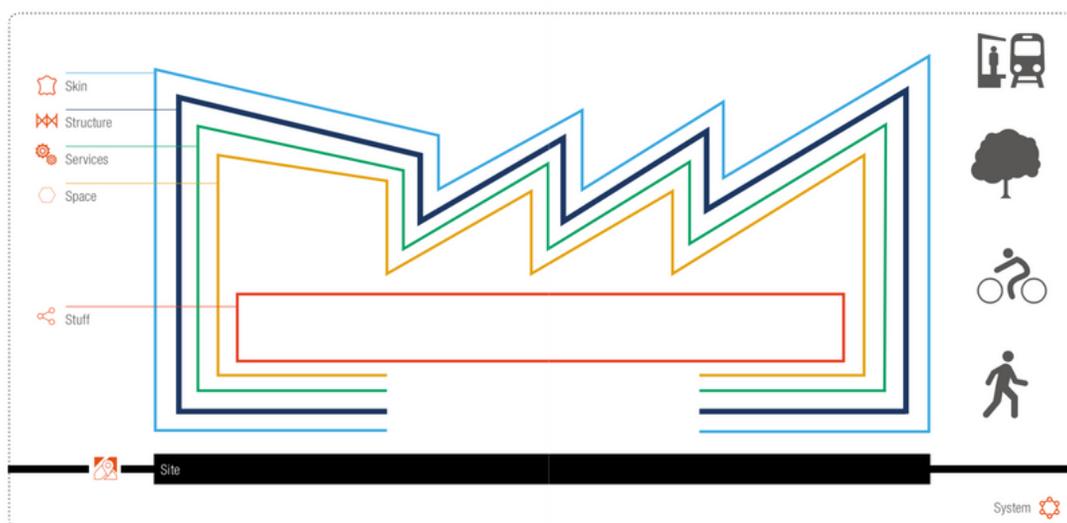


Figura 3: Ejemplo ilustrativo de 7´S. Desarrollado en base a "Shearing Layers" de Stewart Brand, (ARUP, 2016).

ARUP incorpora una séptima capa que corresponde al sistema urbano. Integrando la escala del urbanismo, las redes y la ciudad al concepto de capas.



*Bip Computers, Prefabricación e izaje en obra.  
Providencia, 2007. Arquitecto Alberto Mozó.  
Foto: Alberto Mozó*

## 2 - Vivienda en Chile

De acuerdo a las estadísticas entregadas por el Instituto Nacional de Estadísticas de Chile (INE) a partir del censo de 2018, nuestro país proyecta un aumento de población de 18,8 millones a 21,6 millones en 2050. Un total de 2,8 millones de nuevos habitantes requerirán nuevas viviendas. Al considerar que en Chile el promedio es de 3,64 personas por vivienda, se puede deducir que al año 2050 se deben construir 769.000 nuevos hogares siempre y cuando se mantenga el actual promedio de m<sup>2</sup> construidos y la relación de habitantes por m<sup>2</sup> en una vivienda.

El aumento de población generará un alto impacto ambiental producto del desarrollo inmobiliario de viviendas públicas y privadas para satisfacer la creciente demanda. Al mismo tiempo, se prevé un aumento en el promedio de m<sup>2</sup> construidos de vivienda por habitante. Actualmente la densidad media de ocupación de las viviendas chilenas es de 18,2 m<sup>2</sup> por persona (Molina et al, 2020) y la proyección de esta relación ha comenzado a aumentar en las últimas décadas (Molina et al, 2020). En palabras de Molina 2020: "es muy probable que la demanda de energía y las emisiones de carbono del parque inmobiliario continúen aumentando en el futuro si el tamaño de las casas se acerca a los que se encuentran en otras partes del mundo".

En principio, se puede decir que si seguimos el modelo tradicional todas aquellas nuevas viviendas serán proyectadas de una manera convencional con un enfoque lineal: Extracción de recursos naturales finitos, diseño y construcción estáticos, y generando residuos para disposición final. Este sería un panorama muy desolador y poco atractivo para futuras generaciones.

Es por ello que es fundamental desde ya modificar el paradigma de diseño y construcción, para abordar las nuevas edificaciones con una perspectiva circular. Serán más de 700.000 nuevas viviendas que al 2050 esperan ser diseñadas con atributos circulares.

A partir de una revisión general de diversas obras de arquitectura en Chile (no sólo de vivienda, sino otros programas) se han encontrado que las 16 Cualidades de Diseño Circular han sido aplicadas de forma incidental o casi intuitivamente en la arquitectura en Chile. Dichas estrategias aún no se aplican en el proyecto como un sistema articulado ni tampoco incorporan una visión estratégica general del proyecto en términos de flexibilidad, adaptabilidad o reversibilidad. Más bien la mayoría de los ejemplos de edificaciones que se describirán en el próximo capítulo cumplen con una u otra cualidad de diseño circular aislada. Si bien es destacable que en Chile existan proyectos que, de un modo primario, se acercan a la circularidad, éstas en términos generales aún no abordan la circularidad como estrategia de un modo integrado a la metodología de diseño del proyecto.

Algunas obras que se exponen como ejemplo a continuación pueden incorporar más de alguna cualidad de diseño circular, se hará una descripción enfocada de aquella cualidad que mejor. Por otro lado, destacar que en varios de estos ejemplos la cualidad de diseño se aplica únicamente en algunas "capas" de las edificaciones, sin ser abordadas como una metodología completa para ellas, sino para dar solución a materiales o sistemas constructivos puntuales.

El objetivo de este análisis es describir, a través de ejemplos nacionales, los conceptos principales de las 16 Cualidades de Diseño Circular y entregar herramientas para comprender las generalidades de un diseño circular que incorpore la visión del tiempo, cambios y ciclos propios de nuestro entorno, contribuyendo a instalar en nuestra industria los principios sostenibles de la economía circular: mantener en circulación los recursos por el mayor tiempo, con su mayor calidad, dentro de la mayor cantidad de ciclos posibles.



*Casa en María Pinto construida en quincha de barro y paja. Detalle de cubierta de terraza en colihue, Anamaría De León 2018  
Foto: Álvaro Manriquez.*

### 3- Comprendiendo las 16 Cualidades de Diseño Circular

La industria de la construcción es actualmente el mayor consumidor mundial de recursos y materias primas (Fundación Ellen MacArthur, 2020). En la actualidad, la construcción y demolición de edificios representa alrededor de un tercio del consumo mundial de materiales y la generación de residuos (Fundación Ellen MacArthur, 2019). Disminuir el consumo de recursos no renovables y la generación de residuos es una tarea fundamental que los profesionales de esta industria deben asumir como prioridad al momento de diseñar, construir y mantener un edificio.

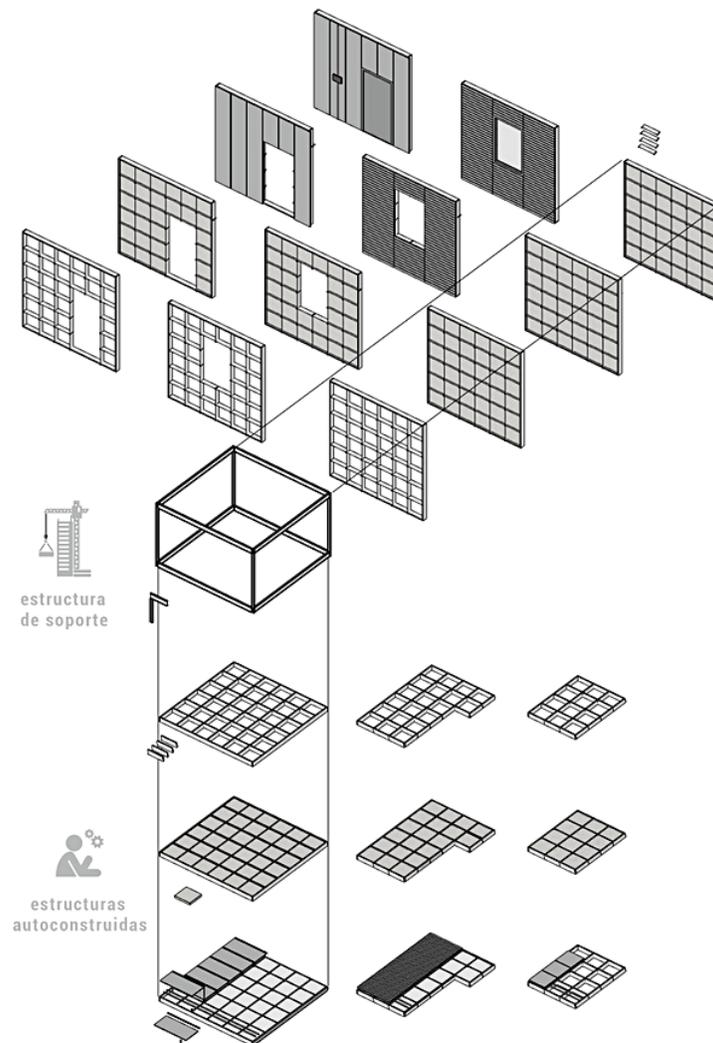
La sostenibilidad en el entorno construido se ha consolidado históricamente en la vía de minimizar a cero el gasto energético de un edificio en su etapa de uso. Durante los últimos 10 años se han desarrollado estudios donde se indica que el gasto energético de fabricación de componentes y de construcción del edificio (Energía incorporada del edificio) pueden resultar equivalentes o hasta superior al gasto energético que supone un edificio diseñado “ZeroEnergy”, considerado en un periodo de uso de 60 años (Crowther, 1999; Thormark, 2002). Además de ello, es evidente que los recursos disponibles en nuestro medioambiente son finitos, por lo tanto, la utilización de estos debe ser eficiente no sólo en relación al gasto energético, sino que se debe modificar el pensamiento lineal de extracción, fabricación y disposición de la economía actual hacia una circular. De lo contrario su agotamiento continuará exponencialmente, mientras se mantenga la relación entre el crecimiento de población, el uso de los recursos no renovables, y el crecimiento económico siga caracterizándose con una actitud lineal.

