



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA

LA TERCERA PIEL ARQUITECTÓNICA
(Construcción Digital de Piel Estructural re-ensamblable en madera)

TESIS

Que para optar el grado de

MAESTRO EN ARQUITECTURA

En el campo de conocimiento de Arquitectura, Desarrollo y Sustentabilidad

Presenta

Ricardo Zaldívar Armenta

Tutor principal

Dr. Peter Krieger / Instituto de Investigaciones Estéticas

CDMX, Ciudad Universitaria – Octubre, 2022



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

“Declaro conocer el Código de Ética de la Universidad Nacional Autónoma de México, considerado en la Legislación Universitaria. Con base en las definiciones de integridad y honestidad ahí contenidas, manifiesto que el presente trabajo es original y enteramente de mi autoría. Las citas de otras obras y las referencias generales a otros autores, se consignan con el crédito correspondiente”

Sínodo aprobado por el Comité Académico del Posgrado de Arquitectura

Dr. Peter Krieger

Posgrado de Arquitectura - UNAM

Instituto de Investigaciones Estéticas - UNAM

Dr. Ronan Bolaños Linares

Posgrado de Arquitectura - UNAM

Laboratorio de Arquitectura, Diseño y Tecnología Experimental, LATE

Dra. Geneviève Jeanine Alice Lucet

Posgrado de Arquitectura - UNAM

Instituto de Investigaciones Estéticas - UNAM

Dr. Mauricio Enrique Reyes Castillo

Posgrado de Diseño Industrial, PDI - UNAM

Mtro. Ángel Mauricio Groso Sandoval

Posgrado de Diseño Industrial, PDI – UNAM

Prefacio

Este trabajo comienza desde la investigación en fabricación digital que desempeñe en Barcelona con la construcción de la *Fab Lab House*, hasta el actual trabajo realizado de más de una década, a través de robots industriales en arquitectura, desarrollados en CATRIA.

El presente trabajo no se podría haber llevado adelante sin el apoyo de muchas personas. En primer lugar quiero agradecer el gran trabajo de mi tutor, el profesor Dr. Peter Krieger, el cual ha sido fundamental para impulsarme a alcanzar mi titulación, y en todo su apoyo para la realización del presente trabajo, gracias a su paciencia, motivación, talento y reconocida erudición.

También doy las gracias a todo mi grupo de tutores: El Dr. Ronan Bolaños Linares, la Dra. Geneviève Jeanine Alice Lucet, el Dr. Mauricio Enrique Reyes Castillo y el Mtro. Ángel Mauricio Grosó Sandoval, por brindarme incondicionalmente su apoyo en enriquecer mi trabajo.

A la UNAM, por esta oportunidad de poder reflejar vida, conocimiento y pensamientos. Orgullosamente y a pesar de las dificultades de la vida cotidiana; compaginando vida familiar, laboral y académica, he logrado concluir la tesis con mucho esfuerzo y dedicación..

De la misma manera agradezco a mi esposa Mireya López Navarrete, por ser mi dulce compañía, brindarme su comprensión, apoyo y respaldo. A mis hijos David y Emilio Zaldívar Hanke, por ser mi inspiración y ejemplo de valor. Pero lo más importante gracias a Dios, que a través de esta pandemia abrió mi corazón para darme toda la fortaleza para concluir este trabajo.

Resumen

En el año 2020 la pandemia, puso en tela de juicio nuestros espacios y nos cuestionamos si son aptos para afrontar repentinos acontecimientos. Diseñar en una época marcada por cambios rápidos y constantes, implica crear nuevos paradigmas que respondan con éxito a estas nuevas realidades. El enfoque de este trabajo emplea una solución, que ha sido planteada por diferentes diseñadores a lo largo de la historia; es está la fusión de lo móvil con lo fijo. Generando varias plataformas modulares, ajustables según las necesidades del usuario; partiendo de aquí surgen atributos como es lo re-ensamblable que hoy en día son posibles a través de la tecnología digital, para poder llevarlas a nombrarse en lo que este trabajo denomina “La Tercera Piel Arquitectónica”.

La Tercera Piel Arquitectónica, es una tecnología de construcción fuerte, realizada con base a plataformas prefabricadas de madera laminada (integradas con sus acabados, instalaciones, gabinetes y aparatos con enfoque personalizable), que pueden ser utilizadas como suelo, paredes y techo para configurar diferentes espacios arquitectónicos. Tienen el atributo de poderse re-ensamblar, creando un espacio polivalente, ajustable internamente e intercambiable a través del tiempo para satisfacer las distintas necesidades de los ocupantes, debido a sucesos sociales o ambientales. Con la ayuda del empleo de la robótica industrial y la mecatrónica en la asistencia social, esta investigación aportará desde la técnica del diseño y la fabricación robótica, una solución multipropósito para la adaptabilidad y bienestar personal.

Palabras Clave: La Tercera Piel Arquitectónica, Piel Interior Evolutiva, Arquitectura Re-ensamblable Efímera, Plataforma Prefabricada *Pop Up*, *Smart Walls*, Neuroconstrucción.

Capítulo I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Presentación	1
1.2 Planteamiento del Problema	3
1.3 Justificación del trabajo	4
1.4 Hipótesis de la Tesis	5
1.5 Objetivo general	6
1.6 Objetivos particulares	6
1.7 Método de Investigación	8
1.8 Estructura de la Tesis	10
Capítulo II	12
MARCO TEÓRICO	12
2.1 Conceptos generales de adaptabilidad	12
2.1.1 El proyecto “The One Room Apartment” de Cornelis Meijer	14
2.1.2 La adaptabilidad mostrada en el arte	18
2.1.3 La adaptabilidad mostrada en el humor	19
2.1.4 La adaptabilidad mostrada en el cine	20
2.2 La Adaptabilidad en la arquitectura en el siglo XX	21
2.2.1 Konrad Wachsmann	25
2.2.2 George Nelson	31
2.2.3 Nicholas John Habraken	34
2.2.4 Archigram	36
2.2.5 Archizoom	37
2.2.6 Joe Colombo	38
2.2.7 Kisho Kurokawa	40

Capítulo III	46
MARCO METODOLÓGICO	46
3.1 La Adaptabilidad en la arquitectura en el siglo XXI	46
3.1.1 Shigeru Ban / LA CASA MOBILIARIO	47
3.1.2 Nendo / <i>DRAWER HOUSE</i>	50
3.1.3 Mount Fuji architects / <i>NEAR HOUSE</i>	51
3.1.4 Studio_01 / <i>BARCODE ROOM</i>	52
3.1.5 Universidad de Morón / MECANO	54
3.1.6 TallerDE2 arquitectos / <i>The POP-UP House</i>	55
3.1.7 Enorme Studio / <i>EVERYTHING IN PLACE HOUSE</i>	59
3.1.7 Elii arquitectura / <i>INSIDER</i>	60
3.1.8 Tomás García Píriz Studio / LA CASA DE UN SOLO ARMARIO	64
3.2 Nuevos métodos de hacer arquitectura en madera	66
3.2.1 Estado del Arte en arquitectura con robots	67
3.2.2 Tecnologías de vanguardia en arquitectura	69
3.2.3 El potencial de fabricación de los Fab Lab´s	78
3.2.4 Estudio de Caso (A): La metodología Fab Lab House	79
3.2.5 Estudio de Caso (B): La metodología AUAR (<i>Discrete Automation</i>)	92
Capítulo IV	97
EL PROTOTIPO DE UNA TERCERA PIEL	97
4.1 Una piel evolutiva para un mundo evolutivo	97
4.1.1 Material digital y proceso Discreto	104
4.1.2 Metodología del diseño Discreto y fabricación robótica	106
4.1.3 Descripción de la prueba empírica “Plataformas prefabricadas en madera”	107
4.1.4 Grasshopper software y Aura de MIRAI innovation	111
4.1.5 Diseño algorítmico con ShapeDiver, Cloud Visor 3D (online)	113

4.2 Resultados obtenidos (componentes multipropósito vs proyecto arquitectónico)	117
4.2.1 Prototipo estructural de trabajo 1:1	123
4.2.2 Fotografías finales	124
Capítulo V	125
DISPOSITIVO INTEGRADO A LA TERCERA PIEL	125
5.1 Dispositivo HABITEC	125
5.1.1 Descripción de la arquitectura del sistema propuesto	126
5.1.2 Automatización de la Tercera Piel: desafíos y soluciones	135
Capítulo VI	138
CONCLUSIONES	138
6.1 Una nueva situación, requiere una nueva arquitectura y una nueva piel	138
6.1.1 La evolución de los sistemas constructivos	139
6.1.2 Diseñando con los conceptos de un enfoque participativo	141
Bibliografía	142
Listado de siglas	149
Índice de Ilustraciones	150
Anexos con algunas constancias relativas al tema de Tesis	158

Capítulo I

INTRODUCCIÓN

“La construcción adaptable debe posibilitar las reacciones espontáneas del usuario. Para ello se necesita una tecnología blanda que ofrezca a cada usuario más posibilidades de realizarse, como una necesidad existencial básica del hombre.” (Otto, 1979, pág. 159)

1.1 Presentación

LA TERCERA PIEL ARQUITECTÓNICA

El tejido¹ o superficie de cerramiento en los edificios, sirve para regular la temperatura en los edificios, lo mismo pasa con la piel en los seres humanos. Si contamos de afuera hacia adentro las pieles en la arquitectura, definimos como la 1ª piel la envolvente o cerramiento exterior del edificio, la 2ª piel sería la capa estructural, que da soporte al edificio. Estas dos pieles han justificado su función técnica, no solo por la protección estructural que aportan a la edificación, sino también por su eficiencia energética producida². La presente investigación propone integrar una 3ª piel, organismo necesario para generar al interior, intercambios dinámicos con variados mobiliarios, accesorios y hasta dispositivos autónomos e inteligentes que ayudarán a desarrollar mejor la vida del usuario, así como proteger y resguardar su salud.

¹ En arquitectura se habla de tejido o piel, haciendo alusión al tratamiento de las capas que recubren la arquitectura y que están en contacto directo con el medio que lo rodea.

² Refiriéndome a la respuesta bioclimática que tiene la piel arquitectónica, derivada de los efectos que produce el sol, la lluvia, el ruido y el aire en los edificios.

La Tercera Piel es un órgano que vincula la estructura arquitectónica con el mobiliario, así como todos los dispositivos digitales inteligentes que la integran. Consecuencia de esta unión o relación arquitectónica, está programada que evolucionará conforme varíen las necesidades del usuario con respecto al tiempo, o una serie de exigencias emergentes que se puedan presentar.

La propuesta de piel, la podemos valorar dentro de un enfoque funcionalista por su capacidad de aportar orden al espacio habitable. Se asemeja a un armario estructural con almacenamiento interactivo, adaptado a las necesidades de cada habitante de estos espacios. Ayuda a organizar las labores del ser humano como el *homework*³, y a enfrentar nuevos cambios que pueden ocurrir de forma repentina, como lo es en aislamiento ante el *COVID-19*.

Con las nuevas tecnologías de vanguardia⁴, dirigidas hacia un mundo cada vez más digitalizado y la brusquedad del cambio provocado por la pandemia de *COVID-19*, ¿cómo podríamos ahora en esta nueva década, considerar lo que significa un hogar?

“La forma en que definimos nuestras casas es una idea obsoleta. Casi todos los demás aspectos del entorno construido se han impulsado hacia el siglo XXI de una manera que coincide con los avances tecnológicos del mundo y las necesidades cambiantes de la sociedad. La forma en que vivimos y los espacios que ocupamos deben de transformarse, y es hora de preguntarnos ¿qué realmente necesita nuestro hogar?” (Overstreet, 2021)

³ El trabajo digital lo empiezan a realizar muchas personas ahora, a través del *homework*.

⁴ Así como lo son toda la presencia de nuevos dispositivos digitales, que se usan en la 4ª Revolución Industrial o también llamada Industria 4.0 a nivel global.

1.2 Planteamiento del Problema

Según los datos recopilados por el portal de la universidad de Oxford (véase la Ilustración 1.1). El 20 de enero del 2021, México ocupó el lugar 19 en tasa por millón de habitantes de muertes por covid-19. Ante el virus *SARS-CoV-2*, la población mundial ha tenido que vivir resguardada en sus casas y muchas personas han realizado *homework*, para librarse de una crisis económica más severa; pero no todos los espacios han podido responder de forma satisfactoria a esta nueva realidad, causando desesperación, angustia y estrés, entre otros problemas psicológicos en diferentes personas de todo el mundo.

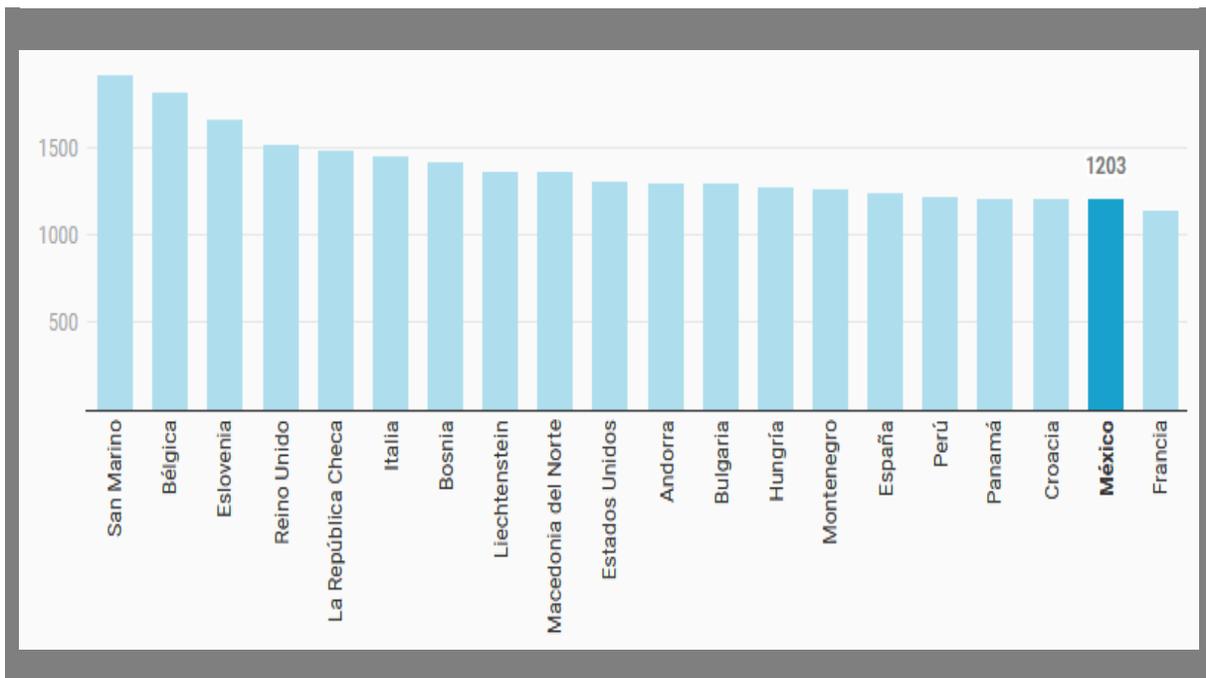


Ilustración 1.1 Gráfica de muertes por *COVID-19* a nivel mundial (tasa por millón de habitantes). Fuente: (Barragán, 2021)

Además de que en muchos países los servicios hospitalarios han resultado insuficientes, obligando en ciertos casos a los enfermos a atenderse desde casa, sin que exista la infraestructura necesaria en las viviendas como oxígeno y monitoreo de la salud individual de cada paciente.

El presente trabajo plantea que nuestra arquitectura, podría estar mejor equipada para afrontar largos encierros, sobre todo para proporcionar una mejor calidad de vida en las personas de la tercera edad. Podemos ver que muchas infraestructuras y entre ellas la vivienda, no estaban aptas para afrontar el tiempo de encierro, causando desesperación y conflictos. Nadie se imaginó que de forma repentina tuviéramos todos que depender de un espacio único para sobrevivir y pasar a resolver todas nuestras necesidades en un lugar no adaptado a estas condiciones.

Preguntas de investigación: Con la integración de pieles exteriores de diversos materiales en la arquitectura, se ha validado su efectividad para proteger y resguardar al ser humano de las variantes del medio ambiente, y de la prevaleciente contaminación. ¿Podríamos integrar pieles interiores en la arquitectura? Mejorando una necesidad cómo lo es la protección de un virus pandémico y el poder ayudar a restablecer nuestra salud a través de esta nueva piel en el interior de los espacios. Sí resultará así: ¿Qué efectos positivos despliega esto? ¿Cómo sería su desempeño? ¿Cómo la arquitectura puede aportar soluciones a estos cambios repentinos? ¿Puede llegar a convertirse el mobiliario, los objetos personales del usuario, y dispositivos digitales en una piel evolutiva? Estas preguntas serán analizadas y resueltas a través del presente documento.

1.3 Justificación del trabajo

La aportación del presente trabajo es diseñar una piel con espacios requeridos para almacenar un conjunto de dispositivos digitales y equipamiento evolutivo, que pueda proporcionar soluciones a todas las necesidades personales de cada ser humano.

Esta piel o capa de almacenaje regulará nuestra forma de vivir de modo seguro y

ordenado. Potencialmente integrará el proyecto descrito en el capítulo V, conocido como “HABITEC” el cual está diseñado para brindar todos los cuidados personales de asistencia integral para resguardar, y restablecer nuestra salud.

La Tercera Piel Arquitectónica, constructivamente se presentara a través de un sistema de módulos compuestos por plataformas prefabricadas en madera, que sirven en gran medida para desarrollar equipamientos tales como: micro espacios comerciales *Pop Up*, vivienda accesoria, eco-refugios, pequeños talleres o almacenes, oficinas temporales, habitáculos o pabellones efímeros y otros usos diversos; que pueden servir tanto en construcción nueva, o bien para adaptarse a otra. Al ser la construcción en madera, una construcción ligera; se puede emplear para ampliar y complementar una construcción existente, ensamblándose con facilidad en azoteas, jardines o patios traseros y de esta forma revalorar la propiedad existente.

Una ventaja es la posibilidad que dentro de la misma plataforma, se integren las instalaciones y equipos digitales propios de la construcción. Se utilizan los espacios internos para organizar, ordenar y almacenar objetos utilitarios que se necesitan diariamente.

1.4 Hipótesis de la Tesis

En el concepto arquitectónico que este proyecto plantea, se puede crear un espacio ordenado, espacioso y adaptable, donde los lugares de almacenaje no son vistos como un segundo o tercer planeamiento dentro de la arquitectura; sino al igual que la estructura arquitectónica serán vistos y considerados dentro de un primer planeamiento; logrando así, que la estructura arquitectónica y los muebles de almacenamiento se fusionen.

Esto es un requisito importante para poder optimizar el espacio arquitectónico en el cual vivimos; y así enfrentar cambios repentinos que surgen a través del tiempo, como lo ha sido el aislamiento ante el *COVID-19*. Para optimizar el espacio arquitectónico en el cual vivimos, un muro puede convertirse en estructura y mueble al mismo tiempo. Para trabajar esta hipótesis descrita, me basaré en el concepto del arquitecto estadounidense George Nelson, quien hace referencia a la flexibilidad y adaptabilidad de los espacios a través de su concepto “*Storage Wall*”.

1.5 Objetivo general

Diseñar y fabricar digitalmente un sistema de construcción re-ensamblable en madera que fusione la estructura arquitectónica con el mobiliario de almacenamiento, para convertirse en un concepto innovador de envolvente arquitectónico, nombrada en este documento como Tercera Piel Arquitectónica.

1.6 Objetivos particulares

Fabricar robótica y digitalmente un sistema de piel estructural re-ensamblable en madera. Entendiéndose re-ensamblable, como la función de montar y desmontar un conjunto de partes compatibles para formar todo un producto con relativa facilidad; tomando en cuenta distintas variaciones de armado de la estructura, otorgando la oportunidad de convertirse en una nueva forma de edificación de espacios en madera, que sea funcional con respecto a las necesidades cambiantes del usuario a través del tiempo.

Esto implica realizar una evaluación constante del proyecto y todos sus resultados para generar diferentes procesos, que nos lleven a plantear una posible solución teórica y práctica.

El presente trabajo aplicará las características de una arquitectura evolutiva, apoyado en los conocimientos en robótica, fabricación digital, y procesos automatizados de mecatrónica, para resolver de algún modo las necesidades del hombre ante una pandemia. Para iniciar con el desarrollo, se plantean los siguientes objetivos específicos que van desde el diseño a la fabricación.

- a) **Objetivo arquitectónico.** Lograr que lo variable, como son: los objetos y el mobiliario, puedan estar diseñados bajo los mismos principios de lo fijo, como son: los muros, pisos y techos, y que un muro, piso o techo pueda a la vez integrarse como mueble. De esta manera se logrará que un mueble tenga suficiente dimensión para convertirse en habitable, y además de contener el espacio habitable, sea capaz de organizar el espacio a su alrededor, generando un metabolismo interno de forma benéfica para sus habitantes. Identificando previamente, las alternativas conceptuales que algunos arquitectos han aportado sobre la adaptabilidad arquitectónica a través del tiempo, enfocada hacia un contexto de necesidades y desafíos actuales, como los comentados en la justificación.

- b) **Objetivo fabricación robótica:** Que el prototipo se fabrique de acuerdo a la metodología de la automatización discreta y fabricación robótica en madera. Con la información recopilada realicé un anteproyecto, que servirá para construir un prototipo real a escala 1:1 de la Tercera Piel Arquitectónica, para de esta manera calcular el volumen de materiales, así mismo medir su estabilidad, funcionalidad y poder corregir errores. El objetivo de la

investigación se considera interpretativo, ya que indagará sobre teorías de la adaptabilidad, con el cometido de formular una interpretación propia.

- c) Objetivo mecatrónico asistencial: Que el prototipo también se pueda emplear para adaptar tecnologías asistenciales existentes ya en el mercado, y que sirvan hacia el cuidado social de las personas de la tercera edad o con imposibilidad motriz.

1.7 Método de Investigación

Para resolver la hipótesis y el objetivo general planteados, voy a relacionar las técnicas blandas o indeterminadas, conocidas en inglés como técnicas “*soft*”, y con las técnicas duras o determinadas conocidas en inglés como técnicas “*hard*” bajo los mismos principios, para dar origen a nuestro sistema buscado. Al definir estos conceptos, me referiré al diagrama de Stewart Brand (capas deslizantes), donde el diseño interior y el equipamiento (electrodomésticos, muebles, objetos) ocupan la posición interior, es decir la más variable con el tiempo (Brand, 1995, pág. 188).

Se emplea un método de investigación combinado, ya que por una parte el presente trabajo se realizó a través de la recopilación de medios documentales que permiten reunir los antecedentes e información sobre la adaptabilidad arquitectónica como objeto de estudio desde libros, revistas, tesis, y otras publicaciones como es la web de la Fundación George Nelson. Esta información por otra parte fue comparada con la realización desde campo, que consistió en recopilar, procesar y analizar información sobre la fabricación robótica como la temática a desarrollar, la cual fue obtenida mediante el contacto con el ambiente donde el objeto de estudio

se desarrolló, es decir a través de la experiencia derivada de la construcción de la “*Fab Lab House*”, que se expone en el capítulo III. El tratamiento de la información es transcriptivo, y hago referencia a definiciones o aportes de otros autores para respaldar mi opinión.

Con la aparición de una Tercera Piel en la arquitectura se aporta de manera efectiva una mejor relación del usuario con los accesorios, objetos personales, muebles y dispositivos digitales, a fin de adaptarse totalmente a sus necesidades cotidianas, y a su vez estar listo para afrontar mejor los cambios repentinos globales, como lo es la presencia del virus *SARS-CoV-2*.

Estos conceptos los llevaré a nuestro presente y los haré relacionarse entre ellos mismos metabólicamente. A través del empleo de la robótica industrial aplicada a la arquitectura, el proyecto aquí expuesto, puede llegar a cumplir funcionalmente con esos conceptos.

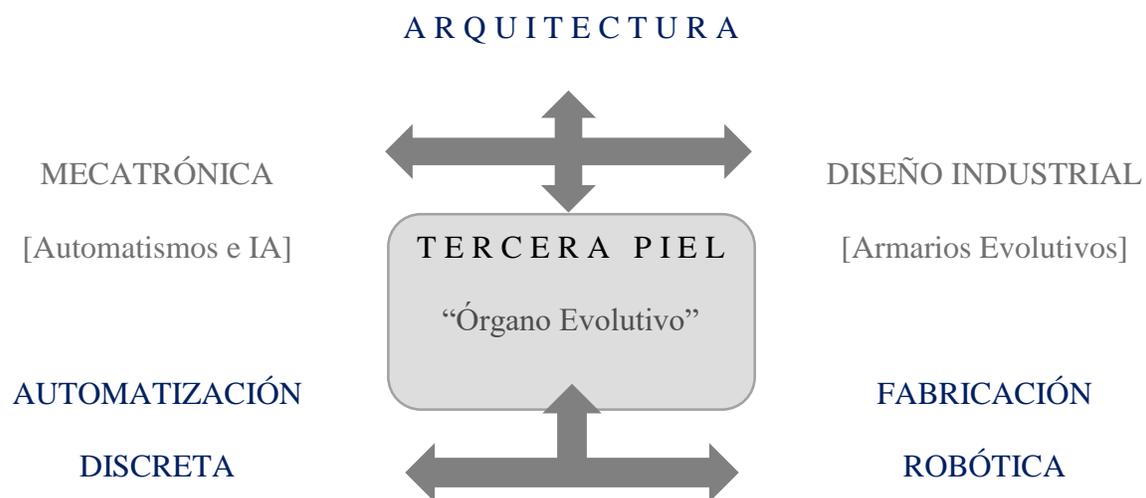


Ilustración 1.2 Diagrama metodológico del proyecto. Fuente: Elaboración propia.

Mi enfoque de investigación, es destacablemente cualitativo, ya que analizó diferentes puntos de vista, enfoques técnicos y conceptuales, hasta utopías entre otros aspectos no cuantificables. Toda la información recopilada será sistematizada con la finalidad de encontrar una jerarquía que ayude a comprender y desarrollar mejor este tema.

1.8 Estructura de la Tesis

Con diferentes capítulos de la investigación, se logran distintos objetivos. La estructura de este documento, está organizada por la introducción y un capítulo que plantea los antecedentes históricos de la investigación, dos capítulos que formulan diferentes modelos análogos y un experimental con el proyecto “Plataforma Prefabricada en madera”, un capítulo que se plantea la adaptación de un prototipo asistencial “HABITEC”, y finalmente están las conclusiones.

Capítulo I – Introducción: Busca definir los límites de la investigación y la propuesta de esta tesis a través de la presentación, problemática, justificación, hipótesis, objetivo general, objetivos específicos, y método de investigación.

Capítulo II - Marco conceptual: El objetivo de este capítulo es conocer propuestas antiguas innovadoras, para integrarlas en propuestas actuales. La investigación, identifica y analiza la presencia histórica de conceptos arquitectónicos que ayuden a la comprensión del término adaptabilidad. Busca conocer los ejemplos cronológicos experimentales en distintas disciplinas a través del tiempo, que han integrado armarios adaptables en la arquitectura, y hace un puntual análisis en el movimiento teórico metabolista japonés, para analizar sus “conceptos invisibles.”

Capítulo III – Marco metodológico: Se revisan algunos ejemplos análogos con estructuras en madera del siglo XXI con la finalidad de conocer y analizar su valor metodológico proporcionando respuestas innovadoras, para integrar éstas en nuevas propuestas actuales. A través del estudio del estado del arte de la arquitectura con robots, se eligió un método de corte y ensamble en madera a través de la fabricación robótica, llamado automatización discreta, para replicarse en el proyecto de Tercera Piel. En el capítulo también se plantea, una visión crítica de los efectos de la robótica para el mercado laboral; se cuestiona la robótica profundamente, dentro de la comprensión como herramienta actual para los arquitectos.

Capítulo IV – Presentación del proceso de diseño que se realizó en el proyecto, siendo esté a través de la fabricación robótica y la automatización discreta, para llegar a los resultados finales. Se hace referencia a los alcances en el desarrollo de esta tecnología y su repercusión social dentro del diseño participativo. Integra una visión crítica del hábitat en México, su caos en las ciudades, en las fachadas y también en los interiores mal organizados.

Capítulo V – Presentación del proyecto europeo “HABITEC” el cual es un dispositivo integrado hipotéticamente a la Tercera Piel Arquitectónica, para convertirla en piel de servicio asistencial en casos de enfermos con *COVID-19* y otras circunstancias médicas.

Capítulo VI – Conclusiones, aquí es donde se encuentran y se refuerzan las ideas más relevantes de esta tesis y se aportan algunas reflexiones, hacia el diseño y construcción de una posible nueva arquitectura para enfrentar repentinos e imprevistos acontecimientos globales.

Capítulo II

MARCO TEÓRICO

“Flexibility is not the exhaustive anticipation of all possible change. Most changes are unpredictable. Flexibility is the creation of margin excess capacity that enables different and even opposite interpretations and uses.” (Koolhaas & Mau, 1995, pág. 240)

2.1 Conceptos generales de adaptabilidad

En este capítulo se expondrán ejemplos análogos, a manera de entender el objeto de estudio aplicado en soluciones a la vivienda. La esencia de la Tercera Piel Arquitectónica, se basa en el concepto de adaptabilidad, de la Real Academia Española⁵ define adaptabilidad, como:

Adaptar. (Del lat. *adaptare*).

- 1.- Ajustar o acomodar algo a otra cosa.
- 2.- Hacer que un objeto realice funciones distintas a las que fue creado.
- 3.- En Biología: Un ser vivo que se instala a las condiciones de su entorno.

De acuerdo a las definiciones, adaptar se puede entender como acomodar o ajustar algo dentro de algo. Principalmente la adaptación se ha asociado a procesos biológicos (Ojeda, 1996), por ejemplo: Los organismos necesitan adaptarse a su medio, para conservar o mejorar las condiciones de su vida⁶.

⁵ Definiciones extraídas de la Real Academia Española (2001). Diccionario de la lengua española 22ª Edición. Consultado en 21 de enero 2021 en <<http://lema.rae.es/drae/>>

⁶ Según Charles Darwin, las especies animales o vegetales, deben adaptarse a su medio con el fin de sobrevivir.

Hacer que un objeto desempeñe funciones distintas a las que fue construido, nos refiere directamente a una acción de adaptar.

Ya que la sociedad está en permanente evolución, y más ahora con todos los cambios tecnológicos digitales que existen; la arquitectura debería transformarse siguiendo el dinamismo social que afirmó Gropius (Rodríguez J. , 2015) “la arquitectura necesita ser lo suficientemente adaptable para contener la dinámica de la vida moderna”. (Fórum 100)

La arquitectura adaptable es aquella cuyos componentes específicos pueden ser cambiados en respuesta a un estímulo externo. Este estímulo puede provenir del usuario o de su entorno físico, social, cultural, económico, etc. En torno a la definición que realiza el arquitecto británico Steven Groak (Rodríguez J. , 2015).

“Adaptable building is a building that has been designed, constructed and maintained with thought of how it might be easily altered to prolong its life, for instance by addition or contraction, to suit new uses or patterns of use. Flexible building, is a building that has been designed to allow easy rearrangement of its internal fit out and arrangement to suit the changing needs of all the occupants.”
(Groak, 1992, pág. 15)

Según la definición de Steven Groak (Rodríguez J. , 2015), la adaptabilidad tiene características cualitativas porque toma aspectos de forma con referencia a lo constructivo, mientras la flexibilidad tiene características cuantitativas, ya que toma aspectos personales y funcionales con referencia al individuo; ambas no se contraponen.

2.1.1 El proyecto “*The One Room Apartment*” de Cornelis Meijer

En el siglo XVII, encontramos el trabajo de Cornelis Meijer, quien nació en 1629 en Ámsterdam y fue un hombre que se movió en círculos científicos (Connors, 2015). En 1689 publicó el proyecto “*The one-room apartment*”, innova una casa, en la cual los muebles se esconden y convierten el hogar en un lugar de entornos diferentes según las necesidades del usuario. “El proyecto muestra los cuatro muros de un apartamento tipo estudio, en cada muro se encuentra todo lo que un hombre soltero podría desear al alcance de su mano” (Connors, 2015).



Ilustración 2.1 Distribución del primer muro. Fuente: (Lucarelli, 2017)

En el primer muro (ilustración 2.1), vemos la puerta que se abre hacia un jardín. Deja una puerta entre abierta para que las gallinas puedan entrar y poner huevos para el dueño. En el interior, las sillas se deslizan hacia la pared para no ocupar mucho espacio. Un escritorio con

cómodos cajones está lleno de papeles y bolígrafos. Hay nueve armarios empotrados que contienen libros, cartas, curiosidades, secretos y cosas personales. Algunos dispositivos como son los tubos parlantes, permiten comunicar algún mensaje sin salir de la habitación.



Ilustración 2.2 Distribución del segundo muro. Fuente: (Lucarelli, 2017)

En el segundo muro (ilustración 2.2) contiene una cama dentro de una alcoba, la cual se puede cerrar con puertas y una cortina. En la esquina superior izquierda vemos una imagen en una pantalla por una cámara oscura, para que el usuario pueda ver lo que está pasando en la calle. En el armario de herramientas está una sierra, una broca y un martillo. Ocho armarios contienen los cubiertos, vasijas, copas, candelabros, ropa de cama y ropa lavada para el día. Al final una escalera secreta sirve para dirigirse a otros apartamentos.

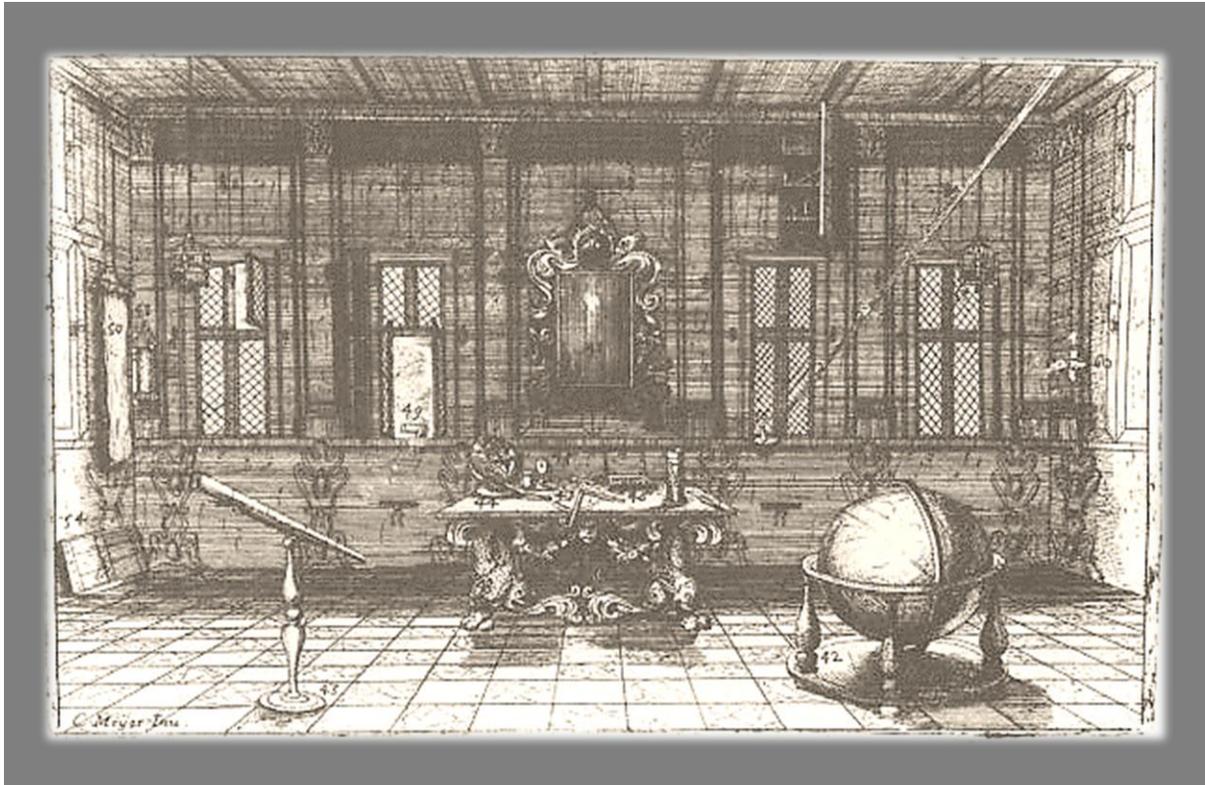


Ilustración 2.3 Distribución del tercer muro. Fuente: (Lucarelli, 2017)

El tercer muro (Ilustración 2.3) tiene cuatro ventanas. En la sala vemos un telescopio, un globo terráqueo y en el centro una mesa; un respiradero en el piso debajo de la mesa permite que circule el aire fresco. Un periscopio con espejo cóncavo permite al propietario observar la vida de la calle sin ser visto. Hay un reloj solar que utiliza un espejo para enviar un rayo de luz hacia el techo, donde un meridiano muestra el alargamiento o acortamiento del día solar.

Sobre las ventanas y el espejo hay cinco armarios para poner las monedas de oro y plata, mientras que las pilastras y los espacios entre las ventanas, son compartimentos para un almacenamiento de alta seguridad. Finalmente, una compuerta en la parte inferior izquierda conduce a una bodega.



Ilustración 2.4 Distribución del cuarto muro. Fuente: (Lucarelli, 2017)

En el cuarto muro (Ilustración 2.4) hay una chimenea que evita que el humo se escape de la habitación y, en su lugar, lo utiliza para encender un asador. En la parte trasera se encuentran hornos y placas de hierro que calientan los tanques de agua, que se llenan desde la habitación vecina, también hay un fregadero con agua fría y caliente.

Ocho armarios contienen platos y recipientes, mientras que una mesa abatible está disponible para preparar ahí los alimentos. Se explica en (Connors, 2015) que Meijer crítica la falta de orden que puede existir cuando los espacios son grandes, ya que los objetos pueden estar muy dispersos. La propuesta de Cornelis Meijer es “tener todo organizado en armarios, empotrados en muros y columnas de la habitación” (pág. 46-64).

2.1.2 La adaptabilidad mostrada en el arte

Un claro ejemplo es la pintura de Antonello de Messina, titulada “Jerónimo en su estudio” pintada entre 1474-75. En esta pintura observamos un mueble divisorio medieval europeo, que es polivalente, y versátil por su flexibilidad de ser transportado de un lugar a otro lugar con relativa facilidad. El mueble se aprecia por la forma en cómo está diseñada la mesa-estudio, adaptada y personalizada al cuerpo del usuario (Heathcote, 2018).



Ilustración 2.5 Pintura que representa a San Jerónimo leyendo en un elaborado mueble arquitectónico plurifuncional. Fuente: (Heathcote, 2018)

2.1.3 La adaptabilidad mostrada en el humor

El ingenioso caricaturista William Heath Robinson, como lo mencionó en su blog digital Stepien (2019) por su trabajo se considera parte muy importante de la herencia cultural británica, ya que realizó dibujos con ilustraciones para Kipling, Shakespeare y varios cuentos infantiles. Claramente observamos que en su dibujo, está presente el concepto de adaptabilidad en la vivienda, ya que en la serie de caricaturas titulada “¿cómo vivir en una habitación?”, realizada en 1936. No solo describía los variados artilugios que las personas podían realizar al momento de habitar su vivienda, para lograr hacer la vida en un piso más cómoda, sino que también satirizaba los conceptos de la arquitectura y el diseño de su época (Stepien & Barnó, 2019).

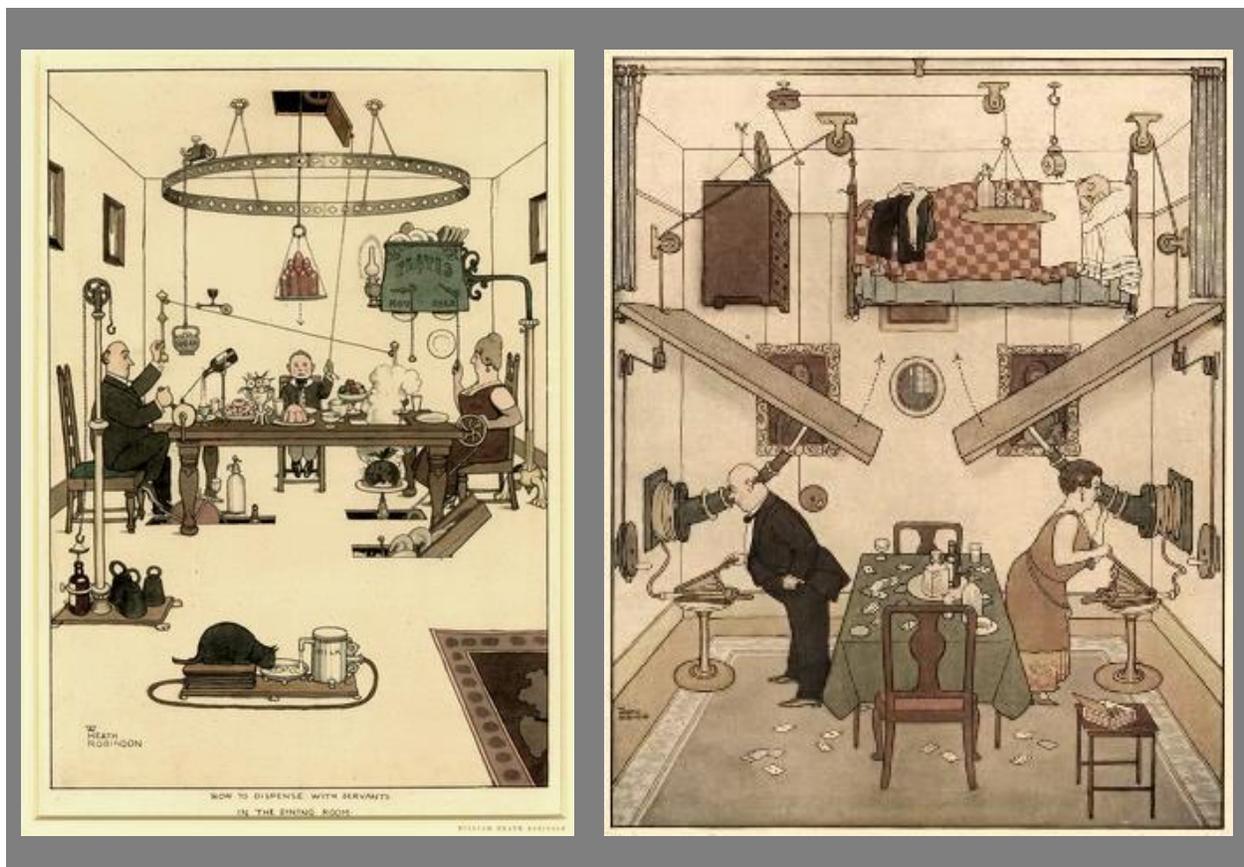


Ilustración 2.6 Caricaturas de William Heath Robinson, mostrando habitaciones con un máximo de flexibilidad a sus usuarios. Fuente: (Stepien & Barnó, 2019).

2.1.4 La adaptabilidad mostrada en el cine

El cine ha estado presente también el concepto de adaptabilidad en la arquitectura. Un ejemplo de esto suele ser la película francesa de ciencia ficción “*The Fifth Element*” realizada en 1997. La trama central de la película involucra la supervivencia de la vida en la Tierra. La película muestra la vida futurista ambientada en el siglo XXIII, compuesta en parte por una cabina donde pasa la mayor parte del tiempo el personaje principal; el cual, para su sobrevivencia se va relacionando con lo que encuentra disponible en los armarios que están a su alrededor, encontrando objetos, utensilios y dispositivos interactivos que le sirven para enfrentar la aparente realidad.

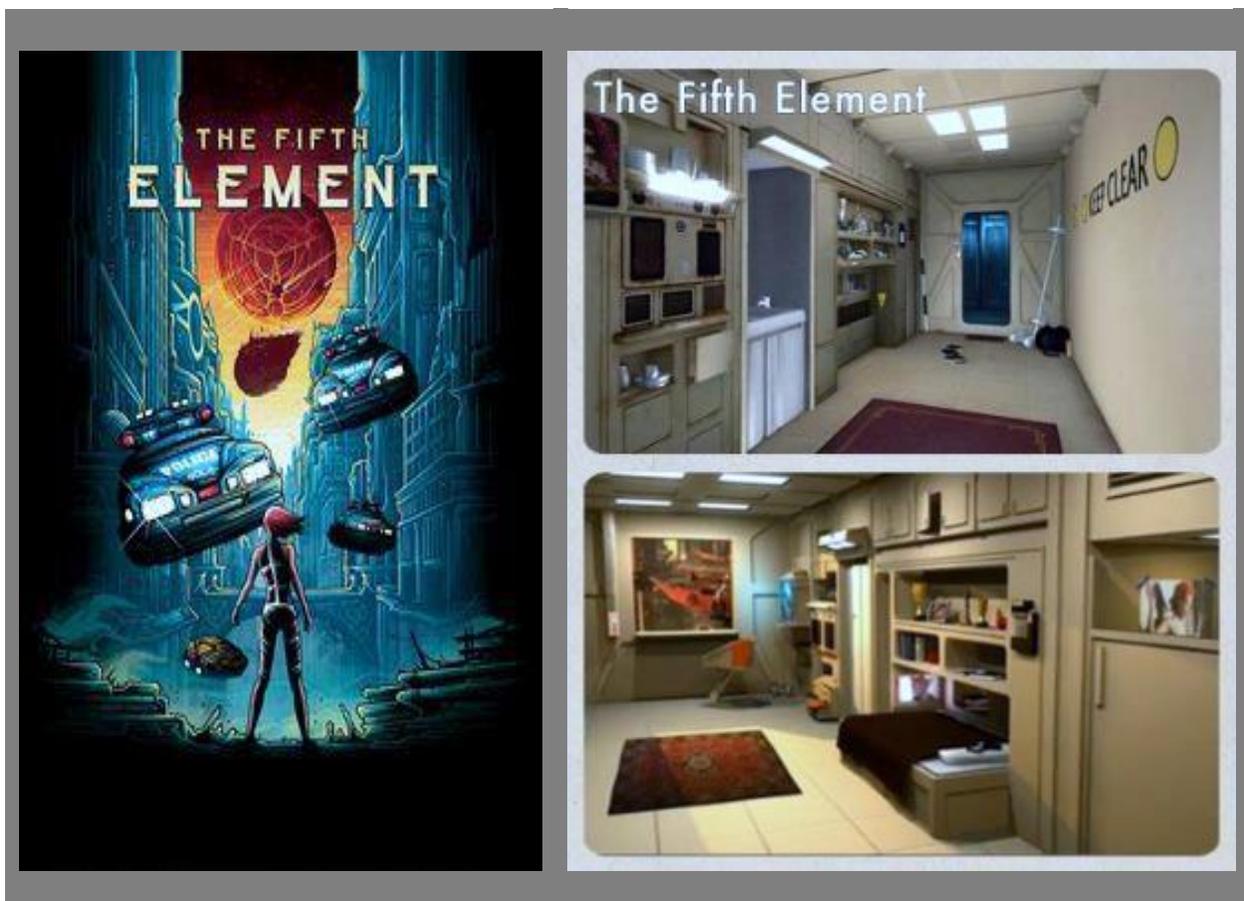


Ilustración 2.7 Interior de la cabina para la película del 5º Elemento. Fuente: Pinterest. Accedido el 12 enero 2021 en: <<https://www.pinterest.com.mx/pin/1337074861668404/>>

2.2 La Adaptabilidad en la Arquitectura en el siglo XX

La idea de fabricar casas como se fabrican automóviles, se apoderó de la mente de los arquitectos, ya que en 1908 Henry Ford con su “*Ford Company*” presenta en el mercado el modelo Ford T⁷, como un vehículo destinado al ciudadano medio americano: “construiré un coche para las masas”. Para esto último era necesario reducir drásticamente los costes de producción, es decir, incidir intensamente en el programa de producción y la logística asociada (Saiz, 2020a).

El Fordismo incorpora al sistema de producción varios avances existentes, que no habían sido puestos en relación hasta entonces. En primer lugar: El Principio de intercambiabilidad de las piezas utilizadas en el montaje de un vehículo, es decir, que cualquier pieza de un Ford T pudiera ser utilizado en otro Ford T. En segundo lugar: La Organización científica del trabajo, que había sido propuesta por Taylor, y por último: La cadena de montaje, el avance más conocido por todos pero no más importante que los otros dos (Saiz, 2020a).

En los años 50’s otro productor de automóviles, Toyota, revoluciona de nuevo la producción de automóviles. Ya con el propósito en mente de hacer más sencilla la cadena de suministro, Toyota trabaja en un sistema de organización por niveles de integración de componentes, siendo sus proveedores la mayor jerarquía. Desarrollan una metodología de trabajo que recibe el nombre de “*Lean production*” o producción ajustada, basada en la eliminación de desperdicios del proceso productivo; una filosofía de aprendizaje continuo y la búsqueda de calidad perfecta a la primera.

⁷ El Ford T, por su peculiar “cadena de producción” se consideró el coche de las masas. El sueño de la producción en masa, es el ideal que muchos arquitectos quisieron imitar en el caso de la vivienda social.

Todo esto unido al conocidísimo “*Just in time*” y a los procesos “*pull*” hicieron que Toyota superara a los fabricantes americanos en la producción de automóviles viniendo de un entorno precario tras su derrota en la Segunda Guerra Mundial (Saiz, 2020a).

