

Evaluación del confort térmico del adulto mayor en su vivienda de sistema constructivo mixto

Tramo Av. Alemania. Cerro Yungay, Valparaíso Chile

Fernanda Paz Cabezón Henríquez

Profesora guía: Dra. Luz Alicia Cárdenas Jirón

Seminario de licenciatura: Sostenibilidad y hábitat

Departamento de Urbanismo

13 de diciembre semestre primavera 2021

Índice

1. CAPÍTULO 1: Propuesta de investigación

1.1 Resumen.....	4
1.2 Palabras clave.....	4
1.3 Problema: Varío disciplinar.....	5
1.4 Pregunta de investigación.....	7
1.5 Objetivo general y objetivos específicos.....	7
1.6 Metodología de investigación.....	8

2. CAPÍTULO 2: Marco teórico

2.1 Confort térmico del adulto mayor al interior de la vivienda.....	9
2.1.1 Confort térmico.....	9
2.1.2 Parámetros de influencia en el confort térmico.....	10
2.1.3 Termorregulación y adulto mayor.....	12
2.2 Indicadores de confort térmico	14
2.2.1 Diagrama Bioclimático de Givoni.....	14
2.2.2 Estándar ASHRAE-55.....	15

3. CAPÍTULO 3: Transformación urbano-arquitectónica de Valparaíso

3.1 Crecimiento urbano ciudad de Valparaíso.....	16
3.2 Intervenciones particulares en Valparaíso: Ampliaciones de viviendas...17	

4. CAPÍTULO 4: Caso de estudio, av. Alemania, tramo cerro Yungay

4.1 Antecedentes históricos: Tipología arquitectónica del barrio.....	17
4.2 Estado actual del barrio.....	19
4.3 Normativa asociada	21
4.3.1 ZCHLF.....	21
4.3.2 Plan de reconstrucción patrimonial.....	21

5. CAPÍTULO 5: Condiciones climáticas

5.1 Aspectos climáticos caso de estudio.....	22
5.2 Temperatura.....	24
5.3 Humedad relativa y precipitaciones.....	25
5.4 Vientos.....	26

6. CAPÍTULO 6: Materialidad en sistemas constructivos utilizados

6.1 Sustentabilidad al construir.....	27
6.2 Orientación y materialidad en viviendas caso de estudio.....	28
6.3 Sistema constructivo de adobe: propiedades higrotérmicas.....	29

6.4 Sistema constructivo de madera: propiedades higrotérmicas.....	33
6.5 Comparación de propiedades higrotérmicas; madera y adobe.....	35
7. CAPÍTULO 7: Análisis y simulación de datos	
7.1 Levantamiento de datos obtenidos en la encuesta.....	36
7.2 Monitoreo higrotérmico.....	42
7.3 Simulaciones y análisis en software DesignBuilder.....	46
7.4 Parámetros utilizados para la simulación.....	47
7.4.1 Actividad.....	47
7.4.2 Ventilación.....	48
7.4.3 Materialidad.....	48
7.5 Vivienda tipología A.1.....	51
7.5.1 Diagramas solares.....	51
7.5.2 Temperatura y humedad relativa.....	52
7.6 Vivienda tipología A.2.....	53
7.6.1 Diagramas solares.....	53
7.6.2 Temperatura y humedad relativa.....	54
7.7 Vivienda tipología B.1.....	56
7.7.1 Diagramas solares.....	56
7.7.2 Temperatura y humedad relativa.....	57
7.8 Vivienda tipología B.2.....	58
7.8.1 Diagramas solares.....	58
7.8.2 Temperatura y humedad relativa.....	59
7.9 Discusión de resultados	60
8. CONCLUSIONES.....	61
9. BIBLIOGRAFÍA.....	63
10. ANEXOS.....	67

CAPÍTULO 1: Propuesta de investigación.

Resumen

El confort térmico interior es importante ya que los mayores pasan dentro de las viviendas alrededor del 90% del tiempo, por lo que se debe tomar en cuenta en su diseño y rehabilitación, para contribuir a mejorar su calidad de vida y su salud, aportando al «envejecer en el lugar». (Baquero Larriva & Higuera García, 2019)

El envejecimiento de la población a nivel mundial, así como la creciente concentración de habitantes en la ciudad, son fenómenos sociales que caracterizan el siglo XXI. Dado el crecimiento de las ciudades, la proporción de adultos mayores aumenta, por lo que, según las Naciones Unidas se estima que en el año 2050 el 66% de la población correspondería a adultos mayores de 65 años. A su vez, en nuestro país, se evalúa que, dentro de 30 años, aproximadamente el 28% del total de la población se encuentre en el rango de adultos mayores de 65 años.

Las personas mayores constituyen un recurso para sus familias, comunidades y sus economías, las que son necesarias de incorporar de manera activa generando entornos favorables y adecuados para un envejecimiento activo y de ese modo aprovechar el potencial que representan estas personas para la sociedad. (Pizzi, 2009) Dicho esto, es necesario mencionar que uno de los aspectos menos atendidos sobre las condiciones y calidad de vida del adulto mayor es aquel que tiene relación con el confort térmico al interior de las viviendas que habitan, las cuales en el mayor de los casos no acogen las necesidades específicas para el desenvolvimiento óptimo de este grupo etario.

El reconocimiento de las condiciones climáticas locales de un territorio permite abordar la cuestión energética en la planificación urbana y ambiental, particularmente las demandas y ofertas energéticas necesarias para el acondicionamiento climático en las ciudades. (Cárdenas Jirón & Higuera, 2015)

Es indispensable identificar distintos aspectos que propicien las condiciones óptimas con relación a situaciones climáticas y funcionales que deben ofrecer las viviendas en las que habita el adulto mayor. Dentro de los más importantes se puede enfatizar en el cuidado de la salud y en aquellos de tipo perceptual que afectan directamente en el estado emocional e incluso en las relaciones sociales de este grupo de la población como el aislamiento o la inclusividad del adulto mayor en relación con otros grupos etarios. Bajo este contexto, esta investigación evalúa cómo la incorporación de ampliaciones de madera en viviendas que deben mantener su envolvente de adobe, afectan al confort térmico del adulto mayor en la tipología del caso de estudio.

Palabras clave

Confort térmico, adulto mayor, sistemas constructivos, diseño pasivo, vivienda, espacios interiores, termorregulación humana.

Problema: Vacío disciplinar

Un grupo etario se define por las características físicas, psicológicas y sociales que presentan personas de la misma edad. Esto facilita identificar las necesidades y actividades que se realizan y espacios correspondientes para el desenvolvimiento de cada categoría. Dadas las especificaciones de cada rango etario, se ha evidenciado que el adulto mayor presenta necesidades climáticas diferentes a las de adultos jóvenes, siendo estos más vulnerables a las condiciones del clima.

“Con la edad se producen cambios fisiológicos que afectan la sensibilidad, percepción y preferencia térmica de los adultos mayores, que a su vez producen disminución de fuerza muscular, capacidad de trabajo y nivel de actividad, entre estos está la disminución de: masa muscular, tasa metabólica, reactivación vascular, capacidad de termorregulación, sudoración y de los niveles de hidratación.” (Novieto & Zhang, 2010). Esto genera que las personas mayores disminuyan su capacidad de responder a los cambios de temperatura, haciéndolos vulnerables a los extremos térmicos. **Ver Figura 1.** (Esquema factores térmicos que interfieren en el confort térmico del adulto mayor al interior de la vivienda.)

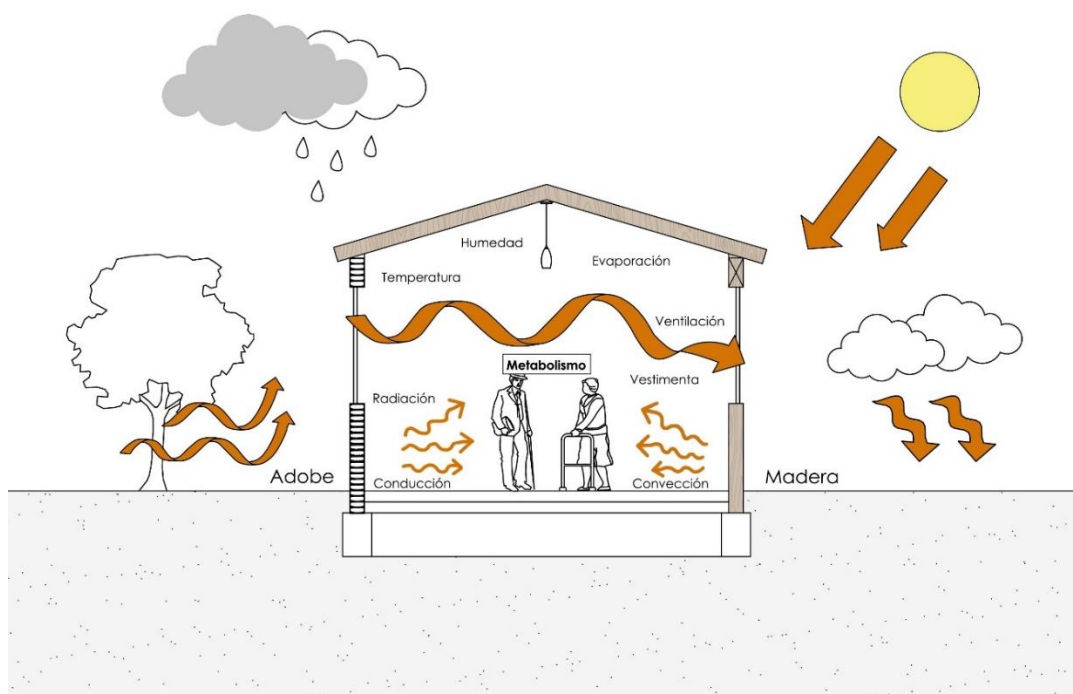


Figura 1. Esquema factores térmicos que interfieren en el confort térmico del adulto mayor al interior de la vivienda. Elaboración propia.

Se identifica una situación de desconocimiento sobre el confort térmico para el adulto mayor autónomo en una muestra de viviendas construidas por adobe y modificadas con ampliaciones de madera en el trazo de la Avenida Alemania correspondiente al Cerro Yungay. A partir de instrumentos de evaluación de las actividades básicas de la vida diaria

y su especificación térmica necesaria para el desarrollo autovalente según las características requeridas por este grupo etario, se investigarán las propiedades térmicas de la combinación de ambas materialidades de las envolventes y cómo esta afecta al confort térmico necesario para el adulto mayor autónomo al interior de su vivienda.

Parte del Cerro Yungay según el plan regulador de la región de Valparaíso, se ubica dentro de los barrios históricos bajo la “Zona de conservación histórica de los loteos fundacionales de los cerros del anfiteatro” (ZCHLT) por lo que se presenta una tipología consolidada de viviendas de fachada continua de adobe. En el sector residen aproximadamente 356 habitantes con cerca del 15% dentro del rango de adultos mayores de 65 años.

“En el caso de Chile (...) las ciudades han sufrido importantes procesos de transformación urbana durante el último siglo, lo cual, junto a los frecuentes terremotos, han contribuido a hacer desaparecer gran parte del patrimonio histórico. (...) Una única excepción la constituye la ciudad de Valparaíso, cuyo patrimonio histórico se preserva en gran medida gracias a su inclusión en la Lista de Patrimonio Mundial” (Jorquera Silva N. , 2018).

La conservación de la tipología de fachada continua de adobe en este barrio bajo, la baja resistencia del material ante sismos y la lentitud del proceso constructivo ha generado que no se considere este material al momento de intervenir la vivienda. Se puede observar que las expansiones e intervenciones dentro del distrito se caracterizan por ser principalmente estructuradas por madera, dado su bajo costo y rápido montaje. Ambas materialidades presentan distintas propiedades térmicas por lo que esta tipología híbrida genera una modificación de las condiciones térmicas al interior de la vivienda afectando directamente en el confort térmico de quienes habitan en ella. **Ver Figura 2.** (*Vivienda fachada de adobe con ampliaciones de madera. Tramo Av. Alemania, Cerro Yungay, Valparaíso.*)

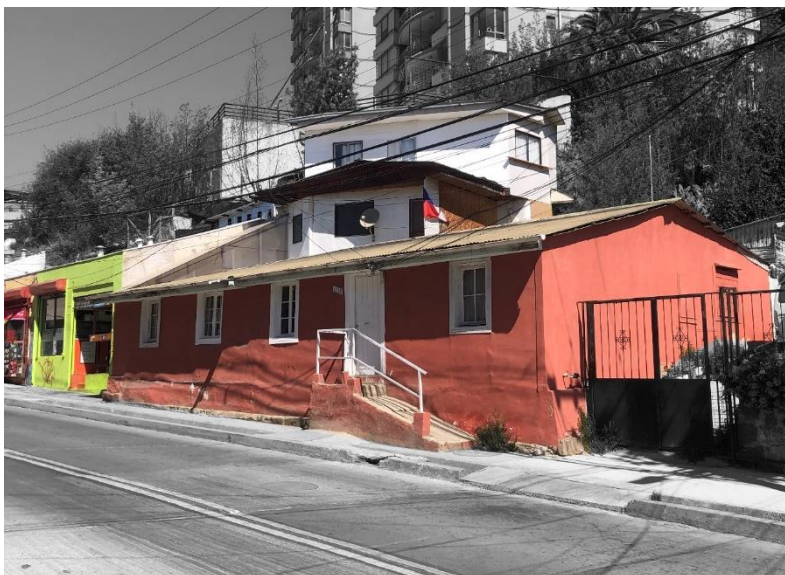


Figura 2. *Vivienda fachada de adobe con ampliaciones de madera. Tramo Avenida Alemania, Cerro Yungay Valparaíso. Elaboración propia.*

Pregunta de investigación

Según las condiciones óptimas para lograr el confort térmico del adulto mayor al interior de la vivienda ¿Cómo afecta al confort térmico de este grupo etario la transformación de una vivienda construida originalmente de adobe, la incorporación de ampliaciones de madera?

Objetivo general de la investigación

Evaluar cómo afecta en el confort térmico del adulto mayor autovalente la incorporación de ampliaciones de madera en sus viviendas construidas con adobe.

Objetivos específicos

1. **Estimar** el confort térmico requerido para el adulto mayor autónomo en viviendas del tramo Av. Alemania en el Cerro Yungay, Valparaíso. Para evaluar la autovalencia del sujeto de estudio se ha considerado como actividades básicas aquellas determinadas por el índice KATZ, de modo que permita analizar la actividad metabólica del adulto mayor.
2. **Analizar** las propiedades térmicas de ambas materialidades y como estas en conjunto afectan en el confort térmico del adulto mayor. Para ello se realiza una descripción detallada de las características térmicas, por un lado, del adobe y por otro, de la madera y cómo funcionan sus propiedades térmicas en conjunto para el usuario.
3. **Identificar** las condiciones térmicas óptimas para el desarrollo del adulto mayor autovalente dentro de su vivienda. Para ello se realiza un levantamiento dimensional de una tipología de vivienda tipo, una entrevista para el usuario y un estudio de la actividad metabólica del adulto mayor.

Metodología de investigación

Esta investigación se llevará a cabo con el **método mixto** de investigación **cualitativa** y **cuantitativa**, buscando abordar el tema desde distintas perspectivas tanto con la recolección de datos y cálculos numéricos sobre el confort térmico como también a través de un relato. Se desarrollarán las bases a partir de un análisis de las características fisiológicas y funcionamiento metabólico del adulto mayor autovalente para comprender la conformidad térmica que necesita para realizar sus actividades básicas al interior de la vivienda.

Se considerarán los siguientes aspectos climáticos: la temperatura, la humedad relativa y los vientos. Para obtener los datos relacionados al confort térmico se realizará un monitoreo en una de las viviendas del caso de estudio utilizando un termohigrómetro digital con sonda interior durante una semana considerando tres horarios de seguimiento durante el día: 8:00 am, 14:00 pm y 18:00 pm. **Ver figura 3.** *Termohigrómetro utilizado para el monitoreo de temperatura y humedad al interior de la vivienda.* Elaboración propia.



Ver figura 3. *Termohigrómetro utilizado para el monitoreo de temperatura y humedad al interior de la vivienda.* Elaboración propia.

Se desarrollará una pauta de evaluación de los aspectos climáticos aplicables a las viviendas seleccionadas incorporando la opinión de los usuarios utilizando la escala de sensación térmica de ASHRAE (frío; fresco; ligeramente frío; neutral; ligeramente caluroso; caluroso; muy caluroso) y los sistemas de acondicionamiento al interior de las viviendas. Al adquirir los datos de los usuarios entrevistados, se podrá obtener información sobre la energía

utilizada, la vestimenta que utilizan, las actividades realizadas al interior de la vivienda y su percepción térmica para poder analizar los datos obtenidos dentro de un modelo de simulación térmica en el software DesignBuilder y herramientas de cálculo de confort térmico de CBE (Center for the Built Environment) como el índice PMV (Predictive Mean Vote) de la Universidad Estatal de Kansas y la Universidad Técnica de Dinamarca. (Ver figura 2 del anexo. *Pauta de evaluación percepción térmica y actividades realizadas al interior de la vivienda*).

Por último, se realizará un análisis de las propiedades térmicas del adobe y la madera mediante un levantamiento volumétrico de las viviendas y los sistemas constructivos correspondientes junto con una revisión de las políticas públicas y la reglamentación en la “Zona de conservación histórica de los loteos fundacionales del anfiteatro” (ZCHLF) aplicadas en los últimos veinte años y el “Plan de reconstrucción patrimonial” (MINVU) posterior al terremoto del año 2010, ya que esto interfirió en la conservación de la fachada de adobe de las viviendas a analizar limitando la intervención libre de la tipología del caso de estudio.

Con los resultados obtenidos, se evaluará cómo afecta en el confort térmico del adulto mayor autovalente el habitar en un sistema constructivo híbrido dada la mantención de las fachadas de adobe y las intervenciones utilizando madera. Se realizará un análisis de cómo se modifica el confort térmico basado en las calificaciones obtenidas en la encuesta para los habitantes. También se formulará una tabla comparativa sobre el confort térmico del adulto mayor en viviendas que han conservado en su mayor parte la estructura de adobe en comparación con el confort al interior de las viviendas donde sólo la fachada de adobe se conserva. Se establecen tres tipologías y cada una según su orientación para analizar los datos.

CAPÍTULO 2: Marco teórico

2.1 Confort térmico adulto mayor al interior de su vivienda.

2.1.1 Confort térmico

El cuerpo humano en funcionamiento produce calor alcanzando una temperatura de 37° C en promedio. Para estar en un estado “neutral” es decir, sin necesidad de sentir mayor o menor temperatura, el calor que el cuerpo produce se disipa de manera similar al medio ambiente, mientras que, si el cuerpo en funcionamiento transmite al medio más de lo que naturalmente, se obtiene una sensación de “calor”. De este modo, cuando el cuerpo transmite al ambiente menos calor de lo que genera se obtiene la sensación de “frío”. Lo mencionado anteriormente corresponde a la termorregulación humana; capacidad biológica que permite a un ser vivo regular su temperatura corporal a pesar de que la temperatura ambiental sea diferente. Por esta razón, las sensaciones generadas por el confort térmico se relacionan directamente con las transferencias de calor más que con la temperatura, ya que es posible obtener diferentes grados de confort bajo la misma temperatura, dependiendo de otros factores que afectan la transferencia de calor, como son: la vestimenta, la radiación, la conducción de los materiales, entre otros.