Se sostiene que una edificación circular, reversible y con posibilidades de ser deconstruida, en donde sus componentes puedan ser renovables y compostables, reciclados y reciclables, reutilizados y reutilizables, reparables, impacta de manera positiva en la reducción de uso de recursos vírgenes (Galle et al, 2019), maximizando el valor de estos a través del tiempo y adaptándose a los cambios que el edificio pueda tener en el futuro. Evitando así la extracción de recursos naturales no renovables y al mismo tiempo minimizando el impacto que genera la disposición final.

Como hemos mencionado anteriormente, una edificación y sus componentes, más allá de ser un objeto “terminado” y estático, debe reconocerse como parte de un proceso dinámico y satisfacer las demandas cambiantes de los usuarios. De manera tal que los activos del edificio sigan siendo recursos útiles y valiosos en ciclos cerrados.

Las 16 cualidades de diseño circular no son un “*check-list*”, sino más bien una fuente de inspiración para comprender estrategias circulares para desarrollar y aplicar proyectos de arquitectura. No porque el proyecto cumpla con una o más de estas cualidades será más circular. Sino más bien, el proyectista debe analizar el contexto propio de cada proyecto para que sus recursos tanto materiales como espaciales permanezcan por la mayor cantidad de tiempo posible con la mayor calidad posible. Como menciona Galle y su equipo en el libro original: “Lo importante es que las elecciones de diseño se tomen en función de la conciencia de sus consecuencias a largo plazo. Aquí radica un papel crucial y una responsabilidad para los profesionales involucrados y el cliente. Entendiendo que el futuro es incierto, parece que interesa a todas las partes involucradas conservar aquellas opciones que sean más resilientes o robustas.”

Así mismo, es importante considerar que la definición de qué cualidad o cualidades aplicar en un proyecto dependerá de estrategias mayores, es importante que se complementen entre ellas, además de comprender a qué niveles del edificio afecta y cómo interactúan en el conjunto para evaluar su impacto: "evite la elección selectiva de cualidades individuales, aunque no siempre es posible revisarlas y cumplirlas todas. Algunas son muy específicas y algunas incluso pueden ser contradictorias. Por tanto, comunique claramente qué aspectos se han considerado, cuáles no y por qué. Además, en aquellas situaciones en las que sólo es posible evaluar los productos de construcción porque aún no hay un diseño de construcción, el evaluador debe saber que las elecciones en un nivel de escala pueden poner en peligro los beneficios de las cualidades en otro nivel" (Galle et al, 2019).



*Estudio del proceso de montaje-desmontaje de una Vivienda Social.  
"Vivienda Reversible", Tesis MASE, Facultad de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos, PUC.  
Stephanie Gama, 2022*





### 3.1. REUTILIZADO

## Uso de partes y componentes ya presentes en el sitio o recuperados de otro lugar

**CASA POLLO, Ortúzar Gebauer Arquitectos**

**Vivienda 200 m2**

**Chiloé, 2016**

**Fotos: Federico Cairoli y OGA**

Construida con maderas recuperadas de una casa Chilota actualmente extinta, la Casa Pollo diseñada por Ortúzar-Gebauer Arquitectos rescata tanto maderas estructurales, revestimientos interiores, puertas, ventanas así como también la escalera y barandas. El exterior reutiliza antiguas planchas de zinc, integrando el edificio al imaginario local evocando un antiguo galpón Chilote. Estos materiales fueron almacenados con anterioridad por la propietaria y los arquitectos.

Chiloé en su condición insular, ejemplifica y evidencia la realidad finita de los recursos además del impacto de transporte asociado: diversos materiales de construcción deben ser traídos desde el continente. Es por ello que la madera es el principal material de construcción, tanto para estructura como para revestimientos. La madera utilizada en construcciones tradicionales en Chiloé es nativa con alta resistencia a la humedad y al clima. Hoy en día, la tala de bosques nativos es una constante contradicción a la hora de construir. nuevamente se evidencia el carácter finito de los recursos. La preservación del bosque nativo es fundamental para mantener los ecosistemas de la isla. Es por ello que esta obra destaca, entregando un valor doble a la reutilización: un primer valor práctico en tanto recupera materiales locales e históricos, un segundo valor que da cuenta y persevera una imagen y tradición constructiva propia del lugar.

Esta primera estrategia de diseño circular se enmarca dentro del concepto de Banco de Materiales (*Buildings as material banks*): Es posible construir un edificio a partir de materiales recuperados de otro edificio, extendiendo la vida útil de partes y componentes, evitando que estos se transformen en desechos. Inclusive, si se reutilizan materiales del mismo lugar se disminuye la huella asociada al transporte.

*En la cualidad Reutilizado se recomienda:*

- *Desarrollar inventarios y descripciones de las piezas existentes;*
- *Asegurar trazabilidad;*
- *Procurar reparaciones o pequeñas remanufacturas para que se adapte a la misma o una nueva función;*
- *Contar con espacio de almacenamiento provisorio;*
- *Presupuestar, realizar encuestas (considerar tiempo necesario) y estudios de factibilidad;*
- *Garantizar que la manufactura durante el proceso de recuperación mantenga la calidad de los componentes recuperados;*
- *Establecer prioridades de reutilización (partes) cuando no sea posible recuperar el material completo. Si no todas las partes pueden ser reutilizadas, dar prioridad a la reutilización de partes con alto o mayor valor;*
- *Buscar elementos de alto valor ya sea en el mismo sitio de la obra o fuera de este.*



## 3.2. RECICLADO

### Busque componentes hechos de subproductos o de materiales de residuos

#### **EDIFICIO WA78, Searle Puga Arquitectos, Inmobiliaria Surmonte**

**Providencia, 2017**

**Vivienda, 12.891 m<sup>2</sup>**

**Fotos: Nicolás Saieh**

Para el proyecto Willie Arthur 78, en Providencia, Searle Puga Arquitectos diseñó las celosías de la fachada con plástico reciclado. Esta obra se adjudicó el Premio Aporte Urbano 2018 al mejor Proyecto Inmobiliario de Altura Media, y fue la innovación de estas celosías lo que convenció al jurado para otorgar el premio.

Las celosías se diseñaron en base al material que desarrollaba una empresa de muebles de jardín. Las tablas, de 25 x 50 mm, se fabricaron reciclando un total de 26 toneladas de plástico, fundiendo alrededor de 20 tipos de plásticos diferentes. Inmobiliaria Surmonte relata que para ellos fue una propuesta sorpresiva y surgieron de inmediato una serie de preguntas de usabilidad que buscaban asegurar la calidad del material propuesto. Instalado hace 4 años y medio, estas celosías se encuentran en perfectas condiciones.

En Chile el plástico reciclado se usa principalmente para fabricar objetos y muebles. Por otro lado, algunos elementos para edificación se están desarrollando como paneles aislantes de reciclaje textil, paneles tipo OSB reciclando Tetrapack, entre otros. Todos ellos en etapas tempranas de emprendimientos, ensayos y con baja masificación comercial por el momento.

El reciclaje de materiales para la construcción forma parte de la Minería Urbana (*Urban Mining*): la ciudad y los edificios como fuente de recursos circulares. Considerando que un edificio tiene un ciclo de vida de 50 años aproximado, e incorporando otros conceptos de circularidad (reparación, reutilización, desmontaje), un componente fabricado con material reciclado puede permanecer durante varios cientos de años en nuevos ciclos técnicos. Por otro lado, el reciclaje de materiales se mide en toneladas: Si se considera que una construcción pesa alrededor de 1,0 tonelada por m<sup>2</sup>, el edificio WA78 puede pesar 12.891 toneladas, de las cuales el 0,2% (26 toneladas) se ejecutaron con material reciclado, todavía queda, en este ejemplo, un alto porcentaje (99,8%) disponible para incorporar materiales reciclados. Dicho esto, es necesario precisar que el reciclaje se posiciona en un nivel menos deseado en las estrategias de EC a diferencia de la reutilización, lo cual se debe a que esta última no requiere un reprocesamiento o tratamiento para reincorporarse a la cadena de valor, mientras que el reciclaje sí.

*En la cualidad Reciclado se recomienda:*

- Limitar el uso de recursos vírgenes estableciendo % mínimo de contenido reciclado para los diferentes productos;
- Dar prioridad a los productos reciclados disponibles localmente que se procesan de manera eficiente desde el punto de vista energético e hídrico;
- Garantizar la no toxicidad del elemento reciclado para evitar externalidades negativas tanto en las personas como el medioambiente.
- La inclusión de un material reciclado no debe impedir que otro material pueda valorizarse en el futuro.



### 3.3. RENOVADO

## Utilice materiales que se renueven continuamente mediante cultivos responsables

**CASA EN MORRILLOS, Cristián Izquierdo (Arquitecto); Osvaldo Peñaloza (Asesoría Estructural), Danilo Saldibar (Constructor)**

**Morrillos, 2015**

**Vivienda, Turismo, 208 m2**

**Fotos: Tomás Rodríguez / Luis Izquierdo**

Elegir fuentes de recursos renovados para la construcción de edificios evita el agotamiento de recursos finitos y, dependiendo de la fuente, inclusive captura carbono el cual es posible de mantener por largos y varios ciclos técnicos, siempre y cuando se incorporen otras cualidades de diseño circular. Una cuestión importante a tener presente es la ecuación del tiempo que demora en ser renovada la materia prima que seleccionemos y el tiempo de uso que se le da al material fabricado: En este caso, la casa Morrillos está construida con madera de pino radiata sin nudos. El manejo certificado de estos bosques considera cosechas de árboles de 18 a 25 años. Al extrapolar este tiempo con los ciclos de vida de una edificación, es relevante proyectar dicha vida útil con un mínimo de 25 años. Si la estructura de un edificio puede alcanzar desde 30 a 300 años de vida útil, entonces, la ecuación es virtuosa.

La Casa Morrillo considera uniones con juntas encoladas, prescindiendo de juntas metálicas expuestas al óxido marino un bosque de pino. A pesar que un diseño circular prefiere uniones mecánicas (fijaciones) antes que químicas (pegamentos) para promover por ejemplo el desmontaje y reutilización, la versatilidad de la madera es tal que una posible deconstrucción podemos cortar los elementos y volverlos a ensamblar nuevamente con fijaciones metálicas o inclusive moldeando sus extremidades para ser nuevamente encajadas y encoladas.