La incorporación de las computadoras y los programas de diseño y gestión de procesos, dieron un nuevo empujón a los métodos productivos. Las máquinas regidas por computadoras, realizaban el diseño de piezas digitalmente, y luego eran ensambladas conformando un artefacto final. Todo esto llevado a cabo a través de las teorías de Smith, Taylor y Taichi Ohno (Saiz, 2020a).

Tenemos por tanto las estrategias básicas de la industria: La división de sus componentes, el montaje, la organización del trabajo y el uso de herramientas tanto de maquinaria (*hardware*), como el apoyo de las tecnologías informáticas (*software*). Gracias a este ideal productivo en la industria del automóvil, la mirada de los arquitectos fue puesta y dirigida con el mismo modelo, en el campo de la vivienda y la construcción en general (Saiz, 2020a).

Realizar la arquitectura a través de la industria es utilizar sus mismas estrategias, y entre estas estrategias, se encuentra la organización del trabajo y los procesos de producción. El objetivo es conseguir progresar en la capacidad productiva, logrando crear mucho más y con mejor calidad, sin que esto conlleve a un incremento de los precios de la producción.

Casi todos los productos que nos rodean están producidos de forma industrial. Nuestro automóvil, el celular, el mobiliario y hasta nuestra ropa, están producidos siguiendo las herramientas, métodos y tecnología de la industria. Sin embargo, la arquitectura se sigue

realizando con procedimientos altamente artesanales, estando muy lejos la construcción de alcanzar el nivel de productividad del resto de los sectores (Saiz, 2020a).

Tal vez se puede empezar en la construcción, con activar nuestra relación con los muros interiores, ya que la máxima interacción que tenemos con ellos es a través de un librero, un closet o una cocina integral. Hoy solo es entendida esta relación a través de un mueble empotrado, pudiéndose interactuar más en estos planos verticales y aún también en los horizontales. En otros casos donde el hombre pasa también su tiempo, como por ejemplo un automóvil, en viajes un avión, etc., encontramos que dentro de estos espacios, si se encuentra una mejor relación con los interiores, disponiendo de las paredes o capas internas para servir a nuestras necesidades.



Ilustración 2.8 Dispositivos en el interior de un avión en primera clase. Fuente: *Google Images*. Accedido el 18 abril 2021 en: <<https://www.worldcare.co.nz/blog/tag/travel-accessories/>>



Ilustración 2.9 Muestra los controles y dispositivos en el interior de un automóvil contemporáneo. Fuente: *Google Images*. Accedido el 18 abril 2021 en: <<https://noticias.autocosmos.cl/2020/06/23/estos-son-los-mejores-interiores-de-autos-en-2020>>



Ilustración 2.10 Fotografía cortesía de Edgar Martins. Vemos todos los dispositivos y cabinas en “*The weird, clinical spaces of the European Space Agency.*” Fuente: *Google Images*. Accedido el 18 de abril 2021 en: <<http://t.co/8mz76Uu3cY>>

Entrando ahora en el Marco Teórico que respecta, es mi intención mencionar de manera cronológica, los autores más relevantes que ayudaran a definir y sustentar la hipótesis del diseño de la “Tercera Piel Arquitectónica” propuesta.

2.2.1 Konrad Wachsmann

En 1929 en Caputh cerca de Potsdam Alemania, Albert Einstein deseaba construir una casa de verano y la pensó en madera por su facilidad y rapidez de montaje, y adaptabilidad. Como describe Gutiérrez (2013), Konrad Wachsmann, quien trabajaba como jefe diseñador para la empresa *Christoph & Unmack A.G.* le presentó un innovativo modelo prefabricado. “La vivienda prefabricada en madera que construye Wachsmann para Einstein, servirá para continuar la labor de investigación sobre vivienda prefabricada junto con Gropius en EE.UU., que dará como resultado el *General Panel System* y sus conocidas *Packaged Houses*” (pág. 2-7).

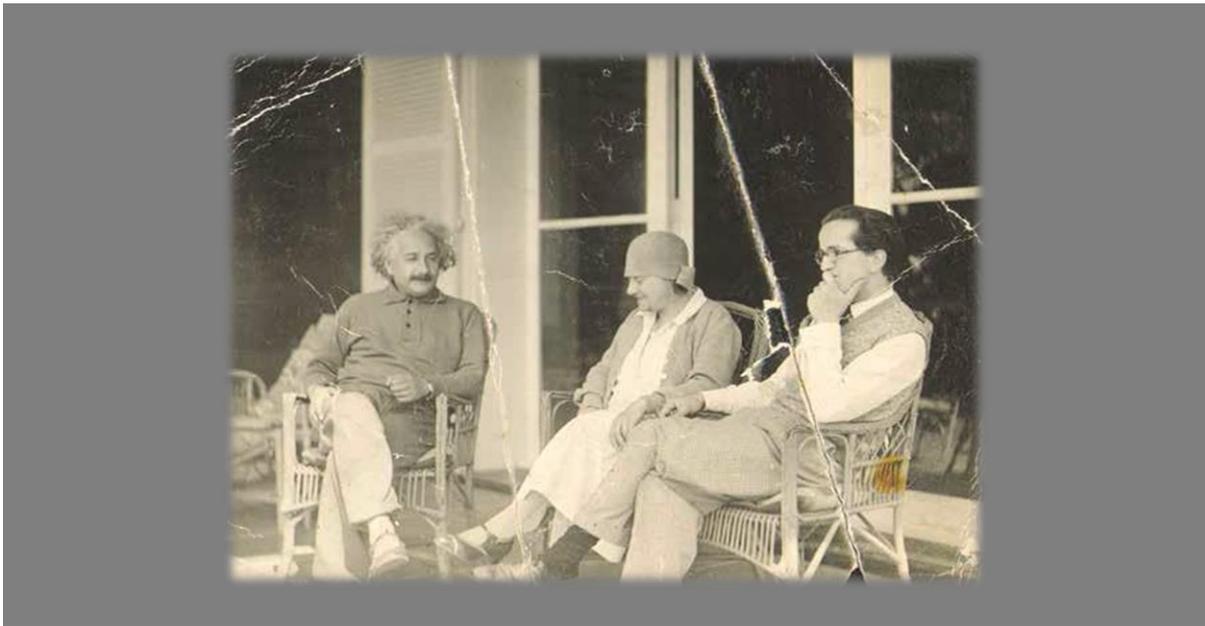


Ilustración 2.11 Foto de Albert Einstein con su esposa Elsa en la terraza de su casa de verano junto al arquitecto Konrad Wachsmann en 1930. Fuente: (Grimberg, 2019)



Ilustración 2.12 Mueble de almacenamiento en el interior de la *Einstein House* en Caputh. Fuente: (Gutiérrez, 2013) & (NCSU Libraries Collections, 2013).

La *Packaged House*, tenía diez paneles auto portantes hechos de madera contrachapada y recubrimiento resistente al exterior, unidos por una junta universal (Ilustración 2.13), que permitía que la unión se realizase como un clipeado resistente, aumentando la velocidad del montaje e infinitas configuraciones (Herbert, 1984) (como se citó en Saiz, 2020).

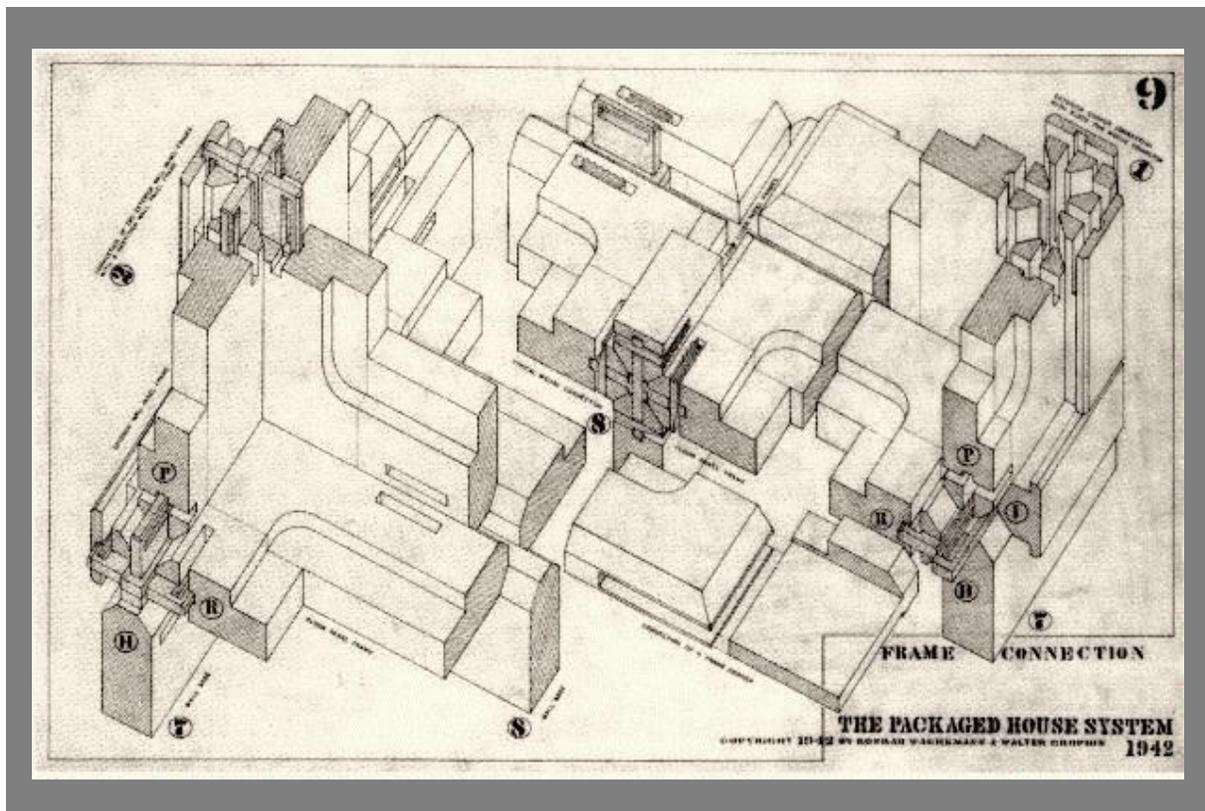


Ilustración 2.13 Isométrico de conexiones de la Packaged House. Fuente: (Saiz, 2020b)

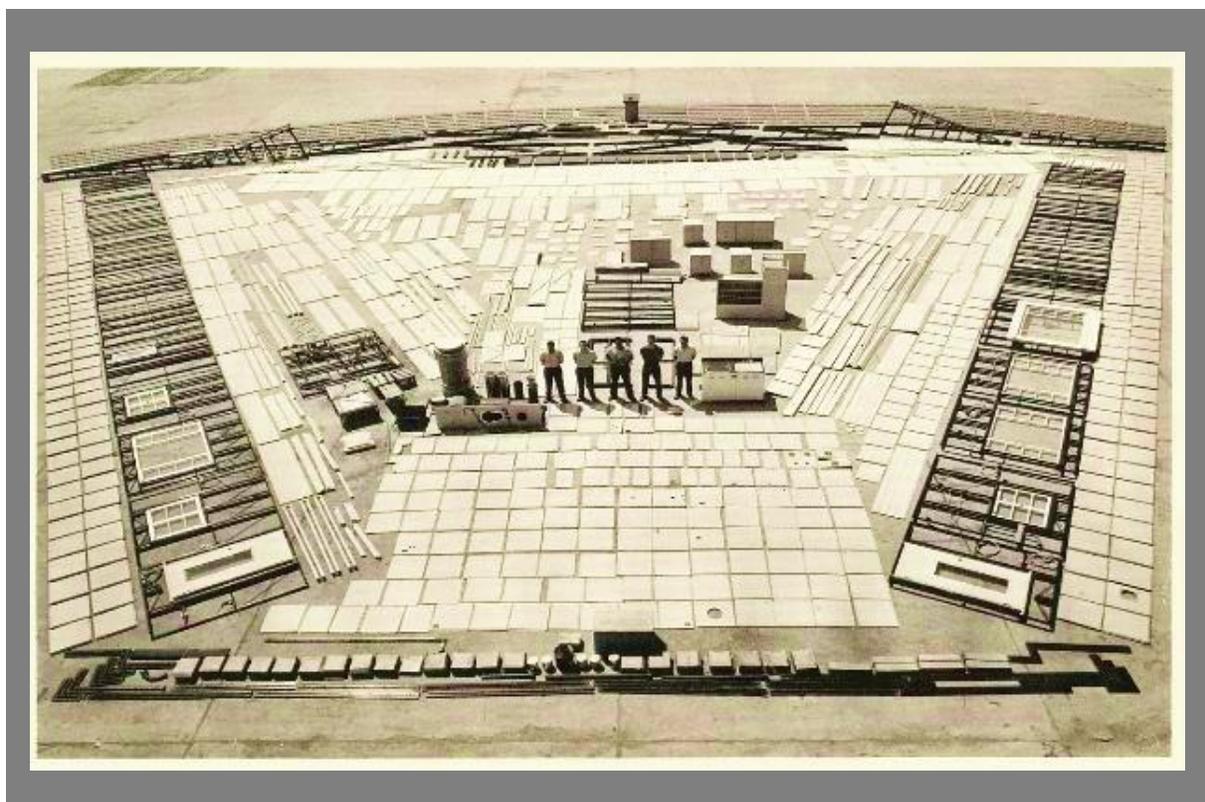


Ilustración 2.14 Componentes industriales de la Packaged House. Fuente: (Saiz, 2020b)

El aspecto de las viviendas podían incluir una cubierta inclinada en los casos más conservadores o una cubierta plana en el caso de buscar un perfil moderno según el estilo californiano. El sistema permitía esa variedad formal y especialmente una gran variedad tipológica, Gropius comprobó con sus alumnos de Harvard la posibilidad de composición infinita de un sistema con elementos finitos (Fernández & Soler, 2011).

Técnicamente el sistema consistía en el ensamblaje de componentes estandarizados, es decir un sistema cerrado de construcción por componentes. Estos componentes eran fundamentalmente diferentes paneles de madera con un mismo módulo que podían ser utilizados como suelo, techo, elementos divisorios o cerramiento exterior, unidos por un conector que resolvía los múltiples posibles encuentros.

Los componentes eran fabricados utilizando además el mismo diseño para suelos, paredes y techos. De esta manera, el principio de intercambiabilidad de piezas es llevado a un límite poco conocido hasta entonces. De la producción de componentes en masa para fabricar productos iguales, Wachsmann y Gropius propusieron estandarizar los componentes y personalizar los resultados, una de las primeras manifestaciones de la personalización en masa. Y a pesar de considerarse como un sistema cerrado de producción, el resultado era un sistema abierto de composición arquitectónica (Saiz, 2020b).

Con posibilidades ilimitadas, el modelo de negocio pudo ser exclusivamente la producción de los componentes. Se precisó el contar con un catálogo, que tuviera todos los modelos de la casa para facilitar su proceso de selección. “Desde el punto de vista cuantitativo, la

fábrica se diseñó para una producción de 10,000 viviendas/año. A pesar de los esfuerzos publicitarios y de marketing solo llegaron a producirse entre 150 y 200 viviendas muchas de ellas destinadas al ejército y pocas compradas por clientes reales” (Saiz, 2020b).

La fábrica de producción se equipó con maquinaria de última generación, aparatos de control de calidad avanzados, sistemas de encolado automático, para llevar a cabo una producción según una cadena de montaje altamente automatizada. Aun así, en las primeras viviendas no se alcanzó la precisión requerida (Saiz, 2020b).

El sistema de fabricación no resultaba ser flexible, se puede calificar como un sistema cerrado, ya que era totalmente autónomo, limitado, homogéneo y compuesto por una serie de piezas diseñadas exclusivamente para estos módulos y elaboradas en una sola fábrica. Las puertas y ventanas al venderse en el mercado de forma estándar, no se podían utilizar en la vivienda, ya que por sus dimensiones resultaban ser éstas incompatibles. “Así comienza uno de los más críticos fracasos en la industria de la prefabricación de viviendas” (Saiz, 2020b).

No se puede culpar al *General Panel Corporation* (1941-1952) de no haber logrado el éxito esperado. Contaba con una de las fábricas más avanzadas para la producción de componentes, tenían el apoyo de instituciones gubernamentales, el interés y apoyo financiero de la industria, la demanda de viviendas de rápida producción, todo estaba a favor de cumplir el sueño de la vivienda fabricada, pero ese sueño nunca llegó. (Saiz, 2020b). El producto perfecto no pudo sustituir a los productos preexistentes, en un mercado competitivo en el que entra en juego cuestiones emocionales y culturales alejadas de los principios técnicos, racionales y arquitectónicos.



Ilustración 2.15 Wachsmann y Gropius arriba de losa de la casa. Fuente: (Saiz, 2020b).

Las posibles causas del poco éxito de las ventas, pudieron deberse al elevado coste de la vivienda, por encima del mercado de vivienda tradicional y lejos de conseguir una rebaja del 15% del precio como se quería. “Los múltiples retrasos para entrar en producción que tuvo el proyecto, debido en parte a la mala financiación y a la meticulosidad obsesiva de Wachsmann, hicieron que se presionara esta producción de forma precipitada, sin tiempo para corregir errores” (Saiz, 2020b).

Se realizó la conversión a pulgadas inglesas del antiguo módulo que trajo Wachsmann de Europa, basado en el sistema métrico decimal alemán. Este sistema no choco bien con las medidas de componentes estándar de la industria americana. “Este desacuerdo dimensional hizo que la *Packaged House* no pudiese beneficiarse de la producción estandarizada de productos por parte de proveedores externos, lo que unido a las mermas y desperdicios de material encareció el producto en lugar de abaratarlo como era intención de partida. Finalmente, la empresa cerró en 1951, dejando atrás diez años de proyecto y una inversión de 6 millones de dólares” (Saiz, 2020b).

2.2.2 George Nelson

“Total design is nothing more or less than relating everything to everything”
(Nelson & Wright, 1947, pág. 223)

El concepto de "muro de almacenamiento" provino por primera vez del diseñador industrial estadounidense George Nelson⁸, a quien muchos consideran el padre del diseño industrial, cuando en 1945 estaba escribiendo su libro sobre "La casa del mañana" (Nelson & Wright, 1947). Nelson estaba luchando por pensar en nuevas ideas para el almacenamiento hasta que, bajo la presión de su editor, se preguntó: "¿Qué hay dentro del muro?"

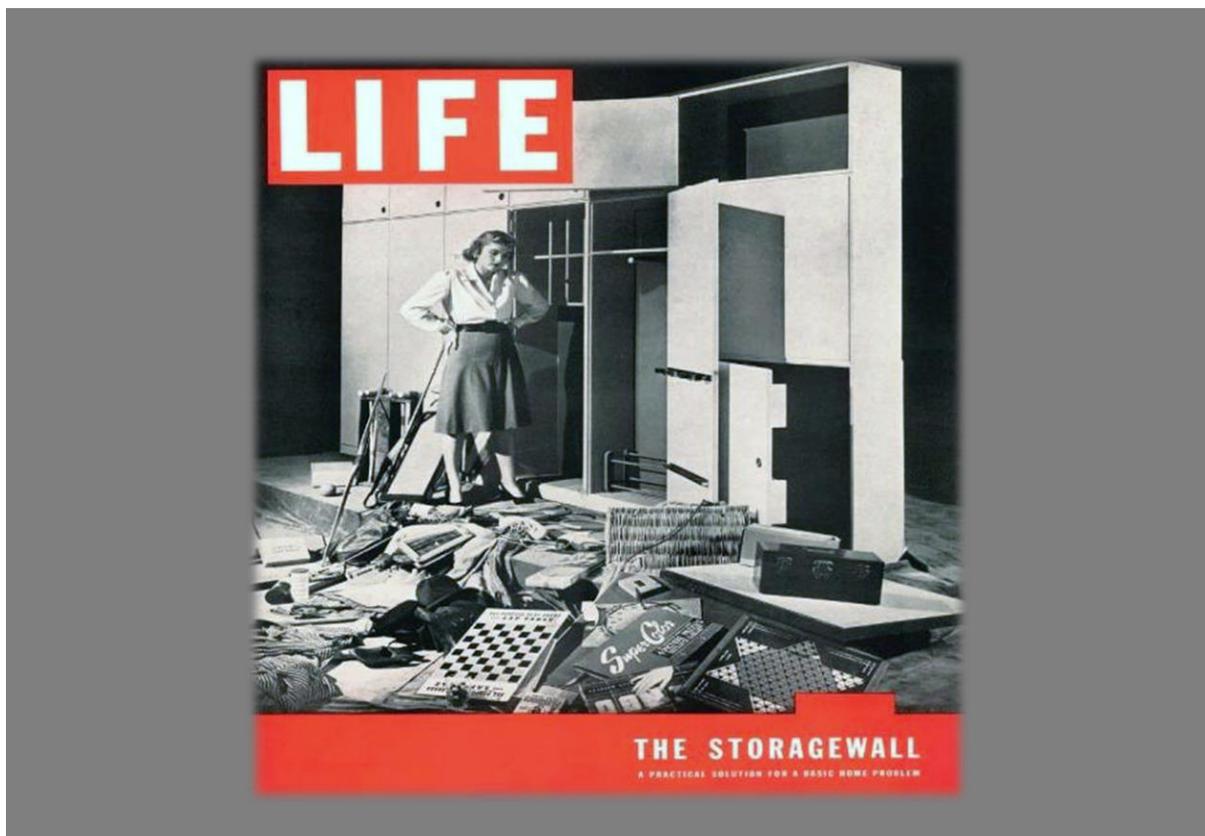


Ilustración 2.16 Anuncio del sistema “Storage Wall” en *LIFE*. Fuente: Web de la Fundación George Nelson. Accedido el 2 feb 2020 en: <www.georgenelsonfoundation.org>

⁸ Fundación George Nelson: www.georgenelsonfoundation.org

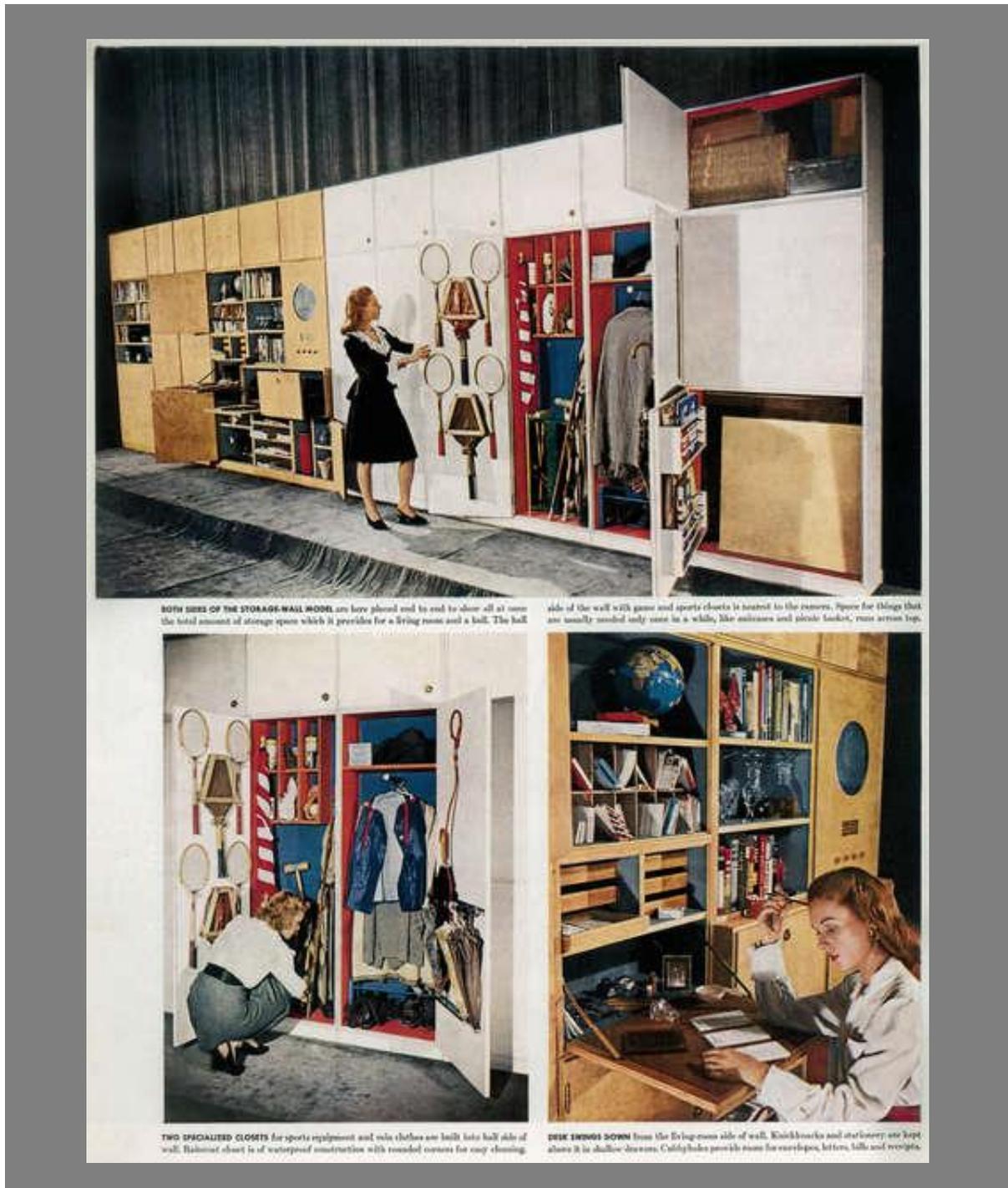


Ilustración 2.17 Reportaje en periódicos del sistema “Storage Wall”. Fuente: Web de la Fundación Nelson. Accedido el 2 feb 2020 en: <www.georgenelsonfoundation.org>

A George Nelson, se le ocurrió la idea del muro de almacenamiento: es decir, estanterías empotradas haciendo uso del espacio que de otro modo se perdería entre las paredes (Nelson &

Wright, 1947). Su idea se desarrolló diseñando una serie de particiones reubicables, como una nueva solución para el almacenamiento y la organización de oficinas.

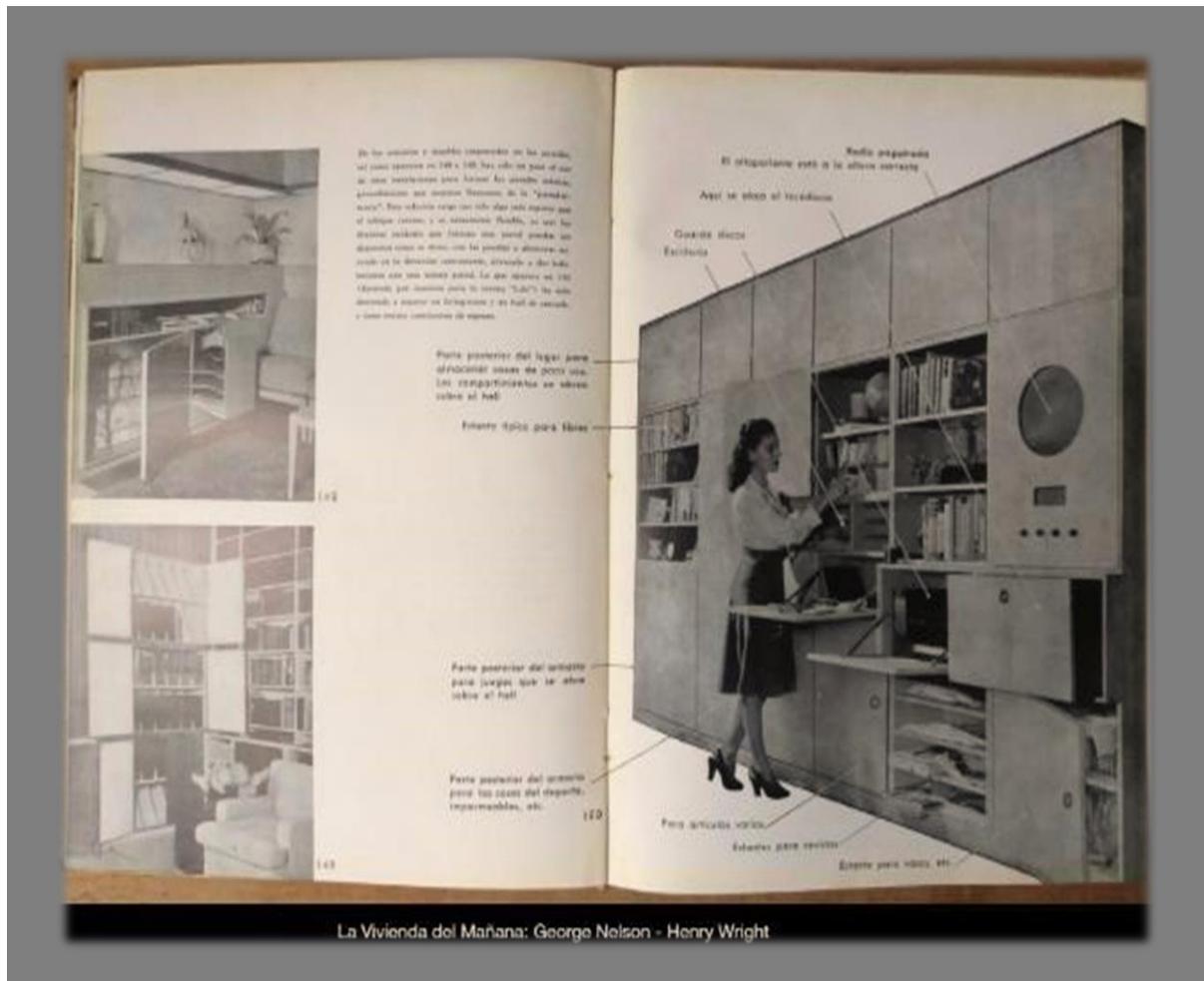


Ilustración 2.18 “La vivienda del mañana” con el sistema “Storage Wall”. Fuente: abebooks⁹.

Los conceptos de George Nelson siguen en uso, ya que un muro de almacenamiento, crea una gran cantidad de espacio al usar la altura y el ancho del área disponible. Su huella puede ser pequeña, pero su volumen grande. Además, ayuda a dividir los espacios de planta abierta en diferentes zonas, liberando áreas de trabajo centrales para la colaboración y la comunicación.

⁹ "Tomorrow's House. How to Plan Your Post-War Home Now" con textos, ilustraciones y fotografías sobre el desarrollo de viviendas durante el periodo de postguerra. Libro escrito por George Nelson and Henry Wright, 1944.

2.2.3 Nicholas John Habraken

El arquitecto Nicholas John Habraken, director del grupo de investigación SAR (*Stitching Architecten Research*), fundado en 1964 con el propósito de buscar estrategias para el diseño con el uso de componentes industrializados, aportó la teoría de los soportes, que proponía una estructura primaria de (soportes) y otra secundaria de (aportes) que serían los paquetes de relleno complementarios. El soporte consistía en la parte sobre la cual, el residente no puede tener el control individual a los elementos estructurales e instalaciones, accesos y zonas fijas como cocinas y baños. Los paquetes de relleno o unidades separables, eran componentes móviles sobre los cuales el usuario, sí podía decidir y tener un control individual en esa área (Jabbour, 2017).

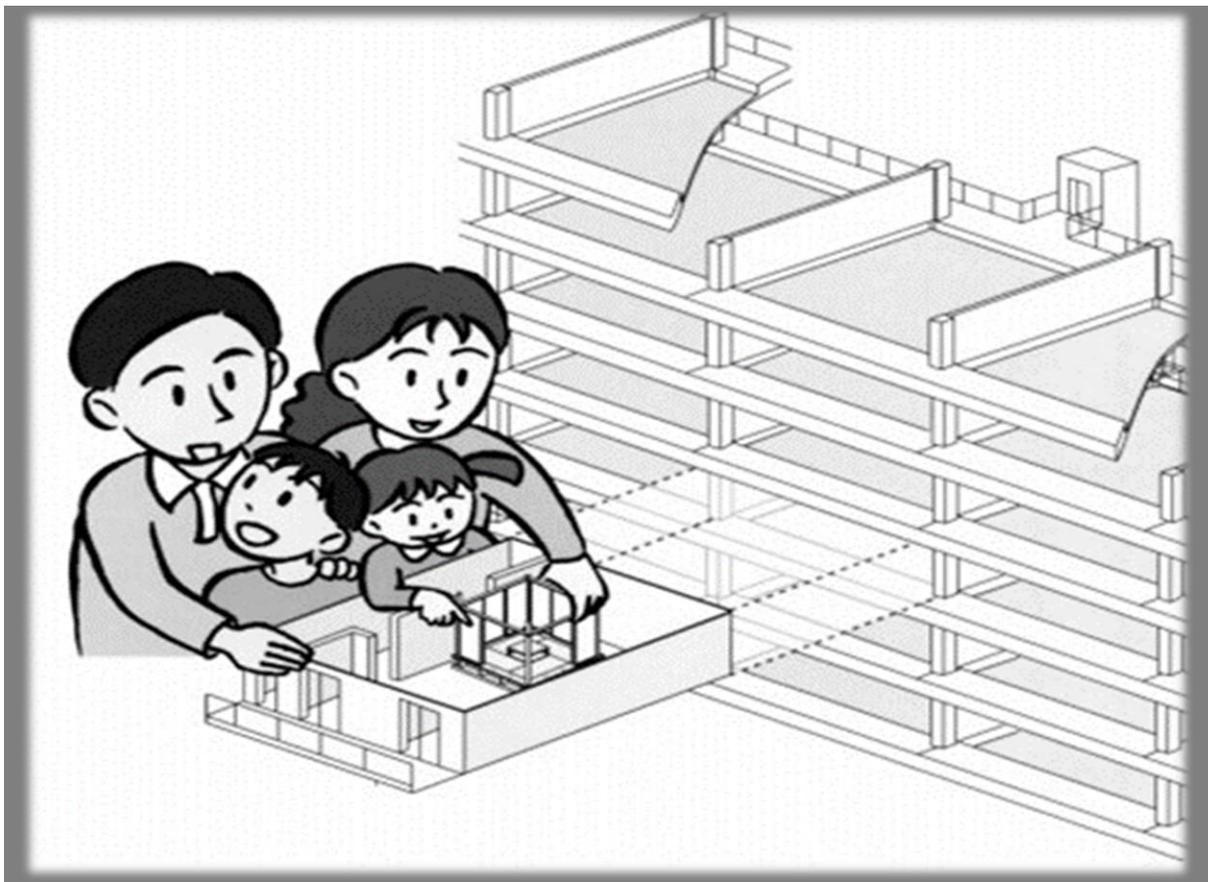


Ilustración 2.19 Esquema participativo en el diseño del sistema “Estructura y Relleno”. Fuente: (Habraken, 2010, pág. 18) como se expone en (Jabbour, 2017).

Estos paquetes de relleno separables, serían el reflejo de la personalidad, el estilo de vida y las necesidades de cada individuo. Así, el individuo vuelve a tener un papel protagonista en la construcción de su vivienda, al tener la oportunidad de elegir diferentes componentes de vivienda.

La “teoría de soportes” representa un sistema abierto de diseño, divisible en dos partes, una más rígida y duradera (*hard*), y otra que haría partícipes a los usuarios (*soft*), generando un conjunto inacabado, capaz de adaptarse a las necesidades futuras. El trabajo de Habraken y la fundación SAR, tiene su continuación en la organización “*Open Building*” en la que se continúa con la labor investigadora. Al mismo tiempo que se trabaja la teoría del “soporte”, en Japón se trabaja la teoría llamada “*Skeleton & Infill*” la cual es un concepto muy similar, que consiste en dar más flexibilidad a la construcción, mediante la separación de los sistemas de construcción.



Ilustración 2.20 En las imágenes se puede observar las Instalaciones registrables en piso bajo el concepto “*Skeleton & Infill*” en el edificio *Next 21*, en Osaka, Japón. Fuente: *Google Images*. Accedido el 15 de enero 2021 en: <http://greenworkshop.delta-foundation.org.tw/green_page.asp?id=236>

2.2.4 Archigram

Architecture + telegram es influenciado por el *Team X* y se desarrolla paralelamente al metabolismo japonés. Fundado por figuras de la arquitectura británica de los años 60's como Michael Webb, Peter Cook o Warren Chalk, crean el proyecto Manzak, con un diseño esférico que contiene varios dispositivos, como una cámara de televisión, un radar óptico y sus sensores. Es un proyecto de vivienda inteligente y automatizada que incorpora un robot para la cocina, una aspiradora inteligente y todo a través de un centro de comunicaciones integrado.

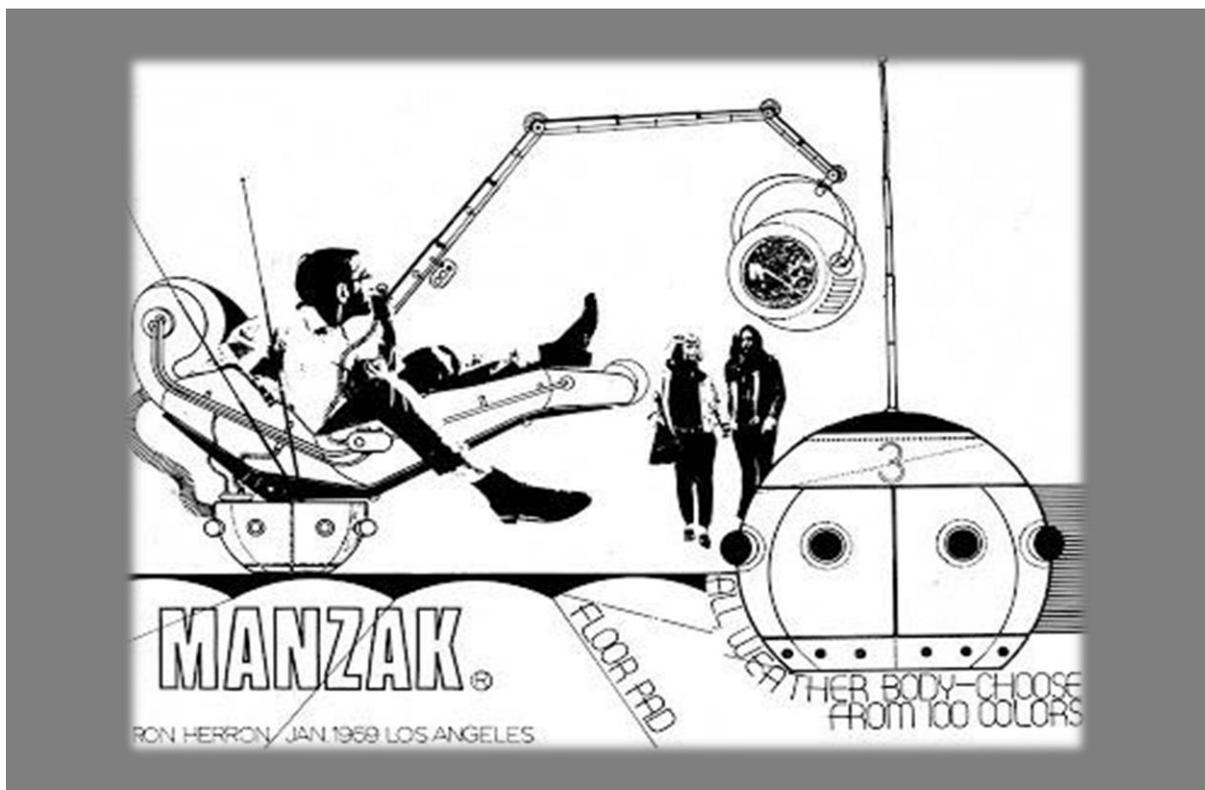


Ilustración 2.21 Dibujo conceptual del proyecto MANZAK *Electronic Tomato* por [Warren Chalk / Ron Herron] en 1969. Fuente: Pinterest. Accedido el 25 noviembre 2020 en: <https://www.pinterest.com.mx/pin/312296555380522396/>

En 1967 Peter Cook y Warren Chalk proyectan conceptualmente “*Living 1990*” Una vivienda que incorporaba robots como parte del espacio habitable.

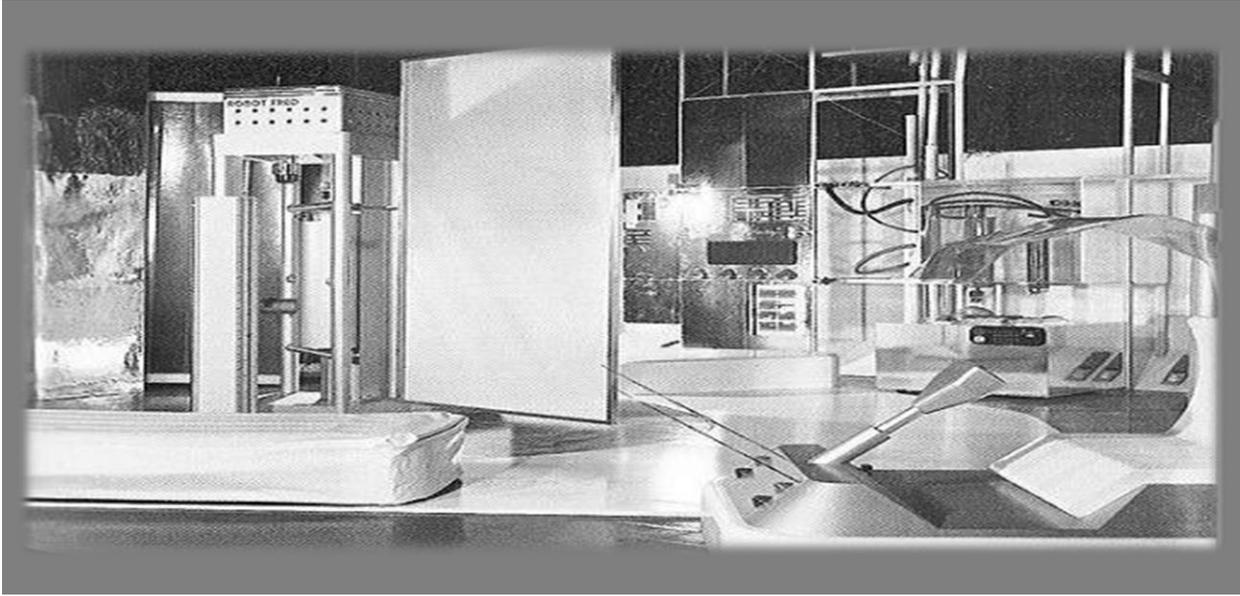


Ilustración 2.22 Prototipo de “Living 1990” en 1967. Fuente: (Cook, 1999)

2.2.5 Archizoom

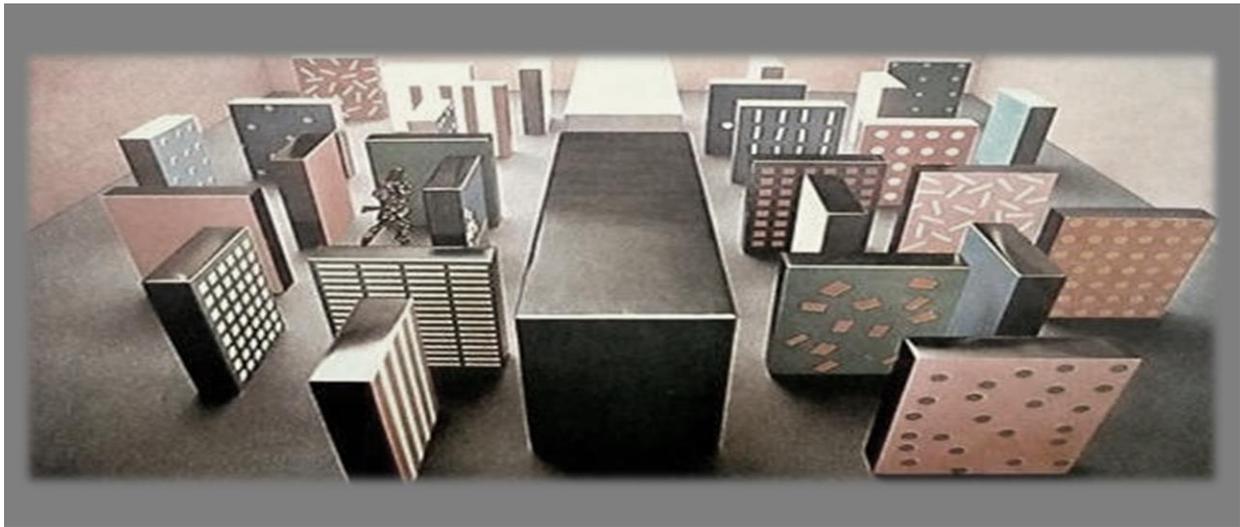


Ilustración 2.23 Maqueta conceptual del proyecto “Habitable cupboard” realizada en 1972. Fuente: Pinterest. Accedido 5 nov 20 <<https://co.pinterest.com/pin/426434658446628662/>>

El colectivo italiano Archizoom diseña el concepto “Habitable Cupboard” el Armario Habitable, usado como una estructura arquitectónica divisora del espacio. El diseño conceptual es derivado de los nuevos modelos que surgieron en los años setenta a partir de los conceptos hippies, basados en la intemporalidad, así como las nuevas relaciones sociales y familiares más libres.

2.2.6 Joe Colombo

En los años 70's el diseñador italiano Joe Colombo proyecto “*The Total Furnishing Unit*” o “Residencias *Plug-In*”¹⁰, fusionaba todos los servicios del hogar en un solo dispositivo móvil, logrando una máquina de vivir con cocina, un baño y una cama (Martínez, 2019, pág. 26).

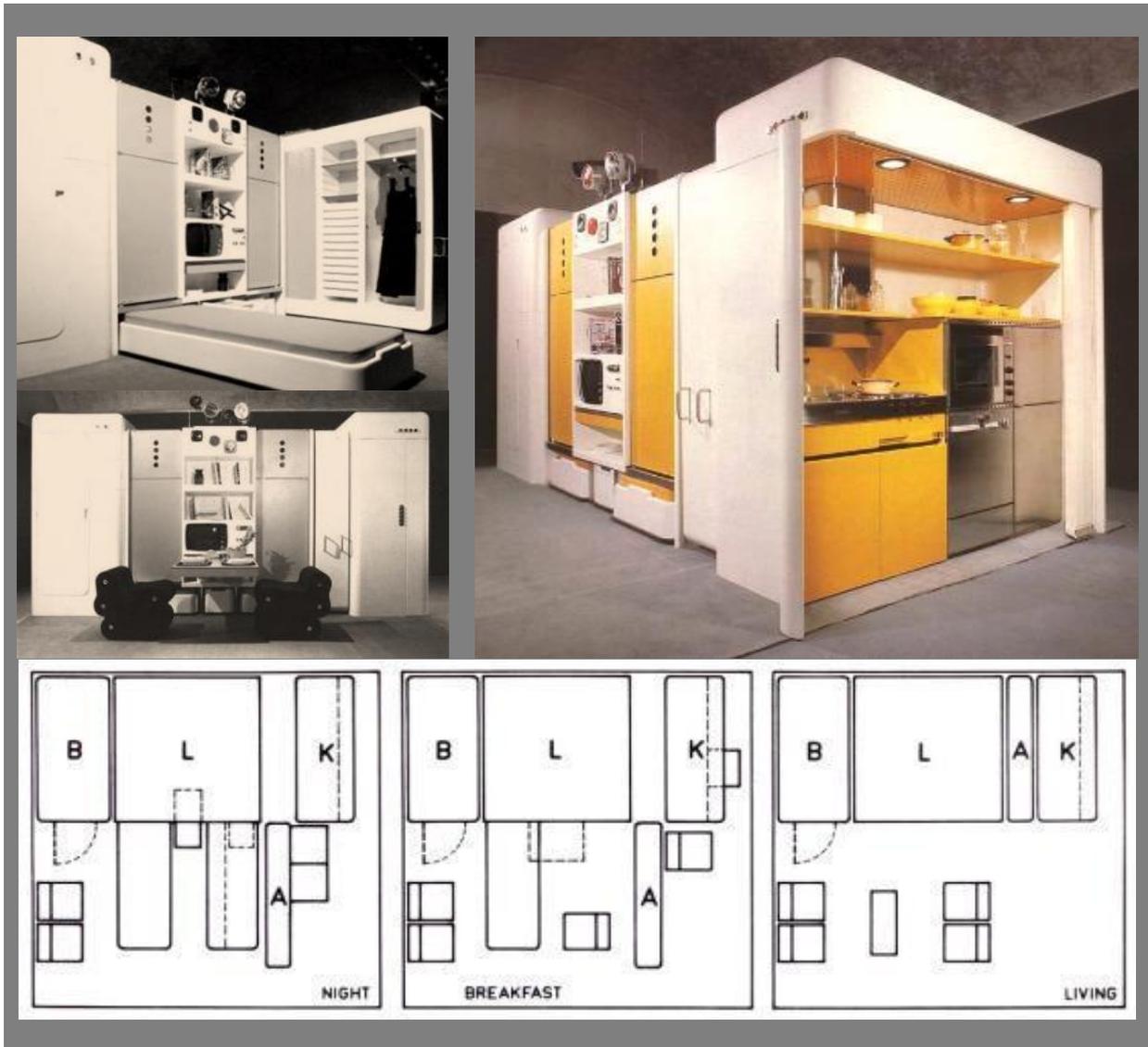


Ilustración 2.24 Prototipo arquitectónico del “*Total Furnishing Unit*” y esquema de distribución. Fuente: Exposición para el museo MOMA N.Y., en (Colombo, 1972)

¹⁰ Los *plugins* son complementos que añaden funcionalidades extra o mejoras a los programas. Es decir, son miniprogramas que suman alguna característica que no venía por defecto en el programa original.