“Los factores de confort son aquellas características que corresponden a los usuarios del espacio. Son por lo tanto condiciones exteriores al ambiente, pero que influyen en la apreciación de dicho ambiente por parte de estos usuarios. Estas condiciones personales serían de distinto tipo, según se trate de condiciones: biológico-fisiológicas (como edad, sexo, herencia, etc.), condiciones sociológicas (como el tipo de actividad, la educación, el ambiente familiar, el tipo de alimentación o la aclimatación cultural, etc.) y psicológicas, según las características individuales de cada tipo de usuario.” (Serra, 1999)

El metabolismo de cada ser humano es diferente, varía, sobre todo dependiendo de la edad de la persona. El confort climático afecta a distintas variables tanto físicas como psicológicas y tanto culturales en la percepción de lo que se puede considerar como “agradable”. Por esta razón, la sensación de confort depende directamente de las circunstancias y las características del individuo. Sin embargo, considerando lo anteriormente mencionado y los valores estadísticos de las necesidades térmicas en el desarrollo de una población específica, se puede definir el rango de confort térmico según las variables físicas más importantes, siendo estas principalmente la temperatura, humedad relativa, velocidad del aire, tasa metabólica y nivel de ropa en el caso específico de estudio de viviendas.

2.1.2 Parámetros de influencia en confort térmico

Para entender el estado de confort térmico al interior de una vivienda, es necesario aclarar algunos parámetros que afectan en la interacción del individuo y su entorno. Para esto, se definen los siguientes criterios:

Parámetros relacionados al individuo:

Vestimenta (clo): Este parámetro permite reducir el intercambio de calor en el organismo, para ello es necesario utilizar prendas que protejan de manera adecuada y no entorpezcan el mecanismo termorregulador del ser humano. Por ejemplo, en un ambiente de bajas temperaturas, el aumento de la vestimenta permite alcanzar la conformidad térmica y en un ambiente con temperaturas altas, disminuir la vestimenta o utilizar ropa más ligera ayuda a la termorregulación del organismo.

Metabolismo: Conjunto de reacciones químicas que ocurre en las células de nuestro cuerpo. Esto permite transformar la energía obtenida por los alimentos, permitiendo el funcionamiento de las células y, por ende, de nuestro organismo.

Relacionados al ambiente:

Temperatura del aire del recinto: Actúa muy directamente en la potencia (cantidad de calor por unidad de tiempo) de intercambio de calor por convección. Rangos de confort entre 20°C y 27°C (para invierno y verano respectivamente). Se utilizará el valor en °C.

Temperatura superficial interior de la envolvente: Al interior de la vivienda, cada elemento como las ventanas, muros, techo, piso, tienen una temperatura. El promedio de las temperaturas de estas superficies ponderada con el ángulo sólido que se genera entre el cuerpo humano y la superficie es la **temperatura radiante (Tr)**. Esta temperatura demuestra

la potencia de intercambio por radiación entre el ser humano y las distintas superficies al interior del recinto.

Humedad Relativa del aire (HR): Influye en la posibilidad del intercambio de calor por evaporación de sudor del organismo. Mientras mayor es la humedad relativa, más difícil es la evaporación, por lo que se crea una capa líquida de sudor y molestia. Los rangos de confort son entre 20% y 75%.

Velocidad del aire: Influye en la evaporación del sudor. A mayor velocidad del aire, aumenta la evaporación y por tanto en verano permite alcanzar el confort y disminuir la capa de sudor sobre la piel. En cambio, en invierno es recomendable estar expuesto a una menor velocidad del aire. Los valores de confort de velocidad son entre 0 y 1 m/s.

Precipitación (en meteorología): Cualquier especie de hidrometeoro que atraviese la atmósfera y caiga en la superficie terrestre. Algunos ejemplos son la lluvia, llovizna, nieve y granizo.

Nubosidad (en meteorología): Fracción del cielo que se encuentra cubierta por nubes.

Radiación solar: Energía que emite el Sol y se propaga en el espacio en todas las direcciones mediante ondas electromagnéticas.

La termorregulación humana es un balance dinámico entre el calor producido por el individuo (como resultado de la actividad metabólica) y el intercambio de calor con el ambiente donde se transfiere calor a través de:

Conducción (Cd): Todos los cuerpos tienen calor interno, por lo que también tienen temperatura, sin embargo, cuando dos cuerpos en contacto tienen diferentes temperaturas se produce un intercambio desde el cuerpo con mayor temperatura hacia el cuerpo con menor temperatura, hasta que logren un equilibrio.

Conductividad térmica (W/mK): Capacidad que tiene un cuerpo para conducir el calor.

Convección (Cv): A diferencia de la conducción, se genera la convección cuando uno de los cuerpos entre los que se transfiere calor es un fluido con capacidad de movimiento. Las partículas dentro del fluido desplazan el calor.

Coefficiente de convección (W/m²K): Índice por el cual se mide la influencia de las propiedades del fluido al momento de transmitir calor.

Evaporación (Hp): Proceso de pérdida de calor dada la evaporación del agua producida por la diferencia de temperaturas en el ambiente.

Radiación (R): Dos cuerpos pueden transferir calor sin tocarse mediante ondas electromagnéticas, las cuales pueden moverse por el vacío. Sin embargo, estas se pueden ver afectadas por las partículas de sólidos, líquidos o gases dependiendo de sus características físicas.

2.1.3 Termorregulación y adulto mayor

Se define como adulto mayor autovalente: *“aquel que realiza, sin necesidad de ayuda de terceras personas, las actividades de la vida diaria como bañarse, vestirse, usar el inodoro, trasladarse, mantener la continencia y alimentarse”*¹. Esto permite establecer y analizar las distintas actividades que realiza el adulto mayor autónomo al interior de su vivienda. Utilizando el índice de KATZ para evaluar el estado de vida activa, las actividades al interior de la vivienda se pueden dividir en cinco categorías; dormir, caminar, trabajo ligero (actividades estáticas en mobiliarios distintos a la cama; leer sentado, trabajar en escritorio, juegos de mesa, etc.), esfuerzo físico ligero (actividades relacionadas con el aseo y limpieza del hogar) y esfuerzo físico pesado (trabajo pesado, uso de fuerza).

A pesar de que el confort térmico del adulto mayor no se ha establecido como uno diferente al de otros grupos etarios como los niños y los adultos jóvenes, esto se puede debatir, ya que según Pantavou; Se han evidenciado los cambios fisiológicos que se dan en el cuerpo humano con la edad y que afectan a la sensibilidad térmica de los mayores, disminuyen su capacidad de detectar y responder a los cambios de temperatura, haciéndolos vulnerables a los extremos térmicos. A esto se le debe sumar los efectos de la medicación que pueden alterar aún más su regulación térmica, pues la mayoría de las personas mayores padecen enfermedades crónicas como hipertensión, diabetes y enfermedades cardiovasculares. (Pantavou, Theoharatos, Santamouris, & Asimakopoulos, 2013)

El estado de confort del adulto mayor al interior de su vivienda es fundamental para su salud y desarrollo debido a la disminución de la tolerancia a condiciones térmicas extremas y al requerimiento de mayor tiempo de recuperación para volver a las sensaciones de calor y frío.

La termorregulación humana es el proceso necesario para mantener constantemente la temperatura central de nuestro organismo. En ella ocurre la regulación de nuestra temperatura mediante el proceso de **termogénesis** (producción de calor) y **termólisis** (pérdida de calor) mediante el método adaptativo el cual incluye mecanismos voluntarios como la actividad física realizada y el nivel de ropa y también por mecanismos involuntarios como el funcionamiento fisiológico de nuestro cuerpo.

Los efectos del género y la edad pueden explicarse por parámetros del modelo como la actividad y el nivel de ropa. En promedio, los adultos mayores tienen un nivel de actividad más bajo, y por lo tanto la tasa metabólica, que las personas más jóvenes, es la razón principal por la que requieren temperaturas ambiente más altas. (Tsuzuki & Iwata, 2002).

Este proceso es controlado por el hipotálamo, el cual, a través de sensores térmicos, logra regular la temperatura de nuestro organismo como respuesta a las condiciones ambientales. Estos receptores se encuentran en nuestra piel, en órganos internos, en la médula espinal y en la zona posterior al hipotálamo, donde se mantiene la temperatura corporal de 37°C en promedio.

En el proceso de termogénesis, el metabolismo basal permite la producción de calor mediante el funcionamiento de: la tasa metabólica muscular, catecolaminas como la norepinefrina

¹ Decreto N°14,2011 [Reglamento para establecimientos de larga estadía adulto mayor] 4 octubre de 2011, Artículo 16, página 9.

(NE), la T4 y T3 (hormonas que regulan el uso de energía en el cuerpo), la tasa metabólica celular, y el proceso de digestión. Por otro lado, el proceso de termólisis se produce por los mecanismos de: radiación afectando en un 66%, convección con el 15%, evaporación 22% y por conducción impactando en un 3% de la temperatura del organismo (Ver **Figura 4** *Esquema explicativo de los procesos de termogénesis y termólisis*).

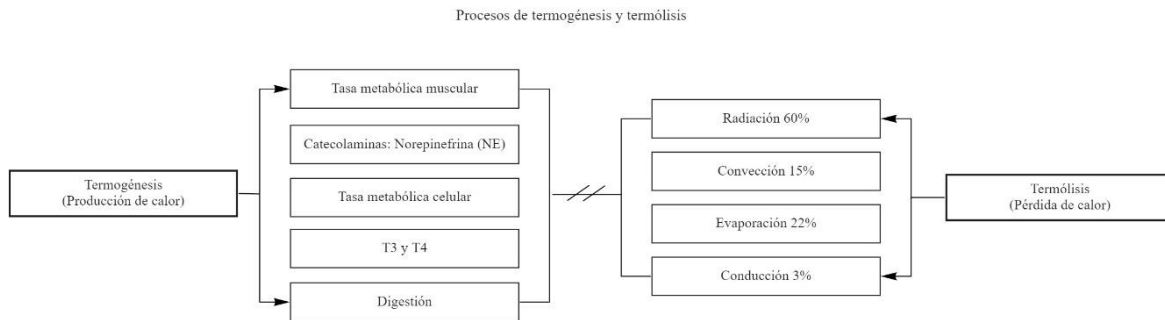


Figura 4. *Esquema explicativo de los procesos de termogénesis y termólisis.* Elaboración propia.

El sistema cardiovascular, bajo el contexto de la termorregulación del ser humano, tiene su lugar en la circulación cutánea interna de la piel, la cual funciona como un aislante térmico. El grosor de la piel se determina por la proximidad del flujo sanguíneo a la superficie de ésta, es decir, cuando los vasos sanguíneos se encuentran más cerca de la superficie de la piel, se libera calor de manera más rápida. En cambio, cuando los vasos sanguíneos se encuentran más alejados de la superficie de la piel, el calor se mantiene por más tiempo al interior del organismo. Este proceso se conoce como vasoconstricción.

El diámetro de los vasos sanguíneos existentes en el sistema de circulación cutánea se define por la frecuencia de descarga de fibras que transmiten estímulos nerviosos para el funcionamiento del músculo liso vascular (MLV) de los vasos. Estas fibras que inervan el MLV liberan entre diversas sustancias, norepinefrina (NE); hormona que incrementa la presión sanguínea.

En la piel vellosa del adulto joven la liberación de norepinefrina (NE) estimula la contracción del músculo liso vascular (MLV) permitiendo que la piel disminuya la pérdida de calor temporal en ambientes fríos y, por el contrario, que aumente la pérdida de calor temporal en ambientes cálidos. Sin embargo, en el caso del adulto mayor, la síntesis de norepinefrina disminuye, por lo que es más difícil mantener el calor en el organismo. Grassi y otros autores señalan que:

En sujetos de edad avanzada, la tasa de descarga inducida por el frío de los nervios simpáticos a la vasculatura cutánea se reduce significativamente y tanto la síntesis como la liberación de norepinefrina disminuyen. (...) En consecuencia, la eficacia de la vasoconstricción cutánea disminuye en los ancianos y la capacidad de su cuerpo para retener el calor en el frío se reduce, lo que hace que su temperatura central descienda y los ponga en riesgo de hipotermia. (Grassi, y otros, 2003)

A su vez, el metabolismo celular en la termorregulación humana juega un rol fundamental. Siendo éste el conjunto de reacciones químicas y transformaciones energéticas que ocurren en nuestro cuerpo, a medida que acrecienta la edad se ve afectado y dependiendo de diversos factores tales como: el género, la pérdida del olfato y el gusto, el retraso del vaciado gástrico (menos apetito), factores psicosociales (depresión, aislamiento, trastornos), el uso de fármacos, enfermedades y el sedentarismo.

En promedio, los adultos mayores tienen un nivel de actividad más bajo, y por lo tanto la tasa metabólica, que las personas más jóvenes que es la razón principal por la que requieren temperaturas ambiente más altas. (...) La habilidad para regular la temperatura corporal tiende a disminuir con la edad. (Havenith, 2001) Estos procesos biológicos que involucran a gran parte del organismo permiten evidenciar la diferencia que existe sobre la termorregulación humana al acrecentar la edad, por lo que el confort térmico del adulto mayor debe ser evaluado para el bienestar tanto físico como mental al interior de su vivienda.

2.2 Indicadores de confort térmico

2.2.1 Diagrama Psicométrico de Givoni

Una estrategia fundamental para evaluar el confort térmico de un espacio o entorno es considerar el clima del sector. El diagrama de Givoni es una herramienta que permite identificar las condiciones higrotérmicas de un espacio y las zonas de bienestar térmico para el habitante en una determinada época del año. Esta herramienta se compone por una carta sobre un diagrama psicrométrico y zonas determinadas por distintos factores, tales como la temperatura, la humedad relativa y una zona de bienestar definida por otros factores ambientales adicionales. (Ver **Figura 5. Zona de confort térmico en carta psicrométrica de Givoni**)

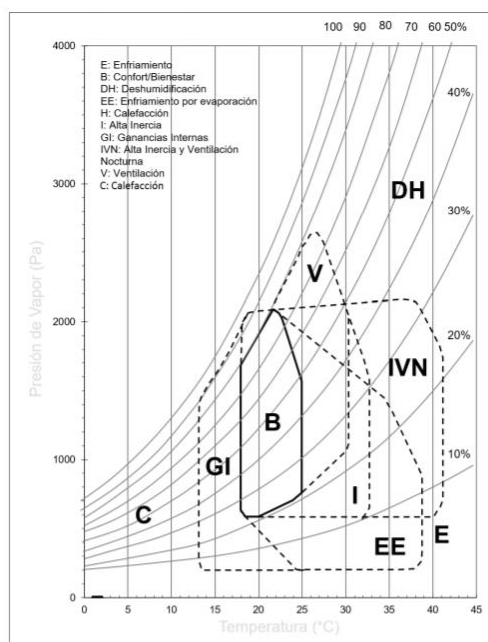


Figura 5. Zona de confort térmico en carta psicrométrica de Givoni. (Carrasco Serrano & Espinoza Silva, 2016)

Givoni en su diagrama bioclimático para edificios (Building Bioclimatic chart) introduce como variable el efecto de la propia edificación sobre el ambiente interno: El edificio se interpone entre las condiciones exteriores y las interiores y el objetivo fundamental de la carta bioclimática consiste en utilizar unos materiales y una estructura constructiva, cuya respuesta ante unas determinadas condiciones exteriores permita crear un ambiente interior comprendido dentro de la zona de bienestar térmico. La carta se construye sobre un diagrama psicrométrico y en ella se distinguen una serie de zonas características. Una zona de bienestar térmico delimitada a partir de la temperatura del termómetro seco y la humedad relativa, sin tener en cuenta otros factores. Zona de bienestar ampliada por la acción de otros factores adicionales (...) la masa térmica del edificio, (...) y el enfriamiento evaporativo (...). (Fernández García, 1994)

El diagrama psicrométrico de Givoni, permite tanto analizar como facilitar la toma de decisiones ante estrategias en el diseño arquitectónico para alcanzar el rango de confort térmico del habitante, en este caso, el adulto mayor en su vivienda en Valparaíso. No solo se consideran los datos de temperatura y humedad relativa, la masa del edificio, etc. sino que también se integran los sistemas de ventilación natural y artificial en el cálculo.

2.2.2 Estándar ASHRAE 55

La Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado Ingenieros (ASHRAE en inglés) es una asociación estadounidense que busca avanzar en el diseño sustentable de edificaciones, estableciendo las condiciones térmicas óptimas para el habitante en el ambiente interior de una edificación. El enfoque principal de esta asociación es generar soluciones sustentables, contemplar el confort térmico de los habitantes y favorecer la salud humana.

ASHRAE se incorpora a nuestro país en enero del año 2015 con principal objetivo de *promover y difundir buenas prácticas y estándares de sustentabilidad y eficiencia energética en el sector de la construcción, en áreas del aire acondicionado, calefacción, refrigeración, ventilación y calidad del ambiente interior.* (ASHRAE, 2019) Lo cual entrega herramientas para las viviendas y edificaciones de nuestro país para desarrollar diversas soluciones climáticas que ayuden a optimizar gastos energéticos y conocer las condiciones climáticas que se generan en espacios interiores.

El estándar ASHRAE 55 incorpora también la percepción térmica del habitante en el interior del espacio analizado mediante una escala de siete puntos según el grado de confort: -3 frío; -2 fresco; -1 ligeramente frío; 0 neutro; +1 ligeramente caluroso; +2 caluroso; +3 muy caluroso. (Fanger, 1972; ISO, 2019; ASHRAE, 1996)

Este estándar está dirigido principalmente para adultos que habitan un espacio por más de 15 minutos considerando su vestimenta, la actividad que realiza al interior del recinto, la temperatura radiante, la velocidad del aire y humedad relativa. Por otro lado, ASHRAE define dos tipos de acondicionamientos climáticos relacionados con el confort térmico al interior de una edificación que aportan distintos valores para la evaluación de la confortabilidad térmica: los recintos con funcionamiento pasivo (acondicionamiento natural) y los recintos con sistemas de climatización.

Además (ASHRAE, 1996) sugiere que las condiciones térmicas óptimas sobre la temperatura interior para personas mayores de 40 años debería ser 0.5 °C mayor que el confort establecido

en rangos etarios menores. Esto aporta a esta investigación y complementa la información respecto a la termorregulación humana y como se va modificando a medida que acrecienta la edad.

CAPÍTULO 3: Transformación urbano-arquitectónica de Valparaíso

3.1 Crecimiento urbano de la ciudad de Valparaíso

La ciudad de Valparaíso siempre ha sido reconocida por la singularidad que constituye su morfología urbana. Esta cualidad, permite la conformación de una realidad urbano-arquitectónica heterogénea y a su vez extraordinaria, como resultante del crecimiento continuo de la población adaptándose a la geografía.

Este crecimiento urbano ha sido efecto de diversos acontecimientos que han dado forma a su desarrollo histórico -vinculados directamente con la actividad portuaria- y a su particular arquitectura en el lugar. Esto genera un sólido sentido de identidad en la comuna y una constante búsqueda de soluciones para la adaptación al terreno a través del tiempo. Dentro de dicho proceso histórico-urbano, se pueden distinguir cuatro etapas principales:

Se identifica la primera etapa a mediados del siglo XVI, donde se origina la ciudad empezando por la conformación del núcleo portuario e iniciando a constituir la trama urbana en la planicie.

En segundo lugar, se identifica en el siglo XVII, con el asentamiento de sistemas de fortificaciones militares en la bahía, otorgándole a la población una plaza militar y consolidando la trama urbana ortogonal inmediata a la bahía.

La tercera etapa ocurrida durante el siglo XVIII se caracteriza por la ocupación del sector del Almendral, donde se extiende el habitar en la planicie, hacia la ocupación dispersa en el pie de cerro.

Por último, en el siglo XIX se identifica la expansión y urbanización de los cerros y quebradas, generando el anfiteatro en la bahía con vista directamente hacia el océano Pacífico, dando paso a que a principios del siglo siguiente se consolide y densifique la trama urbana de la ciudad.

De estos cuatro periodos identificados es necesario enfatizar en la cuarta fase, ya que fue una época en la cual se definió la imagen urbana de Valparaíso.