El material, provisto por una empresa chilena, proviene de bosques manejados responsablemente y con certificados FSC (*Forest Stewardship Council*) y PEFC (*Programme for the Endorsement of Forest Certification*) que garantizan su gestión sostenible.

Optar por materiales renovables en edificaciones permite el cruce entre el ciclo técnico y el ciclo biológico, es por ello que hay que prestar atención en el tratamiento, uso y mantenimiento de los mismos, ya que la degradación propia de un material renovable tiene al compostaje como opción directa de reinserción al ciclo biológico, siendo muy importante que cualquier aditivo de protección que se aplique mantenga sus características biodegradables. En el caso que no se considere una vuelta al ciclo biológico, la madera se debe preservar en el ciclo técnico durante la mayor cantidad de ciclos posibles y con mejor calidad posible, considerando su reparación, reutilización y/o desmontaje.

*En la cualidad Renovado se recomienda:*

- *Utilizar materiales que cuenten con certificación de cultivo responsable;*
- *Seleccionar materiales altamente renovables, que crezcan al menos tan rápido como su vida útil funcional;*
- *Utilizar materiales de origen local, minimizando costos e impactos ambientales del transporte.*



### 3.4. COMPOSTABLE

## Elija materiales que puedan degradarse biológicamente en sustancias naturales

**CASA CURACAVÍ, Jorge Broughton**

**Curacaví, 2005**

**Vivienda, 111 m2**

**Fotos: Jorge Broughton**

Los materiales compostables vienen de la mano de los materiales renovables, ambos pertenecen al ciclo biológico de la Economía Circular. Desde el origen del habitar humano materiales naturales como paja, corcho, madera, bambú se utilizan en la construcción como aislantes, cubiertas de techo y estructuras. Tal como se mencionó en el capítulo anterior, para que un material renovable sea compostable debe ser completamente biodegradable, inclusive los tratamientos que este reciba para su preservación o mantenimiento (pinturas, impregnantes, aglutinantes, etc) deben cumplir las mismas características para ser compostable tras su uso funcional. Cualquier mezcla o impregnación con un producto que no sea biodegradable contamina el material imposibilitando su compostaje. Tanto en la arquitectura vernacular, como en arquitectura contemporánea es posible encontrar muchos ejemplos de uso de paja, madera, bambú, corcho, entre otros. Además, estos materiales tienen un alto potencial térmico y algunos de ellos cumplen un buen estándar de resistencia al fuego.

Desde 1996 Jorge Broughton ejecuta sus obras utilizando un sistema constructivo en base a fardos de paja, principalmente módulos de 100x50x40 cm los cuales son propios de la industria agrícola. El año 1996 construyó su primera casa con fardos de paja, las cuales cumplen con características sismoresistentes, resistencia al fuego y un alto rendimiento térmico. En estos 27 años Jorge Broughton ha evolucionado este sistema constructivo en base al sistema Nebraska y el de Poste-Viga. En ambos sistemas los fardos conforman el interior del muro entregando el espesor y la resistencia térmica. Estos se revisten con un estuco en base a arcilla, la cual puede incorporar biopolímeros para conservar propiedades higroscópicas de la tierra cruda. Tanto estucos como los aglutinantes que se utilizan tienen características biológicas y compostables, por lo cual los fardos de paja no pierden su propia biodegradación, manteniéndose todos estos materiales dentro del ciclo biológico.

Es destacable que en Chile existe un alto potencial de uso de este material debido a que en la industria agrícola se queman aproximadamente 4.000.000 de toneladas de rastrojos de paja al año. Si se utilizara dicha cantidad se podrían construir aproximadamente 1.000.000 viviendas de 100 m2 al año. Además de ser Compostable y Renovable, construir con estos fardos de paja cumpliría la cualidad de ser Reutilizada.

*En la cualidad Compostable se recomienda:*

- *Preferir materiales que ya estén clasificados y recolectados para el compostaje;*
- *Seleccionar materiales que se biodegraden rápida y completamente;*
- *Verificar si el material compostado se puede usar como abono para el cultivo de plantas.*



### 3.5. SEGURO Y SALUDABLE

## Utilice componentes que no dañen al medioambiente ni a los seres humanos durante su uso, reutilización o reciclaje

#### **CONJUNTO DE CASAS DE ADOBE, Marcelo Cortés.**

**Peñalolén, 2018**

**Vivienda, 500 m2**

**Fotos: Anamaría De León**

Diversas culturas a lo largo del mundo han incorporado la tierra cruda como recurso constructivo, un material tradicional desde los orígenes del habitar humano. Tanto la quincha, la tierra comprimida, los ladrillos compactados, el adobe, entre otras, forman parte de las posibilidades constructivas que tiene la tierra cruda.

El conjunto de casas diseñado y construido por Marcelo Cortés en Peñalolén, mezcla dos tipologías: Adobe en el primer piso y “tecnobarro” en el segundo. El adobe consiste en construir ladrillos de tierra, agua y paja, los cuales tradicionalmente se fabrican en el mismo lugar de la obra. El tecnobarro es un sistema mixto de malla metálica plegada que incorpora tierra y paja en el interior. Ambos pueden tener un estuco suave de arcilla y arena como terminación.

Este sistema constructivo es seguro para ser manipulado durante la etapa de construcción. Al mismo tiempo es seguro durante la etapa de operación del edificio y su posterior manipulación durante el desmontaje y valorización. No emiten compuestos orgánicos volátiles que dañen el medioambiente ni la salud humana. Trabajar con estucos de arcilla es muy distinto que trabajar con estucos de cemento. En el caso de la arcilla, el maestro al finalizar su faena simplemente lava sus herramientas y ropa y los restos de tierra se eliminan sin dejar residuos contaminantes. Por el contrario, la exposición al polvo de cemento puede ocasionar irritaciones en la nariz, garganta, pulmones, entre otras afecciones.

Si un edificio utiliza materiales seguros y saludables, se integra más fácilmente los conceptos de Banco de Materiales (*Buildings as material banks*) y Minería Urbana (*Urban Mining*), de esta forma facilita su uso y procesamiento futuro para reutilización, refabricación y reciclaje.

*En la cualidad de Seguro y Saludable se recomienda:*

- *Verificar que los materiales cumplen con las normas y reglamentos vigentes en materia de medio ambiente y salud;*
- *Evitar materiales que emitan compuestos orgánicos volátiles o material particulado con efectos adversos para la salud;*
- *Evitar materiales que pongan en riesgo la salud de los trabajadores durante el la construcción y/o desmontaje;*
- *Minimizar el uso de materiales cuya seguridad esté en discusión o que estén sujetos a futuras restricciones;*
- *Dar énfasis por la trazabilidad de información de la composición de los materiales, utilizando un nivel detallado de seguimiento e informes.*



### 3.6. MONOMATERIAL

## Prefiera componentes fabricados con un solo material en lugar de elementos heterogéneos

#### **Aislante lana oveja, Lanarq**

#### **Panel prefabricado de fardo de paja y madera, StrawPanel, Sistema Straw, CobijoPanel**

#### **Tierra Comprimida, Marcelo Cortés**

La cualidad Monomaterial refiere a la pureza con la cual el componente ha sido concebido poniendo énfasis en el potencial de ser recuperado y/o reciclado de manera sencilla y con bajo requerimiento energético. Más allá de las prestaciones que el material tiene en el presente o la fuente de recursos utilizados, esta cualidad se plantea la simplicidad de una recuperación futura.

La tierra compactada utilizada por Marcelo Cortés en algunas de sus obras contiene solo gravilla y tierra seca, la cual no es alterada químicamente y permite que en el futuro esta vuelva a transformarse nuevamente en tierra a través de un proceso sencillo. En Chile, el uso de tierra compactada requiere una estructura sismoresistente de apoyo, la cual, diseñada de manera adecuada, no debe contaminar la tierra. De esta manera permanece intacta su pureza y no se afectan sus ventajas de recuperación.

Los paneles prefabricados de StrawPanel, CobijoPanel y Sistema Straw entre otros, utilizan una estructura de madera con un interior que contiene paja comprimida a través de una prensa hidráulica calibrada en 250 kilos aproximadamente. Esta es la medida justa para que la paja se mantenga firme al interior del panel y al mismo tiempo mantenga sus cualidades respirables. No se utilizan aglutinantes ni otros componentes en este proceso. Para una adecuada terminación final, este sistema constructivo se debe revestir con barbotina de arcilla y arena que ayuda a la resistencia al fuego y a la humedad. La barbotina utilizada proviene del ciclo biológico y no se transforma en un agente contaminante. Aún con esta aplicación ante un posible desarme, la paja puede ser compostada o utilizada para cultivos regenerativos.

Lanarq es una empresa chilena ubicada en Aysén que fabrica aislación térmica en base a lana de oveja. Tanto el formato a granel como el sistema constructivo de panel prefabricado utiliza la lana sin aditivos, manteniendo este material con un alto nivel de pureza, lo que permite una fácil recuperación (como material aislante o para compostaje). En el caso de ser requerido por el mandante, es posible aplicar en niveles regulados sal de bórax (antiséptico natural propio del ciclo biológico). Este producto aumenta la vida útil de la lana, eliminando el oxígeno al interior del panel lo cual evita plagas. En este caso, la lana disminuye su cualidad de pureza, sin embargo el producto aplicado no la contamina y además permite que la lana perdure un mayor tiempo, posibilitando su reutilización en perfectas condiciones para futuros ciclos.

*En la cualidad Monomaterial se recomienda:*

- *Limitar la cantidad de materiales diferentes combinados en un solo elemento evitando de este modo componentes compuestos;*
- *Seleccionar materiales que no estén tratados con compuestos químicos;*
- *En caso de ser un elemento compuesto, verificar que los diferentes componentes pueden ser separados a mano o mediante procesos industriales de manera eficiente;*
- *Anticipar posibles contaminaciones del material cuando se instale, se termine su proceso constructivo, se haga el mantenimiento o se deconstruya.*



### 3.7. DURABLE

## Utilice componentes que resistan el desgaste del uso y permitan su reutilización

### **BALDOSAS CONFITERÍA TORRES, Arquitectura tradicional.**

**Santiago, 1879**

**Revestimiento piso**

**Fotos: propiedad de Baldosas Córdova, Fotógrafo: Esteban Murua.**

En 1879 se inaugura la Confitería Torres, en la cual José Domingo Torres deleitaba a la aristocracia chilena con sus preparaciones. En este local ubicado en Alameda se celebró el primer centenario de Chile, en 1910. Para el pavimento se utilizaron baldosas hidráulicas de 20x20 y 2 cm de espesor. Desde ese entonces, el pavimento del local se ha conservado y restaurado. A través del pulido y vitrificado las baldosas conservan intactas sus características estéticas y de resistencia, manteniendo su color, el cual no se degrada con la luz solar.