El trabajo de Joe Colombo, también tuvo cabida en la exposición “*Italy: The New Domestic Landscape*” (Colombo, 1972) presentada en el MoMa de Nueva York. En ella Joe Colombo, presento su propuesta de unidades prefabricadas independientes, conformadas en plástico que cumplían diferentes funciones y podían incorporarse a cualquier espacio.

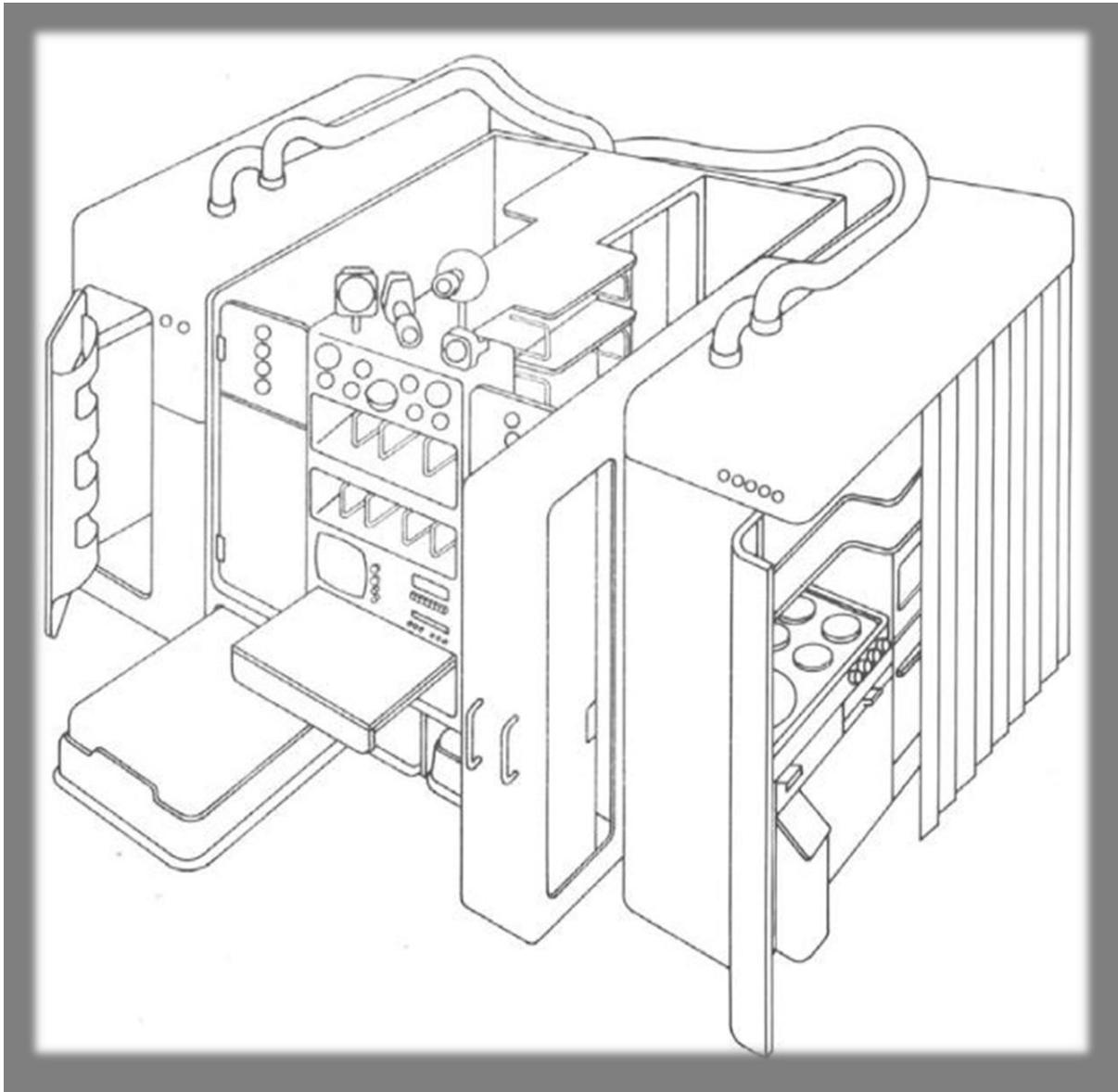


Ilustración 2.25 Isométrico del proyecto “*Total Furnishing Unit*” Fuente: Exposición para el museo MOMA N.Y., en (Colombo, 1972).

2.2.7 Kisho Kurokawa

Los metabolistas se refirieron al concepto de "Cápsula" como una forma de estructura modular, que permitía generar arquitectura de una manera flexible. La independencia de la Cápsula con respecto al suelo, nos introduce a la era de una arquitectura en movimiento. La cual propone una nueva forma de vivir, en donde se cambia el núcleo familiar por un modo de vida más independiente, fundamentado en la realización de las actividades individualistas de las personas, y en sus desplazamientos repentinos de un lugar a otro. La intercambiabilidad y posibilidad de crecimiento, otorgan al proyecto una imagen global cambiante, al tiempo que se incorpora la participación del usuario en la definición del entorno construido.

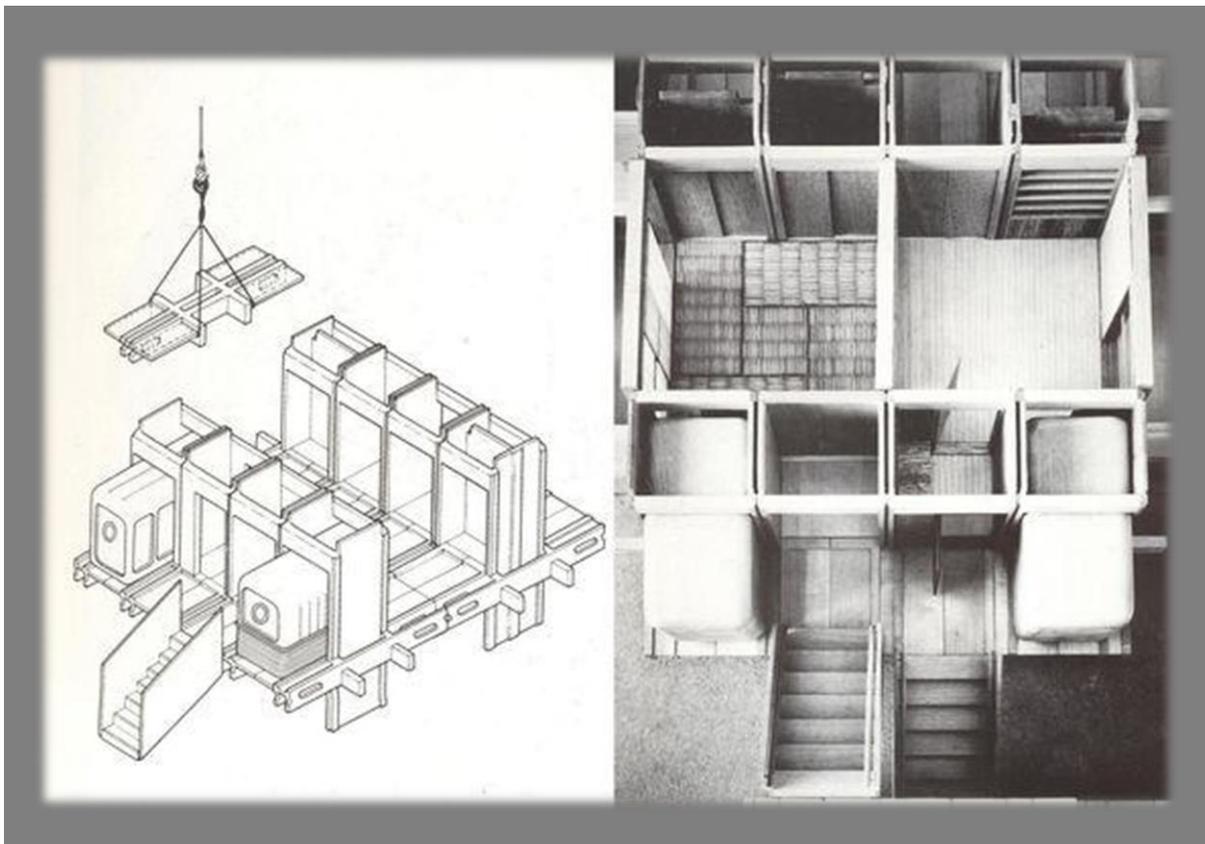


Ilustración 2.26 Kurokawa proyecto el *Box Type apartments* en 1962. Fuente: Pinterest. Accedido el 2 abril 2021 en: <<https://www.pinterest.es/pin/339740365609811951/>>

Esta propuesta propone un sistema de paredes y suelos muy cuidadosamente elaborados, compuestos por elementos modulares intercambiables. Los elementos de pared sirven como mesa, armarios, cocina, baño, etc. Los elementos están compuestos por bloques flexibles, que pueden combinarse para formar asientos o camas y, en otros casos, sirven también como espacio de tubería para los servicios de aire y drenaje. La cocina y el baño pueden ser fácilmente reemplazables en caso de deterioro, incorporando nuevas soluciones, adaptándose a las circunstancias familiares de los inquilinos, y junta los planteamientos de la vivienda tradicional japonesa con el futurismo.

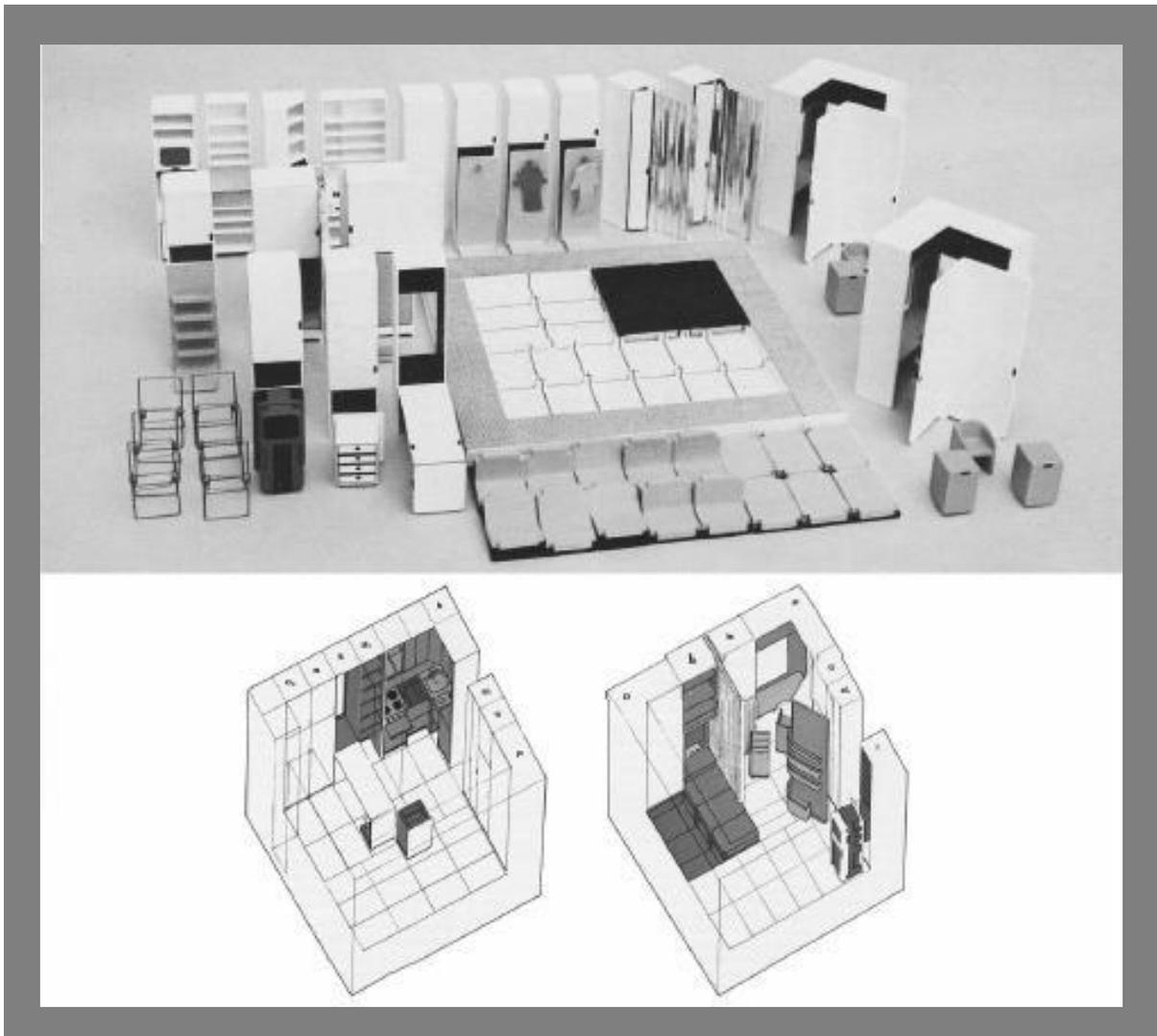


Ilustración 2.27 En esta propuesta la casa podrá ser reeditada cuantas veces se requiera. Fuente: Blogspot. Accedido el 5 abril 2021 en <<http://arqueologiadelfuturo.blogspot.com/>>

En 1972 Kisho Kurokawa, fundador del movimiento Metabolista diseña el *Nakagin Capsule Tower* en Japón. El proyecto tiene 14 pisos con 140 módulos remplaceables, tiene un diseño muy particular, este concepto responde a un pensamiento metabolista que toma forma con estas células prefabricadas que integran toda clase de mobiliario y aparatos electrónicos en un mismo espacio de 2,5 x 4 x 2,5 m (Martínez, 2019, pág. 24).

En este proyecto se expresan los conceptos metabolistas de la época, debido a la demanda de vivienda en Japón y la falta de espacio en la ciudad con sus altos costos por metro cuadrado, esto origina que surja una filosofía que considera la adaptabilidad y mutabilidad de la arquitectura, como una solución al continuo crecimiento y desarrollo del Japón de esa época.

En esta nueva escala dimensional se podrá recuperar una mayor libertad y proponer utopías alternativas a las influencias de la realidad urbana. Es por esto que los metabolistas piensan en nuevos organismos a escala urbana tales como urbes oceánicas, ciudades aéreas, unidades agrícolas, unidades residenciales móviles o estructuras helicoidales (Díaz, 2012).

Es importante dentro de la cultura japonesa, que la arquitectura mantenga la esencia de sus tradiciones ancestrales. Lo que explica Kurokawa a través de lo que él llama los “conceptos invisibles”, más específicamente los de impermanencia, materialidad, receptividad y detalle que se explicarán más adelante. Cada unidad de la torre Nakagin es un auténtico centro de control, donde los electrodomésticos y la arquitectura se fusionan en una misma unidad (Díaz, 2012).



Ilustración 2.28 Fotografía del muro con los dispositivos en una Tercera Piel del proyecto “Nakagin capsule”. Fuente: Revista digital *Designboom*. Accedido el 10 abril 2021 en: <www.designboom.com/architecture/kisho-kurokawa-nakagin-capsule-tower-building/>

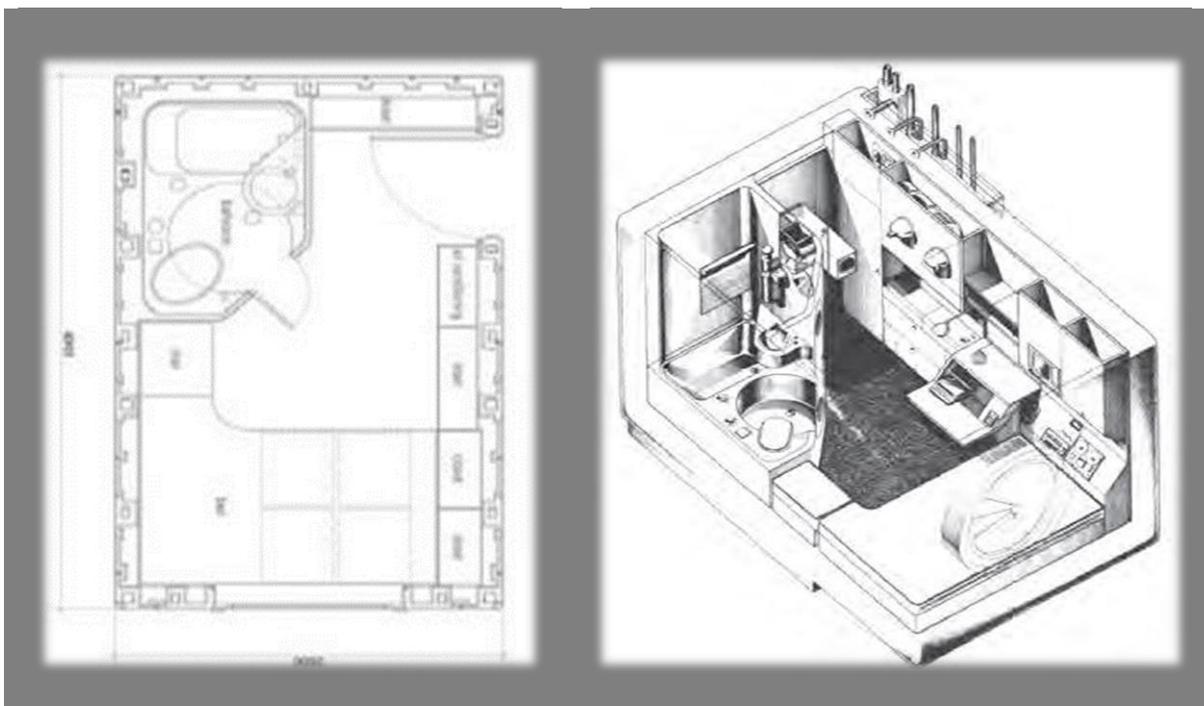


Ilustración 2.29 Planta arquitectónica e isométrico del proyecto “Nakagin capsule tower”. Fuente: (Pastrana, 2017).

En occidente el valor de lo permanente se percibe en lo material, si una construcción está hecha con materiales muy resistentes y fuertes; se piensa que con el tiempo será muy duradera; en cambio en oriente pasa algo muy diferente, como lo describe (Barbará, 1966).

“Para el japonés y para el oriental en general todo es muy distinto. Para él lo permanente está en el espíritu. En su casa será el espíritu de su hogar y su construcción propiamente podrá ser destruida por los temblores o los tifones, las inundaciones y el fuego, pero siempre permanecerá el espíritu del hogar que lo llevará a construir una nueva casa, con las mismas características que la anterior y que debido a ellas fue presa tan fácilmente de elementos naturales y que más aún, probablemente será destruida muchas veces más.” (pág.128)

El diseño de la torre Nakagin es flexible, al incorporar módulos prefabricados con la intención de lograr una apariencia incompleta del edificio. En Japón ha existido durante muchos siglos el módulo, una unidad de medida en la cual deben basarse todas las proporciones de una construcción, como describe (Barbará, 1966) “Tanto el *tatami* como el *shoji* como el *fusuma*, son elementos que gozan de modulación y esto trajo como consecuencia lógica la posibilidad de la prefabricación o estandarización; o dicho en otras palabras, que ellos siempre han construido por siglos con las mismas dimensiones” (pág.119)

Es también receptiva, la arquitectura metabolista; pero en un punto se vuelve divergente y encuentra su propia identidad, la cual se une a la tradición budista y la individualidad del occidente, de esta manera origina el concepto de una arquitectura que conjunta al ser humano, la máquina y el espacio, en un solo cuerpo orgánico.

Uno de los aspectos más relevantes de los japoneses, es el ser muy detallistas. La cultura japonesa venera el detalle de lo pequeño: hábitats reducidos, pequeños jardines, equipamiento micro, resueltos con arte y con detalle. La belleza en los detalles más pequeños e imperceptibles presentes en la naturaleza. Les molesta lo que está fuera de lugar, lo que sale de la armonía. Se trabaja siempre con el detalle, y todo basándose en la autonomía que tienen cada una de las piezas; y éstas a su vez se relacionan entre sí, como un organismo metabólico viviente.

Para los metabolistas, el pasado les ha representado descubrir los secretos que encierra la naturaleza y la magia el universo. El metabolismo plantea una nueva percepción de la arquitectura y la ciudad, concibiendo los edificios y ciudades como un ente vivo.

Los metabolistas como arquitectos y diseñadores tienen en claro que las ciudades y las construcciones no son entidades estáticas, sino que se están en constante dinamismo y cambio orgánico con un metabolismo propio. Por lo que hacen una comparación de los edificios y las ciudades, con el proceso energético de la vida: con los ciclos de cambio y la constante regeneración y destrucción del tejido urbano.

En la vivienda tradicional japonesa, se usa un espacio subdividido por paneles móviles, lo que nos da una concepción del espacio muy fluida, además de que los espacios no tienen función fija para no permanecer, se puede observar la idea de impermanencia. Es la razón de utilizar en la arquitectura, módulos prefabricados para que el edificio tenga la apariencia de estar incompleto, y así de esta manera, otros módulos se puedan ir incorporando progresivamente a lo largo del tiempo.

Capítulo III

MARCO METODOLÓGICO

“La finalidad de la fabricación digital no es hacer lo que puedes comprar en las tiendas, sino fabricar lo que no puedes comprar aún”.

(Gershenfeld N. , 2012, págs. 46-57)

3.1 La adaptabilidad en la arquitectura en el siglo XXI

En esta sección analizaré varias propuestas de proyectos que han integrado “armarios evolutivos” en lo que ahora podemos denominar arquitectura receptiva¹¹. En la teoría del arquitecto holandés Herman Hertzberger (Rodríguez C. , 2013), defiende la posición activa del usuario, siendo él quien debe terminar la obra para adecuarla a sus circunstancias personales, y adaptándola a sí mismo y no al revés.

Hertzberger busca que el arquitecto diseñe el proyecto, pero deje lugar para que las personas participen en su diseño o, dicho de otra forma, que el arquitecto no haga cosas terminadas, sino que permita que el usuario pueda terminarlas. “El arquitecto debe dejar lugar a la gente, dándole las herramientas al usuario, para que sea él quien actúe en su lugar” (Osorio, 2016).

¹¹ Arquitectura receptiva, es nombre del concepto que dieron los esposos Smithson a su arquitectura estructuralista “*Layers y vacíos*”.

3.1.1 Shigeru Ban / LA CASA MOBILIARIO

En “La Casa Mobiliario” en 1995. La organización y distribución del espacio se lleva a cabo a través de armarios, que van creando los diferentes espacios. “Si nos limitamos a configurar sólo el baño y la cocina como espacios constantes, debido a sus instalaciones, y optamos por dividir el resto de la superficie habitable con paneles móviles, creo que se puede satisfacer cualquier requisito de habitabilidad” (Mies van der Rohe & Neumeyer, 1995, pág. 396).

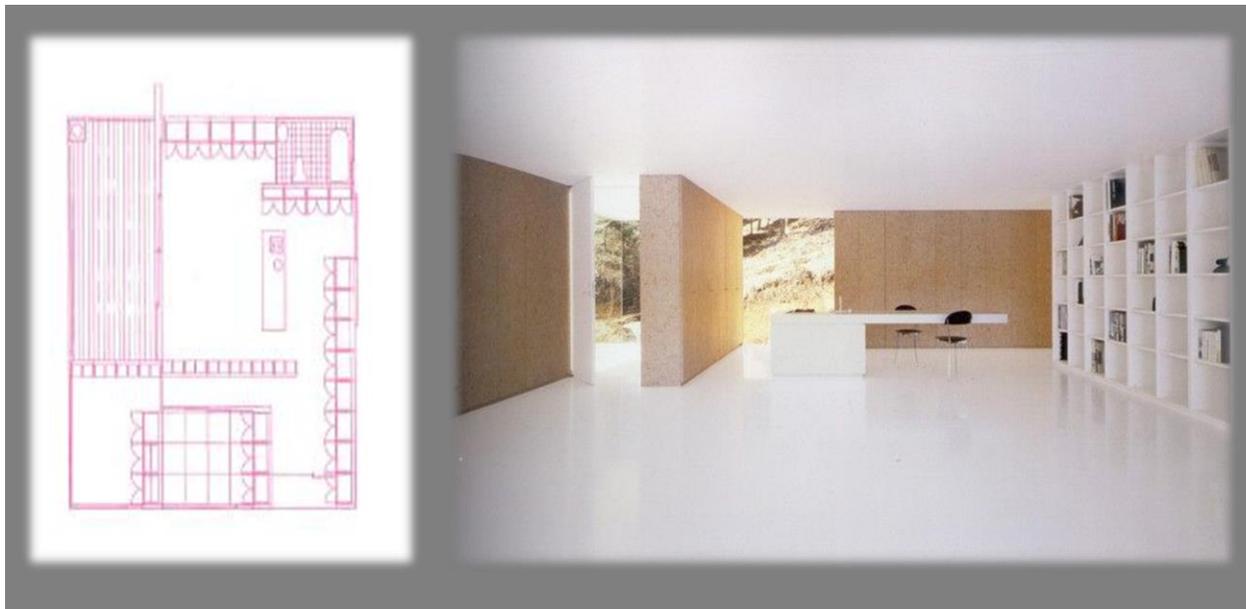


Ilustración 3.1 Proyecto de La Casa Mueble. Fuente: Blog personal de Ramón Esteve. Accedido el 17 septiembre 2020 en: <<https://www.ramonesteve.com/la-fabricacion-del-interior/el-mueble-como-arquitectura-shigeru-ban/>>

Los armarios crean arquitectura y a la vez función estructural. “Contienen piezas de mobiliario con altura de 2.40 m, que actúan como soporte de la cubierta e incluso hacen posible concebir una arquitectura de rápida construcción” (Martínez, 2019, pág. 56). Otro proyecto de Shigeru Ban es “La Casa con Réticula de Nueve Cuadros” realizada en Japón en 1997. En el crea un gran espacio diáfano central, con un cuadrado que mide 10.40 m de cada lado y que puede

dividirse en otros nueve. La construcción se realiza a través de dos módulos estructurales de mobiliario, situados en dos extremos laterales paralelos. Estas estructuras tipo armarios, configuran un gran espacio de almacenaje y cierran la casa (Martínez, 2019, pág. 58).

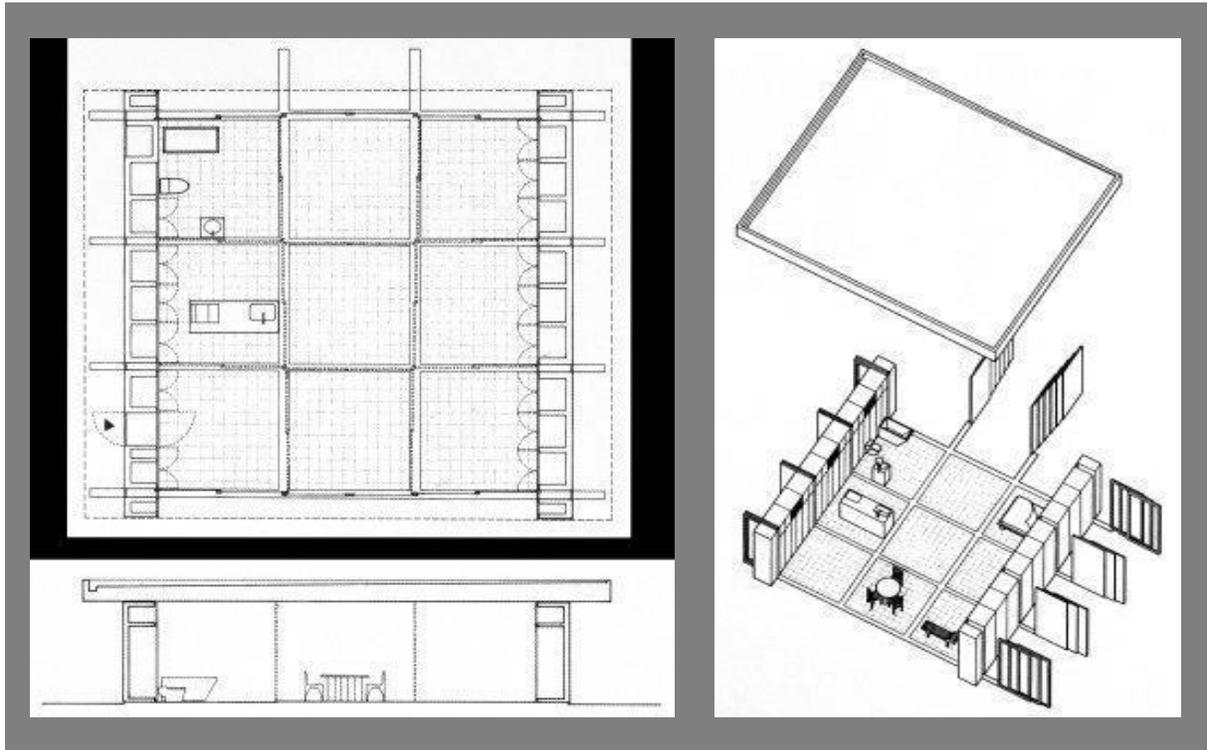


Ilustración 3.2 Dibujo arquitectónico, planta e isométrico de “La Casa Retícula”. Fuente: Revista digital Plataforma Arquitectura. Accedido el 17 agosto 2020 en: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-346349/la-obra-arquitectonica-del-premio-pritzker-2014-shigeru-ban/532b0d2bc07a803a1c000015>

Otra vivienda realizada por Shigeru Ban en el año 2006 y construida en Sagaponac, es la “*Furniture House*”, en ella se puede apreciar cuatro áreas con divisiones que se llevan a cabo mediante un sistema de armarios modulares, hechos de madera en contrachapado de abedul que ejercen como elementos estructurales, divisorios y también de ductos que ocultan las instalaciones de iluminación y climatización. El proyecto se transforma fácilmente de acuerdo con la función que se desee realizar, ya sea cocinar, dormir, entretener, cenar, bañarse o estudiar. Los elementos

que se requieran se extraen de un armario, para que al igual que un simple cajón, se pueda sacar y guardar lo que se necesite. “Esta transformación se puede complementar a lo largo de la vida del edificio, ya que este sistema se puede actualizar con nuevos elementos para proporcionar una mayor flexibilidad en cuanto a los usos necesarios de los residentes” (Bas, 2019, pág. 34).



Ilustración 3.3 Plano con la estructura de los armarios modulares y vistas interiores de la “Furniture House”. Fuente: Blog Diseño y Arquitectura. Accedido el 12 septiembre 2020: <<https://www.disenoyarquitectura.net/2009/10/furniture-house-en-sagaponac-shigeru.html>>

3.1.2 Nendo / *DRAWER HOUSE*

En el año 2003 se construyó la “*Drawer House*” a base de una serie de armarios, que se pueden extraer de la pared cuando el usuario lo necesite, como si fueran cajones. “Es un mecanismo simple, pero este espacio adaptable y transformable es muy efectivo para la actual situación de vivienda limitada existente en Tokio” (Bas, 2019, pág. 34).



Ilustración 3.4 Vistas interiores de la “*Drawer House*”. Fuente: Web de Nendo Works. Accedido el 10 marzo 2020 en <<http://www.nendo.jp/en/works/drawer-house/>>

3.1.3 Mount Fuji architects / *NEAR HOUSE*

Las paredes se encuentran revestidas con estanterías, así es la esencia del proyecto en la casa “*Near House*” construida entre los años 2009 y 2010, por del estudio de arquitectura japonés *Mont Fuji*. En ella se ve la proyección de las estanterías con las vigas horizontales, que estructuran el piso y la azotea de la casa. Las paredes armarios se localizan en todo el contorno del proyecto, para de esta manera abrir todo el espacio a un salón polivalente.

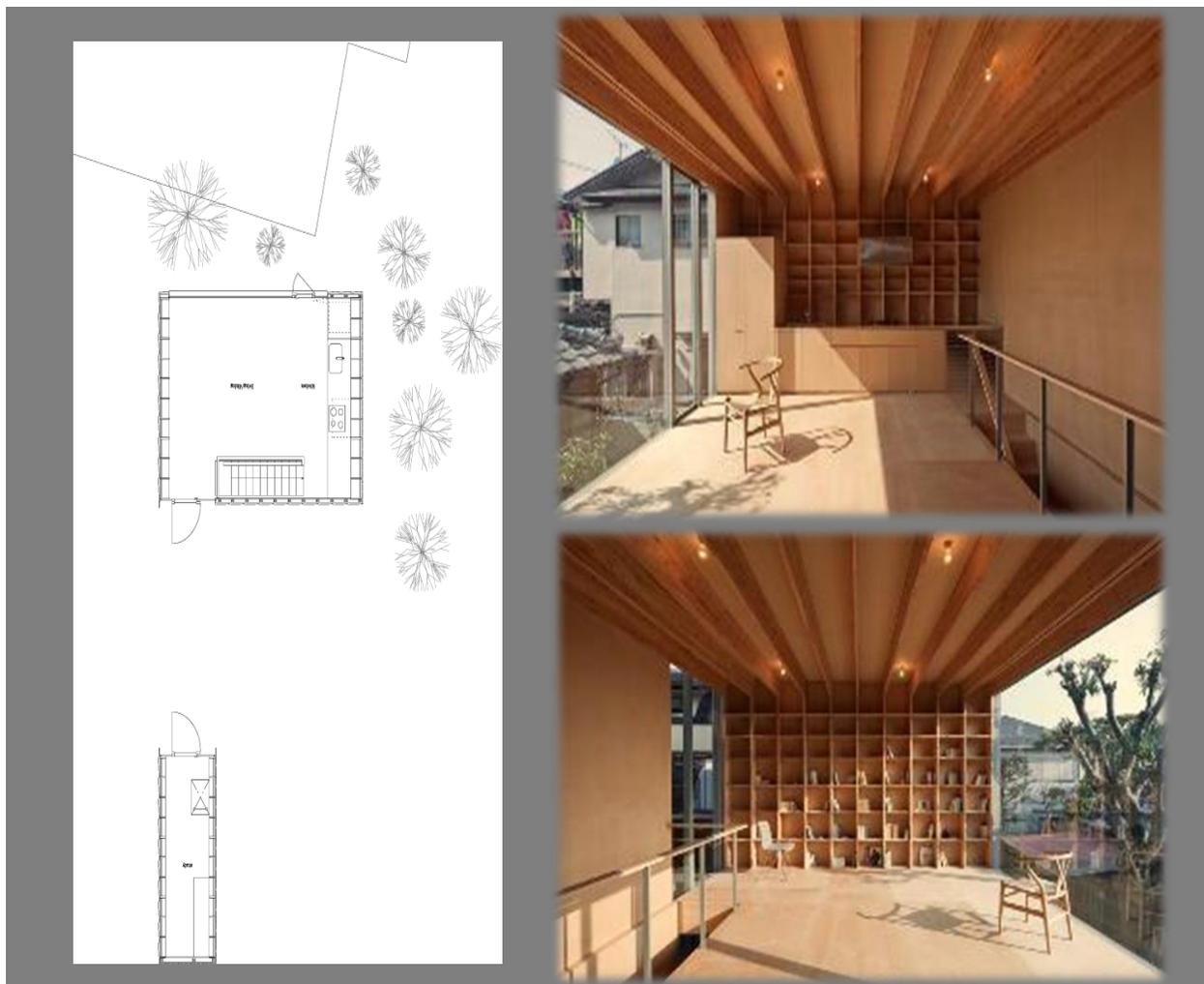


Ilustración 3.5 Planta arquitectónica y vista del interior del mobiliario habitable. Fuente: Revista digital *Designboom*. Accedido el 16 noviembre 2020.

<https://www.designboom.com/architecture/mount-fuji-architects-studio-near-house/>

3.1.4 Studio_01 / BARCODE ROOM

Barcode Room o "código de barras" fue diseñado en 2012 para exhibirse en la semana del diseño en Tokio, por los arquitectos japoneses de *Studio_01*. Es un proyecto compuesto por muebles/muros que se pueden mover de un lado a otro con mucha facilidad, permitiendo al usuario la personalización del espacio para adaptarse a una versatilidad de usos. La disposición funcional de los elementos en estas plataformas móviles, como son el mobiliario y el almacenamiento de objetos, permite que se aumente el área habitable de todo el espacio (Franco J. , 2014).

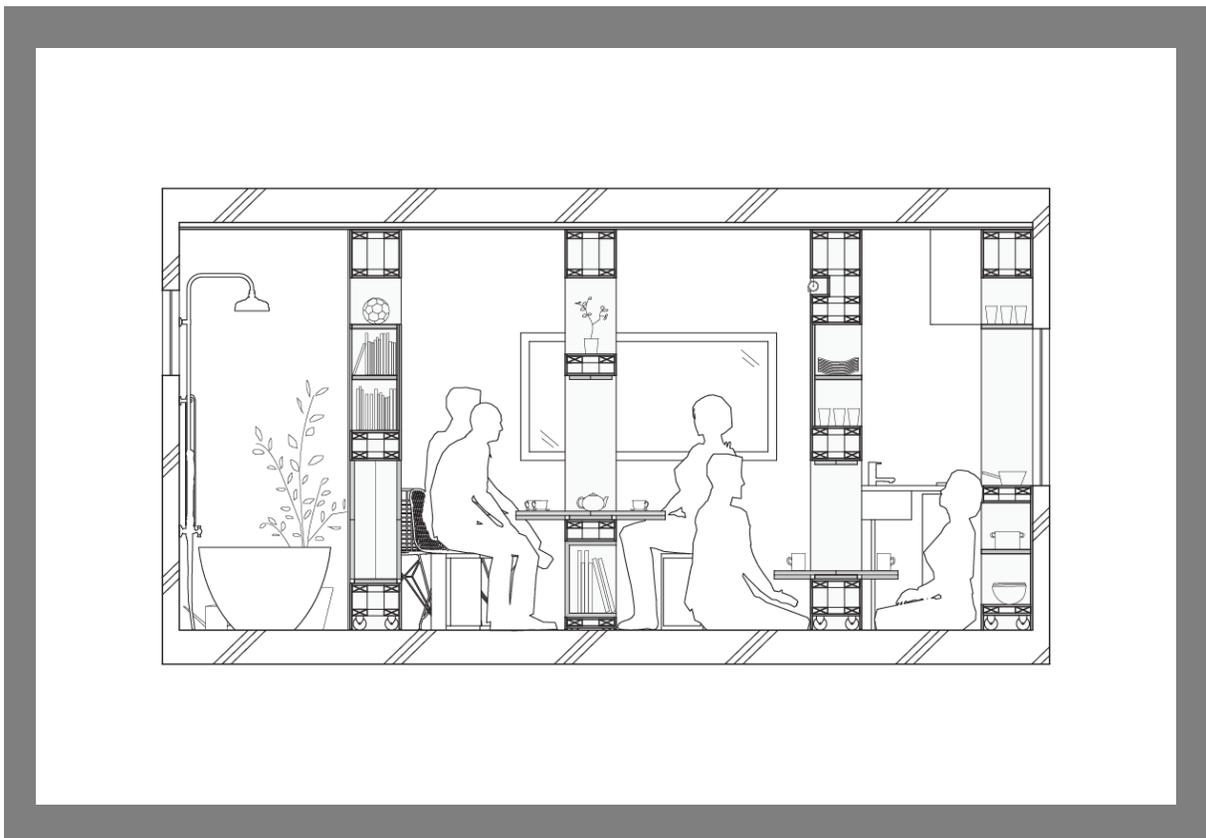


Ilustración 3.6 Alzado del proyecto “Barcode”. Fuente: Web de *Knezo Design Studio*. Accedido el 15 abril 2022 en: < <http://www.knezodesignstudio.com/barcode-room/>>

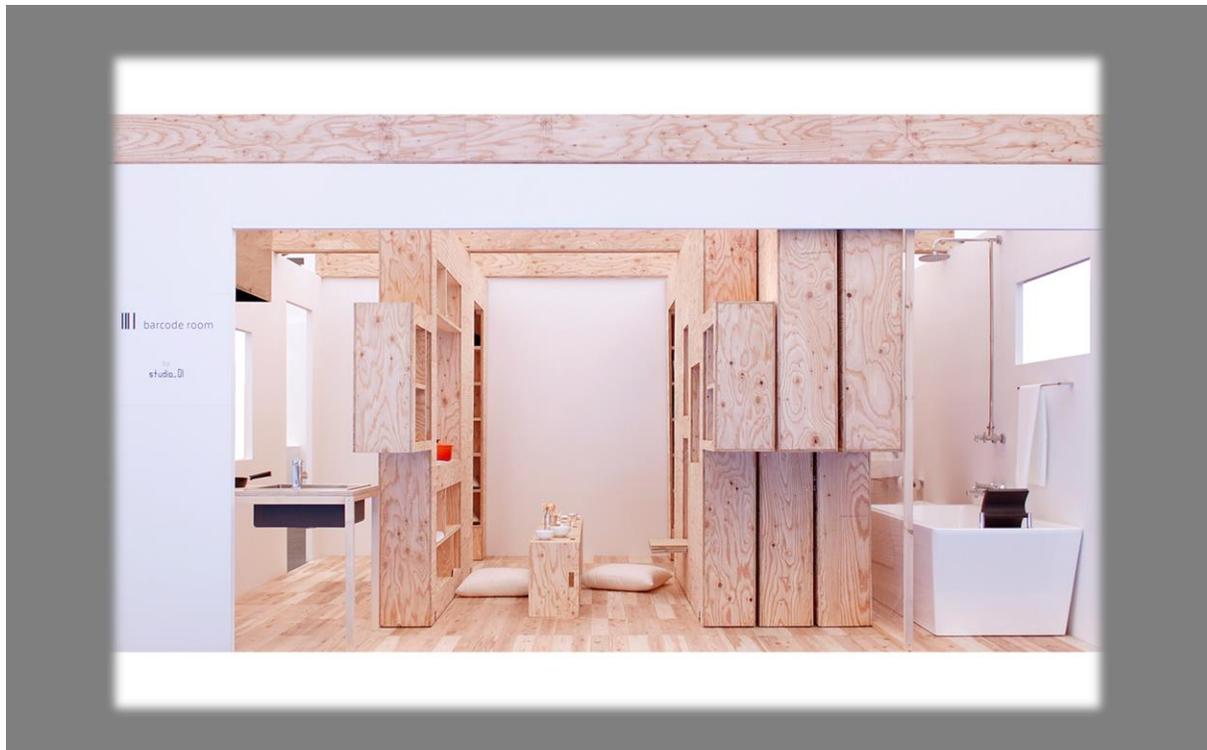


Ilustración 3.7 Plataformas (Muebles/Muro) “Barcode”. Fuente: Web de *Knezo Design Studio*. Accedido el 15 abril 2022 en: < <http://www.knezodesignstudio.com/barcode-room/>>

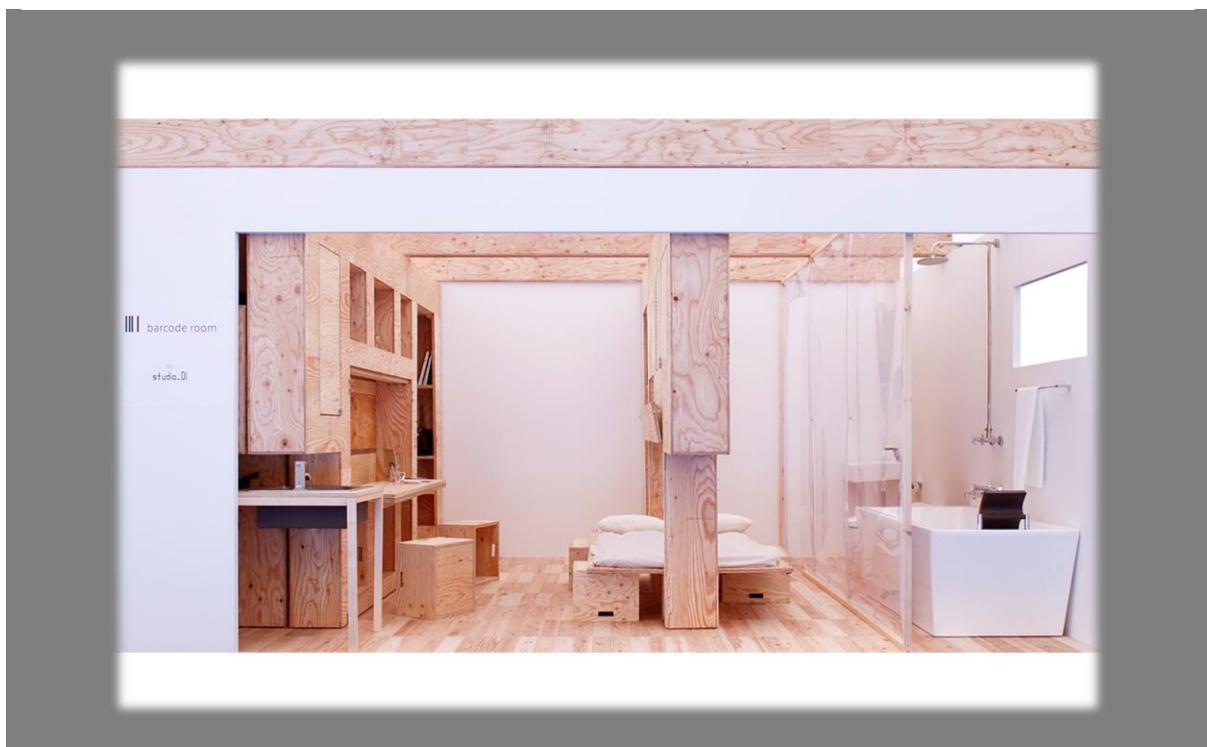


Ilustración 3.8 Vista interior del “Barcode”. Fuente: Web de *Knezo Design Studio*. Accedido el 15 abril 2022 en: < <http://www.knezodesignstudio.com/barcode-room/>>

3.1.5 Universidad de Morón / MECANO

En el año 2013, se construye el Módulo de Emergencia para Catástrofes Naturales “MECANO”. Realizado por la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Morón en Argentina. Hecho para atender a la población por la falta de cobijo y también incorporar en la propuesta sus objetos, ropas, utensilios, herramientas, y recuerdos de una familia. Este espacio es un gran lugar de guardado dentro de su estructura de madera (Cabezas, 2013).



Ilustración 3.9 Proceso de construcción de “MECANO” cortesía de Constanza Cabezas.
Fuente: Revista digital ArchDaily México. Accedido el 25 abril 2021 en:
<<https://www.archdaily.mx/mx/02-277978/mecano-modulo-de-emergencia-para-catastrofes-naturales-igeo-um-fadau>>

3.1.6 TallerDE2 arquitectos / *The POP-UP House*

El proyecto se diseñó para un departamento de Madrid en el año 2014, con la finalidad de proyectar el espacio como un gran mueble, capaz de almacenar toda su infraestructura doméstica, en un (in)mueble de madera contenedor. El trabajo estético del escultor Toland Grinnell, inspiró este proyecto, que al abrir la maleta, salen diferentes dispositivos funcionales, cuya función es la de ocupar el espacio necesario para ser habitado de forma libre por el usuario, ofreciendo nuevas oportunidades domésticas (TallerDE2 Arquitectos, 2014).



Ilustración 3.10 Vemos la obra “*Machine for living*” escultura de Toland Grinnell.

Fuente: Galería Digital de Maniform. Accedido el 15 abril 2022 en:

<<http://maniform.com/grinnell/artstar3.htm>>

En este proyecto los componentes individuales contenidos representan un catálogo de posibilidades para el usuario, el cual interactúa en ellos escogiendo, descartando y redefiniendo.



Ilustración 3.11 Diferentes configuraciones del mueble contenedor. Fuente: Revista digital ArchDaily México. Accedido el 15 Abr 2022. <<https://www.archdaily.mx/mx/758987/the-pop-up-house-tallerde2-arquitectos>>

Estas 54 unidades se ensamblaron en un elemento infraestructural, que más que estético es denso y operativo. Este elemento contenedor funciona dejando un espacio genérico a su alrededor, el cual actúa como un laboratorio de vínculos, experiencias, relaciones, tolerancias, superposiciones y multiplicidades (TallerDE2 Arquitectos, 2014).



Ilustración 3.12 Vista interior del proyecto. Fuente: Revista digital ArchDaily México. Accedido el 15 Abr 2022. <<https://www.archdaily.mx/mx/758987/the-pop-up-house-tallerde2-arquitectos>>

El material predominante del proyecto, son paneles de madera de fibras orientadas OSB, el cual ayuda a que la vivienda se reestructure al deslizar y abatir, abrir y cerrar, desplegar y contraer sus componentes; de esta manera también el espacio experimenta modificaciones, así se expande, se fragmenta, se conecta, o se aísla de forma instantánea (TallerDE2 Arquitectos, 2014). Generalmente en una vivienda tradicional, se encuentra poco más del 50% de la superficie de

construcción útil, destinada a espacio libre. En este proyecto se encuentra el 77% de la superficie de construcción útil, destinada a espacio libre. “Aquí la casa no contiene un armario, sino que el armario contiene la casa” (TallerDE2 Arquitectos, 2014).