La ocupación de los cerros se caracterizó desde el principio por cumplir una función residencial, donde el habitante propuso y propone hasta el día de hoy, soluciones constructivas y de asentamiento para su propia vivienda según las necesidades geográficas y de la época. El adaptarse a la quebrada con el paso del tiempo, permite identificar una evolución histórica de la ciudad y de la vivienda ubicada en los cerros, por lo cual actualmente se puede observar con claridad una variación y una combinación en la materialidad y sistemas constructivos de las viviendas.

Fuentes & Pezoa (2017) describiendo el concepto de ciudad *com-fusa*, señalan que en ella no solo el mercado y el Estado corresponden a las dos fuerzas de producción de las ciudades, sino que también la lógica de la necesidad que se manifiesta en un *conjunto de acciones*

individuales que generan ocupación/autoconstrucción/autourbanización y la aparición de asentamientos informales (Abramo, 2012)

A fines del siglo XIX las viviendas existentes ubicadas en los cerros estaban construidas utilizando principalmente muros gruesos de adobe o ladrillo con pesadas techumbres de tejas, lo cual, con el paso del tiempo resultó ser inapropiado para el sector, obligando a modificar estos sistemas constructivos. Respecto a esto, se comenzó a utilizar refuerzos de madera tanto en los muros de adobe como también el uso de madera como sistema estructural. Ya a mediados del siglo XX se pueden observar viviendas en los cerros construidas con hormigón y la construcción de complejos habitacionales utilizando el hormigón armado como principal material.

3.2 Intervenciones particulares en Valparaíso: Ampliación de viviendas

Como fue mencionado recientemente, la morfología urbana de Valparaíso se caracteriza por las soluciones que se han ido implementando a lo largo del tiempo para poder adaptarse a la geografía del lugar. Aproximadamente el 94% de la población habita en los cerros, por lo cual la adaptación al terreno por parte de los habitantes se conforma por una enorme diversidad de tipologías arquitectónicas, materialidades y sistemas constructivos.

La autoconstrucción y los asentamientos espontáneos también puede considerarse como un factor integrador y cohesionador sociofamiliar al entorno físico y natural. El estudio de las distintas variables morfológico-territoriales que inciden y delimitan los procesos de crecimiento de la traza urbana, la densificación y construcción espontánea, permite la comprensión de una mejor zonificación y reconocer las interacciones a escala y cómo potencian la emergencia de cualidades de habitabilidad y lugaridad local, o su debilitamiento, deterioro y destrucción de la vida en un lugar. (Cañete-Islas, Moraga-Lacoste, & López-Flores, 2018)

El crecimiento de la población en el siglo presente ha generado una transformación de esta área incorporando vías e infraestructura de transporte lo cual permite disminuir los tiempos de viaje y la existencia de nuevos asentamientos para las familias de la comuna. Sin embargo, en la trama ya consolidada de los cerros, la falta de suelo disponible ha generado un proceso de urbanización informal con viviendas autoconstruidas con materiales de bajo costo y ubicadas en zonas con alto riesgo a incendios, los cuales se han ido acrecentando en los últimos años. Asimismo, en los asentamientos regulares, se puede observar una baja cantidad de migraciones entre cerros, ya que los habitantes optan por modificar o ampliar sus viviendas añadiendo nuevos recintos de distintas materialidades como madera y acero galvanizado, siendo limitados principalmente por la normativa asociada a las zonas patrimoniales o históricas en las que se encuentran.

CAPÍTULO 4: Caso de estudio, av. Alemania tramo cerro Yungay

4.1 Antecedentes históricos: Tipología arquitectónica del barrio.

La Av. Alemania, conocida también como “Camino Cintura”, fue construido desde 1876 a 1927. Esta vía mide aproximadamente 4.6 km de longitud a unos 100 m. sobre el nivel del mar, reuniendo a 20 cerros de los 42 de Valparaíso, dentro de los cuales se encuentra el Cerro Yungay.

Este cerro se limita hacia el norte por calle Condell, una de las avenidas principales de Valparaíso por su connotación comercial, remata con la plazuela Ecuador y por otro lado tiene un acceso por calle Ferrari, la cual conecta directamente con la Plaza Victoria. Al igual que muchos de los cerros de Valparaíso, fue poblándose a fines del siglo XIX por asentamientos informales, donde las viviendas se caracterizaban por ser construidas con envoltentes de principalmente adobe.

Gran parte de las viviendas ubicadas en el tramo de la Av. Argentina en el cerro Yungay tienen una orientación noroeste a excepción de las que están ubicadas en quebrada sin medianero hacia la Av. Alemania que tienen su fachada orientada hacia el sector sur. Suelen ser viviendas entre medianeros de dos niveles, lo cual genera una zona con una escala tipo barrial. Existe una enorme variedad de materialidades constructivas y en envoltentes en este tramo, ya que al ser construido desde la década de 1870, se ha visto afectado por factores que han generado una gran diversidad de tipologías de vivienda en el cerro.

Uno de los factores que modificó la imagen de la zona fue el terremoto que sacudió la ciudad de Valparaíso en el año 1906, ya que generó la urgente necesidad de reevaluar el uso del adobe y reconstruir la ciudad dada la gran cantidad de fallecidos y desmoronamientos de edificaciones y viviendas.

La dupla madera- “adobillo” presente en las edificaciones de los cerros y en algunos edificios institucionales del área histórica de Valparaíso, fue la respuesta a la abundancia de madera que llegó al puerto como lastre de las embarcaciones y a la necesidad de construir estructuras sismorresistentes después del terremoto de 1906. (Jorquera Silva N. , 2014)

La incorporación de refuerzos de madera a comienzos del siglo XX en estas envoltentes de adobe en el cerro Yungay y gran parte de Valparaíso, permitió que se continuara utilizando el adobe como sistema constructivo y a su vez disminuyó la vulnerabilidad de estas envoltentes ante sismos.

Dado el constante crecimiento de la población en la ciudad de Valparaíso, la cantidad de viviendas en los cerros fue aumentando sobre todo en zonas cercanas a vías de transporte o de conexión como lo ha sido siempre la Av. Alemania. Cerca de los años 40, el cerro Yungay, junto con los cerros interconectados por esta vía, fueron modificando su imagen dada la diversidad de formas de adaptarse a la topografía, tanto por los distintos sistemas constructivos, como por la materialidad de las envoltentes. Además del crecimiento demográfico, influyeron en la conservación de la materialidad, distintos factores económicos, tecnológicos, la nominación de zonas patrimoniales en la ciudad y la aplicación de normativas.

Resulta interesante observar cómo se logró una gran libertad arquitectónica, acorde al importante intercambio cultural ocurrido en el principal puerto del Pacífico, a través de una tecnología casi estandarizada (...) y la posibilidad de adaptarse de mejor manera a la topografía de Valparaíso, además de lograr un buen comportamiento sismorresistente. Lamentablemente, el proceso de decadencia económica de Valparaíso gatillado por la apertura del Canal de Panamá en 1914 y presente hasta el día de hoy, no obstante, la nominación como “Patrimonio de la Humanidad” por la UNESCO (2003), ha llevado a un profundo deterioro arquitectónico-urbano y a la poca valoración de la cultura constructiva. Así, las estructuras de madera son recurrentemente vaciadas de sus adobillos, restándoles

habitabilidad y quedando vulnerables a la deformación lateral en caso de sismo. (Jorquera Silva N. , 2014)

Actualmente en el sector se pueden observar viviendas con distintas materialidades como el adobillo-madera, adobe, madera, adobe y madera, hormigón armado, acero galvanizado, etc. Las residencias tienen tanto envolventes como sistemas constructivos híbridos, es decir, que proceden de la unión de dos o más materialidades. La conservación del adobe, un material poco utilizado en la actualidad y en nuestro país dadas las condiciones sísmicas, se debe a la normativa aplicada en la zona del caso de estudio definida por el Plan Regulador Comunal de Valparaíso, que corresponde a la “Zona de Conservación Histórica de los Loteos Fundacionales del Anfiteatro” (ZCHLF). (Ver **Figura 6.** *Tramo caso de estudio. Av. Alemania Cerro Yungay, Valparaíso*).



Figura 6. *Tramo caso de estudio. Av. Alemania, Cerro Yungay, Valparaíso.* Elaboración propia.

4.2 Análisis arquitectónico estado actual del barrio.

El tramo Av. Alemania en el cerro Yungay presenta una variedad de tipologías de viviendas y estrategias de adaptarse a la topografía del sector. En primer lugar, se identifica una diferencia en el emplazamiento de la vivienda acorde al terreno. En el tramo de la Av. Argentina, las viviendas suelen estar ubicadas en terrenos con baja pendiente. Por otro lado, en los 130m. correspondientes al tramo perpendicular a esta vía, la calle Miguel Ángel, presenta una pendiente de aproximadamente del 4% de inclinación considerando la Av. Alemania como el punto base con pendiente 0°. (Ver **Figura 7.** *Perfil de elevación calle Miguel Ángel respecto a la Avenida Alemania como punto de partida a 128 msnm.*)



Figura 7. Perfil de elevación calle Miguel Ángel respecto a la Avenida Alemania como punto de partida a 128 msnm. Elaboración propia, captura de pantalla de Google Earth Pro.

El barrio se caracteriza por tener fachadas continuas de no más de dos pisos de alto. Sin embargo hay viviendas que al encontrarse en quebrada y en pendiente, logran construir más de dos niveles en dirección a la quebrada. (Ver **figura 8.** Tipología de viviendas en tramo Av. Alemania y **figura 9.** Tipología de viviendas en tramo Miguel Ángel correspondiente a la ZCHLF.)



Figura 8. Tipología de viviendas en tramo Av. Alemania. Elaboración propia.



Figura 9. Tipología de viviendas en tramo Miguel Ángel correspondiente a la ZCHLF. Elaboración propia.

Como se mencionó anteriormente, las viviendas fueron construidas en la década del 50 principalmente con muros de adobillo reforzados con madera, pero en la actualidad, se puede observar una gran variedad de materialidades en los sistemas constructivos. Las ampliaciones del sector suelen ser realizadas con madera o muchas veces se reemplazan muros en mal estado por paredes de este material que reduce costos y es más fácil de transportar y utilizar en terrenos en pendiente. Existen viviendas construidas con contenedores, los muros de adobe se han visto reemplazados por concreto, madera con acero galvanizado, hormigón armado, etc. Sin embargo entre esta diversidad de envolventes aún existen viviendas que mantienen la fachada de adobe que ha sido mantenida con el tiempo y sobre todo, después del terremoto del año 2010, donde el MINVU presentó un plan posterior a la catástrofe para recuperar y reconstruir viviendas construidas con barro.

4.3 Normativa asociada

4.3.1 Zona de Conservación Histórica de los Loteos Fundacionales del Anfiteatro (ZCHLF)

El cerro Yungay se emplaza en zonas fundacionales del Gran Valparaíso, ya que fue parte de los cerros habitados desde el siglo XVIII que conforman el “Anfiteatro” generado por este conjunto de cerros de Valparaíso y sus edificaciones con vistas al mar.

Como se mencionó anteriormente, las viviendas del sector se encuentran bajo la normativa de la Zona de Conservación Histórica de los Loteos Fundacionales del Anfiteatro (ZCHLF) donde además, presentan una particularidad debido a la existencia y el mantenimiento de las fachadas de adobe, como material que identifica y evidencia la historia de la zona.

La Av. Alemania forma parte del límite sur de la ZCHLF determinada por el Plan Regulador Comunal de Valparaíso. (Ver anexo 1.1) El tramo seleccionado para el caso de estudio incorpora también 130 m. de la calle Miguel Ángel perpendicular a esta avenida desde el sur.

Según el artículo N°32 de la Ordenanza Local del PRC de Valparaíso establece que las intervenciones que se realicen en edificaciones dentro de una Zona de Conservación Histórica deben mantener las características urbano-arquitectónicas del barrio en que se emplaza. (Ilustre Municipalidad de Valparaíso, 2005)

4.3.2 Plan de reconstrucción patrimonial (MINVU)

El terremoto ocurrido en nuestro país el 27 de febrero del año 2010, no solo provocó pérdidas humanas, de equipamiento y empleos, sino que también la destrucción de edificaciones tanto de carácter monumental, como residencial e histórico, lo cual influye en las características de las ciudades y barrios. Según el Plan de Reconstrucción de Patrimonio del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) en 2011, Valparaíso fue la tercera ciudad del país con mayor daño provocado en viviendas construidas con adobe en el sismo 27 F.

El patrimonio urbano comprende las edificaciones y los espacios públicos cuya forma constitutiva es expresión de la memoria colectiva, arraigada y transmitida, los que en forma individual o en conjunto, revelan características culturales, ambientales y sociales que expresan y fomentan la cultura y el arraigo social (...) las personas van generando una forma de habitar el territorio según su conformación geográfica y paisaje del entorno, cercanía a sus fuentes de trabajo (...) donde el cuerpo construido se carga con los contenidos sociales y culturales de una sociedad y como tal, se constituye en una huella, en el registro de esa cultura.

Esta construcción puede ser entendida entonces, en términos sociales, como parte de la memoria colectiva (...)” (MINVU, 2011)

Por este motivo, el MINVU inicia este plan de reconstrucción patrimonial para las residencias afectadas que incluyen esta materialidad. Si bien, las viviendas del caso de estudio no están calificadas como inmueble, barrio o zona patrimonial, en el informe realizado por el MINVU se utilizaron las Zonas de Conservación Histórica de las regiones afectadas y las Zonas Típicas para definir las Zonas Patrimoniales y además, se trabajó en conjunto con los Municipios de cada región para integrar zonas de interés que no contaban con declaratorias y que los habitantes consideraban y reconocían valores y atributos patrimoniales. En anexo 1.2 se muestra una tabla del Plan de Reconstrucción Patrimonial donde menciona las zonas consideradas como patrimoniales en el informe.

Al ser consideradas las Zonas de Conservación Histórica según el PRC de Valparaíso, las viviendas del caso de estudio forman parte de esta clasificación según el MINVU por lo que formaron parte de la reconstrucción patrimonial post-terremoto 2010, para la restauración de estas viviendas manteniendo la construcción en adobe para conservar la imagen, forma y características urbano-arquitectónicas del barrio. Esto permitió que las envolventes de adobe utilizadas en el barrio sigan en pie con refuerzos estructurales para la resistencia ante próximos sismos.

CAPÍTULO 5: Condiciones ambientales

5.1 Aspectos climáticos caso de estudio

El clima se define por un conjunto de condiciones y características atmosféricas que contiene un terreno en específico. Estas condiciones meteorológicas están representadas por variables atmosféricas como la temperatura, velocidad de viento, la humedad relativa, precipitaciones, radiación solar y otras.

En una localidad, el clima se determina con el comportamiento de estas variables a lo largo de un periodo prolongado de años. Se relaciona directamente con el sol (influye su trayectoria y como va variando el ángulo en el que llega la luz solar a la Tierra) y a su vez con variables geográficas del terreno, como la cercanía al océano, la presencia de quebradas, montañas, la vegetación del sector, etc. También influyen otras variables como los vientos predominantes y la nubosidad.

Las variables climáticas mencionadas afectan en el habitar de las personas en el territorio y a su vez, determinan y condicionan el diseño arquitectónico de sus viviendas y la selección de soluciones constructivas del lugar. El clima incide directamente en el diseño de la envolvente de la vivienda por lo que se debe conocer en detalle las condiciones ambientales del lugar de emplazamiento con el objetivo de que las soluciones constructivas y la materialidad utilizada favorezca al confort térmico y bienestar del habitante.

La región de Valparaíso presenta una diversidad de climas en sus comunas. Su geografía y topografía genera bioclimas en la región, por lo que es necesario especificar el bioclima existente en el caso de estudio. Ver **Figura 10**, *Bioclimas de la Región de Valparaíso*.

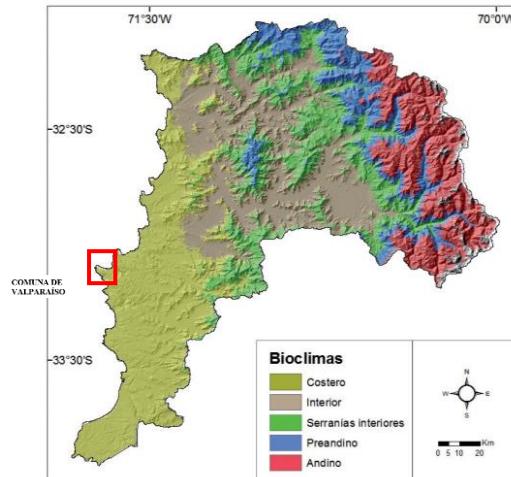


Figura 10. Bioclimas de la Región de Valparaíso. (Luebert & Plissock, 2012)

Este bioclima se distribuye en las áreas costeras de la Región, preferentemente áreas bajas (0-800 m) de la vertiente occidental de la Cordillera de la Costa y planicies litorales (Fig. 6). Se caracteriza por temperaturas moderadas (temperatura media anual promedio 14.5°C, amplitud térmica anual promedio 7.5°C) y precipitaciones relativamente altas para la región (precipitación media anual promedio 458 mm). (Luebert & Plissock, 2012)

La investigación de Leubert y Plissock define esta diversidad de bioclimas en la Región de Valparaíso en el año 2012, sin embargo actualmente se pueden observar modificaciones en el clima de la región y su comuna, donde han aumentado las temperaturas y han disminuido las precipitaciones anuales, siendo declaradas por el Ministerio del Interior y Seguridad Pública, distintas zonas de la región en estado de catástrofe por sequía.

El Reporte Anual de la Evolución del Clima en Chile informa que: La disminución de la precipitación en la zona centro y sur del país está relacionada con una disminución tanto en la frecuencia como en la intensidad de los eventos de lluvia, como se muestra en la figura 20, donde las tendencias de días con precipitación son negativas desde la región de Valparaíso al sur con valores que bordean los 5 días por década de disminución en Lord Cochrane. (...) El evidente aumento de las temperaturas, debido al cambio climático, ha producido que los eventos de olas de calor (OC) se presenten cada vez más frecuentes, prolongados e intensos, generando diversos impactos en los ecosistemas, la salud, la agricultura e incluso pudiendo extremar las condiciones favorables a los incendios forestales. (Dirección Meteorológica de Chile, 2020)

Dicho lo anterior, el clima costero en Valparaíso se ha visto afectado por el alza de temperaturas en el planeta debido al cambio climático y la disminución de precipitaciones, modificando las características térmicas del lugar.

Según la norma de nuestro país NCh 1079 Of. 2008 de zonificación climático-habitacional, Valparaíso se encuentra en la zona Central Litoral de las 9 zonas climáticas que contiene Chile a lo largo de su territorio. (Ver Anexo 1.3). Esta comuna se ubicada en la franja litoral entre el límite norte de la comuna de La Ligua, hasta el límite sur con la comuna de Cobquecura. De clima templado tipo mediterráneo, presenta un suelo húmedo y salino. Durante el año, inclusive en verano, se puede observar nubosidad desde el amanecer hasta

medio día. Los veranos suelen ser despejados y áridos. El invierno es frío y la mayor parte del tiempo está parcialmente nublado. Durante el año la temperatura varía entre 6 °C y 20°C sin superar los 4°C o sobrepasar los 23°C.² La temperatura promedio anual se encuentra entre los 13.8-14.0 °C todo esto acorde al sitio *Weatherspark*. Ver **Figura 11**, *Caracterización climática de la comuna de Valparaíso*.

CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA	
CLIMA	Templado mediterráneo marítimo
ALTITUD	141 msnm
LATITUD	33° 3' 4,3" sur
LONGITUD	71° 37' 23,3" oeste
TEMPERATURA PROM. ANUAL	13,8°C
PRECIPITACIONES PROM. ANUAL	345 mm
HUMEDAD RELATIVA PROMEDIO	75%
RADIACIÓN SOLAR ANUAL	4,9 kWh/m ² /día
VELOCIDAD DEL VIENTO	15,2 km/h dirección sur- suroeste

Figura 11. *Caracterización climática de la comuna de Valparaíso.*
Fuente: Climate-Data, V Región de Valparaíso. Elaboración propia.