La durabilidad no es por sí sola una cualidad de diseño circular, debido a que la variable tiempo en tanto “cambios” u “obsolescencia” debe ser complementada con otras cualidades circulares, por ejemplo con lo Reutilizado, Desmontable, o lo Multipropósito, entre otras. Por ejemplo, en el caso que la confitería deba ser deconstruida para un nuevo uso, esta baldosa (que aún le quedarían muchos ciclos de vida por delante) debe ser retirada mediante procesos que posibiliten su recuperación en óptimas condiciones. De seguro la construcción original no consideró que ésta fuera retirada para un eventual nuevo uso, por lo tanto su potencial circular se disminuye drásticamente. RotorDC, empresa Belga especializada en deconstrucción, recupera estas baldosas ablandando el mortero con un ácido biológico y con martillos neumáticos. Procesos como este o, mejor aún, prever el desmontaje a través del diseño, son factores complementarios a la hora de incorporar criterios de durabilidad en las obras, resistiendo no sólo el uso intensivo, sino que el desmontaje y la reconstrucción repetidas veces.

Un componente durable es parte del concepto Banco de Materiales (*Buildings as material banks*). Además forma parte del concepto de Soporte y el Relleno al mismo tiempo de la definición del Ritmo de Capas (*Pace Layering*), el Kit de Piezas (*Kit-of-Part*) y una arquitectura de sistemas abiertos (*Open Building System*).

*En la cualidad Durable se recomienda:*

- *Seleccionar componentes que tengan una vida útil prolongada o que ya se hayan reutilizado;*
- *Buscar materiales que sean robustos, resistentes, atemporales y que envejezcan de forma natural;*
- *Usar componentes que sean fáciles de reparar o remanufacturar en lugar de aquellos que deben reemplazarse por completo;*
- *Preferir soluciones confiables, que requieran limpieza y mantenimiento limitados;*
- *Evitar el deterioro no deseado mediante detalles robustos;*
- *Anticipar el vandalismo, la corrosión, entre otros;*
- *Aceptar el aprecio de la gente: un diseño valioso puede convertirse en patrimonio.*



### 3.8. SENCILLO

## Busque soluciones simples y de baja tecnología en lugar de soluciones complejas

#### **REFUGIO 3X3, Estudio Diagonal**

**La Unión, 2019**

**Vivienda, 15 m2**

**Fotos: Nicolás Saieh**

Este refugio, de dos niveles y sólo 15 m2 interior, es una obra simple tanto en su materialidad y sistema constructivo como en la implementación de su programa. Una planta de 3,00 x 3,00 metros, con alturas de 2,40 y 4,80 metros, resuelve a cabalidad el programa solicitado: el primer piso contempla las funciones diurnas y sociales (cocina-comedor-estar) el segundo nivel contempla las funciones privadas (dormitorio-baño).

Para definir la materialidad fue clave comprender cómo se ejecutaría la construcción y cuáles serían las posibilidades de mano de obra encargada de aquello. Se eligió madera de pino de dimensiones estándar para ser implementada por mano de obra local con conocimientos tradicionales de construcción en madera. Los tabiques interiores dejan en evidencia la estructura de madera, simplificando procesos constructivos.

Dar soluciones simples que son fáciles de entender, aplicar y adaptar permite agilizar procesos de recuperación o mantenimiento, siempre y cuando estén acompañadas de criterios de adaptabilidad, desmontaje entre otros. De esta forma, un edificio que contemple soluciones simples fácilmente puede incorporar los recursos disponibles como Banco de Materiales (*Buildings as material banks*).

*En la cualidad Sencillo se recomienda:*

- *Limitar el número total de componentes y conexiones;*
- *Encontrar oportunidades para la repetición de elementos;*
- *Adoptar componentes con dimensiones estándar y hacer uso de conexiones convencionales;*
- *Introducir tolerancias y márgenes en el diseño para simplificar aún más el proceso de construcción;*
- *Evitar la necesidad de experiencia y optar por soluciones que se puedan adaptar sin conocimientos, habilidades o herramientas especiales;*
- *Buscar técnicas rápidas de montaje y desmontaje, como los sistemas plug-and-play.*



### 3.9. MANEJABLE

## Diseño componentes que se puedan agarrar, mover y manejar fácilmente

#### **SISTEMA VAP, Prefabrica Lab Factory**

**Chile, 2020**

**Construcción Off Site, m2 variables**

**Fotos: Sistema VAP**

Sistema de construcción RTA, consecuencia de 15 años de estudio de sistemas de prefabricación con el objetivo de industrializar la vivienda, que a través de la repetición de un componente (Viga-Aislación-Pilar) es capaz de conformar un marco que, mediante ensambles y sucesiones del mismo, van configurando la silueta y el volumen de la casa. Además de ser fácilmente manejable, este sistema permite flexibilidad en el diseño, se adapta a las necesidades de cada arquitecto y cliente, optimizando los recursos, con el objetivo que la obra gruesa tenga cero residuo y al mismo tiempo cumpla con un alto estándar energético.

El proceso de montaje utiliza herramientas sencillas y es de fácil manipulación, cada pieza está compuesta por dos laterales de madera de ingeniería adheridos a un bloque de EPS, es extremadamente liviano y fácil de manipular por una sola o dos personas. Su resistencia estructural en relación a su peso facilita el proceso de montaje. El montaje de 100 m2 toma 3 semanas y puede ser ejecutado por 4 personas sin especialización y con diversidad de género, considerando que en Chile los maestros son multipropósito. VAP es capaz de fabricar (producción industrial) en 30 días la obra gruesa de una casa de 150 m2, dichas piezas caben bien estibadas en camiones de 2,5 mt de ancho y 6 o 13 mt de largo. para ser transportadas fácilmente a diferentes zonas del país.

Para su creador, VAP puede ser una solución para paliar el déficit de vivienda social en Chile: Este sistema de vivienda industrializado está patentado y se puede implementar a través de franquicias a lo largo del país, produciendo un mayor número de casas. Se desarrolla el kit, se recibe el paquete y se coordina el armado con mano de obra local. Al mismo tiempo, las unidades RTA: "Ready to Assemble", contienen todos los componentes listos para armar y, en conjunto con sus instrucciones respectivas, el cliente final podrá armar su casa a modo de mueble, con un equipo local en cualquier parte de Chile.

Además de integrar la cualidad manejable, para un diseño circular integral es fundamental considerar la independencia de capas y el desmontaje, así se simplificarán los procesos de adaptación y se aumentarán las posibilidades de reversibilidad de los programas, la reparación y reutilización de componentes. Un edificio manejable incorpora los conceptos de Kit de piezas (Kit-of-Part) y el de Arquitectura de Sistemas Abiertos (Open System Building).

*En la cualidad Manejable se recomienda:*

- *Utilizar componentes que sean lo suficientemente ligeros para ser instalados por una o dos personas, con una ayuda mecánica mínima;*
- *Limitar el tamaño de los componentes para que sean convenientes para el transporte y puedan ingresar a un edificio sin dificultad;*
- *Dar forma a los componentes de tal manera que puedan levantarse y apilarse de manera ergonómica y eficiente.*



### 3.10. ACCESIBLE

## Integre componentes de manera que sean accesibles y recuperables sin demasiado esfuerzo o daño

**CASA DAGORRET, Bauer Arquitectos**

**Providencia, 2017**

**Oficina, 90 m2**

**Fotos: Álvaro Manríquez**

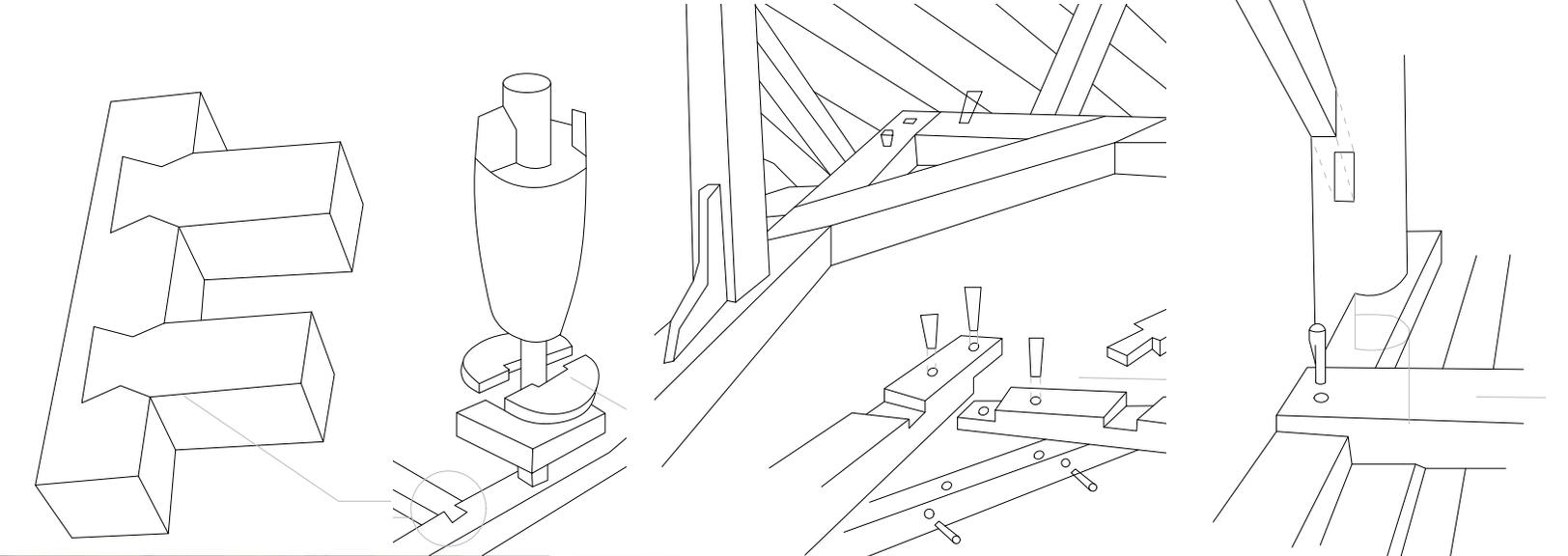
Bauer Arquitectos rehabilita una casona de los años 40 diseñada por Luciano Kulcheswky. Esta consideró la mínima intervención de espacios, para conservar la nobleza de su arquitectura original. El cambio de uso de habitacional a oficina requirió, entre otros, nuevos estándares eléctricos. Se diseñaron las instalaciones eléctricas a la vista tanto para evitar intervenir los muros existentes como para acceder fácilmente a las tuberías.