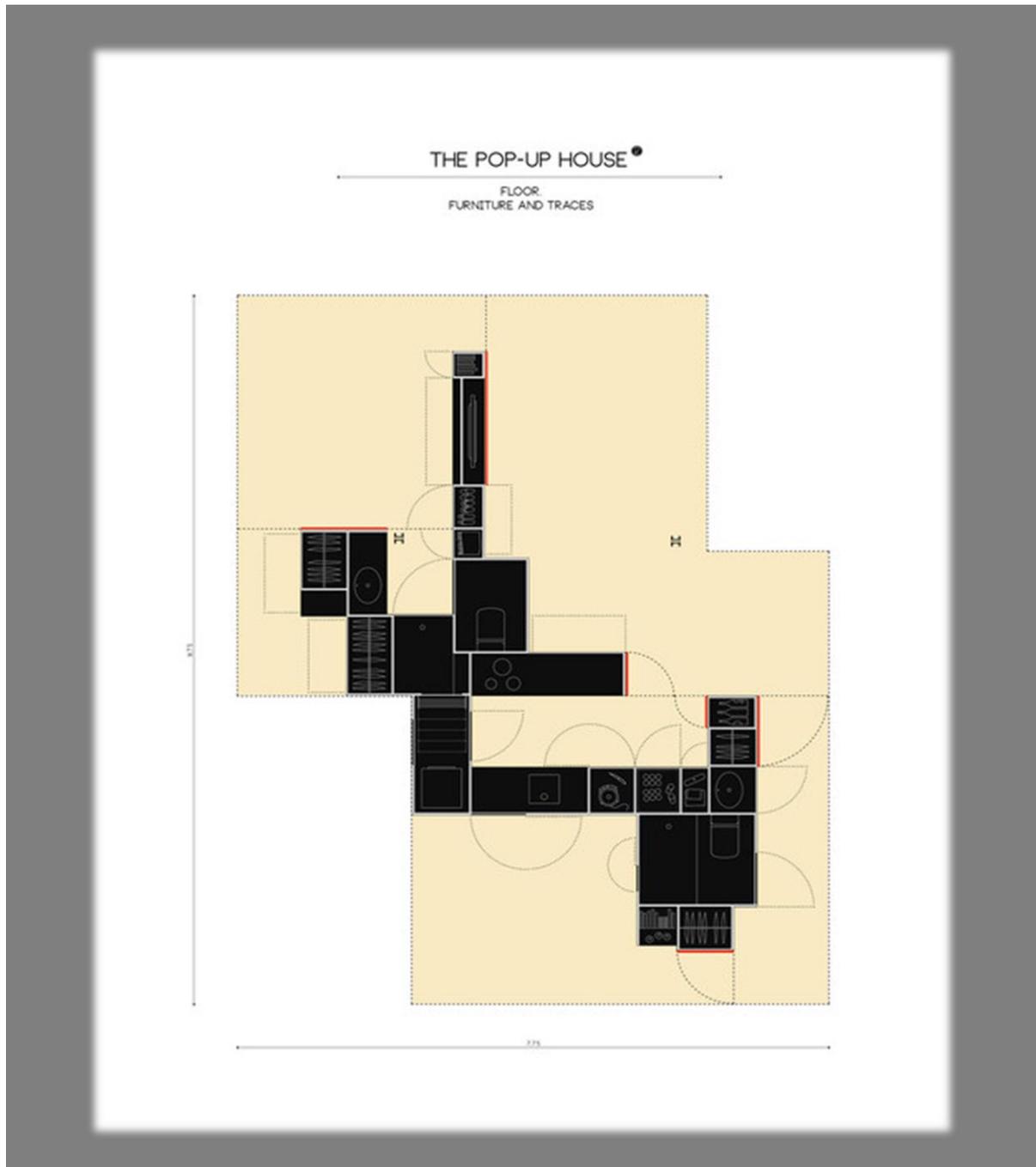


Ilustración 3.13 Planta de distribución espacial de la Infraestructura. Fuente: Revista digital ArchDaily México. Accedido el 15 Abr 2022. <<https://www.archdaily.mx/mx/758987/the-pop-up-house-tallerde2-arquitectos>>

3.1.7 Enorme Studio / *EVERYTHING IN PLACE HOUSE*

En el año 2017 se construye el proyecto “*Everything in Place House*”. Se diseñó todo el espacio de manera que esté configurado a través de un gran mueble. Este mueble actúa como un armario donde se almacenan las camas, la mesa del comedor, las sillas y los escritorios. “Todo se convierte en objetos almacenados, que aparecen y desaparecen cuando sus dueños lo desean siendo el elemento principal de la transformación de la vivienda” (Bas, 2019, pág. 100).



Ilustración 3.14 Diferentes configuraciones del espacio a través de los armarios. Fuente: Web de Enorme Studio. Accedido el 17 junio 2020 en: <<https://enormestudio.es/eiphouse>>

3.1.7 Elii arquitectura / *INSIDER*

El proyecto conocido como "*Insider*" incluye dos casas en Zaragoza, España. El proyecto cuenta con una Tercera Piel, la cual se concentra en el área central donde se ubican las cocinas, baños, bodegas, accesos y espacios de distribución. De esta forma se libera el espacio principal de cada una de las viviendas y se reduce la superficie de intervención.

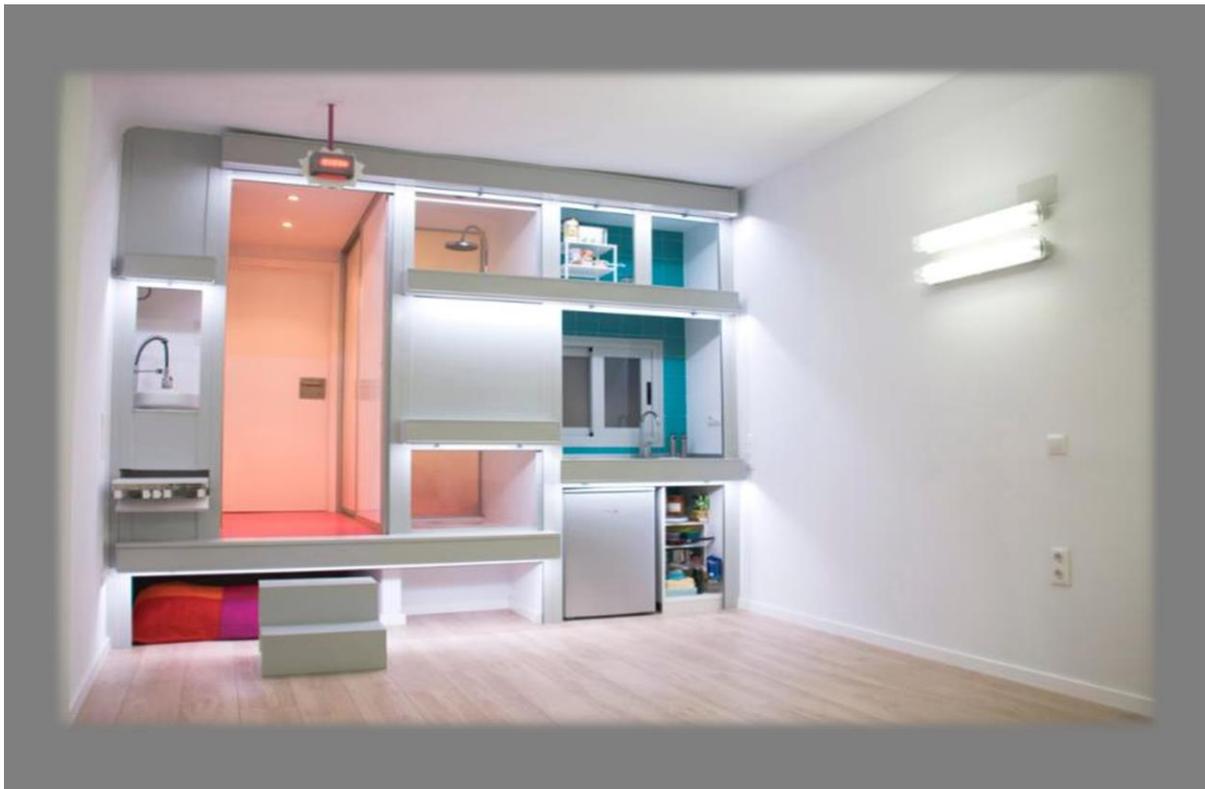


Ilustración 3.15 Configuración del espacio a través de una Tercera Piel. Fuente: Web de la oficina de arquitectura ELII. Accedido el 22 de julio 2020 en: <<https://elii.es>>

Dos elementos hacen de la casa un ambiente activo y amigable y permiten modificar la organización de las funciones domésticas. Por un lado los espacios funcionales se vinculan a los espacios habitables a través de una división de cortinas plegables, por otro lado el núcleo central se eleva a 60 cm del suelo. Las dos situaciones permiten configurar diferentes diseños funcionales:

abriendo o cerrando las contraventanas se pueden quitar u ocultar ciertos elementos de la casa, como la cocina, la cama, la escalera o la tabla de planchar, mientras que el piso falso resuelve técnicamente el problema de instalación de plomería, tubos eléctricos y sanitarios.

Finalmente, la casa se diseñó siguiendo una estrategia de ahorro energético, por ejemplo cada estudio cuenta con dispositivos de medición, que procesan el consumo eléctrico en códigos de colores vinculados a la iluminación de la casa. Además, el acceso a cada vivienda es a través de las llaves del hotel que controlan los circuitos eléctricos secundarios, estos dispositivos permiten una reducción de hasta un 30% en el consumo de luz, según los experimentos domésticos estudiados para determinar la eficiencia energética del proyecto.

Otro proyecto de este mismo grupo de arquitectura es “Susaloon” el cual se puede describir como una intervención mínima, para convertir la casa de la señora Susana en un espacio transformable en Madrid, España. El proyecto se desarrolla a través de tres estrategias simples: La primera es una estrategia para adecuar la configuración del espacio, a las necesidades de quienes allí habitan. La segunda es moviendo ciertos elementos del hogar para optimizar su distribución y la tercera es su uso diario, con la apertura de ciertas divisiones, el expandir ciertos espacios como el salón, obteniendo luz natural.

La tercera es la integración de una serie de dispositivos abatibles, plegables y deslizantes, que permiten dividir las estancias, mediante el despliegue de una oficina de trabajo, una mesa grande para el pasillo, una cama para un invitado sorpresa, un espacio amplio para practicar *shiatsu* u ordenar almacenaje; con esto podemos decir que hay varias casas en una.

Este mismo grupo de arquitectura diseña en el año 2017 en Madrid, España; el proyecto “YOJIGEN POKETTO” con 33 m² de construcción. La planta se organiza a partir de un armario de servicio en forma de “L” que le proporciona mucha adaptabilidad, en donde se encuentra el baño, las instalaciones y todo el almacenamiento de los objetos que se necesitan en la casa. Se usó un color uniforme y neutro para todo el proyecto a fin de dejar con mucha luz la casa.

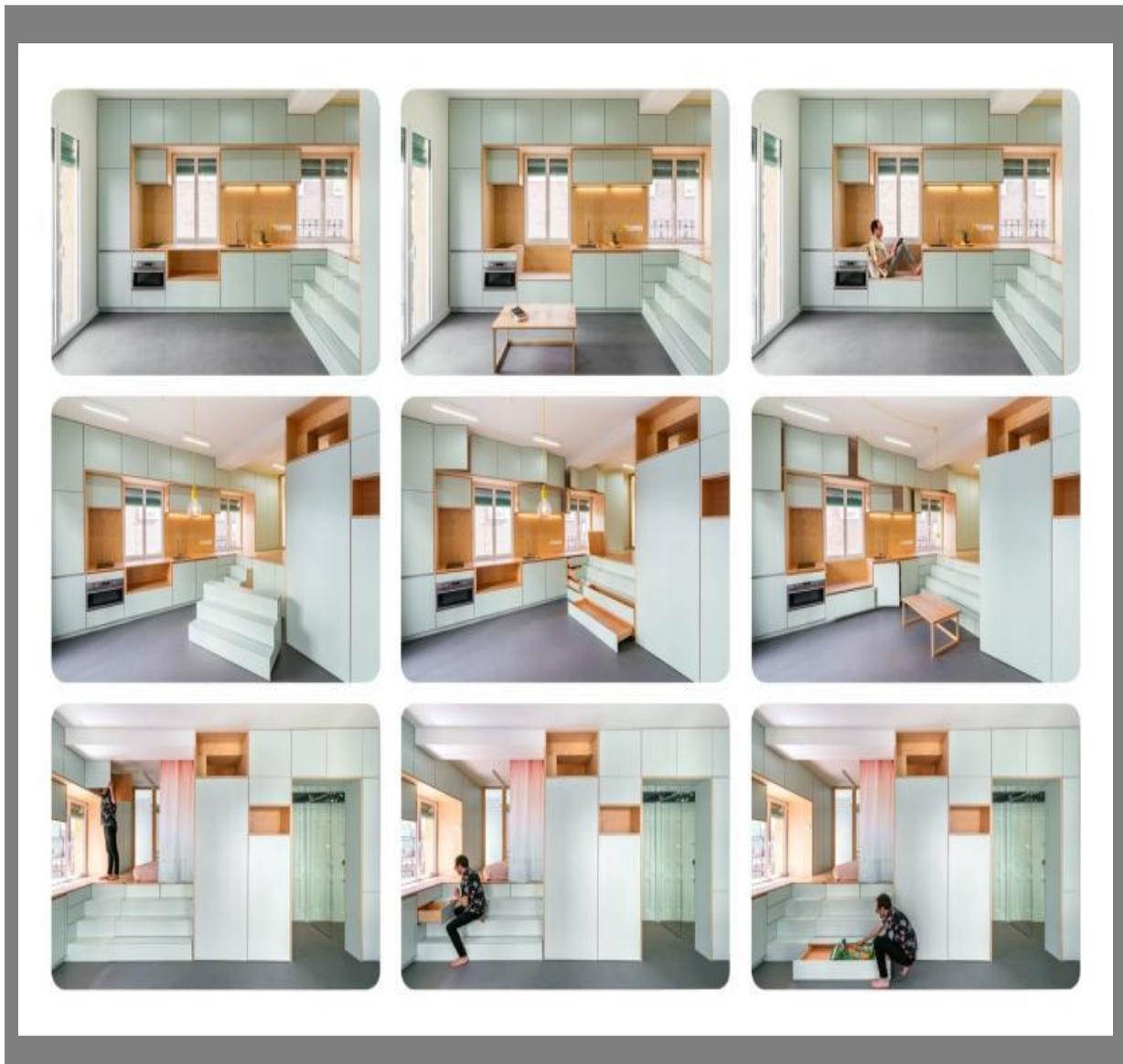


Ilustración 3.18 Diferentes configuraciones y adaptabilidad del espacio a través de variados armarios y cajoneras en forma de “L”. Fuente: Web de la oficina de arquitectura ELII. Accedido el 22 de julio 2020 en: <<https://elii.es>>

3.1.8 Tomás García Píriz Studio / LA CASA DE UN SOLO ARMARIO

En el año 2020, finalizó la remodelación del proyecto conocido como "La casa de un solo armario" dentro de un departamento de 100 m², ubicado en la ciudad de Granada, España. La casa había pasado de estar compuesta por cuatro habitantes a solo uno. Este trabajo está basado en la inserción de una infraestructura que organiza el conjunto longitudinal, elemento que actúa de manera complementaria, convirtiéndose al mismo tiempo en mueble y pared, mueble y puerta de paso. Pensando en la enorme cantidad de muebles que la dueña había usado, gastado y tirado para exhibir, conservar y almacenar sus objetos personales, surgió la posibilidad de que toda esta suma de funciones asociadas a mesas, aparadores, y armarios; se fusionarán en un solo elemento guía de 15 metros de largo y 75 cm de profundidad (García, T. Studio, 2021).

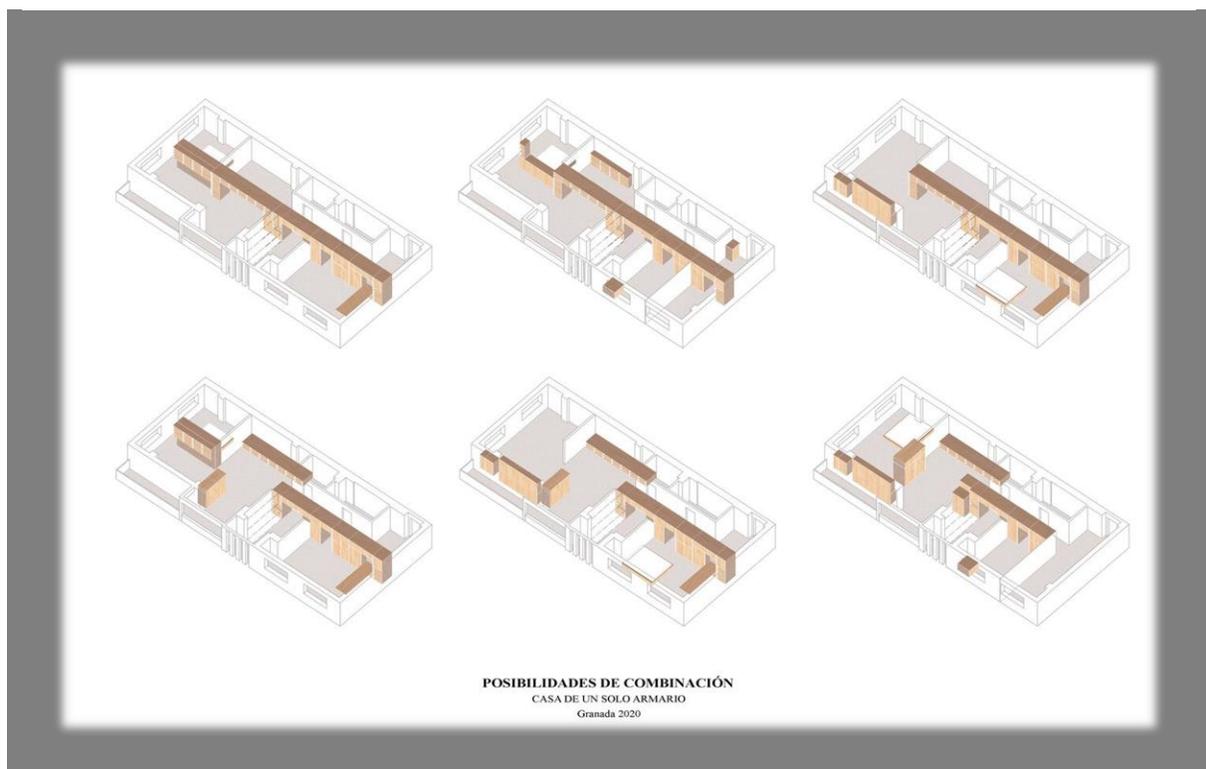


Ilustración 3.19 Posibilidades de combinación. Fuente: Revista digital ArchDaily México. Accedido el 21 de octubre 2021 en: <<https://www.archdaily.mx/mx/970500/casa-de-un-solo-armario-tomas-garcia-piriz-studio>>



Ilustración 3.20 Vista del interior del proyecto en la recámara principal.

Fuente: Revista digital ArchDaily México. Accedido el 21 de octubre 2021 en: <https://www.archdaily.mx/mx/970500/casa-de-un-solo-armario-tomas-garcia-piriz-studio>

Cada elemento del conjunto está diseñado para permitir que en un futuro, sí el propietario decide mudarse, se pueda desmontar y volver a montar de forma diferente; cambiando por completo la organización de la casa. Teniendo en cuenta los dos lados del mueble, permiten ofrecer una alternativa de recursos con diferentes funciones (García, T. Studio, 2021).

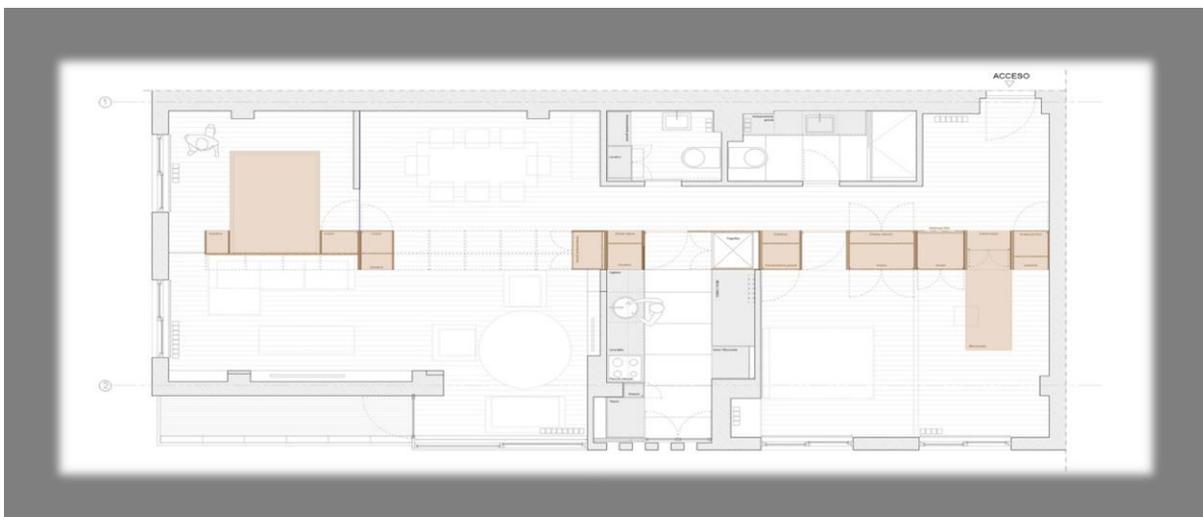


Ilustración 3.21 Planta arquitectónica del antes y después. Fuente: Revista digital ArchDaily México. Accedido el 21 de octubre 2021 en: <https://www.archdaily.mx/mx/970500/casa-de-un-solo-armario-tomas-garcia-piriz-studio>

3.2 Nuevos métodos de hacer arquitectura en madera

Actualmente los procesos de diseño y fabricación computacionales, han ido evolucionando mucho; es por esta razón que el método conveniente para fabricar la Tercera Piel Arquitectónica, será a través de la fabricación robótica y el material empleado será la madera estructural micro laminada *LVL*, porque es un material integral para construcción. Es óptimo para fabricar todo tipo de mobiliario, e integrar fácilmente ductos para instalaciones con dispositivos mecatrónicos y proporciona a la vez, propiedades estructurales muy altas que solo la madera otorga. ¿En qué consiste el proceso y la metodología para llevar a cabo dicha técnica?

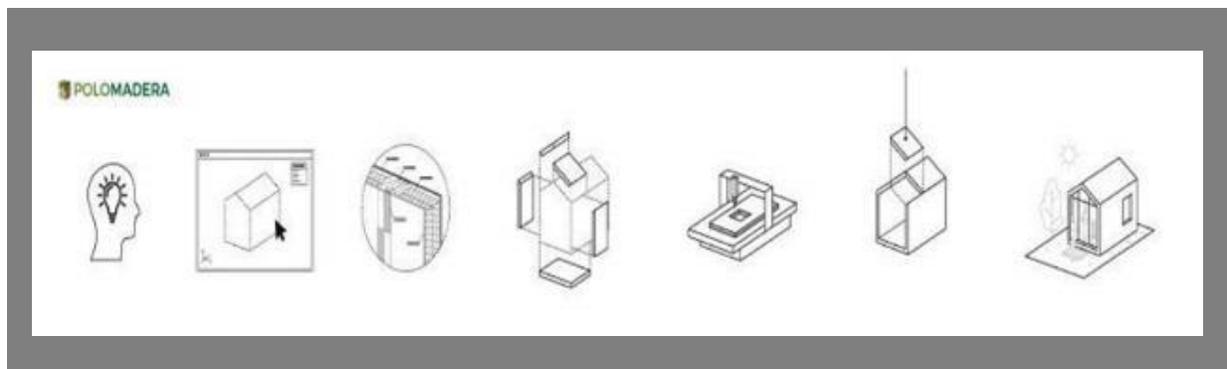


Ilustración 3.22 Esquema de los nuevos procesos usados en la producción de vivienda en madera a través de corte CNC. Fuente: Polomadera (Zilic, Elissetche, & Hernandez, 2019)

Con el empleo de maquinaria de corte tipo CNC como lo muestra la Ilustración 3.22, se pueden producir construcciones *off-site* a base de estructuras prefabricadas en madera. Vemos que a lo largo de los años, los robots industriales han probado su precisión y efectividad, y nos han servido para desarrollar nuestra sociedad a nivel global, una prueba de esto es manufacturando nuestros automóviles. Muchos de esos robots industriales se están quedando obsoletos por el remplazo de otras innovaciones tecnológicas, sin que se les dé una nueva oportunidad para ser empleados en otros sectores, en el caso de esta investigación se proponen estos tipos de brazos

robóticos industriales que podrían parecer obsoletos, para ser introducidos y empleados en la construcción prefabricada en madera tipo *off-site*; estos brazos robóticos, resultan ser alternativos al uso convencional de maquinaria de corte automatizado tipo CNC¹².

Si bien existen a nivel internacional, ejemplos de industrialización *on-site*¹³, en los cuales la logística interna y externa se resuelven de manera planificada y optimizada, para efectos de este documento, nos referiremos a la industrialización de la construcción como el uso intensivo de la prefabricación fuera de sitio, *off-site*¹⁴. La prefabricación fuera del sitio, genera un ambiente laboral más seguro, permite el uso de herramientas especializadas para lograr mayor velocidad y precisión; monitorear y controlar el proceso, e incrementa las posibilidades de automatización.

3.2.1 Estado del Arte en arquitectura con robots

En todo el mundo estamos viviendo muchos cambios tecnológicos, sin precedentes. El 90% de los datos y la información que existe en el mundo se ha generado en los últimos dos años¹⁵. Es difícil predecir el futuro en un escenario en el cual van a surgir tecnologías disruptivas que modificarán la vida del ser humano (CITI AEC, 2018). La industria manufacturera se encuentra en el comienzo de la cuarta revolución industrial. Algunas de las tecnologías involucradas son la denominada Industria 4.0. (Diez, 2018), y aunque la tecnología digital ya ha ingresado a la construcción, con el uso de software como lo es el modelado de información de construcción (BIM), en la gestión de construcción; todavía no se ha visto muy influenciada en la automatización,

¹² Por sus siglas en inglés, *Computer Numerical Control* (CNC)

¹³ *On-Site*, es el tipo de construcción que se realiza directamente dentro del sitio de obra.

¹⁴ *Off-Site*, es el tipo de construcción que se pre-realiza fuera del sitio de obra.

¹⁵ Análisis de acuerdo al *IBM Marketing Cloud Report* de 2017.

ya que se usa un modelo de trabajo muy análogo, basado en procesos manuales y artesanales, muchos de los cuales se basan en un trabajo no calificado que compromete la seguridad y el bienestar del trabajador; que es a veces inestable, transitoria y escasa en todo el mundo.

La escasez de mano de obra en la industria de la construcción es un problema creciente, las personas más jóvenes evitan estudiar temas relacionados a la construcción, por la percepción de que es una profesión peligrosa, donde se utiliza más la fuerza que el cerebro. Los robots pueden hacer que la construcción sea más eficiente al manejar cargas grandes y pesadas, al trabajar en espacios incómodos e inseguros. Al incluir los robots en el trabajo de construcción, para que realicen tareas repetitivas y peligrosas que las personas cada vez más se niegan hacer, significaría que la automatización lograra ayudar a apoyar la crisis laboral, y hacer que las profesiones en construcción resulten más atractivas para los jóvenes¹⁶.

En cuestión ambiental cabe mencionar que investigadores de la Escuela de Negocios de la Universidad de Exeter del Reino Unido, analizaron la Construcción 4.0 en relación a su impacto ambiental; clasificando cuatro categorías: (digitalización, automatización-fabricación avanzada, integración-colaboración y entorno inteligente). El equipo académico se basó en la investigación realizada durante los últimos 10 años, además de enviar una encuesta a 1,000 profesionales de la industria. El estudio concluyó que la adopción de tecnología de punta tiene el potencial de ayudar significativamente a los esfuerzos de la industria de la construcción para reducir las emisiones de carbono, y agregó que eran capaces de reducir el costo de los proyectos y el costo operativo de los edificios, además de aumentar su productividad (University of Exeter, 2022).

¹⁶ Comentarios del grupo ABB Robótica | Transformando el futuro de la construcción en: new.abb.com

3.2.2 Tecnologías de vanguardia en arquitectura

En cuestión de *software*, la última década ha visto la consolidación del uso del modelado 3D para la representación de proyectos arquitectónicos, así como los *renders* para visualizaciones realistas. Con la introducción del parametricismo como un estilo arquitectónico en sí mismo, surge el uso extensivo de la realidad virtual y aumentada para el uso en las masas, y esto tiene una aplicación directa en sistemas conocidos como, ciber físicos (Massad & Guerrero, 2003). También hoy en día, la impresión 3D, la automatización, la implementación de BIM y el Internet de las cosas (IoT), prometen iniciar una revolución en el campo de la construcción, al reducir los costos de la construcción y la prefabricación, mejoran la producción personalizada en masa y potencian las habilidades de los arquitectos, incluida la supervisión y la administración (Lublasser, Braumann, Goldbach, & Brell-Cokcan, 2016, págs. 539-548).

El impacto de estas tecnologías será tan grande, que la arquitectura del futuro será imposible realizarla sin el uso de recursos inmersivos, como lo son actualmente el Metaverso y el Omniverse de NVIDIA. El acceso a los procesos computacionales abre un enorme abanico de posibilidades, porque el cerebro humano trabaja como “un procesador en paralelo” masivo, mientras que una computadora trabaja como “un procesador en serie” rapidísimo. El objetivo de lo digital es que se encuentre en todas partes de forma masiva para que pase desapercibido, y llegue la personalización a otro nivel. Por ejemplo en los automóviles, la posibilidad de elegir entre carrocerías, tonos de color y opciones de techo le da a los nuevos autos mayor versatilidad de artículos con detalles que se pueden seleccionar, para lograr tener un coche que sea más independiente, dependiendo de los gustos y elección de cada usuario.

La arquitectura demanda los avances y experimentación de la informática, lo cual permitiría edificar casas transformables, capaces de moverse, elevarse o desplegarse según las necesidades específicas del usuario. Por eso del mismo modo que la revolución informática y de internet fue posible, gracias a décadas de investigación académica y militar en los sectores públicos y privado; empresas como *DARPA*, por citar algunas; *Stanford*, *Lockheed*, o *Xerox PARC*: germen de Silicon Valley continúan desarrollándose en base a la tecnología. La arquitectura adaptativa requiere un esfuerzo previo similar, el cual podría servirse de este mismo esfuerzo anterior, y extrapolar a la disciplina conocimientos de la industria aeronáutica o automotriz.

La presencia de robots industriales en México es más alta de lo que se percibe¹⁷, ya que por datos estadísticos; México alcanza el noveno lugar mundial entre los 15 países, con el mayor número de robots industriales instalados por año, esto según el informe de la reunión del *World Robotics 2020*, de la Federación Internacional de Robótica (*IFR*). Los robots reemplazan cada vez más los puestos de trabajo, que pueden resultar peligrosos e insalubres, “lo cual es bueno, y pueden realizar tareas repetitivas que a las personas no les gusta tanto hacer” (Alfaro, 2021).

Hiroshi Ogasawara, presidente de *Yaskawa Electric*, sostiene que en un mundo poscoronavirus, donde los trabajadores deben mantener la distancia entre sí, la tendencia hacia la automatización es necesaria. Incluso *Toyota*, que ha resaltado el riesgo de que la automatización genere pérdidas, también reconoce que es probable que el cambio a la robótica en las fábricas se acelere, debido a la pandemia de coronavirus (Alfaro, 2021).

¹⁷ Datos del periódico mexicano “Milenio Noticias” consultado el 24 de febrero del 2021. Obtenido de: <<https://www.milenio.com/negocios/mexico-alcanza-9-instalar-robots-industriales>>

Estas son algunas de las últimas tecnologías más empleadas en la arquitectura.

A) Internet de las cosas (IoT) y domótica: Automatización en la construcción, y en aplicaciones en los procesos productivos, logística interna y externa, en el mantenimiento preventivo y correctivo, en el control de obra y en el control de inventario. La sensorización de la estructura para monitorear el contenido de humedad, permite realizar un mantenimiento permanente y prolongar la vida útil de las construcciones (Bock & Linner, 2010).

B) *Big Data*: El análisis de datos obtenidos en las líneas de producción y en las construcciones, entregan una cantidad masiva de información para mejorar la productividad, el diseño y desempeño de la edificación. Estos datos se pueden subir a la nube, con el acceso remoto y distribuido a la información se solucionan problemáticas de comunicación, y por tanto es aplicable en los procesos productivos, como es el acceso a las plataformas de trabajo compartido, (Zilic, Elissetche, & Hernandez, 2019).

C) Inteligencia artificial (IA). Tiene aplicación específica en la madera, en el caso de países que no tengan una base sólida de certificación de la madera, se pueden incorporar herramientas de evaluación de calidad con base en la detección de defectos. También se usan en labores de optimización de procesos (producción, montaje o desmantelamiento de construcciones y sistemas de monitoreo para obtener información del avance de obra) (Bock, 2015).

D) Manufactura aditiva: Con este tipo de impresión digital 3D, se automatiza la realización de construcción de obras hechas en concreto (CyBe, 2019).

E) Nuevos materiales: El empleo de muros de *Hemp*, más conocido como cáñamo industrial, para resistir los insectos, el fuego y la humedad. La introducción de nuevos supermateriales, como es el caso de la madera modificada para resistir la acción de microorganismos, disminuir su susceptibilidad al fuego, o para aumentar su resistencia mecánica. Encontramos aquí la madera transparente, madera con desempeño estructural similar al acero, nano materiales a partir de madera, telas y membranas de madera, Zilic *et al.* (2019).

F) Tecnología *LIDAR*¹⁸ utilizada en los procesos productivos para detectar piezas y tamaños de estas, también puede llegar a ser implementada en labores de control y supervisión en obra, así como en el levantamiento topográfico, Zilic *et al.* (2019).

G) Drones: Son utilizados en muchas labores de inspección, mapeo, reconocimiento y levantamiento de terreno, entre muchas funciones más.

H) Robots autónomos: La robótica es una de las principales tecnologías integradas parcialmente a la industria de la construcción prefabricada en Europa y Japón (Noguchi & Friedman, 2002, págs. 229-243). La información es recopilada por los robots de forma permanente y es procesada por algoritmos de interpretación, esto permite un grado de automatización de los procesos de manufactura flexible (Carra, 2018).

¹⁸ Es el acrónimo de *Light Detection and Ranging*, es decir, detección por luz y distancia. Se trata de un sistema láser que permite medir la distancia entre el punto de emisión de ese láser hasta un objeto o superficie.

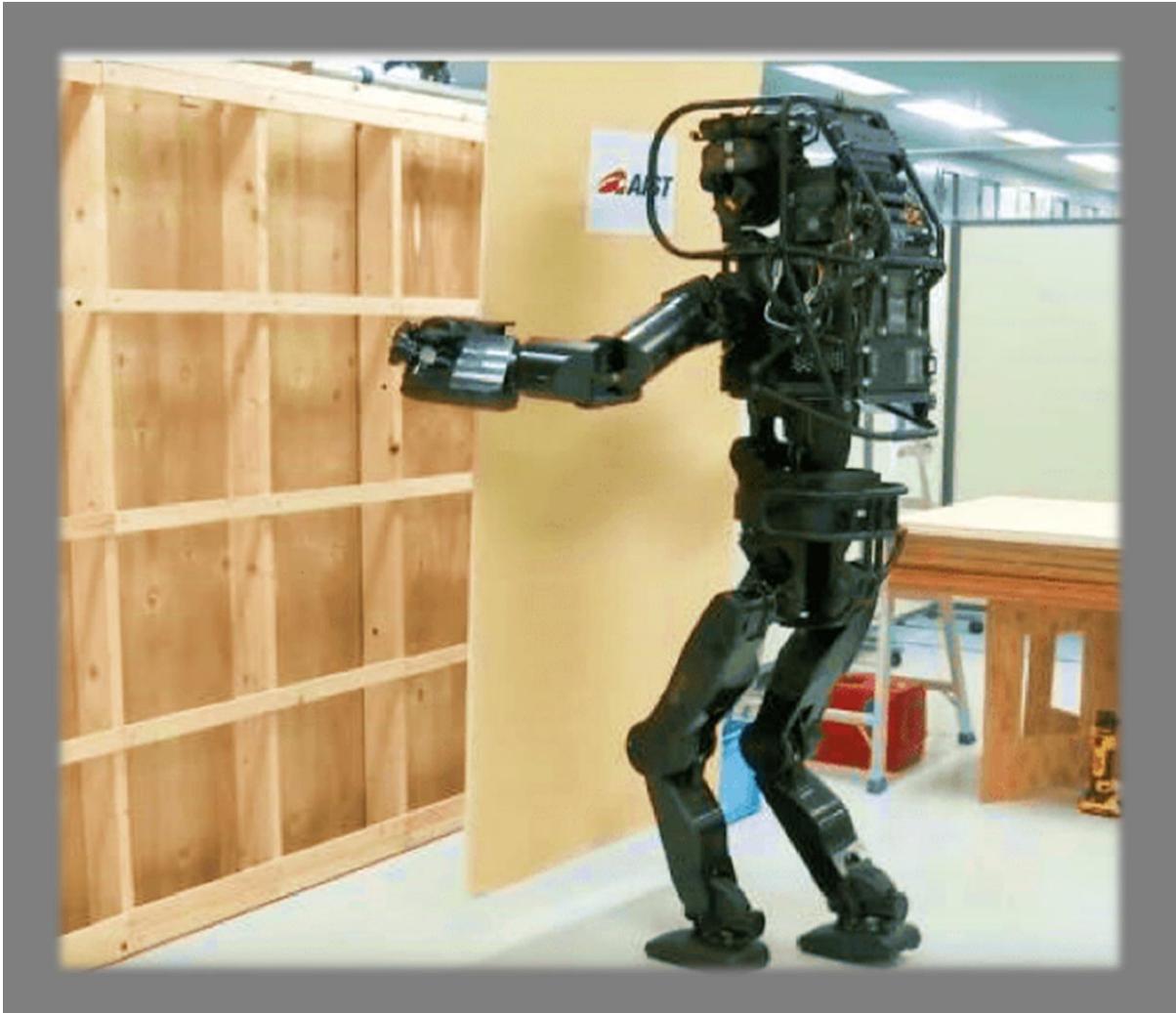


Ilustración 3.23 HRP-5P Robot, aplicando yeso cartón sobre entramado liviano de madera.
Fuente: Revista Polo madera, AIST. Zilic et al. (2019).

I) Robot Spot. Las empresas *Foster & Partners* y *Boston Dynamics*, desarrollan un robot que captura y monitorea las construcciones *on-situ*. El robot sube escaleras, evita obstáculos y atraviesa terrenos accidentados, lo que le permite recopilar datos de manera rápida y fácil. Así los diseñadores y contratistas pueden corregir los errores con un costo mínimo, asegurando que los proyectos avancen de acuerdo con los plazos y presupuestos establecidos. “Spot es solo una de las muchas tecnologías diseñadas para mejorar el proceso de construcción, al reducir los costos, maximizar la eficiencia y abrir nuevas posibilidades de diseño” (Cao, 2021).

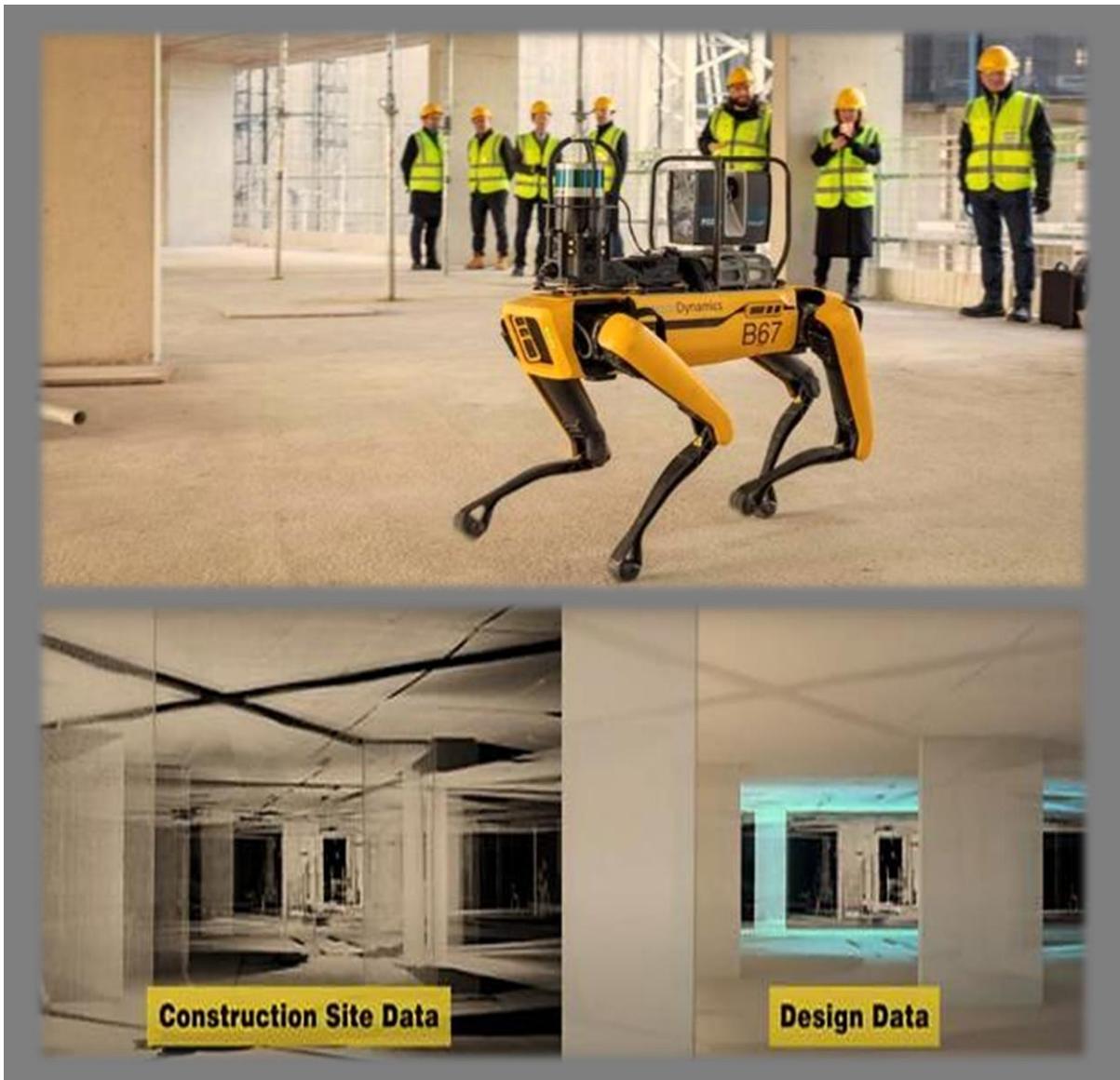


Ilustración 3.24 Spot: El robot que compara el diseño con la construcción en terreno.
Fuente: Foster & Partners. (Cao, 2021).

J) Realidad virtual e inmersiva: Las capacidades de simulación tienen aplicación en aspectos de diseño, planificación y montaje. También para el entrenamiento de alguna actividad en la producción, en el caso de pruebas de simulación pre-montaje *off-line*. Y en la atención al cliente, servicios de venta y posventa, ya que la realidad virtual, permite mejorar la experiencia de venta e interacción con los clientes en diferentes partes del mundo.

K) Realidad aumentada: Es una herramienta que ayuda a modificar la interacción con el cliente para localizar el diseño en el terreno. También ayuda en el proceso de montaje y monitoreo de toda la obra. Además si se tiene un modelo “*as-built*”, asiste para realizar trabajos de mantenimiento, reparación, supervisión e inspección de la obra, Zilic *et al.* (2019).

Se espera que con la presente crisis pandémica, se desencadene una nueva ola masiva de automatización. Como señaló el ganador del Premio Nobel Joseph Stiglitz¹⁹ según (Valencia, 2020), "los robots no contraen el coronavirus y no necesitan distanciarse socialmente". Ahora con la construcción tradicional llegada a un nivel de estancamiento en el crecimiento de productividad.

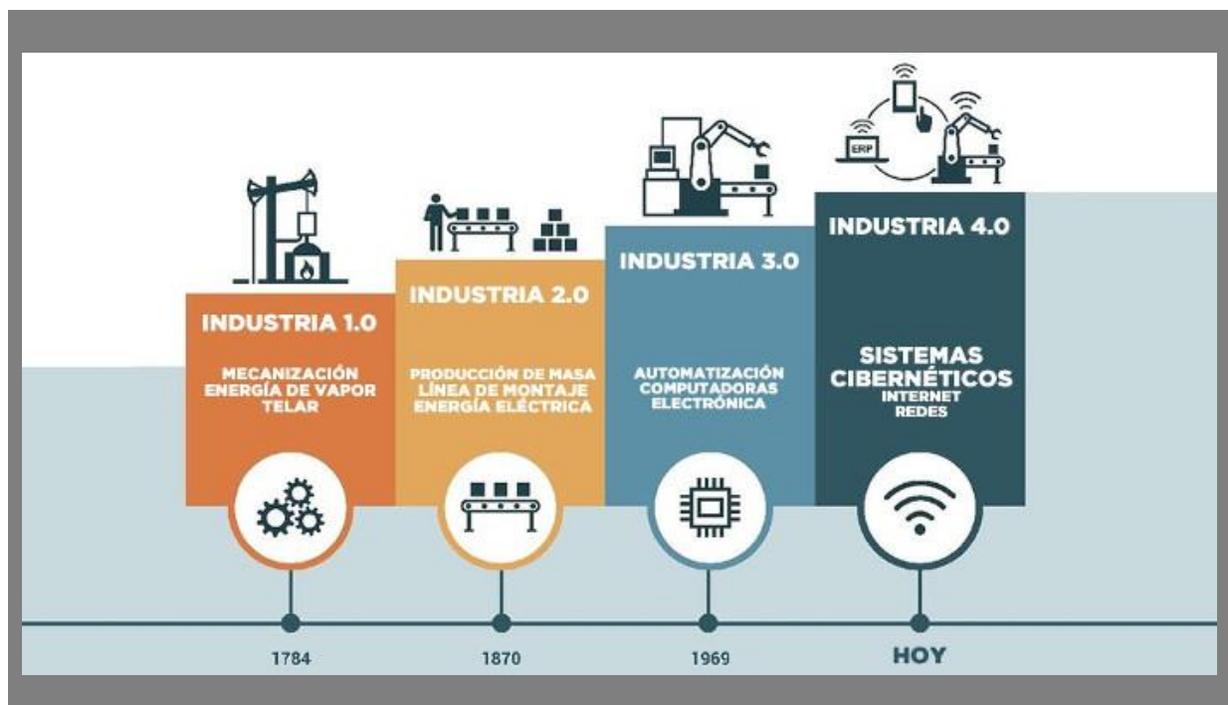


Ilustración 3.25 Cronología del desarrollo de la industria de la construcción.

Fuente: Blog digital de AODpaisajes. Accedido el 21 de marzo 2022 en: <https://aodpaisajes.com/2020/05/25/arquitectura-4-0-de-la-industria-al-diseno/>

¹⁹ Joseph Stiglitz es economista, analista de políticas públicas y profesor en la Universidad de Columbia. Recibió el Premio Nobel de Ciencias Económicas (2001) y la Medalla John Bates Clark. Su libro más reciente, *Measuring What Counts: The Global Movement for Well-Being*, se publicó en 2019.

El cambio se puede ver en la generación de una nueva curva que nace con diversas aplicaciones experimentales robotizadas, que aún se ven como poco productivas, pero que en un plazo cercano crearán un cambio disruptivo en la industria, modificando profundamente el sector arquitectónico de diseño y construcción a gran escala.

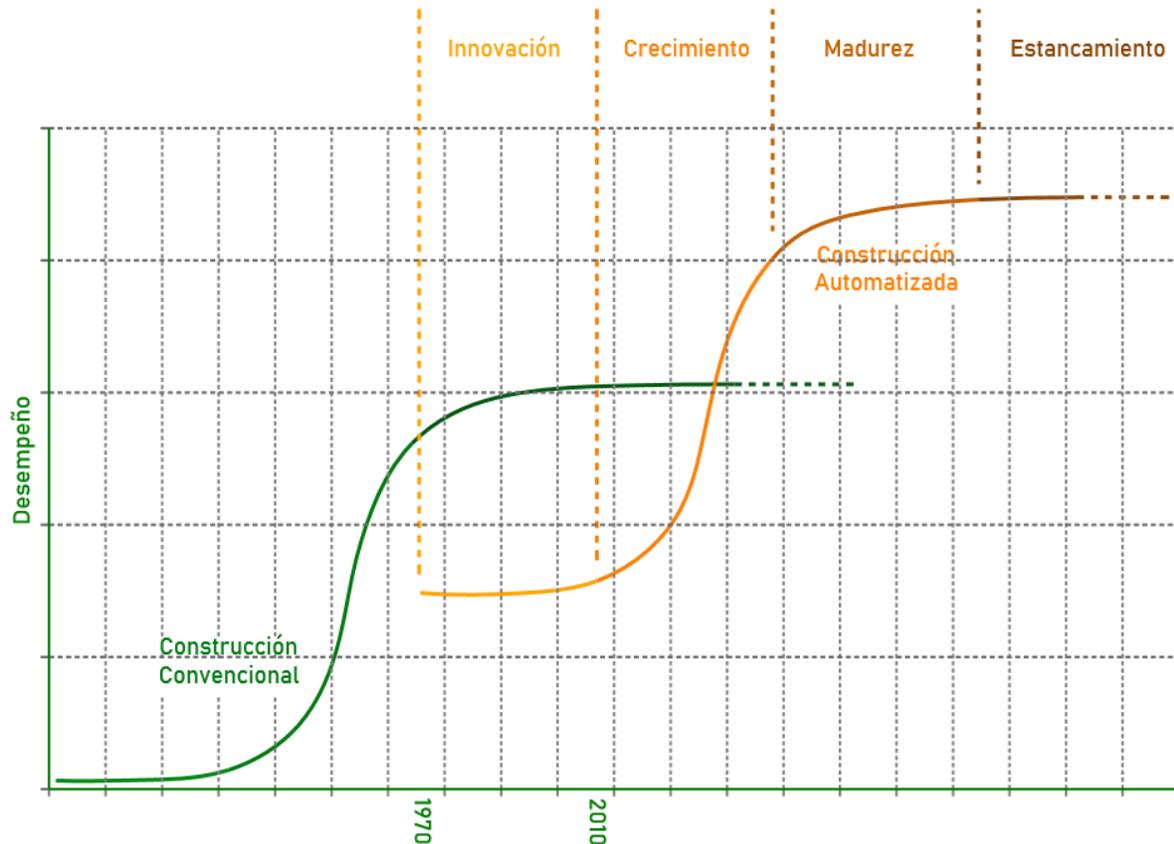


Ilustración 3.26 Gráfico que muestra las curvas de Foster en el desarrollo de la industria y la tecnología de construcción.²⁰ Fuente: *Robot Oriented Design*, (Book & Linner, 2015)

Los robots pueden ayudarnos a ser más eficiente el trabajo, pero aún no pueden ser tan creativos como resulta ser el trabajo del ser humano. A nivel internacional existen diversos centros, universidades y empresas trabajando con métodos de fabricación robótica en construcción, los más

²⁰ B. Georgescu, presidente de realización de edificios y robótica.

importantes son: *Robots in Architecture*²¹, (Braumann & Brell-Cokcan, 2011). La red de *Fab Lab* 's mundial originada en el MIT, *The International Association for Automation and Robotics in Construction IAARC*²², *AIST Japan's Advanced Industrial Science and Technology Institute*, entre otros muchos más.

