

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA ARQUITECTURA Y DISEÑO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA



**MUEBLE HABITABLE,
ALTERNATIVA MODULAR DE VIVIENDA PARA MEXICALI, BAJA
CALIFORNIA:
INVESTIGACIÓN A TRAVÉS DEL DISEÑO INDUSTRIAL**

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE:
DOCTORADO EN ARQUITECTURA, URBANISMO Y DISEÑO

ANDRES EDEN VARGAS MALDONADO

Correo electrónico: avargas64@uabc.edu.mx

Identificador ORCID: 0000-0003-4685-1217

Director de tesis: Dr. Aníbal Luna León
Identificador ORCID: 0000-0003-3480-0607

MEXICALI, BAJA CALIFORNIA ABRIL 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA ARQUITECTURA Y DISEÑO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA



**MUEBLE HABITABLE,
ALTERNATIVA MODULAR DE VIVIENDA PARA MEXICALI, BAJA
CALIFORNIA:
INVESTIGACIÓN A TRAVÉS DEL DISEÑO INDUSTRIAL**

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE:
DOCTORADO EN ARQUITECTURA, URBANISMO Y DISEÑO

ANDRES EDEN VARGAS MALDONADO

Correo electrónico: avargas64@uabc.edu.mx

Identificador ORCID: 0000-0003-4685-1217

Director de tesis: Dr. Aníbal Luna León
Identificador ORCID: 0000-0003-3480-0607

Comité tutorial:

Dr. Gonzalo Bojórquez Morales

Dr. Osvaldo Leyva Camacho

Dra. Marlene Zamora Machado

Dr. Alejandro Adolfo Lambert Arista

MEXICALI, BAJA CALIFORNIA ABRIL 2023

DEDICATORIA

A mis padres, Lidia y Porfirio, que inculcaron en mí el valor del conocimiento, y que gracias a su esfuerzo he podido realizar una vida plena, en lo personal, lo profesional y lo académico.

A mi hermana, Kennya, por su apoyo incondicional desde que llegué a este mundo, mi mejor amiga desde siempre.

A mi esposa, Gabriela, por elegirme su compañero de vida, y acompañarme a crecer y cumplir mis metas.

A mi profesión, el Diseño Industrial, por exigir siempre esfuerzo y honestidad en mi trabajo, a la vez que me brinda desarrollo y satisfacción.

A mis maestros, de vida y academia, cuyas enseñanzas impregnan mi formación profesional y cívica, y refrendan mi compromiso con la sociedad.

A mis alumnos, por mantenerme alerta a la evolución de nuestra profesión, y en ello continúo aprendiendo.

A la Facultad de Arquitectura y Diseño, por ser no sólo el origen de mi familia, también donde me formé como diseñador y donde hoy continúo mi desarrollo como académico.

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Declaro que la tesis que se presenta contiene material original que no ha sido presentado para la obtención de un grado académico o diploma en esta u otra institución de educación superior. Así mismo, declaro que hasta donde yo sé no contiene material previamente publicado o escrito por otra persona excepto donde se reconoce como tal a través de las citas.

Andres Edén Vargas Maldonado

AVAL DE TERMINACIÓN DE TESIS

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Baja California, por apoyar institucional y materialmente al desarrollo académico de su cuerpo docente, del cual formo parte.

A mi director de Tesis, Dr. Aníbal Luna León, por su paciencia y su apertura para guiarme en el trabajo investigativo, siempre a través del diálogo para llegar un consenso certero, y que permitió materializar este trabajo.

Al equipo de tiempo completo de la Licenciatura en Diseño Industrial, Ariel, Tania, Alicia, Montse y Miguel, por su amistad, comprensión y apoyo incondicional cuando el tiempo no me daba para más, siempre se pudo sacar el trabajo adelante.

A mis compañeros de asignatura, demasiados para aquí nombrarlos, gracias por su apoyo e involucramiento apasionado en la formación de los futuros diseñadores industriales, incluso fuera del compromiso formal que comparten con la Universidad.

RESUMEN

Mexicali se encuentra en una crisis de vivienda, incluso, a pesar de que la vivienda es un derecho fundamental para los mexicanos, plasmado en la Constitución Política en su artículo 4to, en el que establece que “Toda familia tiene derecho a disfrutar de vivienda digna y decorosa”. Cabe señalar que, la ley establece los instrumentos y apoyos necesarios a fin de alcanzar tal objetivo; a través del Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores, INFONAVIT.

Esto es cada vez más lejano para los jóvenes trabajadores, pues existe una amplia diferencia entre la capacidad adquisitiva que la mayoría de los trabajadores pueden solventar y el costo de la oferta del mercado. En los últimos 10 años, el costo promedio de vivienda se ha incrementado al doble del poder adquisitivo promedio de los mexicanos. Es importante recalcar que el tejido social se finca en que las familias cuenten con una vivienda propia, digna y acorde a sus necesidades durante el ciclo de vida familiar de sus ocupantes, además, los problemas sociales que provoca la actual crisis de vivienda van desde hacinamiento, deterioro en la salud mental de la población, abandono de vivienda y su subsecuente ocupación ilegal de estos espacios, que suele traer consigo otras actividades delictivas.

Este documento presenta la propuesta de una alternativa de Mueble Habitable y modular de manufactura industrial, a través de un proyecto de investigación a través del diseño industrial, que parte de la siguiente premisa: se puede hacer vivienda más asequible para los trabajadores, si se separa el costo del espacio habitable del costo del terreno; de tal manera que, la vivienda pueda emplazarse en cualquier terreno ya sea el predio de sus padres (como sucede en las ampliaciones hoy día), un terreno rentado o comprado. Además, el presente documento plantea que estas viviendas deben ser construidas con materiales, tecnologías y mano de obra local, que permitan procesos de manufactura eficientes y respondan a las condiciones climáticas del sitio.

Hay que resaltar, que la productividad de la industria manufacturera se ha incrementado 3.8% por los últimos 20 años, contra 1% de la industria de la construcción. El potencial para mejora de productividad que presenta la industria es elevado, y se buscó destacar este hecho durante la investigación.

Se desarrolló el Mueble Habitable partiendo de tres formulaciones del proceso de diseño: de Stanford, de IDEO y del Consejo Británico del diseño. Se utilizaron herramientas de diseño industrial para determinar si los procesos industriales seleccionados son óptimos para los materiales a implementar; de igual forma, se determinó el impacto en el esfuerzo físico que estos procesos tienen en los trabajadores que los ejecutan; tanto en un ambiente controlado como en sitio de construcción.

Una vez determinada la configuración del Mueble Habitable, se sometió a estudios de desempeño lumínico y térmico, para determinar su comportamiento en estos dos factores de habitabilidad, y por último, basado en este desempeño, se calcularon los consumos de energía eléctrica por climatización para los meses de verano, derivados de las condiciones climáticas particulares de Mexicali, que a su vez, es uno de los mayores gastos de vivienda durante el tiempo de uso de la misma, es decir, repercute directamente en costos fijos de la misma a corto, mediano y largo plazo.

Los resultados de productividad en sitio mostraron de forma contundente, que, con un equipo de 3 obreros, se puede construir 7.4m^2 de superficie promedio diarios con panel estructural aislado (SIP por sus siglas en inglés) de fibrocemento, es decir, es 3.6 veces más eficiente con el sistema SIP, respecto al sistema constructivo tradicional de bloque de concreto.

El estudio de la fatiga de los operadores se realizó a partir de la escala de Borg, y arrojó que, considerando un equipo de tres obreros, la repetición de tareas es menor al trabajar con paneles que con bloques. Considerando un rendimiento diario promedio de 9 paneles contra 100 bloques, la repetición de tareas es menor, además de que el área a construir es de 26.7m^2 con el SIP, mientras que con bloque es de 8m^2 , es decir, en la misma jornada de trabajo, los obreros que construyen con SIP son 3 veces más productivos que si lo hicieran con sistema tradicional.

En términos de habitabilidad lumínica, se realizaron evaluaciones de los elementos traslucidos de Mueble Habitable con el software Dynamic Daylighting, para 4 diferentes orientaciones. En todos los casos, la cantidad de luz presente en el espacio durante el día iguala o supera lo establecido como mínimo por la NOM-025-STPS-2008, la cual determina como mínimo requerido los 300 luxes, para una distinción moderada de detalles y realizar

tareas simples en interiores. Cabe aclarar que dichas especificaciones son para lugares de trabajo, sin embargo, es lo más cercano en cuestión de normativa.

Por otra parte, el estudio térmico de los sistemas constructivos se realizó con el software Therm. Los resultados muestran que el sistema SIP de fibrocemento tiene mayor resistencia térmica al flujo de calor de $2.6350 \text{ m}^2\text{-K/W}$, contra $0.304 \text{ m}^2\text{-K/W}$ del bloque de concreto, lo que lo hace que se obtengan menores ganancias de calor hacia el espacio habitable y reducción en costos por climatización artificial.

El estudio térmico por simulación comparativas con Energy 3D de los dos tipos de envolventes, muestra que, en un ambiente árido-seco como Mexicali, con temperaturas por encima de los 40°C durante el verano, varía dependiendo de la orientación del módulo. Los resultados de simulación arrojaron consumos de energía para refrigerar el espacio habitable durante los meses de verano, de entre los 1374 kWh y 1613 kWh para el SIP, contra 6845 kWh y 6991 kWh del sistema tradicional, es decir, el sistema SIP, permite obtener ahorros energéticos de entre 80.35% y 76.44%; lo que se ve reflejado en ahorros económicos de costo de energía anual de 5232 kWh/año (66.2%) y hasta 5617 kWh/año (89.7%), con un sistema de enfriamiento con un SEER de 13. Sin embargo, se pueden obtener mayores ahorros si se incrementa el SEER de los sistemas de enfriamiento.

Con los resultados obtenidos, se concluye que la propuesta de Mueble Habitable es factible, técnica y económicamente, así como en términos térmicos y lumínicos. Además, es importante destacar que para una mayor validación de una alternativa de vivienda a partir del diseño y la fabricación industrial, es importante validar de forma experimental los resultados de las simulaciones térmicas, así como el planteamiento de procesos de fabricación industrial en una planta de manufactura, a partir de los cuales se puede incrementar aún más la productividad, tanto en cuestión operativa interna como de logística con proveedores y el personal de la planta, además, el trabajo en un ambiente controlado mejora las condiciones de trabajo de los obreros, y reduce el impacto que factores climáticos puedan tener en los tiempos de fabricación.

Palabras clave: Crisis, Vivienda, Diseño Industrial, Prefabricación, Modularidad.

ABSTRACT

Mexicali is in a housing crisis, even though housing is a fundamental right for Mexicans, embodied in the Political Constitution in its article 4, which establishes that "Every family has the right to enjoy decent housing and decorous." It should be noted that the law establishes the necessary instruments and supports to achieve this objective; through the Institute of the National Housing Fund for Workers, INFONAVIT.

This is increasingly distant for young workers, since there is a wide difference between the purchasing power that most workers can afford and the cost of the market supply. In the last 10 years, the average cost of housing has increased to twice the average purchasing power of Mexicans. It is important to emphasize that the social fabric is based on families having their own home, decent and according to their needs during the family life cycle of its occupants, in addition, the social problems caused by the current housing crisis range from overcrowding, deterioration in the mental health of the population, abandonment of housing and its subsequent illegal occupation of these spaces, which usually brings with it other criminal activities.

This document presents the proposal of an alternative for Habitable and modular Furniture of industrial manufacturing, through a research project through industrial design, which starts from the following premise: more affordable housing can be made for workers, if it is separated the cost of living space from the cost of land; in such a way that the house can be located on any piece of land, whether it is the property of their parents (as is the case in extensions today), rented or purchased land. In addition, this document states that these houses must be built with local materials, technologies, and labor, which allow efficient manufacturing processes and respond to the climatic conditions of the site.

It should be noted that the productivity of the manufacturing industry has increased 3.8% over the last 20 years, against 1% for the construction industry. The potential for productivity improvement presented by the industry is high, and this fact was sought to be highlighted during the investigation.

The Habitable Furniture was developed based on three formulations of the design process: from Stanford, from IDEO and from the British Design Council. Industrial design tools were used to determine if the selected industrial processes are optimal for the materials to be implemented; In the same way, the impact on the physical effort that these processes have on the workers who execute them was determined; both in a controlled environment and on a construction site.

Once the Habitable Furniture configuration was determined, it was subjected to light and thermal performance studies, to determine its behavior in these two habitability factors, and finally, based on this performance, the electrical energy consumption for air conditioning was calculated for the summer months, derived from the particular climatic conditions of Mexicali, which, in turn, is one of the largest housing expenses during the time it is used, that is, it directly affects its fixed costs in the short, medium long term.

On-site productivity results showed conclusively that with a team of 3 workers, an average surface area of 7.4m² can be built per day with fiber cement Structural Insulated Panel (SIP), that is, it is 3.6 times more efficient with the SIP system, compared to the traditional concrete block construction system.

The study for operator fatigue was carried out using Borg's scale, and it was found that, considering a team of three workers, the repetition of tasks is less when working with panels than with blocks, considering an average daily performance of 9 panels against 100 blocks, in addition, the built area adds to 26.7m² with the SIP, while with a block it is 8m², that is, in the same day of construction. work, the workers who build with SIP are 3 times more productive than if they did it with the traditional system.

Regarding habitability, evaluations of the translucent elements of Habitable Furniture were carried out with the Dynamic Daylighting software, for 4 different orientations. In all cases, the amount of light present in the space during the day equals or exceeds the minimum established by NOM-025-STPS-2008, which determines 300 lux as the minimum required, for a moderate distinction of details and perform simple tasks indoors. It should be noted that these specifications are for workplaces, however, it is the closest in terms of regulations.

On the other hand, the study with specialized software Therm, showed that the fiber cement SIP has a greater thermal resistance to heat flow of 2.6350 m²-K/W, against 0.304 m²-K/W of the concrete block, which makes it lower heat gains are obtained towards the habitable space and reduction in costs for artificial air conditioning.

The thermal study by comparative simulation with Energy 3D of the two types of envelopes, shows that, in an arid-dry environment like Mexicali, with temperatures above 40°C during the summer, it varies depending on the orientation of the module. The simulation results showed energy consumption to cool the living space during the summer months, between 1,374 kWh and 1,613 kWh for the SIP, against 6,845 kWh and 6,991 kWh for the traditional system, that is, the SIP system, allows obtaining energy savings between 80.35% and 76.44%; what you see this is reflected in economic savings of annual energy cost of XX kWh/year (66.2%) and up to XX kWh/year (89.7%), with a cooling system with a SEER of 13. However, it is they can obtain greater savings if the SEER of the cooling systems is increased.

Given the results, it is concluded that the Habitable Furniture proposal is technically and economically feasible, it is also lighting and thermally sound. It is important to highlight that for a greater validation of a housing alternative based on industrial design and manufacturing, it is necessary to experimentally validate the results of the thermal simulations, as well as the approach of industrial manufacturing processes in a manufacturing plant., from which productivity can be further increased, both in terms of internal operations and logistics with suppliers and plant personnel, in addition, working in a controlled environment improves the working conditions of the workers, and reduces the impact that climatic factors may have on manufacturing times, which is an additional field of study that can be developed.

Keywords: Crisis, Housing, Industrial Design, Prefabrication, Modularity.

ÍNDICE

DEDICATORIA	iii
DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD	iv
AVAL DE TERMINACIÓN DE TESIS	v
AGRADECIMIENTOS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT.....	x
ÍNDICE	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
ÍNDICE DE FIGURAS	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.2. JUSTIFICACIÓN	4
1.3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	5
1.4. HIPÓTESIS.....	5
1.5. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN	6
1.5.1. OBJETIVO GENERAL.....	6
1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
1.6. METAS	6
1.7. ALCANCES.....	6
1.8. LIMITACIONES	7
CAPITULO 2: MARCO TEORICO	8
2.1. INVESTIGACIÓN A TRAVÉS DEL DISEÑO	8
2.1.1. PENSAMIENTO DE DISEÑO.....	9
2.1.2. ESTRUCTURAS DE DISEÑO.....	10
2.2 TRABAJADORES Y VIVIENDA.....	15
2.2.1. DERECHO A LA VIVIENDA	15
2.2.3. FACTORES DE HABITABILIDAD	18
2.2.4. CRISIS DE VIVIENDA, MEXICALI BAJA CALIFORNIA.....	19
2.2.5. PROBLEMAS RETORCIDOS EN LA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL.....	21

2.2.5.1. CICLO DE VIDA Y METABOLISMO	25
2.3. VIVIENDA (IN)MUEBLE	27
2.3.1. VEHÍCULOS RECREATIVOS	29
2.3.2 TINY HOMES	31
2.3.3. VIVIENDAS PREFABRICADAS	32
2.3.4. VIVIENDA PREFABRICADA EN MÉXICO.....	34
2.3.5. MUEBLE HABITABLE Y METABÓLICO	39
2.3.6. MATERIALES ALTERNATIVOS PARA MUEBLES HABITABLES.....	40
2.3.7. FATIGA A PARTIR DE LA ESCALA DE BORG EN OPERADORES.....	43
2.3.8. CONSUMO Y TARIFAS DE LA COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD.....	45
CAPÍTULO 3: MÉTODOLÓGÍA	47
3.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	47
3.1.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	48
PROCESOS DE MANUFACTURA: OPERACIONES.....	49
3.2.1. HERRAMIENTAS, PROCESOS Y FATIGA EN TALLER.....	50
3.2.2. HERRAMIENTAS Y PROCESOS, EN SITIO.....	51
3.2.3. DISEÑO DE LA ENVOLVENTE	52
3.2.4 RESTRICCIONES DIMENSIONALES	52
3.2.5 ENSAMBLE DE SIP Y LA ENVOLVENTE	53
3.4. DISEÑO DEL MUEBLE HABITABLE.....	54
3.4.1. POBLACIÓN	56
3.4.2. MUESTRA	56
3.4.3. DISTRIBUCIÓN DE ESPACIOS	56
3.4.5. EXPLORACIÓN DE IMPLEMENTACIONES.....	59
3.5. FACTORES DE HABITABILIDAD	59
3.5.1 PROPIEDADES TÉRMICAS DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS	60
3.5.2. DESEMPEÑO TÉRMICO DEL MUEBLE HABITABLE	64
3.5.3. CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL POR ORIENTACIÓN	65
3.5.4. DESEMPEÑO LUMÍNICO DE LA ENVOLVENTE	65
CAPÍTULO 4: RESULTADOS	67
4.1. PROCESOS DE MANUFACTURA DE SISTEMA SIP EN TALLER.....	67
4.1.1. HERRAMIENTAS, PROCESOS Y FATIGA EN TALLER, SISTEMA SIP.....	67
4.1.1.1. CORTE.....	67

4.1.1.2. BARRENADO	68
4.1.1.3. RECUBRIMIENTO CON PINTURA	70
4.1.2. ANÁLISIS DE CAMPO, HERRAMIENTAS Y PROCEDIMIENTOS, SISTEMA SIP	71
4.2. DISEÑO DEL MUEBLE HABITABLE.....	74
4.2.1. COMPONENTES Y DIMENSIONES DE LA ENVOLVENTE	74
4.2.2. PREFERENCIA DE VIVIENDA DE JÓVENES ADULTOS.....	80
4.2.3. PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN	82
4.2.4. EL MUEBLE HABITABLE EN CONTEXTOS DE VIVIENDA	86
4.4. ANÁLISIS DE HABITABILIDAD DEL MUEBLE HABITABLE	89
4.4.1. TRANSFERENCIA DE CALOR SISTEMAS CONSTRUCTIVOS	89
4.4.2. FLUJO DE CALOR DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS.....	94
4.4.3. DESEMPEÑO LUMÍNICO	96
4.5. CONTROL DE TEMPERATURA DEL ESPACIO Y CONSUMO ENERGÉTICO	98
4.5.1. COSTOS POR CLIMATIZACIÓN ARTIFICIAL.....	102
4.5.2. ANÁLISIS ECONÓMICO POR EFICIENCIA DE SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN	102
CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	105
5.1. CONCLUSIONES	105
5.2. RECOMENDACIONES.....	106
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Puntuación por factores de Edad y salario del trabajador. Diario Oficial de la Federación, 2020.....	23
Tabla 2. Tarifa 1F durante temporada de verano, 2022. Fuente: cfe.mx.....	45
Tabla 3. Tarifa 1F durante temporada de invierno, 2022. Fuente: cfe.mx.	45
Tabla 4. Materiales y sus propiedades, utilizadas para simulación de bloque de concreto. Fuente de elaboración propia.	62
Tabla 5. Materiales y sus propiedades, utilizadas para simulación de SIP de fibrocemento. Fuente de elaboración propia.	63
Tabla 6. Operaciones de corte. Elaboración propia.	68
Tabla 7. Operaciones de barrenado. Elaboración propia.	69
Tabla 8. Operaciones de recubrimiento. Elaboración propia.....	70
Tabla 9. Propiedades térmicas y sus valores en los materiales utilizados en la simulación	90
Tabla 10. Valores U, R. Elaboración propia.....	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Intersección donde se desarrolla el Pensamiento de Diseño. Recuperado de ideo.com, 2022.....	11
Figura 2. Estructura del Pensamiento de Diseño de la Universidad de Stanford. Recuperado de https://dschool-old.stanford.edu en 2019.....	12
Figura 3. El garabato del diseño. Damien Newman. Basado en la imagen de dominio público, recuperada de The Design Squiggle en 2021.....	13
Figura 4. Marco para la Innovación. Consejo Británico de Diseño, 2019.....	14
Figura 5. Tiny home, Tiny Living 12. Recuperado de tinyhomebuilders.com (2022).....	32
Figura 6. Vista frontal de la primera vivienda prefabricada, Madison Home Show, 1935. Forest Product Laboratory Library, recueprada en 2020.....	33
Figura 7. Habitaciones para renta en Valle de Guadalupe. Valentino Valley View, Bubble Suite y La Finca de Vane. Recuperadas de airbnb.com (junio 2022).....	35
Figura 8. Prototipo del "VIS" Habitamueble. Elaboración propia.....	36
Figura 9. Render 3D de la propuesta de vivienda temporal. Ordoñez, 2021.....	37
Figura 10. Casa grande de la finca de Argovia, ca. 1955. Archivo familiar de la familia Giesemann (Robledo, 2019).	38
Figura 11. Insulpanel y Multipanel. Fuente: sitios del fabricante.	41
Figura 12. Panel Thermorock muro, y detalle interior del panel. Fuente: Sitio web del fabricante.	41
Figura 13. Conector H, Thermorock. Fuente: Sitio web del fabricante.....	42
Figura 14. Escala de Borg, versión modificada. Elaboración propia.	44
Figura 15. Diagrama metodológico, proceso de diseño de mueble habitable. Elaboración propia.	47
Figura 16. Cabaña fabricada con SIP de fibrocemento con refuerzo estructural, en tránsito al sitio de colocación. Fuente: ERM Thermorock, 2021.....	53
Figura 17. Preferencias de espacios y situación de alojamiento, instrumento aplicado. Elaboración propia.....	55
Figura 18. Distribución A de módulo base. Fuente: Elaboración propia.	57
Figura 19.. Distribución B de módulo base. Fuente: Elaboración propia.....	58

Figura 20. Interfaz de usuario THERM. Fuente de elaboración, propia.	61
Figura 21 Corte de sección de bloque y columna colada, THERM. Fuente de elaboración propia.	62
Figura 22. Corte de sección de SIP y unión metálica, THERM. Fuente de elaboración propia.	63
Figura 23. Parámetros geográficos y de iluminación natural. Fuente: Elaboración propia.	64
Figura 24. Interfaz gráfica de software Dynamic Daylighting. Fuente de elaboración propia.	66
Figura 25. Operaciones de corte. Elaboración propia.....	68
Figura 26. Operaciones de barrenado. Elaboración propia.....	69
Figura 27. Operaciones de recubrimiento. Elaboración propia.	70
Figura 28. Procesos de corte, barrenado y acabados en panel de fibrocemento, realizados en sitio. Elaboración propia.	71
Figura 29. Maniobras e instalaciones. Elaboración propia.....	72
Figura 30. Maniobras e instalaciones. Elaboración propia.....	72
Figura 31. Avance de trabajo, jornada y media. Elaboración propia.....	73
Figura 32. Diagrama de transporte de módulos del mueble habitable, sobre una cama baja. Elaboración propia.....	75
Figura 33. Diseño de la envolvente, paneles, conectores y refuerzos estructurales. Elaboración propia.....	76
Figura 34. Detalle de colocación de refuerzo estructura para mueble habitable. Elaboración propia.	77
Figura 35. Vista isométrica inferior de la envolvente. Elaboración propia.	77
Figura 36. Preparación para acoplamiento con módulo de segunda planta.	78
Figura 37. Explotado de componentes que conforman la envolvente. Elaboración propia.	79
Figura 38. Frecuencia de edades de los encuestados. Fuente propia.	80
Figura 39. Tipo de vivienda de los encuestados. Fuente propia.	81
Figura 40. Distribución de edades entre los encuestados con vivienda propia. Fuente propia.	81
Figura 41. Espacios más deseables para vivienda mínima, porcentajes. Fuente propia.....	82
Figura 42. Distribución A de módulo base. Fuente: Elaboración propia.	82

Figura 43. Distribución de módulo base del mueble habitable, perspectiva de frente. Elaboración propia.....	83
Figura 44. Distribución de módulo base del mueble habitable, perspectiva posterior. Elaboración propia.....	84
Figura 45. Mueble habitable como ampliación sobre cochera. Elaboración propia.....	86
Figura 46. Mueble habitable como ampliación sobre cochera. Elaboración propia.....	87
Figura 47. Posibilidades para ampliación del Mueble Habitable. Elaboración propia.....	88
Figura 48. Representación volumétrica de posibles ampliaciones del Mueble Habitable. Elaboración propia.....	88
Figura 49. Ejemplo de vivienda elaborada con 6 módulos. Elaboración propia.....	89
Figura 50. Comparativa de transferencias de temperatura entre bloque de concreto y SIP de fibrocemento. Elaboración propia.....	92
Figura 51. Gradiente de colores de temperatura y escala de temperatura. SIP vs bloque. Elaboración propia.....	92
Figura 52. Ganancia de temperatura durante temporada de calor. Bloque vs SIP.Módulo orientado al sur. Elaboración propia.....	94
Figura 53. Consumos energéticos por refrigeración (kWh)	95
Figura 54. Simulaciones de asoleamiento y luminosidad, prototipo 2. Fuente: elaboración propia.....	97
Figura 55. Malla tridimensional con valores lumínicos. Fuente: Elaboración propia.....	98
Figura 56. Comparativa de energía ganada por ventanas, según orientación del módulo. Elaboración propia.....	99
Figura 57. Trayectoria solar (verano), módulo orientado al este y al oeste. Elaboración propia.....	100
Figura 58. Trayectoria solar (invierno), modulo orientado al este y al oeste.....	101
Figura 59. Costos por refrigeración.....	102
Figura 60. Comparativa entre bloque y SIP, gasto por consumo energético y porcentaje de ahorro por eficiencia de sistema de refrigeración. Elaboración propia.....	104

INTRODUCCIÓN

En este documento se plantea la vivienda como objeto de diseño industrial, teniendo como problemática base la crisis de vivienda que se vive en Baja California, y específicamente en la ciudad de Mexicali, donde se encuentra 50% de las viviendas abandonadas del estado. Además, la adquisición de vivienda en Mexicali se imposibilita para el 65% de los trabajadores registrados ante el Instituto del Fondo Nacional Para el Acceso a la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT), a quienes la oferta de inmuebles de la última década no les ha provisto de su derecho a la vivienda digna. Cabe destacar, que dicho derecho está presente tanto en la Constitución Política de México, como en los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas.

El presente proyecto está basado en una investigación a través del diseño industrial, en la que, se utilizan herramientas y procesos particulares de la disciplina del diseño industrial para generar conocimiento. Para ello, se emplea el pensamiento de diseño como base metodológica teórico-práctica para generar una propuesta de mueble habitable, posteriormente, se utiliza el diseño asistido por computadora para dar forma a una propuesta digital, que posteriormente se sometió a simulaciones estructurales y de desempeño termo-energético, además de estimar la productividad de los procesos de manufactura necesarios, así como el costo de fabricación, con el fin de establecer si dichos modelos son factible, como alternativas viables a quienes hoy no pueden adquirir una vivienda propia.

El documento se divide en capítulos que describen el desarrollo de un proyecto de investigación a través del diseño, en el cual se parte de la identificación de una problemática (crisis de vivienda), el contexto en el que esta sucede (Mexicali), se empatiza con las personas afectadas (trabajadores jóvenes) y se define como es que el diseño industrial puede intervenir para atenuar o resolver la situación analizada. Posteriormente, haciendo uso de los principios y herramientas del diseño, se procede a idear distintas soluciones que cumplan con las características adecuadas para resolver la necesidad. Estas ideas son analizadas, modificadas y refinadas en un ciclo de iteraciones, hasta contar con un concepto base, a partir del cual se formalizan propuestas, técnicamente resueltas, en forma de prototipos digitales que contienen en su configuración distintos elementos a evaluar para contrastarse con las alternativas con las que actualmente se busca atender la problemática. Los

prototipos digitales resultantes son sometidos a una serie de simulaciones, comparando sus resultados, para determinar si la propuesta generada cumple con los objetivos planteados.

CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El derecho a la vivienda, plasmado en el artículo 4to de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, está cada vez más alejado de ser una realidad para los trabajadores mexicanos. Desde principios de siglo, el ingreso per cápita se ha incrementado un promedio de 3%-4% anual, mientras que el costo promedio de la vivienda se ha incrementado entre un 8%-9% en el mismo periodo. Esta dinámica económica, así como la inflación sucedida en estas dos décadas más recientes, así como el colapso de la industria inmobiliaria en el 2008-2009, han propiciado que lo escrito en la carta magna sea letra muerta, a pesar del accionar del Estado para intentar brindar acceso a vivienda digna para los mexicanos, a través del Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT). A la par del decrecimiento del poder adquisitivo de la clase trabajadora mexicana, 65% de la cual percibía \$10,500 mensuales o menos (IMSS, 2019), las plataformas de renta de espacios como AirBnB, así como la gentrificación de las zonas urbanas céntricas y aquellas cercanas a sitios de interés, han provocado un incremento exponencial en el costo de la vivienda, lo que ha orillado a los jóvenes trabajadores a permanecer en la vivienda de sus padres o familiares por periodos más extendidos, una vez integrados a las actividades productivas.

Esto último, provocó que las viviendas unifamiliares se convirtieran en multifamiliares, toda vez que en muchos casos los jóvenes trabajadores inician su vida en pareja aun estando en casa de sus padres, por lo que incrementó el uso de créditos del INFONAVIT para la remodelación y ampliación de viviendas, en lugar de que se utilicen para hacerse de una vivienda propia, pues con el poco poder adquisitivo que el crédito les otorga, sólo pueden hacerse de viviendas pequeñas, ubicadas en la periferia de la mancha urbana, con vías de comunicación y servicios públicos limitados.

1.2. JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto está dirigido a proponer alternativas a través del Diseño Industrial, que ayuden a resolver la crisis de vivienda que atraviesa a la ciudad de Mexicali, Baja California,

Considera que 60% de las viviendas abandonadas del estado se encuentran en la entidad (Alcaldía de Mexicali, 2022) además, el 65% de los trabajadores en el estado perciben 5 o menos salarios mínimos (IMSS, 2019), lo que posiciona su poder adquisitivo de vivienda alrededor de los \$400,000, mientras que el costo promedio de las mismas es de \$650,000, de acuerdo con lo declarado por la representación estatal del INFONAVIT (2019).

Estas viviendas en abandono se han vuelto focos de crimen y drogadicción, basureros informales, y en algunos casos, se han tenido que desalojar habitantes invasores, a quienes se les otorgaron las viviendas de forma apócrifa por medio de movimientos políticos.

Esta situación genera que los trabajadores jóvenes se mantengan en casa de sus familiares por más tiempo, y que los créditos de vivienda se utilicen para ampliar estos inmuebles, en lugar de la adquisición de uno propio, lo que impacta de forma directa el ciclo de vida de los involucrados en esta situación, y en algunos casos, las viviendas se vuelven multifamiliares, dada la imposibilidad de adquirir o rentar un inmueble que coincida con los requerimientos y capacidades financieras de la población laboralmente activa.

Finalmente, el escenario postpandemia se presenta aún más complicado, pues el costo de vivienda alcanzó su mayor incremento histórico durante el 2022 (12%), mientras que la pobreza salarial alcanzó el mismo año el nivel más bajo de la historia, con casi el 50% de los trabajadores percibiendo 2 salarios mínimos o menos (Valero, 2023).

En la situación actual, ya se han presentado casos de invasiones coordinadas por grupos políticos que terminan en desalojo de numerosas familias que, a pesar de saber que lo que hacen es ilegal, son orillados por la necesidad de tener un hogar. Una sociedad tan desesperada que es capaz de poner en riesgo la integridad de su familia por la esperanza de hacerse de un patrimonio de forma ilegal, exhortados por grupos con intereses políticos y económicos que usan a esos grupos desfavorecidos para avanzar sus agendas (Villa, E., 2021).

Tal situación no es sostenible, pues si bien algunas de esas invasiones son de gente que únicamente quiere un lugar para vivir y ser parte de la sociedad, el abandono de vivienda también provoca que existan zonas de alta actividad delictiva o el uso de drogas ilegales, como los llamados “picaderos”, o simplemente se vuelven un riesgo a la salud de los alrededores dado que se usan como basureros informales y por ende focos de infección, dado que no se tratan los desechos que se depositan. Aunque el empatar las necesidades de la población trabajadora con la oferta de vivienda social es una función del gobierno, la realidad es que son pocos los esfuerzos y aún menos los resultados que han tenido los programas a nivel estatal, como lo fue en su momento la creación del Instituto para el Desarrollo Inmobiliario y de la Vivienda del estado de Baja California (INDIVI), en el periodo 2007-2013 (Villagran Contreras, 2020).

Las acciones gubernamentales deben estar acompañadas de acciones sociales y de mercado, y es en este último punto donde se pueden desarrollar alternativas a las actuales, para que el derecho constitucional a la vivienda pueda ser una realidad para todos los mexicanos.

1.3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Qué impacto puede tener el diseño industrial aplicado al diseño y manufactura de vivienda?

Además de modificaciones a las normas de operación del INFONAVIT y regulaciones del mercado inmobiliario, que le corresponden al Estado ¿cómo puede plantearse la vivienda para la situación actual de los jóvenes trabajadores mexicanos?

¿Qué ofrece el contexto de Mexicali en cuestión de tecnología, materia prima, proveeduría y talento humano para poder resolver la crisis de vivienda a través del diseño industrial?

1.4. HIPÓTESIS

Separar el coste de la tierra de aquel de los edificios incrementa la asequibilidad de la vivienda para los trabajadores jóvenes mexicalenses.

1.5. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar Mueble Habitable, que corresponda con el contexto de crisis de vivienda en Mexicali.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Desarrollar la propuesta, con tecnologías, materiales, capital humano y proveeduría disponibles localmente.

Determinar los materiales y procesos de manufactura disponibles, para fabricar de manera eficiente la envolvente.

Explorar usos, aplicaciones y tipos de emplazamiento del Mueble Habitable, que sean pertinentes al contexto de la ciudad de Mexicali, y la crisis de vivienda en la que se encuentra.

Analizar y comparar el desempeño lumínico y térmico del Mueble Habitable con relación a una envolvente edificada con el sistema constructivo de uso tradicional en la región.

1.6. METAS

Diseñar un mueble habitable que pueda ser transportable en las vialidades urbanas y carreteras de Mexicali.

Considerar preferencias de jóvenes trabajadores para el desarrollo de la propuesta.

Consultar a profesionistas locales que hagan uso de materiales alternativos para desarrollo de vivienda, como punto de referencia con respecto a los materiales tradicionales.

Generar una alternativa de vivienda que sea pertinente al corto plazo.

1.7. ALCANCES

El alcance de este proyecto es el desarrollo de un modelo alternativo de vivienda, no-inmueble, a través del diseño industrial. Para ello, se hará uso de metodologías de diseño, desarrollo conceptual, pensamiento visual, herramientas de modelado digital tridimensional, programas de simulación de materiales, desempeño térmico y consumo energético, así como programas de hojas de cálculo para comparativas con las soluciones actuales de vivienda.

1.8. LIMITACIONES

Las limitaciones que se han presentado para la realización de esta investigación son:

Costo elevado para construcción y fabricación de modelos.