Para que un edificio se mantenga vivo y en funcionamiento requiere de instalaciones técnicas que transportan y distribuyen energía, agua, entre otros. Tanto tuberías como otros componentes deben ser asequibles para asegurar un mantenimiento sencillo y permitir cambios funcionales. Un diseño circular con calidad Accesible debe definir cómo será el sistema de componentes a través de su ritmo de uso, cuales serán aquellos donde se requiera acceder con mayor o menor frecuencia para reparar o realizar el mantenimiento (*Pace Layering y Support and Infill*), manteniendo una independencia funcional entre ellos. Hoy en día es común ver instalaciones sanitarias o eléctricas horizontales en cielos a la vista, por ejemplo en estacionamientos o en centros comerciales. Cielos falsos registrables o pisos de ingeniería también permiten acceder a estas instalaciones. Estas son estrategias positivas, siempre y cuando tengan continuidad en todo el edificio (horizontales, verticales, subterráneos, interior, exterior, etc.) y considere mantener la independencia durante todo el recorrido entre aquellos componentes que requieren distintas frecuencias de mantenimiento o reemplazo.

Diseñar instalaciones a la vista no es la única estrategia asociada a la calidad Accesible. En el caso que se requiera ocultar ciertos componentes, es posible acudir a detalles constructivos de fácil desmontaje que permitan su inspección o posibles reemplazos. Además incorporar lo Accesible en un proyecto posibilita personalizar cambios en distribuciones espaciales modificando zonas “rígidas” o “húmedas” de los edificios. De esta manera se fomenta no sólo la accesibilidad sino también la reparación, la sustitución y la adaptación.

*En la calidad Accesible se recomienda:*

- *Permitir que todos los componentes sean inspeccionables directamente, sin quitar otro componente;*
- *Proporcionar el espacio adecuado para que el instalador pueda inspeccionar y mover el componente de forma segura y ergonómica;*
- *Asegurar que la conexión entre los componentes sea visible y accesible;*
- *Proporcionar espacio alrededor de la conexión para que se pueda inspeccionar, instalar y/o desinstalar fácilmente;*
- *Incluir detalles y diagramas As-Built con instrucciones para llegar a los componentes de alto mantenimiento.*



### 3.11. DESMONTABLE

## Permita conexiones reversibles que puedan deshacerse sin dañar los componentes que las unen

#### **IGLESIAS DE CHILOÉ, Arquitectura patrimonial**

**Chiloé, S. XIX - XX**

**Culto, Patrimonio de la Humanidad**

**Fotos: Macarena Almonacid (2013), Fundación de Amigos de las Iglesias de Chiloé (FAICH)**

**Esquemas: Marjorie Barros en base a tesis de Lorenzo Berg**

La maestría constructiva con la cual se construyeron las Iglesias de Chiloé no sólo destaca como patrimonio de la humanidad, sino que es posible entrar los detalles constructivos de uniones y empalmes de piezas, que se ejecutaron con mano de obra local y que demuestran una alta especialización e innovación en la construcción con la madera de su época. Varias iglesias de Chiloé, construidas por los mismos equipos de maestros, comparten similares características, como su sistema constructivo elaborado en base a ensambles y empalmes de madera.

Esta tipología de empalmes de madera, que se cree pudieron ser ejecutados mediante un sistema de prefabricación desarrollado para la época, ha permitido que las iglesias se puedan desmontar parcialmente (o totalmente si fuera necesario) para reparar y reemplazar fácilmente piezas deterioradas, inclusive si estas no se encuentran visibles en las primeras capas. De esta manera, se desarma la estructura, se repara y se vuelve a armar.

El desafío estructural propio de un país sísmico como Chile, pudiera poner en duda la factibilidad de ejecutar edificios desmontables. La realidad ha demostrado que es posible diseñar y construir de esta manera, además del ejemplo tradicional de las Iglesias de Chiloé, existen tanto en Santiago como en regiones otros ejemplos de notable diseño que cumplen con la cualidad de ser desmontables.

Para diseñar un edificio Desmontable se debe establecer la jerarquía de sus capas, el ritmo de cambio de las mismas y definir las estructuras fijas y cambiantes. (*Pace Layering y Support and Infill*). Con tecnologías actuales podemos generar conexiones desmontables prefabricadas incorporando elementos como acero, hormigón u otros que permitan el desmontaje selectivo y la recuperación de partes del edificio sin dañar los materiales en este proceso. Tanto para su reparación o reemplazo como para permitir el desmontaje y rearmado completo del edificio.

*En la cualidad Desmontable se recomienda:*

- *Utilizar conexiones que se puedan revertir en lugar de unir permanentemente. los componentes;*
- *Verificar que los componentes conectados y la misma conexión permanezcan intactos durante el desmontaje repetido;*
- *Evitar conexiones que dejen rastros no deseados o dañen el edificio después del desmontaje;*
- *Tener en cuenta que las conexiones reversibles pueden generar puentes térmicos y afectar negativamente a la estanqueidad al aire y al vapor;*
- *Una conexión reversible puede, pero no tiene por qué, ser reutilizable, también puede ser reciclable o biodegradable.*



## 3.12. INDEPENDIENTE

### Ensamble los componentes para que sea estructural, funcional y geoméricamente autonomos

#### **CASA ENSAMBLE, Par Arquitectos**

**Las Cabras, 2016**

**Vivienda, 138 m2**

**Fotos: Diego Elgueta**

PAR Arquitectos ha desarrollado en esta obra el concepto de exoesqueleto lo que permite independizar la estructura de la envolvente de los espacios, posibilitando ampliaciones y/o modificaciones futuras. Inicialmente la obra se proyectó como un habitáculo que pudiera adquirir carácter de casa cerrando espacios interiores habitables (dormitorios, baños) a lo largo de este exoesqueleto.

El sistema estructural viga-pilares se diseñó separado de la envolvente (*Support and Infill*). Modulado en base a las medidas estándares de la madera, ya que era importante trabajar con mano de obra local para simplificar los procesos constructivos.

Las cualidades Desmontable e Independiente deben ir de la mano. Un proyecto que considere la independencia entre sus componentes no necesariamente será circular. Es por ello que un edificio debe considerar la independencia de sus capas principales (estructura, envolvente, instalaciones, revestimientos, por ejemplo) y además asegurar que entre estas existan conexiones reversibles.

Es importante mencionar que la independencia de componentes no sólo permite ampliaciones de espacio, también posibilita modificaciones de uso y programa (en ciclos diarios, anuales, etc.) y la recuperación o el mantenimiento de componentes. Los diseñadores deben ser capaces de diseñar en esta dualidad “integración v/s independencia”.

Definir la independencia de los componentes es definir cuáles serán el Ritmo de Capas (*Pace Layering*) y cuáles serán las estructuras fijas y el relleno (*Support an Infill*) que le conviene al propio sistema del edificio que se diseñará. Un trazado bien pensado y un diseño no jerárquico de todos los componentes permiten que cada pieza se pueda modificar sin desmontar o dañar otra, simplificando su recuperación para su reutilización, facilitando reparaciones, reemplazos y adaptaciones eficientes.

*En la cualidad Independiente se recomienda:*

- *Verificar si la geometría de un conjunto permite sacar un componente sin desmontar otro;*
- *Aspirar a que en los detalles constructivos se permita un fácil desmontaje de aquellos componentes que requieran intervenciones más frecuentes;*
- *Habilitar el desmontaje de componentes desde diferentes puntos simultáneamente;*
- *Proporcionar instrucciones de desmontaje y remontaje para los sistemas de construcción que vayan a ser reutilizados.*



### 3.13. COMPATIBLE

## Use componentes que puedan ser intercambiables y re combinados

**CENTRO DE PRODUCCIÓN FORK, Oficina Bravo**

**Quilicura, 2017**

**Industria, 1500 m2**

**Fotos: Registros de obra, Bruno Gilberto**

En un galpón que perteneció a una fábrica de muros cortinas se instaló el centro de producción de alimentos de la cadena Fork. Uno de los desafíos propios del encargo consistió en desarrollar una distribución modular y flexible, que atendiera a las complejidades propias de un programa de manipulación de alimentos (instalaciones sanitarias, eléctricas y de climatización de alto estándar). El sistema constructivo debía permitir modificaciones a través del tiempo, ya que la empresa se encontraba en una fase inicial con altas proyecciones de crecimiento.

En términos de las posibilidades de distribución espacial al interior del galpón, el equipo optó por utilizar un sistema paneles prefabricados modulados a 90cm de ancho el cual contaba con un sencillo sistema de montaje y desmontaje. Este sistema facilitó diversas configuraciones de acuerdo a las necesidades cambiantes que el mandante requería. Al mismo tiempo se logró incorporar en el espacio la diversidad de tipologías y de medidas de las máquinas, hornos etc propios de esta línea de producción.

La zona de producción se organiza a modo de cápsulas, con interiores de dimensiones moduladas y libres de instalaciones. Para esto último los arquitectos desarrollaron un sistema de instalaciones que quedó completamente fuera de las cápsulas: Se construyó un entrepiso técnico completamente registrable de 90cm de alto que contenía las instalaciones húmedas (agua potable, alcantarillado y red de sanitizado). Y por otro lado, se organizó sobre las cápsulas las instalaciones secas (electricidad, ductos de extracción y climatización, sistema de frío).