Si pensamos que las nuevas tecnologías antes mencionadas, pueden poner fin a la necesidad de participación humana en algunas tareas, por lo general también permitirán la creación de puestos de trabajo totalmente nuevos e incluso el nacimiento de industrias diferentes a las actuales; lo que permitiría a los seres humanos centrarse en la innovación y creatividad, es decir más en el levantamiento de pesadas cargas intelectuales y no físicas, como las tareas administrativas o tareas rutinarias manuales, que requieren mucho tiempo.

Con el surgimiento de estas nuevas tecnologías de hoy en día, la sociedad tendría que reinventar el proceso creativo. Por ejemplo con el uso de los robots industriales y la inteligencia artificial, se puede liberar tiempo para la innovación, y ayudar a aumentar activamente la toma de decisiones humanas, añadiendo una capa de análisis de datos impulsados por las máquinas, para guiar nuestras elecciones creativas y hacerlas más eficaces.

El reto no es pues aceptar la presencia de tecnología; sino de ser más creativos, intuitivos e innovativos, para volver a re-imaginar nuestro mundo. Se trata ahora de pensar y actuar en cómo usar la tecnología para generar nuevas oportunidades de valor y crecimiento humano.

²¹ Johannes Braumann, dirige la *Association for Robots in Architecture* en Viena-Austria.

²² El Prof. Thomas Bock dirige la comisión del IAARC, *Commission on "Customized Industrial Construction"*. *Commission global*, dedicada a seguir el avance de la automatización y Robótica en la construcción. Extraída de <www.iaarc.org>

3.2.3 El potencial de fabricación de los *Fab Lab*'s

El *Fab Lab*²³ es un taller de pequeña escala, pero con la infraestructura y herramientas para fabricar casi todo. A pesar de no poder competir con grandes empresas, permiten la libertad y la creatividad que los grandes sistemas productivos y los intereses comerciales no permiten. De modo que son capaces de adaptarse a las necesidades más locales, o a los gustos de diseño más personales, llegando hasta los gustos más excéntricos inimaginables (Gershenfeld N. , 2005).

El primer *Fab Lab* se creó en el *Massachusetts Technology Institute (MIT)*. Es el físico Neil Gershenfeld su principal fundador y promotor, siendo director del Centro de Bits y Átomos (CBA) fundado en 2002, y teniendo el apoyo de la *National Science Foundation (NSF)* adscrito al *Media Lab*. Hoy se ha extendido una red de laboratorios de fabricación digital en todo el mundo, con la misión de democratizar su propia tecnología (Gershenfeld N. , 2012).

El propósito es llevar de vuelta a las casas la tecnología necesaria para que reproduzcan aquellos objetos que necesiten en su vida cotidiana, para de esta manera “regresar el control de la creación de tecnología a las manos de sus usuarios” [Gershenfeld, 2005 pp. 142]. Con la fabricación digital se puede crear un sin número de prototipos con innovaciones radicales y fomentar la democratización de la tecnología, sin necesidad de esperar el turno para que una gran empresa nos lo realice (Cutcher-Gershenfeld, Gershenfeld, & Gershenfeld, 2018, págs. 8-12).

²³ *Fab Lab* es el acrónimo de Fabuloso Laboratorio, porque ahí se construyen objetos y cosas “fabulosas”. Vocablo formal derivado también de Fab (fabricación) y Lab (laboratorio).

3.2.4 Estudio de Caso (A): La metodología *Fab Lab House*

En esta sección se expondrá el proyecto de la *Fab Lab House*, como estudio de caso con relación a la metodología empleada en su diseño, fabricación y construcción del prototipo final. Se resaltarán el potencial de la fabricación digital y ensamble robótico, como método elegido en la producción de la Tercera Piel arquitectónica, como propuesta de este trabajo.

En base a mi investigación realizada en octubre de 2009, en el Instituto de Arquitectura Avanzada de Cataluña (IaaC), dirigido por el arquitecto Vicente Guallart. El IaaC, se unió a una iniciativa surgida por el físico Prof. Neil Gershenfeld, a través del *Fab Lab* de Boston, es decir por el equipo del *MIT*, a través del CBA el cual dirige Gershenfeld. Investigué cerca de dos años la ejecución de un proyecto de vivienda paramétrica de 73.5 m², que usa solamente la energía del sol para abastecerse energéticamente. Este proyecto se realizó para el concurso del *Solar Decathlon* 2010 en Europa, y del cual el proyecto fue ganador del premio “*People Choice Award*”.

El proyecto se evaluará para que de forma similar pueda ayudar en la búsqueda del diseño y fabricación de una Tercera Piel evolutiva. El prototipo presentado fue hecho con *software* algorítmico, y sus piezas cortadas digitalmente a través de un brazo industrial robótico, propiedad de la empresa alemana *Finnforest Merk*²⁴. Esta producción llega directamente al cliente, reduciendo así intermediarios comerciales, transporte de materia prima, y ahorrando energía.

²⁴ La empresa *Finnforest Merk* se especializa en corte de madera por medio robótico. Fue encargada también del corte de piezas en madera para el proyecto, *Metropol Parasol*; denominado de forma oficial desde su apertura como, las Setas de Sevilla. <<https://www.jmayerh.de/19-0-Metropol-Parasol.html>>

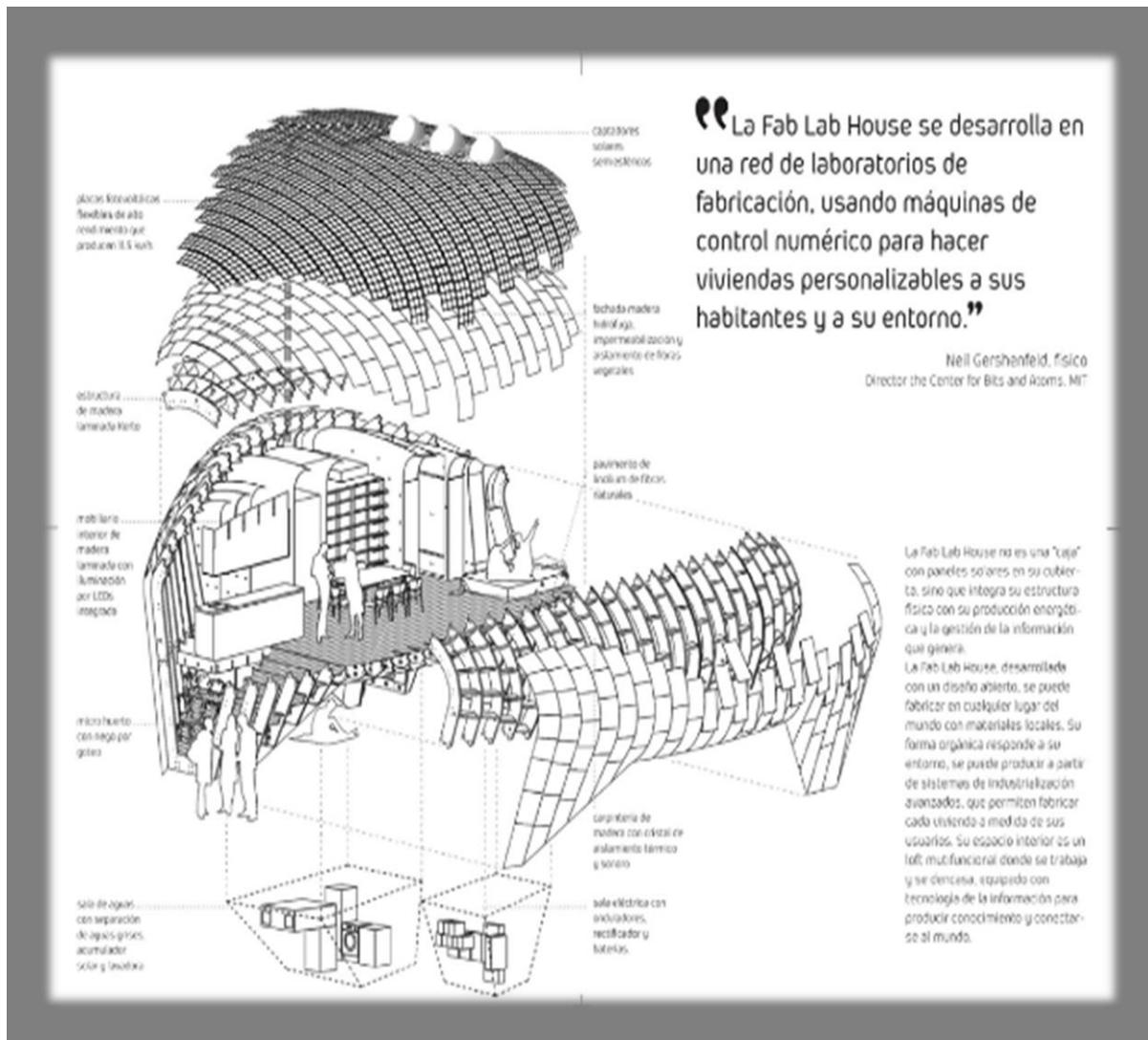


Ilustración 3.27 Isométrico de las piezas interiores de la *Fab Lab House*.

Fuente: Archivo personal.

La forma orgánica peculiar de cubierta que observamos tiene la *Fab Lab House*, es el resultado de un análisis de parámetros energéticos, que determinaron su envolvente²⁵. La superficie solar se optimizó, convirtiéndose en una piel fotovoltaica de geometría variable.

²⁵ Si en siglo XX se proponía que “la forma sigue a la función”, en el siglo XXI se propone “la forma sigue a la energía” (*Form Follows Energy*).

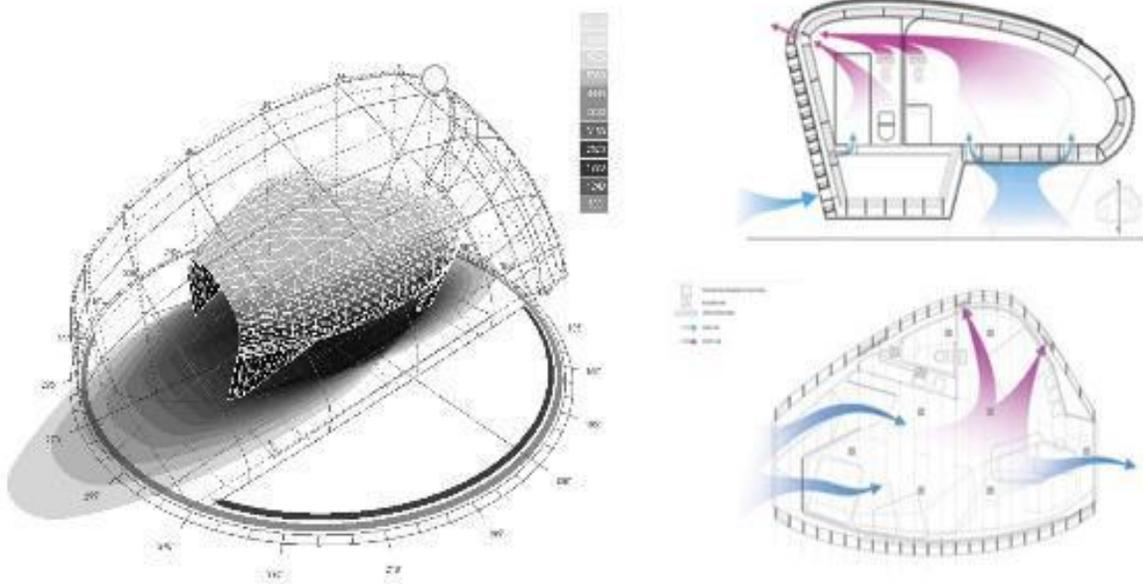
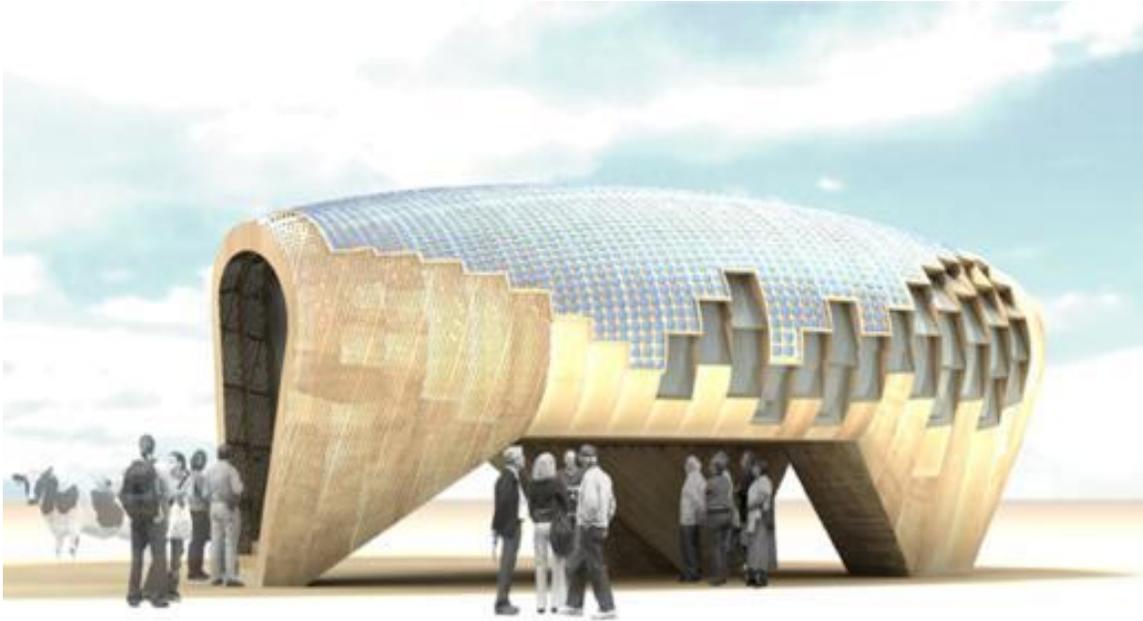


Ilustración 3.28 Render y análisis bioclimático de la *Fab Lab House* a través del uso de software Bioclimático, Ecotec. Fuente: Archivo personal.

El proyecto gracias a las nuevas técnicas digitales, es capaz de adaptarse enormemente al problema específico, al usuario o en el caso de la arquitectura, a las condiciones ambientales de entorno, con una precisión y dinamismo que la antigua producción estandarizada no permitía. La vivienda fue producida siguiendo técnicas de fabricación digital, que permitieron crear formas y sistemas con una gran libertad geométrica, de esta manera la casa *Fab Lab House*, tiene una forma orgánica, paramétrica y adaptable que varía de acuerdo a la posición geográfica donde se sitúe, (Reed Business Information, S.A.U. n°2, 2010, págs. 186-187).

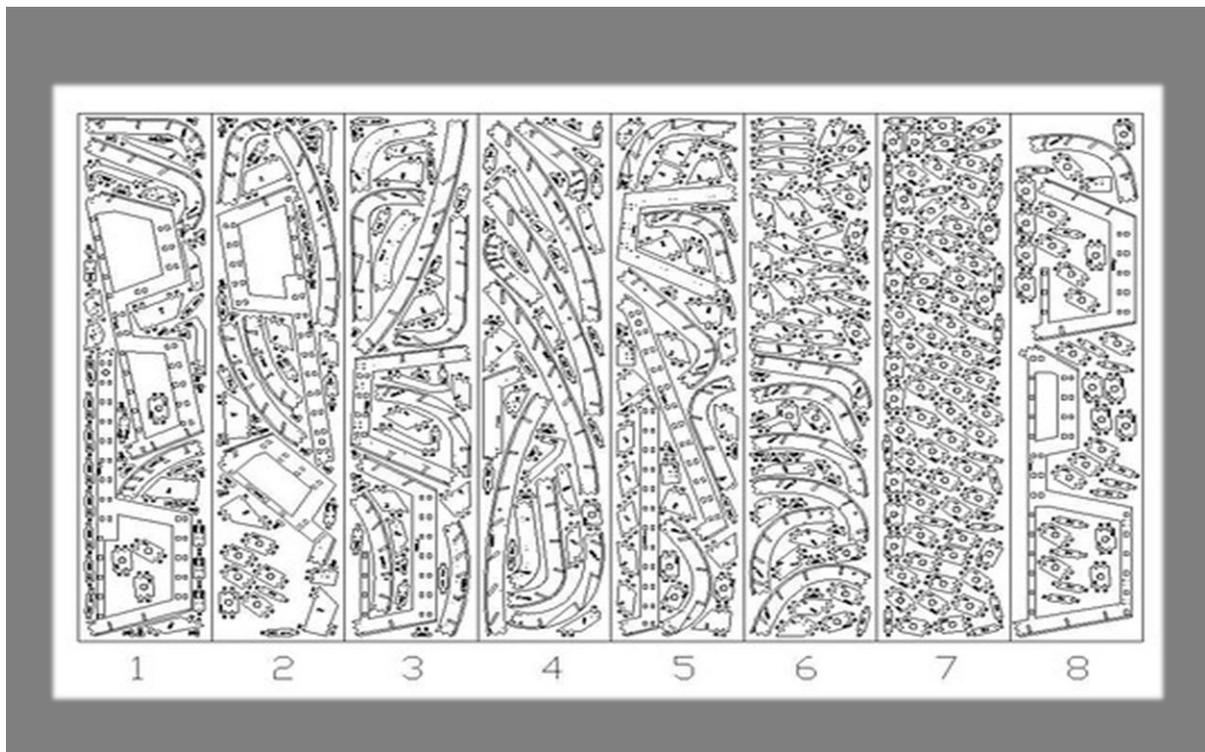


Ilustración 3.29 Plantilla de corte CNC, una vez empleado el *software RhinoNest*. Finalizado con el despiece de partes de toda la *Fab Lab House*. Fuente: Archivo personal.

El corte de las piezas en madera se realizó por medio de un brazo industrial robótico marca KUKA de la empresa *Finnforest Merk*. Localizada en Aichach, Alemania, en la cual se utilizó la madera CLT tipo Kerto, donde cada pieza es geoméricamente diferente a las otras.



Ilustración 3.30 Derecha: Robot de corte en madera marca KUKA de la empresa *Finnforest Merk*. Izquierda: Piezas salidas del corte. Fuente: Archivo personal.

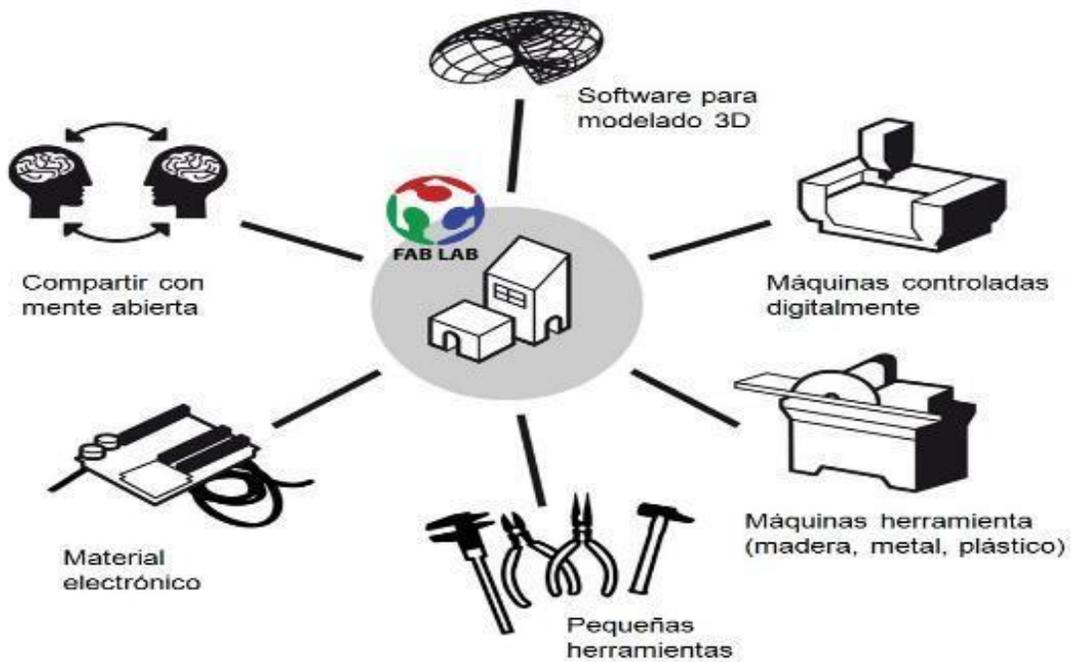


Ilustración 3.31 Modelo de producción en un *Fab Lab*. Fuente: Blog “La Prensa Gráfica.” Accedido el 7 julio 2020 en: <<http://blogs.laprensagrafica.com/litoibarra/?p=5077>>

La fabricación digital permite volver al modelo productivo medieval europeo, en el que el diseñador y el fabricante son la misma persona, con esto se rompe el modelo de que “el arquitecto diseña y el industrial fabrica”.



Ilustración 3.32 Las cuatro ilustraciones muestran la sencillez del armado de piezas.
Fuente: Archivo personal.

La *Fab Lab House* utiliza unos 32 m³ de madera y se utiliza para estructura, cerramiento, mobiliario y divisiones interiores. Este material representa un 80% del total de material de la vivienda. La madera micro laminada CLT que se utilizó es de tipo KERTO, un producto innovador de tecnología finlandesa, que está constituido por láminas de abeto de 3 mm de espesor encoladas entre sí. Esta madera destaca por su gran resistencia mecánica, lo que le convierte en un material ideal para la construcción, tiene buena resistencia al fuego y a la corrosión.

La estructura está formada por una serie de costillas que forman arcos de geometría variable a lo largo de la longitud del edificio separada cada 50 cm. Las costillas estructurales tienen un espesor de 45 mm, a su vez y dado el avanzado método de fabricación, se ha realizado el despiece de todos los componentes de madera de la vivienda y se han preparado los archivos de código para la producción. Los elementos estructurales que forman la cubierta, principales y transversales están formados todos por 3 hojas de tablero contrachapado de 8 mm, formando en total un ancho estructural de 24 mm, con un canto variable desde 250 mm hasta 450 mm.

La losa inferior recibe las costillas de la cubierta, mediante un sistema interior de tableros verticales de 350 mm de canto, que se cruzan formando una retícula de 50 x 50 cm y cerrado en su parte superior e inferior por superficies que uniforman toda la estructura aportando una gran rigidez a la losa de madera. La *Fab Lab House*, se apoya en el terreno mediante tres patas que son las que transmiten las cargas al terreno. La superficie de apoyo de las patas es la suficiente para conseguir una presión en el terreno inferior a 1,5 kp/cm². Se logró darle una piel adaptable a la *Fab Lab House*, ya que las necesidades de aislamiento térmico, acústico y de ventilación nos indicaban cómo había de ser la sección de esa piel.



Ilustración 3.33 Fachada frontal de la *Fab Lab House*. Fuente: Archivo personal.

Fachada y cubierta integran un solo sistema, trabajando en continuidad y formando la estructura para recibir el conjunto de pieles. A continuación, se describen estos sistemas de pieles:

A) **Piel de losa:** El sistema se comporta aquí como totalmente estructural, por madera laminada de 27 mm, ejerciendo de cordones de tracción y compresión respectivamente. El alma de 350 mm se reparte entre cámara de aire interconectada, tránsito de instalaciones de aire tratado, agua y electricidad, y aislante de lana natural suministrada por la empresa *Bioklima Nature*.

B) **Piel cáscara:** El sistema se comporta como semi estructural, con costillas de 350 mm de espesor. Los panelados exteriores son planchas de madera de 4 mm, aportando la flexibilidad suficiente para absorber las deformaciones de la geometría. Estas planchas están perforadas para

permitir la ventilación y la iluminación difusa. Bajo esta capa, el impermeabilizante a base de caucho hace funciones también de refuerzo acústico. Cámara de aire de 80 mm de suficiente espesor como para ser capaz de transportar instalaciones eléctricas debidamente entubadas.

Entendiendo la inteligencia intrínseca de los materiales, un mismo componente puede encargarse en gestionar el aislamiento, la ventilación, la captación solar, y a la vez, mediante su ensamblaje, constituirse como estructura, mueble y cerramiento de un espacio. Llegamos así al concepto de la piel, como un órgano complejo, adaptable y que genera energía propia.

C) **Piel fotovoltaica:** Los elementos que componen el módulo son, por un lado, células fotovoltaicas marca *Sunpower* modelo C50, mono cristalinas de silicio con un 22% de eficiencia y con una generación de 3.28 W por unidad; por otro una lámina metálica de base, para la fijación y encapsulado de las células junto con una capa de teflón de recubrimiento.

Se espera que las células fotovoltaicas no se conviertan en basura tóxica con el tiempo, sino que estos compuestos sean recuperados a base de la extracción inteligente de sus metales, para tener un ciclo de vida reciclable. El precio de la vivienda de 73.5 m² con piel fotovoltaica, se estimó su costo entre 150.000 y 200.000 euros, según la configuración elegida.

Finalmente, los calentadores solares semiesféricos se adaptan perfectamente a la geometría del prototipo, y dada su superficie esférica, reciben una radiación solar homogénea a lo largo de todo el día. El diámetro de cúpula de 1 m es capaz de generar 3 m² de agua caliente diariamente, según los datos proporcionados por el fabricante de *Bubblesun*.



Ilustración 3.34 Pieza representativa del componente basamento de la Piel de Losa, para la estructura en madera de la *Fab Lab House*. Fuente: Archivo personal.

La ligereza de todo el prototipo es una premisa base, ligada a todo el concepto de auto fabricación. Todo el prototipo ensamblado pesa poco más de 3 Tn, y las cargas están distribuidas siguiendo la lógica estructural. La retícula de piso está ensamblada siguiendo un esquema de caja y espiga o machihembrado “*mortis and tennon*”, asegurando un rápido montaje. Se refuerza a base de panelados de madera micro laminada de 27 mm, para soportar las tensiones y compresiones. Sobre esta estructura, se apoya un sistema de costillas transversales cada 50 cm, reforzado con puentes alternados al tresbolillo @100 cm variables, para adaptarse a la geometría paramétrica.

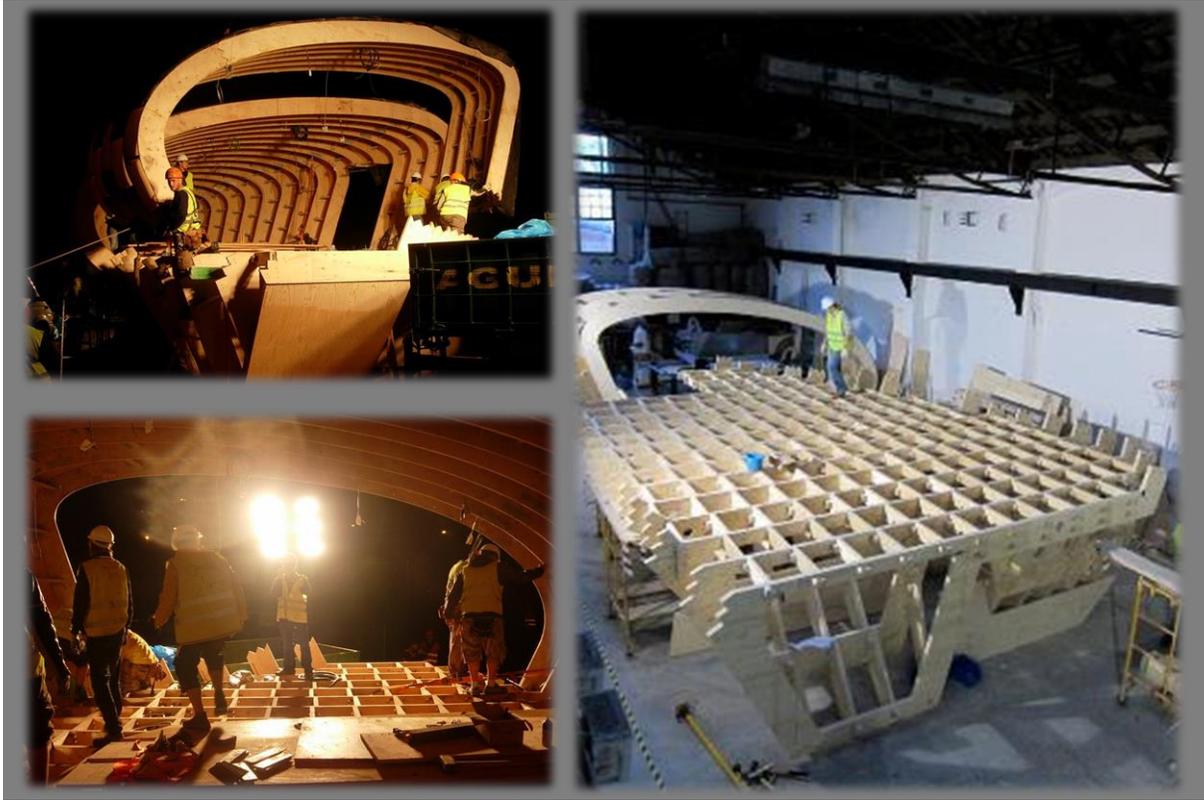


Ilustración 3.35 Basamento y cubierta de la piel de losa. Fuente: Archivo personal.



Ilustración 3.36 Fab Lab House terminada y expuesta en Madrid. Fuente: Archivo personal.

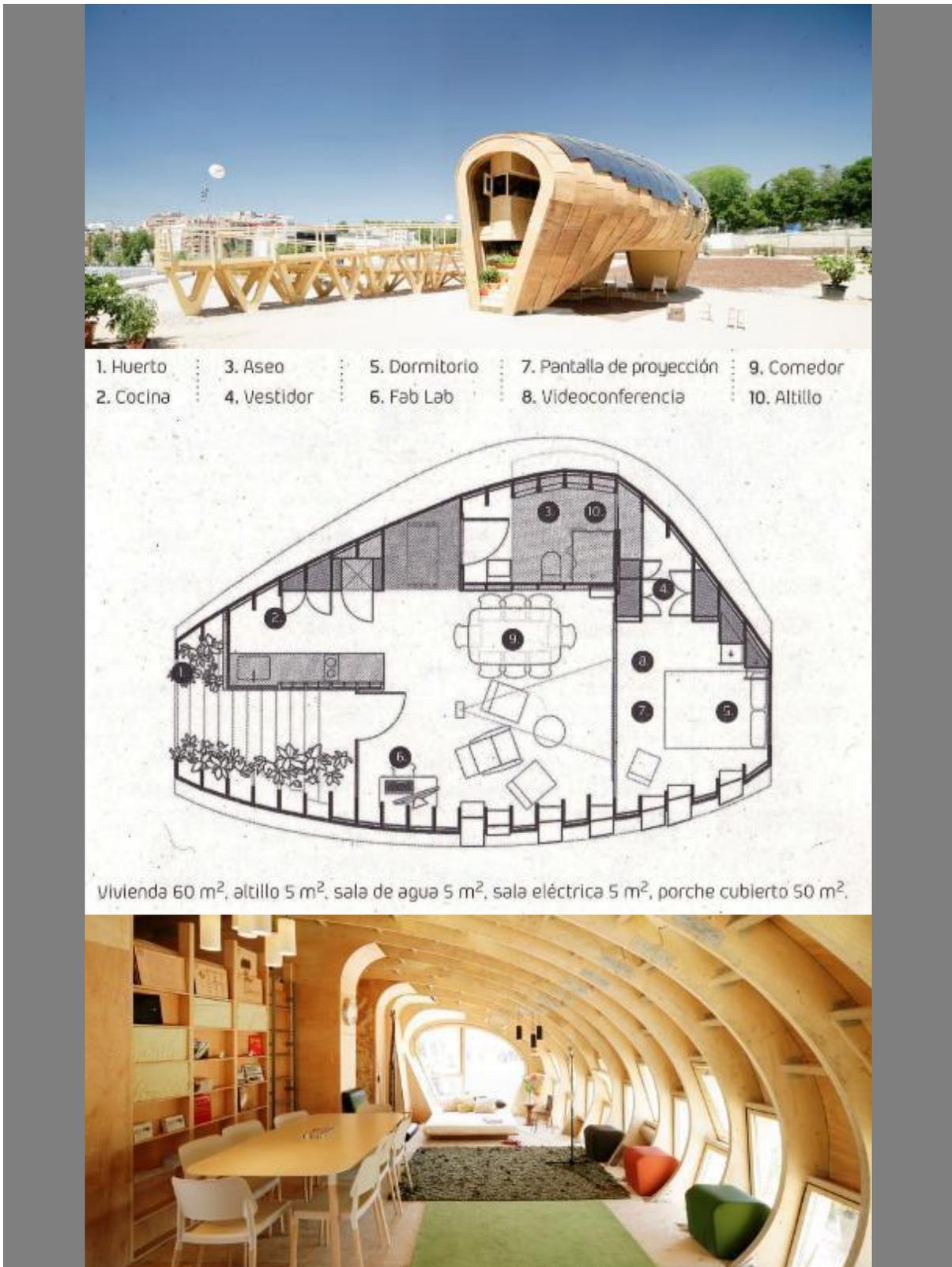


Ilustración 3.37 Arriba: rampa de acceso y entrada principal. Al centro: planta arquitectónica. Abajo: una vista hacia la recámara principal. Fuente: Archivo personal.



Ilustración 3.38 Foto final de la maqueta y equipo de investigadores de la *Fab Lab House*. Al centro el Prof. Dr. Neil Gershenfeld y el Dir. Vicente Guallart. Fuente: Archivo personal.



Ilustración 3.39 Medalla otorgada por el Comité del SDE. Fuente: Archivo personal.

3.2.5 Estudio de Caso (B): La metodología AUAR (*Discrete Automation*)

AUAR es otro método de construcción modular en madera que permite diseñar casas prefabricadas en madera a través del uso de un robot industrial ABB, para renovar espacios abandonados o incluir vivienda accesoria tipo el concepto de *ADUs*²⁶. En el año 2020, se realizó el proyecto conocido como, *Block West* en Inglaterra. La directora ejecutiva de este proyecto es Mollie Claypool, cofundadora con Claire McAndrew y Gilles Retsin del laboratorio de investigación UCL, *The Barlett's AUAR Labs, Automated Architecture Ltd.*

Utilizando el método de diseño conocido como *Discrete Automation*²⁷. La cual describe la arquitectura digital, como aquella que piensa en relaciones discretas de sus partes a un todo y es abierta, escalable, genérica y versátil (Claypool, 2019). La *Architecture Discrete*, es esencialmente un estilo en oposición a lo que Patrik Schumacher llama “Parametricismo”. Mientras que el Parametricismo se compone de formas continuas, curvilíneas principalmente, el Discreto se compone de formas discontinuas, en gran parte rectas (Retsin, 2019, pág. 137).

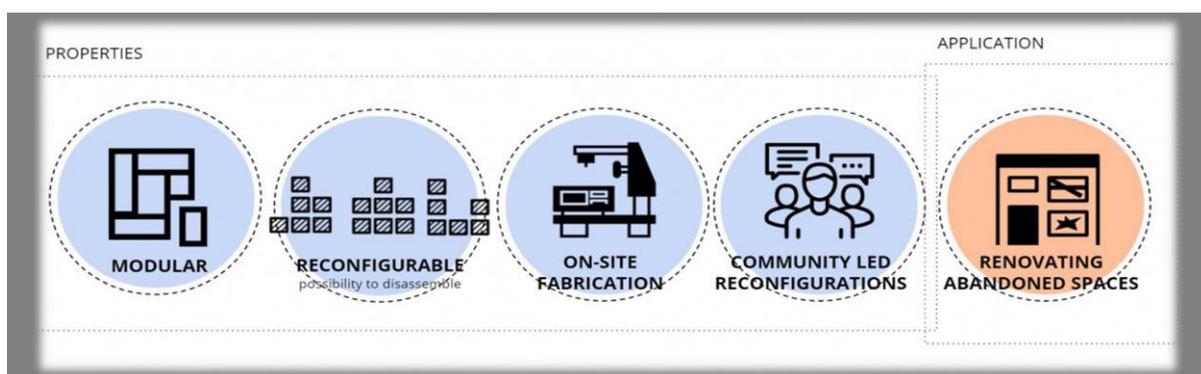


Ilustración 3.40 Esquema del método Discrete Automation. Fuente: Master Tesis IaaC. Accedido el 22 de enero 2022 en: < <https://www.iaacblog.com> >

²⁶ *ADUs* por sus siglas en inglés: *Accessory Dwelling Unit* (Vivienda accesoria o de complemento).

²⁷ Traducción propia del inglés, referida del portal digital de e-flux. Accedido el 21 de enero 2022 en: <<https://www.e-flux.com/architecture/becoming-digital/248060/discrete-automation/>>

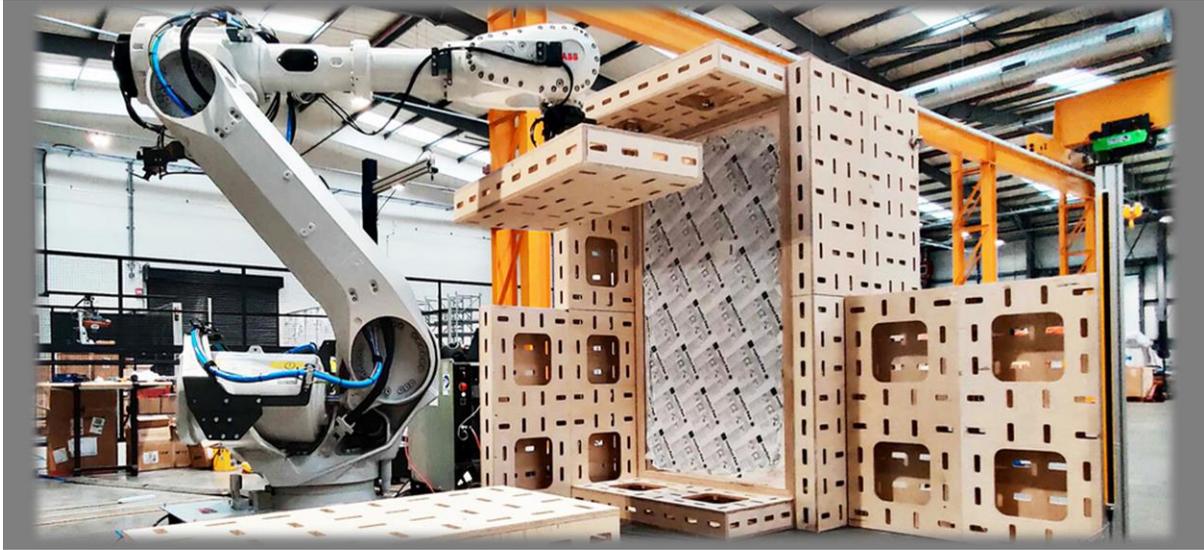


Ilustración 3.42 Proceso de trabajo de AUAR. Fuente: Revista digital *Designboom*. Accedido el 22 de enero 2022 en: <<https://www.designboom.com/architecture/automated-architecture-auar-robotically-assembled-dwelling-global-investment-summit-uk-10-19-2021/>>

En el método “*Discrete*” solo una tipología de componente de construcción es necesaria para ensamblar y desarmar diferentes escenarios. De esta forma el papel del arquitecto se preocupa menos por la forma final que puede tomar un edificio y, en cambio, se involucra más con el marco económico, social, material y técnico en el que se produce (Claypool, 2019).

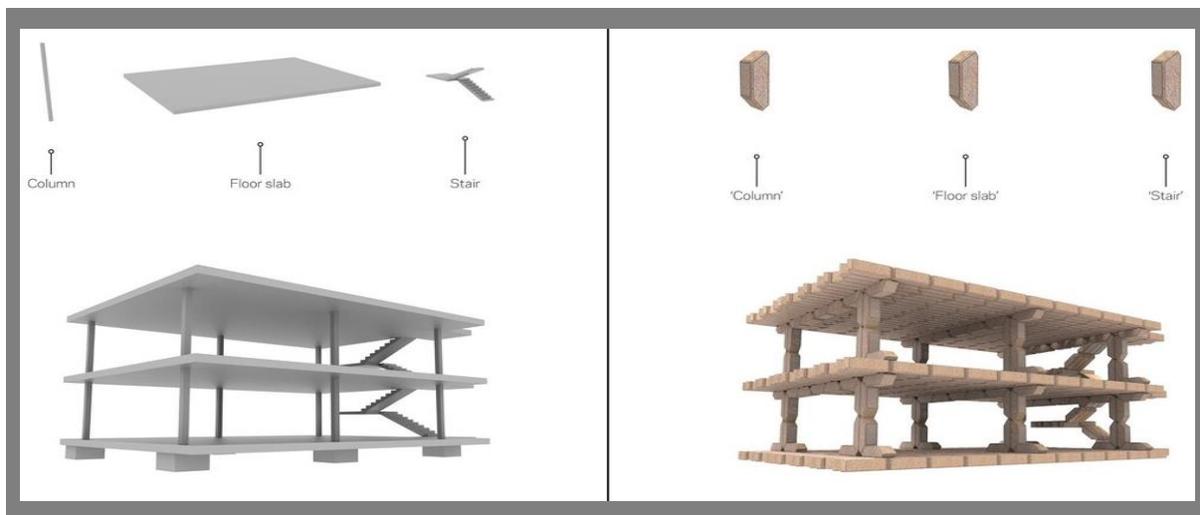


Ilustración 3.43 Comparación del sistema tradicional de construcción (izquierda) y el nuevo sistema (derecha). Fuente: Portal digital e-flux. Accedido el 21 de enero 2022 en: <<https://www.e-flux.com/architecture/becoming-digital/248060/discrete-automation/>>

Al igual que un LEGO®, los bloques de madera se pueden desmontar y reutilizar para otros fines, reduciendo los residuos de la construcción y respetando los principios del diseño circular. Como se muestra en la (Ilustración 3.43) del lado derecho, este sistema de estructuras se puede convertir tanto en columnas y paredes como en techos, porque se utiliza un elemento multipropósito. También las paredes pueden usarse como organizadores y están diseñadas para ser aptas para colocar instalaciones de luz, agua, comunicación, etc. (Claypool, 2019).

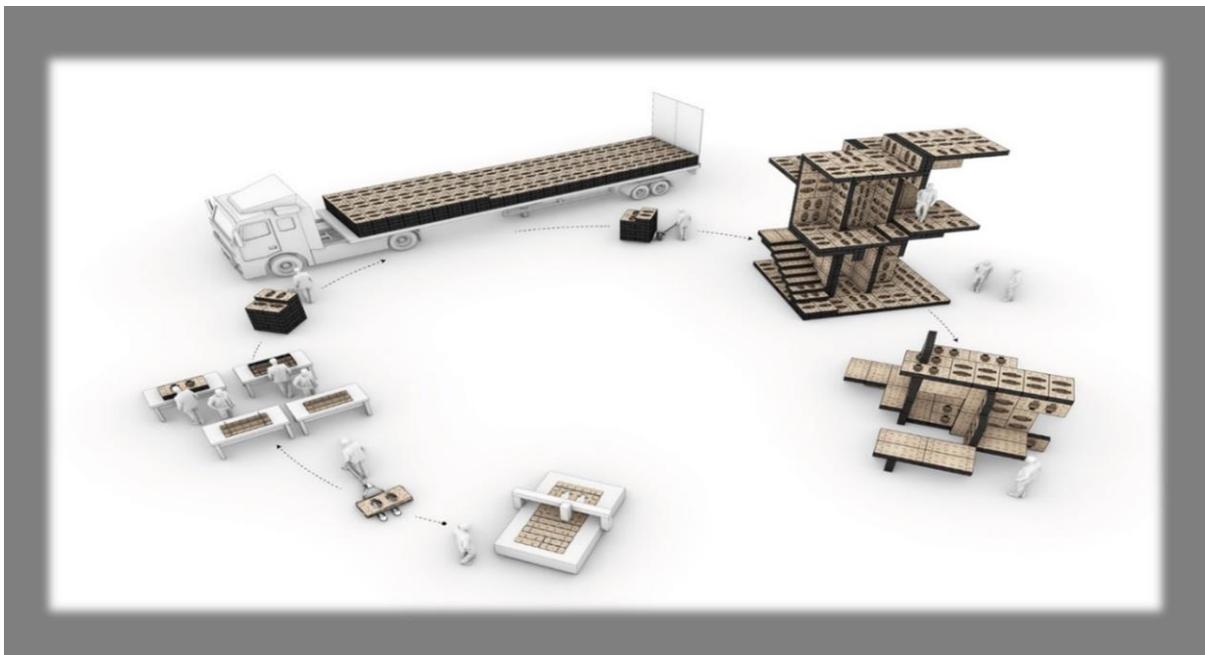


Ilustración 3.44 Línea de producción en *Discrete Automation* para el pabellón *Block West / AUAR*. Fuente: Revista digital ArchDaily México. Accedido el 22 de enero 2022 en: <www.archdaily.mx/mx/957825/pabellon-block-west-automated-architecture-auar-labs>

Con este ejemplo y otros antes analizados, podemos observar que se ha podido descubrir un nuevo uso para los brazos robóticos industriales; ya que es posible utilizarlos como herramientas para fabricar piezas con geometrías complejas y con un alto grado de precisión en la arquitectura e ingeniería, lo que permite a los humanos centrarse ahora más en la creatividad del

diseño. Cabe también mencionar que el desarrollo de proyectos de construcción se ha convertido en una tarea multidisciplinaria, en la que no solo participan arquitectos, diseñadores, ingenieros civiles y albañiles, sino también personas con conocimientos de robótica, programación, mecatrónica, inteligencia artificial, entre otros (Claypool, 2019).