Poca investigación nacional sobre el tema específico.

La industria de la construcción es muy tradicionalista.

La teoría y la educación la construcción no corresponden con la práctica en la región.

CAPITULO 2: MARCO TEORICO

A continuación, se presenta información recabada para la construcción de un marco conceptual, a partir de la cual se determinan factores para la generación del método de investigación.

2.1. INVESTIGACIÓN A TRAVÉS DEL DISEÑO

Para plantear la generación de un mueble habitable, es necesario primero proponer las herramientas con las cuales se va a generar el concepto del mismo. Siendo este un proyecto de la rama del Diseño Industrial es imperativo definir como es que esta disciplina interactúa con la investigación.

De acuerdo con la Organización Mundial del Diseño (2015), el diseño industrial es un proceso estratégico de resolución de problemas que impulsa la innovación, construye el éxito comercial y conduce a una mejor calidad de vida a través de productos, sistemas, servicios y experiencias innovadores. Cierra la brecha entre lo que es y lo que es posible. Es una profesión transdisciplinaria que aprovecha la creatividad para resolver problemas y cocrear soluciones con la intención de mejorar un producto, sistema, servicio, experiencia o negocio. En esencia, el diseño industrial proporciona una forma más optimista de ver el futuro al reformular los problemas como oportunidades. Vincula la innovación, la tecnología, la investigación, los negocios y los clientes para proporcionar un nuevo valor y una ventaja competitiva en las esferas económica, social y ambiental.

Esta vinculación entre varios factores es donde se desarrolla el diseño, y por ello, el pedagogo Sir Christopher Frayling (Research in art and design, 1994) describió los tres tipos de interacción que tienen el diseño y la investigación:

1. Investigación para el diseño: es la recopilación de información, documental y en campo, que informará al diseñador respecto a una problemática en particular, el contexto donde esta se desempeña, así como los individuos o sectores afectados por esta problemática y sus características. A partir de esta información, se realiza el proceso de diseño para proponer conceptos que eventualmente se materialicen en productos, servicios o sistemas

que resuelvan la problemática investigada. El diseño es el propósito de la investigación para el diseño.

2. Investigación del diseño: aquella que usualmente produce material para referencia o didáctica para el diseño. Es donde el diseño y el diseñador mismo es objeto de estudio. Normalmente se realiza en un contexto académico, referenciando teorías y metodologías de diseño, así como historia de diseño, corrientes, técnicas, procedimientos y demás temas que tengan que ver con el diseño en sí. El diseño es el objeto de estudio de la investigación del diseño.
3. Investigación a través del diseño: toma un problema fuera del diseño y utiliza al diseño para abordarlo. Es decir, se hace uso de las herramientas de diseño comunes como representaciones gráficas, maquetas o modelos de estudio, prototipos bidimensionales y tridimensionales (físicos o digitales), para a partir de ello obtener información adicional sobre cómo resolver la problemática. Se presenta-este material a grupos focales, y se toma en cuenta su retroalimentación para informar la eficacia de los conceptos presentados para resolver una problemática. El diseño es el método, a través del cual, se crean conceptos y/o artefactos que revelan ideas y/o percepciones que rodean una problemática.

Es importante señalar que, si bien existen estas tres formas distintas que combinan la investigación y el diseño, no son excluyentes entre sí, es decir, se puede estudiar el diseño mismo para generar herramientas de diseño, o, por el contrario, se puede usar el diseño para crear conceptos sobre cómo funcionará nuestra sociedad en el futuro.

El proyecto abordado en este documento se define principalmente como investigación a través del diseño, debido a que se busca utilizar herramientas del diseño, y como base metodológica el pensamiento de diseño, para generar el conceptual del mueble habitable y proponer una versión de este que pueda ser elaborada en la ciudad de Mexicali, con los insumos y capacidades productivas disponibles actualmente.

2.1.1. PENSAMIENTO DE DISEÑO

Para hacer uso del diseño industrial, es importante elegir el tipo de proceso de diseño que se va a seguir, en este caso, es el Pensamiento de Diseño. Esta metodología tiene sus raíces en los años 50s, cuando el catedrático de Stanford Jhon E. Arnold planteaba la posibilidad de crear una

ciencia de creatividad, invención e innovación, aplicable en ingeniería y negocios (Creative Engineering Seminar, 1952).

En 1979, Bruce Archer (Design Studies) proponía que el Diseño puede identificarse como una materia propiamente, independiente de las diversas áreas en las que se aplica con efecto práctico (como la ingeniería o las artes). Posteriormente, en 1982 (Design Studies), Nigel Cross plantea que, al igual que ingeniería, artes o ciencias, el diseño tiene sus propias y distintivas cosas que saber, formas de conocerlas y formas de descubrirlas.

Sobre estos fundamentos, y otros similares, surgidos entre la década de los 50s y los 80s, se conceptualiza finalmente lo que hoy se conoce como pensamiento de diseño. La popularización del término, tanto para su uso en el diseño como en los negocios, se dio a través de David Kelley, fundador de la firma de diseño IDEO y egresado del Programa Conjunto de Diseño, Ingeniería y Artes, de la Universidad de Stanford, el cual fue fundado por John E. Arnold. Su libro, Las diez caras de la innovación (2005), popularizó el término.

David Kelley ha declarado que creó IDEO en la imagen de John E. Arnold (Ciencia de Creatividad), Robert McKim (Pensamiento Visual, 1972) y Stanford (Ji, 2016), y posteriormente, el Pensamiento de Diseño se ha convertido en una metodología aplicada en diseño, arte, ingeniería y negocios alrededor del mundo, con IDEO como la fuente principal de conocimiento referente a este método. La empresa incluso oferta cursos y certificaciones en Pensamiento de Diseño.

2.1.2. ESTRUCTURAS DE DISEÑO

Una vez determinado el origen y lo que plantea el Pensamiento de Diseño, hay que definir en que consiste. De acuerdo con el oficial ejecutivo en jefe de IDEO, Tim Bro, la naturaleza del pensamiento de diseño hace imposible proporcionar una especie de receta sencilla que garantice resultados positivos (Change by Design, 2009).

Brown sostiene que, a diferencia de los proponentes de la gestión científica a principios del siglo pasado, los pensadores de diseño saben que no hay "una mejor manera" de moverse a través del proceso. Hay puntos de partida útiles y puntos de referencia útiles a lo largo del camino, pero la continuidad de la innovación se concibe mejor como un sistema de superposición de espacios en lugar de una secuencia de pasos ordenados. La naturaleza iterativa y no lineal del viaje no es que

los pensadores del diseño sean desorganizados o indisciplinados, sino que el Pensamiento de Diseño es fundamentalmente un proceso exploratorio iterativo.

De acuerdo con IDEO, el Pensamiento de Diseño reside en la intersección de lo deseable, lo viable y lo factible (Figura 1), es un proceso para alinear estos tres conceptos en función de una problemática de una persona.

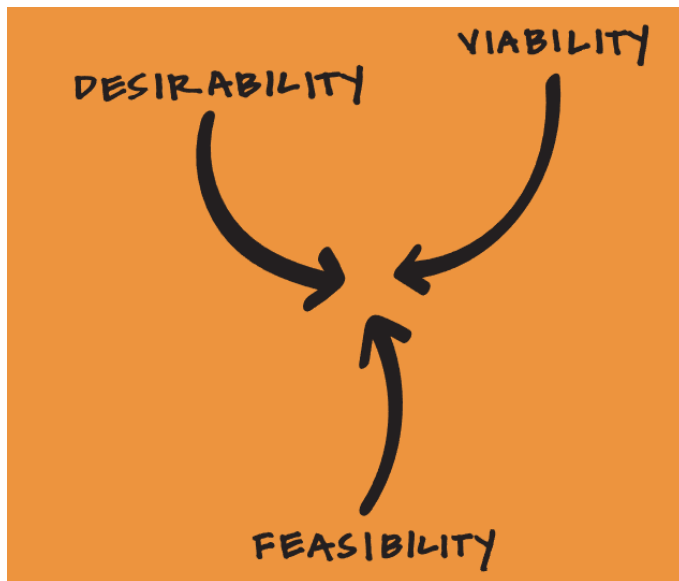


Figura 1 Intersección donde se desarrolla el Pensamiento de Diseño. Recuperado de [ideo.com](https://www.ideo.com), 2022.

Deseabilidad: Las partes interesadas, consumidores, proveedores, empleadores, etc., ¿necesitan o desean una solución a una problemática particular?

Factibilidad: ¿Es técnicamente realizable, se cuenta con los recursos para ello?

Viabilidad: ¿Se debería hacer?, o más puntualmente ¿Está alineado con las metas de las partes interesadas?

Si la respuesta a estas tres interrogantes es positiva, es posible implementar el pensamiento de diseño para generar una solución a una problemática, considerando el contexto y las limitaciones que presenta sobre las partes interesadas, ya sean económicas, técnicas, regulatorias, sociales, etc.

De forma similar, la Universidad de Stanford presenta una estructura base del proceso del Pensamiento de Diseño, presentada en la Figura 2, que contiene cinco segmentos principales: empatizar, definir, idear, prototipar y probar.

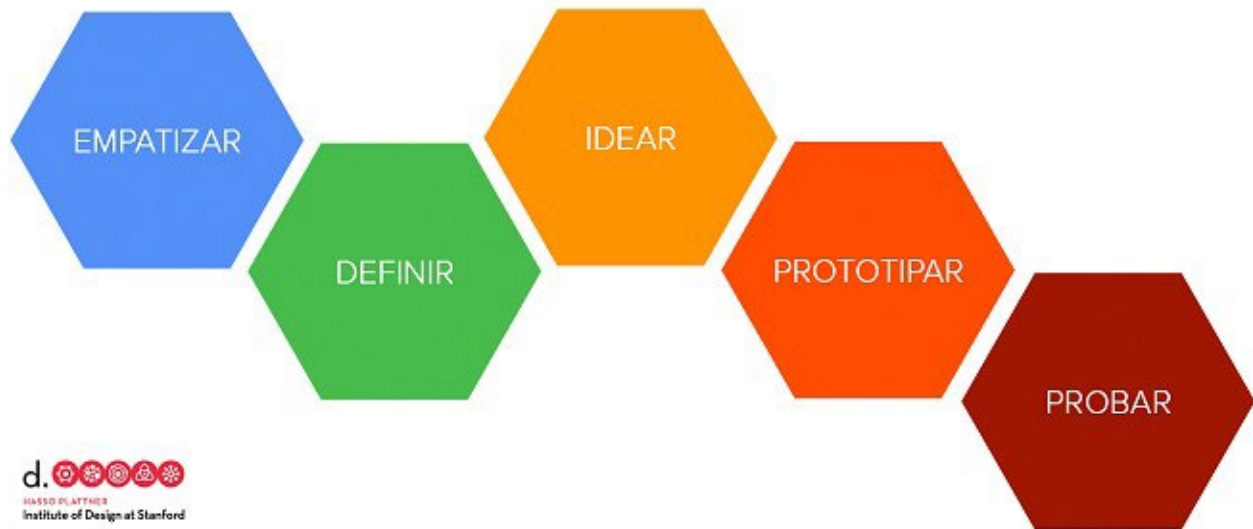


Figura 2. Estructura del Pensamiento de Diseño de la Universidad de Stanford. Recuperado de <https://dschool-old.stanford.edu> en 2019.

Empatizar: en este paso se plantean las características de los usuarios a quienes se les resolverá la problemática, sus retos y necesidades. Procurando entender cómo piensan, actúan y sienten.

Definir: planteamiento del problema, centrado en humanos.

Idear: colaborar, explorar ideas.

Prototipar. Desde modelos de papel, espuma o simuladores digitales interactivos, que pueden ser manipulados por otras personas.

Probar: Evaluar los prototipos, tanto por usuarios potenciales como con procedimientos tecnificados.

Estos pasos son iterativos, no necesariamente lineales, es decir, es posible retroceder y hacer ajustes para después generar nuevas ideas considerando estas modificaciones.

Similarmente, a principios de los 2000s, el diseñador Daniel Newman creó el “garabato de diseño”, presentado en la Figura 3, quien generó esta abstracción del proceso de diseño para presentarle a sus clientes potenciales todo el trabajo previo a la actividad de diseño en sí, ya que la percepción común era (y en muchos contextos sigue siendo) que el proceso de diseño es un tema de inspiración, o meramente técnico que sucede inmediatamente después de que se solicita la creación de un producto o servicio.

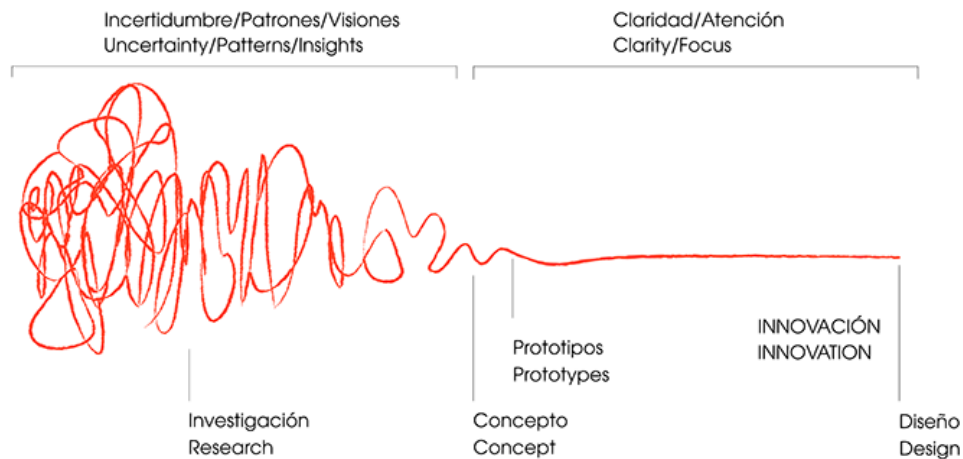


Figura 3. El garabato del diseño. Damien Newman. Basado en la imagen de dominio público, recuperada de *The Design Squiggle* en 2021.

En 2006, poco después de que Newman ingresó a trabajar a IDEO, un compañero de trabajo encontró y utilizó el garabato para las camisetas que se les entregaba a los pasantes que hacían sus prácticas en la compañía, con la intención de que ellos también comprendieran el proceso. Es por esto por lo que, en ocasiones e incorrectamente, se relaciona el garabato de diseño con la empresa, y por ende con el Pensamiento de Diseño como esta lo presenta.

Más recientemente, el Consejo Británico de Diseño presentó el llamado “Marco para la Innovación” (2019), Figura 4, en el cual se integran los elementos modelos de diseño previos como el doble diamante (utilizado a principios de siglo también por IDEO y la Universidad de Stanford), con principios de diseño, un llamado banco de métodos que invita a explorar formas interactivas, y finalmente se engloba todo dentro de relaciones de compromiso y liderazgo.

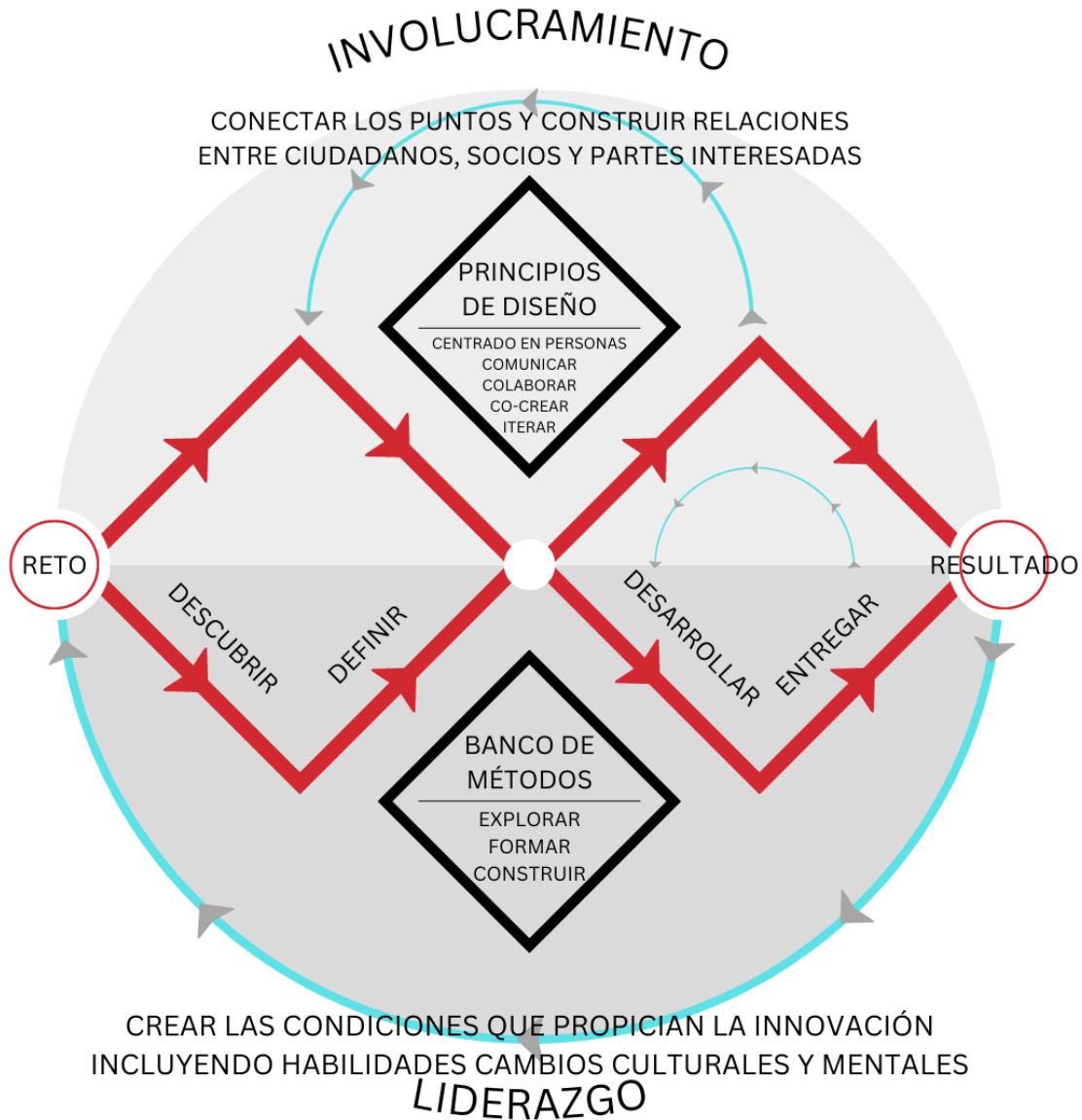


Figura 4. Marco para la Innovación. Consejo Británico de Diseño, 2019.

Habiendo presentado distintas estructuras, modelos y marcos que representan gráficamente el proceso de diseño y como es que este se desarrolla, se puede concluir que la relación entre la investigación y el diseño puede rendir conceptos y artefactos que ayuden a resolver problemáticas para ciertos segmentos de la población. Si bien no es posible resolver en su totalidad una problemática como la crisis de vivienda de Mexicali, es posible generar conceptos alternativos a las soluciones materiales hoy presentadas, tomando en cuenta siempre la factibilidad de lo que se propone.

2.2 TRABAJADORES Y VIVIENDA

En esta sección del documento se aborda la relación entre los trabajadores jóvenes en busca de hacerse de una vivienda de forma temprana de su carrera laboral, la industria inmobiliaria que intenta crear una oferta asequible a pesar de las especulaciones respecto al valor de la tierra y el Estado Mexicano, que plantea la vivienda digna como un derecho, pero cuyos instrumentos para hacerlo realidad no solventan las necesidades de la mayoría de los ciudadanos que busca beneficiar.

2.2.1. DERECHO A LA VIVIENDA

El derecho a la vivienda como lo conocemos hoy tiene su primera aparición en el marco internacional desde el 10 de diciembre de 1948, con la Declaración Universal de los Derechos Humanos (DUDH) publicada en París, Francia por parte de la Organización de las Naciones Unidas (ONU). Esta declaración no obligaba a los estados firmantes a cumplir con sus contenidos, su función es más bien la de ser un ideal para la humanidad.

Posteriormente, el 16 de diciembre de 1966 en la ciudad de Nueva York en los Estados Unidos de América se integraría en los Pactos Internacionales de Derechos Humanos (PIDCP), que si establecen obligatoriedad a los estados participantes, dentro de los cuales se encuentra México, donde en el derecho a una vivienda digna y decorosa se elevó a categoría de garantía constitucional en 1983, formando parte del Artículo 4 Constitucional. El derecho a la vivienda ha sido la base para los distintos Programas Nacionales de Vivienda, que se han implementado en el país por décadas, siendo el más reciente el 2021-2024(Gobierno Federal).

Hoy día, la ONU plantea en su Agenda 2030 (2015, ONU), a la cual México suscribe, el Derecho a la Vivienda Digna entre sus Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), puntualmente en el apartado 11 titulado “Ciudades y Comunidades Sostenibles” y describe el tema de vivienda de la siguiente manera “asegurar el acceso de todas las personas a viviendas y servicios básicos adecuados, seguros y asequibles y mejorar los barrios marginales”.

En México, la evolución de las iniciativas del estado referentes al derecho a una vivienda digna han sido una constante desde su implementación inicial en la Carta Magna, y la más reciente versión de la Ley de Vivienda (Cámara de Diputados, 2019) se presenta de la siguiente manera:

“Toda familia tiene derecho a disfrutar de vivienda digna y decorosa. La ley establecerá los instrumentos y apoyos necesarios a fin de alcanzar tal objetivo.”

El principal instrumento que provee el Estado Mexicano para la adquisición de vivienda es el INFONAVIT, fundado en 1972 y cuyo objetivo es "dar cumplimiento al derecho a la vivienda de los trabajadores"; su misión es "ser la institución que da soluciones financieras para que las y los trabajadores derechohabientes accedan a una vivienda adecuada" y su visión es "Ser el aliado de confianza de las y los trabajadores derechohabientes, ofrecer soluciones financieras para la vivienda, adaptadas a sus necesidades, y administrar sus recursos con eficiencia, seguridad y transparencia, con un trato proactivo, rápido y resolutivo, con base en los principios de tripartismo, autonomía de gestión y su naturaleza social". (INFONAVIT, 2017).

Hay ciertas características ideales que debe tener la vivienda, de acuerdo con Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-Hábitat), estos son los 7 elementos de la vivienda adecuada:

1. Seguridad de tenencia: Condiciones que garanticen a sus ocupantes protección jurídica contra el desalojo forzoso, el hostigamiento y otras amenazas.
2. Disponibilidad de servicios, materiales, instalaciones, e infraestructura: Contempla la provisión de agua potable, instalaciones sanitarias adecuadas, energía para la cocción, la calefacción y el alumbrado, así como para la conservación de alimentos y eliminación de residuos.
3. Asequibilidad: El costo de la vivienda debe ser tal que todas las personas puedan acceder a ella sin poner en peligro el disfrute de otros satisfactores básicos o el ejercicio de sus derechos humanos. Se considera que una vivienda es asequible si un hogar destina menos del 30% de su ingreso en gastos asociados a la vivienda (ONU, 2018).
4. Habitabilidad: Son las condiciones que garantizan la seguridad física de sus habitantes y les proporcionan un espacio habitable suficiente, así como protección contra el frío, la humedad, el calor, la lluvia, el viento u otros riesgos para la salud y peligros estructurales.
5. Accesibilidad: El diseño y materialidad de la vivienda debe considerar las necesidades específicas de los grupos desfavorecidos y marginados, particularmente de personas con discapacidad.

6. Ubicación: La localización de la vivienda debe ofrecer acceso a oportunidades de empleo, servicios de salud, escuelas, guarderías y otros servicios e instalaciones sociales, y estar ubicada fuera de zonas de riesgo o contaminadas.
7. Adecuación cultural: Es una vivienda adecuada si su ubicación respeta y toma en cuenta la expresión de identidad cultural.

A estos elementos, se les añaden los siguientes criterios:

Vivienda durable: Una vivienda se considera como durable si está construida en una zona no riesgosa y cuenta con una estructura permanente y adecuada para la protección de sus habitantes de condiciones climáticas extremas. Los siguientes criterios son utilizados para determinar la calidad estructural y durabilidad de las viviendas:

- Resistencia de la estructura
- Resistencia de los materiales de construcción para las paredes, techo y piso
- Cumplimiento de los códigos de construcción
- La vivienda no se encuentra en un estado ruinoso
- La vivienda no requiere reparaciones mayores
- La vivienda no está ubicada en terrenos inclinados
- La vivienda no está ubicada en o cerca de residuos tóxicos
- Ubicación de la vivienda (peligrosidad)
- La vivienda no está ubicada en un terreno inundable
- La vivienda no está ubicada en una vía de paso peligrosa (vía ferroviaria, autopista, aeropuerto, líneas eléctricas)

Espacio vital suficiente: Se considera que una vivienda provee un espacio vital suficiente para sus habitantes si cuenta con menos de cuatro personas por cuarto disponible.

Acceso a agua mejorada: Se considera que una vivienda cuenta con acceso a agua potable mejorada, si cuenta con una cantidad suficiente de agua para el uso de la familia. Una cantidad suficiente es por lo menos de 20 litros por persona diarios. Los siguientes criterios son utilizados para determinar el acceso a agua mejorada:

- Conexión de acueducto a la vivienda o lote

- Pozo de agua
- Ducto público que beneficie a no más de 5 viviendas
- Pozo profundo protegido
- Fuente de agua protegida
- Recolección de agua de lluvia
- Agua embotellada

Acceso a saneamiento adecuado: Se considera que una vivienda tiene acceso a un saneamiento adecuado siguiendo estos criterios:

- Conexión directa al alcantarillado público
- Conexión directa a pozo séptico
- Letrinas de sifón (poor flushlatrine)
- Letrina de pozo con mejorada ventilación
- Letrina de pozo con losa (esta condición tiene un peso del 50% del total del criterio)

Actualmente, ONU-Hábitat estima que 38.4% de la población en México habita en una vivienda no adecuada, es decir, en condiciones de hacinamiento o hecha sin materiales duraderos, o que carece de servicios mejorados de agua y saneamiento, además, plantea que esta estimación podría ser mucho mayor si se considera la ubicación de la vivienda en áreas de riesgo y la ausencia de seguridad en la tenencia de la tierra como factores de precariedad y vulnerabilidad, así como el número de personas que habitan en desarrollos de vivienda alejados de las áreas urbanas consolidadas, donde las fuentes de empleo y los servicios públicos de buena calidad son insuficientes, y aquellos que residen en viviendas que no están adaptadas a las condiciones climáticas, a sus necesidades físicas o a su identidad cultural.

2.2.3. FACTORES DE HABITABILIDAD

El derecho a la vivienda, como lo presenta la ONU, requiere del cumplimiento de algunos factores de habitabilidad en cuestión térmica, lumínica y acústica. En el caso de México, únicamente existen normativas para los primeros dos factores cuando se habla de vivienda, y son los presentados a continuación.

Térmica

En el caso de la envolvente de un edificio tiene un gran impacto en la cantidad de energía necesaria para

mantener la temperatura interior dentro de un rango confortable. La NOM-020-ENER-2011

busca reducir las ganancias de calor en edificios residenciales a través de la envolvente del

edificio, y así, disminuir la cantidad de energía necesaria para refrigeración.

Para la ciudad de Mexicali, la NOM-020-ENER-2011 establece que un valor U igual o menor a $0.476 \text{ W/m}^2\text{-K}$ para estar dentro de la norma.

La NOM-008-ENER-2001 especifica que si se aplica a edificios no residenciales, el valor U que establece es de $0.354 \text{ W/m}^2\text{-K}$ para techos y de $0.521 \text{ W/m}^2\text{-K}$ para muros.

Lumínica

NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo

Establecer los requerimientos de iluminación en las áreas de los centros de trabajo, para que se cuente con la cantidad de iluminación requerida para cada actividad visual, a fin de proveer un ambiente seguro y saludable en la realización de las tareas que desarrollen los trabajadores. La normativa plantea que 300luxes son suficientes para una “distinción moderada de detalles: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina”, lo que puede asemejarse a las tareas cotidianas de un hogar.

2.2.4. CRISIS DE VIVIENDA, MEXICALI BAJA CALIFORNIA

Hoy en día, Mexicali cuenta con 18,191 viviendas abandonadas, 47% del total de casas abandonadas de Baja California, de acuerdo con el INFONAVIT, este abandono se debe a temas de inseguridad, falta de oferta de trabajo, falta de servicios públicos y rutas de transporte que lleguen a estos desarrollos que se ofertan (Jiménez, 2021).

Por otra parte, el valor de mercado de la casa habitación en Baja California se ha incrementado en un promedio anual de 8% entre 2015 y 2019 (Sociedad Hipotecaria Federal, 2010), mientras que en el mismo periodo el poder adquisitivo promedio de los trabajadores formales del estado se ha

incrementado en un 4.2% (Instituto Mexicano del Seguro Social, 2019), es decir, el precio de la vivienda se incrementa al doble del ritmo del poder adquisitivo de los Baja Californianos.

En cifras particulares publicadas por el INFONAVIT (2019), 65% de los trabajadores registrados ante el instituto, es decir formales, percibe mensualmente \$10,500 o menos de salario, lo cual implica de acuerdo con la Cámara Nacional de Vivienda (CANADEVI) que se requiere de oferta de vivienda con un valor no mayor a \$450,000 pesos para poder cubrir el derecho a la vivienda de esos 2/3 de los trabajadores en el estado.

Por otra parte, el costo de la vivienda en Baja California según la Sociedad Hipotecaria Federal (SHF, 2020) presenta un precio medio de \$903, 598.00. La distribución de costos promedio por cuartiles de acuerdo con la SHF es de \$418, 818.00 al cuartil 1, \$630, 062.00 al 2 y finalmente de \$942,000.00 para el cuartil 3.

Contrastando esta información con lo declarado por el Consejo Estatal de Profesionales Inmobiliarios (Hernández, 2019), mencionan que el costo de la tierra es elevado, y por ende la oferta de vivienda más accesible oscile alrededor de \$650,000, por lo que la mayoría de los jóvenes trabajadores son orillados a quedarse en la vivienda de sus padres o compartir una renta con otros individuos, ya que los salarios que perciben sólo les habilitan créditos de vivienda alrededor de los \$330,000.

De acuerdo con esta información, se tiene un mercado inmobiliario que oferta solo el 25% de sus viviendas a un costo accesible para el 65% de los trabajadores en el estado, por otra parte, la oferta existente parece no cubrir las necesidades de los compradores cachanillas, lo que ha provocado que la mitad de las viviendas abandonadas de Baja California se encuentren en Mexicali, y finalmente, el costo de la tierra parece ser un factor determinante, de acuerdo con los especialistas en el tema, y dada la tendencia de los últimos años, la diferencia entre el costo de una vivienda se incrementa al doble del ritmo del poder adquisitivo promedio de la población, a lo cual habrá que sumarle en un futuro los efectos de la pandemia por COVID-19, que tuvo su mayor impacto durante el 2020 y el 2021, pero cuyas secuelas han impactado las cadenas de suministro internacionales, provocando inflación en México de 7.3% en 2021 (Banxico, 2022), en pocas palabras, hay una crisis de vivienda en Mexicali.

2.2.5. PROBLEMAS RETORCIDOS EN LA VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL

El tema de la vivienda es un problema retorcido o perverso (*wicked problem*), es decir, una especie de sistema de problemas sociales que se encuentran mal formulados, donde la información disponible es confusa, existen muchos clientes y/o tomadores de decisiones con valores en conflicto, y donde la ramificación del sistema completo es completamente confusa. El adjetivo retorcido o perverso pretende describir las características engañosas e incluso malignas de estos problemas, donde las soluciones propuestas terminan con resultados aún peores que los síntomas de la problemática previamente existentes (Churchman, 1967).

Un ejemplo común de problema retorcido y las consecuencias de las supuestas soluciones es el tráfico vehicular, donde la respuesta lógica parecería ser ampliar las grandes avenidas y las autopistas, brindando mayor capacidad de circulación a los vehículos. El Departamento de Transporte de California, Estados Unidos, publicó un estudio en el que revela que es poco probable que el aumento de la capacidad de las carreteras alivie la congestión del tráfico, por el contrario, la mayor capacidad induce mayor tráfico al corto, mediano y largo plazo, lo cual incrementa las emisiones vehiculares, incrementando la problemática ambiental, además, ese tráfico inducido termina saturando la capacidad agregada al mediano plazo, volviendo al punto original del problema (Handy, 2015).

En el caso de la crisis de vivienda en Mexicali, se tienen tres factores principales, el Trabajador que buscan hacerse de una vivienda, el Estado que está obligado a brindarles las condiciones para que la obtengan y el Mercado que oferta los inmuebles. Son entonces, tres componentes principales, complejos en sí mismos, con información confusa, muchos clientes y tomadores de decisiones con valores en conflicto, y la ramificación del sistema completo (Trabajador-Estado-Mercado) es confusa, es decir, es un problema retorcido.

Partiendo desde el Estado, que funge como mediador entre el Trabajador y el Mercado, se plantea el concepto de Vivienda de Interés Social, la cual coloquialmente se refiere a las viviendas que perciben algún tipo de subsidio gubernamental a través del INFONAVIT, con el fin de hacerlas más accesibles para los más necesitados, sin embargo, basta con analizar el nombre del Instituto para notar que su función es servir a los trabajadores, y no específicamente a los “más necesitados”.

Plantear que el Trabajador es una suerte de marginado en necesidad de una especie de salvación por parte del Estado, así como guiar las políticas públicas y el discurso colectivo con esta

concepción, se corre el riesgo de perder de vista al trabajador como una persona digna, que aporta cotidianamente a la sociedad y a la economía, por el contrario, al beneficiario del crédito de vivienda se le coloca como un simple receptor de apoyo social, en lugar de un derechohabiente. La percepción pública es importante, el trabajador acude al INFONAVIT a exigir un derecho, no una dádiva. El Interés Social se debe plantear desde un punto de vista de realización personal, familiar y, por ende, colectiva, que aporta un beneficio a los ciudadanos y a la nación.

Para evitar confusiones, es necesario definir la terminología, la Vivienda de Interés Social es aquella de acceso para los trabajadores, y se subdivide en tres segmentos de acuerdo con el INFONAVIT (Viguri, Sofía, 2018):

1. Económica: que en 2020 el INFONAVIT planteaba con un valor no mayor a \$343,826.43.
2. Popular: con un valor entre \$343,826.43 y \$537,228.80.
3. Tradicional: con un valor entre \$537,228.80 y \$940,150.40.

Tomando en cuenta esta información, es claro que la Vivienda de Interés Social Económica es la presente en el imaginario colectivo, y es el segmento prácticamente desatendido en Baja California, mientras que el costo del 50% de las viviendas está por encima de los \$630,062.00, es decir, la oferta en el estado prácticamente ignora el segmento económico y el popular, y se encuentra principalmente en el segmento tradicional, pues el precio promedio de un inmueble está casi en el límite superior de este segmento, con \$942,000.

El INFONAVIT tiene dos criterios principales para calcular el valor máximo de un crédito hipotecario, la edad del Trabajador y el salario mensual. A grandes rasgos, el factor edad implica que entre mayor sea el derechohabiente, menor es el plazo que se le otorga para liquidar su crédito, por ende, es menor el monto que se le aprueba. De igual forma con el salario percibido, entre mayor sea, se incrementa el monto del crédito hipotecario. Tomando en cuenta que la crisis de vivienda hoy afecta principalmente a los trabajadores jóvenes (18-34 años) que quieren hacerse de su primera vivienda, se debe tomar en cuenta la capacidad adquisitiva considerando “Puntuación por factores de Edad y salario del trabajador” (Diario Oficial de la Federación, 2020) mostrados en la Tabla 1.

Tabla 1. Puntuación por factores de Edad y salario del trabajador. Diario Oficial de la Federación, 2020.

Salario (UMMA)						
Edad /Años	1.0 a 2.6	2.7 a 3.6	3.7 a 5.2	5.3 a 6.7	6.8 a 11.0	11.1 o más
Hasta 17	30	31	32	34	39	40
18 a 20	56	57	58	60	65	66
21 a 34	60	61	62	64	69	70
35 a 42	63	64	65	67	72	73
43 a 49	66	67	68	70	75	76
50 o más	51	52	53	55	60	61

Con estos montos y factores como base, desde el punto de vista de asequibilidad que plantea la ONU, el *Interés* en la designación Interés Social no se ve particularmente reflejado en la asequibilidad de vivienda en Mexicali, considerando el poder adquisitivo de 2/3 de su población, por el contrario, el mercado inmobiliario cada vez responde menos al Interés Social, o en su defecto, la categorización de lo que es una Vivienda de Interés Social que maneja INFONAVIT se encuentra sustentada en factores que no corresponden a la realidad material de los trabajadores.