Los valores climáticos que se pueden observar en la figura 7, muestran las principales características y factores que influyen en el confort térmico de las edificaciones del lugar. Dicho esto, es necesario conocer con detalle cada variable para realizar un diagnóstico más específico.

5.2 Temperatura

Los siguientes datos climáticos se obtienen de Climate-Data.org, utilizando como base los datos del ECMWF (Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Plazo Medio) recopilados desde el año 1989-2019. Para esta investigación se necesitan los datos de la temperatura máxima, mínima y media en promedio de la comuna de Valparaíso para poder evaluar el confort térmico del adulto mayor en la vivienda de adobe. Ver **Figuras 12 y 13.** *Temperaturas media, mínima y máxima comuna de Valparaíso, y Temperatura promedio según Climate-Data.*

² Weatherspark. (2021). *El clima y el tiempo promedio en todo el año en Valparaíso*. Obtenido de Weather Spark: <https://es.weatherspark.com/y/25811/Clima-promedio-en-Valpara%C3%ADso-Chile-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Summary>

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Prom. anual
T° media °C	16.9	17	16.1	14.1	12.5	11.2	10.4	10.8	11.5	12.7	14.3	15.7	13,6
T° mín. °C	14.7	14.8	13.8	11.8	10.1	8.8	8.0	8.4	9.2	10.5	12	13.4	11,3
T° máx. °C	19.5	19.7	18.8	16.8	15	13.7	12.9	13.3	13.9	15.2	16.8	18.2	16,2

Figura 12. Temperaturas media, mínima y máxima.
Fuente figura 8 y 9: Climate-Data. Elaboración propia.

Climate-Data (1989-2019)	
Temperatura promedio °C	
Enero	16.3
Febrero	16.8
Marzo	15.7
Abril	13.9
Mayo	12.1
Junio	10.9
Julio	10.2
Agosto	10.8
Septiembre	11.2
Octubre	12.5
Noviembre	14.0
Diciembre	15.5
Promedio anual	13,8 °C

Figura 13. Temperatura promedio.

Como se puede observar en las tablas de datos de temperatura, el mes de febrero presenta el mayor nivel de temperatura del año y por el contrario, el mes de julio presenta el menor nivel de temperatura anual. La variación de temperatura anual varía alrededor de los 13,8°C, valor que se utilizará como base para el desarrollo de la investigación y análisis de la caracterización térmica de las viviendas del caso de estudio.

5.3 Humedad relativa y precipitaciones.

Las **Figuras 14 y 15**, presentan los datos correspondientes a la humedad relativa y precipitación mensual en la comuna de Valparaíso, obtenidos en Climate-Data.

Climate-Data (1989-2019)	
Humedad relativa %	
Enero	72%
Febrero	74%
Marzo	76%
Abril	78%
Mayo	80%
Junio	80%
Julio	80%
Agosto	79%
Septiembre	78%
Octubre	75%
Noviembre	71%
Diciembre	70%
Promedio anual	76,1%

Figura 14. Humedad relativa de la comuna de Valparaíso.

Fuente figuras 10 y 11: Climate-Data. Elaboración propia.

Climate-Data (1989-2019)	
Precipitaciones promedio mm	
Enero	1.0
Febrero	1.8
Marzo	7.6
Abril	18.2
Mayo	55.0
Junio	103.0
Julio	62.3
Agosto	56.5
Septiembre	27.4
Octubre	16.7
Noviembre	5.6
Diciembre	5.5
Promedio anual	360,6 mm

Figura 15. Precipitaciones promedio de la comuna de Valparaíso.

Con los valores obtenidos en estas figuras se puede concluir que la comuna de Valparaíso presenta una fuerte oscilación térmica, por lo que considerando la humedad relativa se puede presentar un disconfort térmico ante las temperaturas más bajas en horas de la noche.

En el caso de las precipitaciones anuales, es importante mencionar que estas han ido descendiendo a lo largo de los últimos 30 años. Según el informe de Pluviometría histórica de Valparaíso obtenido por el Servicio Meteorológico de la Armada de Chile, el promedio

de precipitaciones anuales ocurridas en los últimos 30 años ha disminuido cerca del 50% en comparación al promedio de precipitaciones en los años 1961-1990.

5.4 Vientos

La rosa de vientos generada mediante herramientas del CBE (Center for the Build Environment) Clima, presenta la dirección y frecuencia de los vientos, donde se observa la dirección Sur y Suroeste como predominantes en la comuna de Valparaíso. Ver **Figura 16**, *Rosa de los vientos comuna de Valparaíso*.

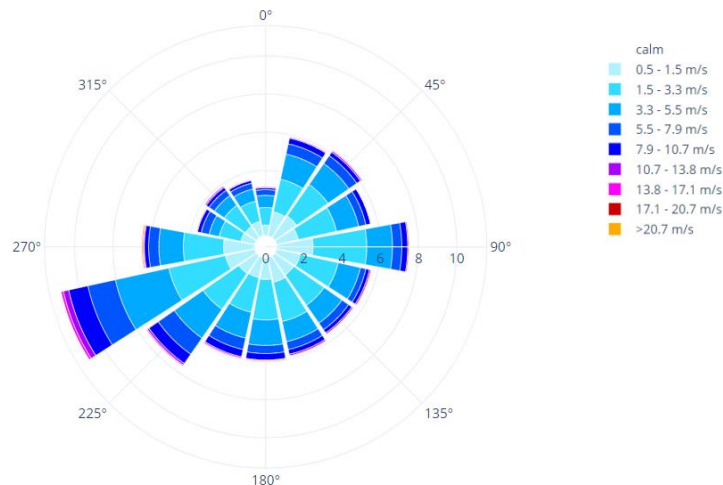


Figura 16. *Rosa de los vientos, comuna de Valparaíso.* (Betti, Tartarini, Schiavon, & Nguyen, 2021)

La información que brinda la rosa de los vientos permite analizar las condiciones base de la vivienda tipo del caso de estudio sin desconocer el paisaje de Valparaíso que cuenta con elementos de gran influencia en las condiciones climáticas del lugar. Como se puede observar en la imagen la dirección predominante del viento en Valparaíso durante el año es sur-suroeste.

Valparaíso al ser una ciudad costera es afectado por el fenómeno meteorológico en el que aumenta la circulación del viento dada la elevación de temperaturas del mar y la tierra en el día y la disminución de la temperatura de estos en la noche. Según *Weatherspark*, Valparaíso presenta leves variaciones en la velocidad promedio del viento durante el año, donde la parte más ventosa se encuentra entre los meses de febrero y octubre con un promedio de 15.8 km/h. Por otro lado, el mes más ventoso de la comuna es noviembre ya que presenta en promedio una velocidad de 17.5 km/h. El mes con menor velocidad del viento es mayo con una velocidad promedio de 13.9 km/h.³

Para finalizar se inserta imagen extraída de *Weatherspark* que muestra un resumen del clima en la ciudad de Valparaíso contemplando datos como la percepción de la humedad y

³ Weatherspark. (2021). *El clima y el tiempo promedio en todo el año en Valparaíso*. Obtenido de Weather Spark: <https://es.weatherspark.com/y/25811/Clima-promedio-en-Valpara%C3%ADso-Chile-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Summary>

temperatura, la precipitación, el porcentaje de nubosidad y temperaturas medias durante el año. Ver **figura 17. Resumen del clima en Valparaíso.**

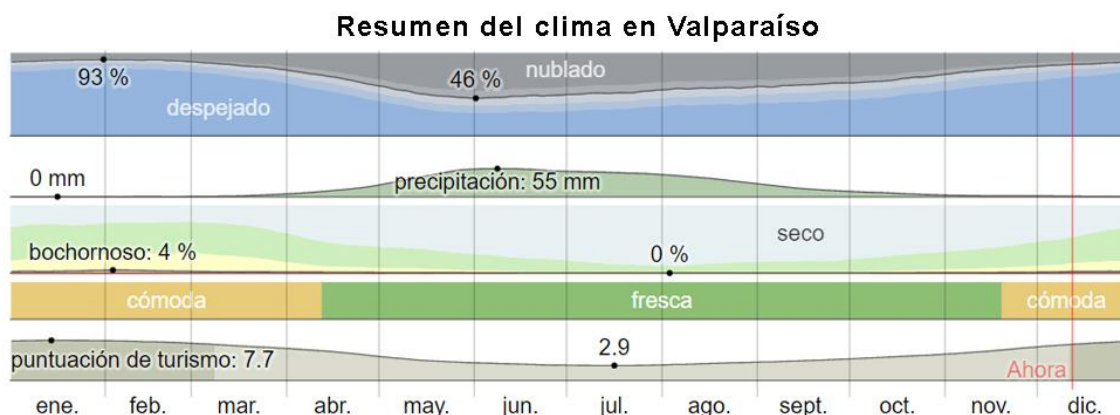


Figura 17. Resumen del clima en Valparaíso. Fuente: <https://es.weatherspark.com/y/25811/Clima-promedio-en-Valpara%C3%ADso-Chile-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Summary>

CAPÍTULO 6: Materialidad de sistemas constructivos utilizados

6.1 Sustentabilidad al construir

“La sustentabilidad no es otra cosa que el riguroso sentido común, ósea eres razonable y resolviste el 95%del problema” (Aravena, 2013)

Dada la tecnología y las necesidades respecto a la disminución de la contaminación y lucha contra el cambio climático, la arquitectura busca el día de hoy reducir al máximo posible el gasto energético que genera un edificio tanto en la producción de sus materiales, como en la función y ciclo de vida de este.⁴

Como se puede observar en las ciudades de la actualidad, existen diversos tipos de edificaciones que están en constante funcionamiento durante el día, con sistemas de climatización y que a su vez, consideran materialidades que optimizan el tiempo de construcción y la mantención de la imagen de las ciudades genéricas que representa la arquitectura de las grandes ciudades del siglo XXI utilizando materiales como el hormigón armado y el vidrio:⁵ materialidades que para su creación utilizan fuentes de energía no renovables e impiden la reutilización de estos para construir nuevas edificaciones. Por el contrario, el adobe y la madera, que se obtienen de fuentes de energía renovable como la tierra y los árboles respectivamente, son materiales reciclables y al momento de construir generan una huella de menor impacto. Ambas materialidades se utilizan en sistemas constructivos existentes a lo largo de todo el mundo y han sido utilizado desde los inicios de la construcción de las edificaciones de la vida humana.⁶

⁴ Rodríguez, B. (2020). (26 de Marzo de 2020). Logrando DRAWDOWN. Santiago, Santiago, Chile

⁵ Koolhas, R. (2006). *La ciudad genérica*. Barcelona: GG mínima.

⁶ Jones, D. (2014). *Architecture. The Whole Story*. Londres: Quintessence Editions .

Al momento de construir o diseñar espacios donde habitarán seres humanos, es esencial considerar la materialidad del sistema constructivo y como ésta afecta, no solo al confort térmico del usuario, sino que también al medio ambiente. Se debe considerar la capacidad de reutilizar el material, el ciclo de vida del recinto y como este puede perdurar en el tiempo y posterior a su uso o función con la que fue construida en primera instancia.

6.2 Orientación y materialidad de viviendas

Dada la topografía de los cerros de la comuna de Valparaíso, existe una diversidad de orientaciones de las viviendas con respecto a la proyección de los rayos solares. En las viviendas del caso de estudio, se presentan dos tipologías de viviendas de fachada continua, según su orientación a analizar: la **tipología A** con fachada hacia el norte y la **tipología B**, con fachada en dirección poniente. Esto debido a la irregularidad y definidas curvas que presenta la Av. Alemania, sobre todo en el tramo en el cual colinda con las calles Miguel Ángel, Yervas Buenas y Guillermo Rivera, correspondientes al cerro Yungay. Ver **Figura 13**. *Vista vuelo de pájaros Av. Alemania y calles colindantes pertenecientes al caso de estudio.*

En cuanto a su materialidad, se presentan dos tipos de variaciones según el uso de los sistemas constructivos: En primer lugar, la vivienda **tipo 1**: Construida con al menos un bloque completo de adobe y una ampliación con al menos un bloque completo de madera unidos. Y por otro lado, vivienda **tipo 2**: Construida y ampliada completamente con madera a excepción de la fachada. Ver **figura 18**. *Tipologías de orientación A y B. Ver figura 19. Tipologías 1 y 2 según adobe y madera utilizados.*



Figura 18. *Vista vuelo de pájaros Av. Alemania y calles colindantes pertenecientes al caso de estudio. Fuente: Google Earth. Elaboración propia.*

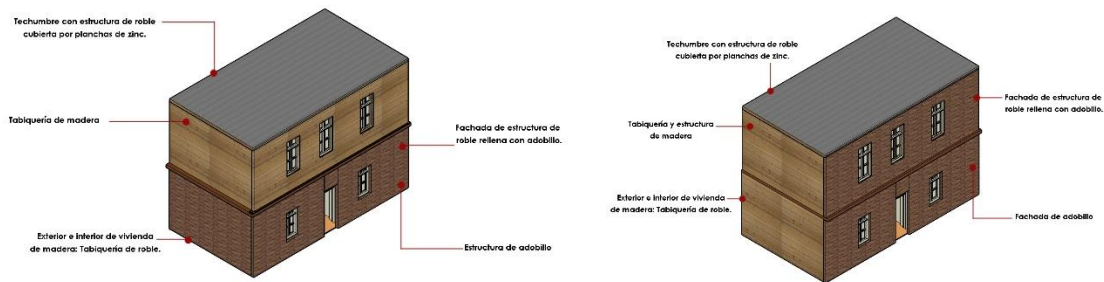


Figura 19. *Tipologías 1 y 2 según adobe y madera utilizados.* Elaboración propia.

6.2 Sistema constructivo de adobe: Propiedades higrotérmicas

En nuestro país la construcción con la técnica del adobe es parte de nuestra cultura y tradición constructiva. Se manifiesta en el periodo precolombino, y decae en las primeras décadas del siglo XX. Se utilizó desde la zona norte de nuestro país hasta la Región del Bío-Bío en distintas edificaciones como viviendas, iglesias, haciendas, etc. las cuales, en algunos casos son declaradas Monumento Histórico o se reconocen con un valor patrimonial.

Hoy en día los daños que se han producido en edificaciones con este sistema constructivo debido a los terremotos ocurridos y la falta de conocimiento sobre esta materialidad por parte de las instituciones (Jorquera, 2014) ha generado la pérdida de conservación y mantenimiento de los recintos construidos con la técnica del adobe.

El adobe es elaborado con una mezcla de arcilla, agua y arena o tierra y en algunos casos se incorpora paja vertida en moldes de madera para su secado con exposición al sol. La tierra que se utiliza para este sistema constructivo debe cumplir con ciertas características tales como tener un 15% de arcilla, y 70% de arena.⁷ Obteniendo estos porcentajes de los componentes del material, se debe realizar una mezcla y batido del barro y proceder a dejarlo secar el mismo día en que se realizó la mezcla, para agregar paja al día siguiente, lo cual aporta a los refuerzos de corte.⁸ Posteriormente se vierte la mezcla en moldes de madera y se deja secar por aproximadamente un mes.

Esta técnica constructiva se compone de recursos obtenidos en cercanías del sector donde se construye por lo que es difícil generalizar sus características. En Valparaíso se utiliza en su mayoría bloques de adobillo de 10x10x45 cm.⁹

Es necesario mencionar las principales causas que dañan esta materialidad y aumentan su deterioro con el paso del tiempo. En primer lugar el **agua** afecta en la erosión del material y en el agrietamiento de este. Le siguen las **sales** que provocan la eflorescencia y exfoliación. También afectan los **movimientos sísmicos** los cuales generan grietas, colapsos y muros

⁷ James R, C. (1997). *Preservation of historic adobe structures - a status report*. Washington DC: U.S Department of commerce.

⁸ Moscoso-Cordero, M.I. (2018) *El adobe, sus características y el confort térmico*. Cuenca: Universidad de Cuenca.

⁹ Prado & Jorquera Silva. (2007) *Libro de resúmenes; XIII SIACOT, Valparaíso, Chile*. Valparaíso: SIACOT.

desplomados. La **sobrecarga** genera pandeo y grietas estructurales y finalmente el **crecimiento biológico** que provoca agrietamiento.

La humedad es uno de los principales factores térmicos que genera el deterioro de las construcciones de adobe, por lo que se debe monitorear y buscar las zonas donde se generan estos daños para analizar si puede ser restaurado o no. Por otro lado, el agrietamiento, un daño iterativo, se puede restaurar sólo en casos en el que la grieta no sea tan profunda utilizando mortero.¹⁰ Ver **Figura 20**. *Deterioro y daños en fachada lateral de adobillo. Vivienda en avenida Alemania, tramo cerro Yungay perteneciente al caso de estudio.*



Figura 20. *Deterioro y daños en fachada lateral de adobillo. Vivienda en avenida Alemania, tramo cerro Yungay perteneciente al caso de estudio. Elaboración propia.*

Entre las diversas ventajas de este sistema constructivo tradicional, se encuentra el hecho de que son resistentes al fuego, controlan las temperaturas y el traspaso interior y exterior de estas, es aislante de sonido y entrega la posibilidad de la autoconstrucción.¹¹

Las propiedades térmicas de los materiales de construcción son: la capacidad calorífica y calor específico, la conductividad térmica, la dilatación térmica, la soldabilidad y la fusibilidad, no siendo consideradas estas dos últimas ya que se evidencian generalmente en

¹⁰ Torrealba, D.E. (2007) *Caracterización de daños, reparación y refuerzo en construcciones de adobe*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Departamento de Ingeniería, 2007.

¹¹ Quizhpe Vacacela, P.F. (2016). *Propuesta de mejoramiento del sistema constructivo bahareque en Galluchaqui, para la vivienda tradicional de la cultura Saraguro*. Cuenca: Universidad de Cuenca.

materialidades distintas al adobe como el vidrio, metales, acero, etc. Sin embargo, las propiedades consideradas en relación con el adobe serán descritas a continuación:

Capacidad calorífica y calor específico: Esta propiedad permite conocer la facilidad que tiene un material de absorber calor. Esta capacidad **C** se obtiene mediante la tasa de cambio del calor **Q** respecto a la temperatura **T**. En esta investigación se utiliza las unidades cal/°C

$$C = dQ / dT$$

Con respecto al adobe, la capacidad calorífica se encuentra entre los valores 500 y 700 Kcal/m³°C.¹² Esto implica que el adobe permite reducir el consumo de energía utilizando sistemas de calefacción, enfriamiento u otros sistemas artificiales de climatización.

Esta propiedad más que del material, es del objeto y su relación con el volumen. La capacidad calorífica se define por unidad de masa, por lo que presenta otra propiedad de **calor específico**, el cual muestra la cantidad de Joules **J** que se necesitan para elevar la temperatura **T** de 1 Kg en un Kelvin. Se denota con la letra **c** (en minúscula para diferenciar de **C**)

$$c = dQ / m \cdot dT$$

Considerando **m** como la masa.

En el caso del adobe el valor del calor específico se encuentra aproximadamente en los 0,2 Kcal / Kg °C.¹³

Es necesario mencionar que el calor específico del agua es más elevado que el promedio de la mayoría de los materiales y sustancias comunes, por lo que presenta una mayor capacidad para absorber y ceder calor.¹⁴ Esto genera un efecto modificador del clima en zonas costeras como la ciudad de Valparaíso, lo cual evita los cambios apresurados de temperatura.

Conductividad térmica: Corresponde a la capacidad de un material o sustancia para transportar el calor. A su vez, se genera la resistencia térmica, la cual se define por la capacidad de retener el calor en su interior.

Se relaciona directamente con la energía por unidad de área y de tiempo, por lo que la constante se mide en **W / (m/K)** (Siendo Watts **W**, masa **m** y Kelvin **K**).

El adobe presenta una conductividad térmica entre los valores de 0,46 y 0,92 W / (m/K). Estos bajos valores de conductividad en comparación a otros materiales como los metales, definen el adobe como un material aislante de temperaturas exteriores.