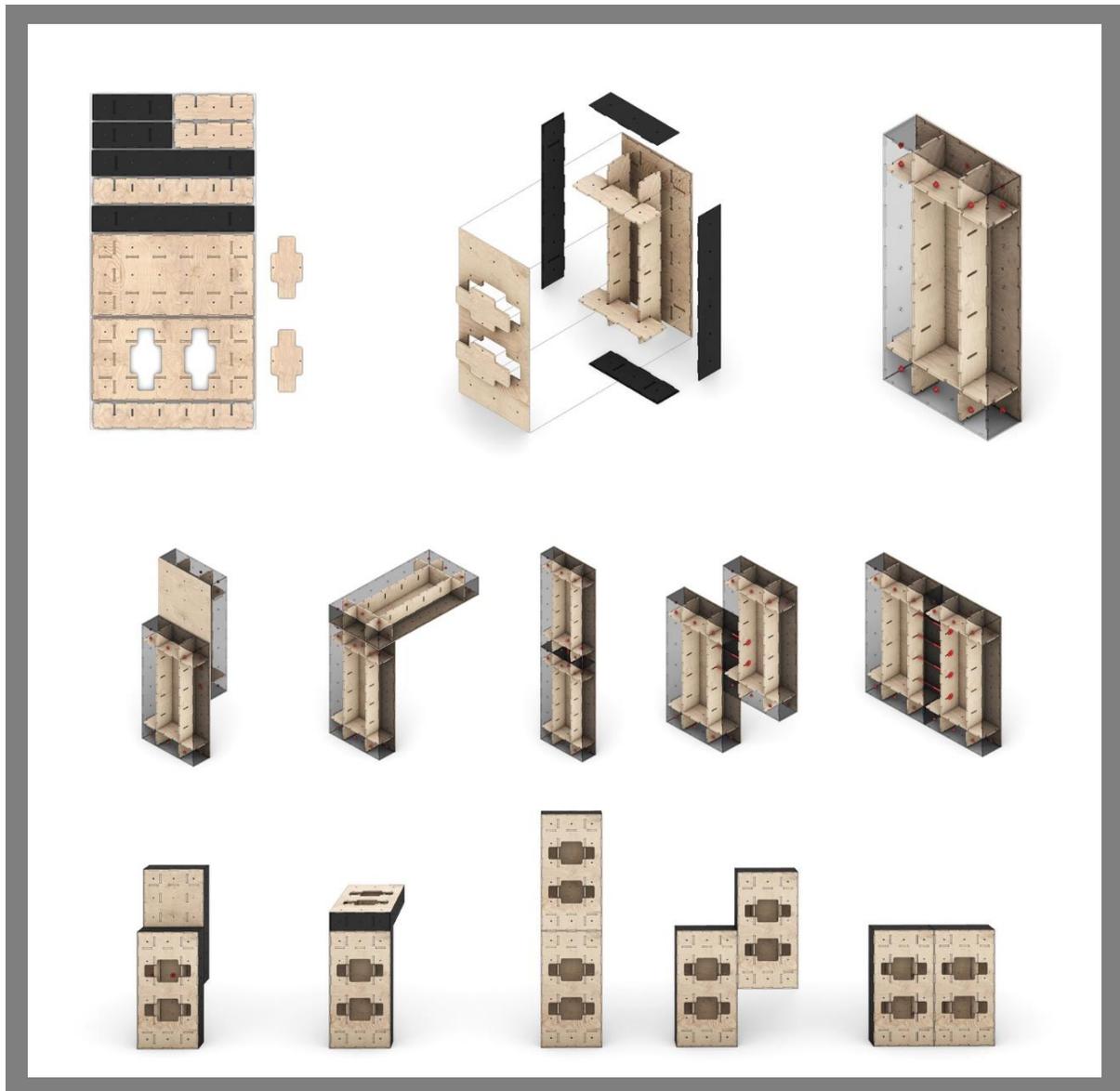


Ilustración 3.45 Se muestra desde la plantilla de corte en madera, hasta el ensamblado y desensamblado tanto vertical como horizontal. Fuente: Revista digital ArchDaily México. Accedido el 22 de enero 2022 en: <<https://www.archdaily.mx/mx/957825/pabellon-block-west-automated-architecture-auar-labs>>

Capítulo IV

EL PROTOTIPO DE UNA TERCERA PIEL

“Debemos perseguir nuevas formas de crear a través de sistemas y procesos de diseño evolutivos, donde la arquitectura sea entendida como una máquina adaptable- un sistema operativo sensorial, que estimule y en respuesta sea estimulado por el comportamiento humano.”

(Theodore Spyropoulos)

4.1 Una piel evolutiva para un mundo evolutivo

Se puede decir que la construcción digital de una piel estructural re-ensamblable en madera, es una tecnología de construcción de fácil implementación, que interrelaciona el elemento estructural como vínculo permanente de lo exterior (Piel) con lo interior (dispositivos *POP-UP*). La piel estructural, está fabricada de madera micro laminada tipo *LVL* con corte CNC, el resultado proporciona el multi-ensamblaje de componentes compatibles, modulares y estandarizados.

Estos componentes compatibles, son fundamentalmente plataformas prefabricadas en madera micro laminada tipo *LVL* de 2.44 x 2.44 m y 20 cm de espesor, donde un solo elemento puede ser utilizado como suelo, paredes y techo; formando espacios diáfanos que se pueden personalizar, reconfigurar, transformar y distribuir de diferentes maneras. Las plataformas vienen integradas con sus acabados, instalaciones, gabinetes y aparatos, logrando su integral conectividad.

El concepto de la Tercera Piel, nace con el fin de optimizar recursos materiales, y unir todo en un solo elemento tipo “Plataforma, tres en uno”. Estas plataformas con el paso del tiempo se pueden reutilizar, y rentabilizar generando una economía circular²⁸.

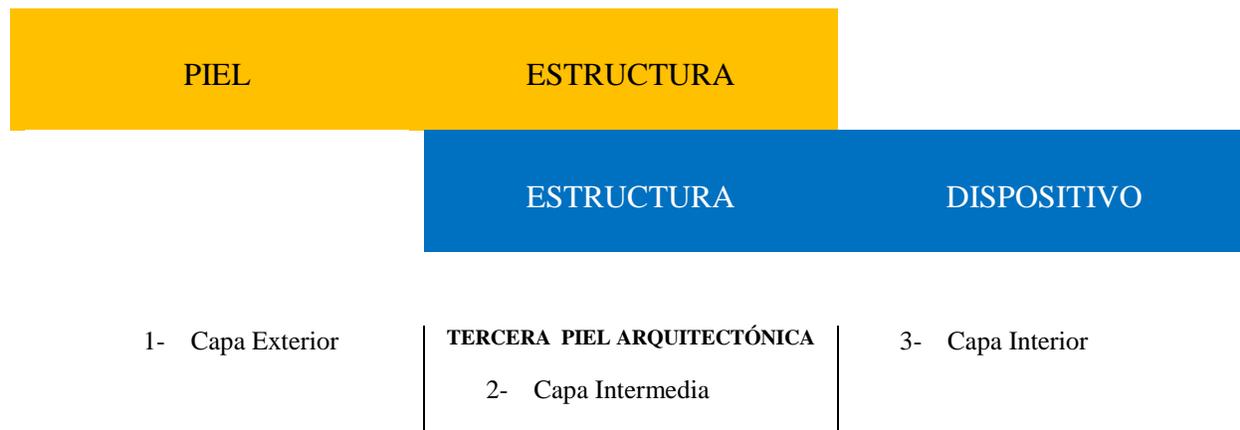


Ilustración 4.1 Esquema de las tres capas que integran la plataforma prefabricada en madera. Fuente: Elaboración propia.

Fusionar la relación entre arquitectura y mobiliario a través de la fabricación digital, puede ayudarnos a aportar una Tercera Piel adaptable al usuario. El armado de estas plataformas prefabricadas, genera un espacio que puede servir como vivienda, taller, almacén, oficina, estudio, habitáculos, Eco-refugio y otros usos; los cuales pueden servir tanto en construcción nueva, como bien para ampliar o complementar una construcción existente.

La presente propuesta desarrollara en este capítulo, el proyecto Tercera Piel Arquitectónica a un nivel de prototipo escala 1:1 dirigido para el hogar. Diseñado digitalmente mediante programación Discreta y fabricados con corte robótico.

²⁸ La economía circular es un nuevo paradigma de la producción y el consumo, por oposición al modelo lineal de extraer, fabricar, usar y desechar. Está basada en tres principios: la eliminación del residuo desde el diseño, el mantenimiento de los productos y materiales en uso, y la regeneración de los sistemas naturales, todo ello basado en fuentes de energía renovables.

Se considera programación Discreta, cuando la producción está dirigida para fabricar un conjunto de partes compatibles para su ensamblado, entendiéndose la función de montar y desmontar todo un producto con relativa facilidad; tomando en cuenta distintas variaciones de armado del producto. Además contempla la vida cíclica del producto, el que pasara cuando sus componentes ya no resulten útiles para lo que fueron creados, y estos se logren reciclar o reusar para otros fines. Estos otros fines pueden presentarse en diferentes contextos (Fernández M. , 2020). Lo determinado en la estructura permanece y lo indeterminado en los objetos cambia; es decir evoluciona de acuerdo a las variadas necesidades del usuario. “Después de superar el encierro ante el *COVID-19*, vemos la necesidad de superar la concepción de vivienda como una construcción estática, compositiva, y buscar una arquitectura cercana al dispositivo robótico, que permita movimientos y acontecimientos dinámicos, cambiantes, psicoactivos e imprevisibles²⁹”.



Ilustración 4.2 El concepto de La Tercera Piel, es derivado de unir 3 principios anatómicos funcionales, para llegar a 1 componente. Fuente: Compilación de Google Images. Accedido el 16 abril 2022 en: < <https://www.hiclipart.com/free-transparent-background-png-clipart-amuwb>>

²⁹ Una opinión de Anna Solaz de “*Estudi d'Arquitectura + CRUX arquitectos*” en ArchDaily México. Accedido el 15 abr 2021. Recuperado de: <<https://www.archdaily.mx/mx/958847/smm-penthouse-anna-solaz-estudi-arquitectura-plus-crux-arquitectos>>

Si consideramos en el sentido biológico, que la piel es un órgano formado por diferentes tejidos unidos para realizar actividades específicas, y cumple con diferentes funciones metabólicas complejas del sistema anatómico³⁰ y, hacemos una analogía simbiótica de la piel estructural, pensando que el espesor de los muros no debe ser espacio muerto, más aún lo consideramos en el sentido metabólico como un órgano, y agregamos más centímetros al ancho de los muros; podemos ganar valiosos espacios de almacenaje y entregar una tercer función a la estructura del edificio.

Además si se usa un material como lo es la madera, se puede facilitar este objetivo, ya que por sus propiedades físicas, la madera puede ser un material adaptable al diseño y fabricación digital por métodos de corte CNC. Un ejemplo es al organizar creativamente las diferentes capas de la madera micro laminada *LVL*, con la idea de cubrir completamente los muros y la estructura de una construcción, de tal manera que parezca que el espacio no contiene ningún mueble de almacenamiento, y ocultar estéticamente los armarios para que no se vean como voluminosos.

Para esquematizar la Tercera Piel Arquitectónica, también la podemos entender a través del diagrama comparativo desarrollado por Steward Brand en 1996, en su libro “Como aprenden los Edificios”, en el cual en un edificio común el resultado solo puede usarse para un solo fin y en cambio en un edificio evolutivo, el resultado llega ser muy distinto, dando muchas opciones con diferentes escenarios que pueden ser personalizados por el usuario. Brand afirmó que los edificios deben de construirse a través de diferentes capas, de esta manera pueden responder a los diferentes cambios repentinos que surgen a través del tiempo, producidos por diferentes necesidades sociales, o por el surgimiento de nuevas tecnologías emergentes.

³⁰ Definición de piel, extraída de la web “Pielarte” de la Universidad Nacional de Colombia <https://integridaddelostejidosun.wordpress.com/2017/05/16/la-piel/>

Define al edificio como un sistema compuesto por capas y accesorios. Las capas más duraderas, serían las que se pueden cambiar más lentamente con respecto al tiempo, y que estás no impidan la sustitución de las capas de rápido cambio. Esto lo muestra con su enunciado: “*A building is not something you finish. A building is something you start*” (Brand, 1995).

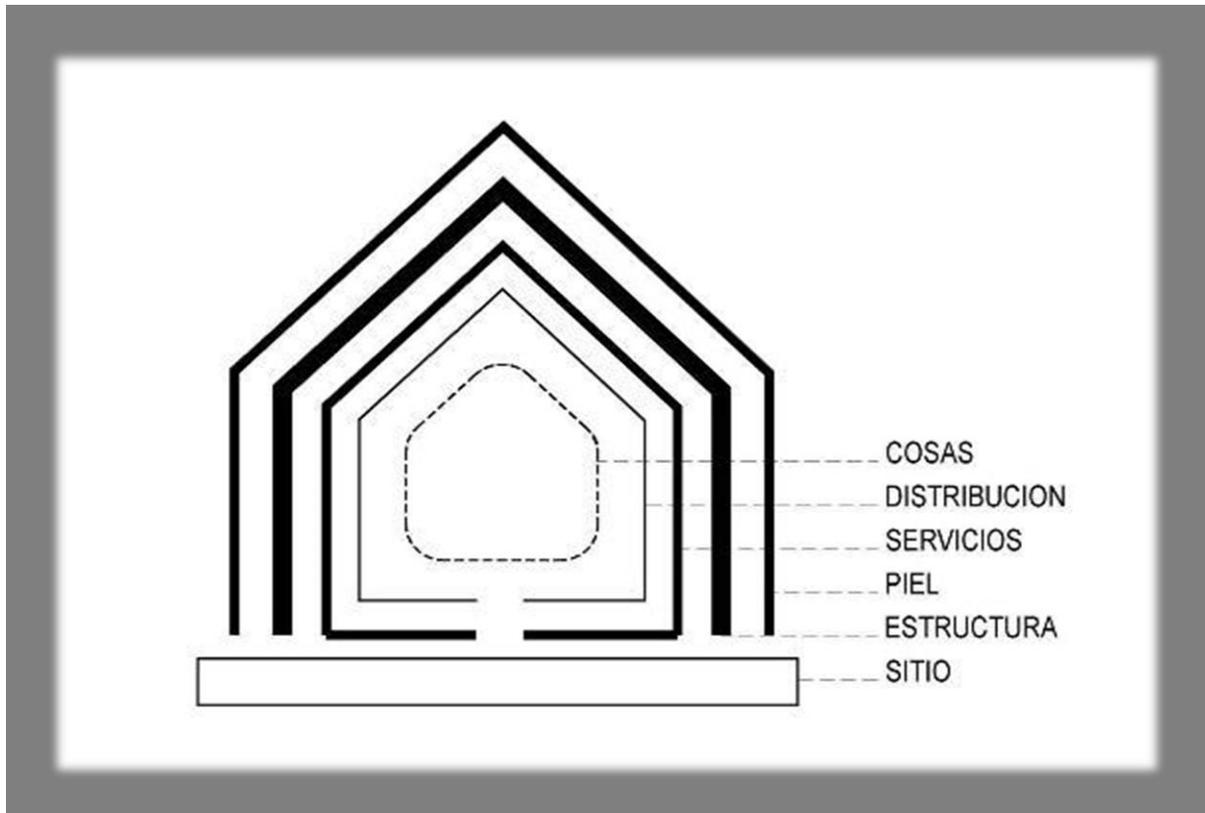


Ilustración 4.3 Brand elaboró esta hipótesis, estableciendo seis capas. *Shearing layers of change*. Fuente: Jaime Coll. Cortesía de Revista Rita_ n°10 (Brand, 1995)

SITIO: Terreno o lugar donde se desplantara el proyecto.

ESTRUCTURA: Cimentación y elementos soportantes de las cargas físicas.

EPIDERMIS: Superficies o pieles que recubren la estructura.

SERVICIOS: Instalaciones tecnológicas, necesarias para la habitabilidad.

DISTRIBUCIÓN ESPACIAL: El interior se adapta a realidades cambiantes.

COSAS: Todos los objetos que se usan, hasta electrodomésticos.

Estas capas o pieles evolucionan a ritmos distintos, las capas más fijas influyen poco a poco en las menos permeables, que finalmente asumen los cambios del tiempo, mostrando mejor rendimiento y adaptación. Se ha considerado a nivel global la piel en inglés “*skin*” como la envolvente, la capa que cubre la arquitectura en su exterior, pero ahora en tiempos de pandemia nos hemos dado cuenta de que es necesario una protección y personalización al interior de la arquitectura; en este documento esta capa es nombrada “La Tercera Piel Arquitectónica”.

La Tercera Piel Arquitectónica, está compuesta en dos partes: en primer lugar, una serie de “capas” que contienen en sí las instalaciones y equipamientos necesarios para funcionar técnicamente y en segundo lugar unos “vacíos” que se generan entre las capas, lo que permite al individuo apropiarse de dichos espacios; este “vacío” es un lugar que se encuentra a la expectativa de ser ocupado en función de las necesidades personales, sean temporales o permanentes del usuario. Refiriéndome al esquema realizado por Brand, describo la Tercera Piel Arquitectónica.

1ª PIEL EXTERIOR - EPIDERMIS: Superficie que recubre la estructura.

2ª PIEL ESTRUCTURA: Cimentación y elementos soportantes de las cargas físicas. Así como instalaciones tecnológicas, necesarias para la habitabilidad.

3ª PIEL DISPOSITIVO: El interior se adapta a las realidades cambiantes del usuario, integrando y almacenando todos los objetos que se usan para dicho fin.

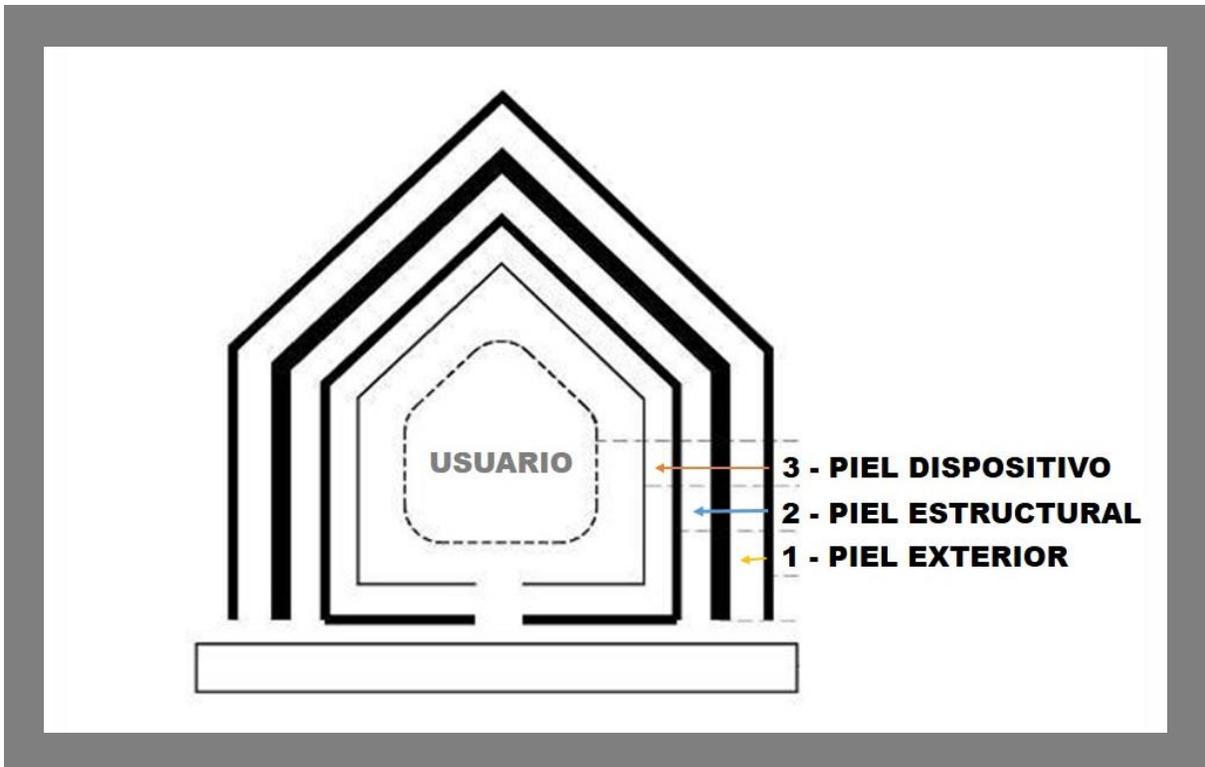


Ilustración 4.4 Hipótesis de La Tercera Piel Arquitectónica. Fuente: Adaptación personal

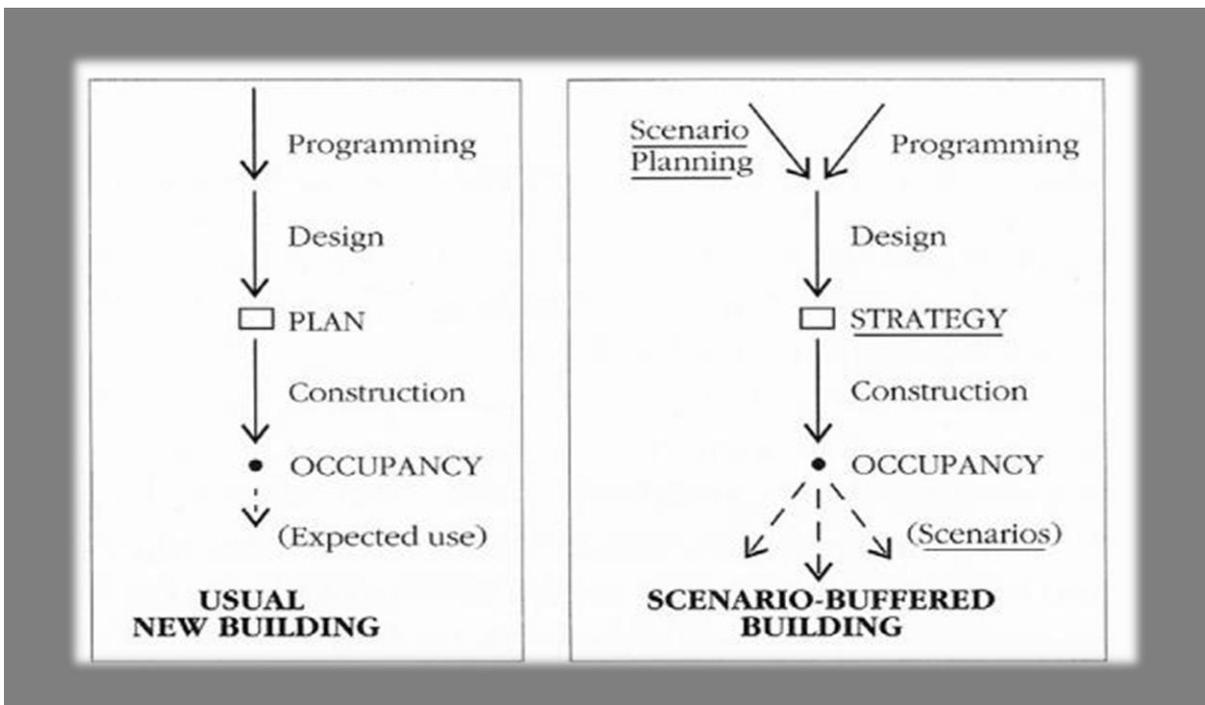


Ilustración 4.5 Algoritmo comparativo entre un edificio común y un edificio evolutivo. Fuente: (Brand, 1995)

4.1.1 Material digital y proceso Discreto

El término “Material Digital” como concepto, fue definido por primera vez por el Prof. Neil Gershenfeld. Es un material que se trata como un conjunto de unidades independientes que tienen una representación Discreta tanto en el proceso de diseño y como resultado físico. Otra característica del material digital es la reversibilidad, este material debe tener la cualidad de hacer posible fácilmente el montaje y desmontaje de las unidades, evitando el uso de material cementante; es decir que facilite la generación de una economía circular (Gershenfeld N. C., 2015).

La reversibilidad brinda la posibilidad de volver a montar la estructura en una diferente, o desmontarla quedando los materiales de construcción para un uso posterior (Gershenfeld N. , 2012). Al explorar las implicaciones del uso de materiales digitales, ensamblados de forma reversible, a partir de un conjunto Discreto de piezas: (Gershenfeld N. C., 2015), argumentan que un proceso u operación, solo puede considerarse digital, si se opera sobre un material que en sí mismo es digital; de lo contrario, todavía estamos en un proceso analógico.

Los datos digitales se basan en una representación Discreta y discontinua de la información, mientras que los datos analógicos están vinculados a la diferenciación continua. La investigación muestra que un conjunto de posibilidades de ensamblaje, facilita la automatización y conduce a una reducción de la mano obra, tiempo y costo. Este vínculo intrínseco entre los métodos de diseño Discretos y la automatización, sugieren un cambio potencial en la industria de la construcción, regidos por un nuevo paradigma en el diseño computacional, donde los elementos se definen desde, y para dirigirse a la automatización (Gershenfeld N. C., 2015).

Un material digital puede considerarse como un bloque de construcción, que en sí mismo no proporciona geoméricamente restricciones para el montaje. No se requieren planos ni herramientas, a medida que las piezas definen geoméricamente el conjunto (Cheung, 2012). Los materiales digitales, permiten construir objetos que son discretos en su organización material. Estas estructuras son reversibles, ya que pueden ser re-ensambladas en otros tipos de estructuras. Los materiales digitales son una oportunidad para los métodos computacionales, ya que la organización de sus partes físicas, es lo mismo que la organización de los datos digitales.

La parte calculada digitalmente, es también la parte ensamblada físicamente. La unión machihembrada, establece una relación binaria 0-1 entre elementos. En ese sentido, un bloque-lego, o plataforma prefabricada puede entenderse como un material digital (Cheung, 2012).

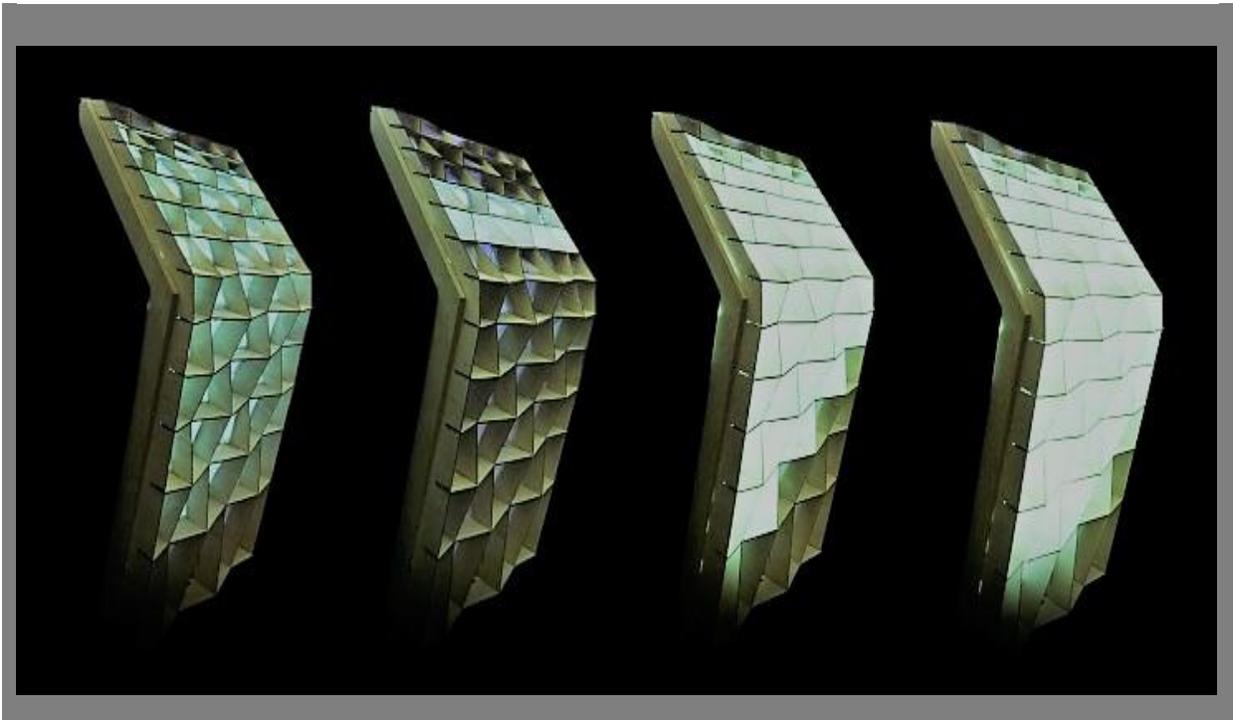


Ilustración 4.6 Diferentes estudios conceptuales para determinar la imagen de la piel-dispositivo, en la plataforma prefabricada. Fuente: Elaboración por equipo IaaC.

4.1.2 Metodología del diseño Discreto y fabricación robótica

Las formas arquitectónicas paramétricas pueden exponer complejas geometrías no lineales, que llevan a encarecer el metro cuadrado de construcción (Kieran & Timberlake, 2004), como ha sido la construcción del proyecto *Fab Lab House* expuesta en el capítulo anterior. Para llegar a obtener una arquitectura social y emergente estas formas no pueden llevarnos a la solución buscada; por lo cual en el proyecto planteado, llegamos a una forma arquitectónica Discreta lineal secuencial y fabricada con métodos digitales. De esta manera se plantea un resultado arquitectónico deseado, la metodología se compone de tres fases fundamentales:

1ª Fase. Contempla el diseño y programación de un módulo de estructura en madera micro laminada para replicarse. Esta fase permitirá analizar los materiales, costos, producción, montaje y por supuesto la racionalidad de la construcción. Se construirá una serie de modelos y maquetas a escala que serán representadas gráficamente en un modelado 3D, permitiendo la evaluación de proporciones, volúmenes de material, densidades y hasta el peso de la construcción.

2ª Fase. Se inicia el proceso de fabricación robótica *off-site*, a fin de obtener un prototipo 1:1 del módulo, para obtener una agrupación integral de piso, muro y techumbre, dando como resultado un espacio cubierto de 10 m². Este proceso permite verificar el potencial del módulo en cuanto a la calidad de espacios generados, así como su estabilidad estructural.

3ª Fase. Montaje *on-site* del prototipo fabricado, el paso a la realidad. En él se define la aceptación del sistema por parte del usuario y la respuesta de adaptación y aceptación del sistema.

Al final se generan los reportes, evaluaciones y conclusiones. El resultado final, permitiría poder habitarla cómodamente dentro de una superficie firme plana, y con la posibilidad de poder transformar el espacio las veces que sean necesarias a través del tiempo. Existiría una reducción del costo de la vivienda al disponer de una superficie menor, con la reducción del costo de la vivienda se facilitaría el acceso a ella a mayor parte de la población.

4.1.3 Descripción de la prueba empírica “Plataformas prefabricadas en madera”

La Tercera Piel Arquitectónica, la cual se ha llegado a prototipar, se trata de unidades interconectadas en un diseño totalmente integrado donde suelo, pared y techo quedan unificados. Como vimos en (Colombo, 1972) el modelo análogo “*The total Furnishing Unit*” se puede tener todo en un concepto integrado *Plug-in*. El concepto implica ver a todo el proyecto como un organismo habitable, creado mediante el mobiliario, donde se prescinde de la mayor parte de las funciones domésticas, para generar una sensación de bienestar único en un diseño integrado.

Las capas forman una piel diafragma que contiene no solamente el sistema estructural y todas las instalaciones, sino también el sistema dispositivo-accesorio al interior, y una cama de aire de 5cm de espesor, para el material aislante que forma el sistema térmico para el exterior. En esta misma piel estructural, se encuentra la infraestructura, las tuberías eléctricas, de agua fría y caliente, desagües; ofreciendo todas las condiciones de habitabilidad y funcionalidad energética que el espacio interior requiere. Como mencionó (Habraken, 2010) se empleará un sistema abierto compuesto por “soportes” en el cual se ubican todas las instalaciones registrables.

El material de recubrimiento exterior, consisten en hojas contrachapadas estándar de madera de pino de 18 mm, que admiten diferentes tipos de acabados finales.

El sistema constructivo en madera se considera un sistema adaptable, dado que la madera es liviana, resistente y fácil de trabajar. Las obras en madera son fácilmente modificables y reparables, lo que prolonga su vida útil, siempre y cuando se consideren ciertos aspectos en el diseño inicial, que puedan integrar el uso de la fabricación digital a través de la robótica.

Dentro de los estudios de casos presentados en la adaptabilidad arquitectónica (Nelson & Wright, 1947) existen muros o cubiertas adaptables, pero estos a lo largo de la historia se han presentado aislados, no de manera conjunta. El presente trabajo crea un sistema que unifica e integra el muro, piso y techumbre en un sistema autoportante Discreto.

La integridad estructural de la madera frente a un sismo, es proporcionada por los paneles diafragma tipo “*torsión box*”³¹, que integran una retícula cortante y tres capas de cerramiento muy sólida y estable. Al tener el tipo de estructura Discreta autoportante, por lo tanto, la cimentación se considera ligera, como enuncia el siguiente razonamiento.

“Los módulos prefabricados en madera son estructuras auto portantes que no transmiten más que acciones verticales y horizontales a los elementos de cimentación, siendo nulos los momentos flectores. Las cimentaciones son, por lo tanto, más sencillas que la construcción tradicional. En este sentido, requieren una

³¹ La *Torsión Box* o “caja de torsión” consta de dos capas delgadas de material a cada lado de un núcleo liviano, generalmente una cuadrícula de vigas. Está diseñado para resistir la torsión bajo una carga aplicada. Este sistema es usado como estructura en las alas de los aviones.

cimentación muy sencilla, que puede consistir en un firme de concreto o pequeños pilares que eleven la construcción, facilitan su mantenimiento y lo independizan de las humedades del suelo” (Cabrero, 2014, págs. 30-32)

La Tercera Piel Arquitectónica, permite tener gran cantidad de almacenamiento en volumen por metro cúbico, con eso se logra liberar espacio en la planta arquitectónica, como lo vimos en *The POP-UP house* (TallerDE2 Arquitectos, 2014). Cada plataforma prefabricada, tiene una modulación reticular de 2.44 x 2.44 m con el objetivo de lograr armonía estética.

Cabe destacar que para no caer en las dificultades de compatibilidad de elementos de construcción que se encontraron en la *Packaged House* de Wachsman, descritas en el (capítulo 2.2.1); El sistema aquí a desarrollar, integrara conceptos de la economía circular, por lo tanto va a ser abierto, programado digitalmente para que el usuario participe con facilidad en la apropiación de su espacio, y realizado con procesos de fabricación discreta para que el usuario pueda tener control absoluto del sistema, y participe en la transformación activa de los elementos constructivos.

La intención del proyecto es que se lleve a cabo el propósito de digitalizar la construcción en madera para crear hogares sustentables, así como democratizar y simplificar con el menor uso de materiales posibles; así lo han mostrado otros proyectos de fabricación digital similares, como lo son los proyectos de la (Foundation, WikiHouse, 2019).

Al resultado final de la estructura de la Tercera Piel Arquitectónica, integraremos inteligencia y movilidad autónoma de manera semejante, como fue el ideal de Archigram en su proyecto “*Manzak y Living 1990*” descrito anteriormente.

A continuación, se aprecia un ejercicio para estimular el metabolismo de diseño; RE-EDITANDO nuestros espacios para hacerlos menos tóxicos, librando el caos y la exageración.

ESPACIOS TOXICOS SIN EDITAR



RE-EDITADO CON TERCERA PIEL



Ilustración 4.7 “El antes y después fotográfico” elaboración propia. Fuente: *Google Images* y Web de Janssens. Accedido el 25 marzo 2021 en: <www.filipjanssens.be>

Empleando algunos conceptos podemos superar en cuestión de diseño lo impersonal, evitando recargar el espacio que habitamos. Aunque algunas personas les gustan mostrar sus objetos más queridos, y exhibir todos los buenos recuerdos, no hace falta exagerar.

En el libro “*Flexible Housing*” de (Schneider & Hill, 2007), como se citó en (Franco R., 2009) dan a conocer la arquitectura como algo incompleto e imperfecto; en la cual el arquitecto intervendrá dentro de ese proceso de evolución permanente (pág.108-119). Esto rompe con el concepto de la arquitectura clásica, en la cual la perfección y la finalización están dadas siempre por la obra del arquitecto. La perfección daría la posibilidad de ir completando la vivienda a través del tiempo y además permitiría con relativa facilidad el cambio de accesorios.

4.1.4 Grasshopper software y Aura de MIRAI innovation

Esta sección presenta la metodología para diseñar y producir espacios personalizables y multi-escalables incluso con solo usar la mente, combinando estrategias de diseño algorítmico intuitivo neuronal, expuestas por el Dr. Cristian Peñaloza, quien es un científico mexicano que dirige la empresa tecnológica *Mirai Innovation*³² en Japón. Él ha desarrollado el dispositivo llamado “Aura” con el cual cualquier persona puede diseñar a través de la mente utilizando solo sus pensamientos. Esto permite a los usuarios manipular un modelo informático genérico de algo que quieran diseñar utilizando solo señales cerebrales.

³² La empresa *MIRAI Innovation*, desarrolla tecnologías innovadoras que incluyen realidad aumentada, robótica y técnicas de neuro-detección en diversas industrias.

Aura está cubierto con sensores que monitorean diferentes bioseñales del cerebro, incluyendo electro-encefalogramas, que reconocen los *softwares* de diseño algorítmico como son: *Rhinoceros*³³ y *Grasshopper*³⁴.

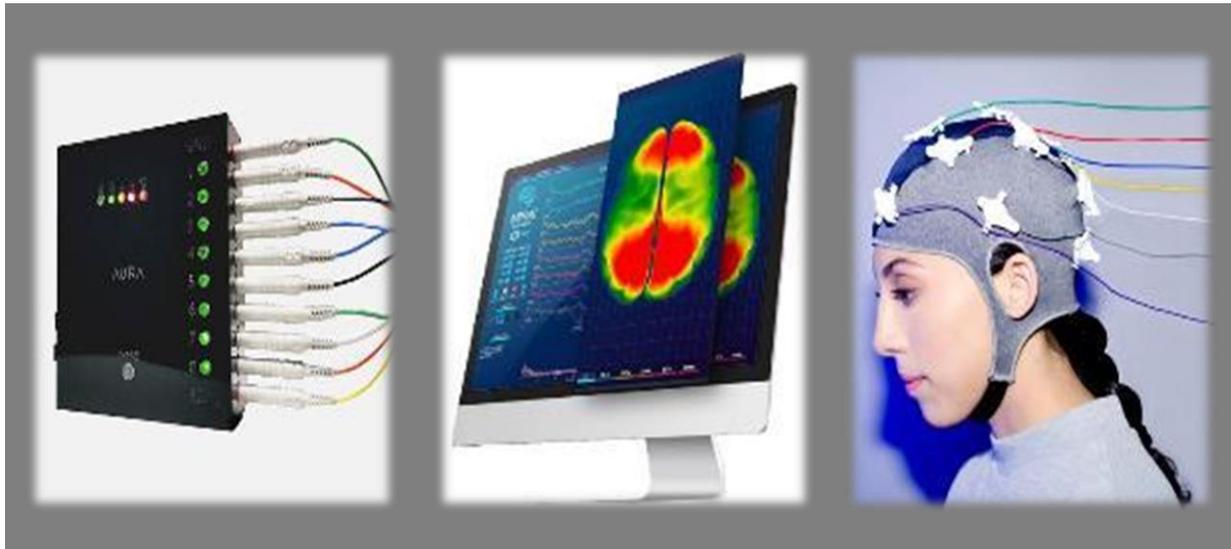


Ilustración 4.8 Dispositivos neuronales Aura. Fuente: Web de la empresa Aura. Accedido el 25 septiembre 2020 en: <<https://aura-neuro.tech/>>

El proyecto trabaja con la idea de que en un futuro cercano, las interfaces digitales sofisticadas podrían empoderar a las personas que no tienen habilidades técnicas para diseñar, a aprender de ellos mismos cómo diseñar, cómo programar y editar sus propios productos. “En este futuro muy cercano y posible, los usuarios de la arquitectura asumirán una mayor responsabilidad de crear los objetos con los que quieren vivir” (Griffiths, 2019).

³³ *Rhinoceros*, es un *software CAD* de diseño paramétrico, basado en tecnología *nurbs*. Es muy usado en las redes de diseño compartido de fabricación digital.

³⁴ Es un *plug-in* con lenguaje de programación algorítmica, que trabaja dentro de la plataforma *CAD* de *Rhinoceros*.

4.1.5 Diseño algorítmico con *ShapeDiver*, *Cloud Visor 3D (Online)*

El diseño algorítmico ya se utiliza en multitud de proyectos, y ahora por la facilidad de transmisión de datos 5G, parece ser el primer paso para integrar una aplicación de codiseño en 3D al proyecto. Necesitamos saber que el diseño algorítmico, lleva aplicándose años atrás en la arquitectura (Frazer, 1980), pero hoy en día, su uso empieza a democratizarse gracias a nuevas tecnologías que no requieren una gran inversión. Estos programas se basan en la introducción de parámetros o variables múltiples, que pueden mostrarse en base al visor WebGL de *ShapeDiver*³⁵.

La presentación que se ha usado en *ShapeDiver*, es en base a la construcción de una estructura de madera a dos aguas, formada en módulos de 2.44 x 2.44 m. La estructura estará construida por elementos controlables, muy sencillos que podrán ser fabricados de manera *off-site*, reduciendo tiempos y costes de elaboración. El módulo prefabricado, se piensa estará en uso dentro del Metaverso³⁶, el cual permitirá al usuario conocer su espacio antes de adquirirlo.

El montaje *on-site* de cada módulo, se realizará con muy poca mano de obra calificada, de esta forma podrán ser montados y desmontados los elementos o componentes del sistema, con relativa facilidad. Se tendrá mucha accesibilidad a las instalaciones hidráulicas, sanitarias y eléctricas, para una gran flexibilidad en sus modificaciones futuras. Por ser una estructura modulada, se logra gran facilidad de apertura de los vanos, sean para puertas o ventanas de cualquier lugar de las plataformas prefabricadas en madera.

³⁵ *ShapeDiver* son aplicaciones para *Rhinoceros*, que permiten integrar diseños paramétricos en sitios web en línea. Visor CAD 3D en línea, para mostrar las definiciones algorítmicas de *Grasshopper*. <https://app.shapediver.com>

³⁶ Metaverso, es un mundo virtual que amplía el mundo físico en digital, provocando así experiencias inmersivas.

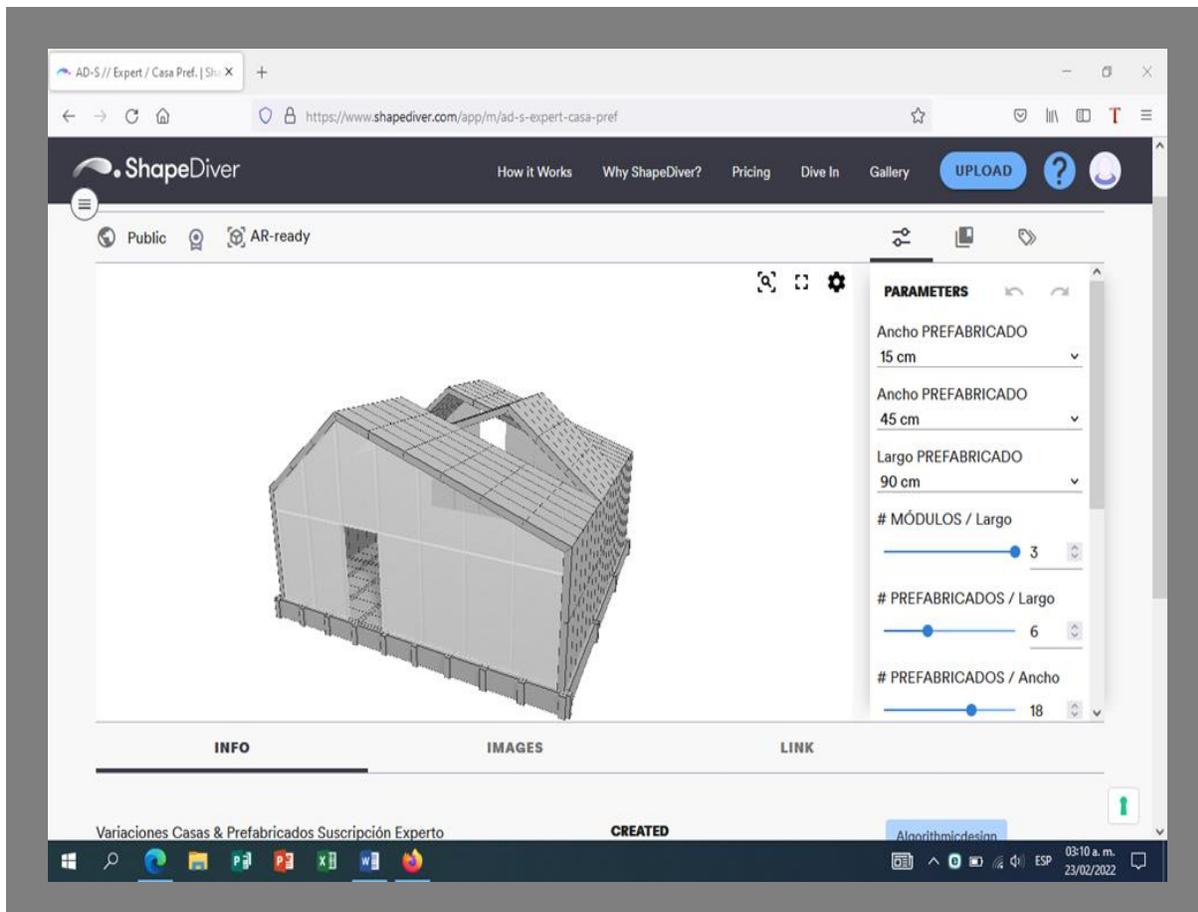


Ilustración 4.9 Captura de pantalla de modelo 3D de EcoRefugio. Fuente: Galería de la aplicación *online* de *ShapeDiver*. Accedido el 23 febrero 2022 en: <<https://www.shapediver.com/app/m/ad-s-expert-casa-pref>>

Es importante en México, contar con herramientas digitales que permitan a las personas que realizan autoconstrucción, gestionar sus proyectos a través de plataformas *Open Source* de fácil manejo, y tengan acceso a licencias de diseño compartido.

Los métodos presentados en este documento podrían abrir una amplia gama de posibles desarrollos hacia la personalización masiva de sistemas y componentes de construcción a gran escala. Las geometrías que se producen son el resultado de diseñar tanto la forma y el proceso de producción a través de la aplicación *online*.

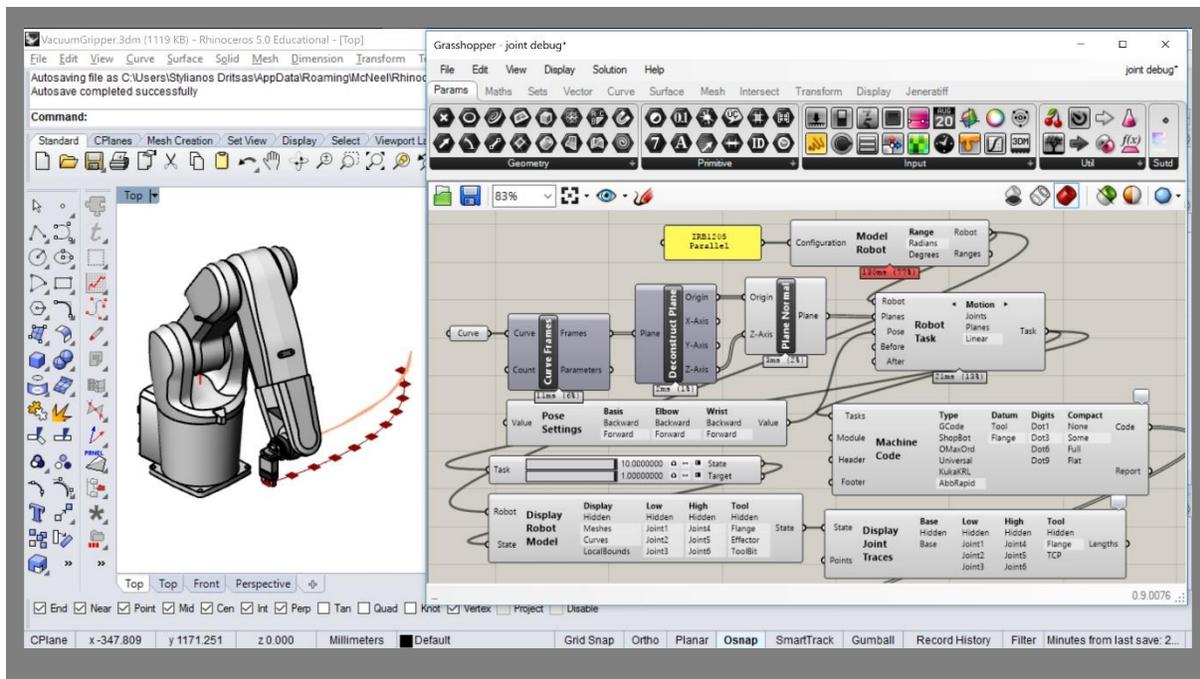


Ilustración 4.10 Interfaz de software *Rhinoceros* y *Grasshopper*, en un ejercicio de componentes “*Transmitting ABB Rapid Code*”. Fuente: Imágenes en el Google. Accedido el 19 abril 2022 en: < <https://www.basellers.com/?product-id=92756251-46> >

De esta manera se puede editar diferentes códigos de programación del tipo “*ABB Rapid Code*”. Este código permite realizar la fabricación digital del sistema de piel estructural, en la cual resulta ser posible encontrar diferentes atributos como son: la adaptabilidad, la conectividad, la comodidad organizacional, y además proporcionar privacidad y tranquilidad al usuario; que dentro del mismo sistema estructural, se puedan disponer instalaciones y equipos digitales, y que al mismo tiempo sirvan de espacios de almacenaje para disponer de utensilios, mobiliario personalizado y accesorios como son los electrodomésticos.

Todo con la versatilidad, para que cada persona pueda “editar” o personalizar la Tercera Piel, como el usuario mismo lo requiera. Para completar el concepto de Tercera Piel Arquitectónica, se ha planteado un escenario hipotético con distintos usuarios con un nivel

socioeconómico medio, relacionados con respecto a sus distintas necesidades; los cuales mediante la elección del tamaño de módulo deseado y del mobiliario que requieren para su vida diaria, conforman distintas tipologías de plataformas prefabricadas en madera.

Plataforma A: Familia con un hijo.
Preferencias: Estancias divididas. Espacio prioritario: Zona de estar.

Plataforma D: Pareja, trabajan en casa.
Preferencia: Salón para reuniones.
Espacio prioritario: Dormitorio oculto.

Plataforma B: Un matrimonio sin hijos.
Preferencia: Espacio diáfano.
Espacio prioritario: Zona polivalente.

Plataforma E: Persona artista.
Preferencias: Habitación cerrada.
Espacio prioritario: Estudio artístico.

Plataforma C: Una persona sola.
Preferencia: Sencillez de diseño.
Espacio prioritario: Salón cómodo.

Plataforma F: Estudiante.
Preferencias: Dormitorio con estudio.
Espacio prioritario: Zona de estar.