Incluso las personas que han recibido un crédito y adquirido una vivienda a través de las políticas del Instituto no ven de manera favorable a la institución. En el Índice de Satisfacción realizado en 2016 por parte del INFONAVIT (Vivienda INFONAVIT 1, 2016) los derechohabientes declararon, entre otras cosas, lo siguiente:

- 30 % reporta estar insatisfechos con el precio que están pagando por su vivienda con relación a lo que recibieron.
- 45 % está insatisfecho con la calidad de los materiales de su casa y 46 % con respecto a las áreas recreativas del desarrollo habitacional.
- 42 % está inconforme por la lejanía de los servicios de transporte, comercios, escuelas e iglesias alrededor de su vivienda.
- 48 % no volvería a adquirir su vivienda con el desarrollador que le vendió su casa.
- 57 % no recomendaría a familiares, amigos o compañeros adquirir una casa con el desarrollador. 44 % tuvo algún problema con los aspectos de construcción de su vivienda (grietas, goteras, fugas de agua o gas, entre otras) de los cuales al 50 % nunca le fueron resueltos.

- 45 % reporta que, si tuviera problemas y no pudiera pagar el crédito, no le afectaría mucho perder su casa.
- 7 % declara que vive peor en su nueva vivienda que en la anterior, principalmente porque queda demasiado lejos de su trabajo (52 %), es muy pequeña (15 %), queda lejos de cualquier equipamiento urbano (11 %) y porque zona en que se ubica es insegura (9.2 %).
- 50 % de las viviendas financiadas por Infonavit están habitadas por cuatro o más personas.
- 8.3 % de las viviendas cuenta con una sola habitación para dormir, a pesar de que son créditos que se originaron con la nueva política de vivienda de dos cuartos, establecida durante el primer semestre de 2013.
- 37 % invierte dos horas o más en trasladarse a su trabajo y regresar a su vivienda.
- 19 % siente la necesidad de abandonar su conjunto habitacional.

En ese mismo estudio, el instituto plantea que el total de vivienda abandonada en todo el país en 2016 era de 191, 917 inmuebles con capacidad de reincorporación al mercado, en junio del 2021 (Vázquez), el director general del INFONAVIT Carlos Martínez declaró que había 650,000 viviendas en esa condición, es decir que, en 5 años hubo un incremento a 338% en vivienda abandonada a nivel nacional. Considerando lo declarado por los compradores, no es de extrañar el abandono de vivienda, pues son inmuebles pequeños, de un costo mayor al valor percibido por los compradores, lejos de su trabajo y áreas de interés, con materiales y acabados de mala calidad, instalaciones deficientes, habitaciones insuficientes y ubicadas en zonas inseguras.

Tomando a consideración la información recabada, es claro que en el sistema Trabajador-Estado-Mercado nacional, y puntualmente en Mexicali, actualmente el mediador -el Estado, a través del INFONAVIT- no cumple su función de manera correcta. El Trabajador no tiene mayor asequibilidad en Mercado de vivienda, por el contrario, este cada vez se aleja más del poder adquisitivo de los derechohabientes. La oferta actual es insuficiente en factores altamente relevantes para los derechohabientes, a tal grado que casi la mitad no tendría problema en abandonar la vivienda adquirida, y 1/5 incluso considera que el abandono es una mejor opción que la permanencia en el inmueble.

En este documento no se propone un cambio operativo del Estado o una serie de regulaciones al Mercado, eso corresponde al ramo de las ciencias políticas y económicas, más bien plantea generar, a través del diseño industrial, opciones adicionales para el Trabajador, considerando sus realidades materiales, para ampliar el acceso a la vivienda respecto a lo que el sistema oferta actualmente. Armonizar nuevamente el sistema Trabajador-Estado-Mercado en el ámbito de la vivienda es una propuesta altamente deseable para las tres partes involucradas.

2.2.5.1. CICLO DE VIDA Y METABOLISMO

Para encontrar la manera de responder al problema retorcido de la vivienda en Mexicali, es importante conocer al menos de forma general como es que el Trabajador se relaciona con su casa. A grandes rasgos, esto se presenta en el Ciclo de Vida Familiar (CVF), que se define como la serie de etapas o fases que se presentan de forma estable y previsible en la mayoría de las familias tradicionales (Quiroa, 2022).

Según la Psicóloga Nadia Semenova Moratto Vásquez (2015), autores como Jara (2011), Carter y McGoldrick (1980) y Vargas (2013) plantean cuatro etapas principales del ciclo de vida familiar (CVF):

1. Formación: desde que dos individuos inician el cortejo hasta que contraen matrimonio y comienzan la vivienda en pareja.
2. Expansión: desde el nacimiento del primer hijo hasta que este cuenta con 6 años.
3. Consolidación y apertura: desde el crecimiento a los 13 años del primer hijo, la adolescencia de los hijos, el abandono de la casa por parte de los hijos y el final de la vida laboral de la pareja.
4. Disolución: desde la muerte de uno de los miembros de la pareja hasta la muerte del segundo.

Considerando estas etapas, y trasladando el concepto al ámbito de la vivienda, es claro que las necesidades espaciales de cada etapa tienen sus características particulares. Si bien las generalidades de una vivienda digna definidas por la ONU-Hábitat no cambian (protección, accesibilidad, agua, energía eléctrica, etc), las dimensiones necesarias para que la vivienda cumpla con lo estipulado requieren una expansión de espacio una vez llegados los hijos, y dependiendo de

cuantos sean y sus respectivas edades, se podría requerir este incremento de espacio en varias ocasiones a lo largo del ciclo de vida. Por otra parte, una vez que los hijos dejan el hogar, el espacio existente deja de ser necesario. Si bien los padres pueden recurrir a reconfigurar estos espacios para usos alternativos, la realidad es que idealmente no son estrictamente necesarios, y se podría prescindir de ellos para evitar gastos energéticos y de mantenimiento.

Dentro de la teoría arquitectónica moderna, durante los años 60s, se propuso en Japón una corriente denominada Metabolismo (Kawazoe, N., et Al., 1960), en el cual los arquitectos japoneses plantean a la ciudad urbana como un ente vivo. Los “metabolistas”, como fueron llamados, combinaron conceptos arquitectónicos con conceptos de biología sobre crecimiento de organismos, e incorporaron conceptos budistas, como la posibilidad de cambio, renovación y regeneración. Los metabolistas sostenían que el trabajo del arquitecto no era proponer modelos ideales para la sociedad, sino idear equipo espacial que los ciudadanos pueden operar y configurar por sí mismos.

Si bien el movimiento metabolista no fue adoptado de forma general alrededor del mundo como sus proponentes esperaban, los conceptos teóricos que plantea parecen vigentes hoy día, donde la participación de la sociedad se ha potenciado a partir de la llegada del internet, que incrementó las posibilidades y el alcance de comunicación de la población en general. Profesionistas y comunidades están acercándose y organizándose de formas sin precedentes, buscando resolver las problemáticas derivadas de la actual crisis medioambiental. La demanda de edificios y procesos de construcción más eficientes y respetuosos con el medio ambiente, han llevado a la prefabricación y la modularidad al frente del discurso arquitectónico como no lo había sido desde el movimiento del metabolismo de la década de 1960. Muchos de los mismos temas relacionados con la rápida urbanización que fueron abordados por el manifiesto metabolista han vuelto a ser relevantes (Russell, S. R., 2009).

El fracaso inicial de la arquitectura metabólica japonesa probablemente se debió a que era demasiado radical y visionaria para su época. Las décadas de 1970 y 1980 también depararon varios desafíos para la filosofía. Sin embargo, a finales del Siglo XX, con el inicio de la crisis energética y el nacimiento del diseño sustentable, el diseño de mega estructuras perdió rápidamente su popularidad, siendo considerados “dinosaurios del movimiento moderno” (Lin, 2010, pp. 516). Sin embargo, visto desde una perspectiva contemporánea, metamoderna, el

metabolismo aún proporciona exploraciones y referencias significativas y valiosas para la práctica del diseño arquitectónico y urbano, tanto actual como futuro (Trudelle, A., & Zhang, F., 2020).

Teniendo en cuenta los paralelismos aparentes entre el ciclo de vida familiar y los conceptos planteados por el metabolismo japonés, además considerando el contexto social, económico y cultural contemporáneo, el cual exige la búsqueda de soluciones sustentables a las problemáticas sociales, la generación de vivienda modular, a través de procesos optimizados y con la posibilidad de crecer y reducirse según la necesidad de los ocupantes parece, desde un punto de vista teórico, una idea optimista, y sobre todo, viable.

2.3. VIVIENDA (IN)MUEBLE

Una vez que se entiende la crisis de vivienda en Mexicali como un problema retorcido, es importante proponer como es que se puede abordar temas de estas características, para proponer soluciones que correspondan con la realidad contextual y material de los Trabajadores, idealmente durante todo su Ciclo de Vida Familiar.

Dado las características de los problemas retorcidos, se han intentado generar metodologías que permitan abordarlos de distintas formas, entre ellas se encuentra el Pensamiento de Diseño o *Design Thinking*, en inglés. El termino se utiliza para englobar una serie de procesos prácticos, estratégicos y cognitivos a través de los cuales se generan conceptos de diseño, como propuestas para empaque, edificios, maquinaria, productos, etc. (Buchanan, 1992). Muchos de los conceptos y aspectos clave del Pensamiento de Diseño han sido identificados a través de estudios en distintos campos del diseño, cognición del diseño y actividades del diseño, tanto en el laboratorio como en contextos reales (Visser, 2006 y Cross, 2001).

La crisis de vivienda en Mexicali, y el sistema en el que esta se desarrolla tiene una clara desarticulación entre la demanda (Trabajador) y la oferta (Mercado), donde el mediador (Estado) no cumple su función de forma adecuada, lo cual a su vez dificulta que cumpla sus objetivos y por ende no materialice su misión ni su visión.

Dejando de lado al Estado, considerando únicamente el Trabajador, el Mercado y el bien que buscan intercambiar, la vivienda, ya sea unifamiliar, como una casa habitación, o multifamiliar, como un departamento o condominio. Estos bienes, sin importar su categoría, son principalmente

bienes inmuebles, es decir, están integrados mecánicamente con el terreno, lo cual implica que están confinados al espacio físico donde se edificaron. Debido a esto, el impacto que tiene el valor del terreno sobre el precio de una vivienda puede incluso ser mayor al que puede representar el costo de edificarla, y esto se refleja en todos los segmentos de vivienda ofertados en el Mercado (Rodríguez, I., 2015).

Las características de lo que se busca intercambiar son importantes, pues impactan de manera directa la asequibilidad de la vivienda. La implicación de que el costo de una casa no es netamente definido por el valor del edificio, si no en gran medida por el valor de la tierra donde este se encuentra, genera que el costo de la vivienda se dicte por dos factores independientes entre sí.

Por un lado, el precio de la construcción del edificio, que tiende a incrementarse por factores claros como el costo de los insumos y el incremento de los salarios de los trabajadores de la construcción (idealmente), estos costos normalmente tienen una variación apegada a la inflación, como idealmente lo tiene también el salario del Trabajador.

Por otro lado, el valor de la tierra depende de factores aleatorios, y el incremento de costo por m² de superficie es un tema principalmente especulativo, que se puede ver impactado fuertemente por fenómenos que poco o nada tienen que ver con el terreno en sí, como puede ser la inclusión de servicios públicos en la zona (luz, agua, drenaje), construcción de vialidades pavimentadas, rutas de transporte que circulen cerca, la construcción de zonas comerciales, industriales, estatales o recreativas cerca del terreno.

Si bien ambos factores están sujeto a muchos elementos externos, y que serían en sí mismos problemas retorcidos, más bien adecuados para un estudio de ordenamiento territorial y políticas públicas y económicas que de diseño industrial, el resultado material que se puede concluir es que, con respecto a la asequibilidad para el trabajador Mexicalense, la oferta de bienes inmuebles para vivienda es para algunos limitada y para muchos simplemente inaccesible.

Entre estos dos factores, el que corresponde más con los cambios de poder adquisitivo es el costo de la construcción del inmueble, sin embargo, el hecho de que este bien esté anclado al terreno es una de las razones más importantes para dejar el costo fuera del alcance de los trabajadores. Sin embargo, los bienes inmuebles no son la única manera de resolver una vivienda.

Contrario a los bienes inmuebles, los bienes muebles son aquellos que se pueden trasladar fácilmente entre distintas ubicaciones, por distintos medios, y que mantienen su integridad al ser colocados en su destino.

Contrastando con las viviendas edificadas (inmuebles), existen alternativas que hacen uso de otro tipo de producto para atender necesidades de vivienda, tres de las cuales se abordan a continuación, los vehículos recreativos, las *Tiny Homes* y las viviendas prefabricadas. Si bien comparten algunas características importantes, como su capacidad de movilidad, un enfoque en reducir la vivienda a lo más esencial (vehículos recreativos y tiny homes), y su fabricación fuera del sitio donde se ubicará finalmente la vivienda, la forma en que se presentan estas opciones surgen de planteamientos distintos.

Los vehículos recreativos o casas móviles son diseñados y fabricados pensando en obtener la mayor cantidad posible de confort para una estancia temporal en algún sitio, usualmente fuera de las ciudades, mientras que las *Tiny Homes* son viviendas permanentes en las que se busca incluir la mayoría de los espacios y comodidades para una vivienda permanente, y se plantean como un tipo de vivienda que puede integrarse fácil y rápidamente en el contexto urbano. Finalmente, la vivienda prefabricada es más bien una respuesta de la era industrial a las dificultades de construir vivienda en ciertas zonas rurales con poca accesibilidad, y propone la fabricación de los elementos que componen la vivienda en un ambiente controlado, estos elementos son transportados en vehículos de carga a su destino final donde serán colocados, idealmente, de forma permanente.

2.3.1. VEHÍCULOS RECREATIVOS

Los vehículos recreativos, también conocidos como RV (Recreational Vehicles, por sus siglas en inglés) son vehículos automotores o remolques que incluyen espacios diseñados para ser habitados, para uso recreacional, campamento, viaje o uso temporal, no para una vivienda permanente, de acuerdo con la Agencia Federal de Manejo de Emergencias (FEMA).

Estas viviendas móviles tienen sus inicios en los Estados Unidos de América, en los 1920's, donde propietarios de vehículos agregaban estructuras de madera con la intención de hacer más placentero el viajar y acampar. Dado que la infraestructura carretera en esos entonces aún era precaria y los hospedajes a orilla de las vialidades no eran tan comunes como hoy día, era común tener que acampar en el camino cuando se realizaban viajes de largas distancias. La popularidad de este tipo de adaptaciones dio lugar a un segmento de la industria automotriz dedicado al diseño

y manufactura de este tipo de vehículos en sus dos variantes, el automotor con la cabina habitable, y el remolque, el cual, es una cabina habitable independiente del vehículo con el cual se traslada (Wohnmobilcenter Am Wasserturm, 2020).

Esta segunda variante de los RV, los remolques, han sido utilizados como viviendas prácticamente desde su origen como producto en los años 30, durante la gran depresión económica de los Estados Unidos de América. Fue en esta época donde surgieron los parques de remolques (tráiler parks), terrenos que por un bajo costo permitían a sus arrendatarios colocar sus remolques por un periodo largo de tiempo, lejos del concepto original de ser un vehículo de uso “temporal”, estos pequeños espacios de madera y lámina se convirtieron en la vivienda de los desfavorecidos (Aron, N. R.,2018).

Similar a lo sucedido en Estados Unidos, en Baja California se ha adoptado “la traila” (trailer remolque en inglés) como una alternativa de bajo costo a la vivienda edificada, y si bien, como inversión inicial un remolque de segunda mano parece una opción ideal, la realidad es que estos vehículos no están diseñados para uso durante largos periodos. Sus instalaciones hidráulicas y eléctricas se deterioran con el uso sostenido, y en la mayoría de los casos los sistemas de aislamiento térmico son muy deficientes o inexistentes, además de ser muy costoso adaptar recubrimientos o rellenos convencionales debido a la composición misma del vehículo (Dent, 2021).

En el caso de lugares con climas extremos, es necesario hacer adecuaciones a los remolques para evitar afectaciones mayores en su estructura y sus sistemas hidráulicos, tales como el aislamiento adicional a las entradas y salidas de agua, cortinas exteriores para evitar el flujo de viento por debajo del remolque, recubrimientos plásticos de ventanas, paneles de poliestireno expandido colocado por debajo del suelo en el exterior del remolque. Estas adecuaciones adicionales vuelven una opción aparentemente económica en una que requiere inversión adicional para su funcionamiento como vivienda permanente, además de que requiere mantenimiento de manera más constante para evitar deterioro de sus materiales, los cuales están planteados para uso temporal (Mann, 2022).

2.3.2 TINY HOMES

Una versión del “remolque como vivienda” surgió a principios de los 2000s, el cual busca generar una vivienda permanente utilizando un remolque de carga como base estructural, este movimiento conocido como *Tiny Home* (vivienda diminuta, en inglés) ha tomado popularidad en países como Nueva Zelanda, Australia, Reino Unido y más recientemente, Estados Unidos. (Ford, J., & GomezLanier, L.,2017).

Algunas de las razones por las cuales se ha popularizado este movimiento son los altos costos de la tierra, un estilo de vida nómada urbano, el deseo de independizarse sin tener la posibilidad de comprar una vivienda tradicional, , es una alternativa de un costo relativamente bajo a las viviendas edificadas tradicionalmente, (Summers, N., 2018). Es decir, la crisis de vivienda de Mexicali no es un caso aislado, y en otros lados del mundo han surgido alternativas que buscan hacer más accesible una vivienda propia

En México, la demanda por este tipo casas aún es incipiente, pese al encarecimiento de la vivienda en las principales ciudades y la necesidad de movilidad de las nuevas generaciones. Sin embargo, ya existen fabricantes de *Tiny Homes* como Tiny Topanga, cuyos fundadores comentan que “es un tema desconocido, en otros países tiene mucha historia como en Estados Unidos y Europa donde con vehículos recreacionales hacen vivienda móvil. Aunque ya está llegando más información al país y la gente ya se ha interesado por este tipo de vivienda. Y la pandemia cambio la forma de ver las cosas” (Zapata, E., 2021).

Las dimensiones de estas viviendas tienen entre 23.2m² y 27.8m² de superficie, lo que requiere un estilo de vida minimalista, que puede ser muy accesible comparado con el gasto que implica una vivienda tradicional. Las *Tiny Homes* (Figura 5) se fabrican con materiales utilizados comúnmente en la construcción, lo que las hace más durables a largo plazo comparadas con los vehículos recreativos. Debido a ello, ingenieros y arquitectos se han involucrado en el movimiento y desarrollado soluciones innovadoras, que habilitan estos espacios reducidos a que cuenten con las comodidades necesarias para vivir cómodamente y al mismo tiempo ser estéticamente agradables (García Guzmán, M., 2019).



Figura 5. *Tiny home, Tiny Living 12. Recuperado de tinyhomebuilders.com (2022)*

Uno de los retos principales para la adopción de estas *Tiny Homes* son las regulaciones de vivienda. En algunos lugares el tema de las dimensiones no permite clasificarla como vivienda, de manera que es ilegal habitar en ellas por más de un tiempo determinado. Por otra parte, el hecho de que están construidas sobre remolques de carga, y por ende pueden ser trasladadas, las leyes de algunos países tienen requerimientos específicos referente a transportes, los cuales no son fáciles de cumplir dado que muchas de estas viviendas son fabricadas por sus propios habitantes (Campbell, V., 2018).

Dadas sus características, las *Tiny Homes* se pueden interpretar como una variación de los vehículos recreativos tipo remolque, pero con las prioridades invertidas, es decir, en lugar de ser un vehículo habitable cuya prioridad es la facilidad de traslado para estancias cortas durante viajes, es una vivienda móvil con el objetivo principal de ser una vivienda de largo plazo o permanente, aunque con la capacidad de ser trasladada a otro punto en caso de ser necesario. La versatilidad que añade este último punto en muchos casos puede sobrepasar los retos de vivir en espacios tan reducidos por largos periodos de tiempo.

2.3.3. VIVIENDAS PREFABRICADAS

Las viviendas prefabricadas son viviendas que son fabricadas con antelación fuera de su lugar de emplazamiento, y posteriormente enviadas a su ubicación definitiva para su ensamblaje

final, en los Estados Unidos, varias empresas incluida la empresa de casas por catálogo Sears ofrecían viviendas ensamblables por correo, entre 1902 y 1912. El Forest Products Laboratory (Laboratorio de productos del bosque), una división del Servicio Forestal Americano realiza investigaciones a profundidad sobre casas prefabricadas en los años 30s (Groer, 2002). En la Figura 6 se aprecia su primer prototipo, presentado en el Madison Home Show en 1935.



Figura 6. Vista frontal de la primera vivienda prefabricada, Madison Home Show, 1935. Forest Product Laboratory Library, recueprada en 2020.

De acuerdo con Kibert (2012) y Li (2014), es reconocido que la producción prefabricada de vivienda presenta importantes ventajas con respecto a la construcción en sitio, incluyendo producción más rápida en todo tipo de clima y por ende un menor tiempo de retorno de inversión; menores costos para los habitantes debido a la precisión alcanzable en la fabricación, lo que se traduce en uniones selladas y una colocación superior de elementos aislantes; condiciones de trabajo más seguras, sin necesidad de trabajar “en las alturas”; y mejores resultados para la sociedad derivados de los menores costos operativos, combinados con la reducción de desechos dada la repetitividad de la producción en un sitio fijo.

La prefabricación poco a poco está reduciendo sus costos con respecto a la construcción en sitio, pues conforme la industria madura y aprovecha las economías de escala (disminución de los costos unitarios como resultado de un incremento del volumen de producción), lo cual incrementa la oferta de vivienda asequible (Boklok, 2018).

En una comparativa entre los sistemas prefabricados utilizados en Suecia y Australia (Streidnhart, 2019), se concluyó que los productos prefabricados menos sofisticados como los sistemas de

paneles, son menos disruptivos en contextos donde se utilizan sistemas de construcción en sitio tradicionales, por ende, tienden a ser más aceptados que aquellos sistemas más elaborados como son las cápsulas. También determina que la viabilidad de este tipo de viviendas en mercados emergentes tiende a incrementar si existe demanda por el tipo de materiales que estas utilizan, a diferencia de los mercados de vivienda prefabricada maduros, donde la demanda ya existe por lo que la oferta se desarrolla en conjunto con regulaciones de infraestructura técnica.

Tomando esto en cuenta, es claro que el caso de México es aquel de un mercado emergente, y por ende la posibilidad de desarrollar oferta de vivienda prefabricada debe considerar los tipos de materiales existentes para poder implementar una oferta competitiva y con potencial de aceptación, es decir, encontrar los insumos que más se asemejen a lo actualmente utilizado, o en su defecto, que sean lo más compatible posible con procesos y tecnologías de uso común, para acelerar la adopción de los nuevos materiales.

2.3.4. VIVIENDA PREFABRICADA EN MÉXICO

La vivienda prefabricada en México se ha explorado de forma limitada, principalmente como vivienda para estancia corta, ya sea de forma recreativa o como un espacio habitable temporal para casos emergentes, como pueden ser desastres naturales o migración masiva. Los planteamientos de vivienda prefabricada para usos permanente son limitados.

En el primer caso, vivienda recreativa, se encuentran propuestas regionales en el Valle de Guadalupe, con viviendas prefabricadas en madera con estructura metálica, viviendas inflables elaboradas con plástico flexible, llamadas burbujas, y viviendas elaboradas con contenedores marítimos adaptados, en la Figura 7 se muestran estos tres ejemplos.



Figura 7. Habitaciones para renta en Valle de Guadalupe. Valentino Valley View, Bubble Suite y La Finca de Vane. Recuperadas de airbnb.com (junio 2022).

En caso de la vivienda prefabricada para uso permanente, el proyecto “VIS”, Vivienda Industrializada Sustentable, es un prototipo derivado del proyecto Habita-Mueble (Fernández, 2013), la cual es una vivienda tipo remolque de dos niveles (Figura 8), esto es posible a través de un aprovechamiento de espacios desfasados entre la primera y la segunda planta según sea su uso, ya sea de pie, sentado o acostado.

Por ejemplo, la cocina es un espacio donde su ocupante se encuentra de pie al preparar los alimentos, debido a esto, en el segundo nivel el espacio designado sobre la cocina es la base de la cama, de la cual su uso es acostado, por lo que en una altura de 3.60m es posible acomodar dos plantas en lugar de requerir el mínimo de 2.2m por nivel que comúnmente se implementa. El prototipo cuenta sistemas fotovoltaicos, sistema de captación de agua de lluvia e implementos hidráulicos como la regadera, retrete y lavaplatos, de bajo consumo de agua.



Figura 8. Prototipo del "VIS" HabitaMueble. Elaboración propia.

Otro proyecto desarrollado académicamente, con enfoque de uso emergente, es la Vivienda de Emergencia para el estado de Chiapas (Figura 9, Ordoñez, 2021), el cual plantea el diseño y fabricación de una vivienda unifamiliar, prefabricada, modular, de un solo nivel, de fácil transportación y capaz de albergar a 4 habitantes. El enfoque del proyecto radica en la utilización de ciertas plantas regionales como sustituto para las estructuras de acero, con adobe como recubrimiento, planteando su uso en casos de desastres sísmicos donde familias pierdan su vivienda, esta pueda ser remplazada al menos de forma temporal con una fabricada con estos materiales.



Figura 9. Render 3D de la propuesta de vivienda temporal. Ordoñez, 2021.

Finalmente, el enfoque temporal de la vivienda prefabricada se encuentra en casos como el de las casas prefabricadas de las fincas cafetaleras del Soco (Robledo, 2019), edificaciones singulares realizadas en madera, muy coloridas, con grandes porches, que caracterizan a las fincas de café y que se valieron de un sistema constructivo en el que todos sus elementos se prefabricaron y posteriormente se ensamblaron en obra, se muestran en la Figura 10 una de dichas viviendas, la casa grande de la finca de Argovia. Estas arquitecturas fueron adquiridas por familias germano-guatemaltecas que colonizaron la región, entre finales del siglo XIX y principios del siglo XX, y que fundaron fincas dedicadas a la producción de café lavado destinado al mercado mundial. Las viviendas tienen una sola configuración, seleccionada al tiempo de su adquisición.



Figura 10. Casa grande de la finca de Argovia, ca. 1955. Archivo familiar de la familia Gieseemann (Robledo, 2019).

2.3.5. MUEBLE HABITABLE Y METABÓLICO

Considerando las características de los tres tipos de muebles habitables descritos, se puede analizar desde el punto de vista del Ciclo de Vida Familiar, qué características son deseables para producir un espacio habitable, que cubran todas las necesidades de vivienda digna del Trabajador y su familia.

De los vehículos recreativos y las *Tiny Homes* sobresale la capacidad de integrar mobiliario, instalaciones y la envolvente habitable en espacios reducidos, pero que a pesar de sus dimensiones pueden cumplir cabalmente con las necesidades de vivienda de una vida cotidiana. Si bien las dimensiones son una limitante, y son productos que no están pensados para ser ampliados posterior a su fabricación, es importante considerar cómo es que este tipo de integraciones espaciales pueden beneficiar a una vivienda.

En el caso de la vivienda prefabricada, la prueba de que desde hace más de un siglo se industrializó de forma exitosa la fabricación de viviendas fuera de sitio, es cierto que en esos entonces el tipo de vivienda que ofertaban presentaba opciones limitadas que difícilmente se adaptaban a las necesidades de todos los compradores, viviendas con varias habitaciones o incluso dos niveles; además que la adquisición del edificio debía hacerse en su totalidad desde un inicio, sin importar si en ese momento las necesidades espaciales del comprador correspondían con las realidades dimensionales de la vivienda.

En los tres casos, además de que se separa efectivamente el costo del espacio habitable del costo de la tierra donde este se encuentra, se presenta de forma importante una flexibilidad y adaptabilidad de la vivienda que no se encuentra a ese grado en los edificios inmuebles. La capacidad de reubicación ya sea una simple reorientación dentro del mismo predio o mover la vivienda al otro lado de la ciudad son opciones simplemente impensables en una vivienda edificada. El potencial de que parte o la totalidad de una vivienda puedan trasladarse de un sitio a otro, o reconfigurarse en el mismo sitio propicia flexibilidad que se presenta, en primera instancia, como altamente compatible con el ciclo de vida familiar.

Con base en estas características, es importante explorar como sería una forma de realizar un mueble habitable, cuyas características sean capaces de cubrir las necesidades de vivienda de los trabajadores mexicalenses. Lo subsecuente es pasar al campo del diseño, emplearlo como

herramienta de investigación, y a partir de éste conceptualizar la vivienda mueble, y determinar los elementos para hacerla factible.

Un “Mueble Habitable”, cuyo costo no está sujeto al valor de la tierra donde éste se encuentra, puede ser una alternativa de vivienda asequible para los trabajadores de Mexicali. Haciendo uso de su capacidad de traslado, puede adquirirse en una situación similar a las que hoy se amplían viviendas unifamiliares, con la posibilidad adicional de reubicarlo posteriormente, una vez que la capacidad adquisitiva lo permita. En resumen, se postula que separar el costo del espacio habitable del costo de la tierra, puede presentar opciones adicionales que aminoren la crisis de vivienda actual.

2.3.6. MATERIALES ALTERNATIVOS PARA MUEBLES HABITABLES

La realización de un mueble habitable requiere de materiales adecuados para su fabricación. Siendo este un proyecto de Diseño Industrial, y considerando la demanda de vivienda que existe en Mexicali, es importante elegir materiales disponibles localmente, que sean fáciles de modificar o intervenir para generar las distintas partes que conforman cada módulo, y que sus características favorezcan la fabricación de espacios que puedan sobrellevar las condiciones climáticas de la ciudad.

En el caso de la ciudad de Mexicali, existen tres proveedores principales de materiales tipo SIP, el Insulpanel de FANOSA, el Multypanel de Ternium y el Thermorock, de la empresa con el mismo nombre. Es importante que además de identificar sus características de factibilidad que aportaría cada uno a la fabricación de un mueble habitable, es también necesario considerar el mantenimiento de la vivienda durante el ciclo de vida del propietario, pues es quien convivirá más y por más tiempo con el producto. Se deben tomar en cuenta tareas simples como colgar cuadros o espejos, pintar la casa y barrenar para pasar un ducto, cable o tubería.

El Insulpanel y el Multypanel son productos muy similares, tanto en su geometría y funcionamiento como en los materiales que los componen. Las cubiertas de ambos son de lámina galvanizada recubierta, y el centro es de poliestireno expandido, en la Figura 11 se aprecian las similitudes mencionadas. El principal distintivo entre estos sistemas más allá del color de sus recubrimientos es la geometría del mecanismo de acoplamiento que se utiliza entre los paneles.



Figura 11. Insulpanel y Multipanel. Fuente: sitios del fabricante.

Los acabados aplicables a estos materiales suelen requerir pintura y selladores de tipo industrial, por el recubrimiento metálico, esto encarece el costo de pintura y mantenimiento para los habitantes de una vivienda, además, la cubierta galvanizada es tan delgada que puede deformarse con el impacto de objetos rígidos y pesados como tanques de gas o línea blanca, comunes en la vivienda. Cortar o barrenar la lámina implica el uso de brocas y cortadores para metal, los cuales son menos comunes en el contexto doméstico, además que reparar un corte o abolladura requiere de saber manejar rellenos plásticos que son más complicados de preparar y aplicar que un resanador común, utilizados cotidianamente para reparaciones en el hogar.

Por otra parte, los paneles de Thermorock están compuestos por cubiertas de fibrocemento y un centro de poliestireno expandido, como se observa en la Figura 12. Debajo de cada cubierta de fibrocemento, el panel cuenta con una retícula de canales rectangulares de 2.5cm x 2.5cm (1" X 1") separados cada 40cm (16"), cuya función es el paso de tubería con instalaciones eléctricas.

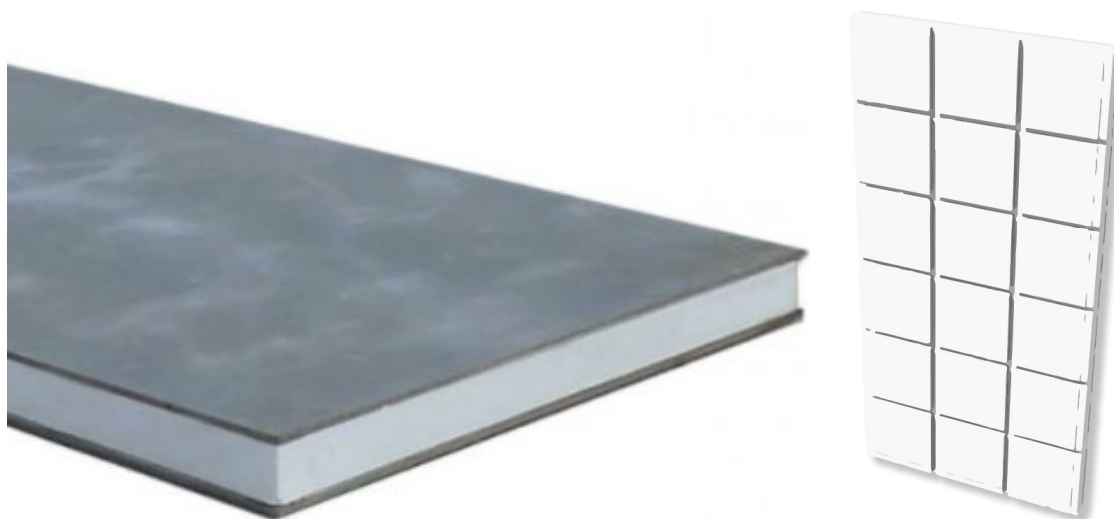


Figura 12. Panel Thermorock muro, y detalle interior del panel. Fuente: Sitio web del fabricante.

Cabe mencionar que el SIP de thermorock requiere de un elemento de acoplamiento adicional, el Conector “H” para empalmar paneles, mostrado en la Figura 13; de acuerdo con el fabricante, al implementarse esta unión, se incrementa la resistencia en cargas verticales y horizontales. Se plantea como un sistema estructural ligero, similar a los utilizados para la colocación de tabla roca, tableros de virutas orientadas (petatillo), hojas de yeso o triplay, y en general materiales en presentación de paneles.

Este elemento está fabricado con lámina galvanizada de calibre 20 o 22, la cual es doblada hasta lograr la geometría “H”, que le da su nombre, y tiene orificios rectangulares cada 40cm (16”), correspondientes a las ranuras del SIP por donde se pasan instalaciones internas. De acuerdo con algunos profesionistas de la construcción, es posible suplir el perfil H por barrote de 10cmx5cm (4”x2”) en casos donde la estructura será más pequeña y no soportará un segundo nivel.