Dilatación térmica: Cada sustancia contiene átomos en constante movimiento o vibración, que al elevar las temperaturas en su entorno generan una mayor vibración de los átomos. Esto

¹² Certificados Energéticos. (20 de Diciembre de 2016). *certificadosenergeticos.com* . Obtenido de Certificados energéticos: <https://www.certificadosenergeticos.com/inercia-termica-construccion-edificios-eficientes>

¹³ Arquitectos Sen Fronteiras. (2016). *FICHA TÉCNICA: SISTEMA CONSTRUCTIVO ADOBE/TAPIAL*. Piura: Proxecto coñecemento da realidade [PCR].

¹⁴ Véliz Carvajal, J & Muñóz Sepúlveda, C. (2018) *Equilibrio térmico*. Santiago: Universidad Técnica Federico Santa María.

genera que los materiales sufran modificaciones como respuesta al aumento de temperaturas como la contracción o expansión.

La relación se genera entre la variación de la longitud **L** de una varilla del material al aumentar la temperatura inicial de la varilla **V0** y la variación de la temperatura **T**. Se utiliza como unidad de medida **mm / m °C**.

$$\Delta L = \alpha \cdot L_0 \cdot \Delta T$$

Siendo **α** el coeficiente de expansión lineal de la varilla.

El adobe (después del secado) presenta una dilatación térmica aproximada de 0,012 mm / m °C¹⁵, lo cual demuestra la baja variedad de expansión o contracción que sufre este material al aumentar las temperaturas en su entorno.

Propiedad higrotérmica: Es la capacidad de una sustancia para absorber o emitir humedad en el aire, lo cual genera un equilibrio en la humedad en el interior de un recinto. La superficie que afecta a la humedad de un espacio interior se encuentra entre los primeros 2 a 4 cm del espesor del muro por lo cual se deben utilizar revestimientos que aporten al equilibrio de la humedad.

El adobe es considerado como un material higroscópico, es decir, es un material sensible a la humedad, ya que su absorción varía entre 0 a 4%, pero no debería exceder el 4%.¹⁶

Finalmente, para resumir los datos y su definición se realiza una tabla con los valores aproximados de las propiedades térmicas del sistema constructivo de adobe. Ver **figura 21**. *Tabla de resumen de datos de las propiedades térmicas del adobe.*

Sistema Constructivo	Capacidad calórica (Kcal/m ³ °C)	Calor específico (Kcal / Kg °C)	Conductividad térmica (W/(m.K))	Dilatación térmica (mm/ m °C)	Higroscopicidad (%)
Adobe	500 y 1000 (Kcal/m ³ °C)	0,2 Kcal / Kg °C	0,46 y 0,92 W / (m/K)	0,012 mm / m °C	0% - 4%
Detalle	Esto significa que el adobe está dentro de los materiales con una alta capacidad calórica, es decir, con una mayor capacidad de intercambiar	El material presenta un muy bajo porcentaje de calor específico, es decir, no necesita estar expuesto a grandes cantidades de energía calórica para	La alta conductividad térmica en comparación con otros materiales constructivos como la madera, define al adobe como un material conductor de calor.	La baja dilatación térmica del adobe evidencia que este material no sufre grandes modificaciones al estar expuesto a cambios de temperaturas.	Cuando el aire está saturado, el adobe tiende a absorber la humedad atmosférica, lo cual genera la pérdida de resistencia de sus refuerzos.

¹⁵ Arquitectos Sen Fronteiras. (2016) *FICHA TÉCNICA: SISTEMA CONSTRUCTIVO ADOBE/TAPIAL*. Piura: Proxecto coñecemento da realidade [PCR].

¹⁶ Moscoso-Cordero, M.I. (2018). *El adobe, sus características y el confort térmico*. Cuenca: Universidad de Cuenca.

	calor con su entorno.	incrementar su temperatura.			
--	-----------------------	-----------------------------	--	--	--

Figura 21. *Tabla de resumen de datos de las propiedades térmicas e higrotérmica del adobe.* Elaboración propia.

6.3 Sistema constructivo de madera: propiedades higrotérmicas

Actualmente en la industria de la construcción, los sistemas constructivos mayormente empleados como el acero y el concreto provienen de recursos no renovables. Estos materiales han generado un desplazamiento de otros sistemas constructivos que a pesar de ser considerados como sustentables, no presentan las mismas capacidades de estos materiales, como en el caso de la madera ya que no puede ser utilizada en construcciones de más de 3 pisos. Esto se puede observar en las transformaciones urbano-arquitectónicas de los barrios, donde las edificaciones de baja altura utilizan la madera principalmente en casos de intervenciones como ampliaciones o acabados en interiores y exteriores, ignorando otros usos que otorga este material.

En Valparaíso las edificaciones ubicadas en los cerros y que fueron construidas durante fines del siglo XIX y principios del siglo XX, como las viviendas del caso de estudio, presentan diversas intervenciones autoconstruidas o gestionadas no regularizadas, lo cual genera en algunos casos una elección errónea del sistema constructivo que influye directamente con las condiciones de habitabilidad del usuario al interior de su vivienda. Ver **figura 22.** *Vivienda con sistema constructivo de adobe en proceso de intervención con madera ubicada en el tramo Av. Alemania, cerro Yungay, Valparaíso.*



Figura 22. *Vivienda con sistema constructivo de adobe en proceso de intervención con madera ubicada en el tramo Av. Alemania, cerro Yungay, Valparaíso.* Elaboración propia.

(Cabrera, 2014) en su informe “*Arquitectura modular. El futuro de la construcción es con madera.*”¹⁷ Se refiere a esta como el único sistema constructivo obtenido completamente por un recurso natural renovable, ya que proviene directamente de los árboles. Además, producir este material, a diferencia de otros materiales como el concreto, permite la captación del CO₂ lo cual es fundamental para combatir el cambio climático.

Dentro de los principales factores tanto abióticos como bióticos que generan el deterioro y daños en los sistemas constructivos de madera, se encuentran: En primer lugar el **agua**, ya que la madera al estar compuesto por un tejido leñoso de células huecas¹⁸ el agua es absorbido por el material sin protección, genera una expansión del material. Por otro lado, el **fuego**, aporta en el deterioro de la madera ya que al ser un material combustible, origina carbón y gases inflamables.¹⁹ Finalmente los factores bióticos como los **hongos e insectos**, los cuales producen daños graves en la madera. Se alimentan de los componentes de la pared celular llegando a provocar la destrucción completa de esta. (AITIM Madera, 2014).

Sin volver a mencionar las definiciones de cada una de las propiedades, se inserta una tabla con el resumen de los valores asociados al comportamiento de la madera ante variaciones de temperatura y humedad. Ver **figura 23**. *Tabla de resumen de datos de las propiedades térmicas e higrotérmica de la madera.*

Sistema constructivo	Capacidad calórica (Kcal/m ³ °C)	Calor específico Kcal / Kg °C	Conductividad térmica W/(m.K)	Dilatación térmica (mm/m°C)	Higroscopicidad (%)
Madera	384 (Kcal/m ³ °C) aprox.	0,4-0,7 Kcal / Kg °C	0,13-0,29 W/m.K	Nulo	30% aprox.
Detalle	La madera baja capacidad calórica de la madera demuestra que posee una baja capacidad de oponerse al flujo de calor.	El material no necesita estar expuesto a grandes cantidades de energía calórica para el incremento de temperatura.	Relativamente baja debido a la porosidad del material. A mayor densidad de madera, menor conductividad térmica.	La dilatación térmica de la madera se considera relativamente nula, ya que ante el aumento de temperaturas no cambia su longitud.	La madera presenta la capacidad de absorber y eliminar humedad fácilmente en relación con el entorno en el que se encuentra.

Ver **figura 23**. *Tabla de resumen de datos de las propiedades térmicas e higrotérmica de la madera.* Elaboración propia. Fuente de datos: http://leias.fa.unam.mx/wp-content/uploads/2018/07/180515_Practica12_LES.pdf

¹⁷ Cabrera, J.M. (2014). *Arquitectura modular. El futuro de la construcción es con madera*. Navarra: Forestal.

¹⁸ Garrido Gallego, M.D. (2015). Agentes de degradación de la madera y tratamientos de prevención. *Publicaciones Didácticas*, 49-71.

¹⁹ AITIM Madera. (2014). PROTECCIÓN DE LA MADERA - Estructuras madera y fuego. *Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la madera*, 1-6.

6.4 Comparación propiedades térmicas e higrotérmica: sistemas constructivos adobe y madera

Cada uno de estos elementos constructivos de una vivienda interfieren en el confort térmico del habitante. La envolvente y la techumbre están compuestas por los cerramientos que delimitan el recinto del exterior. La envolvente térmica es fundamental para lograr el estado de confortabilidad térmica al interior de la vivienda ya que protege a los habitantes del clima exterior durante el día y las estaciones del año.²⁰ Por otro lado, el sistema de tabiquería interior delimitan espacios según su orientación, materialidad y formas de aislación interfiere en el confort térmico del habitante. Para esta investigación se considera como sistema constructivo de la vivienda: la envolvente, el sistema de tabiquería y la techumbre.

Como ha sido mencionado a lo largo de este informe, la tipología de viviendas del caso de estudio incorporan los sistemas constructivos de adobe y madera. Para poder evaluar el confort térmico del adulto mayor al interior de estas viviendas es necesario realizar una comparación de las propiedades térmicas e higrotérmicas de ambos materiales para obtener una noción del funcionamiento de una vivienda con sistema constructivo híbrido. Se realiza una tabla comparativa para resumir y comparar las propiedades higrotérmicas de ambos sistemas constructivos. Ver **figura 24**. *Tabla comparativa de las propiedades higrotérmicas de los sistemas constructivos.*

Sistema constructivo	Capacidad calórica (Kcal/m ³ °C)	Calor específico Kcal / Kg °C	Conductividad térmica W/(m.K)	Dilatación térmica (mm/ m °C)	Higroscopicidad (%)
Adobe	500 y 1000 (Kcal/m ³ °C)	0,2 Kcal / Kg °C	0,46 y 0,92 W / (m/K)	0,012 mm / m °C	0% - 4%
Madera	384 (Kcal/m ³ °C) aprox.	0,4-0,7 Kcal / Kg °C	0,13-0,29 W/m.K	Nulo	30% aprox.
Detalle comparativo	El adobe contiene una capacidad calórica mayor a la de la madera, es decir, existe una diferencia en la capacidad de intercambiar calor con el entorno ya que este último presenta	Ambas materialidades presentan un bajo índice de calor específico. Esto define que no necesitan estar expuestos a grandes cantidades de energía calórica para incrementar su temperatura.	El adobe contiene una conductividad térmica mayor a la de la madera, es decir, el adobe se considera como un material conductor de calor, en cambio la conductividad térmica de la madera es relativamente baja debido a su porosidad.	Ambas materialidades presentan índices de dilatación térmica bajos. Esto demuestra su longitud no se ve afectada al estar expuestos a cambios de temperaturas.	Existe una gran diferencia en la higroscopicidad de ambas materialidades. El porcentaje del adobe es mucho menor al de la madera, lo cual indica que hay una amplia diferencia en la capacidad de absorber y eliminar la humedad hacia el entorno.

²⁰ CORFO. (2016). *Manual de (Re) Acondicionamiento térmico*. Concepción: El Sur Impresiones.

	fibras que no acumulan el calor.				
--	----------------------------------	--	--	--	--

Figura 24. Tabla comparativa de las propiedades higrotérmicas de los sistemas constructivos. Elaboración propia.

CAPÍTULO 7: Análisis y simulación de datos.

7.1 Levantamiento de datos obtenidos en la encuesta

Siguiendo el orden de la metodología de esta investigación, se presentará un análisis de los datos obtenidos por la encuesta realizada a los adultos mayores del sector. Para comenzar, se realiza un catastro de las viviendas en las que habitan adultos mayores y brindaron información relacionada con su percepción higrotérmica, tipo de vestimenta, actividades que realiza al interior de la vivienda y su comodidad ante la ventilación natural.

Esta encuesta se realizó el día 21 de noviembre de 2021, donde participaron 10 adultos mayores autovalentes; 5 mujeres y 5 hombres habitantes del tramo cercano a la Av. Alemania y calle Miguel Ángel en el Cerro Yungay de Valparaíso. Sin dar a conocer datos personales sobre entrevistados y sus viviendas, se inserta la **figura 25** *Catastro de viviendas de adultos mayores encuestados*, con el objetivo de posicionar las viviendas de los participantes, su cercanía y orientación.



Figura 25. Catastro de viviendas de adultos mayores habitantes de las tipologías del caso de estudio. Elaboración propia. Imagen extraída de Google Earth Pro.

Según los datos de la encuesta realizada se obtienen los siguientes gráficos:



Figura 26. Resultados obtenidos en encuesta: Tiempo que pasa el adulto mayor en su vivienda. Elaboración propia.

Esta información permite tener en cuenta cuanto tiempo habita en el interior de su vivienda el adulto mayor, por ende, indica que tan afectado es en su día a día por el confort térmico al interior de su hogar. Se destaca el estar la mayor parte del tiempo en la vivienda, ya que al ser adultos mayores autovalentes suelen desplazarse por el barrio, ir a visitar a familiares, amigos, asistir al médico, ir de compras, entre otras actividades mencionadas por los entrevistados. Solo existe 1 caso de los 10 entrevistados en el cual el adulto mayor solo pasaba la noche en su vivienda ya que asistía al trabajo presencial y realizaba constante ejercicio.

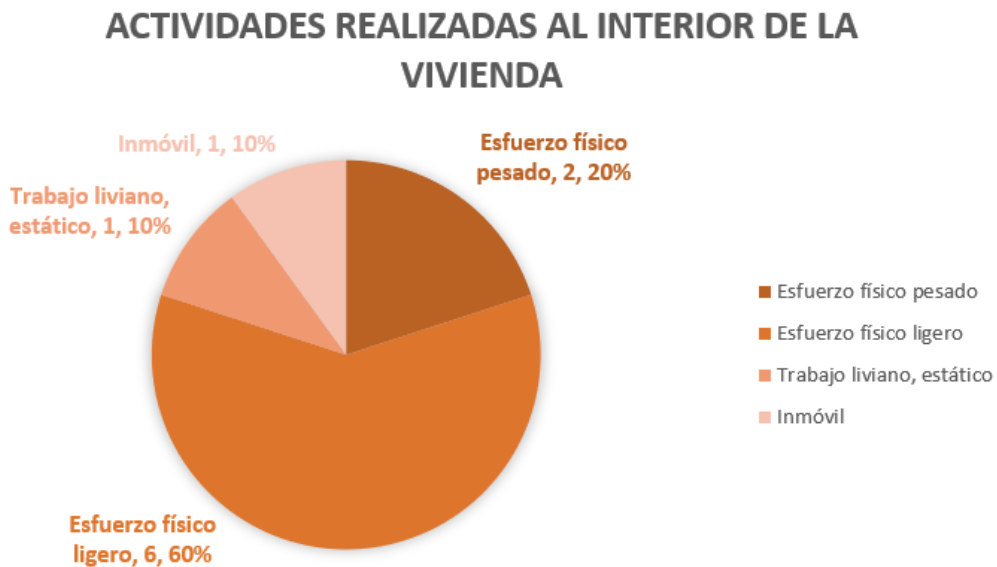


Figura 27. Resultados obtenidos en encuesta: Actividades que realiza el adulto mayor en su vivienda. Elaboración propia.

La actividad realizada al interior de la vivienda permite establecer datos cuantitativos sobre la actividad metabólica del usuario al interior de su residencia. Existe una diferencia en el gasto energético, actividad metabólica y temperatura corporal del ser humano si está realizando una actividad de esfuerzo físico pesado como el traslado de carga pesada o si está realizando una actividad correspondiente al trabajo liviano estático como estar sentado leyendo un libro.

Según la encuesta, 6 de 10 de los adultos mayores encuestados calificaron sus actividades como esfuerzo físico ligero en lo que mencionaban actividades como hacer el aseo del hogar, cocinar, alimentar a sus animales, extraer frutos de sus árboles y regar las plantas. Sin embargo, el 100% de los entrevistados agregó que no eran actividades que realizaban la mayor parte del día ya que las definían como agotadoras y que muchas veces perjudicaban su capacidad respiratoria al generar un desgaste físico. Hubo sólo un caso excepcional en el cual uno de los participantes declaró estar la mayor parte del tiempo inmóvil al interior de su vivienda por padecer artrosis. Se definía a sí mismo como autovalente ya que era capaz de realizar actividades pero prefería mantenerse recostado en su dormitorio si no presentaba alguna urgencia.

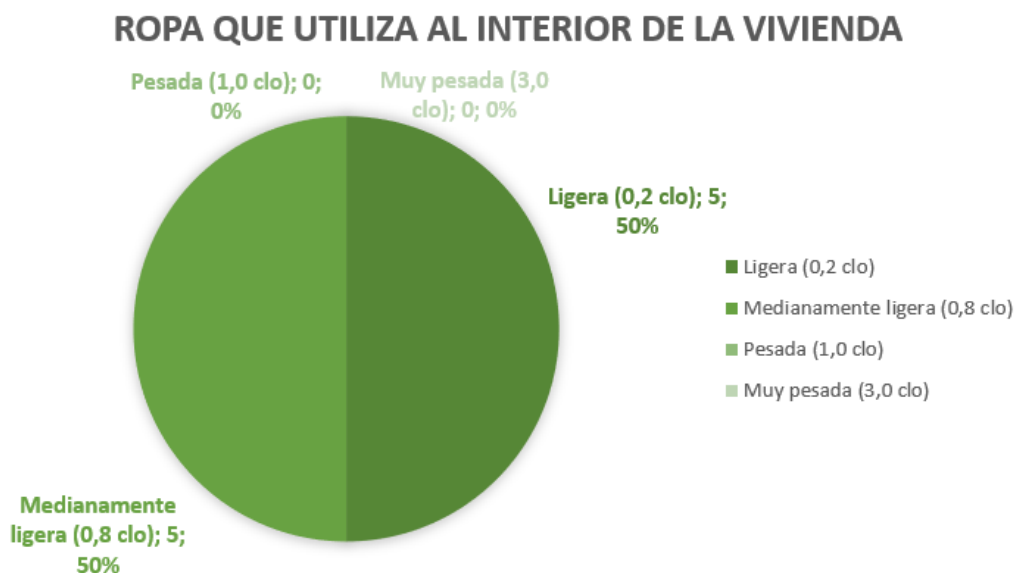


Figura 28. Resultados obtenidos en encuesta: Ropa que utiliza el adulto mayor en su vivienda. Elaboración propia.

Estos resultados permiten establecer un promedio de la vestimenta utilizada por el adulto mayor al interior de su vivienda. En este caso, el 50% de los participantes definen su vestimenta como medianamente ligera, es decir, ropa no ajustada y delgada, destacando los pantalones y poleras manga larga de poliéster. El otro 50% calificó su vestimenta como ligera, ya que al igual que en el caso anterior, se destaca el uso de pantalones y poleras manga larga delgadas y no ajustadas de poliéster pero a medida que disminuían las temperaturas en el día agregaban un chaleco tejido o de algodón.

Es necesario mencionar que estos datos permiten establecer el índice **clo** del adulto mayor del caso de estudio al interior de la vivienda, el cual varía entre 0,2 – 0,8 clo. A pesar de que existen cuatro tipologías de viviendas (A.1, A.2, B.1 y B.2) los resultados se asemejan en los

cuatro tipos de vivienda establecidos según su orientación y materialidad del sistema constructivo. Sin embargo, en las viviendas de la tipología A (construidas con dos bloques de sistemas constructivos diferentes: un piso de adobe y un piso de madera) el adulto mayor consideró que utilizaba vestimenta ligera al permanecer en el primer nivel (donde se encuentran las habitaciones) de adobe de la vivienda y que su temperatura disminuía cuando ascendía al segundo nivel, donde solía agregar una prenda más a su vestimenta.