La aplicación de esta propuesta de diseño personalizado masivo, puede tener el potencial de reducir los costos de producción al lograr ahorros específicos que están basados en la estandarización de los componentes (plataformas prefabricadas de madera).

El concepto de diseño y la innovación en la estructura de Tercera Piel Arquitectónica, es su principal característica; haciéndola que sea editable y reprogramable, en todo momento transformable por el usuario. De esta forma se rompe con un modelo de vivienda totalmente rígido del pasado, que casi no permite la adaptabilidad o transformación de espacios.

4.2 Resultados obtenidos (componentes multipropósito vs proyecto arquitectónico)

El resultado obtenido se realizó a través de un método de construcción reticular de bloques de madera, denominado anteriormente como proceso Discreto, diseñado en función de las condiciones del lugar, así como del estilo de vida y las preferencias del usuario, para llegar a crear una piel estructural o plataforma prefabricada en madera.

La relevancia de este método de construcción digital automatizado, hace posible que el enfoque actual de la construcción basado en **Proyectos**, cambie a uno basado en **Componentes**, el entorno controlado en el que se fabrican los componentes tipo, llámense plataformas prefabricadas de madera. Esto produce una obra precisa y de alta calidad, se agilizan los tiempos de construcción, y se garantizan ambientes de trabajo más seguros y controlados.

A través del método de construcción robotizada por componentes, las soluciones comerciales que se ofrecerán, convierten los servicios de desarrollo, ingeniería y construcción en productos. Es decir se logra un producto de construcción, integrado con servicios. Añadiendo trabajo en la cadena de valor, desde el bosque con la extracción de la madera, hasta producir en la fábrica de manera digital *off-site*, todos los componentes prefabricados.

Esto hará posible una buena comercialización de las plataformas prefabricadas en madera. Los elementos resultantes en la fabricación, se transportan al lugar para su montaje *in situ*. Se apilan y ensamblan con la ayuda de artesanos y constructores locales, este proceso es el último de una cadena de producción. Es importante mencionar que una vez usadas las plataformas de

madera, estas pueden desmontar y reutilizar para otros fines, lo que conlleva a reducir los residuos de la construcción, y se ajusta a los valores y principios de la economía de diseño circular.

Optando por no recurrir al ensamblaje en grandes fábricas y a las cadenas de producción globalizadas, el método de construcción contempla incluir el potencial de participación de las comunidades locales para su montaje in situ, aumentando con esto el desarrollo de la comunidad, al crear cadenas de montaje local y situando su participación en el centro de la producción.

Cabe mencionar también que para armar el nuevo sistema de construcción, se requiere muy pocas herramientas o conocimientos especializados, lo que hace que el sistema sea accesible a todo el mundo con una información mínima, que estará disponible a través de una web accesible al usuario. Se ha probado muchas veces que con la construcción *off-site*, alejamos el trabajo de la obra para concentrarnos en la calidad, el valor, el tiempo de entrega, el impacto ambiental de los materiales y la fabricación digital estandarizada. Con esto se consigue reducir el desperdicio hasta en un 90% y los costos de construcción hasta un 20% y el tiempo de entrega hasta un 50% con referencia a la construcción tradicional (Claypool, 2019).

Ayudado por la robótica y los métodos de automatización tecnológicos de *ABB Robotics*, se fusiona la arquitectura con la tecnología, al crear este sistema a base de código robótico Discreto para estructuras de madera. Este tipo de construcción aportara un cambio sistémico dentro del sector de la construcción, ya que la alta precisión de los sistemas robóticos y el uso de los materiales sustentables nos acercaran a una sociedad baja en carbono.

La madera necesita un menor gasto energético en su producción y es biodegradable, reciclable, y no tóxica. Se selecciona la madera proveniente de bosques certificados comprometidos con la reforestación. La madera captura CO2 en su crecimiento, siendo una excelente alternativa aplicable para tener construcciones sin emisiones de carbono, y que contribuyan a la buena salud del planeta (Zilic, Elissetche, & Hernandez, 2019).

Modelo de construcción actual	Solución planteada
Alto impacto ambiental	Industrialización con madera Des carbonización de la construcción Economía circular
Incertidumbres: costo, tiempo y calidad	Digitalización, control de costos, Lean Production, DfMA
Parque de vivienda actual	Solución Planteada
Modelo medioambiental insostenible	Eficiencia energética, materiales renovables, espacio sano.
Altos costos de acceso	Estandarización e industrialización
Procesos siglo XX	Procesos siglo XXI

Ilustración 4.11 Tabla comparativa del modelo de construcción actual VS modelo de solución planteada. Fuente: Pablo Saiz a través de *LinkedIn*, cofundador de *Woodea*.

Impactos positivos de la solución planteada

- Aporta una segunda y tercera función a la estructura de la edificación.
- Crea la industria de componentes en madera.
- Genera una economía circular.
- Se puede colocar en azoteas, patios o algún terreno baldío.
- Se instala de manera rápida, sencilla, limpia y práctica por lo que se considera un gran ahorro en tiempo de construcción y colocación re-ensamblable.
- Es un sistema de construcción o entramado ligero, fuerte y resistente a sismos y vientos, ya que su diseño tricapa, ayuda a las inclemencias del clima.

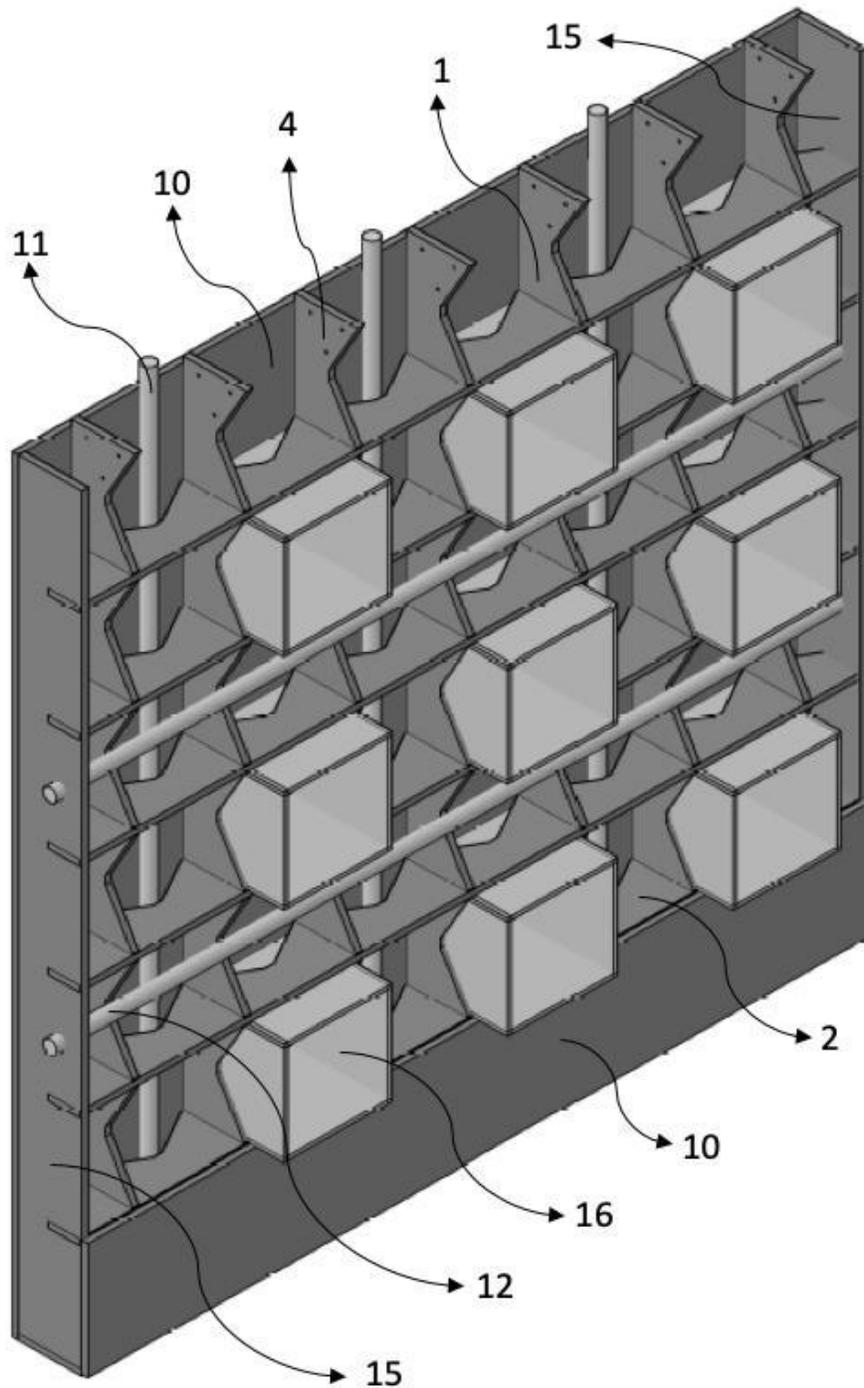


Ilustración 4.12 La figura muestra un isométrico de la plataforma (piel estructural), (1) y (2) versión 1.0 con sus puntos para unión horizontal (4) y su piel interna y externa (10). Se puede apreciar el uso de los ductos que se crean dentro de los multi-nichos reticulares, para el paso de instalaciones tanto verticales (11) como horizontales (12). Así como la personalización de los nichos, a través de cajones empotrados (16). Finalmente hay un bastidor perimetral (15) que sirve de junta constructiva entre otro módulo subsecuente, y recubrimiento total del exterior y parte del interior (10). Fuente: Elaboración propia.

En vez de usar el robot para crear formas complejas con cientos de elementos diferentes los cuales vemos presentes en la arquitectura paramétrica; se usa el robot para complementar el trabajo humano y crear complejidad en la fabricación de múltiples combinaciones de bloques de construcción simples pero, independientes, adaptables y modulares, que pueden formar estructuras a gran escala a partir de elementos versátiles con propiedades programables, similares a vóxeles o píxeles volumétricos³⁷. Usando materiales programables como la madera, está se considera un material digital por su adaptabilidad en la construcción, como si se tratara de un rompecabezas.

La investigación generó interrogantes en torno a la morfología de la nueva arquitectura planteada; estas preguntas son: ¿Cómo podría ser nuestro entorno, si nuestras casas pudieran evolucionar? ¿Si no hubiera escenografía sino una ecología de elementos que se reorganizan constantemente a través de la automatización? Se consideró conservar la morfología tradicional a dos aguas de las techumbres de las viviendas clásicas y preferiblemente intervenir en el modelo de ensamblado discreto, a fin de generar una economía circular.

El uso del ensamblaje robótico para fabricar plataformas prefabricadas en madera de tipo “Discreto”, pueden crear espacios preparados para el futuro, que pueden reaccionar y crecer con nosotros a medida que evolucionamos. Los elementos se consideran “Discretos” porque los bloques no son fijos, sino que ofrecen la oportunidad de ser construidos, desmontados, reconfigurados y re-ensamblados repetidamente, valores de una economía circular.

³⁷ El vóxel es un vocablo derivado del inglés *volumetric pixel*. Es la unidad cúbica que compone un objeto tridimensional, y constituye la unidad mínima procesable de una matriz tridimensional. Por tanto, es el equivalente del píxel en un objeto 2D. Definición extraída de: <es.wikipedia.org>

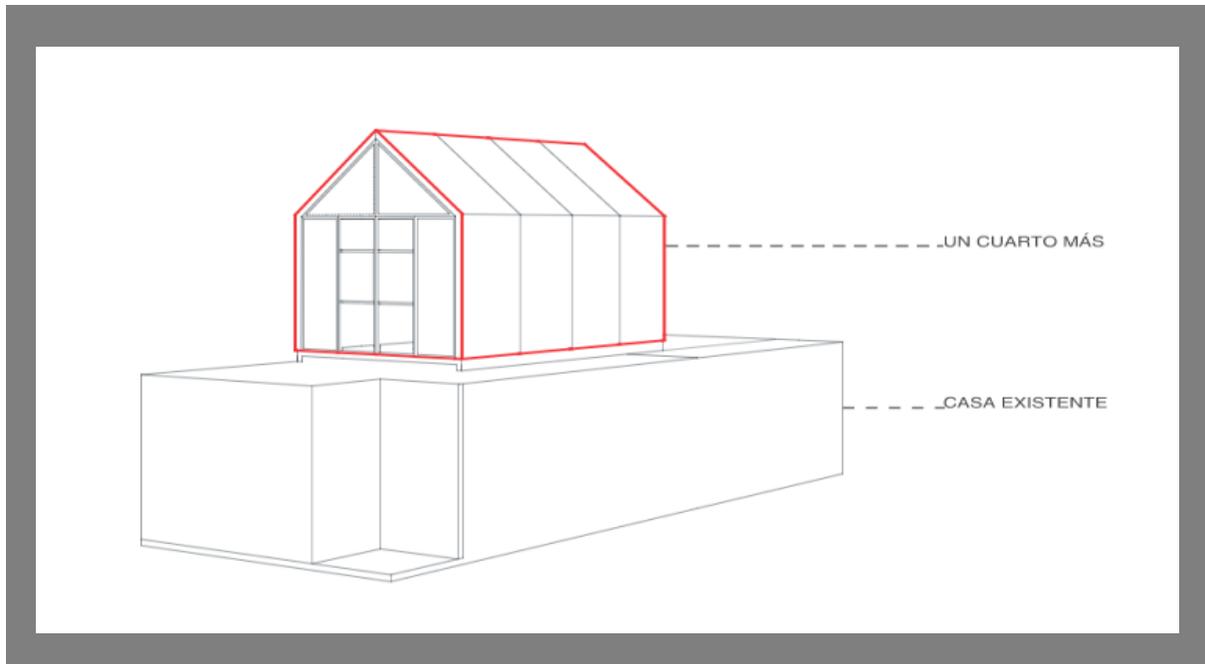


Ilustración 4.13 Ejemplo de proyecto “un cuarto más” el cual considera poner en azoteas viviendas accesorias. Fuente: Revista digital Arquine. Accedido el 17 septiembre 2020 en: <www.arquine.com/un-cuarto-mas-rozana-montiel-alin-wallach/>

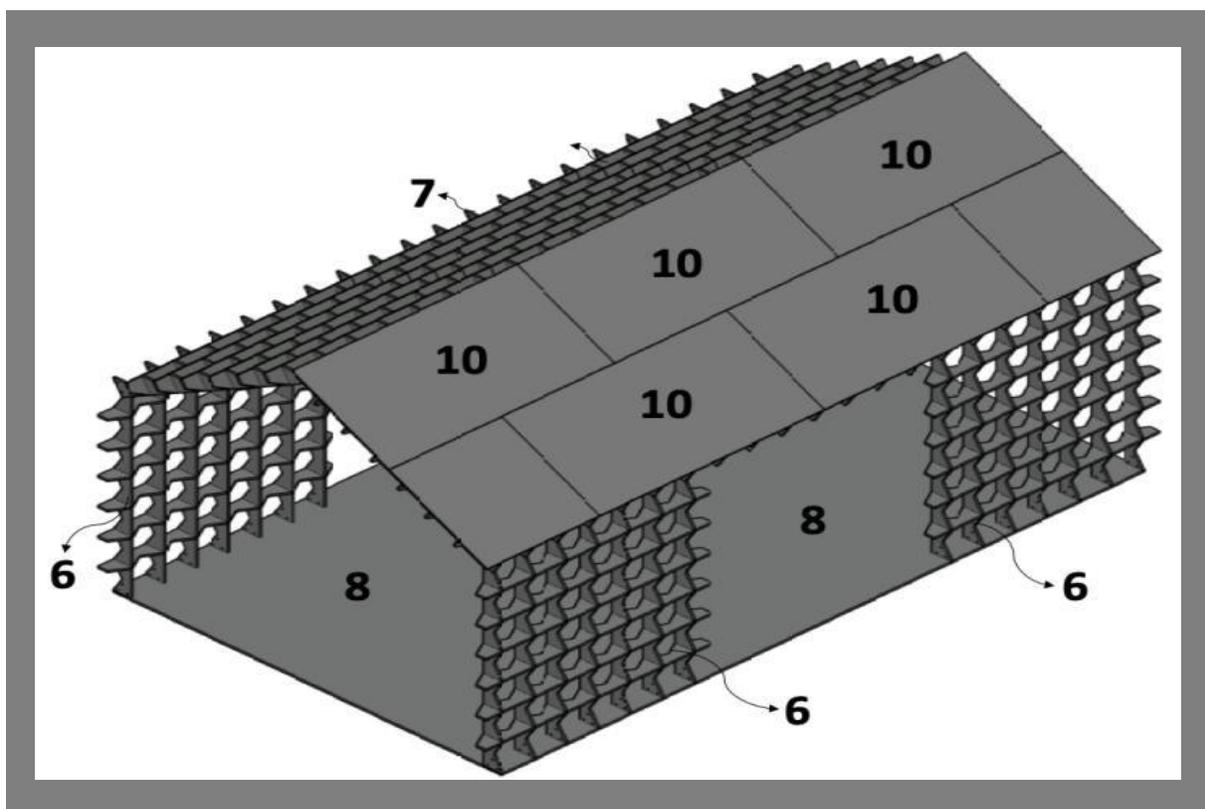


Ilustración 4.14 Fase (1) Isométrico de 3 módulos (6), sobre un firme de concreto (8) y piel estructural en muro y cubierta (7) con su recubrimiento (10). Fuente: Elaboración propia.

4.2.1 Prototipo estructural de trabajo 1:1



Ilustración 4.15 Segunda fase de la propuesta constructiva de piel estructural a dos aguas. Construida en Atlacomulco, Estado de México; a través de plataformas prefabricadas en madera en triplay de 12 mm de espesor al interior y paneles OSB al exterior. El módulo de cada plataforma es de 2.44 X 2.44 m. Escala del prototipo: 1/1. Superficie de construcción 10 m². Fuente: Fotografía de archivo personal.

4.2.2 Fotografías finales



Ilustración 4.16 Tercera fase del proceso de construcción *on-site*. Fuente: Archivo personal.



Ilustración 4.17 Propuesta conceptual a dos niveles de altura del eco refugio. Fuente: Pinterest.

Capítulo V

DISPOSITIVO INTEGRADO A LA TERCERA PIEL

“Los elementos materiales los encuentra uno siempre, envueltos, cubiertos o acompañados dentro de otros mismos elementos, que llevan a producir ciertos vínculos, reacciones y efectos entre ellos.”

(Wolfgang von Goethe)

5.1 Dispositivo HABITEC

Este capítulo describe el desarrollo de una piel robótica que combina varias tecnologías de *e-Health*, robótica móvil, visión artificial, fusión de sensores, comunicación hombre-máquina, etc., que brindan a las personas mayores una vida independiente. El estudio está basado en el proyecto de investigación europeo, llamado “*LISA HABITEC*” recuperado de *Robotics Micro Rooms* (Linner, Güttle, Bock, & Georgoulas, 2015)³⁸.

LISA (*Living Independently in South Tyrol Alto Adige*), HABITEC (Hábitat, Bits y Tecnología en una sociedad que envejece). Los autores examinaron la posibilidad de integrar funciones de asistencia y componentes digitales para generar entornos estructurados, las llamadas “micro habitaciones robóticas” Linner *et al.* (2015).

³⁸ Se encuentra toda la información de proyecto *LISA HABITEC* en el grupo de investigación br2 de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Técnica de Múnich, Alemania. Bajo la dirección del Dr. Thomas Bock. Documento extraído de: <<http://www.br2.ar.tum.de/index.php/research/projects/8-home/153-l-i-s-a-habitec-living-independently-in-suedtirol-alto>>

Este proyecto integra funciones mecatrónicas, y permite llevar una vida autónoma para ciertos enfermos y personas de la tercera edad, al realizar actividades de la vida diaria por medio de entornos estructurados generados con pieles robóticas.



Ilustración 5.1 Sección del módulo genérico del proyecto HABITEC. Fuente: Grupo de investigación Br2³⁹ (Chair of Building Realisation and Robotics, 2001)

5.1.1 Descripción de la arquitectura del sistema propuesto

Esta sección describe el funcionamiento del sistema en general, así como los detalles técnicos de las funciones de asistencia. Como se cita en Linner *et al.* (2015). El sistema está

³⁹ El Prof. Thomas Bock es profesor del (br)2 Lehrstuhl für Baurealisierung und Baurobotik de la TUM Technische Universität München, Fakultät für Architektur.

construido en un entorno modular para que más funciones de asistencia y subsistemas de robots puedan integrarse fácilmente en el futuro. La (Ilustración 5.2) muestra los subsistemas implementados. La gama de funciones se puede ampliar o modificar fácilmente debido al enfoque de modularidad y personalización que se siguió durante la fase de diseño del prototipo, lo que permite una instalación "plug & play".



Ilustración 5.2 Funciones integradas. Fuente: Grupo de investigación Br2 (Chair of Building Realisation and Robotics, 2001)

Las funciones integradas del sistema HABITEC comprenden (Ilustración 5.2):

- Un sistema de iluminación ambiental inteligente.
- Un robot móvil (*Turtlebot*) como interfaz intuitiva entre el usuario y la máquina.
- Un sistema de purificación de la calidad del aire.
- Un panel táctil para navegar y visualizar información médica o meteorológica.

- e) Un sistema de monitoreo basado en *RFID*⁴⁰ que alerta de recordatorios.
- f) Un sistema de medición y visualización de los signos vitales del usuario.
- g) Un sistema opcional de asistencia para ponerse / quitarse los zapatos.
- h) Un sistema de asistencia para sentarse y ponerse de pie.

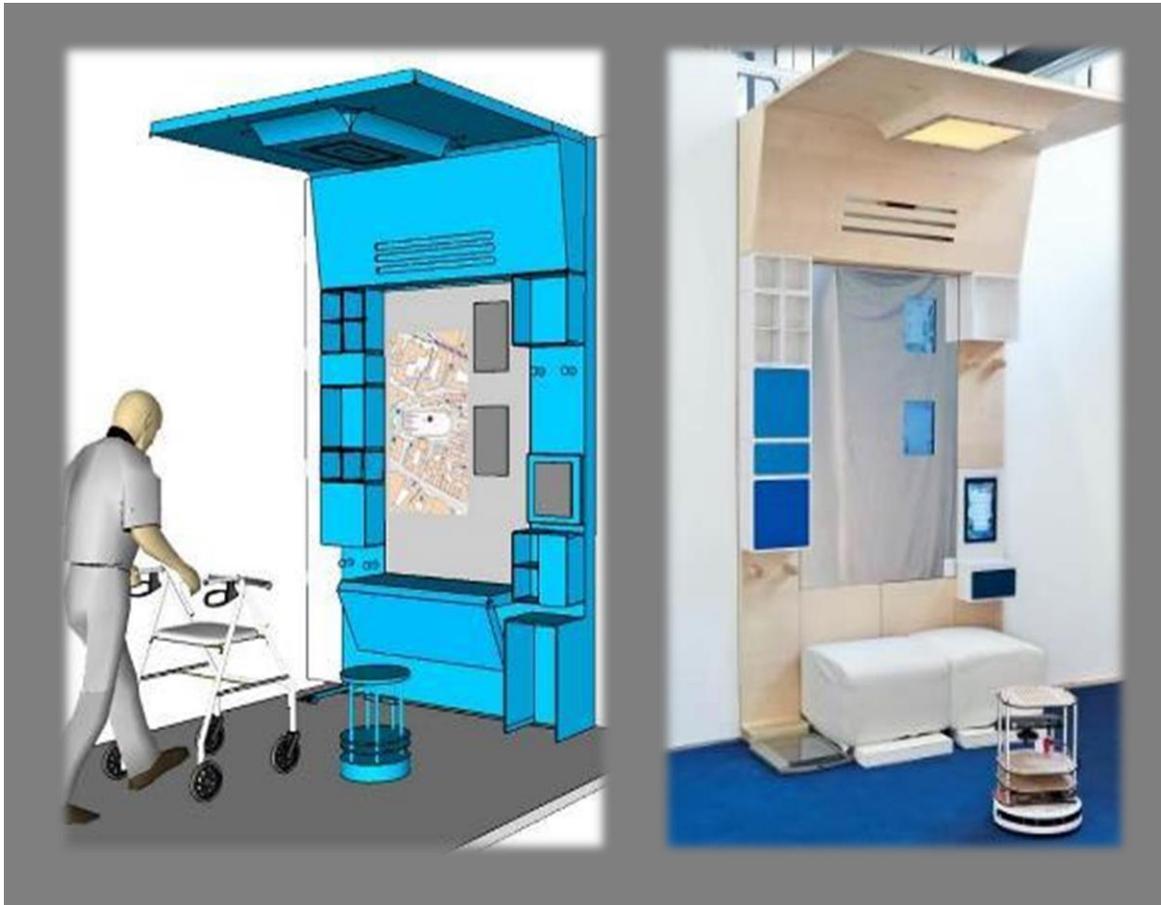


Ilustración 5.3 Prototipado de piel robótica. Fuente: Grupo de investigación Br2 (Chair of Building Realisation and Robotics, 2001)

Como se cita en Linner *et al.* (2015). Las funciones están controladas por una de las dos PC (HABITEC 2 PC, Ilustración 5.4). La segunda PC (HABITEC 1 PC) ofrece la posibilidad de

⁴⁰ Want R, An introduction to RFID technology, *IEEE Pervasive Computing*, 5(1) (2006) 25-33.

recuperar información meteorológica o acceder al *world wide web* (www). A través de la tableta, el usuario puede conocer y mostrar información como datos meteorológicos o mediciones de signos vitales registrados. Además, a través de la tableta, el usuario también puede acceder y controlar todas las funciones de la piel robótica, que se pueden realizar dentro del apartamento.

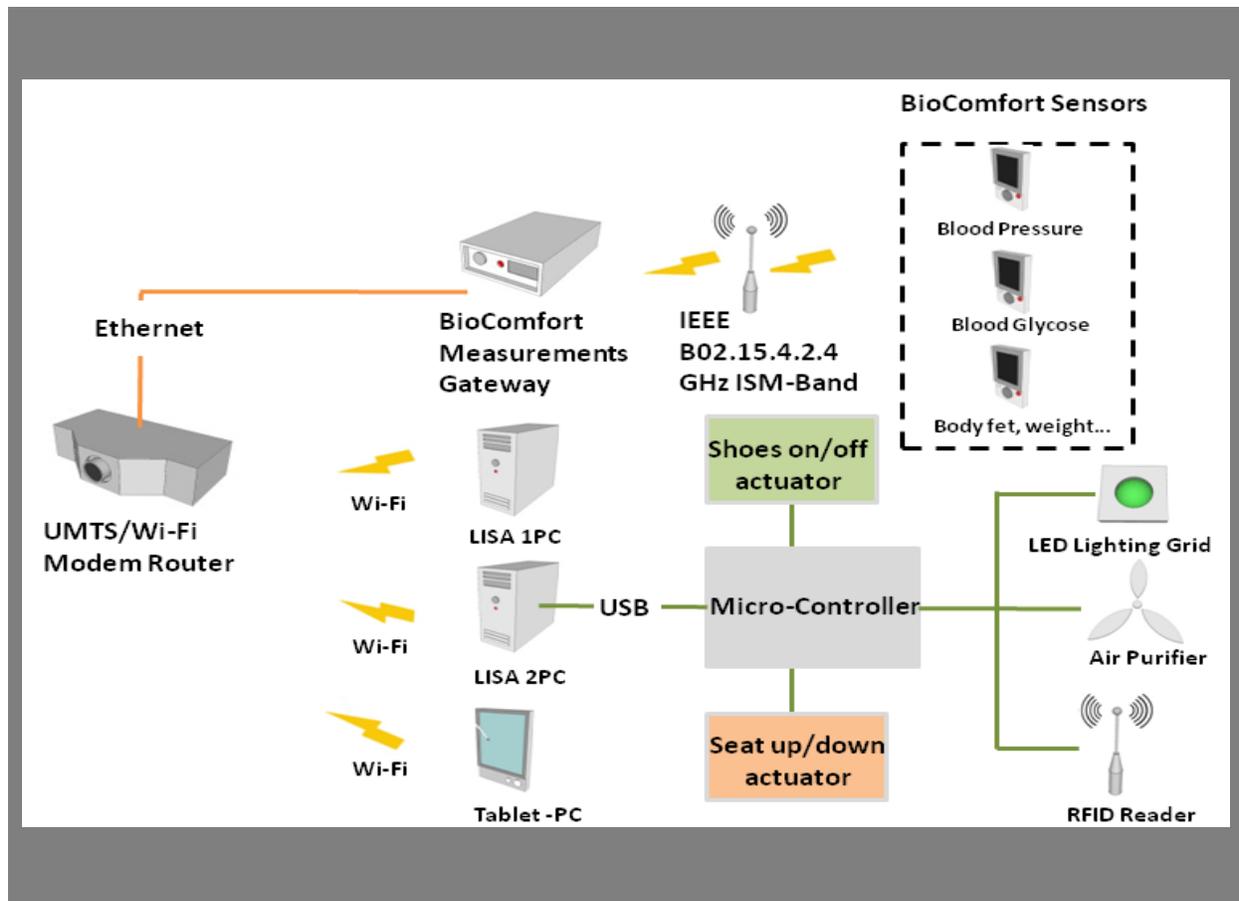


Ilustración 5.4 Arquitectura del sistema HABITEC. Fuente: Grupo de investigación Br2 (Chair of Building Realisation and Robotics, 2001)

Como se cita en Linner *et al.* (2015). En el sistema de iluminación ambiental inteligente, funciona a través de una rejilla con sensores de luz, que permiten tomar datos físicos y biológicos del usuario y enviar advertencias relacionadas con riesgos de salud. En caso de que se registre una

lectura de presión arterial alta, se emite una luz roja para advertir al usuario de posibles situaciones de riesgo. Se emiten patrones de luz similares, en caso de que el usuario abandone la casa y olvide sus lentes o las llaves de la casa, almacenadas dentro de los gabinetes habilitados para ello.

En el sistema de interfaz usuario-máquina se utilizó un *rover* móvil, un *Turtlebot*, para actuar como medio entre el usuario y la piel robótica mediante gestos intuitivos y comandos de voz. Además, el *Turtlebot*, debido a sus funciones de navegación autónoma, ofrece la capacidad de navegar dentro del entorno del hogar simplemente a través de comandos vocales relacionados con la ubicación, es decir, "entrada", "cocina", "dormitorio", etc. en Linner *et al.* (2015).

Por lo tanto “las personas mayores pueden ser asistidas al entrar en el hogar en caso de que lleven bolsas de compras pesadas, ordenando verbalmente al *Turtlebot* que los transporte, por ejemplo, a la cocina” Linner *et al.* (2015). El usuario puede comunicar los comandos vocales, necesarios para controlar las funciones de la piel robótica, al *TurtleBot* a través de un procedimiento de entrenamiento estándar. El vocabulario necesario se graba a través de un micrófono integrado del móvil. Debe conocerse la disposición del entorno en el que atraviesa el *TurtleBot*, para permitir la navegación autónoma. Para ello, se utiliza la técnica generalizada “Localización y mapeo simultáneo” (*SLAM*)⁴¹ permite que un *rover* autónomo cree un mapa detallado de un territorio desconocido. El *TurtleBot* puede adquirir información visual utilizando su sensor *Microsoft Kinect* integrado⁴². Una vez que se registra el mapa, puede navegar de manera eficiente a través del entorno doméstico en una operación autónoma.

⁴¹ Entiéndase por sus siglas en inglés como: *Solution to the simultaneous localization and map building* (*SLAM*)

⁴² *Microsoft Corp. Redmond WA. Kinect Xbox 360.*

También se incorporó un sistema purificador de aire en la parte superior del módulo de piel robótica. Un sensor de humedad y un sensor de temperatura acoplados al mismo módulo permiten modificar la calidad del aire en las proximidades de la terminal. El purificador de aire se puede controlar automáticamente; es decir, en caso de que la humedad sea alta, o la temperatura aumente o una combinación de ambas situaciones son detectadas por los sensores correspondientes, enciende su ventilador; o por el usuario a través de las pantallas táctiles instaladas, que actúan como un panel de control para encender la funcionalidad de los subsistemas integrados a través de interfaces gráficas de usuario (*GUI*) diseñadas específicamente Linner *et al.* (2015). El usuario puede regular manualmente la velocidad del ventilador de aire y también apagar completamente su funcionamiento si es necesario.

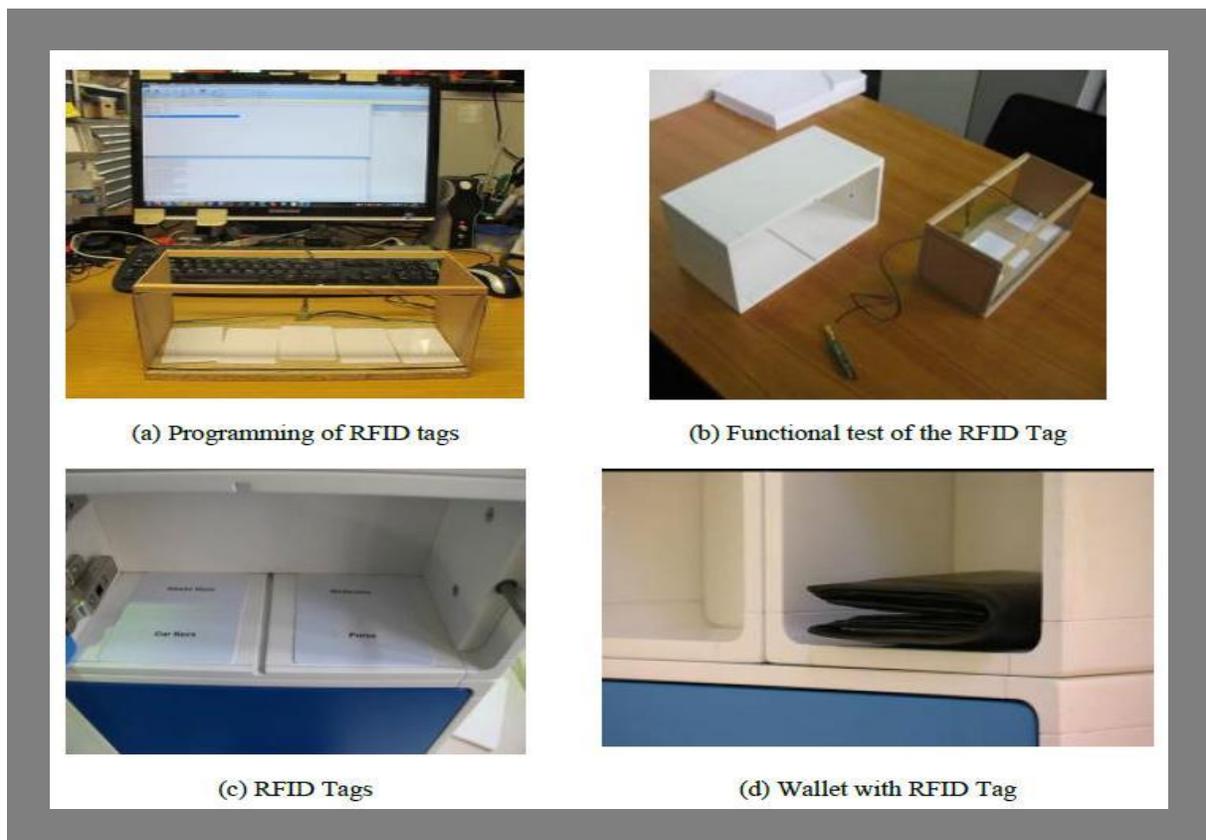


Ilustración 5.5 Antena invisible *RFID* integrada a las repisas. Fuente: Grupo Br2 (Chair of Building Realisation and Robotics, 2001).

El sistema de alerta y monitoreo basado en identificación por radiofrecuencia, permite la identificación y localización de artículos que están etiquetados con un código *RFID*⁴³. “La tecnología *RFID* se parece más a un código de barras, pero requiere menos espacio porque no se utilizan códigos de barras reales” Linner *et al.* (2015).

Los objetos se pueden identificar y se puede asignar su posición con respecto a los elementos individuales del armario, se habilita un "entorno de trabajo" estructurado. La tecnología *RFID* se utilizó para registrar y monitorear los artículos y pertenencias personales de los usuarios, lo que permitió un esquema de localización novedoso mediante el inventario de artículos generado.

Mediante el uso de etiquetas *RFID* pasivas adjuntas a los artículos personales de los usuarios, la piel robótica puede realizar una verificación cruzada cuando el usuario entra o sale de su vivienda, y advierte específicamente sobre irregularidades. La antena *RFID* se incrustó en gabinetes especialmente diseñados en la piel robótica, lo que permitió generar un inventario de los artículos que el usuario almacena en ellos (Ilustración 5.5).

El sistema de alerta y monitoreo de signos vitales del usuario. Una característica importante del sistema propuesto, es la tele vigilancia de signos vitales y el estado de salud de los usuarios. El seguimiento se realiza mediante una escala de diagnóstico, que proporciona un análisis de impedancia, que mide la grasa corporal, el agua corporal y la masa muscular, un dispositivo de muñeca para medir la frecuencia cardíaca y la temperatura corporal, así como un glucómetro.

⁴³ *RFID* o identificación por radiofrecuencia es un sistema de almacenamiento y recuperación de datos que usan los dispositivos denominados etiquetas, tarjetas o transpondedores *RFID*. El propósito fundamental de la tecnología *RFID* es transmitir la identidad de un objeto (similar a un número de serie único) mediante ondas de radio.

Los tres dispositivos están conectados de forma inalámbrica a una puerta de enlace de medición, para permitir la adquisición y el almacenamiento de datos del estado de salud. Una vez que el usuario realiza una medición, la lectura se transfiere instantáneamente de forma inalámbrica a la puerta de enlace de medición. La puerta de enlace tiene la capacidad de almacenar las últimas 1,000 mediciones realizadas, así como puede enviar la base de datos de mediciones a un sitio web en línea a través de un protocolo de transferencia seguro. Esto permite que el usuario sea verificado de forma remota por un médico que accede a la base de datos en línea de mediciones de signos vitales, simplemente utilizando un nombre de usuario y una contraseña.

La asistencia al usuario mediante actuadores robóticos, puede ayudar a ponerse o quitarse los zapatos con menos esfuerzo, mediante un mecanismo integrado en la parte inferior de la piel robótica. Finalmente, el asiento robótico ayuda a sentarse y pararse, alternado la altura de acuerdo con el usuario. (Ilustración 5.6).



Ilustración 5.6 Dispositivos asistenciales, ejemplo en imagen derecha silla para colocar y quitar los zapatos, así mismo ayuda a ponerse de pie al usuario. Fuente: Br2



Ilustración 5.7 Lavabo del sistema HABITEC. Fuente: Grupo de investigación Br2 (Chair of Building Realisation and Robotics, 2001)

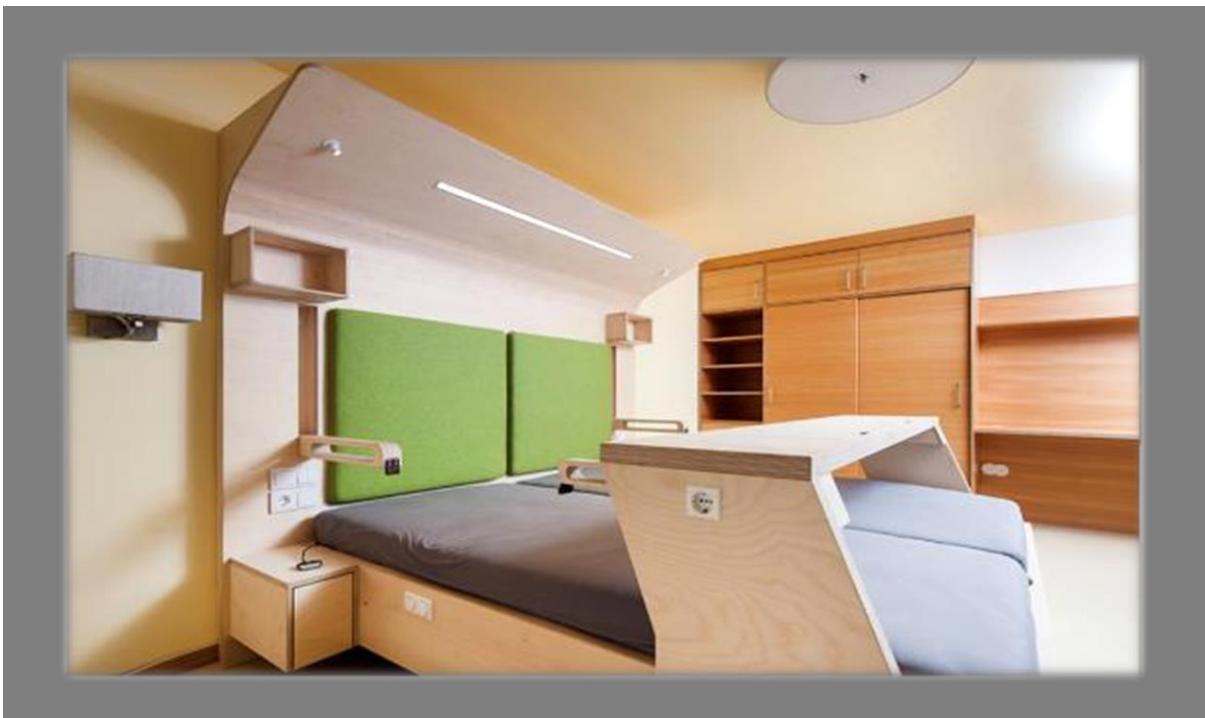


Ilustración 5.8 Módulo de dormitorio del sistema HABITEC. Fuente: Grupo de investigación Br2 (Chair of Building Realisation and Robotics, 2001)

5.1.2 Automatización de la Tercera Piel: desafíos y soluciones

La solución propuesta no solo sirve para el caso del envejecimiento, sino que también puede verse como una estrategia novedosa para producirse en masa, y contemplar los recursos requeridos de las funciones evolutivas del hogar inteligente. Una vivienda inteligente con funciones de asistencia relacionada con sistemas robóticos, como se describe en el proyecto HABITEC, representa un gran desafío para la industria de la construcción. Los costos de la vivienda inteligente son significativamente más altos que los costos de una vivienda convencional, lo que impide su comercialización. La industria automotriz ya ha abordado con éxito este desafío: ha estado optimizando continuamente el proceso de producción durante décadas y, por lo tanto, ha reducido constantemente los costos de producción, véase [Linner, 2013].

Se debería prestar más atención al aspecto de la prevención y la consideración de una mejor salud digital. Se podrían integrar discretamente dispositivos biosensores en el entorno doméstico, oximetría de pulso, medición de la temperatura corporal, etc. También se deben seguir enfoques de telemedicina en el futuro, para que los hospitales y clínicas experimenten un alivio del hacinamiento de pacientes, o los gobiernos una escasez de infraestructura hospitalaria.

Cabe mencionar que en México actualmente en el año 2022, a través de la Cámara de Diputados se aprobó el dictamen para construir o adaptar viviendas destinadas a las personas de la tercera edad o discapacidad, ya que se estima que en el año 2030, esta población se duplicará. El dictamen cambiara una serie de disposiciones a las leyes de vivienda, los derechos de las personas adultas mayores y la inclusión de las personas con discapacidad, a fin de adaptar la construcción

de viviendas a los estándares de innovación arquitectónica, que faciliten su movilidad⁴⁴. El dictamen establece que “las normas mexicanas, aplicables al diseño arquitectónico de la vivienda y los prototipos constructivos deberán considerar los espacios interiores y exteriores que faciliten la accesibilidad de sus habitantes”. Y que las instituciones de vivienda deberán otorgar facilidades para recibir créditos y subsidios para la adaptación de viviendas a beneficio de las personas de la tercera edad y con discapacidad. Esta nueva política de vivienda, deberá resolver la realidad del país en cuanto al acelerado envejecimiento de la población.

Según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en México existen cerca de 6 millones de personas con discapacidad. El INEGI a través de la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo, especifica que la población en México de 60 años y más, es de 12.9 millones de personas. El dictamen marca en consideración a las características demográficas actuales y condiciones de la población, adoptar una cultura en la construcción de viviendas, adaptadas para las personas de la tercera edad y con discapacidad, a fin de facilitarles la movilidad en sus hogares.

Sencillamente durante tiempo de pandemia, o específicamente en la temporada anual de influenza, y ahora con más razón bajo el riesgo de nuevos virus para todos no solos es mayor, sino también peligroso. La piel dispositivo, sería deseable desde una perspectiva médica. Además, los autores de “LISA HABITEC”, presentan una nueva interfaz hombre-máquina que ofrece manipulación intuitiva y adaptativa, utilizando el controlador *Leap Motion* y el brazo robótico de una mano (Bassily, Georgoulas, Güttler, Linner, & Bock, 2014). El controlador *Leap Motion*

⁴⁴ Información publicada en el Boletín N°. 2800 del Portal web de la Cámara de Diputados.
<<http://www5.diputados.gob.mx/index.php/esl/Comunicacion/Boletines/2016/Diciembre/14/2800-Aprueban-dictamen-para-construir-o-adaptar-viviendas-destinadas-a-personas-de-la-tercera-edad-y-con-discapacidad>>

monitorea las manos del usuario, los dedos y todas las posiciones y ángulos. Toda la información relativa a la posición cartesiana de la mano del usuario se envía al algoritmo (Ilustración 5.9).



Ilustración 5.9 Brazo robótico intuitivo integrado a la piel robótica. Fuente: Br2 (Chair of Building Realisation and Robotics, 2001)

Capítulo VI

CONCLUSIONES

“El arquitecto debe ser un profeta en el verdadero sentido del término... Si no puede ver por lo menos diez años hacia adelante, no lo llamen arquitecto.”

(Frank Lloyd Wright)

6.1 Una nueva situación, requiere una nueva arquitectura y una nueva piel

Actualmente estamos viviendo cambios de paradigmas, cambios de tecnologías, nuevos materiales, nuevas herramientas, nuevos procesos, que deben dar por resultado nuevas arquitecturas. Este estudio ha expuesto una propuesta de fabricación digital a base del conjunto de plataformas prefabricadas en madera, que pueden servir al hombre de dos maneras: primero para ofrecer un espacio donde puede sentirse a gusto y en paz el mismo, y segundo integrando una Tercera Piel Arquitectónica evolutiva y adaptativa, que le puede ayudar como punto de partida para realizar y ejercer todas sus acciones con el mundo que le rodea.

Así como el muro arquitectónico adoptó para siempre la relación simbiótica con la ventana, para dar paso al aire y luz e introspección con el mundo exterior. La Tercera Piel Arquitectónica, ahora en forma de plataforma prefabricada en madera, debe adoptar una nueva relación con los dispositivos y armarios integrados, convertidos en espacios de almacenamiento, para dar paso a la seguridad y vinculación con el mundo exterior, a fin de tener espacios interactivos, inmersivos, adaptables e inteligentes.

Los arquitectos estamos obligados a proponer las soluciones, que nos lleven a servir al hombre de manera más lógica. La arquitectura puede así permanecer en el ámbito de la moda, como una actividad que actúa en la superficie de las cosas, o bien liderar esta transformación paradigmática, que permita contribuir a la solución de los problemas globales.

En el inicio del siglo XX, entre dos guerras mundiales y recesiones económicas; surgieron grandes ideales arquitectónicos. Así como en el pasado, hoy ante la crisis con problemas globales, políticos, económicos, ambientales o sociales; en el presente deben surgir grandes ideales arquitectónicos para guiar la nueva realidad de las personas, que necesitan que la arquitectura evolucione y sea receptiva a las presentes transformaciones.

6.1.2 La evolución de los sistemas constructivos

Así como con la invención del automóvil trajo consigo el desarrollo de la sociedad moderna, lo mismo puede pasar con la arquitectura como hoy todavía la conocemos, y de tener una vivienda que en un principio nos proporcionó resguardo y seguridad ante las diferentes calamidades, podríamos pasar al hábitat evolutivo. En el futuro se reforzará la individualidad de la sociedad, y las altas tecnologías tendrán un papel clave, ya que cada vez estaremos menos dispuestos a trabajar en tareas monótonas y rutinarias de la vivienda.

El papel de ama de casa se irá diluyendo, hasta desaparecer, siendo asumido por las tecnologías incorporadas en el hogar: robots limpiadores, organizadores de tareas, asistentes personales, sistemas de control domótico, sistemas de limpieza automáticos, controladores de

cocina, robots cocineros, automóviles autónomos, drones de pasajeros, etc.

La escasez de mano de obra calificada y el uso extensivo de materiales no renovables, son dos razones principales que han permitido el ingreso de la robótica al sector de la construcción; con el propósito de ayudar a remplazar o mejorar los procesos existentes, y hacerlos más precisos, eficientes y óptimos. Por esta razón, la robótica se presenta como una solución ante ello, para que este sector de la construcción continúe creciendo y se construya más con menos recursos.

En el proyecto de La Tercera Piel Arquitectónica en madera, basado en el concepto de construcción circular, es un buen aporte para la nueva arquitectura, ya que se emplea un material como lo es la madera, con ciclo de vida regenerativo.

Por lo tanto las plataformas prefabricadas, realizadas en madera micro laminada *LVL*, se pueden configurar y desmantelar rápida y fácilmente. Así mismo cambiar constantemente, ya que vienen integradas con todas sus instalaciones, acabados, gabinetes y aparatos en forma de componentes; para poder cumplir muchos propósitos espaciales de manera fija o permanente, y generar con esto un proceso de vida circular.