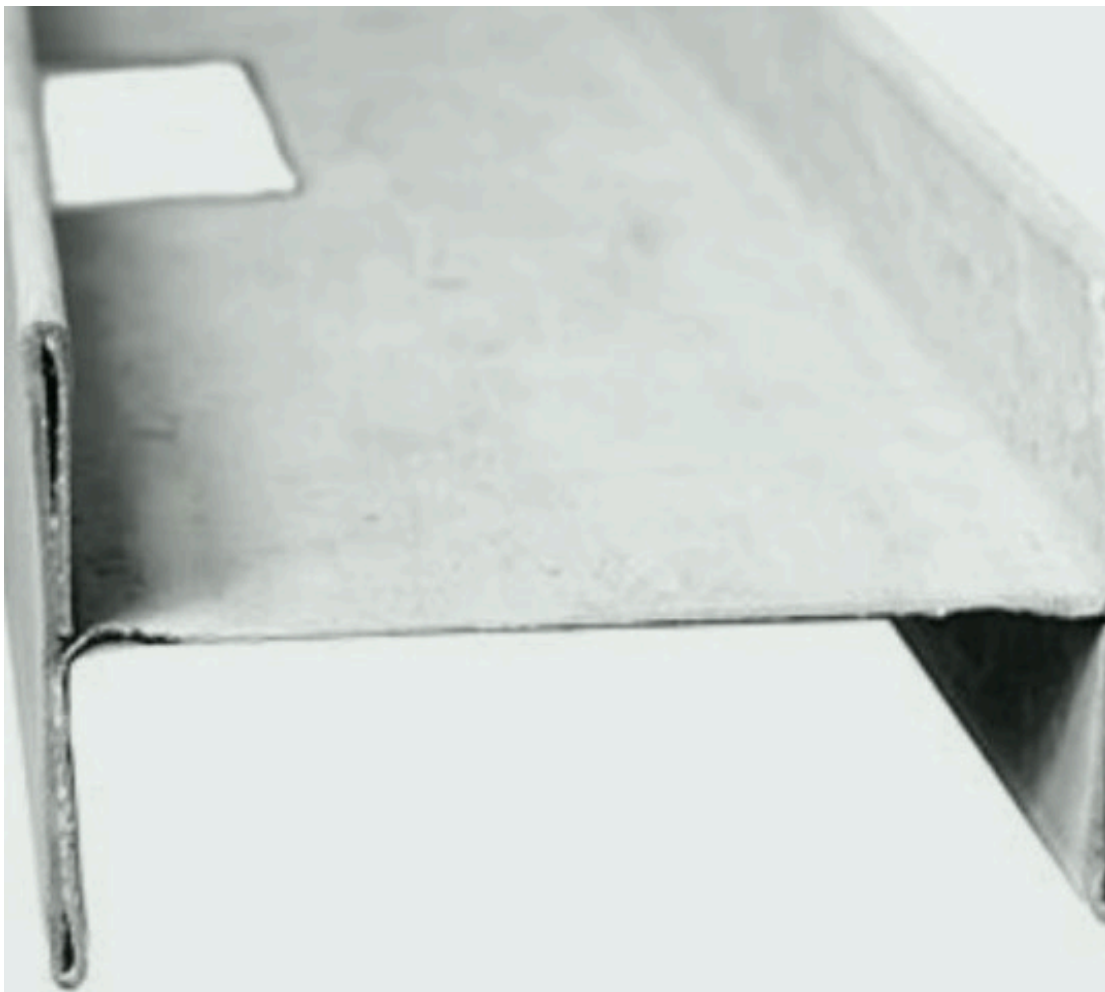


Figura 13. Conector H, Thermorock. Fuente: Sitio web del fabricante.

Considerando las características de los materiales ofertados localmente, y tomando como base lo sugerido en un estudio comparativo de los mercados de vivienda prefabricada en Suiza y Australia (Streidnhart, 2019), donde se plantea que la familiaridad con materiales, sistemas y/o procedimientos, facilita la adopción de propuestas innovadoras, haciendo énfasis en las similitudes con lo conocido, partiendo de ello para comunicar las ventajas de lo que se propone. En este argumento, coinciden también Hall, Daniel M., Afroz Algiers y Raymond E. Levitt (2018), quienes plantean que la resistencia de la industria de la construcción en la adopción de sistemas innovadores se debe a la participación de muchas profesiones y giros distintos, específicamente el caso de los oficios especializados, es decir, los albañiles. La alta especialización requerida en la industria de la construcción en procesos muy específicos implica que existe una resistencia natural al cambio de procesos, adopción de nuevos materiales y en general a cualquier elemento que modifique lo que se percibe como dominado.

Al analizar los SIP ofertados en Mexicali a través de esta óptica, el panel SIP de fibrocemento se presenta como la opción más adecuada, ya que el material de las cubiertas se comporta de manera similar al concreto utilizado en la construcción desde hace décadas, esto permite la aplicación de los mismos mortar, emplastes, selladores, recubrimientos y pinturas que están ampliamente disponibles en la región, y con los que los trabajadores de la construcción están familiarizados con sus procesos de aplicación, además que eso facilita también las labores de mantenimiento que realizan comúnmente los habitantes de las viviendas.

2.3.7. FATIGA A PARTIR DE LA ESCALA DE BORG EN OPERADORES

De la misma manera, para determinar la factibilidad de una fabricación a escala industrial, es necesario definir el impacto que tienen los procesos de manufactura en los operadores que los realizan, para ello se puede referenciar la escala de Borg (Araya, J. 2019), elaborada en 1976, por medio de la cual se determina la intensidad del ejercicio físico; originalmente, la escala tenía un rango del 0 al 20, donde apenas en el número 6 se planteaba un esfuerzo “muy muy ligero”, el rango operativo real de la escala era entonces entre el 6 (muy, muy ligero) y el 20 (muy, muy duro), por lo cual se modificó en 1982 a una escala de 1-10, la cual se maneja actualmente, representada en la Figura 14.



Figura 14. Escala de Borg, versión modificada. Elaboración propia.

Esta escala permite evaluar la intensidad de las actividades, y partiendo de ello, hacerles ajustes a los planes de ejercicio, es decir, a la carga de trabajo, para así pronosticar y dictaminar las diferentes intensidades del ejercicio en los deportes y en la rehabilitación médica (Borg, 1982). Si bien tiene su origen en la medicina deportiva, se ha aplicado en otros contextos como la astronáutica, la industria y en ambientes militares, así como en las situaciones cotidianas (Natalie Burkhalter, 2006). El concepto del esfuerzo percibido es una valoración subjetiva que indica la opinión del sujeto respecto a la intensidad del trabajo realizado (MORGAN, 1973), esta valoración es importante debido a que el desempeño de tareas manuales depende en gran medida de la fatiga acumulada de quien las lleva a cabo, especialmente en contextos donde estas tareas pueden ser repetitivas, como lo puede ser el contexto de manufactura industrial.

2.3.8. CONSUMO Y TARIFAS DE LA COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD

La Comisión Federal de Electricidad maneja diversas facturas, de acuerdo con el uso del inmueble al que se le suministra energía eléctrica. En el caso la tarifa de servicio doméstico particular de Mexicali es la denominada 1F, “para localidades con temperatura media mínima en verano de 33 grados centígrados”.

Esta tarifa establece que el cobro de costo de energía oscila entre los 300 kWh hasta máximo de 2500 kWh por mes, durante los meses de verano (mayo-octubre), como se muestra en la Tabla 2, donde se observa que entre más energía se consume, los costos de esta se incrementan, siendo los rangos mostrados los definidos por la CFE. Si los consumos residenciales promedio anual, superan los 25001 kWh, CFE procede a realizar el cobro conforme a la tarifa Doméstica de Alto Consumo.

Tabla 2. Tarifa 1F durante temporada de verano, 2022. Fuente: cfe.mx.

Tipo de consumo	Costo \$ por kWh
Básico (0-300 kWh)	\$0.635
Intermedio bajo (301-1200 kWh)	\$0.796
Intermedio alto (1201- 2500kWh)	\$ 1.937
Excedente (2501 kWh +)	\$3.058
TARIFA DAC Verano	\$6.305

En el caso de los meses de invierno (noviembre-abril), las tarifas sólo contemplan de 0kWh hasta 200 kWh mensuales. Una vez superados estos consumos, se incrementa el costo por kWh al ser categorizado como consumo Doméstico de Alto Consumo (DAC), representada en la Tabla 3.

Tabla 3. Tarifa 1F durante temporada de invierno, 2022. Fuente: cfe.mx.

Tipo de consumo	Costo \$ por kWh
Básico (0-75 kWh)	\$0.809
Intermedio bajo (76-200 kWh)	\$0.976
Excedente (2501 kWh +)	\$2.859
TARIFA DAC Invierno	\$5.642

Esta información es particularmente importante en el contexto de Mexicali, debido a que gran parte del consumo energético de las viviendas es derivado de la climatización de los espacios habitables, especialmente durante el verano, con el uso de los sistemas de refrigeración debido a las altas temperaturas, de acuerdo con la Coordinación de Eficiencia Energética de la Comisión Estatal de Energía (Jiménez, 2019). Cualquier alternativa de vivienda que se proponga para la localidad, debe corresponder con las necesidades de confort térmico que el contexto demanda, no sólo por temas de salud y comodidad, sino por temas de sustentabilidad.

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

El capítulo 3, presenta la metodología de investigación planteada para el desarrollo de documento doctoral. En la figura 15, se muestra el diagrama metodológico utilizado para el desarrollo de tesis, el cual, integra la estructura general del pensamiento de diseño del Consejo Británico de Diseño (Marco para la Innovación, 2019), se le agrega al final la etapa de evaluación/prueba que plantea la Universidad de Stanford (Estructura del Pensamiento de Diseño, 2019) y el conjunto de etapas, principios y herramientas se desarrolla dentro de los tres factores entre los cuales se desarrolla el diseño, según IDEO (Brown, 2009).

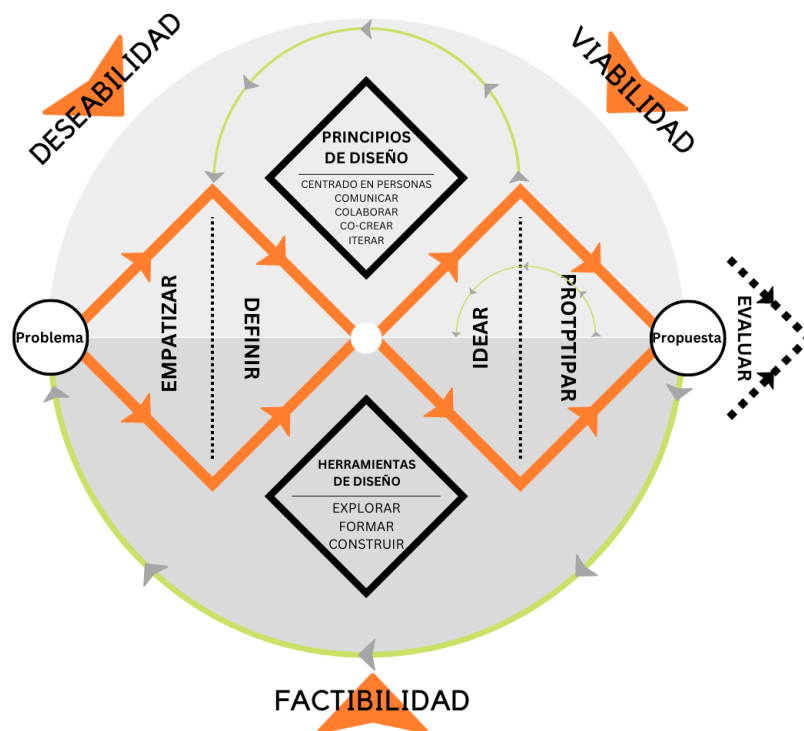


Figura 15. Diagrama metodológico, proceso de diseño de mueble habitable. Elaboración propia.

3.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

La investigación realizada es de tipo mixta, que considera el estudio histórico, descriptivo y práctico del modo de construir vivienda en la ciudad de Mexicali B.C. y se analiza la problemática desde una perspectiva empática, con el objetivo de proponer una solución alternativa y modular de mueble habitable.

3.1.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

El método propuesto, indica que es necesario partir del análisis de una crisis de vivienda en Mexicali, así como buscar empatizar con aquellos a quienes aqueja esa problemática (trabajadores), para lo que se planteó la hipótesis, de que es posible hacer más asequible la vivienda, si se separa el costo de los inmuebles del costo que agrega el valor de la tierra. Otro elemento importante considerado en la metodología es su viabilidad, pues los involucrados en la problemática (trabajadores-estado-constructoras), buscan que se cumpla con el derecho a la vivienda, plasmado en el artículo 4to de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Una vez resueltas las etapas de empatizar y definir, se procede a hacer uso de los principios de diseño, que busca resolver problemáticas desde el punto de vista centrado en las personas, a través de la correcta comunicación de sus necesidades y contexto, la colaboración con el diseñador durante el proceso de diseño, para la co-creación de soluciones a su problemática, las cuales se pueden modificar iterativamente hasta llegar a una solución satisfactoria.

Para ello, es indispensable hacer uso de las herramientas del diseño, la exploración de elementos formales y técnicos, la formación de conceptos de diseño y la construcción física y virtual de los modelos de estudio, simuladores y prototipos de las soluciones planteadas en la colaboración persona-diseñador.

Partiendo de empatizar y definir los factores principales de la problemática y aquellos que la sufren, y haciendo uso de los principios y herramientas del diseño, se procede a la etapa de ideación, en la cual se integran los elementos materiales e inmateriales que influyen de forma directa e indirecta lo que se propone. En el caso del Mueble habitable, se consideró que los elementos de mayor influencia son las características del material seleccionado (SIP de fibrocemento), los procesos de manufactura con los que se trabaja y su facilidad de aplicación para los operadores que los realizan, así como sus aplicaciones en un contexto real, además, la normativa de movilidad, NOM-012-SCT-2-2017, restringe directamente las dimensiones máximas del Mueble Habitable.

Asimismo, la interrelación entre los elementos principales que componen y contextualizan el Mueble Habitable, su construcción física y su capacidad de ser trasladado, se generó el espacio conceptual para el desarrollo de ideas y propuestas que resuelven las necesidades, luego, se exploraron distintas configuraciones, posibles ejecuciones e implementaciones de dichas ideas, en

los distintos contextos en los cuales se desarrolla la problemática, con la intención de determinar su deseabilidad.

Posteriormente, se seleccionaron los conceptos que cumplen con características clave para la resolución de la problemática y se procedió a su formalización técnica, en la etapa de prototipado, en la cual se determinó la factibilidad de los conceptos seleccionados. En primera instancia se elaboraron modelos digitales de estudio para visualizar la posible disposición y configuración de varios módulos, proyectando como es que podría expandirse la vivienda al integrar varios Muebles Habitables. De manera subsecuente, se realizaron prototipos digitales de las ideas considerando sus características materiales, ensambles, refuerzos estructurales y se realizaron dos propuestas de mobiliario y distribución, las cuales se socializaron en un grupo focal para determinar cuál de las opciones de módulo base se percibió la más atractiva. Posteriormente, se analizó el desempeño lumínico y térmico del prototipo, así como el consumo energético por climatización, a partir del cual se obtuvieron los costos anuales derivados del mismo, y estos fueron comparados con los consumos de un espacio elaborado de las mismas características dimensionales, construido con bloque de concreto, cemento y vigueta-casetón.

PROCESOS DE MANUFACTURA: OPERACIONES

Para plantear la fabricación del mueble habitable, se validaron los procesos de manufactura aplicados al panel SIP de fibrocemento, de manera que el diseño industrial del módulo tenga bases empíricas sobre su comportamiento en producción. Esto se realizó primero en un ambiente controlado y posteriormente con visitas a un sitio de construcción donde se está utilizando el SIP de fibrocemento para edificar una vivienda.

Para conocer las características del SIP de fibrocemento y observar cómo se comporta al ser intervenido por distintas herramientas en operaciones de corte, barrenado y en aplicación de recubrimientos, se procedió a realizar una serie de pruebas, las cuales se llevaron a cabo en un taller de manufactura.

En el caso de las operaciones de corte y barrenado, por cada herramienta, se realizó la operación tres veces de manera consecutiva, en cada una de estas ocasiones se midió el tiempo en que toma realizar la operación, para después promediarlos. Para las operaciones de recubrimiento se procedió a aplicar, con cada una, las capas necesarias de pintura para recubrir de color blanco la

superficie del panel, el cual estaba dividido en 3, y marcado con plumón permanente, como factor de alto contraste con el cual se puede percibir el recubrimiento total o parcial de la superficie.

3.2.1. HERRAMIENTAS, PROCESOS Y FATIGA EN TALLER

Con la intención de evaluar diversas formas de realizar operaciones de manufactura, se utilizaron tres herramientas para tres tipos de procesos, corte, barrenado y recubrimiento; todas ellas de uso común en los campos de la construcción, carpintería, metal mecánica, y mantenimiento de inmuebles, en correspondencia con lo mencionado por Streidnhart (2019) en cuanto a la familiaridad, que facilita la aceptación de propuestas novedosas.

Para determinar la factibilidad de una fabricación a escala industrial, se definió el grado de fatiga percibido por el operador de acuerdo con la escala de Borg (Araya, J. 2019), elaborada en 1976, por medio de la cual se determina la intensidad del ejercicio físico; originalmente, la escala tenía un rango del 0 al 20, donde apenas en el número 6 se planteaba un esfuerzo “muy muy ligero”, el rango operativo real de la escala era entonces entre el 6 y el 20 (muy muy duro), por lo cual se modificó en 1982 a una escala de 1-10, la cual se maneja actualmente.

Las herramientas seleccionadas para cada tipo de operación son:

Corte:

Sierra circular eléctrica de operación manual, con disco para corte de madera de 7 pulgadas de diámetro, de acero con 20 dientes, que opera con corriente alterna, a una velocidad de 5000 revoluciones por minuto.

Caladora eléctrica orbital, de 500w. Con hoja de corte rápido para madera, con 14 dientes y vástago en “T” para montaje en la herramienta.

Router eléctrico con cortador para madera recto de ¼” de diámetro, con velocidad de 22,000 revoluciones por minuto, con 1800w de potencia.

Barrenado:

Tornillo punta de broca + destornillador de mano.

Tornillo punta de broca + taladro eléctrico de 2600 revoluciones por minuto, 710 watts y punta tipo Phillips (de “cruz”).

Taladro eléctrico + broca de acero de 1/8” de diámetro, para metal.

Recubrimiento:

Brocha de 4” de ancho, de cerdas naturales Tobera de acero inoxidable con 2mm de diámetro y 3 perillas de control: flujo de aire, flujo de material y tamaño de abanico.

Rodillo de 10” de ancho, de microfibra, con maneral de acero y mango plástico.

Pistola para pintar, de gravedad, con vaso de plástico de 400ml. Tobera de acero inoxidable con 2mm de diámetro y 3 perillas de control: flujo de aire, flujo de material y tamaño de abanico.

Aunado a esto, se realizaron visitas de campo a un sitio de obra donde se estaba implementando el SIP de fibrocemento (thermorock) para edificar una vivienda de dos niveles. Esto para validar que las herramientas probadas son también utilizadas actualmente por empresas y profesionales de la construcción; de igual manera, se entrevistaron a los dos residentes de obra el Arquitecto Ricardo Avelino Figueroa Fabián y la Arquitecta Yahaira Lizette Covarrubias Reichell, así como a distintos miembros del equipo de albañiles y electricistas que se encontraban trabajando en la obra.

De igual forma, se visitó otra vivienda ya terminada, construida con el mismo material, en proceso de ser amueblada; en este caso para consultar como es que fue el proceso de aplicación de pinturas y recubrimientos, con la Arquitecta Marcela Edith Urías, propietaria y diseñadora de la vivienda.

Una vez efectuadas las operaciones de corte, barrenado y recubrimiento, se promediaron los tiempos de ejecución y se registró el grado de fatiga acumulada por cada herramienta, es decir, la fatiga se midió después de repetir la operación tres veces consecutivas.

3.2.2. HERRAMIENTAS Y PROCESOS, EN SITIO

Posteriormente al análisis de operaciones en un ambiente controlado, se realizó una visita a un sitio de construcción de una vivienda de dos niveles, la cual se estaba edificando con sistema un sistema SIP de fibrocemento, con la finalidad de documentar como es que se trabaja el sistema en un contexto real de trabajo constructivo, donde el sitio presenta condiciones variables día con día y conforme avanza la obra.

Se realizaron cuatro recorridos y levantamiento fotográficos del sitio de construcción, así como consultas a los trabajadores de la obra, encabezados por los supervisores, el Arq. Ricardo Avelino Figueroa Fabián y la Arq. Yahaira Lizette Covarrubias Reichell.

De igual forma, se visitó otro inmueble ya construido con el mismo material, que ya se encontraba en la fase de acabados, donde también se realizó un recorrido y levantamiento fotográfico, guiado por la propietaria, Arq. Edith Marcela Urías Barrera, quien también diseñó el inmueble y supervisó la ejecución de la obra.

3.2.3. DISEÑO DE LA ENVOLVENTE

Como punto de partida para el diseño del mueble habitable, se consideraron los factores principales que determinan sus dimensiones; por un lado, son las medidas en las que se comercializa el material, específicamente el ancho y alto de cada panel, es decir, 1.22m x 2.44m. Por otra parte, se encuentran las normativas de tránsito con respecto a los tamaños de las cargas que pueden trasladarse por las vialidades urbanas, rurales y carreteras.

3.2.4 RESTRICCIONES DIMENSIONALES

Debido a que la movilidad es un factor importante para el proyecto, como el término “mueble habitable” indica, es necesario acatar la normativa de tránsito con respecto a transporte de carga, para evitar que el traslado de los módulos requiera de operaciones de tránsito especiales como el uso de la policía de tránsito municipal o vehículos de acompañamiento y designación de carga amplia en los traslados por carretera.

Cabe destacar que no se busca que el mueble habitable funcione como Tiny House, que son usualmente construidas sobre un remolque; la movilidad aquí planteada implica el uso de grúas y/o vehículos de carga sobre los cuales se coloca cada módulo ya terminado, para trasladarse a su lugar de uso.

La normativa nacional que gobierna las dimensiones de las cargas es la Norma Oficial Mexicana (2017) NOM-012-SCT-2-2017, la cual limita a un máximo de 2.60m el ancho del vehículo y sus remolques, mientras que la altura máxima es de 4.25m, y finalmente el largo se plantea con un máximo de 14m, de acuerdo con la fracción 6.2.1.

Acotarse a estas dimensiones garantiza que el tránsito de los módulos habitables no requiera de permisos especiales para circular en las vialidades, tanto en carreteras como en el contexto urbano o rural.

3.2.5 ENSAMBLE DE SIP Y LA ENVOLVENTE

Para la elaboración del prototipo digital de la envolvente del Mueble Habitable, se utilizó el software de modelado tridimensional paramétrico Fusion 360. Se modelaron en primera instancia los paneles con dimensiones estándar del proveedor, 1.22m x 2.44m x 0.11m, conectores con las dimensiones correspondientes, 5/8" 0.15m, H para secciones de muro y C para conexiones de muros con pisos y techos, así como los perfiles estructurales a utilizar en la base de refuerzo, de 0.15m x 0.1m (6"x 4"), tomando como referencia de este último elemento el caso de una cabaña fabricada fuera de sitio y trasladada en remolque en el Valle de Guadalupe, Ensenada, Baja California, mostrada en la Figura 16.



Figura 16. Cabaña fabricada con SIP de fibrocemento con refuerzo estructural, en tránsito al sitio de colocación. Fuente: ERM Thermorock, 2021.

Una vez modelado cada componente, se realizaron operaciones de ensambles y subensambles, en las que se combinaron y configuraron para dar forma a la envolvente, con el objetivo de que esta se mantenga dentro de las dimensiones dictadas por la normativa, a la vez que aprovecha al máximo las dimensiones de los paneles utilizados para su conformación.

3.4. DISEÑO DEL MUEBLE HABITABLE

Para plantear la distribución del mueble habitable se tomó como base la normativa del INFONAVIT, que plantea que es necesario al menos un área de descanso, una de aseo y una de preparado y consumo de alimentos. Para ello, se realizó un sondeo muestra, en forma de una encuesta, para determinar la deseabilidad de los distintos espacios indispensables para una vivienda, con la finalidad de contrastar lo declarado por los encuestados con la normatividad del instituto.

En dicha encuesta, se integraron reactivos para corroborar o contrastar los resultados, según sea el caso, con las declaraciones del representante del INFONAVIT en Baja California, donde menciona que la mayoría de los jóvenes trabajadores son orillados a quedarse en la vivienda de sus padres o compartir una renta con otros individuos (Hernández, 2019).

Para ello, se aplicó a una población el rango de entre los 25 y 39 años, donde normalmente se compraría una primera vivienda según lo comentado por el INFONAVIT (Hernández, 2019), con base en los resultados del censo 2020 del INEGI, se determinó que 469,589 personas (12.3% de la población) del estado se encuentran en dicho rango de edad.

Con base en este universo, se aplicó el instrumento a través de la red social Facebook, la más utilizada en el país, después de la aplicación de chat WhatsApp, según Digital 2022: México (Kemp, S.,2022), y estuvo disponible en línea por tres días en grupos de estudiantes y egresados de la Lic. En Diseño Industrial de la Facultad de Arquitectura y Diseño, con intención de obtener una muestra homóloga dentro del rango de edades objetivo, pues los primeros egresados del programa salieron en 2012, por lo que la muestra oscila entre los 18 y 34 años.

La encuesta realizada, consistió en tres reactivos de opción múltiple y una pregunta abierta, como se muestra en la Figura 17, y se busca conocer la preferencia de los encuestados con respecto a los espacios indispensables en una vivienda, así como su situación de alojamiento actual.

☰

Tu vivienda es *

Propia

Rento

Vivo con mis padres/abuelos/parientes

Estado civil

Soltero

Casado/Unión libre

¿Cuales son los 4 espacios que consideras indispensables DENTRO de una vivienda? *

Cocina

Recámara

Baño

Sala

Comedor

Cuarto de lavar

Estudio

Otra...

De los espacios seleccionados, ordenarlos del más al menos importante en cuestión de espacio. *

Figura 17. Preferencias de espacios y situación de alojamiento, instrumento aplicado. Elaboración propia.

3.4.1. POBLACIÓN

La población, acorde a (R. Hernández et al., 2014b, pp. 173, 174), fue determinada como un subgrupo de personas, trabajadores jóvenes, en que mediante una muestra dirigida se pretende recolectar datos que sean pertinentes para el estudio.

El objeto de investigación fueron los espacios esenciales para la vivienda, en Mexicali, Baja California, y se analizaron dos propuestas de distribución de espacios de lo que sería un Mueble Habitable.

3.4.2. MUESTRA

Para este trabajo, se utilizó el tipo de muestra dirigida con diseño de caso de estudio holístico, ya que (R. Hernández et al., 2014a, p. 10) define por los autores Gondo, et al., (2009), que el diseño de estudios de caso holísticos es utilizado para confirmar una hipótesis, ya que permite evaluar de manera completa y profunda una situación única dependiendo del planteamiento del problema.

La muestra se conformó al seleccionar un grupo de trabajadores jóvenes, profesionistas, de entre 25 y 35 años, es decir, parte de la población afectada, de acuerdo con lo declarado por la representación del INFONAVIT en 2019.

3.4.3. DISTRIBUCIÓN DE ESPACIOS

Con base en la información obtenida del sondeo, se procedió a idear la distribución general de estos tres espacios dentro de la versión base del mueble habitable, que podrá fungir como vivienda mínima y/o pie de casa para su propietario.

Teniendo en consideración las áreas principales que debe tener el módulo base, así como las limitaciones dimensionales de la envolvente debido al requerimiento de movilidad en vía pública, se desarrollaron dos distribuciones distintas, en las que se buscó integrar mobiliario multifuncional para el área de descanso y el área de consumo de alimentos, con la finalidad de que el espacio reducido no fuera también monótono en el día a día.

La propuesta de distribución “A”, mostrada en la Figura 18, tiene un planteamiento de circulación lineal, con respecto del acceso y hasta el fondo del área de preparado de alimentos. La primera sección del módulo tiene el área de descanso, y se plantea el uso de un sofá cama que le permita funcionar también como zona recreativa durante el día. El área del comedor tiene una mesa plegable que se puede colocar contra el muro que divide la cocineta del baño, para ahorrar espacio.

Tanto el sofá cama, como la mesa de centro pueden recorrerse hasta topar con el muro que coincide con el acceso, para desplegar la mesa del comedor en el centro del espacio y colocarle las 4 sillas, para cuando haya visitas. El muro que divide la cocina del baño es donde se colocaría la instalación hidráulica y de drenaje del módulo, conocidos como muro húmedo; esto permite simplificar las áreas de mantenimiento en cuestiones de plomería, y reduce la cantidad de tubería necesaria en el mueble habitable. En cuestión de accesos y ventanas, se busca la circulación de aire también a lo largo del módulo, esto a través del uso de una puerta-ventana para la entrada y una ventana en el fondo de la cocina. Se agrega ventilación al baño con una ventana pequeña pero larga, y se busca iluminación para el área del comedor con una ventana al centro del módulo. Además, se mantener un muro completamente sólido, tanto por regulaciones como por las maniobras de traslado, sobre un costado, que se plantearon previamente, y también como opción de expansión horizontal, pues la opción de retirar paneles es más libre, con 4 de los 6 paneles disponibles a lo largo del módulo; también es posible la expansión del lado del área de descanso, aprovechando la puerta de acceso, ya sea manteniéndola abierta o removiéndola en su totalidad.



Figura 18. Distribución A de módulo base. Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, la propuesta de distribución “B”, mostrada en la figura 19, tiene un planteamiento de circulación lateral con respecto del acceso. La primera sección una vez que se entra al módulo es el área de consumo de alimentos con una mesa plegable, además de un sofá y una mesa de

centro para actividades recreativas. Del lado izquierdo, partiendo del acceso, se encuentra el área de descanso, con una cama abatible que se almacena en un armario, dejando espacio libre para el uso del espacio como una sala.

Del lado derecho y pegado a la pared del fondo, con respecto al acceso, se encuentra la barra de la cocina, que se extiende con en forma de “L” hasta donde topa con el muro húmedo que comparte con el baño. Para el baño se plantea una puerta corrediza, para evitar el uso de espacio por abatimiento, y se integra un centro de lavado vertical en esta sección. En cuestión de accesos y ventanas, se busca la circulación de aire a lo largo del módulo, esto a través del uso de una ventana en el área de descanso y otra en el baño, cabe destacar que la puerta del baño debe mantenerse al menos parcialmente abierta para lograr la circulación. Se agrega iluminación para el área del comedor con una doble puerta-ventana de acceso, al centro del módulo.

El muro opuesto a la entrada se mantiene libre de ventanas, y en su mayoría cuenta con un armario o mobiliario de cocina que lo complementa estructuralmente. En este planteamiento, la expansión sería a través del muro donde se encuentra la puerta de acceso, ya sea manteniéndola abierta o removiéndola en su totalidad para conectar con un módulo adicional, o en su defecto a través de la ventana que se encuentra en el área de descanso.



Figura 19.. Distribución B de módulo base. Fuente: Elaboración propia.

Estas propuestas se presentaron a un grupo focal, compuesto por 6 adultos jóvenes entre 25 y 33 años, quienes deliberaron sobre cuál sería su preferencia en cuanto a distribución, seleccionando de entre las dos propuestas presentadas.

Este grupo focal está compuesto por las siguientes personas:

Gabriela López Arredondo, 25 años, licenciada en diseño industrial, soltera.

Adolfo Ortega Lechuga, 29 años, diseñador industrial, soltero.

Javier Alejandro González Ibarra, 32 años, desarrollador de software, casado.

Juancarlos Felipe Ceseña Rubio, 32 años, inspector de bomberos, padre soltero.

Xcaret Sánchez Peiro, 26 años, licenciada en diseño industrial, soltera.

Bárbara López Ortega, 33 años, licenciada en diseño gráfico, casada.

3.4.5. EXPLORACIÓN DE IMPLEMENTACIONES

Diagramas e imágenes compuestas de colocación de módulo base sobre cocheras y en excedentes de otros predios. (de vivienda unifamiliar a multifamiliar).

Diagramas y renders de planes de vivienda en distintas etapas, considerando posibilidades de expansión y contracción de la vivienda de acuerdo con el ciclo de vida familiar. (Colectivos de vivienda, expandiéndose en un predio como vivienda única).

3.5. FACTORES DE HABITABILIDAD

Como se determinó previamente en este documento, en México existe únicamente una normativa particular de habitabilidad residencial, aquella de factores térmicos mientras que los factores lumínicos, acústicos y de calidad del aire se reservan para contextos comerciales o industriales.

Por fortuna, en el contexto de Mexicali es de vital importancia el factor térmico, debido a las temperaturas extremas, principalmente durante el verano, donde se alcanzan hasta los 50C, lo que implica una clara prioridad para los mexicalenses en cuestión de habitabilidad térmica de sus hogares, que a su vez se relaciona estrechamente con el consumo de energía eléctrica de las viviendas cachanillas.

De forma similar, los factores de iluminación natural y orientación de las viviendas con respecto al desplazamiento solar impactan el confort y el consumo energético (por las ganancias de temperatura a través de las ventanas), debido a esto, es importante encontrar un balance entre iluminación natural suficiente y un asoleamiento excesivo. Como referencia para esto, se tomó la NOM-025-STPS-2008, referente a condiciones de iluminación en los centros de trabajo, que plantea los 300luxes como suficientes para una “distinción moderada de detalles: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina”, lo que puede asemejarse a las tareas cotidianas de un hogar.

3.5.1 PROPIEDADES TÉRMICAS DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

Por otra parte, se realizó un análisis de las propiedades térmicas tanto de la envolvente del Mueble Habitable, elaborado con SIPs, así como su contraparte de bloque de concreto y cemento, esto con la intención de comparar, posteriormente, el desempeño termo energético de ambos materiales.

Se utilizó el software de simulación digital Therm 7, el cual es una herramienta especializada para evaluación de modelos de transferencia de calor, que fue desarrollad por el Laboratorio Nacional Lawrence Berkley (LBNL por sus siglas en inglés).

El programa funciona a partir de una representación gráfica bidimensional de un corte de sección un muro y los materiales que lo componen, como se aprecia en la Figura 20, en color gris se observa una capa delgada de un material, en color verde sería un segundo material y el color amarillo un tercer material, cada uno con sus características determinadas. En color rojo se aprecia el costado designando como expuesto a una temperatura exterior y en color azul el otro expuesto a una temperatura interior. Las condiciones de temperatura ingresadas utilizadas para ambos modelos fueron 47°C grados para la temperatura exterior, representadas en color rojo y 24°C grados para la interior, representada en color azul.

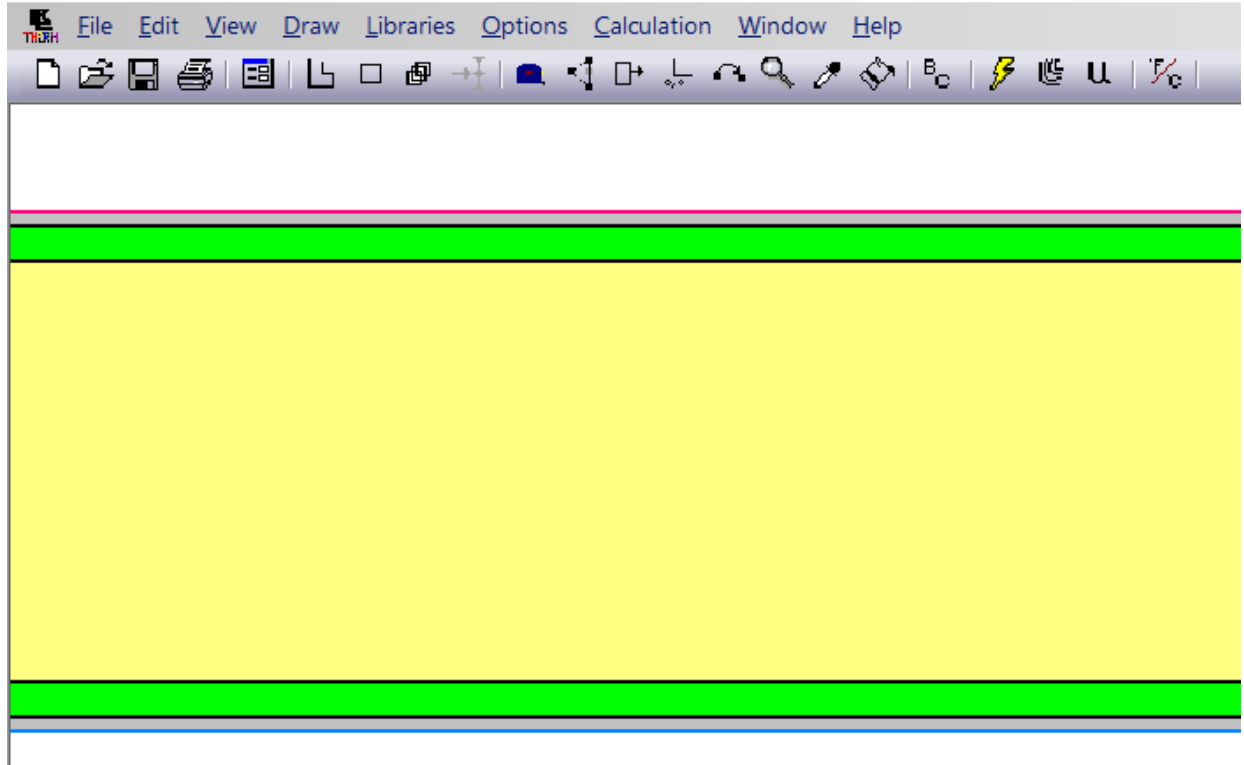


Figura 20. Interfaz de usuario THERM. Fuente de elaboración, propia.