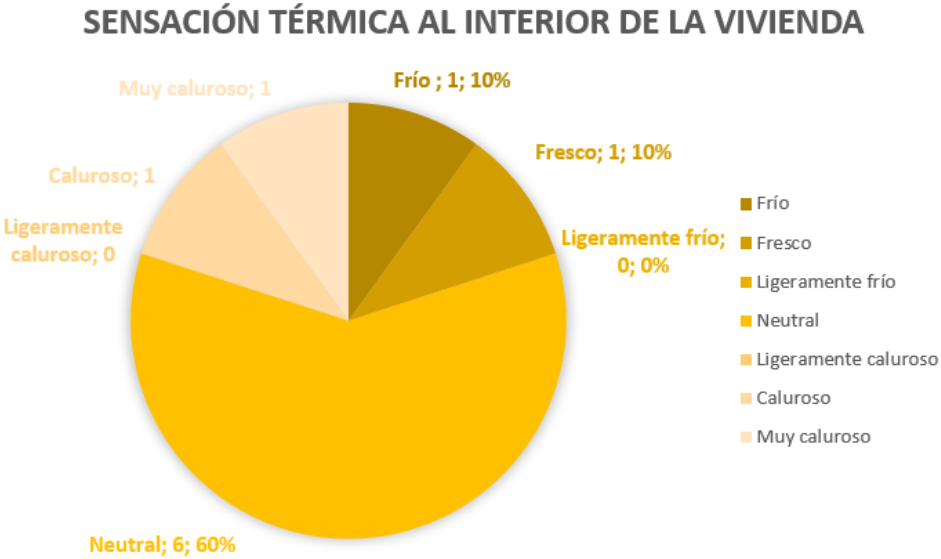


Figura 29. Resultados obtenidos en encuesta: Sensación térmica del adulto mayor al interior de su vivienda. Elaboración propia.

Como se mencionó anteriormente esta escala para calificar la sensación térmica del adulto mayor al interior de la vivienda corresponde a los 7 puntos establecidos por el estándar ASHRAE 55.

El 60% de los entrevistados calificó su sensación térmica como neutra, es decir, presentan una comodidad respecto a las temperaturas al interior de su vivienda. Sin embargo, el 40% comentó un descontento con la temperatura, donde se definieron como frío o ligeramente frío las viviendas de la tipología B, es decir, viviendas con la mayor parte del sistema constructivo formado por madera y que mantenían sólo la fachada de adobe. Por otro lado, definen como muy caluroso y caluroso dos participantes que habitan en viviendas tipo A ubicadas entre medianeros de adobe o de concreto.

Por otro lado todos los entrevistados aseguraron que no utilizaban ni necesitaban sistemas de climatización artificial como ventiladores o estufas en ninguna de las estaciones del año.

PERCEPCIÓN DE LA HUMEDAD AL INTERIOR DE LA VIVIENDA

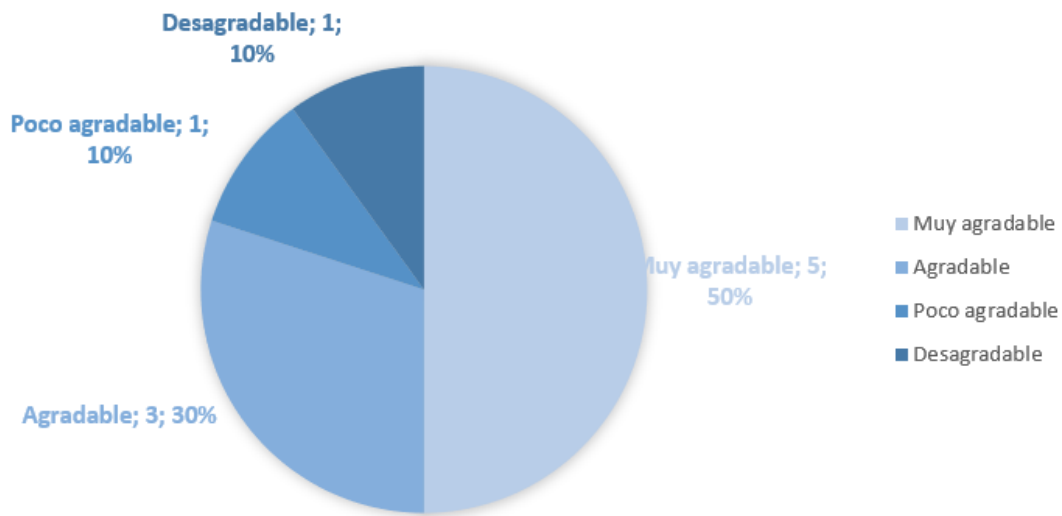


Figura 30. Resultados obtenidos en encuesta: Percepción de la humedad al interior de la vivienda del adulto mayor. Elaboración propia.

Sobre la percepción de la humedad en el interior del recinto se destaca una percepción muy agradable sobre esta ya que como comentaban los encuestados, decían no percibirla ni ser afectados por esta, razón por la cual la mayoría de las respuestas se encuentran entre agradable y muy agradable.

Existen dos casos donde se manifestaba un disconfort respecto a la humedad ya que los encuestados comentaban que podían observar el deterioro de los sistemas constructivos de sus viviendas y concluían que era causa de la humedad existente en el lugar. Esta molestia se manifestó en viviendas principalmente correspondientes a la tipología A. Ver **figura 31. Deterioro de muro exterior de adobe por la humedad y aparición de vegetación correspondiente a la tipología A.** Y **figura 32. Deterioro de la madera del sistema constructivo en el segundo nivel inserto en la tipología A.**

Es importante destacar que la molestia descrita por los encuestados correspondía principalmente al deterioro de su vivienda y no directamente con el confort higrotérmico de este. Las respuestas entregadas por los participantes que presentaban molestias fueron ligadas directamente con el estado del sistema constructivo de la vivienda.



Figura 31. Deterioro de muro exterior de adobe por la humedad y aparición de vegetación correspondiente a la tipología A. Elaboración propia



Figura 32. Deterioro de la madera del sistema constructivo en el segundo nivel inserto en la tipología A. Elaboración propia.

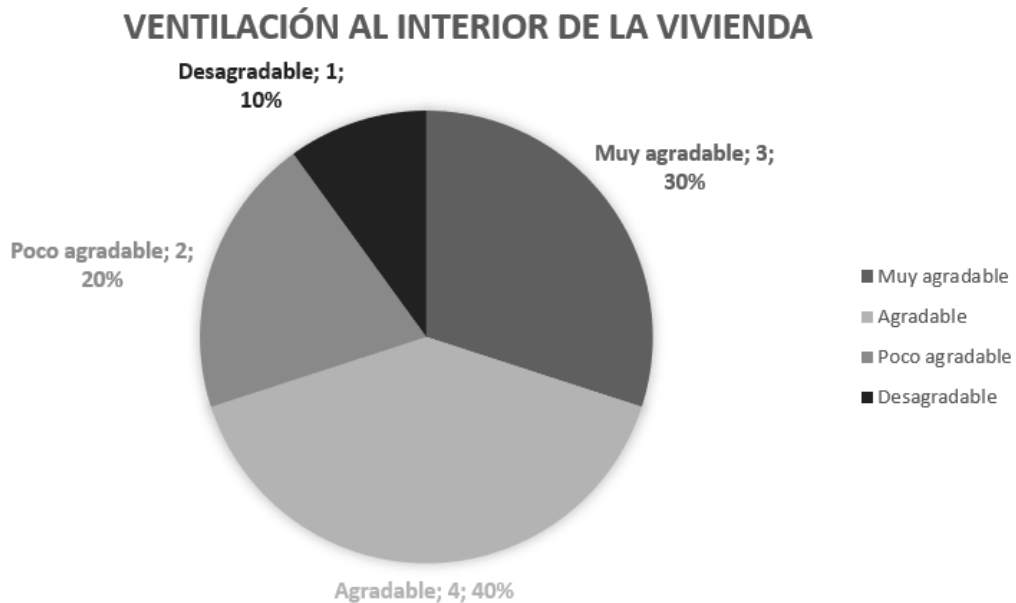


Figura 33. Resultados obtenidos en encuesta: Ventilación al interior de la vivienda del adulto mayor. Elaboración propia.

A pesar de los vientos que se producen en Valparaíso dada su condición costera, el 70% de los encuestados define la ventilación al interior de su vivienda como muy agradable –

agradable. Los participantes mencionaban que al habitar en viviendas de fachada continua entre medianeros, solo presentaban ventanas en dos de sus fachadas disponibles para el ingreso de la iluminación natural y el viento generando así una ventilación cruzada que permite ventilar la vivienda. Los usuarios mencionaban que siempre abrían dos ventanas frontales, lo cual permitía que el aire circulara por el interior del recinto. Suelen abrirlas durante todo el año desde las primeras horas del día hasta el medio día y en verano se mantienen abiertas hasta horas como las 18:00 o 20:00 hrs.

¿CÓMO PREFERIRÍA ESTAR?

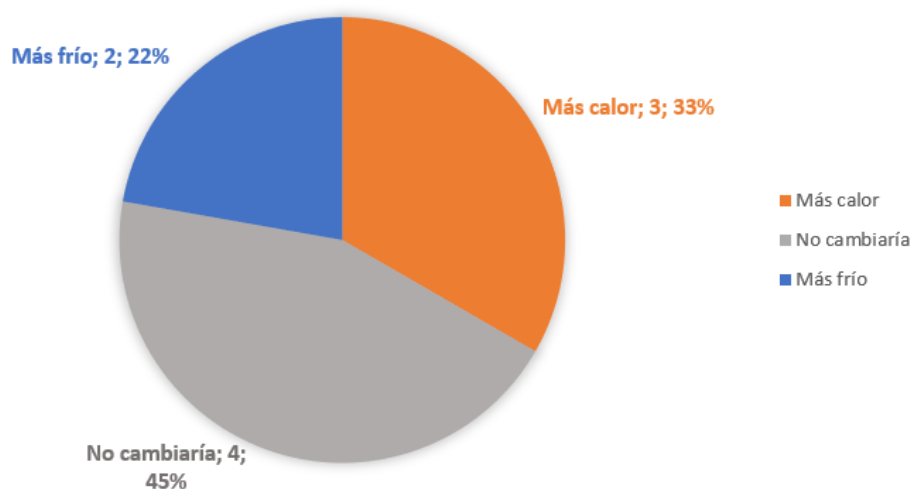


Figura 34. Resultados obtenidos en encuesta: ¿Cómo preferiría estar? Pregunta realizada al adulto mayor respecto a las temperaturas al interior de su vivienda. Elaboración propia.

Finalmente con esta pregunta final se puede observar que existe una variación entre la comodidad en el momento de la encuesta de los adultos mayores ya que en esta influye una diversidad de factores tales como el padecer enfermedades, la hora en la que fueron encuestados, la vestimenta que utilizaban en ese momento, la actividad que estaban realizando, etc. El 45% de los encuestados declaró que no cambiaría la temperatura que sentía en aquel momento (entre 14:00 y 19:00 hrs del día 21 de noviembre de 2021) declarándose en un estado de confort. Sin embargo, el 55% restante presentaba molestias acordes a las temperaturas prefiriendo aumentarlas o disminuirlas.

7.2 Monitoreo higrotérmico

En esta investigación se llevó a cabo un monitoreo de las temperaturas media, máxima, mínima y de la humedad relativa existente al interior de una de las viviendas correspondiente a la tipología A.1 (Vivienda con orientación hacia el poniente y compuesta por un nivel de adobe y otro nivel de madera) del caso de estudio.

Para el monitoreo se utilizó un termohigrómetro digital instalado en una partición ubicada en el segundo nivel de una vivienda durante una semana, desde el **lunes 20 hasta el domingo 26 de noviembre**, obteniendo datos cada 3 horas; cercanas a las 8:00 am, 14:00 pm y 18:00 pm. Se escoge el segundo nivel dada la existencia de un sistema constructivo híbrido en el

cual se presentan muros exteriores de madera y de adobe. A su vez, es necesario mencionar que fue instalado en una de las particiones interiores del recinto construida con adobe, ubicada en el eje central de la casa por lo que estaba expuesto a la circulación cruzada que se generaba al ventilar la vivienda desde sus dos únicas fachadas.

A modo de síntesis de los datos obtenidos se realiza una tabla en la cual se insertan los resultados del monitoreo según la hora en la que se supervisó cada día de la semana.

Monitoreo higrotérmico al interior de la vivienda a las 8:00 am				
Día	T. media °C	T. máxima °C	T° mínima °C	HR %
Lunes 20	15,7 °C interior	18,8 °C interior	15,7 °C interior	60%
	16,8 °C exterior	19,3 °C exterior	16,7 °C exterior	
Martes 21	16,0 °C interior	18,5 °C interior	16,0 °C interior	63%
	16,9 °C exterior	19,5 °C exterior	16,9 °C exterior	
Miércoles 22	15,5 °C interior	17,5 °C interior	15,5 °C interior	71%
	16,3 °C exterior	18,5 °C exterior	16,3 °C exterior	
Jueves 23	15,3 °C interior	18,5 °C interior	15,0 °C interior	66%
	16,5 °C exterior	19,2 °C exterior	16,0 °C exterior	
Viernes 24	18,1 °C interior	20,9 °C interior	17,5 °C interior	62%
	18,8 °C exterior	21,1 °C exterior	18,1 °C exterior	
Sábado 25	16,2 °C interior	18,9 °C interior	16,0 °C interior	64%
	17,3 °C exterior	19,8 °C exterior	17,3 °C exterior	
Domingo 26	15,0 °C interior	17,8 °C interior	14,7 °C interior	60%
	16,4 °C exterior	18,6 °C exterior	15,9 °C exterior	
Promedio	16,0 °C interior	18,7 °C interior	15,7 °C interior	63,7 %
	17,0 °C exterior	19,4 °C exterior	16,7 °C exterior	

Figura 35. Monitoreo higrotérmico al interior de vivienda construida con un sistema constructivo híbrido a las 8:00 am. Elaboración propia.

Respecto al monitoreo realizado durante la semana a las 8:00 am, se puede concluir que la temperatura exterior posee cerca de 1 °C más que la temperatura interna del recinto. Esto se puede visualizar en el promedio de la temperatura media, máxima y mínima.

La temperatura interior de la vivienda durante este periodo no superó los 21 °C ni estuvo bajo los 15,0 °C lo cual indica que a tempranas horas del día en noviembre se presentan temperaturas moderadas al interior de la vivienda. En cuanto a la humedad oscila entre el 60% y no sobrepasa el 71%, lo cual la ubica dentro del rango de confort higrotérmico.

Es necesario conocer las temperaturas a medio día ya que entre las 12:00 y 15:00 hrs se encuentran las temperaturas máximas del día. El monitoreo se realizó a las 14:00 hrs durante los 7 días de la semana donde se puede concluir que, durante el día la diferencia entre la temperatura exterior e interior sigue siendo de 1 °C, sin embargo, estas aumentan en un promedio de 4°C en comparación a las temperaturas obtenidas a las 8:00 am. En cuanto a la humedad relativa, el porcentaje presenta un aumento a medida que pasan las horas de aproximadamente un 0,8%. Ver **figura 36**, Monitoreo higrotérmico al interior de la vivienda construida por un sistema constructivo híbrido a las 14:00 pm.

Si relacionamos estas variables con las propiedades higrotérmicas del sistema constructivo híbrido de la vivienda, se puede inferir que la diferencia en la propiedad de capacidad calorífica y la conductividad térmica entre el adobe y la madera provoca que haya un desequilibrio en la capacidad de intercambiar el calor con el entorno y mantenerlo en su interior, lo cual interfiere en las temperaturas interiores del recinto y aporta en esta diferencia de 1°C menos al interior.

Monitoreo higrotérmico al interior de la vivienda a las 14:00 pm				
Día	T. media °C	T. máxima °C	T° mínima °C	HR %
Lunes 20	19,0 °C interior	19,1 °C interior	15,7 °C interior	63%
	20,5 °C exterior	20,5 °C exterior	16,7 °C exterior	
Martes 21	18,1 °C interior	18,5 °C interior	15,9 °C interior	78%
	18,9 °C exterior	19,9 °C exterior	16,5 °C exterior	
Miércoles 22	19,3 °C interior	19,4 °C interior	15,5 °C interior	73%
	20,6 °C exterior	20,9 °C exterior	16,3 °C exterior	
Jueves 23	22,6 °C interior	22,6 °C interior	15,0 °C interior	60%
	23,1 °C exterior	23,1 °C exterior	16,0 °C exterior	
Viernes 24	19,6 °C interior	20,9 °C interior	17,4 °C interior	67%
	20,4 °C exterior	21,1 °C exterior	17,9 °C exterior	
Sábado 25	21,4 °C interior	21,5 °C interior	16,0 °C interior	66%
	22,1 °C exterior	22,5 °C exterior	17,3 °C exterior	
Domingo 26	22,7 °C interior	23,3 °C interior	14,7 °C interior	45%
	22,1 °C exterior	24,4 °C exterior	15,9 °C exterior	
Promedio	20,3 °C interior	20,7 °C interior	15,7 °C interior	64,5%
	21,1 °C exterior	21,7 °C exterior	16,6 °C exterior	

Figura 36. Monitoreo higrotérmico al interior de la vivienda construida por un sistema constructivo híbrido a las 14:00 pm. Elaboración propia.

En el caso de las 18:00 hrs, se puede notar una diferencia entre la variación de la temperatura interior y exterior respecto a los monitoreos realizados a las 8:00 am y 14:00 pm.

La variación entre de temperatura al interior y exterior de la vivienda se reduce a la mitad de los valores observados durante horas previas, disminuyendo la diferencia de temperaturas a 0,5 °C. Esto puede incluir diversos factores, pero en relación con el sistema constructivo se puede concluir que durante la noche u horas en las que el edificio deja de recibir la luz solar directa, el calor se expulsa hacia el interior de la vivienda, generando un equilibrio entre la temperatura exterior e interior. En cuanto a la humedad, se puede observar que a medida que obtiene su mayor valor en las cercanías de las 14:00 hrs y tiende a disminuir considerablemente en horas de la noche. La diferencia de la humedad relativa promedio durante los 7 días fue del 7,8%.

El aumento de la temperatura interior del recinto a medida que aumentan las horas del día es fundamental para el adulto mayor ya que las temperaturas más bajas se presentan durante la madrugada (momentos donde suelen estar durmiendo) y considerando la modificación de la tasa metabólica a medida que acrecienta la edad, es necesario que en horas donde disminuye la temperatura exterior, aumente la temperatura interior. Ver **figura 37.** Monitoreo higrotérmico al interior de la vivienda construida con un sistema constructivo híbrido a las 18:00 pm.

Monitoreo higrotérmico al interior de la vivienda a las 18:00 pm				
Día	T. media °C	T. máxima °C	T° mínima °C	HR %
Lunes 20	23,0 °C interior	23,0 °C interior	15,7 °C interior	54%
	22,7 °C exterior	23,0 °C exterior	16,7 °C exterior	
Martes 21	19,3 °C interior	18,5 °C interior	16,0 °C interior	59%
	19,4 °C exterior	19,5 °C exterior	16,9 °C exterior	
Miércoles 22	15,5 °C interior	20,2 °C interior	15,9 °C interior	71%
	16,3 °C exterior	21,5 °C exterior	16,5 °C exterior	
Jueves 23	22,6 °C interior	22,9 °C interior	15,5 °C interior	53%
	22,5 °C exterior	23,0 °C exterior	16,3 °C exterior	
Viernes 24	26,3 °C interior	26,3 °C interior	15,0 °C interior	49%
	26,0 °C exterior	28,3 °C exterior	16,0 °C exterior	
Sábado 25	21,7 °C interior	21,7 °C interior	17,4 °C interior	60%
	22,0 °C exterior	22,0 °C exterior	17,9 °C exterior	
Domingo 26	21,6 °C interior	22,1 °C interior	16,0 °C interior	51%
	22,0 °C exterior	22,7 °C exterior	17,3 °C exterior	
Promedio	21,4 °C interior	21,9 °C interior	15,9 °C interior	56,7%
	21,5 °C exterior	22,8 °C exterior	16,8 °C exterior	

Figura 37. Monitoreo higrotérmico al interior de la vivienda construida con un sistema constructivo híbrido a las 18:00 pm. Elaboración propia.