La sencillez con la cual fue proyectada esta línea de producción, tanto por el uso de sistemas modulares prefabricados como por la externalización de sus instalaciones permite que este espacio sea reconfigurado y re combinado de distintas formas, incorporando diversas maquinarias al interior de las cápsulas, utilizando los mismos componentes constructivos.

*En la cualidad Compatible se recomienda:*

- *Definir el edificio o sistema constructivo de acuerdo a uno o más módulos con un tamaño recurrente;*
- *Usar componentes con una forma y tamaño de producción estandarizados, adoptados por diferentes fabricantes;*
- *Verificar si los componentes se pueden intercambiar con otros, o si se puede crear una configuración completamente nueva con los mismos;*
- *Aspirar a la compatibilidad dentro del mismo sistema de construcción y también entre diferentes sistemas;*
- *Aplicar patrones y principios geométricos, como escala, simetría y rotación.*



### 3.14. POLIVALENTE

## Diseño espacios y edificios que soporten necesidades y requisitos cambiantes sin alteraciones

**CASA BC, Rodrigo Valenzuela Jerez**

**Colina, 2017**

**Vivienda, 209 m2**

**Fotos: Macarena Álvarez**

Esta casa pone de manifiesto una reflexión acerca de la posibilidad de integrar en una obra de arquitectura las necesidades cambiantes y dinámicas de los usuarios. Valenzuela se cuestiona lo predecible e impredecible en la utilización futura de la arquitectura y opta por aceptar la existencia de dicho dinamismo. Enfrentándose así a una contradicción propia del diseño arquitectónico y de la labor del arquitecto: que este se ocupa principalmente de lo que ocurrirá durante el uso, sin embargo la realidad demuestra que "la participación del arquitecto termina en el mismo momento en el que la ocupación comienza" (Gropius citado por Valenzuela 2019).

Antes de proponer estrategias de Adaptabilidad (la cual permite transformaciones con poco esfuerzo e idealmente mínima o nula pérdida de materiales), se puede pensar que el mismo espacio puede absorber diferentes usos a la vez sin necesidad de modificar estructuras, revestimientos, instalaciones, de esta manera, nos situamos en una estrategia más valorada desde el punto de vista de la economía circular. Diseñar un edificio con cualidad Polivalente permite incorporar diferentes usos a la vez sin necesidad de modificaciones ni movimientos, maximizando el uso de los recursos (materiales y espaciales) a lo largo del tiempo. Lo Polivalente promueve espacios genéricos que posibilitan múltiples usos durante distintos ciclos (día, semana, meses, años), generando las condiciones óptimas para que ello ocurra.

La casa BC propone un diseño de espacios sin jerarquías entre ellos, únicamente se establecen dos categorías de volúmenes (uno "técnico-funcional" y otro "neutro"). En base a esta combinatoria y con el claro objetivo no predeterminedar los espacios, esta casa permite posibilidades de cambio y que los usuarios apliquen su propia creatividad en el uso y la redefinición de espacios al interior. En palabras del propio arquitecto: "En la casa BC no existe un recinto predeterminedado para la sala de estar familiar, el comedor de diario, el dormitorio principal ni el dormitorio de servicio; tampoco hay escritorios, sala de juegos de niños ni logia", permitiendo múltiples usos a través de una "desprogramación de espacios" (Valenzuela, 2019).

*En la cualidad Polivalente se recomienda:*

- *Crear un diseño abierto con espacios generosos y bien conectados para lograr máxima versatilidad y accesibilidad;*
- *Integrar componentes móviles como paredes deslizantes, giratorias o plegables, para cambios rápidos y sencillos;*
- *Anticipar múltiples escenarios de uso con capacidad adicional y redundancia (espacial, técnica y estructural);*
- *Permitir que todo el edificio sea accesible para todos;*
- *Permita la entrada de luz natural y ventilación en cada habitación;*
- *Proporcione accesos suficientes y bien distribuidos a salas técnicas, servicios y shafts.*



### 3.15. DIVERSO

## Introduzca diversidad en vez de una solución única

#### **CASA WERTH y MAISON ITALIA, CO2 Arquitectos**

**Providencia, 2016**

**Uso mixto, 494 m<sup>2</sup>**

**Fotos: Alfonsina Klaassen**

Este desarrollo mixto comprende una galería comercial, un hotel boutique y un restaurante que entre ellos generan una sinergia, donde, en palabras de sus socias y gestoras se “logra una interacción entre contenidos, cultura y arte”. Ubicado en una esquina emblemática del Barrio Italia, en lo que fue la casa del arquitecto Horacio Werth, construída a principios de S. XX en un terreno de 314 m<sup>2</sup>, con fachada continua en ladrillo de 45 cm de espesor y 5 m de altura.

La intervención mantiene la fachada continua. Los muros interiores de adobe y madera fueron desarmados y reutilizados tanto para los nuevos tabiques como para muebles del hotel. Se construyen 2 pisos superiores, con lo cual el proyecto alcanza 3 pisos. El primer piso mantiene un programa comercial y una galería, donde se incorpora un pasillo abierto para libre paso de transeúntes. El segundo contiene las habitaciones del hotel y en el tercer nivel está el bar-restaurante, que además tiene un living común, el cual está abierto al público.

El uso mixto y complementario de este proyecto ha permitido que se desarrollen otras actividades temporales como lanzamientos, talleres y otras manifestaciones de arte que diversifican y atraen nuevos públicos, aumentando así la capacidad de uso de este espacio. Está plasmado en el espíritu de sus gestoras el incorporar actividades diversas, las cuales se suceden entre sí generando una sinergia especial entre ellas, incentivando renovaciones por cambios de necesidades que a la larga permiten extender la vida útil del edificio y sus componentes.

El diseño de un edificio Diverso debe considerar estructuras que permitan la diversificación de usos, pensadas desde el concepto de Soporte y el Relleno (*Support and Infill*) apoyado por un Ritmo de Capas (*Pace Layering*), lo cual permite maximizar el uso de los espacios, ya sea durante ciclos diarios o mensuales, como a lo largo de una línea de tiempo adaptándose a cambios de necesidades de los usuarios, previniendo la necesidad de transformar los espacios.

*En la cualidad Diverso se recomienda:*

- *Desarrollar una tipología heterogénea, por ejemplo, de unidades de apartamentos, para atraer y satisfacer las necesidades de una amplia audiencia;*
- *Introducir varios escenarios de uso en un solo proyecto;*
- *Pensar en funciones residenciales, comerciales y comunitarias que podrían sucederse entre sí;*
- *Proporcionar espacios con capacidades diversas (tanto capacidad de contener físicamente un programa como la eficacia del espacio para cumplir dicha función);*
- *Diseñar espacios que permitan ajustarse a la oferta y la demanda de manera eficaz a través del tiempo.*



## 3.16. LOCALIZACIÓN Y TERRENO

### Reconozca y desarrolle responsablemente las cualidades de un lugar

**BIP COMPUTERS, Alberto Mozó.**

**Providencia, 2006**

**Oficinas, 623 m2**

**Fotos: Cristóbal Palma**

Cuando Alberto Mozó se enfrentó al encargo de construir un edificio para la venta de artículos de computación observó tanto el presente de su encargo como las posibilidades futuras propias del entorno urbano donde se emplazaría el edificio.

Al conjugar los requerimientos del mandante para su actual negocio y el potencial de densificación (20 pisos altura) y otros usos de suelo permitidos (vivienda, oficinas, entre otros) surge una pregunta que el arquitecto le hace al mandante: ¿Si ofrecían un alto precio por el terreno de 2.500 m2 lo vendería, después de construir un edificio de 3 pisos? La respuesta fue un "Sí". Ante una posible "demolición", se definió primero la materialidad: Madera. Ya que las empresas encargadas de demoler siempre recuperan la madera; por el contrario, el hormigón y albañilería terminarían en un sitio de disposición final de residuos. De cara a estas posibilidades (plusvalía del terreno y posible demolición del edificio), además de considerar que la inversión (material, medioambiental, económica) se vería afectada con estas proyecciones, el proyecto responde a su localización y terreno con un sistema totalmente desmontable. Tanto pilares, vigas, estructuras secundarias y revestimientos fueron diseñados con un sistema prefabricado tipo "mecano" el cual, además de hacer eficiente su construcción inicial, permite un completo desmontaje que, al liberar el terreno, permitiría edificar otro inmueble en el mismo y relocalizar el edificio de madera en otro predio.

La Localización y terreno nos invita a pensar sobre las características tanto presentes como futuras del predio y del contexto urbano. Cómo éstas afectarán tanto la infraestructura del edificio como a su uso. Cabe preguntarse acerca del dinamismo de dicho entorno, sus proyecciones, cambios de usos, nuevas actividades, etc, y en base a ello definir estrategias que acompañen ese dinamismo, como el desmontaje total o parcial que plantea el edificio Bip u otras estrategias, como prever un sobre-dimensionamiento estructural para recibir ampliaciones y así alcanzar las normativas de densificación de un entorno urbano que está en proceso de crecimiento y consolidación.

*En la cualidad Locación y Terreno se recomienda:*

- Ubicar los edificios donde sean accesibles de manera fácil y segura a pie, en bicicleta y en transporte compartido;
- Conectar a la infraestructura y servicios públicos existentes, como la calefacción urbana y el compostaje local;
- Incluir servicios públicos, como una fuente, un jardín de juegos, un café de reparación o una tienda cooperativa;
- Proteger los espacios al aire libre y las vistas amplias, o crear enlaces a espacios cualitativos en las inmediaciones;
- Diseñar un sitio que se pueda densificar con nuevas instalaciones (temporales) y otras comodidades.