Para calcular las características del sistema constructivo del bloque de concreto, mostrado en la Figura 21 se integraron en el elemento gráfico de corte de sección una serie de bloques en color gris oscuro, con una celda colada en color verde y una vacía en color amarillo, el mortero entre bloques en un color violeta, el mortero de emplaste en un color gris claro y el castillo colado en un púrpura. Se aprecia también que las líneas roja y azul que determinan las condiciones de temperatura exterior e interior, respectivamente.

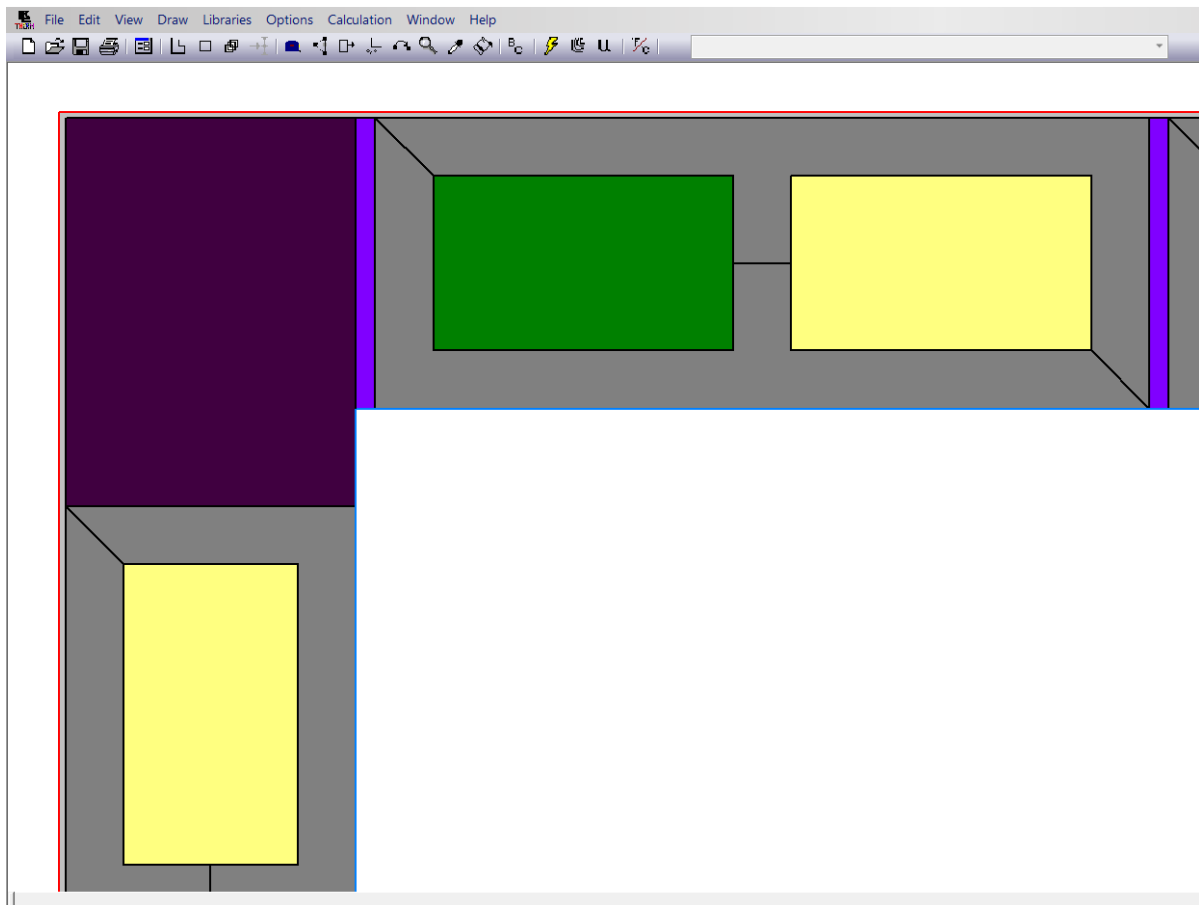


Figura 21 Corte de sección de bloque y columna colada, THERM. Fuente de elaboración propia.

En la Tabla 4 se muestran las características de los distintos materiales utilizados en la corrida del bloque de concreto; la conductividad, es decir, capacidad de un material de transmitir calor, representado en W/m-K, y emisividad, que es la radiación térmica de un material debido a su temperatura, en una escala de 0 a 1.

Tabla 4. Materiales y sus propiedades, utilizadas para simulación de bloque de concreto. Fuente de elaboración propia.

Material	Conductividad (m/m-K)	Emisividad
Concreto pesado 2240kg/m ³	1.1313	0.9
Concreto armado 2400kg/m ³	1.6	0.9
Concreto reforzado 2% acero	2.5	0.9
Mortero	0.78	0.9
Mortero emplaste	0.78	0.9

De igual manera, se realizó la simulación con el sistema SIP de fibrocemento; como se muestra en la Figura 22, se incluyeron dos paneles unidos por un perfil H. Específicamente, el fibrocemento se representa en color verde, el perfil H de acero galvanizado en color azul oscuro, la espuma de poliestireno en color amarillo y finalmente el mortero de emplaste en color gris claro.

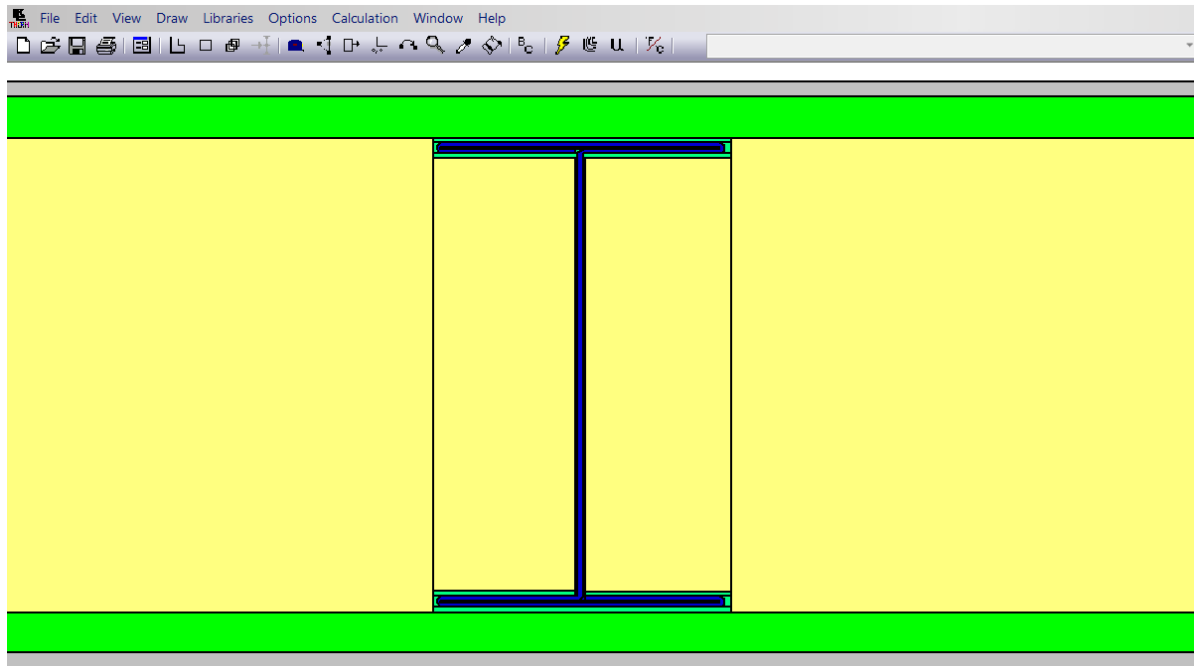


Figura 22. Corte de sección de SIP y unión metálica, THERM. Fuente de elaboración propia.

En este caso, los materiales utilizados se muestran en la Tabla 5, con sus respectivos valores de conductividad y emisividad.

Tabla 5. Materiales y sus propiedades, utilizadas para simulación de SIP de fibrocemento. Fuente de elaboración propia.

Material	Conductividad (W/m-K)	Emisividad
Fibrocemento	0.25	0.9
Poliestireno expandido	0.16	0.9
Acero Galvanizado	62	0.2
Mortero de emplaste	0.78	0.9

3.5.2. DESEMPEÑO TÉRMICO DEL MUEBLE HABITABLE

Utilizando como base los valores de transmitancia térmica (U) y resistencia (R) térmica obtenidos de las simulaciones elaboradas en Therm, se procedió a analizar térmicamente un volumen tridimensional dentro del software Energy 3D, con una versión utilizando los parámetros del SIP de fibrocemento y en la otra aquellos del bloque de concreto. Como información ambiental, se seleccionó la opción climática de la ciudad de Yuma, Arizona, Estados Unidos, la cual es la más cercana en condiciones geográficas y climatológicas a la ciudad de Mexicali, pero posee información más confiable en las bases de datos del programa.

En la Figura 23 se muestra la interfaz de usuario del software, el menú de configuración de parámetros climáticos, la gráfica de temperatura anual de Yuma, el diseño y las dimensiones del módulo y la temperatura objetivo del termostato.

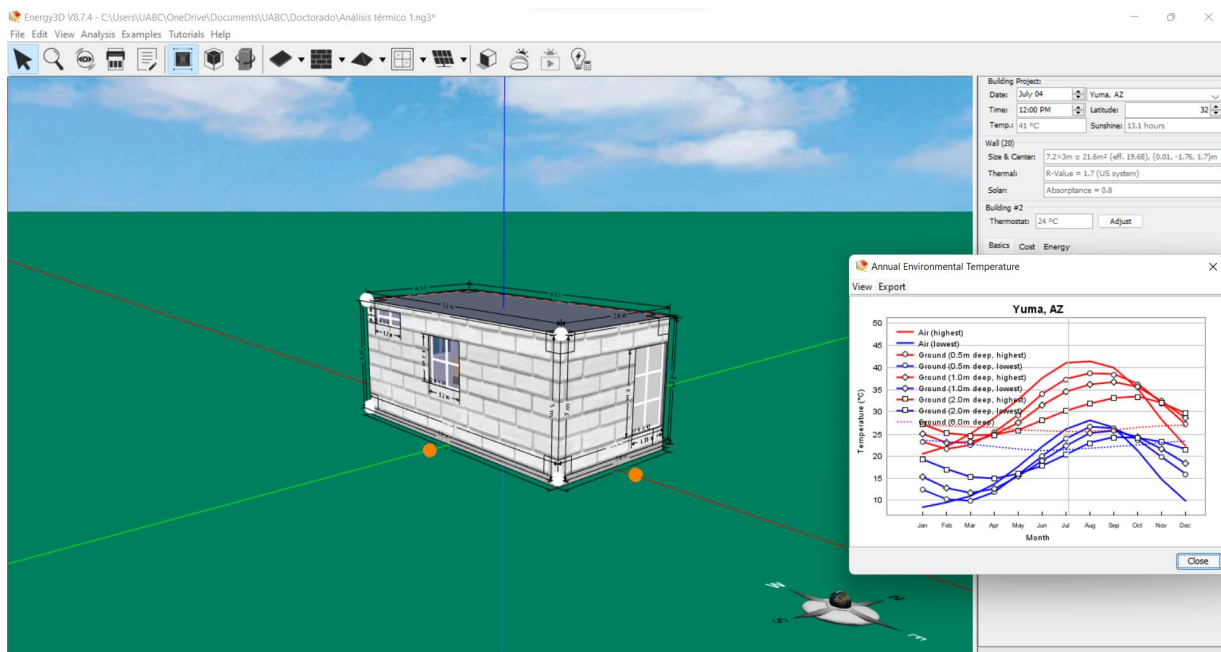


Figura 23. Parámetros geográficos y de iluminación natural. Fuente: Elaboración propia.

En esta herramienta se reorientaron los modelos hacia los cuatro puntos cardinales para registrar las variaciones de ganancia térmica por puertas y ventanas, así como el consumo energético total requerido para mantener una temperatura interior deseable durante todo el año, la cual el software establece de forma automática en 24°C durante los meses cálidos y 18°C en los meses fríos.

3.5.3. CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL POR ORIENTACIÓN

Una vez arrojados los datos de cada corrida, estos se graficaron para su visualización e interpretación, y así identificar cuál de las orientaciones es la que requiere mayor consumo energético neto durante el año, por concepto de climatización del espacio habitable. De igual forma, se realizaron gráficos de la ganancia térmica por ventanas, para determinar si existe un impacto del viaje solar en el consumo energético a lo largo del año.

Comparativa anual de consumo energético, costo por eficiencia de sistemas de climatización; bloque de concreto y SIP de fibrocemento

Con la información de consumos netos anuales de energía de la orientación que presenta más consumo energético neto, se procedió a calcular el costo de esta energía de acuerdo con las tarifas de la CFE del año 2021, utilizando para ello una herramienta desarrollada por el Dr. Aníbal Luna León, con la cual se determina el costo de consumo energético por refrigeración de acuerdo con la eficiencia de los equipos de enfriamiento en el estándar SEER, o proporción de eficiencia energética estacional, por sus siglas en inglés, y se grafica de forma cruzada cual es el equipo que presenta la mejor relación costo de inversión en equipo/ahorro en consumo.

3.5.4. DESEMPEÑO LUMÍNICO DE LA ENVOLVENTE

En el caso de la iluminación natural del mueble habitable, se evaluó a través simulaciones con el software Dynamic Daylighting. Este programa permite trabajar a partir de información climatológica en formato EPW (Energy Plus Weather), que engloba información de recorridos solares de acuerdo con coordenadas geográficas.

Para ello, se introdujeron los parámetros del archivo climático correspondientes a El Centro, California, Estados Unidos, ya que los datos capturados son más confiables y las condiciones de asoleamiento son muy similares a las de Mexicali, debido a su cercanía, lo que permite un análisis consistente con el contexto real.

En el programa se construye un modelo tridimensional, replicando el diseño de la envolvente del mueble habitable, en el que se incluyen elementos traslucidos en puertas y ventanas del volumen como puntos de entrada de luz, se establece la altura del plano de trabajo a 0.85m que permita

evaluar la calidad de iluminación en Luxes, que cumpla con los indicadores mínimos de la normatividad nacional e internacional.

En la Figura 24 se puede observar el volumen tridimensional con sus dimensiones generales y su orientación con respecto al norte, el posicionamiento geográfico en una representación gráfica del globo terráqueo, la hora del día al momento de la captura de la imagen, marcada de color rojo está la altura a la que se está midiendo la iluminación, determinada para este ejercicio en 85cm, pues es al centro del rango entre las superficies de trabajo y consumo de alimentos (75cm) y las de preparado de alimento (90cm), también se aprecian los distintos controles para modificar los distintos parámetros presentados para la simulación.

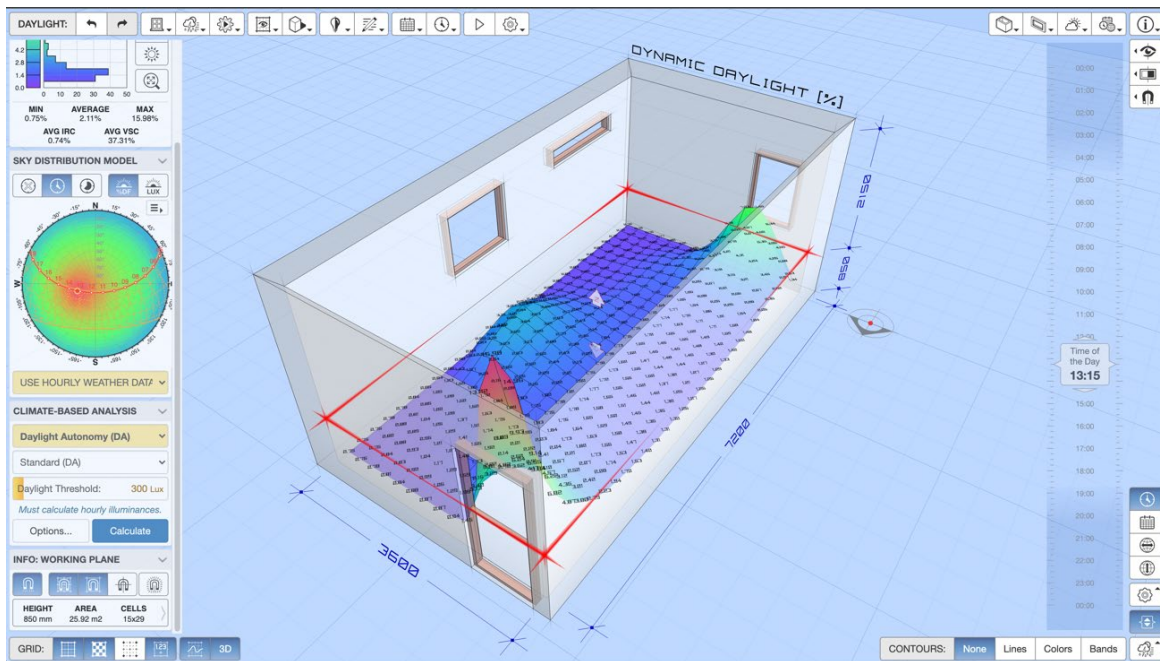


Figura 24. Interfaz gráfica de software Dynamic Daylighting. Fuente de elaboración propia.

El programa tiene la capacidad de reorientar el módulo, para calcular las características de iluminación natural en cualquier orientación, lo que permite evaluar el prototipo en distintas circunstancias lumínicas de acuerdo con el desplazamiento solar y la ubicación de las ventanas en el módulo. En este caso, se orientó el módulo hacia los cuatro puntos cardinales, para obtener información pertinente sobre orientaciones ideales y/o no deseables.

CAPÍTULO 4: RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en las pruebas de procesos de manufactura, tanto en ambiente controlado como en campo, la información generada en el grupo focal realizado para determinar la distribución de espacios interiores del Mueble Habitable, las características termodinámicas de los materiales a evaluar, los factores lumínicos y térmicos de habitabilidad de la propuesta y los consumos eléctricos por refrigeración del espacio habitable.

4.1. PROCESOS DE MANUFACTURA DE SISTEMA SIP EN TALLER

Una vez determinado el material a utilizar para plantear la fabricación del mueble habitable, es necesario validar los procesos de manufactura aplicados al panel SIP de fibrocemento, de manera que el diseño industrial del módulo tenga bases técnicas y operativas sobre su comportamiento en la transformación y manipulación del material. Esto se realizó a partir de pruebas en un taller de manufactura en un ambiente controlado y posteriormente con visitas de construcción de viviendas en sitio, en donde se analizó el proceso de construcción con el sistema SIP de fibrocemento. El estudio consistió en observar cómo se comporta al ser intervenido por distintas herramientas en operaciones de corte, barrenado y en aplicación de recubrimientos.

Una vez efectuadas las operaciones de corte, barrenado y recubrimiento, se promediaron los tiempos de ejecución y se registró el grado de fatiga acumulada por cada herramienta, es decir, la fatiga se midió después de repetir la operación tres veces consecutivas. A continuación, se presentan los resultados obtenidos.

4.1.1. HERRAMIENTAS, PROCESOS Y FATIGA EN TALLER, SISTEMA SIP

Con la intención de evaluar diversas formas de realizar operaciones de manufactura, se utilizaron tres herramientas para tres tipos de procesos, corte, barrenado y recubrimiento; todas ellas de uso común en los campos de la construcción, carpintería, metal mecánica, y mantenimiento de inmuebles, en correspondencia con lo mencionado por Streidnhart (2019) en cuanto a la familiaridad, que facilita la aceptación de propuestas novedosas. Las herramientas seleccionadas para cada tipo de operación fueron:

4.1.1.1. CORTE

En la comparativa de las herramientas para cortar el material, se compararon la sierra circular de mano, la caladora eléctrica y el router eléctrico, mostrados en la Figura 25.



Figura 25. Operaciones de corte. Elaboración propia.

La herramienta que resultó más efectiva para realizar operaciones de corte recto fue la sierra circular de mano, con un tiempo de ejecución de 42 segundos para realizar un corte 1.22m de largo. El segundo mejor tiempo lo obtuvo la caladora eléctrica con 58 segundos y finalmente el corte con el router eléctrico tomó 63 segundos.

La sierra circular fue también la herramienta que provocó menos fatiga al realizar la operación de corte, con un 3 en la escala de Borg, mientras que tanto la caladora como el router se evaluaron con un 4, tal como se aprecia en la Tabla 6.

Tabla 6. Operaciones de corte. Elaboración propia.

Herramienta	Tiempo	Esfuerzo
Sierra circular de mano	42 segundos	3 actividad ligera
Caladora eléctrica	58 segundos	4 actividad moderada
Router	63 segundos	4 actividad moderada

4.1.1.2. BARRENADO

Por otra parte, en la comparativa de herramientas de barrenado, se utilizaron el taladro eléctrico y el desarmador manual, como se muestra en la Figura 26, es claro que el taladro es la herramienta que genera menos fatiga, sin importar si se utiliza con un tornillo punta de broca o únicamente con una broca. En comparación con el desarmador de mano, el tiempo de 2 segundos es 10 veces más veloz.



Figura 26. Operaciones de barrenado. Elaboración propia.

En términos de fatiga percibida, el desarmador manual se evaluó con un 3 en la escala de Borg, 2 niveles por debajo del taladro, como se muestra en la Tabla 7. Si bien la escala no es lineal, claramente el esfuerzo sostenido para utilizar el desarmador genera fatiga más rápido que el uso del taladro.

Tabla 7. Operaciones de barrenado. Elaboración propia.

Herramienta	Tiempo	Esfuerzo
Tornillo punta broca + Desarmador	20 segundos	3 actividad ligera
Tornillo punta broca + Taladro	2 segundos	1 actividad muy ligera
Broca + Taladro	2 segundos	1 actividad muy ligera

4.1.1.3. RECUBRIMIENTO CON PINTURA

Finalmente, para las operaciones de pintura se utilizaron una brocha, un rodillo y una pistola neumática para pintura, como se aprecia en la Figura 27. Al panel SIP de fibrocemento se le realizaron marcas con plumón y se procedió a recubrirlo en su totalidad con pintura blanca.



Figura 27. Operaciones de recubrimiento. Elaboración propia.

En este caso, el tiempo de aplicación incluye también el tiempo de secado de cada capa, con un total de 3 capas aplicadas con cada herramienta. La brocha fue el instrumento con el que la aplicación de la pintura tomó más tiempo, con 25 minutos totales, seguido del rodillo con 20 minutos y finalmente la pistola, con 18 minutos, como se aprecia en la Tabla 8. Si bien la diferencia en tiempos parece mínima entre el rodillo y la pistola, cabe destacar que la segunda únicamente se categorizó como nivel 1 en la escala de Borg, mientras que la primera es un nivel dos, con la brocha en un nivel tres. Es decir, al repetir más veces la operación, es posible que los tiempos de aplicación se mantengan más cortos con el uso de la pistola con respecto al de las otras herramientas.

Tabla 8. Operaciones de recubrimiento. Elaboración propia

Herramienta	Tiempo	Esfuerzo
Brocha (3 capas)	25 minutos	3 actividad ligera
Rodillo (3 capas)	20 minutos	2 actividad ligera
Pistola (3 capas)	18 minutos	1 actividad muy ligera

4.1.2. ANÁLISIS DE CAMPO, HERRAMIENTAS Y PROCEDIMIENTOS, SISTEMA SIP

Una vez realizada la evaluación en ambiente controlado de las distintas herramientas y los procesos de fabricación aplicados al SIP de fibrocemento, se realizó una visita a un sitio de construcción de una vivienda de dos niveles, la cual se estaba edificando con sistema Thremorock, con la finalidad de documentar como es que se trabaja el sistema en un contexto real, y en condiciones de improvisación de espacio.

Se observaron las operaciones de corte, barrenado y algunos acabados aplicados, como se presenta en la Figura 28. Las herramientas utilizadas por los albañiles son equipos comerciales, disponibles comúnmente en tiendas de herramientas y ferreterías de la ciudad, al igual que las utilizadas para las pruebas en ambiente controlado. Del lado izquierdo de la Figura 28, se aprecia la única herramienta que no se había evaluado, una esmeriladora manual, utilizada en el sitio de construcción para remover parte del núcleo de poliestireno expandido, de manera que sea más fácil ensamblar los perfiles “H” entre los paneles. Los trabajadores comentaron que este proceso lo realizaban originalmente con una cortadora de alambre caliente, especial para corte de polímeros espumados, pero que se había averiado unos días antes, por ello utilizaban la esmeriladora, pues la tenían ya a la mano, con lo cual se percibe una flexibilidad por parte del material para ser intervenido con distintas herramientas.

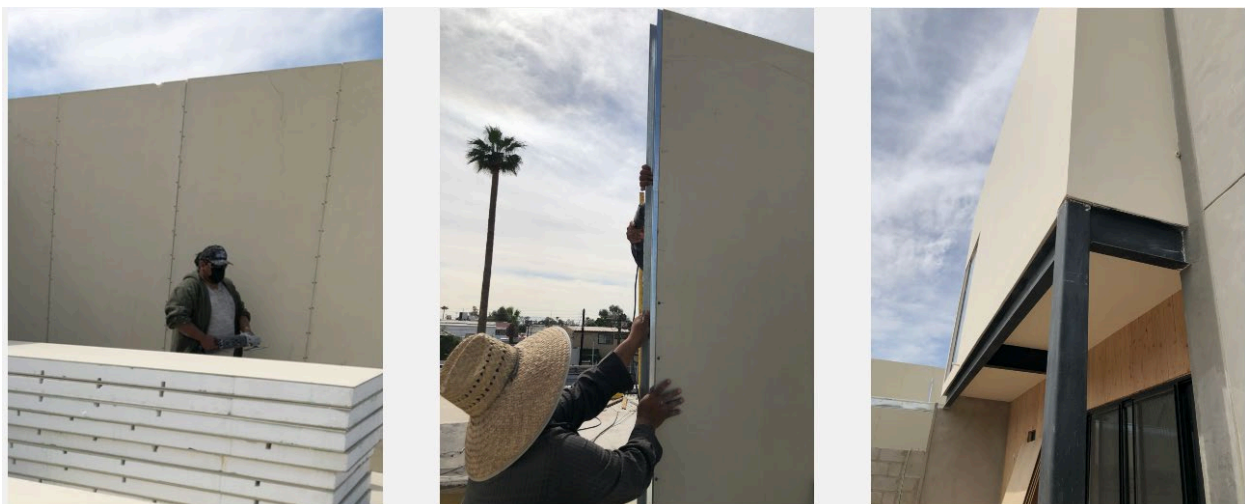


Figura 28. Procesos de corte, barrenado y acabados en panel de fibrocemento, realizados en sitio. Elaboración propia.

Durante las visitas también se documentaron maniobras de carga y descarga del material, los trabajadores comentaron que, si bien un panel de 11.2cm de espesor lo puede cargar un solo albañil, es más fácil maniobrarlo entre dos. De igual manera se observaron las instalaciones de tuberías para agua y drenaje, cableado eléctrico para apagadores, tomacorrientes y luminarias, como se muestra en la Figura 29 y la Figura 30.

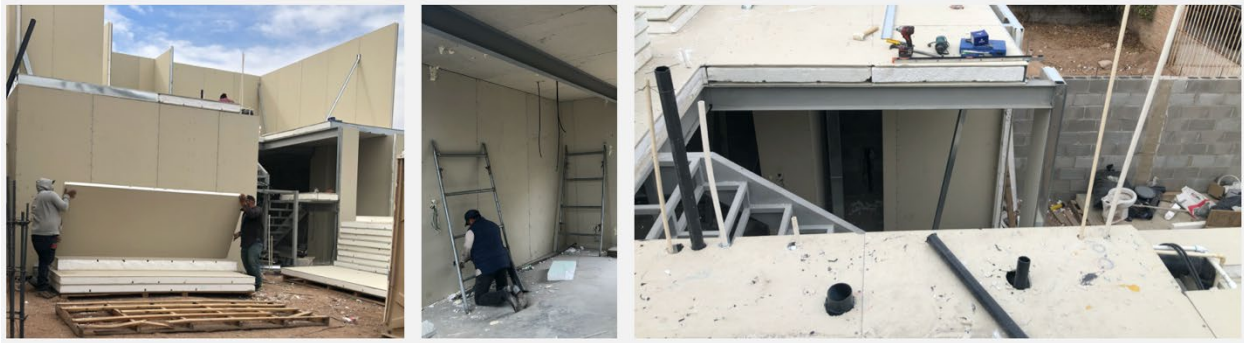


Figura 29. Maniobras e instalaciones. Elaboración propia.

Cabe señalar que las operaciones de corte y barrenado para instalaciones se realizan con herramientas eléctricas de mano, usualmente por una sola persona, y de acuerdo con los obreros, es más rápido definir los lugares donde van a pasar los tubos y cables para instalaciones eléctricas, debido a la consistencia de los paneles y los canales internos del poliestireno expandido, contrario a un muro de block, donde ciertas celdas pueden estar coladas con concreto o tener excesos de mortero en alguna unión donde se podría pasar un cable; estas inconsistencias implican que en lugar de barrenar o cortar y pasar un cable o tubo, se requiere del uso de herramientas adicionales como marro y cincel para romper las secciones que son más rígidas.



Figura 30. Maniobras e instalaciones. Elaboración propia.

Finalmente, se comparó el avance realizado en jornada y media de trabajo, en la Figura 31, se aprecia que, desde las 15:00hrs del miércoles 2 de marzo a las 10:00 hrs del viernes 5 de marzo, se instaló el muro norte perimetral completo de la segunda planta, así como tres muros divisores que generan espacios al interior de la vivienda, con un total de 12 paneles, que se traduce en 35.72m² instalados en una jornada y media de trabajo, con maniobras de descarga de material, subir el material a la segunda planta y prepararlo para ensambles, y con trabajos paralelos de instalaciones eléctricas e hidráulicas ocurriendo en ambas plantas.



Figura 31. Avance de trabajo, jornada y media. Elaboración propia.

Esto refleja que la construcción con SIPs es altamente productiva, pues reduce los tiempos de construcción con respecto del sistema de bloque de concreto, incluso cuando se realiza en sitio. De acuerdo con el Arquitecto Ricardo Avelino Figueroa Fabián y la Arquitecta Yahaira Lizette Covarrubias Reichell, residentes de la obra, se instalan un promedio de 9 paneles por jornada laboral, 26.79m². Tanto los arquitectos como albañiles comentan que una edificación de las mismas características tomaría de dos a tres veces más tiempo en construirse con block y cemento; hacen hincapié en el tiempo de fraguado del entre piso, proceso que toma de 5 a 7 días, debido a esto, no se pueden realizar trabajos en la primera planta, pues no se pueden mover los soportes de la losa, y tampoco se pueden continuar los trabajos en la segunda planta para no afectar la capacidad estructural del entrepiso.

Por otra parte, tanto los supervisores de obra como los albañiles coinciden en que se requiere de más herramientas y equipo para realizar las instalaciones en construcciones edificadas con bloque de concreto; finalmente, los arquitectos mencionaron que el proceso de cimentación para una

estructura de bloque y cemento requiere entre 25% y 50% más de material, entre concreto y refuerzo estructural como varilla y malla, para soportar la estructura, pues esta es más pesada, esto a su vez requiere que las excavaciones donde se van a colar los cimientos sean de mayor profundidad, lo que requiere más tiempo para su ejecución. En el caso particular de Mexicali, el trabajo de cimentación requiere de un paso adicional debido a que las arcillas del suelo presentan características de expansión cuando absorben humedad, por lo que se debe sustituir la tierra existente con tierra de otro sitio, compactarla y sobre esta armar y colar la cimentación.

4.2. DISEÑO DEL MUEBLE HABITABLE

Una vez conocidos los procesos y herramientas a utilizar para la propuesta del Mueble Habitable, se procedió a contrastar lo que propone el INFONAVIT a través de su normativa, con lo que los jóvenes trabajadores buscan como mínimo en cuestión de espacios de vivienda. Este ejercicio de sondeo funge como base para un proceso subsecuente de grupo focal, en el que las preferencias de los involucrados se integraron a la generación del módulo base, a partir del cual se desprende otra serie de análisis presentes en este documento.

4.2.1. COMPONENTES Y DIMENSIONES DE LA ENVOLVENTE

Para determinar la configuración de los paneles que componen la envolvente del mueble habitable, se consideraron dos factores dimensionales particulares, el primero es el tamaño máximo de envolvente que puede tener un remolque de carga para circular en vialidades urbanas y carreteras, según la normativa previamente determinada, y el segundo son las medidas en las que se comercializa el SIP de fibrocemento seleccionado.

Se tomaron como base las restricciones dimensionales derivadas de la NOM-012-SCT-2-2017, que especifican un máximo de 2.6m de ancho de un vehículo o remolque que circulan en vialidades urbanas y carreteras, así como las medidas en que se comercializa el SIP de fibrocemento, 1.22m x 2.44m x 0.10m, se diseñó la envolvente que permitiera una altura máxima interior de 2.44m, la cual tendría un total de 2.6m una vez agregados los paneles que componen el techo y el piso del mueble habitable, lo que le permitirá, al ser transportada recostada sobre el remolque, cumplir con las dimensiones especificadas por la normativa.

Contextualizando esta situación, se observa como la envolvente se puede transportar sobre un remolque tipo cama baja de dimensiones comerciales estándar, de entre 11m.2 (37') y 12.5m (41'), se aprecia en la Figura 32, la parte inferior del módulo, distinguida por los esfuerzos estructurales.

Este traslado del módulo recostado aprovecha el muro que no tiene aperturas como superficie en la cual se recuesta la estructura.

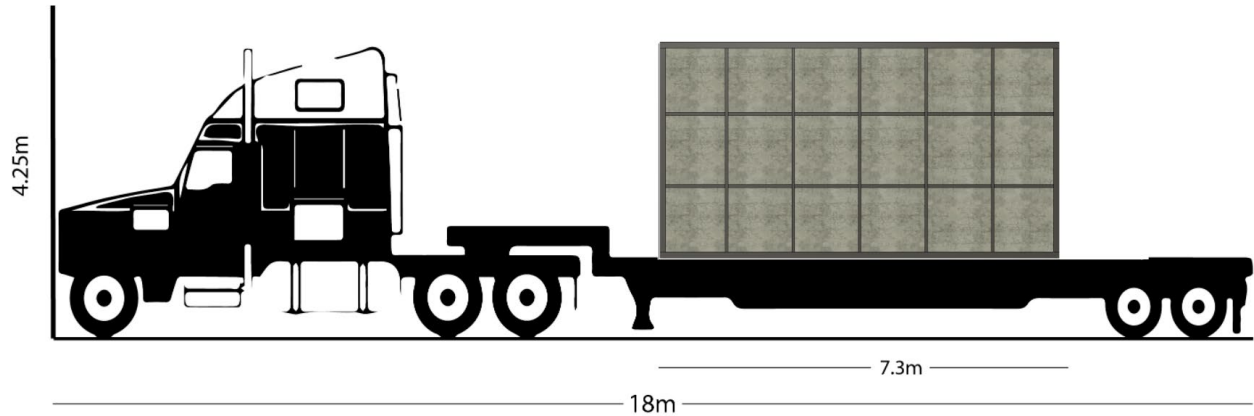


Figura 32. Diagrama de transporte de módulos del mueble habitable, sobre una cama baja. Elaboración propia.

Para lograr mantenerse dentro de esas dimensiones aprovechando el material y sus dimensiones de fábrica, se optó por aprovechar los paneles en sus medidas de fábrica. En la Figura 33, se muestra el diseño de la envolvente, sus muros a lo ancho se componen por 3 paneles (3.6m), y sus muros a lo largo por 6 paneles (7.2m), la altura interior de la envolvente es de 2.4m, (longitud estándar de los SIP). Para componer el techo, se utilizan 9 paneles, de 0.11 m de espesor.