A modo de resumen se realizaron distintos gráficos que muestran la variación de las temperaturas y la humedad relativa obtenidos por el monitoreo realizado en una de las viviendas correspondientes al caso de estudio. Ver **figura 38.** *Temperatura media promedio de los días de la semana de monitoreo.* Y **figura 39.** *Humedad relativa promedio de los días de la semana de monitoreo.*

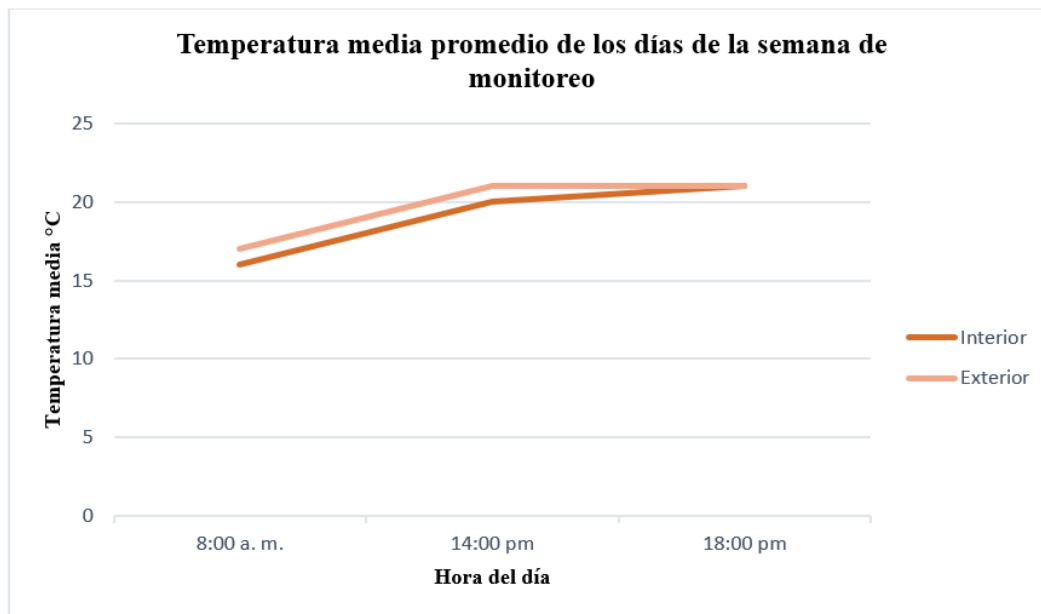


Figura 38. *Temperatura media promedio de los días de la semana de monitoreo.* Elaboración propia.

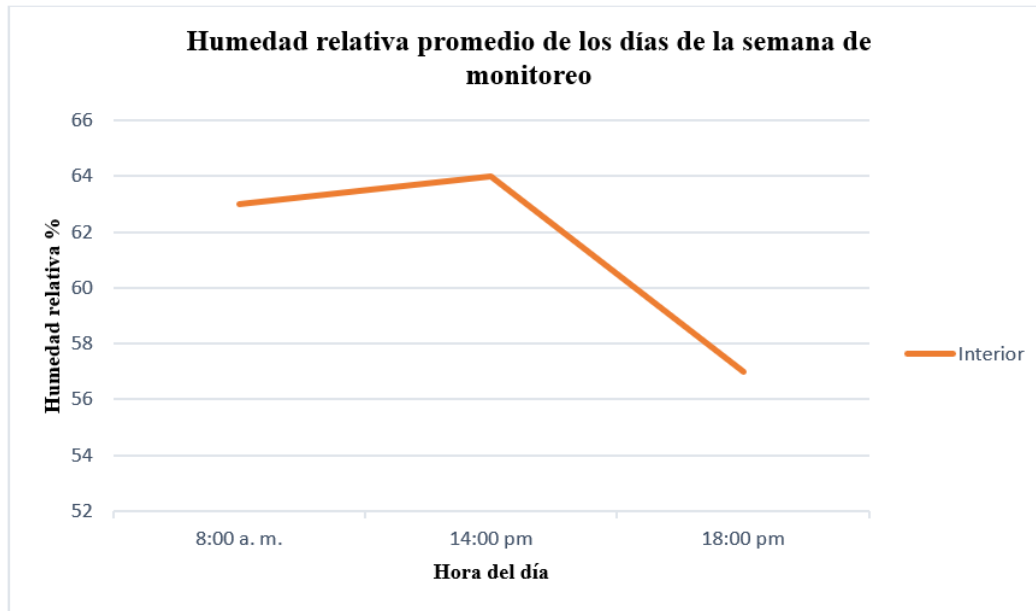


Figura 39. Humedad relativa promedio de los días de la semana de monitoreo.

7.3 Simulaciones y análisis en software DesignBuilder

Para la simulación del confort térmico del adulto mayor al interior de su vivienda con **orientación norte** (tipología A) y **orientación poniente** (tipología B) construida con al menos un **bloque completo de adobe y una ampliación con al menos un bloque completo de madera unidos** (tipo 1) y **construida y ampliada completamente con madera a excepción de la fachada** (tipo 2), se utilizó el programa *Design Builder* versión v6 con motor *Energy Plus*.

Para la simulación se consideran los siguientes datos:

- Plantilla de uso: *CTE Residential - Dwelling unit with kitchen*.
- Plantilla de ubicación y clima: Valparaíso (datos importados desde <https://climate.onebuilding.org>)
- Densidad de ocupación: 0.0215 personas/m²
- El cálculo se enfoca en las temperaturas, humedad relativa y ventilación natural en el interior de la vivienda sin instrumentos artificiales, ya que según la encuesta realizada, el total de los entrevistados aseguró no utilizar sistemas de climatización artificial durante el año. Dicho esto, no se analizarán las cargas energéticas que requiere el balance energotérmico del edificio, solo el balance térmico.
- Se simulará en el periodo de **verano** (diciembre 21-marzo 20).
- Se utiliza la plantilla de sitio: Valparaíso

- Se encuentran desactivados para la simulación: computadoras, equipos de oficina, misceláneos, cocina, procesos, iluminación general, iluminación exterior, iluminación de tarea y acento, ventilación mecánica, calefacción, refrigeración y gastos.
- Se considera una altura de pisos de 3.5 metros.
- Se utiliza muro estándar de la plantilla *Brick – mud*.
- Elevación sobre el nivel del mar: 150 m.
- Exposición al viento: 3 – *Exposed*.

7.4 Parámetros utilizados para la simulación

7.4.1 Actividad

El programa presenta la posibilidad de establecer especificaciones sobre el uso y las actividades realizadas al interior del proyecto. Al ser de carácter residencial se considera como actividad el estar en reposo o como establece el software “leyendo sentado”. Esto indica que en el interior se realiza un esfuerzo físico ligero, prácticamente mínimo, en comparación a las actividades que presenta el software como el traslado de carga pesada, hacer ejercicio, etc.

En lo referente a las condiciones metabólicas y ocupación se establecen los datos de 1 MET que corresponde a adultos, y una densidad de 0,0215 personas/m². Se incorporan también datos sobre la vestimenta considerando los resultados de la encuesta que entrega el valor de 0,8 clo. Ver **figura 40**. *Parámetros establecidos respecto a la actividad al interior de la vivienda.*

Activity Template	
Template	Residential - Dwelling unit (with kitchen)
Sector	General
Zone multiplier	1
<input checked="" type="checkbox"/> Include zone in thermal calculations	
<input checked="" type="checkbox"/> Include zone in Radiance daylighting calculations	
Floor Areas and Volumes	
Occupancy	
Occupancy density (people/m ²)	0.0215
Schedule	Residential Occ
Metabolic	
Activity	
Factor (Men=1.00, Women=0.85, Children=0.75)	1.00
CO ₂ generation rate (m ³ /s-W)	0.0000000382
Clothing	
Clothing schedule definition	1-Generic summer and winter clothing
Winter clothing (clo)	1.00
Summer clothing (clo)	0.50

Figura 40. *Parámetros establecidos respecto a la actividad al interior de la vivienda.* Elaboración propia. Captura de pantalla extraída de DesignBuilder v6.

7.4.2 Ventilación

En esta simulación al ser en recintos residenciales y según los datos obtenidos por la encuesta, no se utilizan sistemas de climatización artificial, por ende, se considerará la opción de **ventilación natural calculada** del software.

7.4.3 Materialidad

Muros exteriores de adobe:

- Gypsum Plastering (enlucido de yeso) – Espesor: 1.0 cm
- Bloques de adobe 10x10x45 cm – Espesor: 30 cm.
- Gypsum Plastering (enlucido de yeso) – Espesor: 1.0 cm
- **U** (transmitancia térmica) en muros de superficie a superficie: 2,338 (W/m 2-K)

Es necesario mencionar que la materialidad utilizada para generar la sección de los muros exteriores de la vivienda, fueron de elaboración propia debido a que por defecto, el software DesignBuilder no contiene muros de adobe con revestimiento de yeso.

Dicho lo anterior, se obtiene la sección de materialidad de los muros exteriores de adobe. Ver **figura 41**. *Sección de muros exteriores de adobe.*

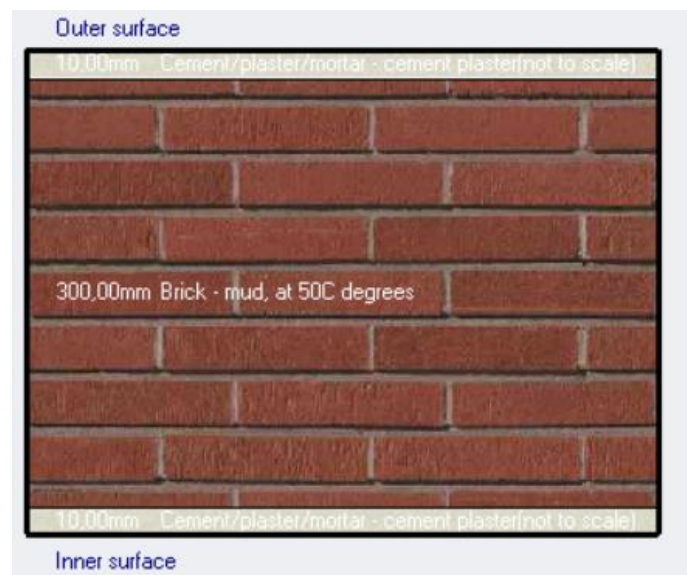


Figura 41. *Sección de muros exteriores de adobe.* Sección entregada por el software DesignBuilder v6.

Particiones de adobe:

- Gypsum Plastering (enlucido de yeso) – Espesor: 1.0 cm
- Bloques de adobe 10x10x45 cm – Espesor: 10 cm.
- Gypsum Plastering (enlucido de yeso) – Espesor: 1.0 cm
- **U** (transmitancia térmica) en muros de superficie a superficie: 6,207 (W/m 2-K)

Ver **figura 42**. *Sección de muros de particiones de adobe.*

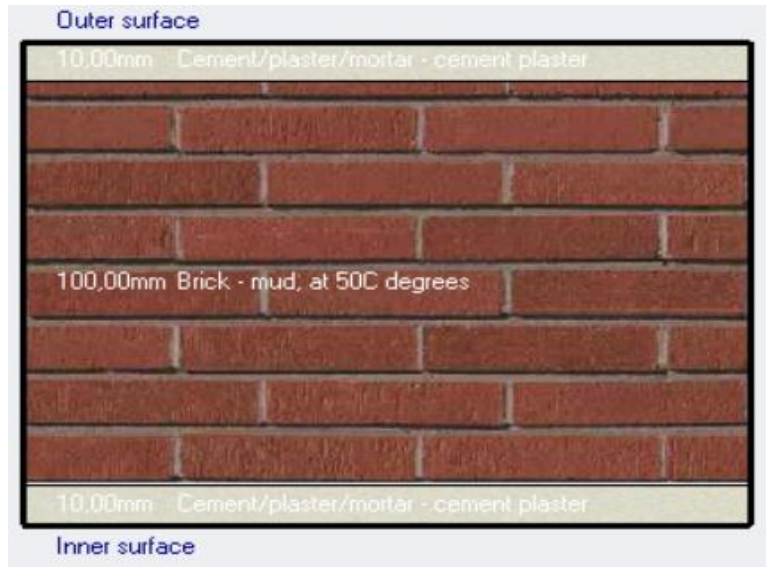


Figura 42. *Sección de muros de particiones de adobe.* Sección entregada por el software DesignBuilder v6.

Muros exteriores y particiones de madera:

- Estuco – 1.9 cm
- Tablero de yeso – 1.5 cm
- Bloque de fibra de vidrio – 7,15 cm
- Madera enmarcada – 10,15 cm
- Tablero de yeso – 1.6 cm
- **U** (transmitancia térmica) en muros de superficie a superficie: 0,541 (W/m²-K). Ver **figura 43.** *Sección de muros exteriores contruidos con madera y respectivos aislantes térmicos.*



Figura 43. *Sección de muros exteriores y particiones contruidos con madera y respectivos aislantes térmicos.* Sección extraída del software DesignBuilder v6.

Techumbre de madera:

- Aislamiento de tablero de fibra de vidrio – 28,8 cm
- Listones de madera – 10.15 cm
- Tablero de yeso – 1.5
- **U** (transmitancia térmica) en muros de superficie a superficie: 0,112 (W/m²-K). Ver **figura 44**. *Sección de techumbre construidos con madera respectivos y aislantes térmicos.*



Figura 44. *Sección de techumbre construidos con madera respectivos y aislantes térmicos.*
Sección extraída del software DesignBuilder v6.

Para el análisis de las viviendas correspondientes al caso de estudio se diseñaron las 4 tipologías en 3D con **doble muro lateral** ya que se encuentran ubicadas entre medianeros. El programa Design Builder v6, permite obtener diagramas solares, simulaciones de temperatura, humedad relativa interna y exposición al viento para invierno y verano según los datos del usuario. Se insertan las tipologías A y B desarrolladas en DesignBuilder según su orientación en la **figura 45**. *Tipologías A y B. Caso de estudio.*

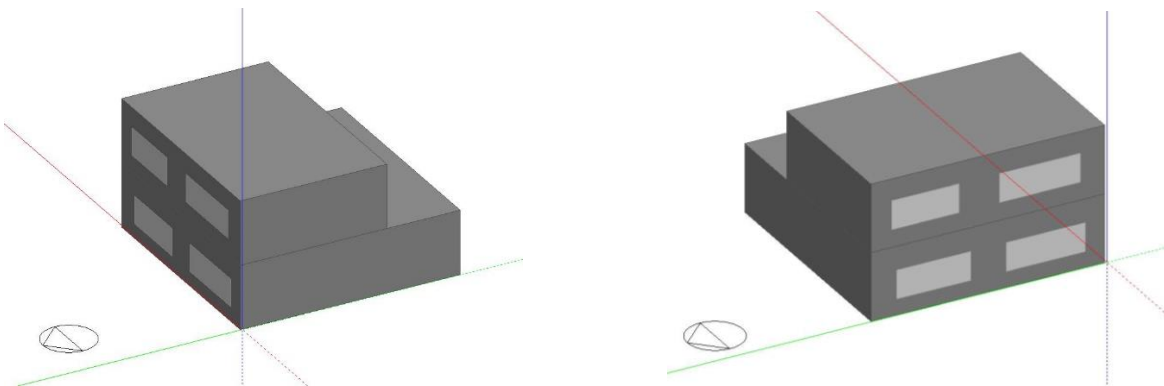


Figura 45. *Tipologías A y B. Caso de estudio.* Imagen extraída del software DesignBuilder.

7.5 Vivienda tipología A.1

7.5.1 Diagramas solares

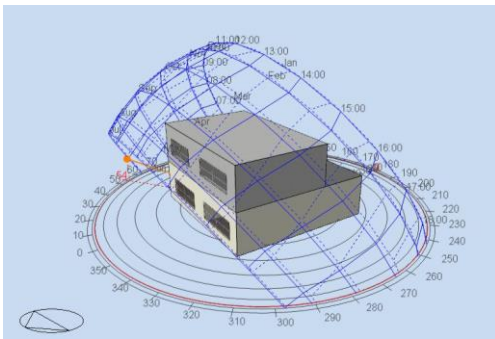


Figura 46. Diagrama solar vivienda A.1. 08:00 am 21 de junio.
Elaboración propia-DesignBuilder.

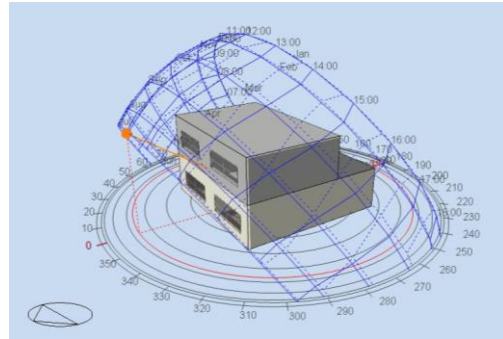


Figura 47. Diagrama solar vivienda A.1. 12:00 pm 21 de junio.
Elaboración propia-DesignBuilder.

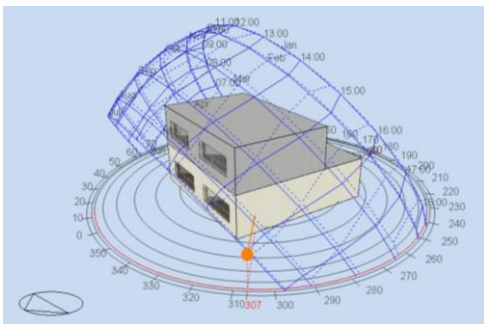


Figura 48. Diagrama solar vivienda A.1. 16:00 pm 21 de junio.
Elaboración propia-DesignBuilder.

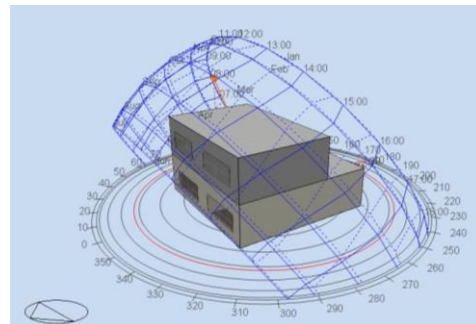


Figura 49. Diagrama solar vivienda A.1. 08:00 am 21 de diciembre.
Elaboración propia-DesignBuilder.

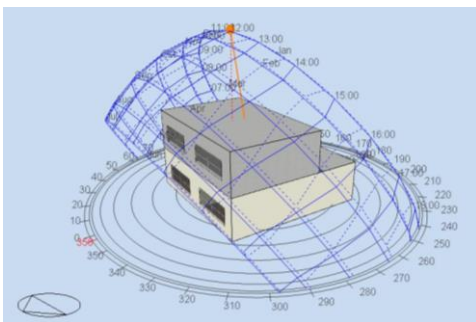


Figura 50. Diagrama solar vivienda A.1. 12:00 pm 21 de diciembre.
Elaboración propia-DesignBuilder.

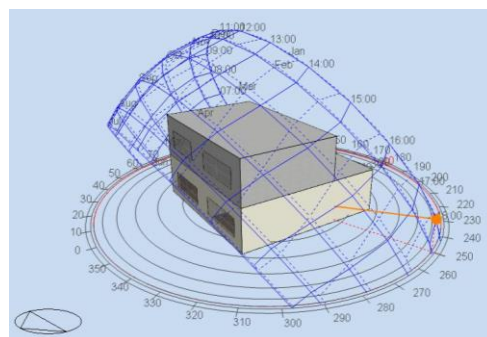


Figura 51. Diagrama solar vivienda A.1. 18:00 pm 21 de diciembre.
Elaboración propia-DesignBuilder.