## 4. Conclusión

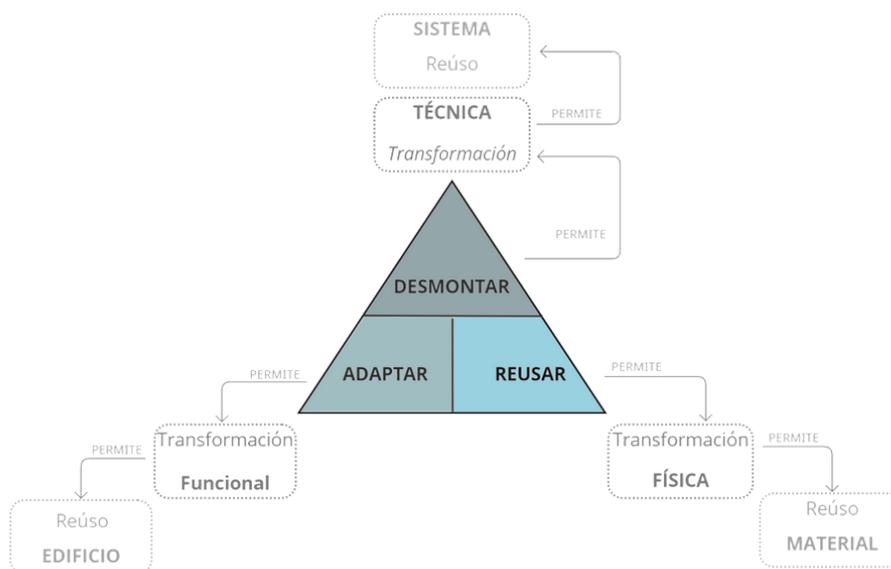
Las 16 cualidades de diseño circular ayudan a comprender aspectos fundamentales de la circularidad en edificaciones. Y conforman un marco sencillo a través del cual se establece un lenguaje común que facilitará la transición hacia un entorno construido dinámico y de ciclos cerrados.

Las obras aquí expuestas, en su mayoría, han sido concebidas a través del ejercicio tradicional de la arquitectura y han sido seleccionadas ya que a través de ellas es posible ejemplificar de manera clara y representativa aspectos relevantes de la cualidad a la que hacen mención.

Sin embargo una edificación alineada con la idea de economía circular debe ser concebida de una manera integral, considerando diversos aspectos como la longevidad, el desmontaje, la reutilización, entre otros. Optimizando la máxima capacidad del edificio para adaptarse a los cambios del entorno cultural y de las necesidades de los usuarios

Los equipos responsables de proponer ideas, dirigir proyectos de arquitectura así como también inversionistas e instituciones gubernamentales son los principales agentes en la transformación hacia una Entorno Construido Circular (Cetin et al, 2022). La adopción temprana de estas cualidades favorece una gestión eficiente de los recursos y flujos de materiales relacionados con la construcción, evitando el agotamiento de los recursos naturales y la producción de residuos. En definitiva, minimizando el impacto ambiental de los edificios.

Se sugiere utilizar estas cualidades como metas desde el inicio de los proyectos, revisarlas, compararlas e iterarlas en el desarrollo del mismo. Las opciones pueden combinarse y presentar distintos matices en favor de los objetivos propios del proyecto y del contexto en el cual se encuentren. No hay soluciones únicas, ni en "blanco o negro", integrando y equilibrando las distintas cualidades. Por un lado, estas no deben usarse como soluciones individuales y por otro lado, muchas veces será imposible cumplirlas todas.



Factores y escalas de edificios reversibles, basado en Durmisevic 2018.  
En "Vivienda Reversible",  
Tesis MASE, Facultad de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos, PUC.  
Stephanie Gama, 2022

## 5. Glosario

### A

**Accesible:** Calidad arquitectónica que permite integrar y recuperar los componentes sin mucho esfuerzo o daño. Ver Cualidades de Arquitectura Circular.

Fuente: Adaptado de: Cambier C., Elsen S., Galle W., Lanckriet W., Poppe J., Tavernier I., Vandervaeren C..(2019).

**Adaptabilidad:** Posibilidad de ser cambiado o modificado para adaptarse a un uso particular. Ver Diseño para la Adaptabilidad (DfA).

Fuente: ISO 20887. (2020). Développement durable dans les bâtiments et ouvrages de génie civil — Conception pour la démontabilité et l'adaptabilité Principes, exigences et recommandations.

### B

**Capa (S):** Elemento funcional independiente del diseño del edificio que tiene el objetivo de diferenciar distintos ciclos de uso o de vida útil. Una capa se compone de diferentes materiales y elementos que se utilizan ensamblados para realizar una función específica (sistema, sitio, estructura, envolvente, instalaciones, espacio, mobiliarios). Fuente: Brand, S. (1995), Arup (2016), Romnée A., Vrijders J. (2018)

**Capacidad de Extensión:** Capacidad de un sistema cuyo diseño o característica le permite adaptarse a cambios sustanciales, favoreciendo o facilitando la incorporación de nuevos espacios, nuevas funciones, nuevos medios y nuevas capacidades. Fuente: ISO 20887. (2020). Développement durable dans les bâtiments et ouvrages de génie civil — Conception pour la démontabilité et l'adaptabilité — Principes, exigences et recommandations.

**Compatible:** Calidad arquitectónica que considera la utilización de componentes de construcción que puedan intercambiarse y (re) combinarse. Ver Cualidades de Diseño Circular. Fuente: Adaptado de: Cambier C., Elsen S., Galle W., Lanckriet W., Poppe J., Tavernier I., Vandervaeren C..(2019).

**Componente:** Producto fabricado como una unidad separada para realizar una o más funciones específicas. Fuente: ISO 20887. (2020). Développement durable dans les bâtiments et ouvrages de génie civil — Conception pour la démontabilité et l'adaptabilité — Principes, exigences et recommandations.

**Compostable:** Calidad arquitectónica que considera la utilización de materiales que puedan degradarse biológicamente a sustancias naturales. Ver Cualidades de Arquitectura Circular. Fuente: Adaptado de: Cambier C., Elsen S., Galle W., Lanckriet W., Poppe J., Tavernier I., Vandervaeren C..(2019).

**Conexiones Accesibles:** Conexiones dejadas accesibles para su modificación o desmontaje. Fuente: ISO 20887. (2020). Développement durable dans les bâtiments et ouvrages de génie civil — Conception pour la démontabilité et l'adaptabilité — Principes, exigences et recommandations.

**Construcción Reversible:** La construcción reversible consiste en diseñar edificios de modo tal que cuenten con dos propiedades particulares: La primera propiedad es la reversibilidad espacial, la capacidad de un espacio para albergar diferentes usos y transformarse a medida que cambian los estilos de vida y necesidades de los usuarios, a pesar de las dificultades de dicha predicción. La segunda propiedad es la reversibilidad técnica, es decir, el potencial de los componentes del edificio para ser desmontados sin perder su calidad técnica o funcional. A través de la aplicación de los principios del diseño reversible (componentes con alto potencial de reutilización, componentes accesibles y desmontables, etc.), el proyecto se posiciona en una visión a largo plazo de la construcción ampliando, en primer lugar, la vida útil del edificio y luego de sus componentes. Fuente: Adaptado de: C. Küpfer.; C. Fivet.(2021).

**Cualidades de Diseño Circular:** El diseño es clave en la transición hacia una economía circular. Como respuesta, profesionales de la facultad de Ingeniería Arquitectónica en la “Vrije Universiteit Brussel”, promovieron 16 cualidades de diseño circular que permiten una reutilización, reciclaje y renovación más eficaz de las edificaciones y sus componentes. Estas son: Reutilizado, Reciclado, Renovado, Compostable, Seguro y Saludable, Monomaterial, Durable, Sencillo, Manejable, Accesible, Desmontable, Independiente, Compatible, Polivalente, Diverso, Localización y Terreno. Fuente: Cambier C., Elsen S., Galle W., Lanckriet W., Poppe J.,Tavernier I., Vandervaeren C.. (2019). Building a Circular Economy: Design Qualities to Guide and Inspire Building Designers and Clients. Bélgica: VUB Architectural Engineering

## D

**Desmontable:** Calidad arquitectónica que permite deshacer las conexiones sin dañar los componentes que los unen. Ver Cualidades de Arquitectura Circular. Fuente: Cambier C., Elsen S., Galle W., Lanckriet W., Poppe J.,Tavernier I., Vandervaeren C.. (2019). Building a Circular Economy: Design Qualities to Guide and Inspire Building Designers and Clients. Bélgica: VUB Architectural Engineering.

**Diseño para la Adaptabilidad (DfA):** Enfoque de Diseño que tiene en cuenta las cambiantes necesidades de los usuarios en el tiempo, su objetivo es garantizar la adaptabilidad del edificio a dichas necesidades durante el mayor tiempo posible. Los principios de diseño para la adaptabilidad se implementan considerando Versatilidad, Convertibilidad y Capacidad de Extensión. Y existen dos categorías: Adaptabilidad Específica: para una adaptación conocida o esperada y Adaptabilidad General: para una adaptación futura desconocida. Fuente: Adaptado de ISO 20887. (2020). Développement durable dans les bâtiments et ouvrages de génie civil — Conception pour la démontabilité et l’adaptabilité — Principes, exigences et recommandations.

**Diseño para la Deconstrucción (DfD):** Enfoque de diseño para un producto o edificación que facilite su desmontaje al final de su vida útil, de modo que los componentes y piezas puedan reutilizarse, reciclarse, recuperarse para su valoración energética o desviarse de otro modo del flujo de residuos. Fuente: Adaptado de ISO 20887. (2020). Développement durable dans les bâtiments et ouvrages de génie civil — Conception pour la démontabilité et l’adaptabilité — Principes, exigences et recommandations.

**Diverso:** Calidad arquitectónica que prioriza la introducción de la variedad en el programa en lugar de una solución única para todo. Ver Cualidades de Arquitectura Circular. Fuente: Cambier C., Elsen S., Galle W., Lanckriet W., Poppe J.,Tavernier I., Vandervaeren C.. (2019). Building a Circular Economy: Design Qualities to Guide and Inspire Building Designers and Clients. Bélgica: VUB Architectural Engineering.

**Durable:** Calidad arquitectónica que considera la utilización de componentes que resistan el desgaste del uso y la reutilización. Ver Cualidades de Diseño Circular. Fuente: Adaptado de: Cambier C., Elsen S., Galle W., Lanckriet W., Poppe J., Tavernier I., Vandervaeren C..(2019).