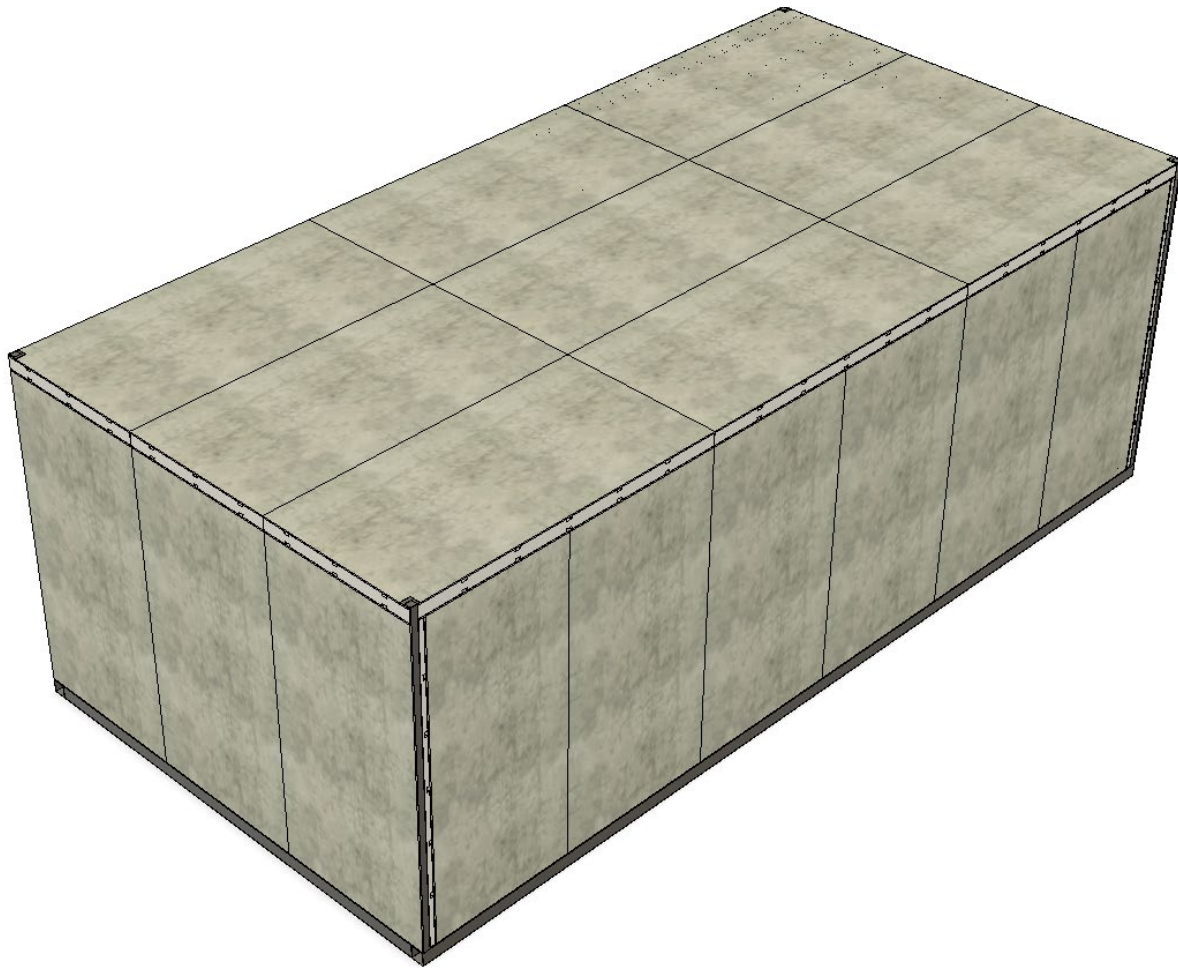


Figura 33. Diseño de la envolvente, paneles, conectores y refuerzos estructurales. Elaboración propia.

El suelo se compone también por 6 paneles, a los cuales se les insertan refuerzos estructurales en el perímetro, elaborados con perfil tubular rectangular (PTR), de 10cm de alto x 10cm de ancho y 0.3cm, el cual se inserta dentro de los paneles que conforman el piso del Mueble Habitable, a los cuales se les recorta una de sus cubiertas de fibrocemento para dar espacio a la estructura de refuerzo. En la Figura 34, se muestran un detalle de la propuesta de piezas de refuerzo y como se acopla con el panel.

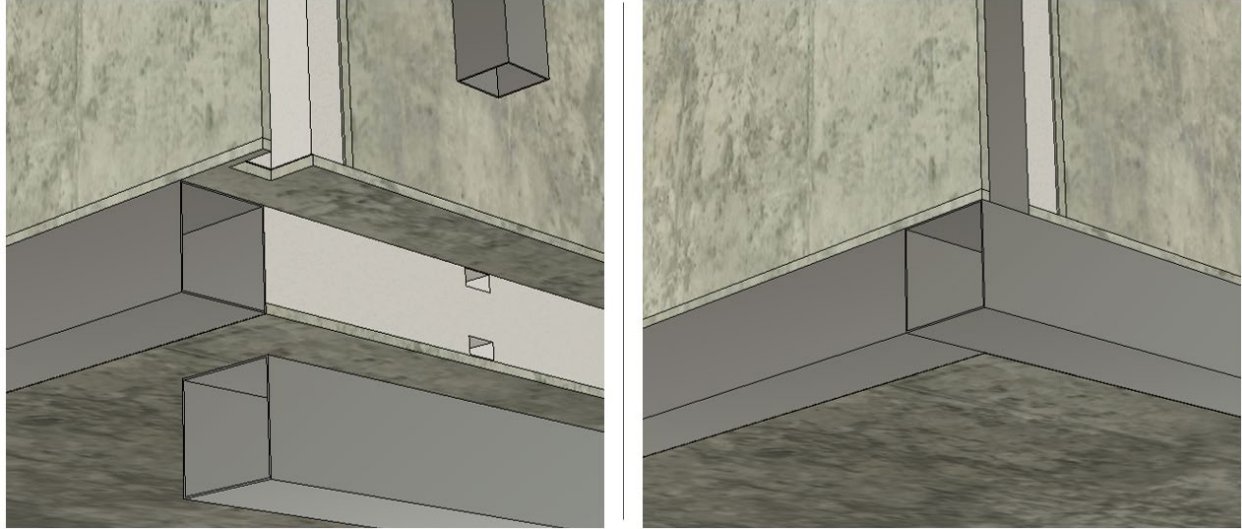


Figura 34. Detalle de colocación de refuerzo estructura para mueble habitable. Elaboración propia.

Para complementar la estructura perimetral, y asegurar la resistencia del suelo del Mueble Habitable, se propone una retícula de 1.22cmx1.22cm , compuesta con PTR de 5cm x 10.cm y 0.3cm de espesor, en la Figura 35, se muestra, el acoplamiento de los paneles que conforman el piso

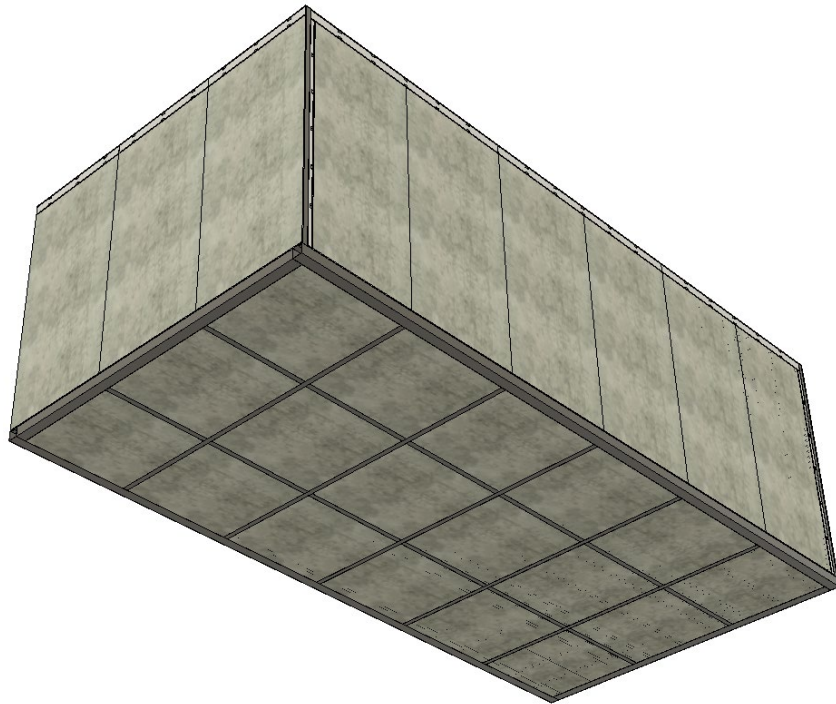


Figura 35. Vista isométrica inferior de la envolvente. Elaboración propia.

Finalmente, como elemento de refuerzo en esquinas de los paneles que conforman los muros cortos, se propone la integración de un refuerzo estructural vertical, fabricado con PTR de 5cm x 5 cm y 0.3cm de espesor. Estos refuerzos rematan por encima del techo del mueble habitable con una placa de 0.075m x 0.075m x 0.006m de espesor, la cual trabaja como superficie de anclaje, en caso de requerirse para una ampliación futura de segundo nivel. Dicha placa, servirá como superficie para soldar el refuerzo estructural del nuevo módulo a colocar, si es en un sentido vertical, o con un tercer elemento metálico si la ampliación es en sentido horizontal (Ver figura 36).

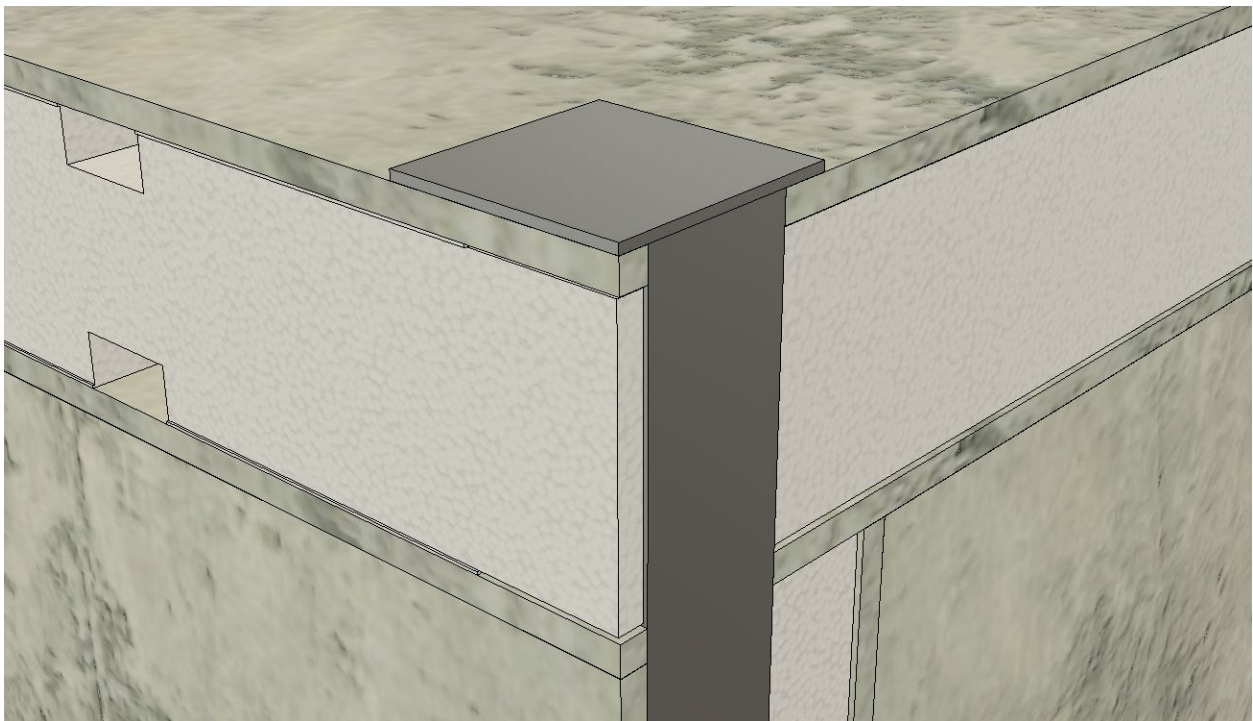


Figura 36. Preparación para acoplamiento con módulo de segunda planta.

Finalmente, en la Figura 37 se visualiza el explotado de las piezas principales que conforman la envolvente, las uniones metálicas entre paneles y los perfiles metálicos que conforman el refuerzo estructural del suelo.

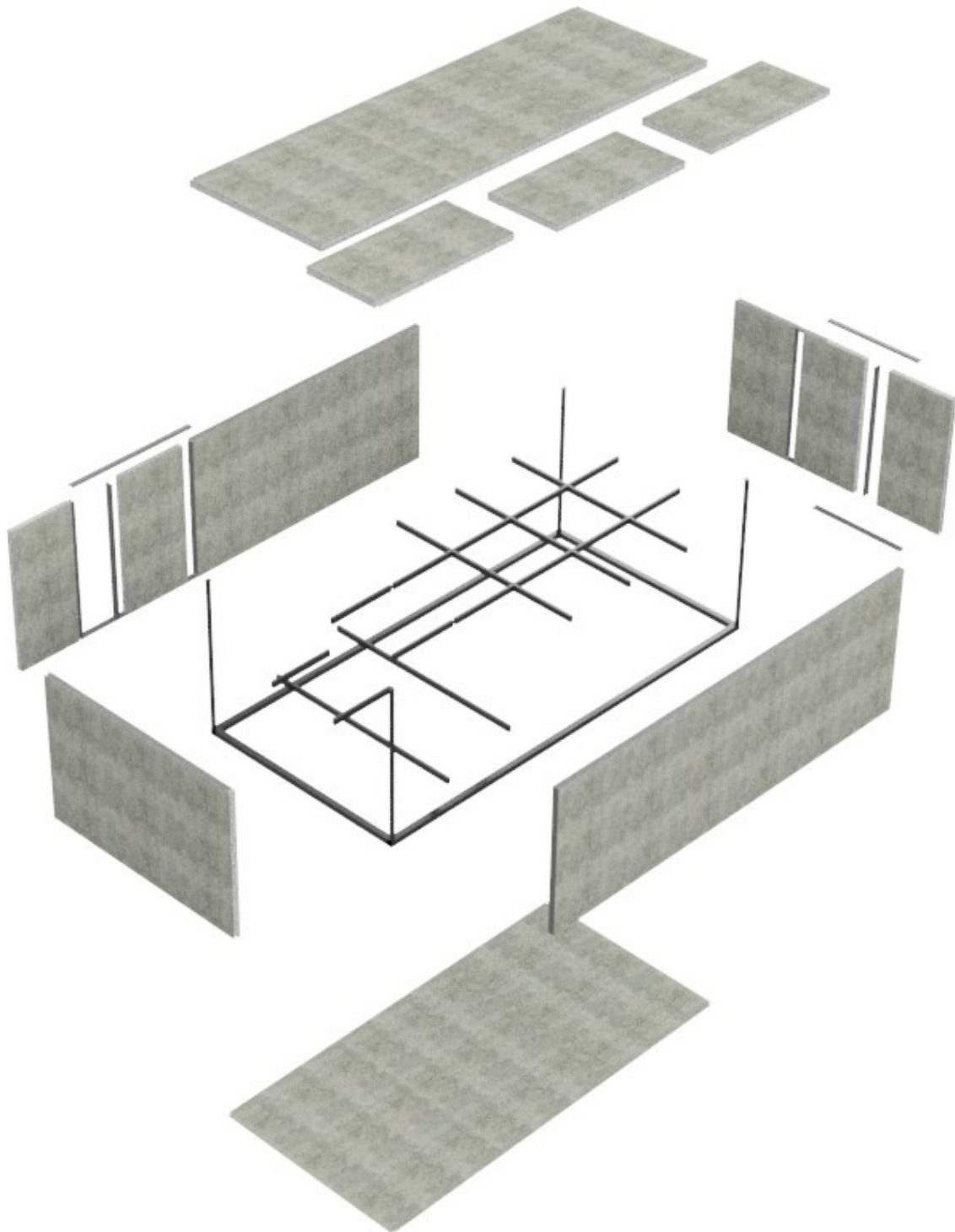


Figura 37. Explotado de componentes que conforman la envolvente. Elaboración propia.

4.2.2. PREFERENCIA DE VIVIENDA DE JÓVENES ADULTOS

El otro elemento clave para el diseño del Mueble Habitable son sus espacios interiores, y la distribución de estos. Para definir como es que se configuraría el interior del módulo se realizó un sondeo muestral realizado a través de una encuesta para contrastar con las declaraciones del INFONAVIT, tanto en materia normativa de los espacios indispensables para una vivienda, así como la situación de vivienda de la población, tuvo un total de 79 respuestas, de las cuales 55 se encuentran en el segmento poblacional de 25 a 39 años que el INEGI establece como jóvenes adultos. Esta muestra equivale al .01% de la población total del estado en el rango objetivo.

En el caso de los participantes, las edades que con mayor frecuencia se repitieron fueron 25 y 32 años, como se muestra en la Figura 38.

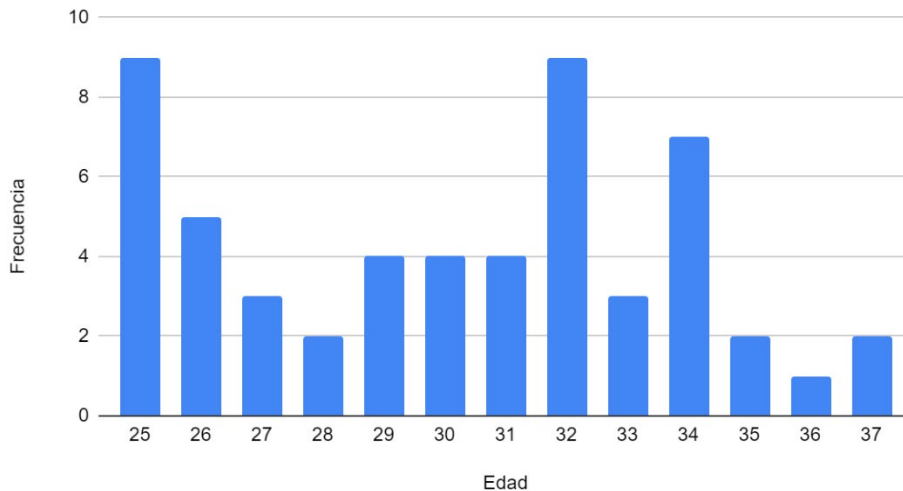


Figura 38. Frecuencia de edades de los encuestados. Fuente propia.

De las personas encuestadas, únicamente el 27.3% (15) cuenta con vivienda propia, como se muestra en la Figura 39, mientras que el 32.7% (18) renta su vivienda y el 40.0% (22) vive con sus padres o familiares. Considerando esta distribución, menos de 1/3 de los encuestados tiene una vivienda propia, lo cual coincide con lo declarado por el INFONAVIT (2019).

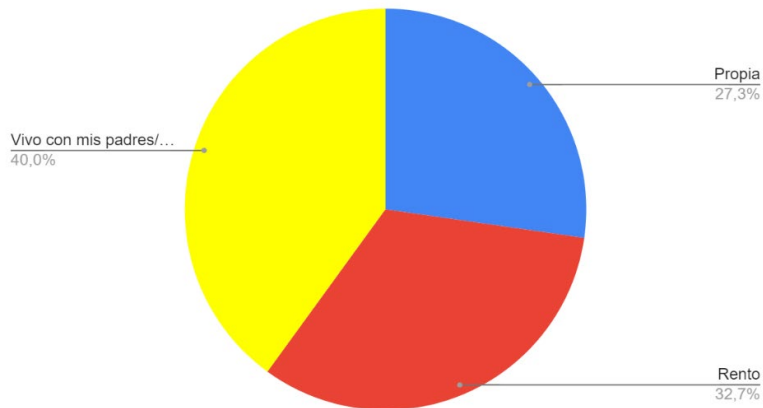


Figura 39. Tipo de vivienda de los encuestados. Fuente propia.

Considerando la normalidad de un desarrollo profesional, se podría asumir que los encuestados de mayor edad serían los que más comúnmente tendrían una vivienda propia, pues han trabajado por más tiempo, sin embargo, la distribución de edades de aquellos que declararon poseer una vivienda se inclina solo ligeramente a las edades de 31 o más, con un 56%, es decir, más tiempo trabajando no implica con certeza un incremento en el acceso a la vivienda (ver figura 40).

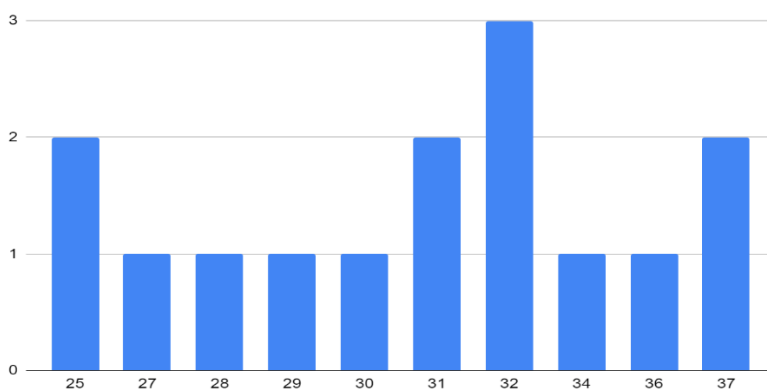


Figura 40. Distribución de edades entre los encuestados con vivienda propia. Fuente propia.

Continuando con los espacios deseables para la vivienda mínima, claramente los tres más populares son la cocina con el 100% de menciones por parte de los encuestados, la recámara con 98.7% y el baño con 94.9%. Es decir, los espacios denominados básicos por el INFONAVIT son claramente prioritarios en una vivienda mínima, de acuerdo con los encuestados, esto es aún más notable si se considera que el cuarto espacio más deseable, la sala, únicamente alcanza el 48.1% de menciones como espacio prioritario, como se muestra en la Figura 41, prácticamente sólo la mitad de las menciones que el tercer puesto.

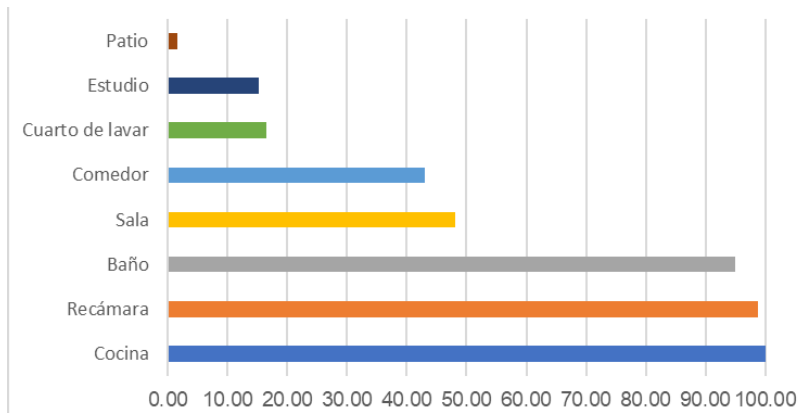


Figura 41. Espacios más deseables para vivienda mínima, porcentajes. Fuente propia.

4.2.3. PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN

Durante las conversaciones con el grupo focal, trascendió la preferencia por la distribución del mueble habitable A (Figura 42), la versatilidad de expansión hacia lo largo o ancho del módulo fue la principal razón para la selección de este módulo entre los participantes.



Figura 42. Distribución A de módulo base. Fuente: Elaboración propia.

Debido a la distribución, es relativamente sencillo visualizar la expansión prácticamente hacia cualquier lado del módulo, lo cual la hace más clara como propuesta de un módulo inicial, a partir del cual se puede ir ampliando según las necesidades.

Si bien es unánime la percepción de que el espacio es pequeño para dos personas, los participantes coincidieron en que es suficiente para un solo habitante, sobre todo un profesionalista joven.

Por último, la posibilidad de trasladar una vivienda de un predio a otro les pareció muy atractiva, y la idea de poder ampliar y reducir el espacio disponible de acuerdo con las necesidades familiares también fue un punto que consideraron innovador, pues a diferencia de las casas móviles, es un espacio realizado con materiales constructivos y diseñado para vivienda permanente, por lo que es compatible también con materiales y sistemas constructivos más comunes.

Algunos comentarios comunes fueron:

- “Está chilo que puedas empezar estando en casa de tus papás y luego llevártelo”
- “Si cabe por la calle, hasta podrías remolcar de a dos, porque está más corto que las cajas de tráiler”.
- “Yo hubiera comprado eso en lugar de rentar el depa”.
- “Hasta se pueden vender las partes que ya no ocupas”.

Una vez concluida la sesión del grupo focal, se cerró la etapa de retroalimentación y se procedió a formalizar el modelo digital en temas dimensionales y de ambientación, así como generar una presentación más clara de los espacios. En la Figura 43 se pueden observar los distintos acabados para el piso, muros interiores y mobiliario, así como las luminarias del área común y la cocina.



Figura 43. Distribución de módulo base del mueble habitable, perspectiva de frente. Elaboración propia.

Por otra parte, en la Figura 44 se puede observar desde la parte posterior la distribución del baño y la barra de la cocina, así como el resto de las ventanas del mueble habitable. Cabe destacar la diferencia en el suelo del área de baño. Tanto en esta figura como en la anterior, los muros y el techo del módulo se representan de forma translúcida, para que se pueda apreciar el interior del espacio.

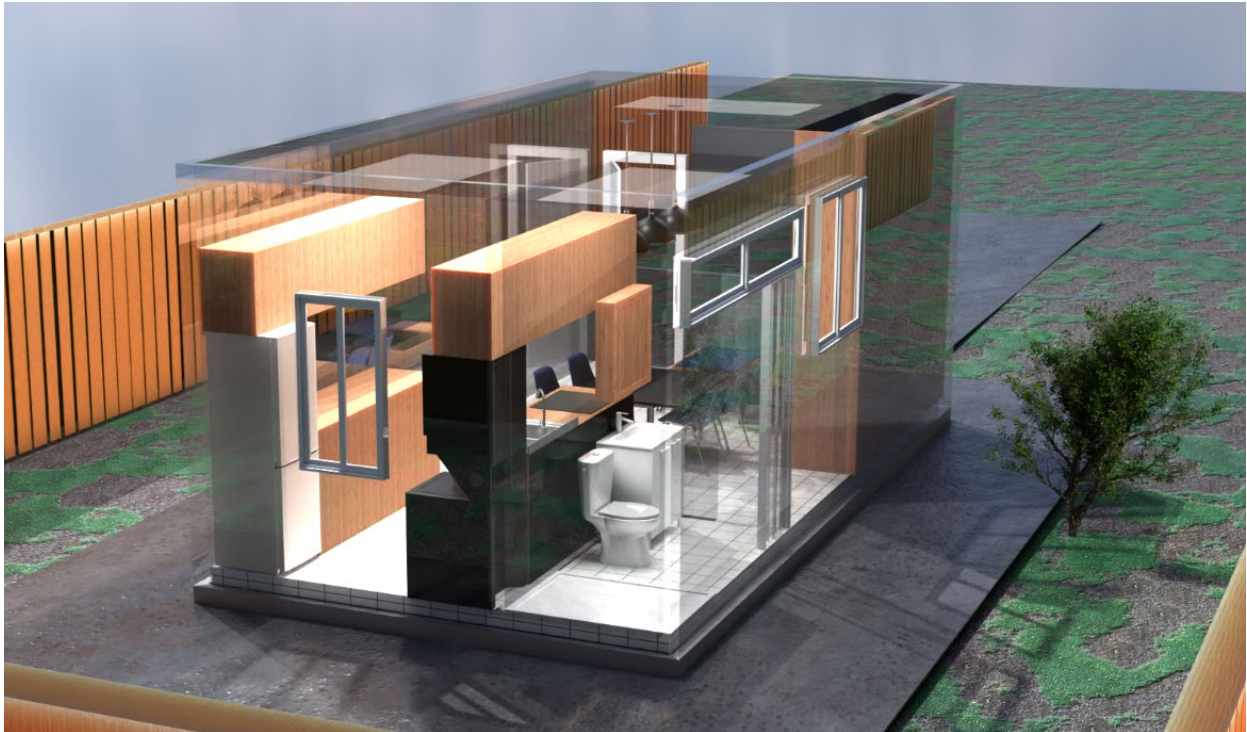


Figura 44. Distribución de módulo base del mueble habitable, perspectiva posterior. Elaboración propia.

Es importante recalcar que este módulo base tiene como finalidad ser la primera etapa de una vivienda, y la intención es agregar más módulos a futuro, según los requerimientos de los habitantes de la casa. Si bien es un espacio limitado, coincide con las características de las ampliaciones y agregados en los que hoy día utilizan su crédito hipotecario los trabajadores jóvenes, de acuerdo con lo mencionado por el INFONAVIT.

Este planteamiento permite ampliar de forma horizontal hasta donde permita el tamaño del predio, y de forma vertical un solo nivel adicional, a menos que se agreguen refuerzos estructurales complementarios.

4.2.4. EL MUEBLE HABITABLE EN CONTEXTOS DE VIVIENDA

Una vez que se generó un modelo tridimensional digital del módulo base del mueble habitable, se procedió a idear algunas aplicaciones que corresponden al contexto actual, de acuerdo con lo declarado por el INFONAVIT, respecto de las viviendas unifamiliares que se convierten en multifamiliares, y en las que se hace uso de los créditos hipotecarios para ampliaciones en lugar de hacerse de viviendas propias, por parte de los jóvenes trabajadores.

En la figura 45 se observa un ejemplo de cómo se puede implementar el mueble habitable sobre una cochera. Actualmente, este domicilio cuenta con un departamento en dicho sitio, el cual está anclado a los elementos estructurales de los muros perimetrales.



Figura 45. Mueble habitable como ampliación sobre cochera. Elaboración propia.

En la figura 46 se percibe un ejemplo de las mismas características. Ambos se utilizan actualmente como departamentos para renta, debido a su ubicación cercana al campus central de la Universidad Autónoma de Baja California, en la ciudad de Mexicali.

En ambos casos, las dimensiones del ancho y alto de los departamentos coinciden con aquellas del Mueble Habitable, pues están construidas con tabla roca, que se comercializa en las mismas dimensiones que el SIP de fibrocemento, 1.22m x 2.44m, por lo que su implementación en el contexto actual es viable.

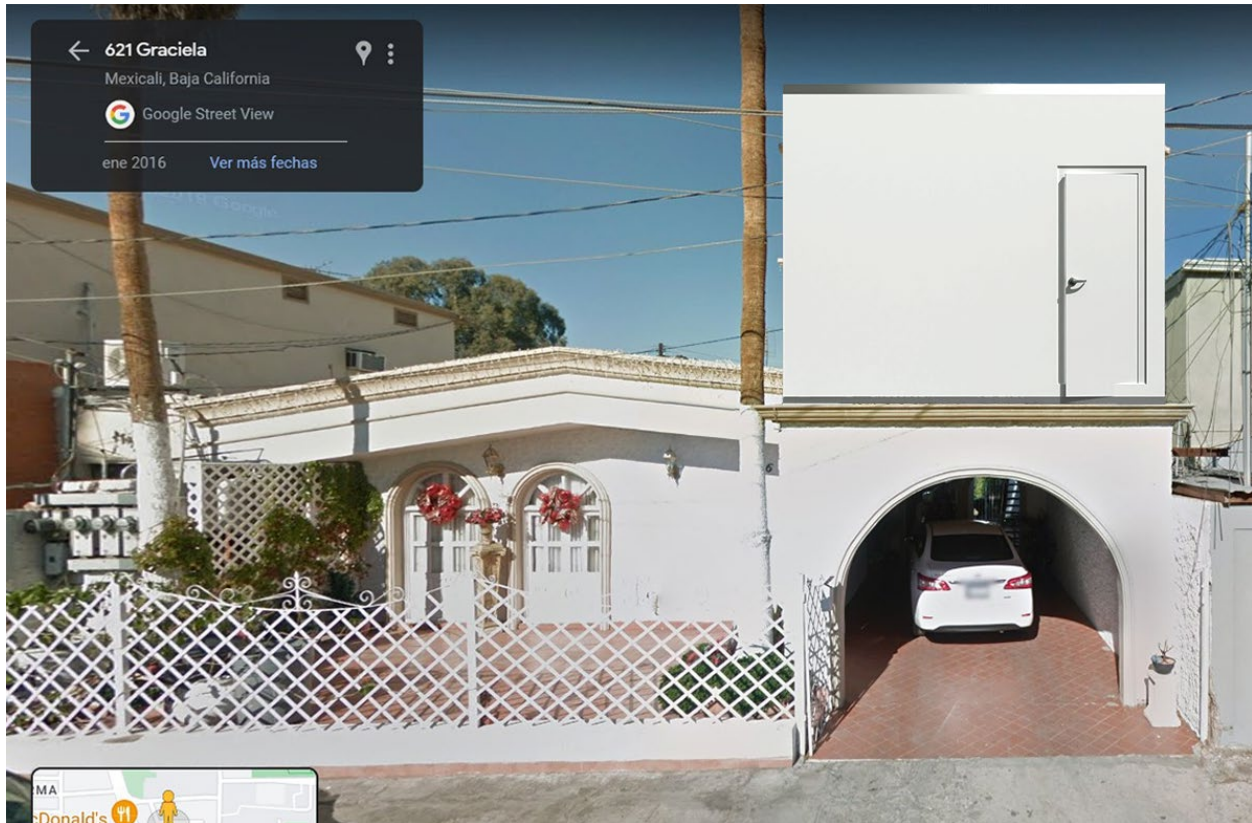


Figura 46. Mueble habitable como ampliación sobre cochera. Elaboración propia.

Por otra parte, al contar con el modelo digital del mueble habitable, se plantean de forma volumétrica simple, como es que la integración de módulos adicionales permite la ampliación del espacio. En la Figura 47 se aprecia un Mueble habitable desde la vista frontal y dos posibles caminos de ampliación, vertical y horizontal del espacio, con una representación de escala humana de 1.70m de altura para referenciar su tamaño.

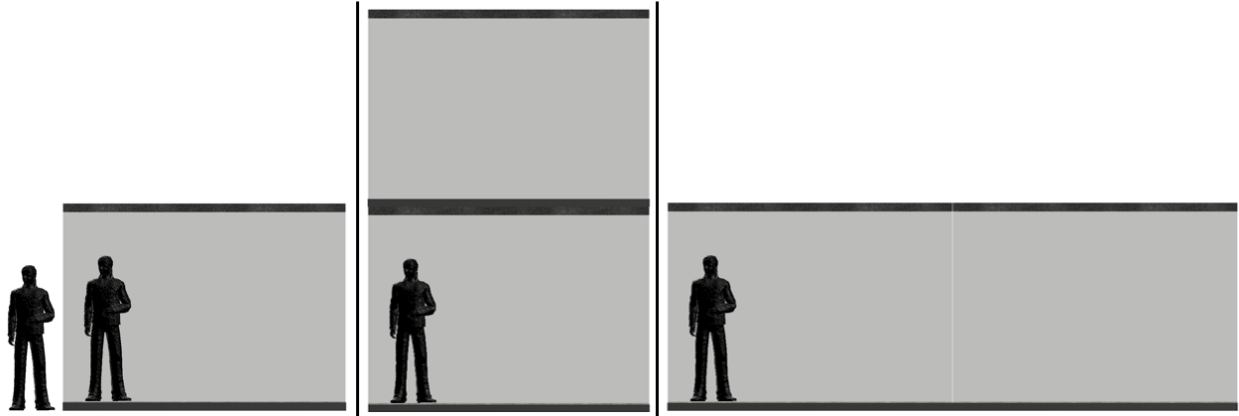


Figura 47. Posibilidades para ampliación del Mueble Habitable. Elaboración propia.

De forma similar, en la Figura 48, se representa una serie de configuraciones distintas de Muebles Habitables, a partir uno, dos o tres módulos, a manera ilustrativa de posibles formas de ampliar una vivienda al adicionar módulos adicionales. En la primera imagen se encuentra un solo módulo, en la segunda, una posible ampliación vertical, seguida de una ampliación horizontal, y finalmente, se integra un tercer módulo orientado de forma perpendicular a los dos módulos que conforman la primera planta.

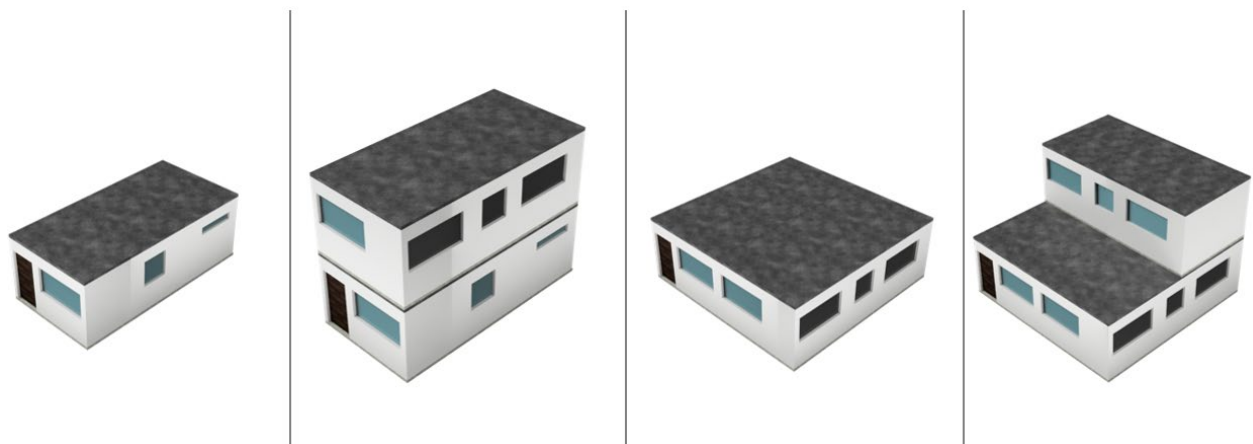


Figura 48. Representación volumétrica de posibles ampliaciones del Mueble Habitable. Elaboración propia.