Como se ha demostrado en esta investigación, la madera puede llegar a ser un excelente material de construcción, pero resulta ser un material costoso actualmente; por eso el utilizar software paramétrico y corte robótico para optimizar procesos de construcción, puede ayudar a hacer de la madera, un material competitivo en precio, comparado con el concreto o el acero.

6.1.3 Diseñando con la construcción de un enfoque participativo

La propuesta de la Tercera Piel Arquitectónica, nos brinda la posibilidad de configuración personalizada por parte del usuario, siendo parte esencial para que el espacio se adapte al usuario y no al contrario. El usuario pasa de ser un mero espectador en el proceso proyectual a tener una participación activa, con cada vez más protagonismo en las decisiones del acomodo del espacio, pudiendo elegir entre distintas alternativas propuestas por el almacenamiento personalizado, contenido en la Tercera Piel Arquitectónica.

Al implicar al usuario en la configuración de la arquitectura, facilitamos el entendimiento del objeto arquitectónico. De la misma manera que el sueño participativo de los años setenta de Ralph Erskine y Lucien Kroll, con sus ideales sociales y ecologistas, a través del uso de computadoras como herramienta para facilitar la participación, y la toma de decisiones (Kroll, 1998), en el que fue un pionero y un innovador.

De este modo abrimos la caja negra, haciendo del prototipo un objeto democrático, donde el usuario puede intervenir fácilmente no solo durante la fabricación sino también durante la vida del proyecto, e intervenir en el diseño para modificarlo (Fernandez, 2012). Por esta razón, el uso de técnicas de fabricación personalizada, sistemas constructivos ligeros, materiales adaptables y ecológicos, son importantes no solo por razones medioambientales, sino por el entendimiento de este proceso constructivo particular, como una actividad social que trascienda y hasta pueda involucrar a toda la comunidad.

Bibliografía

- Alfaro, Y. (24 de 02 de 2021). *Milenio Noticias*. Obtenido de <https://www.milenio.com/negocios/mexico-alcanza-9-instalar-robots-industriales>
- Arango, J. (2012). El Mueble como Estructurador del Espacio en la Vivienda Moderna. *Tesis de Maestría en Arquitectura*. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/9773>
- Barbará, F. (1966). *JAPÓN' 60 - El hombre y su arquitectura*. Ciudad de México: Herrero, S.A.
- Barragán, S. (29 de 01 de 2021). *Portal de Aristegui Noticias*. Obtenido de Portal de Nuestro Mundo en Datos: https://aristeguinoticias.com/2901/mexico/mexico-es-tercer-lugar-mundial-en-numero-de-muertes-por-covid-19-y-el-lugar-19-en-tasa-por-millon-de-habitantes/?utm_source=
- Bas, D. (2019). La vivienda Transformable. *Fundamentos de la Arquitectura*. Universidad Politécnica de València, Valencia. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/139683>
- Bassily, D., Georgoulas, C., Güttler, J., Linner, T., & Bock, T. (2014). Intuitive and Adaptive Robotic Arm Manipulation using the Leap Motion Controller. *45th International Symposium on Robotics and the 8th German Conference on Robotics (ROBOTIK 2014)*. Munich, Germany: ISR.
- Bock, T. (2015). *The future of construction automation: Technological disruption and upcoming ubiquity of robotics. Automation in Construction*. München: Chair of Building Realization and Robotics, Technical University of Munich.
- Bock, T., & Linner, T. (2010). *Automation and Robotics of On-site Production and Urban Mining.* » *New Perspective in Industrialisation in Construction - A State-of-the-Art Report*. Rotterdam: CIB Publication 329.
- Bock, T., & Linner, T. (2015). *Robotic Industrialization. Automation and Robotic Technologies for Customized Component, Module, and Building Prefabrication*. New York: The Cambridge Handbooks on Construction Robotics.
- Book, T., & Linner, T. (2015). *Robot Oriented Design-Design and Management Tools for the Deployment of Automation and Robotics in Construction*. Cambridge: The Cambridge Handbooks in Construction Robotics.

- Brand, S. (1995). *How buildings learn: What happens after they're built*. New York: Penguin Books.
- Braumann, J., & Brell-Cokcan, S. (2011). *Parametric Robot Control - Integrated CAM/CAM for Architectural Design*. Viena: ACADIA.
- Cabezas, C. (13 de 07 de 2013). MECANO: Módulo de Emergencia para Catástrofes Naturales / IGEO-UM FADAU. *ArchDaily México*, 1. Obtenido de <https://www.archdaily.mx/mx/02-277978/mecano-modulo-de-emergencia-para-catastrofes-naturales-igeo-um-fadau>
- Cabrero, J. (2014). Arquitectura modular. El futuro de la construcción es con madera. *Documentos de Cátedra Madera N° 14 Arquitectura modular*. (págs. 30-32). Navarra: Navarra Forestal, 35.
- Cao, L. (2021). "Spot: El robot que compara el diseño con la construcción en terreno" [How Does Spot Work? The Robot That Compares Design to Reality at the Construction Site]. *ArchDaily*. Recuperado el 12 de 01 de 2021, de <https://www.archdaily.mx/mx/954806/como-funciona-spot-el-robot-que-compara-el-diseno-con-la-construccion-en-terreno>
- Carra, G. (2018). Robotics in the construction industry: State of the art and future opportunities. *35th International Symposium on Automation and Robotics in Constructions (ISARC 2018)*. Rotterdam: CIB Publication.
- Castelli, L., Flain, D., & Naya, S. (2018). MuebleINmueble. *Tesina de Diploma de Especialización en Proyecto de Mobiliario*. Universidad de la Republica de Uruguay, Montevideo, Uruguay. Obtenido de http://www.fadu.edu.uy/proyecto-mobiliario/files/2019/04/L_CASTELLI_D_FLAIN_S_NAYA_Tesina_DEPM_FADU_Udelar_muebleINmueble_2018_T_AParodi.pdf
- Chair of Building Realisation and Robotics. (2001). *Br2*. Obtenido de <http://www.br2.ar.tum.de/index.php/lehre/ausmip/8-home/158-lisa-habitec-habitat-bits-and-technology-in-an-ageing-society>
- Cheung, K. (2012). *Digital cellular Solids: Reconfigurable Composite Materials*. Bostón: Ph.D. Thesis, MIT.
- CITI AEC. (28 de 11 de 2018). *CONGRESO IBEROAMERICANO DE TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN PARA LA INDUSTRIA AEC*. Recuperado el 09 de 01 de 2019, de CONGRESO CITI-AEC 2018/CDMEX: <https://citi-aec.com/construccion-4-0/>
- Claypool, M. (07 de 2019). *e-flux Architecture*. Obtenido de Discrete Automation: www.e-flux.com/architecture/becoming-digital/248060/discrete-automation/
- Colombo, J. (1972). Total Furnishing Unit. New York, EE.UU: MOMA, NY. Obtenido de <http://atlasofinteriors.polimi-cooperation.org/2015/03/16/joe-colombo-total-furnishing-unit-museum-of-modern-art-new-york-1972/>

- Connors, J. (2015). *The one-room apartment of Cornelis Meijer*. Cambridge: Ashgate Publishing. Obtenido de https://scholar.harvard.edu/files/jconnors/files/connors_2015_cornelis_meyer.pdf
- Cook, P. (1999). *Living 1990. A GUIDE TO ARCHIGRAM*. París, France: Centre Georges Pompidou.
- Cutcher-Gershenfeld, J., Gershenfeld, A., & Gershenfeld, N. (2018). *Digital Fabrication and the Future of Work*. New York: Members-only Library.
- CyBe. (01 de 01 de 2019). *3D Printer Laboratory*. Recuperado el 02 de 02 de 2019, de www.cybe.eu
- Díaz, P. (2012). Japón. *Manifestaciones arquitectónicas de la sociedad japonesa*. Facultad de Arquitectura, Universidad de la República.
- Diez, D. (16 de 10 de 2018). *LA CONSTRUCCIÓN 4.0 NO ES SÓLO UNA CUESTIÓN DE TECNOLOGÍA*. (D. Diez, Ed.) Recuperado el 10 de 01 de 2019, de Contart 2018: <https://contart2018.com/la-construccion-4-0-no-es-solo-una-cuestion-de-tecnologia/>
- Fernández, L., & Soler, C. (2011). El General Panel System de Konrad Wachsmann y Walter Gropius, 1941. Comunicación presentada en el VII Congreso Nacional Historia de la Construcción: 26-29 de octubre. Santiago de Compostela: Instituto Juan Herrera. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/330937950_El_General_Panel_System_de_Konrad_Wachsmann_y_Walter_Gropius
- Fernández, M. (20 de Enero de 2020). Arquitectura dinámica que se adapta al medio y al ser humano. *CIC construcción*. Obtenido de <https://www.cicconstruccion.com/texto-diario/mostrar/2743214/opinion-arquitectura-dinamica-adapta-medio-humano>
- Fernandez, P. (2012). Hacia una vivienda variable y sostenible concebida como si el habitante importara. *La casa Abierta*. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- Foundation, WikiHouse. (01 de 01 de 2019). *WikiHouse*. Recuperado el 01 de 02 de 2019, de www.wikihouse.cc
- Franco, J. (2014). "Barcode Room: Un espacio mínimo y flexible a través de muebles dinámicos". *ArchDaily México*, 1.
- Franco, R. (2009). Estructuras Adaptables. (F. d. Arquitectura, Ed.) *Revista de Arquitectura*, vol. 11, pp. 108-119. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=125117408011>
- Frazer, J. (1980). *Evolutionary Architecture: Three-dimensional intelligent modelling system*.
- García, T. Studio. (21 de 10 de 2021). La casa de un solo armario. *ArchDaily México*. Obtenido de https://www.archdaily.mx/mx/970500/casa-de-un-solo-armario-tomas-garcia-piriz-studio?utm_medium=email&utm_source=ArchDaily%20M%C3%A9xico&kth=

- Gausa, M. (2010). *Open. Espacio, tiempo, informacion: arquitectura, vivienda y ciudad contemporánea*. Barcelona: 2010.
- Gershenfeld, N. (2005). *Fab: The Coming Revolution on Your Desktop – from Personal Computers to Personal Fabrication*. New York: Basic Books.
- Gershenfeld, N. (2012). *Making Computers Like Watson Faster, Smaller and Smarter–Bits and Atoms*. Bulletin of the American Physical Society.
- Gershenfeld, N. C. (2015). *Macrofabricación con Materiales Digitales: Ensamblaje Robótico. Diseño Arquitectónico*.
- Giménez, M. (2015). La Arquitectura Adaptable desde una concepción Social. *Tesis de Maestría en Arquitectura*. MAAPUD. Maestría en Arquitectura Avanzada Paisaje Urbanismo y Diseño, Valencia.
- Griffiths, A. (2019). Studio José de la O reveals objects designed by brainwaves. *Dezeen*, 1-2. Obtenido de <https://www.dezeen.com/2019/08/01/studio-jose-de-la-o-vase-brainwaves/>
- Grimberg, K. (11 de Julio de 2019). Summering with the Einsteins. *The Berlin Times*, p. 24. Obtenido de <http://www.german-times.com/konrad-wachsmann-was-a-pioneer-in-industrial-construction-and-a-highly-regarded-architecture-professor-in-the-us/>
- Groak, S. (1992). *The idea of building: Thought and action in the design and production of buildings*. London: Taylor & Francis.
- Gropius, W. (1954). *Eight steps toward a solid architecture*. Forum 100.
- Gutiérrez, P. (2013). Una casa para Einstein: Konrad Wachsmann y la evolución de un modelo prefabricado desde las casas Christoph & Unmack A.G. al General Panel System. En I. C. Torroja (Ed.), *Comunicación presentada en las Jornadas Internacionales de Investigación en Construcción: 21-22 de noviembre* (págs. 2-7). Madrid: CSIC. Obtenido de http://oa.upm.es/21791/1/JORNADAS_ET_WACHSMANN.pdf
- Habraken, N. (2010). *El Diseño de soportes*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Heathcote, E. (2018). The furniturisation of architecture: from St Jerome in his study to built-in cupboards and summer pavilions. *The Architectural Review: AR House + Furniture*, blog. Obtenido de https://www.architectural-review.com/essays/furniture/the-furniturisation-of-architecture-from-st-jerome-in-his-study-to-built-in-cupboards-and-summer-pavilions?utm_medium=website&utm_source=archdaily.mx
- Heidegger, M. (1951). Construir, habitar, pensar. *Conferencias y artículos*. Darmstadt.
- Herbert. (1984). *The Dream of the Factory-Made House*. Massachusetts, Cambridge, EE.UU: MIT Press.
- Herbert, G. (1981). *The Packaged House: Dream and Reality*. Haifa, Israel: Documentation Unit of Architecture.

- Jabbour, D. (2017). *Arquitectura Flexible: Open Building en Viviendas. Trabajo de fin de grado.* Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España. Obtenido de http://oa.upm.es/47501/1/TFG_Jabbour_Diaz_David.pdf
- Kieran, S., & Timberlake, J. (2004). *Refabricating Architecture: How Manufacturing Methodologies Are Poised to Transform Building Construction.* New York: McGraw-Hill.
- Koolhaas, R., & Mau, B. (1995). *S, M, L, XL.* New York: The Monacelli Press.
- Kroll, L. (1998). Bio Psycho Socio Ecologies Urbaines, Apostar por la complejidad. Atelier Lucien Kroll. *Revista Arquitectura Viva, número 59.* Obtenido de <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n9/n9libros.html#KROLL>
- Kronenburg, R. (2002). *Modern Architecture for Flexible Living, Living in Motion: Design and Architecture.* Weil am Rhein: Vitra Design Museum.
- Kronenburg, R. (2007). *Flexible, Arquitectura que integra el cambio.* Barcelona: Blume.
- Kronenburg, R. (2007). *Flexible: Architecture that responds.* Londres: Laurence king.
- Kronenburg, R. (2008). *"Flexible Architecture: Flexible Dwelling" en Vivienda y Espacio Doméstico en el Siglo XXI.* Madrid: La Casa Encendida.
- Linner, T. (2013). *Automated and Robotics Construction: Integrated Automated Construction Sites. (PhD Tesis).* Technische Universität München, München.
- Linner, T., Güttle, J., Bock, T., & Georgoulas, C. (2015). Microhabitaciones robóticas de asistencia para una vida independiente. *Cátedra de Realización de Edificios y Robótica* (págs. 1-32). München: Automation in Construction. Technische Universität München. doi:10.1016/j.autcon.2014.12.013
- Lublasser, E., Braumann, J., Goldbach, D., & Brell-Cokcan, S. (2016). Robotic forming. Rapidly generating 3D forms and structures through incremental forming. *21st International Conference on CAADRIA* (págs. 539-548). Melbourne: CAADRIA.
- Lucarelli, F. (2017). *The one-room apartment of Cornelis Meijer 1689.* Obtenido de <http://socks-studio.com/2017/11/12/the-one-room-apartment-by-cornelius-meyer-1689/>
- Martínez, M. (2019). La arquitectura como mueble o la arquitectura con el mueble. *Fundamentos de la Arquitectura.* Universidad Politecnica de Valencia, Valencia.
- Massad, F., & Guerrero, A. (2003). Arquitectura en la Era de la Revolución Digital. *Revista Experimenta N° 45.*
- Mies van der Rohe, L., & Neumeyer, F. (1995). *La palabra sin artificio. Reflexiones sobre la arquitectura 1922/1968.* Madrid: El croquis.
- NCSU Libraries Collections. (11 de 2013). Sommer Einstein House. *On-site wood frame method*, pp.4. Fig. 30. Obtenido de http://oa.upm.es/21791/1/JORNADAS_ET_WACHSMANN.pdf

- Nelson, G., & Wright, H. (1947). *La Vivienda del Mañana "Como Planear Ahora Su Hogar Para La Postguerra"*. Ejemplar traducido del original "Tomorrow's House. How to Plan Your Post-War Home Now". San Isidro, Buenos Aires: Contemporanea.
- Noguchi, M., & Friedman, A. (2002). Mass Custom Design System Model for the Delivery of Quality Homes-Learning from Japan's Prefabricated Housing Industry. *Measurement and Management of Architectural Value in Performance-Based Building* (págs. 229-243). Hong kong: CIB W060-096 Syllabus Joint Conference.
- Ojeda, J. (1996). *Biological architecture "Camino a casa"*. CDMEX: CIAM-SIAM.
- Osorio, X. (2016). *Arquitectura y estructuralismo en el siglo XXI. Elementos de proyección de vivienda flexible para la participación del habitante*. Universidad de San Buenaventura, Medellín. doi:<https://doi.org/10.21500/01235826.2976>
- Otto, F. (1979). *Arquitectura Adaptable. Comunicación presentada en el Seminario organizado por el Instituto de Estructuras Ligeras: IL 1979*. Universidad de Stuttgart, Stuttgart, Alemania.
- Overstreet, K. (01 de 05 de 2021). ¿Qué es realmente un hogar y cómo planificamos su futuro? [What Makes a Home and How Do We Plan for its Future?]. *ArchDaily*, 1-4. Recuperado el 08 de 01 de 2021, de <https://www.archdaily.mx/mx/954510/que-es-realmente-un-hogar-y-como-planificamos-su-futuro>
- Pastrana, A. (2017). Integración de Sistemas Prefabricados en Altura para la Flexibilización del Hábitat Urbano. *Tesis de Maestría*. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Priemus, H. (1993). Flexible housing: fundamentals and background. *Open House International*, n. 4, p.19.
- Reed Business Information, S.A.U. n°2. (2010). Construcción Sostenible (Productos y Materiales). *DETAIL Green*, 186-187.
- Retsin, G. (2016). *Discrete and Digital TxA 2016*. Londres: Guilles Retsin Architecture. Obtenido de <https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/10070957/>
- Retsin, G. (2019). *DISCRETE Reappraising the Digital in Architecture*. London: Architectural Design. Wiley.com.
- Rodríguez, C. (2013). Herman Hertzberger. *Lo inacabado en la arquitectura*. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- Rodríguez, J. (2015). La Arquitectura Adaptable desde una concepción social. *Tesis de Maestría*. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10251/62377>
- Saiz, P. (2020a). *linkedin de Pablo Saiz. Construcción Industrializada*.
- Saiz, P. (2020b). *linkedin de Pablo Saiz. Packaged House*. Obtenido de <https://www.linkedin.com/pulse/packaged-house-pablo-saiz>

- Schneider, T., & Hill, J. (2007). *Flexible Housing*. Oxford: Architectural Press.
- Stepien, A., & Barnó, L. (16 de 01 de 2019). Obtenido de Blog digital de stepienybarno: <https://www.stepienybarno.es/blog/2020/04/24/como-vivir-en-un-piso-william-heath-robinson/>
- TallerDE2 Arquitectos. (2014). "The POP-UP House / TallerDE2 Arquitectos". *ArchDaily México*, 01. Obtenido de <https://www.archdaily.mx/mx/758987/the-pop-up-house-tallerde2-arquitectos>
- University of Exeter. (03 de February de 2022). *Construction 4.0 technologies key to improving sustainability of sector*. Obtenido de https://www.exeter.ac.uk/news/research/title_895671_en.html
- Valencia, N. (19 de 12 de 2020). "¿Cuáles son las megatendencias que están reformulando la arquitectura y la construcción?" [What Are the Megatrends Reshaping the Architecture Field and the Construction Industry?]. *ArchDaily*. Recuperado el 09 de 01 de 2021, de <https://www.archdaily.mx/mx/953150/cuales-son-las-megatendencias-que-estan-reformulando-la-arquitectura-y-la-construccion>
- Zilic, F., Elissetche, J., & Hernandez, V. (08 de 2019). Oportunidades de Manufactura Avanzada para la Industria de la Construcción en Madera. (U. d. Concepción, Ed.) *Polomadera*. Obtenido de www.polomadera.cl

Listado de siglas

AIST - Advanced Industrial Science and Technology Institute of Japan's

BIM – Building Information Modeling

Br2 - Lehrstuhl für Baurealisierung und Baurobotik

CAD – Computer Aided Design

CAM – Computer Aided Manufacturing

CBA - Center for Bits and Atoms

CLT – Cross Laminated Timber

CNC - Computer Numerical Control

DARPA - Defense Advanced Research Projects Agency

EPDM - Etileno, Propileno y Dieno tipo M ASTM

FAB LAB - Laboratorio de Fabricación Digital

IaaC - Instituto de Arquitectura Avanzada de Cataluña

IAARC - International Association for Automation and Robotics in Construction

LIDAR - Light Detection and Ranging

LVL - Laminated Veneer Lumber

MIT - Massachusetts Institute of Technology

MOMA - Museum of Modern Art

NSF - National Science Foundation

RAE - Real Academia Española

RFID – Radio Frequency Identification / Identificador de Radio Frecuencia

SLAM - Solution to the simultaneous localization and map building

TUM - Technische Universität München

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1.1 Gráfica de muertes por <i>COVID-19</i> a nivel mundial (tasa por millón de habitantes). Fuente: (Barragán, 2021).....	3
Ilustración 1.2 Diagrama metodológico del proyecto. Fuente: Elaboración propia.....	9
Ilustración 2.1 Distribución del primer muro. Fuente: (Lucarelli, 2017).....	14
Ilustración 2.2 Distribución del segundo muro. Fuente: (Lucarelli, 2017).....	15
Ilustración 2.3 Distribución del tercer muro. Fuente: (Lucarelli, 2017).....	16
Ilustración 2.4 Distribución del cuarto muro. Fuente: (Lucarelli, 2017).....	17
Ilustración 2.5 Pintura que representa a San Jerónimo leyendo en un elaborado mueble arquitectónico plurifuncional. Fuente: (Heathcote, 2018).....	18
Ilustración 2.6 Caricaturas de William Heath Robinson, mostrando habitaciones con un máximo de flexibilidad a sus usuarios. Fuente: (Stepien & Barnó, 2019).....	19
Ilustración 2.7 Interior de la cabina para la película del 5° Elemento. Fuente: Pinterest. Accedido el 12 enero 2021 en: < https://www.pinterest.com.mx/pin/1337074861668404/ >.....	20
Ilustración 2.8 Dispositivos en el interior de un avión en primera clase. Fuente: Google Images. Accedido el 18 abril 2021 en: < https://www.worldcare.co.nz/blog/tag/travel-accessories/ >.....	23
Ilustración 2.9 Muestra los controles y dispositivos en el interior de un automóvil contemporáneo. Fuente: Google Images. Accedido el 18 abril 2021 en: < https://noticias.autocosmos.cl/2020/06/23/estos-son-los-mejores-interiores-de-autos-en-2020 >.....	24
Ilustración 2.10 Fotografía cortesía de Edgar Martins. Vemos todos los dispositivos y cabinas en “The weird, clinical spaces of the European Space Agency.” Fuente: Google Images. Accedido el 18 de abril 2021 en: < http://t.co/8mz76Uu3cY >.....	24
Ilustración 2.11 Foto de Albert Einstein con su esposa Elsa en la terraza de su casa de verano junto al arquitecto Konrad Wachsmann en 1930. Fuente: (Grimberg, 2019).....	25

- Ilustración 2.12** Mueble de almacenamiento en el interior de la Einstein House en Caputh. Fuente: (Gutiérrez, 2013) & (NCSU Libraries Collections, 2013)..... 26
- Ilustración 2.13** Isométrico de conexiones de la Packaged House. Fuente: (Saiz, 2020b) 27
- Ilustración 2.14** Componentes industriales de la Packaged House. Fuente: (Saiz, 2020b)..... 27
- Ilustración 2.15** Wachsmann y Gropius arriba de losa de la casa. Fuente: (Saiz, 2020b)..... 30
- Ilustración 2.16** Anuncio del sistema “Storage Wall” en LIFE. Fuente: Web de la Fundación George Nelson. Accedido el 2 feb 2020 en: <www.georgenelsonfoundation.org> 31
- Ilustración 2.17** Reportaje en periódicos del sistema “Storage Wall”. Fuente: Web de la Fundación Nelson. Accedido el 2 feb 2020 en: <www.georgenelsonfoundation.org> 32
- Ilustración 2.18** “La vivienda del mañana” con el sistema “Storage Wall”. Fuente: abebooks.. 33
- Ilustración 2.19** Esquema participativo en el diseño del sistema “Estructura y Relleno”. Fuente: (Habraken, 2010, pág. 18) como se expone en (Jabbour, 2017)..... 34
- Ilustración 2.20** En las imágenes se puede observar las Instalaciones registrables en piso bajo el concepto “Skeleton & Infill” en el edificio Next 21, en Osaka, Japón. Fuente: Google Images. Accedido el 15 de enero 2021 en: <http://greenworkshop.delta-foundation.org.tw/green_page.asp?id=236>..... 35
- Ilustración 2.21** Dibujo conceptual del proyecto MANZAK Electronic Tomato por [Warren Chalk / Ron Herron] en 1969. Fuente: Pinterest. Accedido el 25 noviembre 2020 en: <<https://www.pinterest.com.mx/pin/312296555380522396/>> 36
- Ilustración 2.22** Prototipo de “Living 1990” en 1967. Fuente: (Cook, 1999)..... 37
- Ilustración 2.23** Maqueta conceptual del proyecto “Habitable cupboard” realizada en 1972. Fuente: Pinterest. Accedido 5 nov 20 <<https://co.pinterest.com/pin/426434658446628662/>>.... 37
- Ilustración 2.24** Prototipo arquitectónico del “Total Furnishing Unit” y esquema de distribución. Fuente: Exposición para el museo MOMA N.Y., en (Colombo, 1972) 38
- Ilustración 2.25** Isométrico del proyecto “Total Furnishing Unit” Fuente: Exposición para el museo MOMA N.Y., en (Colombo, 1972). 39
- Ilustración 2.26** Kurokawa proyecto el Box Type apartments en 1962. Fuente: Pinterest. Accedido el 2 abril 2021 en: <<https://www.pinterest.es/pin/339740365609811951/>> 40
- Ilustración 2.27** En esta propuesta la casa podrá ser reeditada cuantas veces se requiera. Fuente: Blogspot. Accedido el 5 abril 2021 en <<http://arqueologiadel futuro.blogspot.com/>> 41

- Ilustración 2.28** Fotografía del muro con los dispositivos en una Tercera Piel del proyecto “Nakagin capsule”. Fuente: Revista digital Designboom. Accedido el 10 abril 2021 en: <www.designboom.com/architecture/kisho-kurokawa-nakagin-capsule-tower-building/> 43
- Ilustración 2.29** Planta arquitectónica e isométrico del proyecto “Nakagin capsule tower”. Fuente: (Pastrana, 2017). 43
- Ilustración 3.1** Proyecto de La Casa Mueble. Fuente: Blog personal de Ramón Esteve. Accedido el 17 septiembre 2020 en: <<https://www.ramonesteve.com/la-fabricacion-del-interior/el-mueble-como-arquitectura-shigeru-ban/>>..... 47
- Ilustración 3.2** Dibujo arquitectónico, planta e isométrico de “La Casa Retícula”. Fuente: Revista digital Plataforma Arquitectura. Accedido el 17 agosto 2020 en: <<https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-346349/la-obra-arquitectonica-del-premio-pritzker-2014-shigeru-ban/532b0d2bc07a803a1c000015>> 48
- Ilustración 3.3** Plano con la estructura de los armarios modulares y vistas interiores de la “Furniture House”. Fuente: Blog Diseño y Arquitectura. Accedido el 12 septiembre 2020: <<https://www.disenoyarquitectura.net/2009/10/furniture-house-en-sagaponac-shigeru.html>> ... 49
- Ilustración 3.4** Vistas interiores de la “Drawer House”. Fuente: Web de Nendo Works. Accedido el 10 marzo 2020 en <<http://www.nendo.jp/en/works/drawer-house/>> 50
- Ilustración 3.5** Planta arquitectónica y vista del interior del mobiliario habitable. Fuente: Revista digital Designboom. Accedido el 16 noviembre 2020. <<https://www.designboom.com/architecture/mount-fuji-architects-studio-near-house/>>..... 51
- Ilustración 3.6** Alzado del proyecto “Barcode”. Fuente: Web de Knezo Design Studio. Accedido el 15 abril 2022 en: <<http://www.knezodesignstudio.com/barcode-room/>> 52
- Ilustración 3.7** Plataformas (Muebles/Muro) “Barcode”. Fuente: Web de Knezo Design Studio. Accedido el 15 abril 2022 en: <<http://www.knezodesignstudio.com/barcode-room/>> 53
- Ilustración 3.8** Vista interior del “Barcode”. Fuente: Web de Knezo Design Studio. Accedido el 15 abril 2022 en: <<http://www.knezodesignstudio.com/barcode-room/>> 53
- Ilustración 3.9** Proceso de construcción de “MECANO” cortesía de Constanza Cabezas. Fuente: Revista digital ArchDaily México. Accedido el 25 abril 2021 en: <<https://www.archdaily.mx/mx/02-277978/mecano-modulo-de-emergencia-para-catastrofes-naturales-igeo-um-fadau>> 54
- Ilustración 3.10** Vemos la obra “Machine for living” escultura de Toland Grinnel. Fuente: Galería Digital de Maniform. Accedido el 15 abril 2022 en: <<http://maniform.com/grinnell/artstar3.htm>> 55

Ilustración 3.11 Diferentes configuraciones del mueble contenedor. Fuente: Revista digital ArchDaily México. Accedido el 15 Abr 2022. <<https://www.archdaily.mx/mx/758987/the-pop-up-house-tallerde2-arquitectos>> 56

Ilustración 3.12 Vista interior del proyecto. Fuente: Revista digital ArchDaily México. Accedido el 15 Abr 2022. <<https://www.archdaily.mx/mx/758987/the-pop-up-house-tallerde2-arquitectos>> 57

Ilustración 3.13 Planta de distribución espacial de la Infraestructura. Fuente: Revista digital ArchDaily México. Accedido el 15 Abr 2022. <<https://www.archdaily.mx/mx/758987/the-pop-up-house-tallerde2-arquitectos>> 58

Ilustración 3.14 Diferentes configuraciones del espacio a través de los armarios. Fuente: Web de Enorme Studio. Accedido el 17 junio 2020 en: <<https://enormestudio.es/eiphouse>> 59

Ilustración 3.15 Configuración del espacio a través de una Tercera Piel. Fuente: Web de la oficina de arquitectura ELII. Accedido el 22 de julio 2020 en: <<https://elii.es>> 60

Ilustración 3.16 Adaptabilidad del espacio a través de una Tercera Piel. Web de la oficina de arquitectura ELII. Accedido el 22 de julio 2020 en: <<https://elii.es>> 62

Ilustración 3.17 Distribución del espacio a través de una Tercera Piel. Web de la oficina de arquitectura ELII. Accedido el 22 de julio 2020 en: <<https://elii.es>> 62

Ilustración 3.18 Diferentes configuraciones y adaptabilidad del espacio a través de variados armarios y cajoneras en forma de “L”. Fuente: Web de la oficina de arquitectura ELII. Accedido el 22 de julio 2020 en: <<https://elii.es>> 63

Ilustración 3.19 Posibilidades de combinación. Fuente: Revista digital ArchDaily México. Accedido el 21 de octubre 2021 en: <<https://www.archdaily.mx/mx/970500/casa-de-un-solo-armario-tomas-garcia-piriz-studio>> 64

Ilustración 3.20 Vista del interior del proyecto en la recámara principal. Fuente: Revista digital ArchDaily México. Accedido el 21 de octubre 2021 en: <<https://www.archdaily.mx/mx/970500/casa-de-un-solo-armario-tomas-garcia-piriz-studio>> ... 65

Ilustración 3.21 Planta arquitectónica del antes y después. Fuente: Revista digital ArchDaily México. Accedido el 21 de octubre 2021 en: <<https://www.archdaily.mx/mx/970500/casa-de-un-solo-armario-tomas-garcia-piriz-studio>> 65

Ilustración 3.22 Esquema de los nuevos procesos usados en la producción de vivienda en madera a través de corte CNC. Fuente: Polomadera (Zilic, Elissetche, & Hernandez, 2019) 66

Ilustración 3.23 HRP-5P Robot, aplicando yeso cartón sobre entramado liviano de madera. Fuente: Revista Polo madera, AIST. Zilic et al. (2019)..... 73

Ilustración 3.24 Spot: El robot que compara el diseño con la construcción en terreno. Fuente: Foster & Partners. (Cao, 2021).	74
Ilustración 3.25 Cronología del desarrollo de la industria de la construcción. Fuente: Blog digital de AODpaisajes. Accedido el 21 de marzo 2022 en: < https://aodpaisajes.com/2020/05/25/arquitectura-4-0-de-la-industria-al-diseno/ >.....	75
Ilustración 3.26 Gráfico que muestra las curvas de Foster en el desarrollo de la industria y la tecnología de construcción. Fuente: Robot Oriented Design, (Book & Linner, 2015)	76
Ilustración 3.27 Isométrico de las piezas interiores de la Fab Lab House. Fuente: Archivo personal.....	80
Ilustración 3.28 Render y análisis bioclimático de la Fab Lab House a través del uso de software Bioclimático, Ecotec. Fuente: Archivo personal.....	81
Ilustración 3.29 Plantilla de corte CNC, una vez empleado el software RhinoNest. Finalizado con el despiece de partes de toda la Fab Lab House. Fuente: Archivo personal.	82
Ilustración 3.30 Derecha: Robot de corte en madera marca KUKA de la empresa Finnforest Merk. Izquierda: Piezas salidas del corte. Fuente: Archivo personal.	83
Ilustración 3.31 Modelo de producción en un Fab Lab. Fuente: Blog “La Prensa Gráfica.” Accedido el 7 julio 2020 en: < http://blogs.laprensagrafica.com/litoibarra/?p=5077 >	83
Ilustración 3.32 Las cuatro ilustraciones muestran la sencillez del armado de piezas. Fuente: Archivo personal.....	84
Ilustración 3.33 Fachada frontal de la Fab Lab House. Fuente: Archivo personal.	86
Ilustración 3.34 Pieza representativa del componente basamento de la Piel de Losa, para la estructura en madera de la Fab Lab House. Fuente: Archivo personal.	88
Ilustración 3.35 Basamento y cubierta de la piel de losa. Fuente: Archivo personal.....	89
Ilustración 3.36 Fab Lab House terminada y expuesta en Madrid. Fuente: Archivo personal. .	89
Ilustración 3.37 Arriba: rampa de acceso y entrada principal. Al centro: planta arquitectónica. Abajo: una vista hacia la recámara principal. Fuente: Archivo personal.	90
Ilustración 3.38 Foto final de la maqueta y equipo de investigadores de la Fab Lab House. Al centro el Prof. Dr. Neil Gershenfeld y el Dir. Vicente Guallart. Fuente: Archivo personal.....	91
Ilustración 3.39 Medalla otorgada por el Comité del SDE. Fuente: Archivo personal.....	91

- Ilustración 3.40** Esquema de Método Discrete Automation. Fuente: Master Tesis IaaC. Accedido el 22 de enero 2022 en: < <https://www.iaacblog.com>> 92
- Ilustración 3.41** Representación de una curva tipo NURBS en forma digital y Discreta, por Greg Lynn's en (Retsin, Discrete and Digital TxA 2016, 2016, pág. 14). Fuente: PDF de UCL Discovery. Accedido el 22 de febrero 2022 en:<<https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/10070957/>> 93
- Ilustración 3.42** Proceso de trabajo de AUAR. Fuente: Revista digital Designboom. Accedido el 22 de enero 2022 en: < <https://www.designboom.com/architecture/automated-architecture-auar-robotically-assembled-dwelling-global-investment-summit-uk-10-19-2021/>>..... 94
- Ilustración 3.43** Comparación del sistema tradicional de construcción (izquierda) y el nuevo sistema (derecha). Fuente: Portal digital e-flux. Accedido el 21 de enero 2022 en: <<https://www.e-flux.com/architecture/becoming-digital/248060/discrete-automation/>> 94
- Ilustración 3.44** Línea de producción en Discrete Automation para el pabellón Block West / AUAR. Fuente: Revista digital ArchDaily México. Accedido el 22 de enero 2022 en: <www.archdaily.mx/mx/957825/pabellon-block-west-automated-architecture-auar-labs> 95
- Ilustración 3.45** Se muestra desde la plantilla de corte en madera, hasta el ensamblado y desensamblado tanto vertical como horizontal. Fuente: Revista digital ArchDaily México. Accedido el 22 de enero 2022 en: <<https://www.archdaily.mx/mx/957825/pabellon-block-west-automated-architecture-auar-labs>> 96
- Ilustración 4.1** Esquema de las tres capas que integran la plataforma prefabricada en madera. Fuente: Elaboración propia. 98
- Ilustración 4.2** El concepto de La Tercera Piel, es derivado de unir 3 principios anatómicos funcionales, para llegar a 1 componente. Fuente: Compilación de Google Images. Accedido el 16 abril 2022 en: < <https://www.hiclipart.com/free-transparent-background-png-clipart-amuwb>> . 99
- Ilustración 4.3** Brand elaboró esta hipótesis, estableciendo seis capas. Shearing layers of change. Fuente: Jaime Coll. Cortesía de Revista Rita_ n°10 (Brand, 1995) 101
- Ilustración 4.4** Hipótesis de La Tercera Piel Arquitectónica. Fuente: Adaptación personal.... 103
- Ilustración 4.5** Algoritmo comparativo entre un edificio común y un edificio evolutivo. Fuente: (Brand, 1995) 103
- Ilustración 4.6** Diferentes estudios conceptuales para determinar la imagen de la piel-dispositivo, en la plataforma prefabricada. Fuente: Elaboración por equipo IaaC. 105
- Ilustración 4.7** “Él antes y después fotográfico” elaboración propia. Fuente: Google Images y Web de Janssens. Accedido el 25 marzo 2021 en: <www.filipjanssens.be> 110

- Ilustración 4.8** Dispositivos neuronales Aura. Fuente: Web de la empresa Aura. Accedido el 25 septiembre 2020 en: <<https://aura-neuro.tech/>> 112
- Ilustración 4.9** Captura de pantalla de modelo 3D de EcoRefugio. Fuente: Galería de la aplicación online de ShapeDiver. Accedido el 23 febrero 2022 en: <<https://www.shapediver.com/app/m/ad-s-expert-casa-pref>> 114
- Ilustración 4.10** Interfaz de software Rhinoceros y Grasshopper, en un ejercicio de componentes “Transmitting ABB Rapid Code”. Fuente: Imágenes en el Google. Accedido el 19 abril 2022 en: <<https://www.basellers.com/?product-id=92756251-46>> 115
- Ilustración 4.11** Tabla comparativa del modelo de construcción actual VS modelo de solución planteada. Fuente: Pablo Saiz a través de LinkedIn, cofundador de Woodea. 119
- Ilustración 4.12** La figura muestra un isométrico de la plataforma (piel estructural), (1) y (2) versión 1.0 con sus puntos para unión horizontal (4) y su piel interna y externa (10). Se puede apreciar el uso de los ductos que se crean dentro de los multi-nichos reticulares, para el paso de instalaciones tanto verticales (11) como horizontales (12). Así como la personalización de los nichos, a través de cajones empotrados (16). Finalmente hay un bastidor perimetral (15) que sirve de junta constructiva entre otro módulo subsecuente, y recubrimiento total del exterior y parte del interior (10). Fuente: Elaboración propia..... 120
- Ilustración 4.13** Ejemplo de proyecto “un cuarto más” el cual considera poner en azoteas viviendas accesorias. Fuente: Revista digital Arquine. Accedido el 17 septiembre 2020 en: <www.arquine.com/un-cuarto-mas-rozana-montiel-alin-wallach/> 122
- Ilustración 4.14** Fase (1) Isométrico de 3 módulos (6), sobre un firme de concreto (8) y piel estructural en muro y cubierta (7) con su recubrimiento (10). Fuente: Elaboración propia. 122
- Ilustración 4.15** Segunda fase de la propuesta constructiva de piel estructural a dos aguas. Construida en Atlacomulco, Estado de México; a través de plataformas prefabricadas en madera en triplay de 12 mm de espesor al interior y paneles OSB al exterior. El módulo de cada plataforma es de 2.44 X 2.44 m. Escala del prototipo: 1/1. Superficie de construcción 10 m². Fuente: Fotografía de archivo personal..... 123
- Ilustración 4.16** Tercera fase del proceso de construcción on-site. Fuente: Archivo personal. 124
- Ilustración 4.17** Propuesta conceptual a dos niveles de altura del eco refugio. Fuente: Pinterest. 124
- Ilustración 5.1** Sección del módulo genérico del proyecto HABITEC. Fuente: Grupo de investigación Br2 (Chair of Building Realisation and Robotics, 2001) 126
- Ilustración 5.2** Funciones integradas. Fuente: Grupo de investigación Br2 (Chair of Building Realisation and Robotics, 2001) 127

Ilustración 5.3 Prototipado de piel robótica. Fuente: Grupo de investigación Br2 (Chair of Building Realisation and Robotics, 2001) 128

Ilustración 5.4 Arquitectura del sistema HABITEC. Fuente: Grupo de investigación Br2 (Chair of Building Realisation and Robotics, 2001) 129

Ilustración 5.5 Antena invisible RFID integrada a las repisas. Fuente: Grupo Br2 (Chair of Building Realisation and Robotics, 2001). 131

Ilustración 5.6 Dispositivos asistenciales, ejemplo en imagen derecha silla para colocar y quitar los zapatos, así mismo ayuda a ponerse de pie al usuario. Fuente: Br2 133

Ilustración 5.7 Lavabo del sistema HABITEC. Fuente: Grupo de investigación Br2 (Chair of Building Realisation and Robotics, 2001) 134

Ilustración 5.8 Módulo de dormitorio del sistema HABITEC. Fuente: Grupo de investigación Br2 (Chair of Building Realisation and Robotics, 2001)..... 134

Ilustración 5.9 Brazo robótico intuitivo integrado a la piel robótica. Fuente: Br2 (Chair of Building Realisation and Robotics, 2001) 137

Anexos con algunas constancias relativas al tema de Tesis



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

LA DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA
DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA

otorga la presente

CONSTANCIA

a

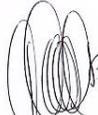
Arq. Ricardo Zaldivar Armenta.

Por su participación en el:

**Curso Tecnología en Madera en la Arquitectura
Contemporánea Internacional.**

Del 3 al 31 de marzo de 2008,
con una duración de 30 horas.

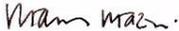
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
CIUDAD UNIVERSITARIA, D.F. A MARZO DE 2008



Arq. Jorge Tamés y Batta
Director de la Facultad de Arquitectura



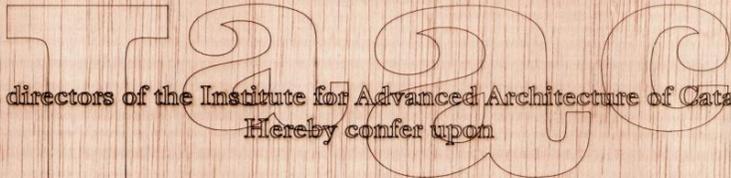
M. en Arq. Jan Van Rosmalen
Coordinador del Curso.



Arq. Marcos Mazari Hiriart
Jefe de la División de Educación Continua



Institute for Advanced Architecture of Catalonia
Barcelona, Spain



The directors of the Institute for Advanced Architecture of Catalonia
Hereby confer upon

Ricardo Zaldivar Armenta

The approval of the Solar Decathlon 2010 Research program
With all the rights, privileges and honors as well as the obligations and responsibilities appertaining

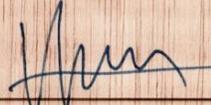
July 3, 2010



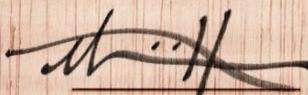
sd europe
SOLAR DECATHLON



IAAC



Vicente Guallart
IAAC Director, Emergent Territories
Director



Willy Müller
Self-Sufficient Buildings
Director



Marta Malé-Alemany
Digital Tectonics Director

September 3, 2010.

Ricardo Zaldívar
Instituto de Arquitectura Avanzada de Cataluña
Calle Pujades 102
08005 Barcelona
Barcelona
España

Dear Ricardo Zaldívar,

On behalf of myself and the entire Competition Team of the SDEurope, I would like to congratulate you for your participation in the Solar Decathlon Europe 2010. Thank you for contributing to the success this competition.

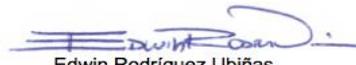
Ricardo, with your project "FABLABHOUSE", you and the others team members of the Instituto de Arquitectura Avanzada de Cataluña have demonstrated to the world that sustainable construction is possible, and that high efficiency houses can be also functional and attractive.

You worked with passion and dedication during the whole competition and you have shown that with responsibility, effort and firmness the challenges can be overcome. Thanks for your enthusiasm, ingenuity and commitment.

It was a pleasure working with you. I hope you have been positively transformed by this experience and I wish you very success in your academic and professional careers.

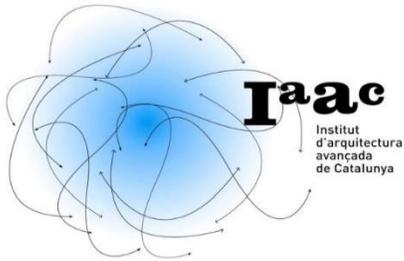
Congratulations once again! Stay in touch, and continuing working for a more sustainable built environment.

Sincerely,



Edwin Rodríguez Ubiñas
SDE Competition Manager





Barcelona September 15th, 2010

To whom it may concern,

The Institute for Advanced Architecture of Catalonia (IAAC) in Barcelona would like to inform you that **Mr. Ricardo Zaldivar Armenta** has participated in the Solar House Research and construction group during the academic year 2009-2010.

The solar house is a research and 1:1 scale construction program focusing in self sufficient and low energy consumption housing.

Mr. Ricardo Zaldivar Armenta took part in this program from October 2009 until July 2010 and finished succesfully after the house was constructed. Solar House is related with the Europe Solar Decathlon competition that this year took place in Madrid in July of 2010.

The Solar House research focuses on architecture, understood as a discipline that encompasses different energy solutions for self sufficient housing, linked with architectural design and digital fabrication construction methods.

Mr. Ricardo Zaldivar Armenta took part as a researcher and constructor in the program and followed all the necessary stages programmed by the Institute of Advanced Architecture of Catalonia.

For more information you can always visit the website www.iaac.net
In case you have any question please contact me.

Yours sincerely,

Vicente Guallart
Director of IaaC / Director of Solar House Research
Barcelona, 15 September 2010



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

LA DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA
DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA

otorga la presente

CONSTANCIA

Arq. Ricardo Zaldivar Armenta

Por su asistencia al :

Curso Procesos Morfogenetivos e Interpretación Social

en busca de una heterogeneidad espacial sensibilizada

del 4 de abril al 4 de mayo de 2011

duración 32 horas.

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
CIUDAD UNIVERSITARIA, D.F. A 4 DE MAYO DE 2011

Carlos Emilio Sandoval Olasoaga
Coordinador del Curso.

Arq. Jorge Tamás y Batta
Director de la Facultad de Arquitectura

Dr. Ronán Bolaños Linares
Coordinador del Curso.

Arq. Marcos Mazari Hiriart
Jefe de la División de Educación Continua





04/08/2014

Dear Ricardo Zaldivar,

We are delighted to welcome you to the University of Michigan! Thank you for accepting our invitation to visit the Robotic Fabrication in Architecture, Art and Design Conference (Rob|Arch) at the University of Michigan from 05/14/2014 to 05/18/2014.

In order to enter the United States, you will need to apply for a B-1/B-2 visa stamp at a U.S. embassy in your country or enter the U.S. under the U.S. Visa Waiver Program. For more information on this process, please refer to the U-M International Center website at <http://www.internationalcenter.umich.edu/immig/bvisa/>. The process for obtaining a visa stamp can be lengthy, so please begin in a timely manner.

Please contact your U-M host department contact, Wesley McGee, at 734/936-0246, wesmcgee@umich.edu if you have any questions about your upcoming visit.

Sincerely,

Monica Ponce de Leon
Dean and Eliel Saarinen Collegiate Professor of Architecture and Urban Planning

**EL CONSEJO NACIONAL DE LA MADERA EN LA
CONSTRUCCIÓN, A. C.**



Consejo
Nacional de la
Madera en la
Construcción

Otorga la presente

CONSTANCIA

A EL

Arq. Ricardo Zaldívar Armenta

Por su excelente participación en el:

Curso-Taller

“REQUERIMIENTOS PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE
ESTRUCTURAS LAMINADAS DE GRAN CLARO Y PISOS DE MADERA”
los días 4, 5, 11 y 12 de febrero del 2020, con una duración de 24 horas,
celebrado en la CDMX.

Ing. Eduardo Tello González
Presidente de COMACO

Viaducto Presidente Miguel Alemán No.277 Col. Escandón C.P 11800 CDMX



LA FACULTAD DE ARQUITECTURA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO,
A TRAVÉS DE SU DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA Y ACTUALIZACIÓN DOCENTE,
EN COLABORACIÓN CON EL CONSEJO NACIONAL DE LA MADERA EN LA CONSTRUCCIÓN A.C.

otorgan la presente
Constancia

a: Ricardo Zaldívar Armenta

por haber cumplido con el programa del:

Octavo Curso

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN
CON MADERA**
del 10 de marzo al 7 de mayo // total 36 hrs

“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”
Ciudad Universitaria, Cd. Mx., a 04 agosto 2020



Mtro. Marcos Mazari Hiriart
Director de la Facultad de Arquitectura

Arq. Héctor Alfonso Ferreiro León
Jefe de la División de Educación Continua
y Actualización Docente

Arq. Manuel Edgardo Elorza Wershoffen
Coordinador General del Curso