## E

**Economía Circular:** La economía circular es un sistema económico que tiene como objetivo la eliminación de los residuos y la contaminación a lo largo del ciclo de vida de los materiales, desde la extracción del medio ambiente hasta la transformación industrial, y hasta los consumidores finales, aplicándose a todos los ecosistemas implicados. Al final de su vida útil, los materiales vuelven a un proceso industrial o, en el caso de un residuo orgánico tratado, regresan de forma segura al medio ambiente como en un ciclo de regeneración natural. Funciona creando valor a nivel macro, meso y micro y explota al máximo el concepto de sostenibilidad anidada. Las fuentes de energía utilizadas son limpias y renovables. El uso y el consumo de recursos son eficientes. Los organismos gubernamentales y los consumidores responsables juegan un papel activo para garantizar el correcto funcionamiento del sistema a largo plazo. Fuente: Cattlelan y Tavares, 2021

## I

**Independiente:** Calidad arquitectónica que considera el ensamblaje de los componentes de manera que estén separados estructural, funcional y geoméricamente. Ver Cualidades de Diseño Circular. Fuente: Adaptado de: Cambier C., Elsen S., Galle W., Lanckriet W., Poppe J., Tavernier I., Vandervaeren C..(2019).

## L

**Localización y terreno:** Calidad arquitectónica que reconoce y desarrolla las cualidades de un lugar de forma responsable. Ver Cualidades de Diseño Circular. Fuente: Cambier C., Elsen S., Galle W., Lanckriet W., Poppe J., Tavernier I., Vandervaeren C.. (2019). Building a Circular Economy: Design Qualities to Guide and Inspire Building Designers and Clients. Bélgica: VUB Architectural Engineering.

## M

**Manejable:** Calidad arquitectónica que considera el diseño de componentes de construcción que se puedan agarrar, mover y manipular fácilmente. Ver Cualidades de Diseño Circular. Fuente: Adaptado de: Cambier C., Elsen S., Galle W., Lanckriet W., Poppe J., Tavernier I., Vandervaeren C..(2019).

**Minería Urbana:** Proceso de recuperación de compuestos y elementos de todo tipo de poblaciones antropogénicas: edificios, infraestructuras, industrias, productos (en uso o fin de vida), etc. Estos materiales pueden representar un stock de recursos significativos en concentraciones a menudo comparables o mayores que las existencias de forma natural. Fuente: Adaptado de: Fundación Ellen Macarthur. (2015). Growth within: a circular economy vision for a competitive Europe

**Monomaterial:** Calidad arquitectónica que prioriza el uso de componentes que consten de un solo material en lugar de una mezcla. Ver Cualidades de Arquitectura Circular. Fuente: Cambier C., Elsen S., Galle W., Lanckriet W., Poppe J., Tavernier I., Vandervaeren C.. (2019). Building a Circular Economy: Design Qualities to Guide and Inspire Building Designers and Clients. Bélgica: VUB Architectural Engineering

## P

**Polivalente:** Cualidad arquitectónica que considera el diseño de edificios y espacios que apoyen las necesidades y requisitos cambiantes sin sufrir alteraciones. Ver Cualidades de Diseño Circular. Fuente: Adaptado de: Cambier C., Elsen S., Galle W., Lanckriet W., Poppe J., Tavernier I., Vandervaeren C..(2019).

## R

**Renovado:** Cualidad arquitectónica que prioriza el uso de materiales que se reponen continuamente mediante la agricultura o silvicultura responsable. Ver Cualidades de Arquitectura Circular. Fuente: Cambier C., Elsen S., Galle W., Lanckriet W., Poppe J., Tavernier I., Vandervaeren C.. (2019). Building a Circular Economy: Design Qualities to Guide and Inspire Building Designers and Clients. Bélgica: VUB Architectural Engineering.

**Reutilizado:** Cualidad arquitectónica que prioriza el uso de piezas y componentes de construcción ya presentes en el sitio o recuperados en otro lugar. Ver Cualidades de Diseño Circular. Fuente: Cambier C., Elsen S., Galle W., Lanckriet W., Poppe J., Tavernier I., Vandervaeren C.. (2019). Building a Circular Economy: Design Qualities to Guide and Inspire Building Designers and Clients. Bélgica: VUB Architectural Engineering.

**Reversibilidad:** Proceso que se inicia en la etapa de diseño y permite que el edificio se transforme, se desmonte por partes o se deconstruya completo sin causar daños, con el objetivo de recuperar sus partes y permitir adaptaciones en el tiempo. Se compone de tres dimensiones: Desmontaje, Adaptabilidad y Reutilización que en su conjunto determinan el nivel de reversibilidad Técnica y Funcional.[FOC1] Durmisevic, 2018  
[FOC1]Puedes agregarla?

## S

**Seguro y saludable:** Cualidad arquitectónica que prioriza el uso de componentes que no dañen el medio ambiente ni a los seres humanos durante su uso, reutilización o reciclaje. Ver Cualidades de Diseño Circular. Fuente: Cambier C., Elsen S., Galle W., Lanckriet W., Poppe J., Tavernier I., Vandervaeren C.. (2019). Building a Circular Economy: Design Qualities to Guide and Inspire Building Designers and Clients. Bélgica: VUB Architectural Engineering.

**Sencillo:** Cualidad arquitectónica que prioriza soluciones de baja tecnología en lugar de complicados sistemas para las mismas funciones. Ver Cualidades de Diseño Circular. Fuente: Cambier C., Elsen S., Galle W., Lanckriet W., Poppe J., Tavernier I., Vandervaeren C.. (2019). Building a Circular Economy: Design Qualities to Guide and Inspire Building Designers and Clients. Bélgica: VUB Architectural Engineering.

## V

**Vida Útil:** Período que comienza con la puesta en servicio, durante el cual una instalación o sus diversas partes cumplen o superan los requisitos de rendimiento. Fuente: ISO 20887. (2020). Développement durable dans les bâtiments et ouvrages de génie civil — Conception pour la démontabilité et l'adaptabilité — Principes, exigences et recommandations.  
[FOC1]Puedes agregarla?

## 6. Bibliografía

ARUP. (2016). *The circular Economy in the Built Enviroment*. RIBA Publishing.

Brand, S. (1995). *How Buildings Learn: What happens After They`re Built*. Penguin Books.

Cambier, C., Elsen, S., Galle, W., Lanckriet, W., Poppe, J., Tavernier, I., & Vandervaeren, C. (2019a). *Building a Circular Economy: Design Qualities to Guide and Inspire Building Designers and Clients*. Bélgica: VUB Architectural Engineering.

Cambier, C., Elsen, S., Galle, W., Herthogs, P., Lanckriet, W., Poppe, J., Tavernier, I., & Vandervaeren, C. (2019b). *Building a Circular Economy: Buildings, a Dynamic Environment*. Bélgica: VUB Architectural Engineering.

Cattlelan, C., & Tavares, M. (2021). *Circular Economy as an Opportunity for Achieving Sustainable Development Goals: A Systematic Literature Review*.

Çetin,S.; Gruis,V.; Straub, A. (2021) *Towards Circular Social Housing: An Exploration of Practices, Barriers, and Enablers*. *Sustainability* 2021, 13, 2100. <https://doi.org/10.3390/su13042100>.

Crowther, P. (1999). *Desing for Disassembly to Recover Embodied Energy*. Proceedings of the 16th International Conference on Passive and Low Energy Architecture.

Durmisevic, E. (2006). *Building and Society: The Changing Paradigms of Architectural Practice*. In P. Tzonis & S. White (Eds.), *The Changing Face of Architecture: Conversations with Architects about Building and the Built Environment*. Elsevier.

Durmisevic, E. (2018). *D15: Reversible Building Design Guidelines and Protocol*. BAMB project.

Fundación Ellen MacArthur. (2015). *Growth within: a circular economy vision for a competitive Europe*

Fundación Ellen MacArthur (2019). *Buildings residential and commercial*. ARUP.

Fundación Ellen MacArthur (2020). *What is a circular economy?* Disponible en: <https://ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-intro-duction/overview>.

Galle, W., Elsen, S., Cambier, C., Travernier, I., Vandervaeren, C., & Lanckriet, W. (2019). *Building a Circular Economy: The Role of Building Desing and the Circular Business Model Canvas*. In C. Cochran, T. Laing, & J. Bryson (Eds.), *Handbook of Circular Bussiness Models*. Springer.

Instituto Nacional de Estadísticas (INE) (2018). *Proyecciones de población y hogares*.

ISO 20887. (2020). *Développement durable dans les bâtiments et ouvrages de génie civil — Conception pour la démontabilité et l'adaptabilité — Principes, exigences et recommandations*.

Küpfer, C., & Fivet, C. (2021). *Construcción Reversible*. En S. Riera Figueras (Ed.), *Diccionario de Arquitectura Sostenible y Construcción Ecológica*. España. Editorial Gustavo Gili.

Molina, M., Hidalgo, D., & Schmitt, P. (2020). *Energy Transition in Chile: The Challenges of Buildings and Cities*. In *Energy Transition in Chile*. Springer.

Thomark, C. (2002). *A Low Energy Building in a Life Cycle: Its Embodied Energy, Energy Need for Operation and Recycling Potential*. *Building and Environment*, 37, 429-435.

Vrijders J. (2018). *Manual de arquitectura*. Universidad Politécnica de Valencia.

Valenzuela, R. (2019). *Lo impredecible y la casa BC*. *ARQ 101*, 120-129. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/333151804\\_Lo\\_impredecible\\_y\\_la\\_casa\\_BC](https://www.researchgate.net/publication/333151804_Lo_impredecible_y_la_casa_BC). Última comprobación 05 Mayo 2023.

# Diseño Circular de viviendas para Chile

## Estrategias y ejemplos de inspiración

**Autores:** Felipe OSSIO  
Anamaría DE LEÓN  
Waldo GALLE  
Jeroen POPPE

**Agradecimientos:** Los autores agradecen a las y los profesionales que aportaron con información e imágenes para este proyecto. Nuestro agradecimiento a Moritz Rücker y Matías Ahumada por su apoyo durante el desarrollo y a Paola Molina y Claudia Rojo por sus revisiones y comentarios.

**Cómo citar este texto:** Ossio, F., De León, A., Galle, W., & Poppe, J. (2023). Diseño Circular de viviendas para Chile. Estrategias y ejemplos de inspiración.

DOI: 10.13140/RG.2.2.32936.14080

Felipe Ossio – faossio@uc.cl  
Anamaría De León – arqta.anamaria@gmail.com  
Waldo Galle – waldo.galle@vub.be  
Jeroen Poppe - jeroen.poppe@vub.be

Mayo 2023