Finalmente, en la Figura 49 se presenta de forma isométrica una vivienda de dos niveles, realizada con una serie de 6 módulos, la primera planta se compone con cuatro módulos y la segunda con dos, generando terrazas hacia ambos lados de la vivienda. Como se aprecia, los módulos pueden ser distintos, de acuerdo con las necesidades de cada familia.

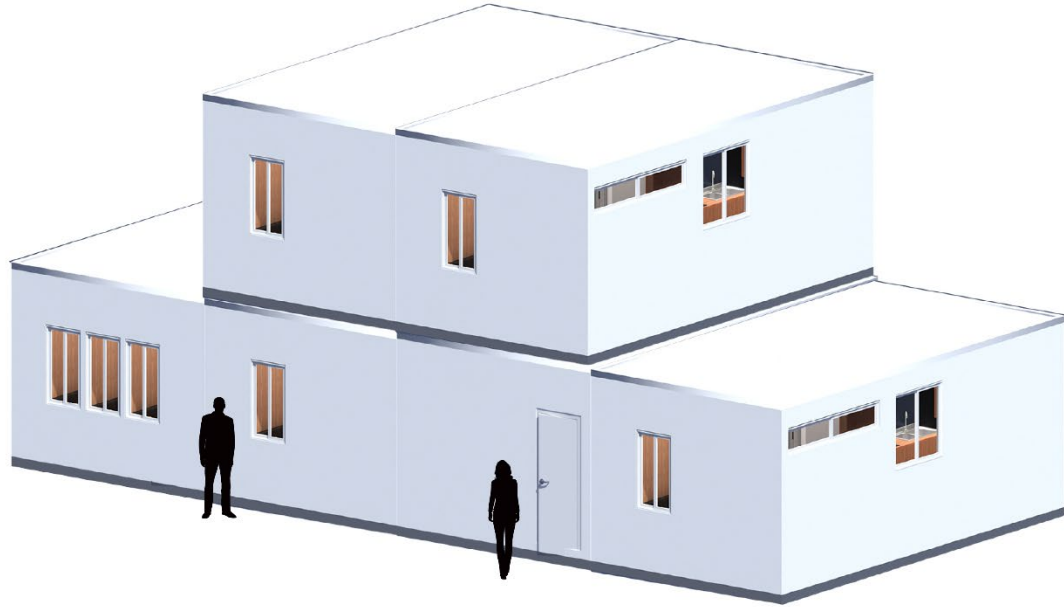


Figura 49. Ejemplo de vivienda elaborada con 6 módulos. Elaboración propia.

4.4. ANÁLISIS DE HABITABILIDAD DEL MUEBLE HABITABLE

Una vez establecido el diseño de la envolvente, la distribución interior y la ubicación de puertas y ventanas en el espacio habitable, se procedió a realizar análisis de factores de habitabilidad con relación al comportamiento térmico y lumínico se analizaron estos factores, debido a que, ambos influyen directamente en el consumo de energía eléctrica de una vivienda, especialmente en el periodo de verano (abril a octubre) con temperatura extremas en la ciudad de Mexicali. La normativa de habitabilidad para la vivienda, NOM-020-ENER, se limita a factores térmicos, oír lo que una comparativa con el sistema de construcción dominante puede ser un punto de partida idea para determinar posibles beneficios adicionales de la alternativa que se propone.

4.4.1. TRANSFERENCIA DE CALOR SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

Uno de los factores más importantes en Mexicali es la temperatura ambiente, ya que, durante gran parte del año, alcanzan temperaturas promedio de máximas de 44 °C entre junio y agosto, mientras que los meses más fríos, diciembre a febrero, es de 6 °C.

Para determinar el coeficiente global de transferencia de calor (Valor U) y la resistencia térmica (Valor R) se realizaron simulaciones en el software Therm, a partir de las propiedades térmicas de los materiales involucrados Tabla 9.

Tabla 9. Propiedades térmicas y sus valores en los materiales utilizados en la simulación

Material	Conductividad (m/m-K)	Emisividad
Concreto pesado 2240kg/m ³	1.1313	0.9
Concreto armado 2400kg/m ³	1.6	0.9
Concreto reforzado 2% acero	2.5	0.9
Mortero	0.78	0.9
Mortero emplaste	0.78	0.9
Fibrocemento	0.25	0.9
Poliestireno expandido	0.16	0.9
Acero Galvanizado	62	0.2
Mortero de emplaste	0.78	0.9

Para la simulación, se consideraron condiciones de temperatura exterior de 50°C, e interiores de 25 °C (Temperatura interior del termostato del sistema de climatización). Las simulaciones del sistema SIP de fibrocemento con respecto al bloque de concreto arrojaron los resultados que se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10. Valores U, R. Elaboración propia.

Material	Valor U W/m ² -K	Valor R m ² -K/W
Bloque	3.2793	0.3049
SIP fibrocemento	0.3795	2.6350

El valor U mide la transmitancia térmica de los materiales y representa la tasa de transferencia de calor a través de los materiales que componen el sistema constructivo, por lo que, cuanto más bajo es el Valor U, mejor es el aislamiento térmico. Por otra parte, la resistencia térmica o Valor R, representa el inverso del Valor U y determina la capacidad que tiene el sistema constructivo a oponerse al flujo de calor. Entre más alto el Valor R, mayor será el aislamiento del sistema constructivo.

De acuerdo con los resultados, se puede observar en la tabla 6 que el valor U del SIP de fibrocemento es 10 veces menor al del bloque de concreto, lo cual indica una gran diferencia en la transferencia de calor, es decir, provee un mejor aislamiento térmico. Por otra parte, el valor R del SIP de fibrocemento es 8.6 veces mayor al del bloque, lo que implica una mayor resistencia térmica, que permite una mayor resistencia térmica al flujo del calor.

En la Figura 50 se muestran los resultados de transferencia de calor del sistema de bloque y SIP. con las representaciones del bloque de concreto del lado izquierdo y el SIP de fibrocemento del lado derecho. En el sistema SIP, se aprecia que las líneas de flujo de calor y temperatura en el puente térmico metálico se incrementan.

De igual manera, se observa que la temperatura al interior del material se mantiene a 27.1 °C, cercano al puente térmico metálico (zona de mayor transferencia de calor), mientras que el bloque de concreto presenta una temperatura de 34.5 °C en la sección de la celda colada, que cuenta con acero de refuerzo. En ambos casos, coincide la presencia de metal en las zonas donde presenta mayor temperatura, esto es debido a que el metal es un material con mayor conductividad de temperatura que el concreto y que el fibrocemento, por lo que las zonas donde está presente, hay mayor flujo de calor, y por ende, una temperatura mayor.

En la segunda sección de la imagen, en la sección de bloque, se observan claramente flechas que representan vectores de transferencia de calor que van desde el exterior hacia el interior del espacio, mientras que, en la sección del SIP, incluso en la parte crítica, apenas se aprecian en una escala mucho menor, si bien con la misma dirección, en muchísima menor escala pero con mayor frecuencia, es decir, la transferencia de temperatura por esa sección es en sí mayor, debido a la alta conductividad térmica del metal, aun así, el sistema constructivo completo presenta una mayor resistencia térmica.

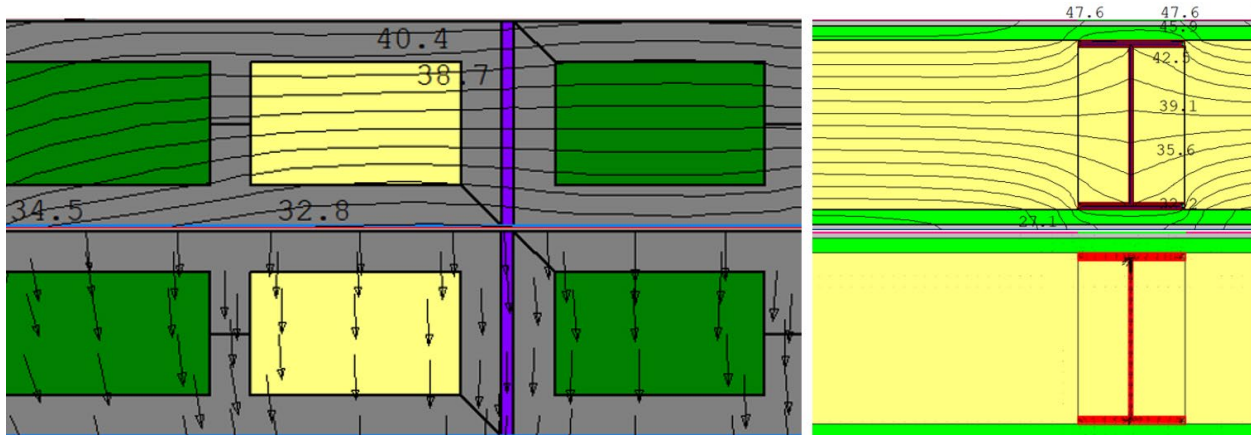


Figura 50. Comparativa de transferencias de temperatura entre bloque de concreto y SIP de fibrocemento. Elaboración propia.

En la Figura 51, se muestran los flujos de calor con una escala infrarroja, los colores representan las temperaturas en cada una de las secciones del sistema constructivo, el color rojo representa mayores temperaturas, 50 °C, mientras que el color morado representa menor temperatura, de 25°C, estos valores corresponden a los que se ingresaron en la configuración de la simulación.

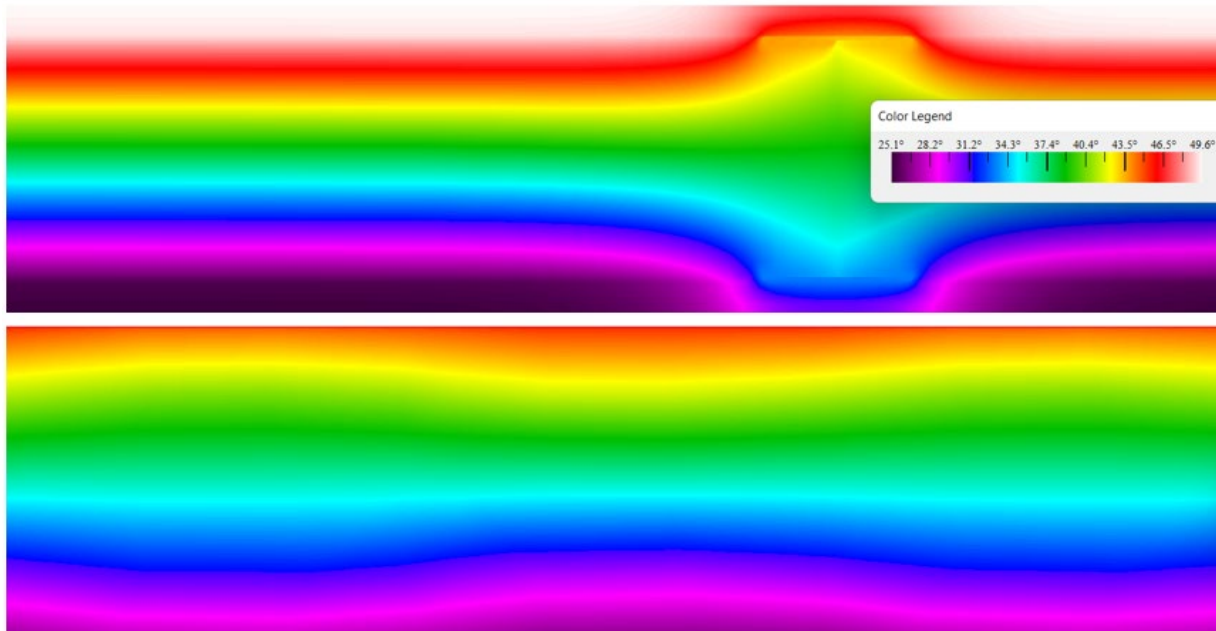


Figura 51. Gradiente de colores de temperatura y escala de temperatura. SIP vs bloque. Elaboración propia.

Comparando ambas imágenes, se aprecia una mayor uniformidad y un color morado más oscuro en la representación del SIP de fibrocemento, además de resaltar claramente el puente térmico, donde se amplía la presencia del color verde y se reducen los colores azul y morado, es decir,

confirmando lo comentado previamente, la conductividad térmica del metal tiene un impacto muy claro, pero a la vez limitado en el sistema completo.

Por otra parte, en la representación del sistema de bloque, se aprecia una ondulación en el gradiente de colores, correspondiente a la variación entre las celdas coladas y aquellas vacías. En cuanto al gradiente de colores, el color morado al se presenta únicamente en una tonalidad clara, que, de acuerdo con la escala de colores, implica una mayor temperatura que aquella de color morado oscuro en el SIP de fibrocemento.

En resumen, el SIP de fibrocemento presenta una mayor resistencia a la transferencia de temperatura, y cuenta con un factor de transmitancia mucho menor, con respecto al bloque de concreto común, a pesar de tener un puente térmico muy bien definido, el efecto de este en cuanto al aislamiento térmico lo mantiene aún por encima del bloque, y considerando que este último es el sistema constructivo más utilizado para la edificación de vivienda en Mexicali, en términos de habitabilidad térmica, el SIP presenta características que lo hacen superior, por lo que se considera adecuado para la construcción del Mueble Habitable.

4.4.2. FLUJO DE CALOR DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

Una vez obtenidos los valores de resistencia y transmitancia de ambos materiales, se procedió a introducirlos como parámetro en la herramienta Energy 3D, para determinar las ganancias de calor del espacio habitable. La simulación se realizó con los mismos tipos de puertas y ventanas con marco de aluminio y vidrio sencillo de 3 mm con valor $U= 2.726 \text{ W/m}^2\text{-K}$. La finalidad fue, que solo se obtuvieran diferencia de flujo de calor de muros y techos a partir de los valores de U mostrados en la tabla 6.

En la Figura 52, se muestran ambos módulos de forma gráfica, con su respectiva orientación mostrada con un norte en la esquina inferior derecha de cada imagen. Del lado, se muestra el módulo SIP, y del lado derecho el de bloque.

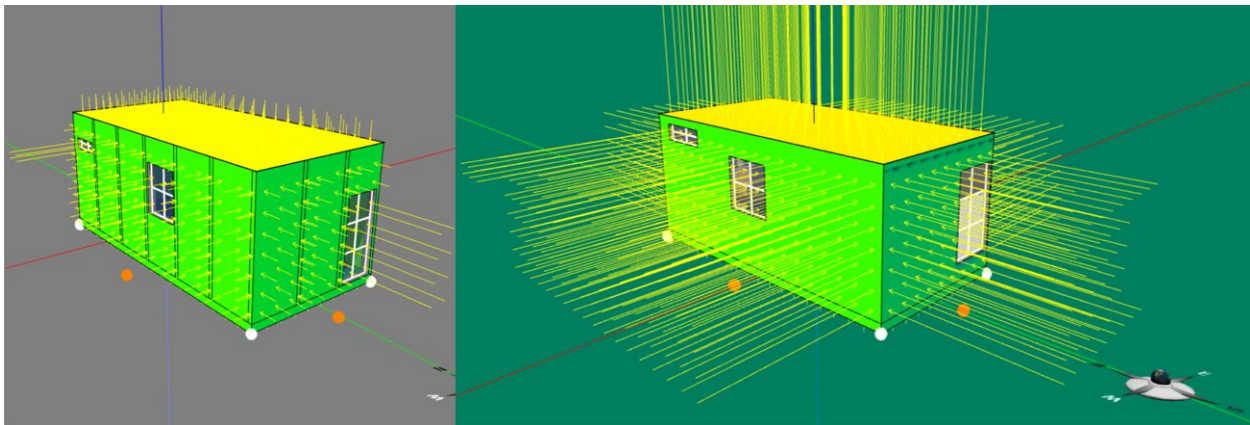


Figura 52. Ganancia de temperatura durante temporada de calor. Bloque vs SIP. Módulo orientado al sur. Elaboración propia.

En estas imágenes, se aprecian vectores a partir de flechas amarillas, cuya dirección va desde el exterior hacia el interior del módulo, lo que representa ganancias de calor hacia el edificio. De acuerdo con la documentación del software, entre más grandes los vectores, mayor es la transferencia de calor del sistema constructivo. Cabe resaltar que los vectores de transferencia de calor son de mucha mayor longitud en los modelos hechos con bloque que los hechos con el SIP, lo cual refleja una mayor transferencia de calor del sistema de bloque.

En el caso de la transferencia de calor por techo, se observa que el techo de vigueta casetón de poliestireno presenta mayores ganancias de calor que el sistema SIP. En todos los modelos se mantiene la misma constante, reflejando también los vectores de transferencia de calor mucho más cortos en el caso del edificio de SIP de fibrocemento con respecto al de bloque de concreto.

En ambos casos, los vectores de transferencia de temperatura de mayor longitud son aquellos presentes en puerta y ventanas, sin embargo, es mucho más notorio en el caso del SIP, pues son mucho más largos en comparación a los vectores de los muros, mientras que, en el caso del bloque, son más cercanos en su magnitud.

De forma paralela, el programa arroja las ganancias térmicas en forma de tablas de datos mensuales, los cuales se graficaron con la intención de visualizar los consumos energéticos mensuales por climatización artificial, la Figura 53 muestra dichos resultados.

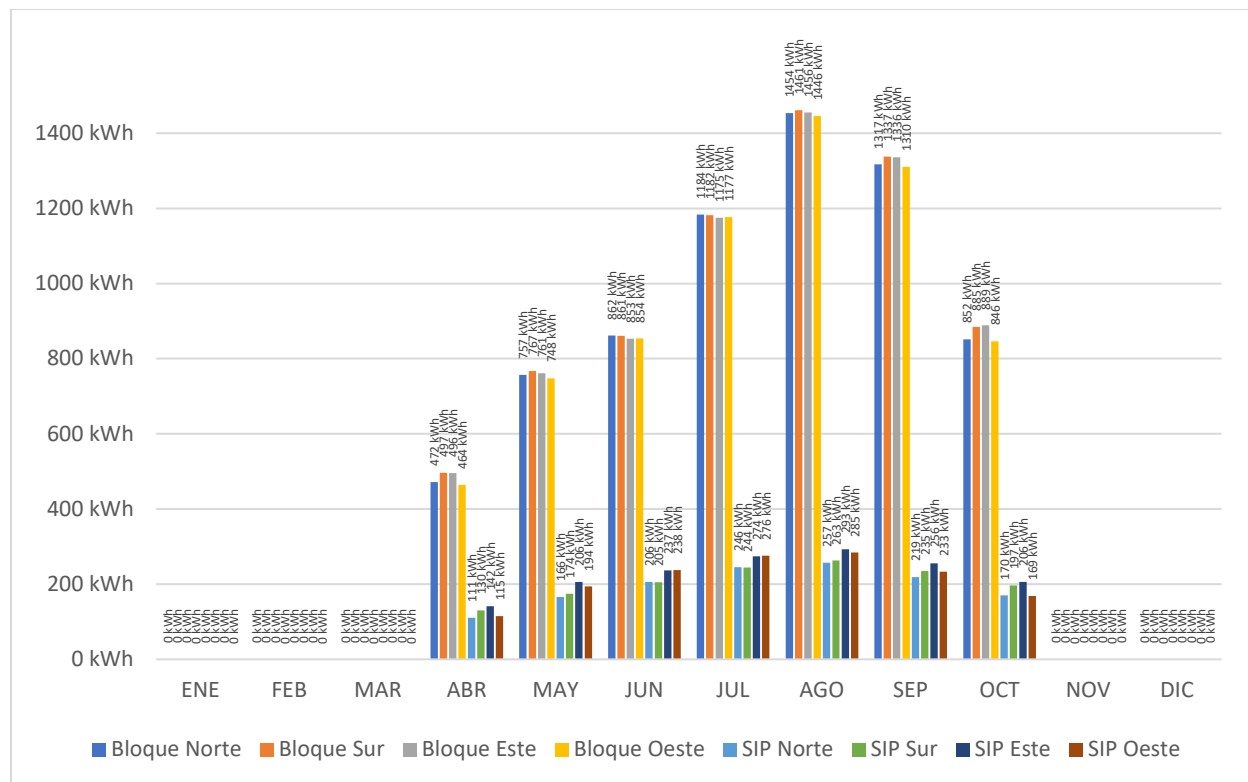


Figura 53. Consumos energéticos por refrigeración (kWh)

Se puede apreciar, que el consumo de energía del espacio habitable en los meses de verano es mayor en el sistema tradicional con respecto al SIP, el rango de consumo oscila de entre 472kWh en abril, hasta los 1461 kWh en agosto para la envolvente de bloque, lo que revela una variación de consumo con un rango de 989 kWh durante la temporada de calor, mientras que en el caso del módulo de SIP de fibrocemento, el rango de consumo es de entre 111 kWh en abril hasta los 293 kWh en agosto, lo que presenta una variación de 182 kWh. Esto corresponde con los resultados obtenidos en la simulación de transferencia de calor de los materiales, donde se percibe e valor R

del SIP mucho más efectivo que el del Bloque, lo que reduce el consumo energético necesario para mantener el espacio fresco y confortable durante los meses cálidos.

Este consumo **por** debajo de los 300 kWh facilita mantenerse en la tarifa de bajo consumo energético, una vez que se introduzcan consumos adicionales a la refrigeración de los espacios.

4.4.3. DESEMPEÑO LUMÍNICO

La iluminación natural es una de las variables de habitabilidad de mayor importancia en las edificaciones, en la Figura 54, donde se aprecia un estudio lumínico del módulo en 4 diferentes orientaciones, la evaluación se realizó con la herramienta Dynamic Daylighting, la herramienta arroja un mapa de colores en una retícula de la iluminación en el espacio, el software, muestra el norte se señala con una flecha gris.

En las cuatro orientaciones del módulo, el valor de luminosidad mínima dentro de los espacios en las primeras horas del día se mantuvo por encima de los 0.3 kLux, mínimos requeridos según NOM-025-STPS-2008 *Condiciones de iluminación en los centros de trabajo*, para distinción moderada de detalles: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina.

En las simulaciones realizadas al mueble habitable, **las** áreas más iluminadas alcanzando hasta los 18 kLux en el área contigua a la puerta ventana, como se aprecia en la Figura 54, y en general el promedio de luminosidad es de 1.2kLux entre las 4 orientaciones, siendo la orientación sur la de mayor iluminación promedio, con 1.81kLux, mientras que la norte presentó menor iluminación promedio con 0.72kLux. Las diferencias en estos valores se deben al ángulo de asoleamiento del edificio, mostrado de manera gráfica previamente en este documento. Aún con estas variaciones de desempeño lumínico, se demuestra que el Mueble Habitable y su propuesta de vanos para puertas y ventanas propicia una adecuada iluminación natural en el espacio. Esto último puede ayudar a reducir el consumo eléctrico y el gasto que este conlleva, lo que incrementa la asequibilidad de la vivienda en su gasto corriente.

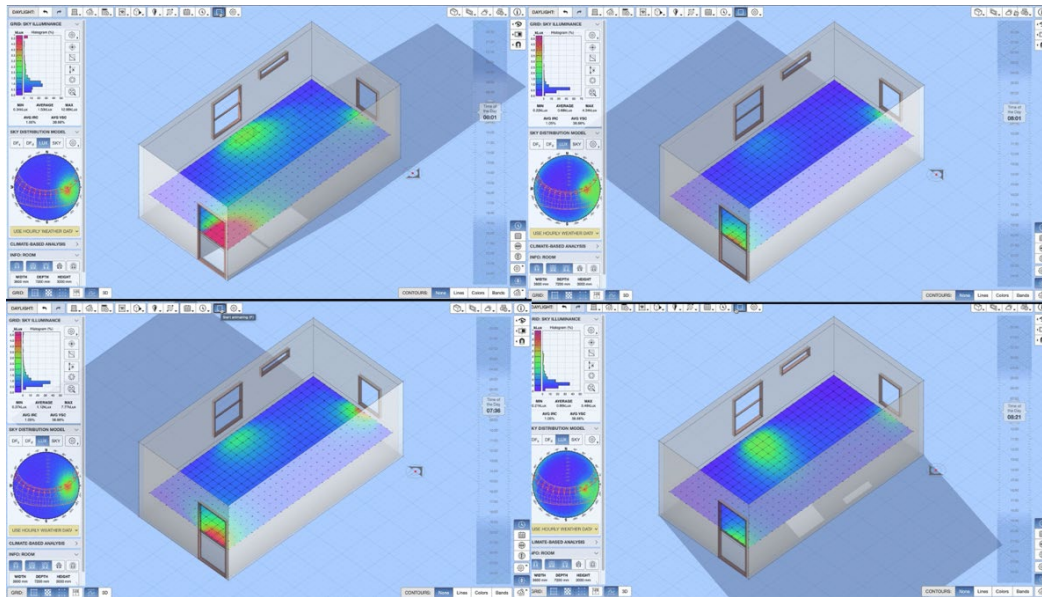


Figura 54. Simulaciones de asoleamiento y luminosidad, prototipo 2. Fuente: elaboración propia.

Cabe resaltar, que el programa no permite la generación de muros internos ni la colocación de mobiliario, por ello no se encuentran presentes en las figuras, lo que afecta la evaluación real de la cantidad de luz que obtienen las zonas de los módulos. Sin embargo, la naturaleza la distribución no antepone mobiliario directamente frente a las ventanas o puertas. Aun así, en las mañanas y al atardecer será necesario encender luces dentro del espacio.

Finalmente, el software cuenta con otra forma de desplegar los datos con una malla tridimensional, en la cual también se incluyen los valores numéricos de calidad de iluminación el luxes en el espacio, tal y como se muestra en la Figura 55, donde aprecia que la entrada de luz, independientemente de cuál ventana, es más prominente durante la tarde cuando está orientada al oeste; en la orientación norte del mueble habitable no presenta ventanas al oeste.

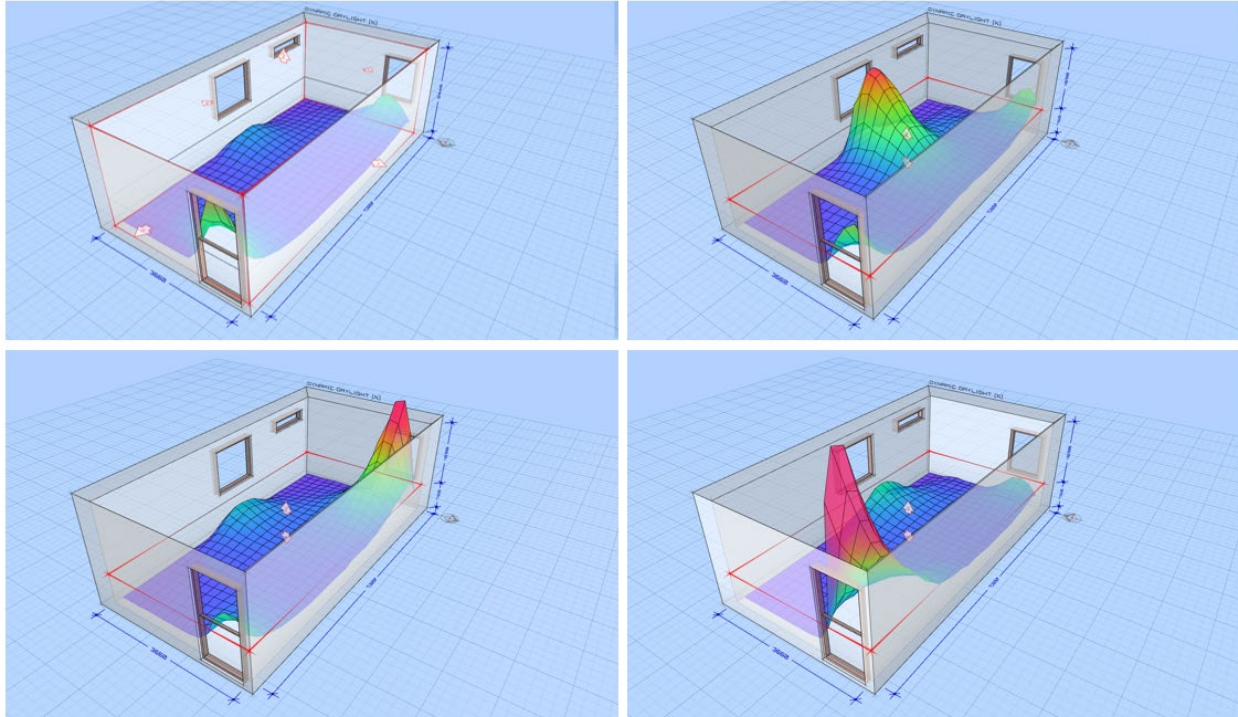


Figura 55. Malla tridimensional con valores lumínicos. Fuente: Elaboración propia.

4.5. CONTROL DE TEMPERATURA DEL ESPACIO Y CONSUMO ENERGÉTICO

Una vez determinada la viabilidad del SIP de fibrocemento como material base para la fabricación del mueble habitable, se procedió a determinar el impacto que tiene la orientación del módulo con el consumo energético anual, específicamente como afecta la temperatura ganada por el asoleamiento de las ventanas en las necesidades de control de temperatura interiores.

En la Figura 56 se aprecian cuanta energía se aporta al interior del espacio a través de las ventanas y puertas, dependiendo de la orientación del módulo. En prácticamente 10 de los 12 meses del año, la orientación este del módulo (en color gris) es la que genera mayor ganancia de temperatura dentro del espacio, con ventaja más notoria en los meses de abril (+1.3kWh), mayo (+1.2kWh), agosto (+1.1kWh) y septiembre (+1.1kWh) respectivamente, donde superan las ganancias de temperatura por ventanas en un rango de entre 11% y el 9%. La siguiente orientación en término ganancia de temperatura por ventanas es la sur, con 8 meses como 2do lugar.

Por el contrario, la orientación oeste del módulo es la que presenta una menor ganancia de temperatura por ventanas dentro del espacio, siendo por 6 meses la orientación que menos calor agrega al interior del mueble habitable. La siguiente orientación en número de meses con menor ganancia de temperatura por ventanas fue la norte, con 4 de los 6 meses restantes como aquella que menos calor aporta al espacio interior. La diferencia de energía ganada entre la orientación con menos ganancia y la siguiente oscila entre los 0.3kWh y 1.2kWh, es decir, entre el 1.5% y el 10%.

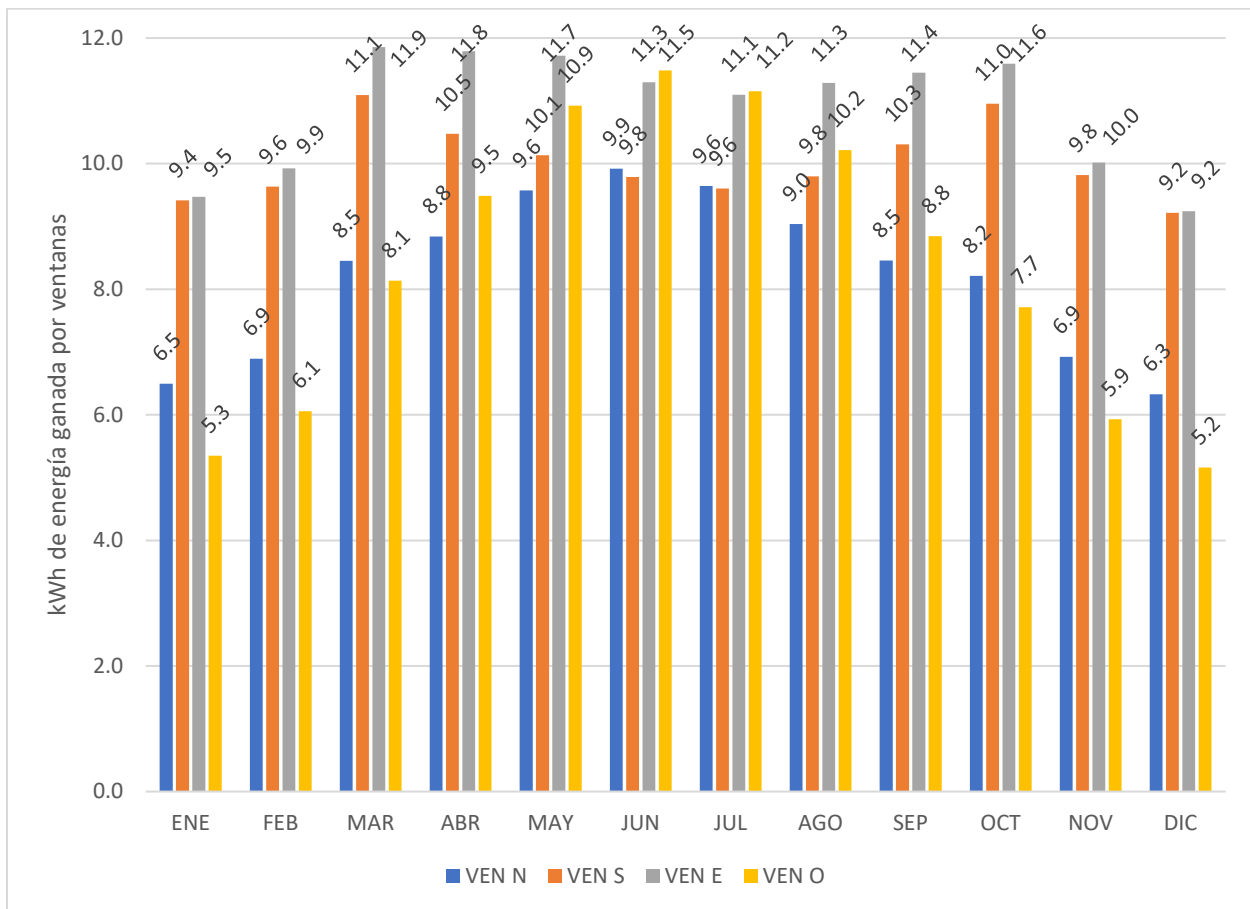


Figura 56. Comparativa de energía ganada por ventanas, según orientación del módulo. Elaboración propia.

Para complementar los resultados anteriores, la representación gráfica en la Figura 57 presenta de forma clara porque estas orientaciones son las que ganan mayor o menor temperatura por asoleamiento. La orientación al este, es decir, con la puerta de acceso orientada a este punto cardinal, recibe luz solar por alguna de sus ventanas o por la puerta prácticamente durante todo el

día, mientras que la orientación oeste únicamente se limita al asoleamiento de ventanas o puertas temprano por la mañana o al atardecer.

El diseño de módulo planteado cuenta con un lado completamente cerrado, sin ventanas o puertas, que además de ayudar a su traslado, a evitar problemas normativos por tener visibilidad a predios vecinos, y para el traslado del módulo como se mencionó previamente en este documento, tiene también la particularidad de reducir la transferencia de temperatura a través de las ventanas.

Durante el verano, si la orientación del mueble habitable es hacia oeste, como se muestra en el lado derecho de la Figura 57, mientras que, a la izquierda, si el módulo se orienta al este, el recorrido solar siempre encuentra una ventana por la cual transferir calor hacia el interior del espacio habitable.

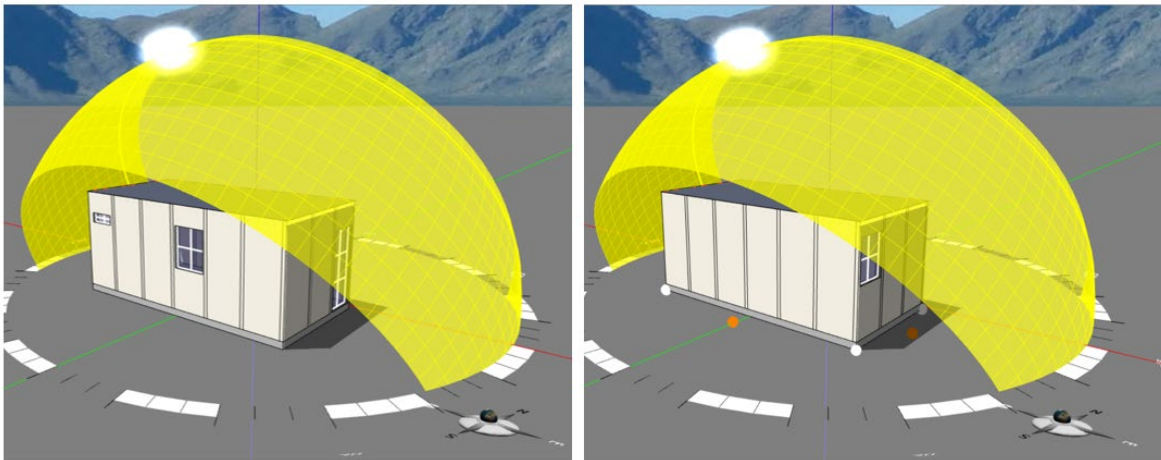


Figura 57. Trayectoria solar (verano), módulo orientado al este y al oeste. Elaboración propia.

En el caso del invierno esto agudiza, pues la inclinación solar encuentra de forma aún más directa las ventanas y puertas como se ve en la Figura 58, sin embargo, la ganancia de temperatura en este caso sería deseable.

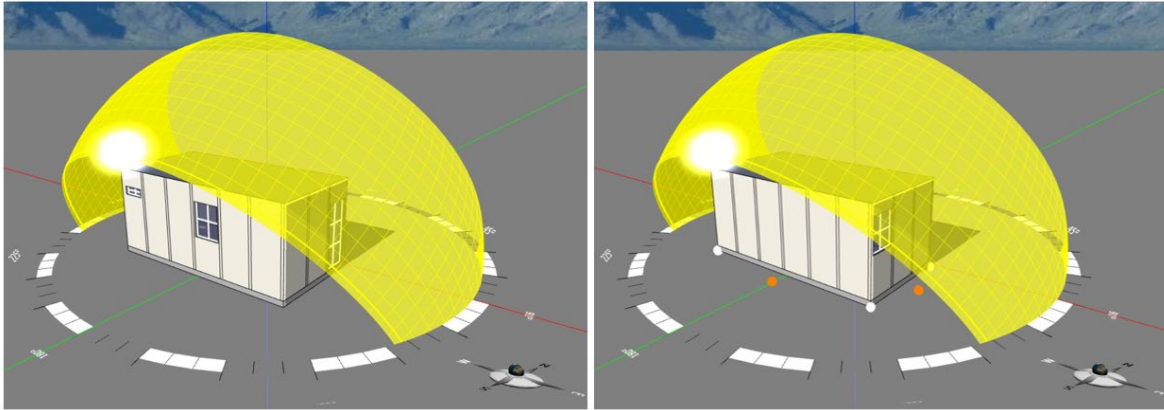


Figura 58. Trayectoria solar (invierno), modulo orientado al este y al oeste.

Teniendo en consideración los costos energéticos y las prioridades de climatización de Mexicali, es deseable que el módulo esté orientado al oeste, para evitar ganancias de temperatura durante el verano, aunque eso implique un incremento de consumo durante invierno, aunque la calefacción de los espacios suele ser únicamente en periodos puntuales durante el día o la noche, habitaciones o cuarto de baño son usualmente los espacios que se calienta durante su uso, mientras que durante el verano, es más común que se busque mantener fresco todo el espacio habitable.

4.5.1. COSTOS POR CLIMATIZACIÓN ARTIFICIAL

En cuestión de costos por consumo energético, se estimaron los costos a partir de un sistema con SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio por sus siglas en ingles), el cual es estándar de los aparatos de refrigeración vendidos en el mercado mexicano. A partir del estudio, se determinaron costos de energía en el módulo de bloque de entre \$591 a \$1538, mientras que el del SIP de fibrocemento es de entre \$110 y \$203, es decir, un ahorro de entre el 79.5% y el 86.8% por concepto de refrigeración de los espacios. Cabe resaltar que en la Figura 59, el costo de abril es mayor al de mayo debido a que la energía eléctrica se cobra con tarifa de invierno en el mes de abril, por lo que, a partir de consumos mayores a 200 kWh, se cobran costos de \$2.85 pesos por KWh.

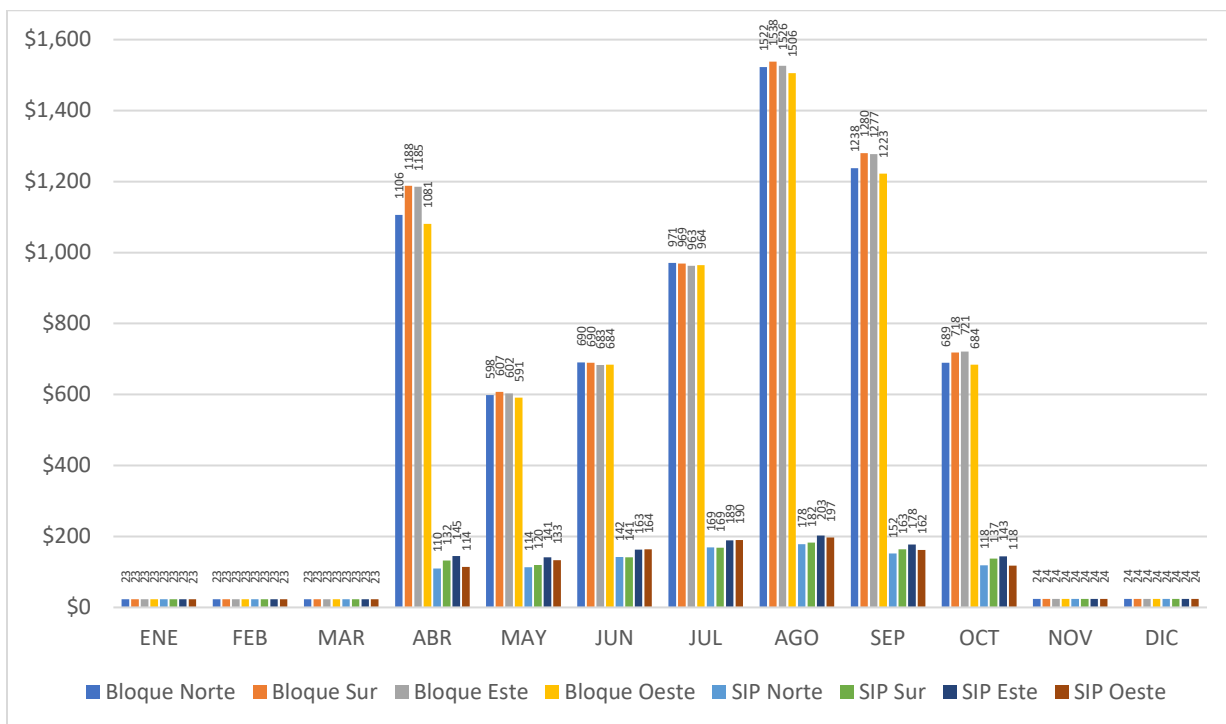


Figura 59. Costos por refrigeración

4.5.2. ANÁLISIS ECONÓMICO POR EFICIENCIA DE SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN

Para mayor precisión en términos de consumo energético y ahorro económico, es importante aclarar que no todos los dispositivos de climatización tienen la misma eficiencia

energética, esta es comúnmente clasificada en los productos como coeficiente SEER, el rango de clasificación va desde el menos eficiente, SEER 8, hasta el de mayor eficiencia, SEER 24 o más, en aparatos residenciales, la eficiencia SEER más comúnmente encontrada en el mercado oscila entre los 12 y 14 en refrigeración “de paquete”, y entre 16 y 18 en el caso de los sistemas de refrigeración con tecnología *inverter*; cabe mencionar que los equipos incrementan su costo entre mayor sea su eficiencia, por lo que una inversión inicial elevada por un mejor sistema de refrigeración puede significar ahorros a mediano o largo plazo, siempre y cuando el porcentaje de ahorro sea significativo comparado con un equipo menos eficiente.

Para determinar el posible ahorro anual por climatización de acuerdo con la eficiencia de los sistemas de refrigeración, se realizaron comparativas de costos entre los consumos energéticos del módulo de SIP y el de bloque, con base en los datos obtenidos previamente; aplicando la tarifa 1F de CFE del año 2021, se obtuvieron los costos por climatización de ambos módulos, y sus variaciones de acuerdo por eficiencia de los dispositivos de aire acondicionado, así como las variaciones de tarifa según los kWh empleados para refrigerar el espacio.

En la Figura 60 se contrasta el espacio habitable hecho bloque, en colores naranja, con el de SIP de fibrocemento, en azules. Los datos se presentan con tres ejes, costo por el consumo energético, eficiencia de los dispositivos de refrigeración y los porcentajes de ahorro que se obtienen al incrementar dicha eficiencia.

En el caso del espacio habitable hecho de bloque, el cruce entre costo de energía y porcentaje de ahorro se obtiene en la eficiencia SEER 14, donde el ahorro es de un acumulado de 30% con respecto a la eficiencia SEER10, los costos van de \$8889.31 a \$6012.15, justificando la inversión en un equipo de mayor eficiencia, sin embargo, como se aprecia en la gráfica, está muy por encima de los montos requeridos para refrigerar el módulo SIP.

El contraste entre los consumos para enfriar el espacio es notable, el cruce entre costo de energía y porcentaje de ahorro en el Mueble Habitable de SIP se obtiene prácticamente desde el SEER 10, con un consumo de \$1461.46, lo que permitiría al propietario ahorrar en su inversión inicial de sistemas de refrigeración para el espacio, además de ahorrar en sus recibos de luz mes con mes; la diferencia tan clara es el reflejo de la mayor resistencia térmica del SIP de fibrocemento comparado con el sistema constructivo de bloque de concreto, la envolvente tiene menos ganancia de calor, por lo que requiere menos energía para mantener la temperatura deseable.

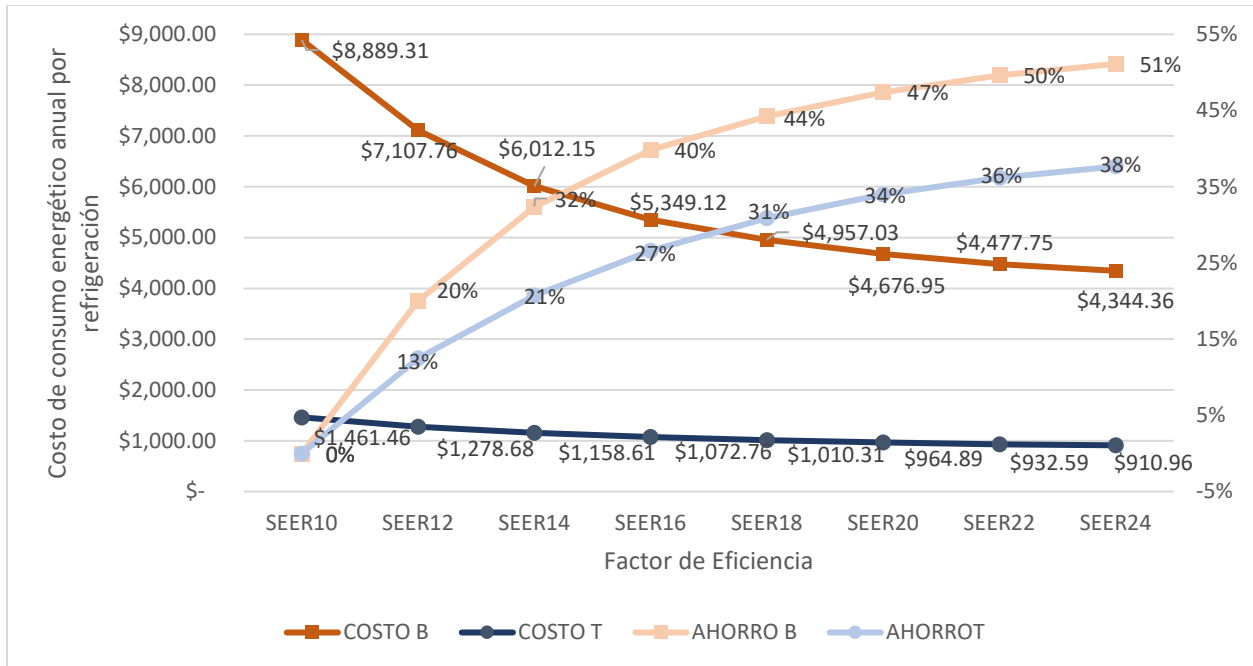


Figura 60. Comparativa entre bloque y SIP, gasto por consumo energético y porcentaje de ahorro por eficiencia de sistema de refrigeración. Elaboración propia.

La diferencia entre ambos materiales es tal, que el consumo más elevado del módulo SIP de fibrocemento, \$1464.16, equivale sólo al 66.29% del consumo menos costoso que podría tener el módulo de bloque de concreto, \$4,344.36. Es decir, incluso utilizando un sistema de climatización mucho menos eficiente, el consumo de energía eléctrica por este rubro sería del 33.71% de aquel para enfriar el módulo de bloque si se opta por utilizar el SIP de fibrocemento. Esto representa un ahorro a largo plazo del costo de vivienda además de un reducido impacto ambiental por este concepto. El ahorro por utilizar SIP de fibrocemento en lugar de bloque de concreto puede variar desde el 66.2% hasta 89.7%, dependiendo de la eficiencia de los sistemas de refrigeración.

A partir de estos resultados, se habilita al propietario la opción de invertir en un equipo menos costoso, aunque sea menos eficiente, y aun así ahorrar mes con mes en sus gastos por consumo eléctrico, incrementando la asequibilidad de la vivienda durante su ciclo de vida, e incluso, si optara por invertir en un equipo más eficiente, los beneficios se extienden al medio ambiente, pues se reduce la huella de carbono del Mueble Habitable.

CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente apartado presenta las conclusiones generales y específicas de la investigación, que a su vez corresponden a la hipótesis y objetivos planteados, además de recomendaciones derivadas de la evaluación sistémica de la investigación.

5.1. CONCLUSIONES

Se concluye a partir de la investigación a través del diseño, que la realización de un Mueble Habitable, a través del cual se desacopla el costo del espacio para vivienda del valor de la tierra donde este se coloca, incrementa la asequibilidad de una vivienda propia para los trabajadores jóvenes de la ciudad de Mexicali, pues inicialmente sólo se paga por el espacio habitable, no por el espacio además del terreno donde se ubica.

Es factible desarrollar una propuesta de Mueble Habitable con tecnologías, materiales y capital humano disponible en la localidad, debido a que los procesos y herramientas necesarios para trabajar con el sistema constructivo SIP de fibrocemento son similares a los utilizados tanto en la industria de la construcción como en distintos rubros de manufactura que se realizan localmente.

La posibilidad de traslado entre sitios permite al Mueble Habitable insertarse en el contexto actual del mercado de la vivienda, donde la mayoría de los créditos del INFONAVIT utilizados por jóvenes trabajadores se emplean en ampliar las viviendas de sus padres, en lugar de la construcción de vivienda propia; invertir en un módulo base, aunque inicialmente se coloque en un predio familiar, mantiene la opción de trasladarse instalarse en otro lugar de manera posterior, en lugar de que su propietario inicie un proceso de edificación completamente nuevo en este otro sitio.

Invertir en un Mueble Habitable, brinda a su propietario la posibilidad de emplazarlo en cualquier predio, sin tener que ser su propietario. Por lo tanto, este tipo de propuestas son una solución para solventar el derecho a la vivienda de los trabajadores jóvenes, sin necesidad de adquirir un predio y le permite al usuario la versatilidad de moverse a otras localidades en caso de ser necesario, pues sus dimensiones cumplen con la NOM-012-SCT-2-2017, para cargas trasladables en vialidades urbanas y carreteras de Mexicali.

En cuanto a la factibilidad técnica y tecnológica, tanto los materiales considerados, como los procesos de fabricación que le aplican, pueden ser, y en algunos casos ya son, realizados por trabajadores de la industria de la construcción, metal mecánica y carpintería. Las dimensiones estándar del material también permiten hacer uso de equipos, herramientas, vehículos y andamiaje que facilita su traslado y manipulación, lo que a su vez facilita los trabajos de los obreros, y reduce la fatiga durante su jornada laboral, de acuerdo con lo que establece la escala de Borg.

El diseño del Mueble Habitable propuesto en este documento cumple de forma técnica con los requerimientos de diseño básicos que se plantean a partir de las normativas de áreas básicas para

vivienda. Además, sus dimensiones corresponden son múltiplos de aquellas de los paneles SIP, esto optimiza el uso de paneles completos, lo que reduce el desperdicio de material.

En términos de habitabilidad, a partir de los estudios realizados a través del programa Dynamic Daylight, se determinó que los elementos traslucidos de la envolvente en el Mueble Habitable propuesto dan solución por encima de los 300lux que especifica la NOM-025-STPS-2008. Por lo que en términos de habitabilidad lumínica se cumple con los estándares nacionales.

De igual forma, haciendo un estudio de desempeño térmico del SIP de fibrocemento, y una comparativa con el bloque de concreto común, se concluye que la resistencia a la transferencia de calor del SIP es muy superior a la del bloque, $2.6350 \text{ m}^2\text{-K/W}$ contra $0.3049 \text{ m}^2\text{-K/W}$. Si bien este factor no se traduce de forma proporcional en la eficiencia térmica de un espacio tridimensional, si implica una mejora sustancial en el desempeño de la envolvente para mantener una temperatura deseable al interior del espacio habitable.

Derivado de esta mejora, el estudio de desempeño térmico del Mueble Habitable, realizado con Energy 3D, arrojó en una reducción del consumo de energía eléctrica de sistema SIP, respecto al sistema tradicional, que se refleja en ahorros en costos por refrigeración, durante el verano, de entre 66.2% hasta 89.7%, lo que incrementa la asequibilidad del Mueble Habitable, si se proyecta durante todo el tiempo de vida útil de la vivienda.

5.2. RECOMENDACIONES

Concluido este proyecto de investigación a través del diseño, surgen las siguientes recomendaciones, sin algún orden o jerarquía particular:

- Corroborar el trabajo de simulaciones realizado en este trabajo con experimentos físicos en condiciones reales.
- Realizar análisis a profundidad del material, determinar distintas formas en que se pueden explotar sus características para distintos tipos de vivienda.
- Desarrollar procesos y equipos de manufactura específicos para Muebles Habitables modulares.
- Desarrollar procesos de recuperación y reutilización de materiales de los Muebles Habitables que terminan su vida útil, con enfoque en la reducción de su impacto ambiental.
- Desarrollar mobiliario multifuncional para Muebles Habitables, considerando la expansión y contracción de los espacios, para que pueda adaptarse a las distintas etapas del Ciclo de Vida Familiar de los propietarios.
- Desarrollar sistemas alternativos de anclaje y acoplamiento para SIPs de fibrocemento, con la intención de incrementar la versatilidad del tipo de espacios que se puede generar, así

como de accesorios exteriores e interiores, que integren elementos y sistemas que se adapten a las distintas necesidades de los habitantes.

- Desarrollar el diseño arquitectónico con base en Muebles Habitables, para proyectar planes de vida de calidad, esto con oportunidad de colaboración entre arquitectura y diseño industrial.
- Desarrollar el diseño de interiores, para aprovechar la modularidad como un elemento más del espacio, además, que puedan brindar identidad a las distintas viviendas y módulos que las componen.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adler, V., Vera, F., Wainer, L. S., Roquero, P., Poskus, M. A., Valenzuela, L., ... & Silva, M. P. (2018). *Vivienda ¿Qué viene?: de pensar la unidad a construir la ciudad* (Vol. 659). Inter-American Development Bank.

Agapiou, A. (2021). An Exploration of the Best Value Perceptions of Small Housebuilding Developers towards Offsite Construction. *Sustainability*, 13(7), 4054. <https://doi.org/10.3390/su13074054>

Akay, M., & Hanna, R. (1990). A comparison of honeycomb-core and foam-core carbon-fibre/epoxy sandwich panels. *Composites*, 21(4), 325-331.

Alazzaz, F., & Whyte, A. (2015). Linking employee empowerment with productivity in off-site construction. *Engineering, Construction and Architectural Management*.

Althoff, D. (2018, March 29). Modular home expansions can save time and money for homeowners. *cehbuilds.com*. <http://www.cehbuilds.com/modular-home-expansions-can-save-time-money-homeowners/>

Aron, N. R. (2018, March 13). Downwardly mobile: How trailer living became an inescapable marker of class. *Timeline*. Retrieved January 18, 2022, from <https://timeline.com/history-trailer-part-mobile-home-poverty-74bb8a7c44be>

Ayuntamiento de Mexicali. (14 de mayo, 2018). Reglamento para la preservación del aseo público en el Municipio de Mexicali. Gobierno de Mexicali. Recuperado de: <https://www.mexicali.gob.mx/transparencia/normatividad/reglamentos/pdf/preservacionAseoPublico.pdf>

Ayuntamiento de Mexicali. (8 de septiembre, 2017). Reglamento de Edificaciones para el municipio de Mexicali. Gobierno de Mexicali. Recuperado de <https://www.mexicali.gob.mx/transparencia/normatividad/reglamentos/pdf/edificaciones.pdf>

Barbosa, F., Woetzel, J., & Mischke, J. (2017). *Reinventing Construction: A Route of Higher Productivity*. McKinsey Global Institute.

BoKlok, 2018. Sitio Web. Recuperado de: <http://www.boklok.se/boletare/> [28 de mayo de 2018].

- Botello, M. A. (agosto 15, 2021). Evolución del salario mínimo en México de 1935 a 2021 Comparado en función del crecimiento de la Inflación. Salario mínimo en México, 1935-2021; Poder Adquisitivo de acuerdo a la inflación. Recuperado en marzo 16 de 2022, <http://www.mexicomaxico.org/Voto/SalMinInf.htm#nota>
- Campbell, V. (2018). Tiny homes, big community. *Sanctuary: Modern Green Homes*, 44, 70–73. <https://www.jstor.org/stable/90024288>
- Carrillo, S., (mayo 27, 2021). Buscan que maquiladoras Escalonen Horarios para evitar caos vial. PSN. Recuperado en junio 16, 2021, de <https://psn.si/maquiladoras-escalonen-horarios-caos-vial-sc/2021/05/27/>
- Carter, B. & McGoldrick, M. (1999). Overview. In Carter, B. and McGoldrick, M. *The expanded family life cycle: Individual family and social perspectives*. (3rd ed.). Boston MA: Allyn and Bacon.
- Churchman, C. W. (1967). Guest editorial: Wicked problems. *Management science*, B141-B142.
- Comisión Nacional de Vivienda y Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. Septiembre del 2019. Criterios Técnicos para una Vivienda Adecuada. México.
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Artículo 4to. 5 de febrero, 1917.
- Crowther, S. (2017, April 15). Home Builders Embrace Prefab; Massive Disruption in Alberta's Housing Sector Has Convinced Many Developers of the Benefits of Off-site Construction. *Globe & Mail*, p. S4.
- Dhaif, M., & Stephan, A. (2021). A Life Cycle Cost Analysis of Structural Insulated Panels for Residential Buildings in a Hot and Arid Climate. *Buildings*, 11(6), 255.
- Díaz Carreño, M. Á. (15 abril, 2020). Inflación y salarios reales en México, 2015-2020. *Economía Actual*. Repositorio Institucional de la Universidad Autónoma del Estado de México.
- Díaz Carreño, M. Á. (15 octubre, 2020). Inflación en Alimentos, poder adquisitivo y la Pandemia de Covid19 en México. *Economía Actual*. Repositorio Institucional de la Universidad Autónoma del Estado de México.

- Eken, C., & Alpar Atun, R. (2019). The Self-Organizing City and the Architecture of Metabolism: An Architectural Critique on Urban Growth and Reorganization. *Sustainability*, 11(19), 5326.
- Federal Emergency Management Agency. (no determinada). Recreational vehicle. FEMA.gov. Recuperado de: <https://www.fema.gov/glossary/recreational-vehicle>
- Fernandez, F. (13 de enero de 2012), Estructura Exterior del Proyecto Habitamueble. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ford, J., & Gomez-Lanier, L. (2017). Are tiny homes here to stay? A review of literature on the tiny house movement. *Family and Consumer Sciences Research Journal*, 45(4), 394-405.
- Fry, M. (2008). Mexico's concrete block landscape: a modern legacy in the vernacular. *Journal of Latin American Geography*, 35-58.
- Garcia-Guzman, Monica, "The design of tiny homes and their significance to simplistic living" (2019). Undergraduate Honors Theses. Paper 554. <https://dc.etsu.edu/honors/554>
- García-Haro, A., Cadena-Ramírez, J. L., Bojórquez-Morales, G., Luna-León, A., & Vázquez-Tépo, J. E. (3 de octubre, 2011) Confort Térmico y Consumo Energético por uso de Sistemas Constructivos para Muros, en Mexicali Baja California. Semana Nacional de Energía Solar.
- Gobierno de México, 31 de diciembre del 2021. Reglas de Operación del Programa de Vivienda Social para el ejercicio fiscal 2022. Diario Oficial de la Federación (México).
- González, D. J. (2018). Producción de vivienda y forma urbana en México en el siglo XXI: Una interpretación sobre Tijuana. Tesis doctoral. Colegio de la Frontera Norte.
- Grand View Research. (Febrero, 2021). Structural insulated panels market worth \$17.19 billion by 2028. www.grandviewresearch.com. Recuperado de: <https://www.grandviewresearch.com/press-release/global-structural-insulated-panels-sip-market>
- Hall, D. M., Algiers, A., & Levitt, R. E. (2018). Identifying the role of supply chain integration practices in the adoption of systemic innovations. *Journal of management in engineering*, 34(6), 04018030.
- Handy, S. (2015). Increasing highway capacity unlikely to relieve traffic congestion.

Haramoto, E., Sepulveda, R., Chiang, P., & Kliwadenko, I. (1987). *Vivienda Social: Modelo Interrelacionado de decisiones*. Libro editado por el Centro de Estudios de la Vivienda de la Universidad Central, Santiago–Chile.

Herrera, L., Olivares, F., & Pecht, W. (1976). *Crecimiento urbano en América Latina*. Banco Interamericano del Desarrollo.

IMSS (2019), Estadísticas de salarios por entidad federativa. recuperado de <http://imss.gob.mx/conoce-al-imss/informes-estadisticas>

IMSS (2019), Estadísticas de salarios por entidad federativa. recuperado de <http://imss.gob.mx/conoce-al-imss/informes-estadisticas>

Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT), 2020. Recuperado de: <https://portalmx.infonavit.org.mx/wps/portal/infonavit.web/trabajadores/quiero-un-credito>

Jacques, P. (2020). *Sustainability: the basics*. Routledge.

Jara, C. (2011). *Ciclo Vital Familiar* (pp. 1-7). Recuperado de http://prontus.uv.cl/pubacademica/pubprofesores/r7pubcarolinareyes/site/artic/20110310/asocfile/ciclo_vital_familiar.pdf

Jimenez, A. (2019, 15 julio). *Medidas de ahorro pueden reducir hasta 40% el consumo de energía*. Noticias de Mexicali | El Imparcial. <https://www.elimparcial.com/mexicali/mexicali/Medidas-de-ahorro-pueden-reducir-hasta-40-el-consumo-de-energia-20190712-0021.html>

Jimenez, A. (6 de febrero de 2021) *Tiene Mexicali 47% de casas abandonadas en el estado*. Noticias de Mexicali | El Imparcial. Recuperado de: <https://www.elimparcial.com/mexicali/mexicali/Tiene-Mexicali-47-de-casas-abandonadas-en-el-Estado-20210204-0029.html>

Juan Miguel Hernández, 11 de mayo de 2019 “No hay opciones de vivienda”. Recuperado de: <https://www.lavozdelafrontera.com.mx/local/por-las-nubes-el-precio-de-la-vivienda-en-baja-california-3605624.html>

Kamali, M., & Hewage, K. (2016). Life cycle performance of modular buildings: A critical review. *Renewable and sustainable energy reviews*, 62, 1171-1183.

Kibert, C. J., 2012. *Sustainable construction: green building design and delivery*. Hoboken: Wiley.

Kurokawa, K. (1977) *Metabolism in Architecture*, ed., Cassell & Collier Macmillan Publishers Ltd., London, Sydney, Auckland, Toronto, Johannesburg.

La Industria de la construcción en BC Enfrenta Problemas de Robo. SinEmbargo MX. (3 de septiembre de 2014). Recuperado de <https://www.sinembargo.mx/02-09-2014/1105627>

Li, Z., Shen, G.Q., and Xue, X., 2014. Critical review of the research on the management of prefabricated construction. *Habitat international*, 43, 240–249.

Lian, W., Tang, C., & Su, Y. (2013). Housing Design Based on SIP System. In *Proceedings of the International Conference on Information Engineering and Applications (IEA) 2012* (pp. 601-605). Springer, London.

Llumiquinga, J. L. C., & Viteri, C. G. V. (2021). Vivienda y habitabilidad en tiempos de covid-19: Impactos y propuestas. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 6(12), 62.

Mann, A. (2022, January 12). How we prepare our RV for cold weather living. *RV Inspiration*. Retrieved January 18, 2022, from <https://rvinspiration.com/rv-life/prepare-rv-cold-weather-living/>

Medina Conde, A., & Flores Ilhuicatzí, U. (2019). Argumentación jurídica del derecho humano a la vivienda en México. *Revista Latinoamericana De Derecho Social*, (28), 135-155. doi:10.22201/ijj.24487899e.2019.28.13146

Moratto Vásquez, N. S., Zapata Posada, J. J., & Messenger, T. (2015). Conceptualización de ciclo vital familiar: una mirada a la producción durante el periodo comprendido entre los años 2002 a 2015. *CES psicología*, 8(2), 103-121.

MUQUILLAZA, M. (2020). Análisis comparativo entre muro de panel SIP y muro de tabiquería de *metalcon*.

Naciones Unidas (2018), *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G.2681-P/Rev.3)*, Santiago.

- Nurdiani, N., Katarina, W., & Putra, R. R. (2021). The application of modular architecture on apartment buildings. Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, , 794(1) doi:10.1088/1755-1315/794/1/012169
- Ordóñez Alfaro, E. R. (2021). Vivienda de emergencia para el estado de Chiapas, México (Master's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).
- Panjehpour, M., Abang Ali, A. A., & Voo, Y. L. (2013). Structural Insulated Panels: Past, Present, and Future. *Journal of Engineering, Project & Production Management*, 3(1).
- Parker, J. (2014). *Critiquing sustainability, changing philosophy*. Routledge.
- Pearman, Hugh. (2003). "Creative Lego: are prefabricated homes architecture or building?" *Gabion: Retained Writing on Architecture*. Commissioned for The Sunday Times. (Publicado por primera vez en 2003. <http://www.hughpearman.com/articles4/creativelego.html>)
- Peggy Dent. (2021, June 1). The Pros and cons of living in a camper full-time. *RV LIFE*. Retrieved January 18, 2022, from <https://rvlife.com/living-in-a-camper-full-time/>
- Reséndiz, D. (diciembre 14, 2021). Necesario Estudio Para Mejorar El Tráfico: CMIC. *El Imparcial*. Recuperado el 11 febrero de 2022. <https://www.elimparcial.com/mexicali/mexicali/Necesario-estudio-para-mejorar-el-trafico-CMIC-20211213-0001.html>
- Robledo, A. J. M. (2019). Las casas prefabricadas de las fincas cafetaleras del Soconusco, México. *Liño: Revista anual de historia del arte*, (25), 127-138.
- Rodríguez Rico, María I. (16 de diciembre, 2015). Bien inmueble. *Economipedia.com* Recuperado de: <https://economipedia.com/definiciones/bien-inmueble.html>
- Rojas, E. R., & Mimblera, M. C. (2018). Inflación y volatilidad cambiaria en México (1969-2017). *Ensayos de Economía*, 28(53), 37-64.
- Russell, S. R. (2009, July). Metabolism Revisited: Prefabrication and Modularity in 21st Century Urbanism. In *Wood Structures Symposium* (p. 30).

- Sánchez, F. G. C., Tostado, L. P. M., Ixta, I. A. C., & Morales, G. B. (2021). Análisis del desempeño térmico de un sistema constructivo de ensamblado en clima cálido seco extremo. *Revista de Ciencias Tecnológicas*, 4(4), 256-274
- Sandoval, F. (Enero 20, 2012). Hogares abandonados en mexicali: Las hipotecas impagables. *Animal Político*. Recuperado de: <https://www.animalpolitico.com/2012/01/hogares-abandonados-en-mexicali-las-impagables-deudas-de-una-casa/>
- Senninger, S., & Breakah, T. (2019). Analyzing Methods of Prefabrication and their Application in the Construction of Habitat for Humanity Housing. *Journal of Architecture and Civil Engineering*, 4(1), 42-49.
- Smith, R. E. (2010). *Prefab architecture: A guide to modular design and construction*. John Wiley & Sons.
- Smith, R. E., & Timberlake, J. (2010). *Prefab architecture: A guide to modular design and construction*. Hoboken, N.J: John Wiley & Sons.
- Sociedad Hipotecaria Federal. Reporte Trimestral Consolidado. 20 de junio 2020. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/566852/Reporte_trimestral.pdf
- Sociedad Hipotecaria Federal. Reporte Trimestral Consolidado. 20 de junio 2020. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/566852/Reporte_trimestral.pdf
- Steinhardt, D., Manley, K., Bildsten, L., & Widen, K. (2020). The structure of emergent prefabricated housing industries: a comparative case study of Australia and Sweden. *Construction management and economics*, 38(6), 483-501.
- Structural Insulated Panels Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product (Polystyrene, Polyurethane), By Application (Walls & Floors, Roofs), By Region (APAC, North America), And Segment Forecasts, 2021 – 2028 (2021, febrero). Grand View Research.
- Summers, N. (2018). *A Study of Tiny Homes: Reconstructing the American Dream in an Era of Urban Unaffordability* (Doctoral dissertation, Indiana University).

Tapia, M. (febrero 18, 2020). Faltan Ofertas en Vivienda de Interés Social. La Voz de la Frontera. Recuperado de: <https://www.lavozdelafrontera.com.mx/local/faltan-ofertas-en-vivienda-de-interes-social-4849919.html>

Torres Pérez, M. E. (2021). Habitabilidad de la vivienda mínima y las ciudades en pandemia mundial: COVID-19 en Mérida, México. *Revista INVI*, 36(102), 352-383.

Trudelle, A., & Zhang, F., (2020) The reintroduction of Japanese metabolism to sustainable architecture. 54th International Conference of the Architectural Science Association. Griffith University, Gold Coast, Australia.

Valero, L. R. (2022, March 19). Cae Acceso a casa propia en BC en la última Década: Centro de Estudios Económicos. *EL IMPARCIAL*. Retrieved March 21, 2022, from <https://www.elimparcial.com/tijuana/tijuana/Cae-acceso-a-casa-propia-en-BC-en-la-ultima-decada-Centro-de-Estudios-Economicos-20220318-0018.html>

Vargas, I. (2013). *Familia y Ciclo Vital Familiar*. OMS, 1-9.

Viguri, Sofía. (2018). *Que Funciona y Qué No en la Vivienda - CIDS Infonavit*.

Villa, E. (marzo 20, 2021). Desalojan de Casas a más de 80 familias en Mexicali. *ZETA*. Recuperado de: <https://zetatijuana.com/2021/03/desalojan-de-casas-a-mas-de-80-familias-en-mexicali/>

Villagrán Contreras, A. (noviembre 11, 2020). El problema de la Vivienda en Mexicali Continúa y Aumenta. *Movimiento Antorchista Nacional*. Retrieved January 19, 2022, from <https://movimientoantorchista.org.mx/el-problema-vivienda-mexicali-continua-aumenta>.

Wohnmobilcenter Am Wasserturm. (2020, February 24). The brief history of RVs in America and the world. *Wohnmobilcenter Am Wasserturm*. Retrieved January 18, 2022, from <https://www.wm-aw.de/the-brief-history-of-rvs-in-america-and-the-world/>

Yu, K. H. (2009, July). Prototype in Manufactured Housing with SIPs. In *Wood Structures Symposium* (p. 7).

Zaheraldeen, H., Khoury, H., & Hamzeh, F. (2019). An AHP Approach for Selecting and Identifying Offsite Construction Systems.

Zapata, E. (diciembre 27, 2021). Descubre las tiny houses, un movimiento que apenas llega a México. Expansión. Retrieved January 5, 2022, from <https://expansion.mx/inmobiliario/2021/12/27/descubre-las-tiny-houses-movimiento-que-llega-a-mexico>