7.5.2 Temperaturas y humedad relativa

Se calcula la temperatura y la humedad relativa correspondientes al periodo de mayor temperatura en Valparaíso, 21 de diciembre – 21 de marzo sin filtraciones de aire a través de ventanas y puertas. Ver **figura 52. Confort higrotérmico obtenido por la simulación de la tipología A.1.**

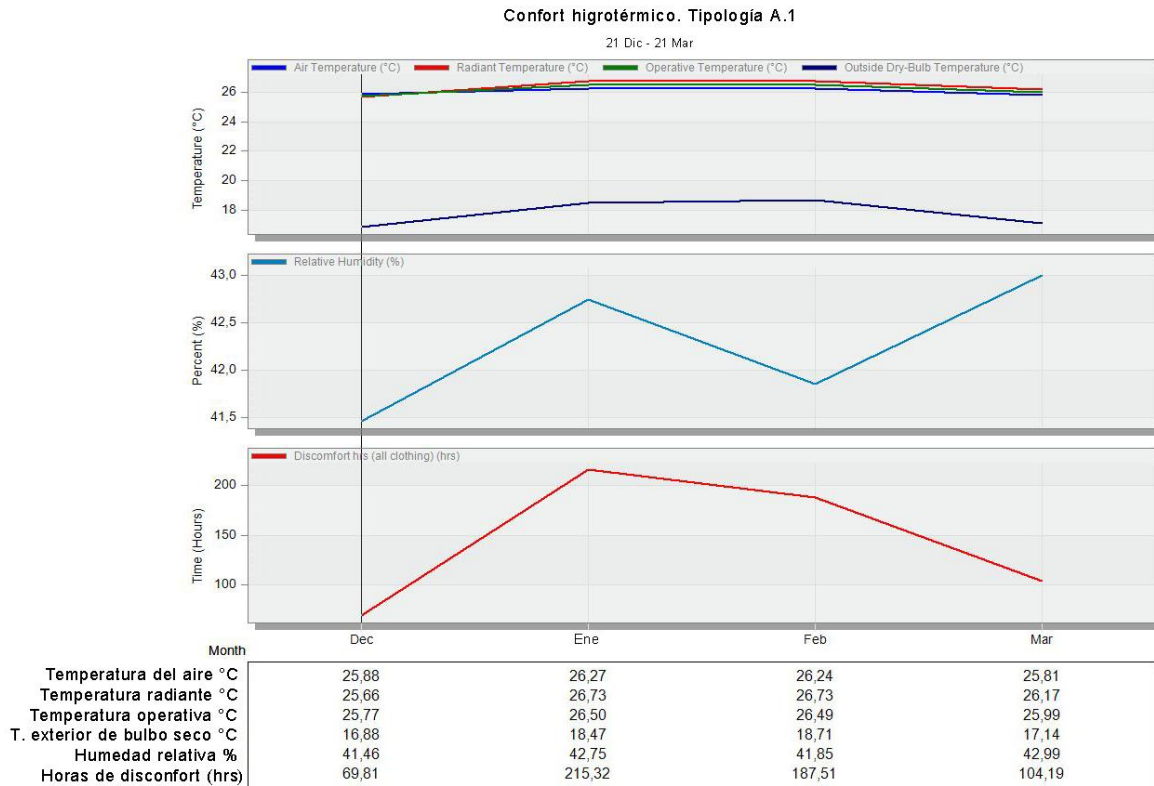


Figura 52. Confort higrotérmico obtenido por la simulación de la tipología A.1. Elaboración propia – DesignBuilder v6.

Como se puede observar en el gráfico de confort higrotérmico, en los meses más calurosos de la comuna de Valparaíso se observa un leve aumento de la temperatura interior del recinto a lo largo de estos 4 meses, llegando a su *peak* en el mes de enero. Las temperaturas varían entre los 25,8 °C y los 26,3 °C.

En cuanto a la humedad relativa durante estos meses, se puede observar una disminución de esta en comparación al porcentaje promedio anual ya que se encuentra entre los 41,5 y 43,0% lo cual indica que durante los meses más calurosos la humedad relativa al interior de la vivienda no sufre grandes cambios.

Por otro lado, el último gráfico de la figura 47, presenta las horas de desconfort higrotérmico del adulto mayor al interior de la vivienda a través de estos 4 meses. Alcanza su *peak* en enero, mes en el cual coincide el *peak* de temperaturas.

La siguiente figura muestra las ganancias de calor que experimenta la vivienda, notándose que las ganancias se dan principalmente por los muros, le siguen las particiones y los acristalamientos. Ver **figura 53. Balance de térmico de elementos constructivos de la vivienda A1.** Elaboración propia – DesignBuilder v6.



Figura 53. Balance de térmico de elementos constructivos de la vivienda A1. Elaboración propia – DesignBuilder v6.

7.6 Vivienda tipología A.2

7.6.1 Diagramas solares

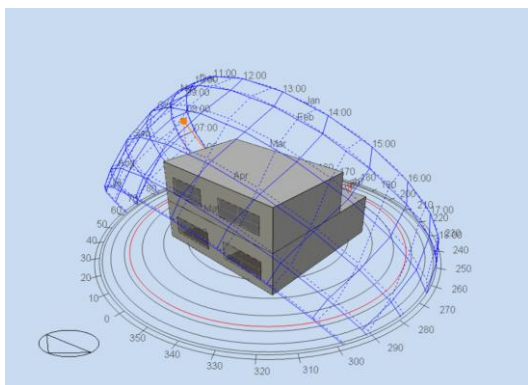


Figura 54. Diagrama solar vivienda A.2. 08:00 am 21 de dic. Elaboración propia-DesignBuilder.

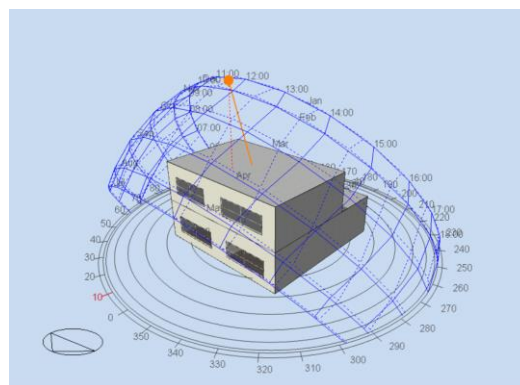


Figura 55. Diagrama solar vivienda A.2. 12:00 pm 21 de dic. Elaboración propia-DesignBuilder.

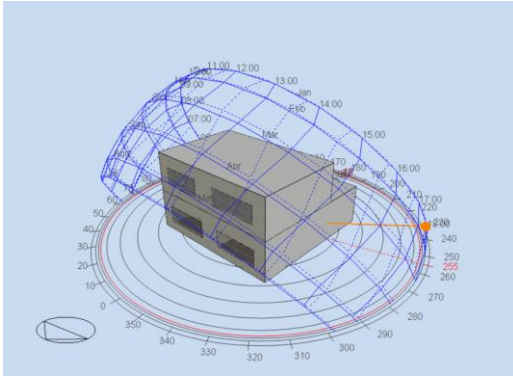


Figura 56. Diagrama solar vivienda A.2. 18:00 pm 21 de dic. Elaboración propia-DesignBuilder.

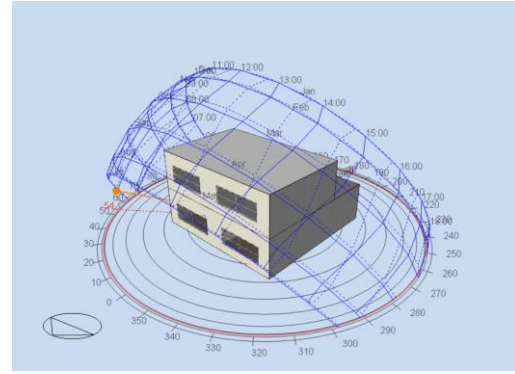


Figura 57. Diagrama solar vivienda A.2. 8:00 am 21 de jun. Elaboración propia-DesignBuilder.

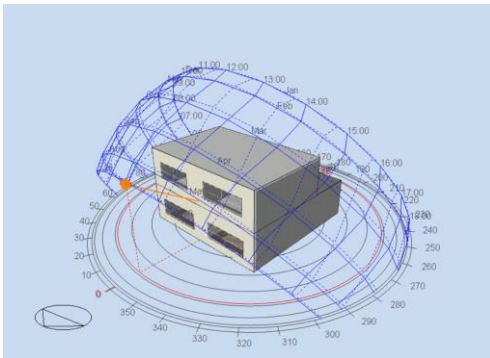


Figura 58. Diagrama solar vivienda A.2. 12:00 pm 21 de jun. Elaboración propia-DesignBuilder.

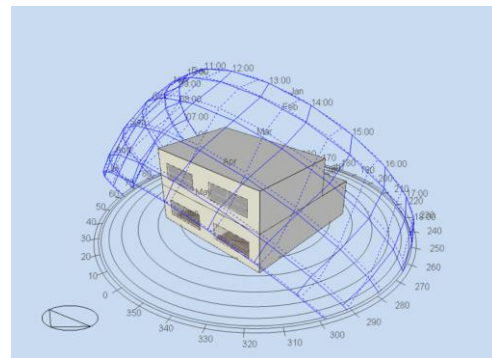


Figura 59. Diagrama solar vivienda A.2. 12:00 pm 21 de jun. Elaboración propia-DesignBuilder.

7.6.2 Temperatura y humedad relativa

En la **figura 60.** Confort higrotérmico obtenido por la simulación de la tipología A.2 se puede observar una diferencia entre las temperaturas interiores en comparación con la tipología de vivienda A1. Las temperaturas varían entre los 26,13 y 26,52 °C lo cual indica que esta tipología presenta una leve variación de la temperatura durante estos cuatro meses. En la tipología A2 se puede observar un aumento del porcentaje promedio de humedad relativa durante estos 4 meses obteniendo una diferencia del 2%. Por otro lado, se puede observar que aumentan las horas de desconfort lo cual se puede relacionar con el aumento de la humedad relativa y la mantención de 26°C al interior del recinto. (26 °C en la ciudad de Valparaíso se encuentra fuera del rango promedio de temperaturas).

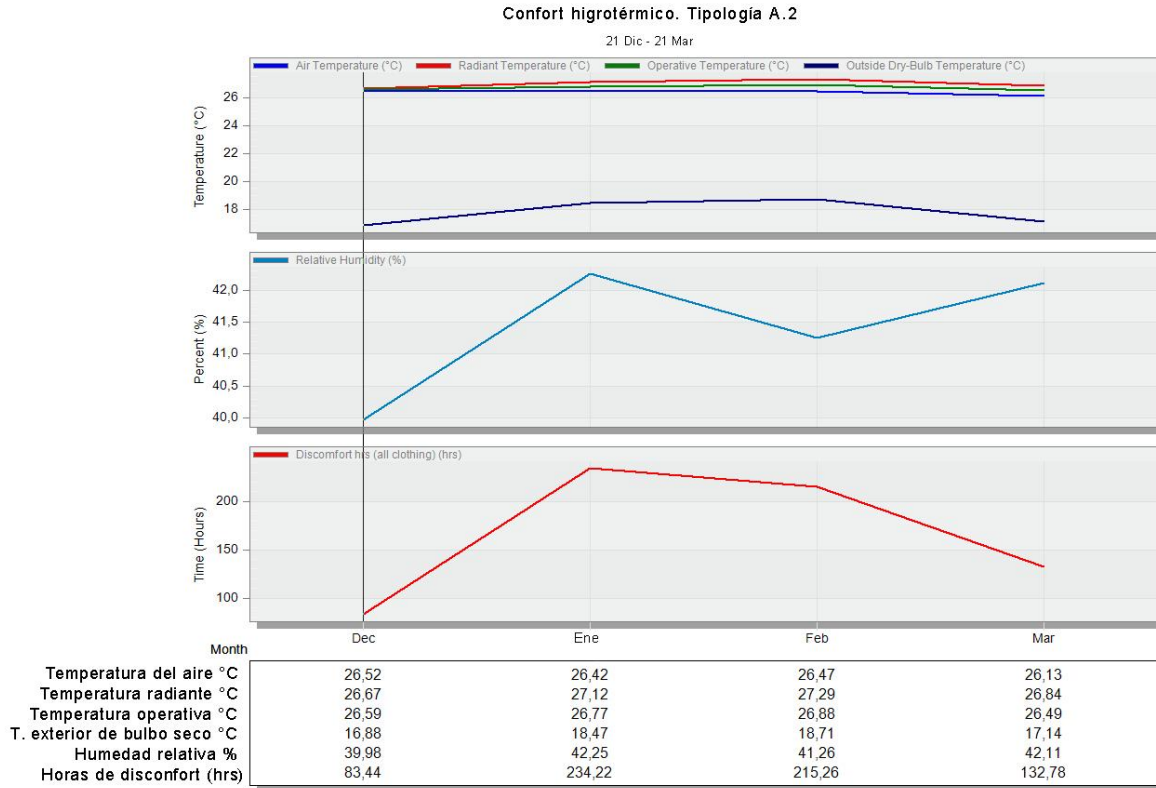


Figura 60. Confort higrotérmico obtenido por la simulación de la tipología A.2. Elaboración propia – DesignBuilder v6.

En el caso del balance térmico de los elementos constructivos al interior de la tipología A2, no se observan cambios en la predominancia del valor. Se mantienen los muros como el principal elemento que genera estas ganancias.

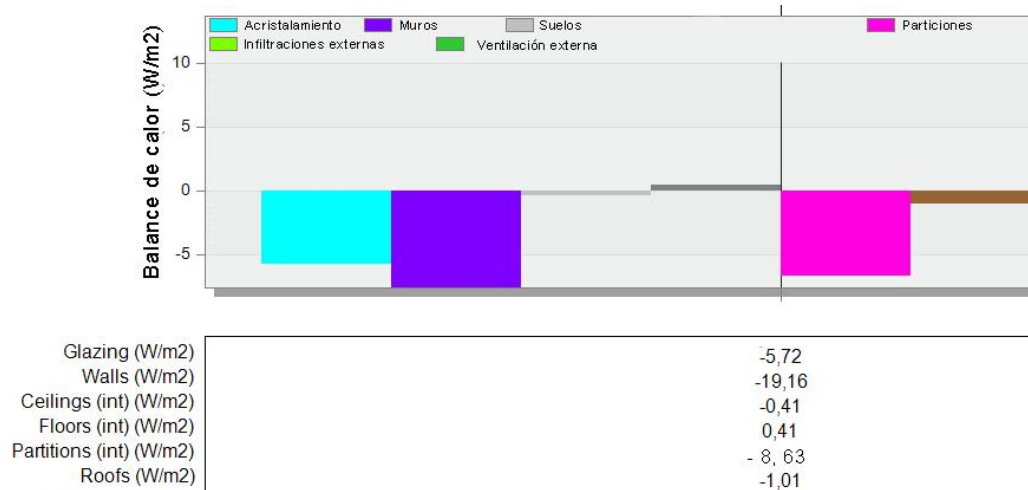


Figura 61. Balance de térmico de elementos constructivos de la vivienda A2. Elaboración propia – DesignBuilder v6.

7.7 Vivienda tipología B.1

7.7.1 Diagramas solares

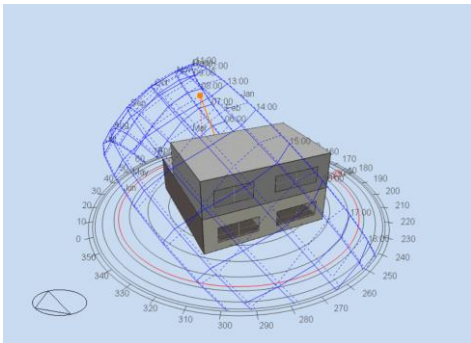


Figura 62. Diagrama solar vivienda B1. 8:00 am 21 de dic. Elaboración propia-DesignBuilder.

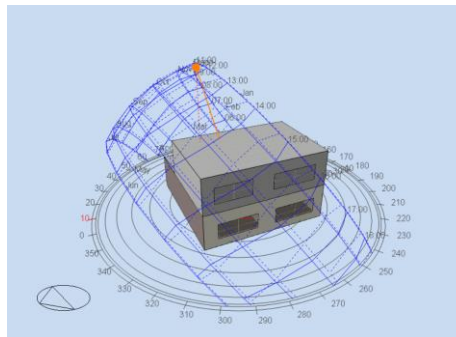


Figura 63. Diagrama solar vivienda B1. 12:00 pm 21 de dic. Elaboración propia-DesignBuilder.

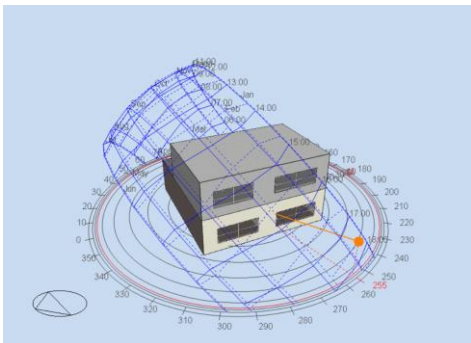


Figura 64. Diagrama solar vivienda B1. 18:00 pm 21 de dic. Elaboración propia-DesignBuilder.

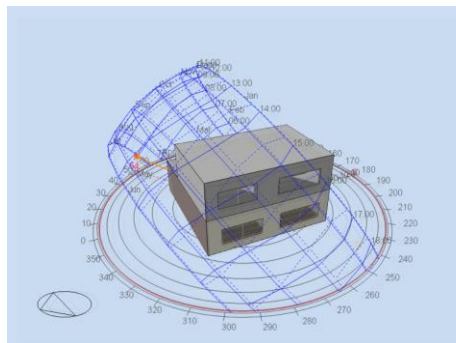


Figura 65. Diagrama solar vivienda B1. 8:00 am 21 de jun.. Elaboración propia-DesignBuilder.

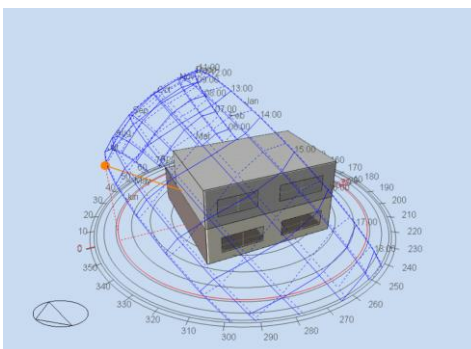


Figura 66. Diagrama solar vivienda B1. 12:00 pm 21 de jun. Elaboración propia-DesignBuilder.

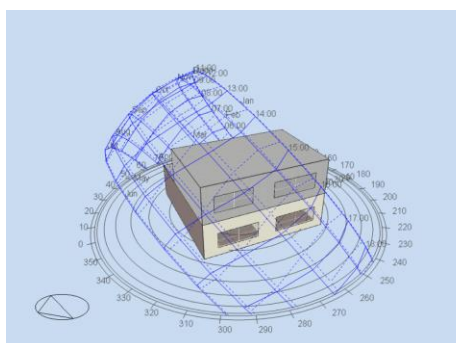


Figura 67. Diagrama solar vivienda B1. 18:00 pm 21 de jun. Elaboración propia-DesignBuilder.

7.7.2 Temperatura y humedad relativa

En la tipología B1 se puede observar nuevamente una relativa mantención de las temperaturas en relación con los otros casos de estudio. Se mantiene al igual que en la tipología A2, la variación de la humedad relativa de un 2%, aunque en este caso, los valores aumentan en un 0,5%.

Por otro lado, se puede observar un aumento en las horas de desconfort alcanzando valores como las 269 horas dentro de estos 4 meses. La temperatura y la humedad relativa no es muy diferente a las de las otras tipologías, por lo que el aumento de desconfort está relacionado con la orientación de la vivienda y la radiación solar que recibe durante el día.

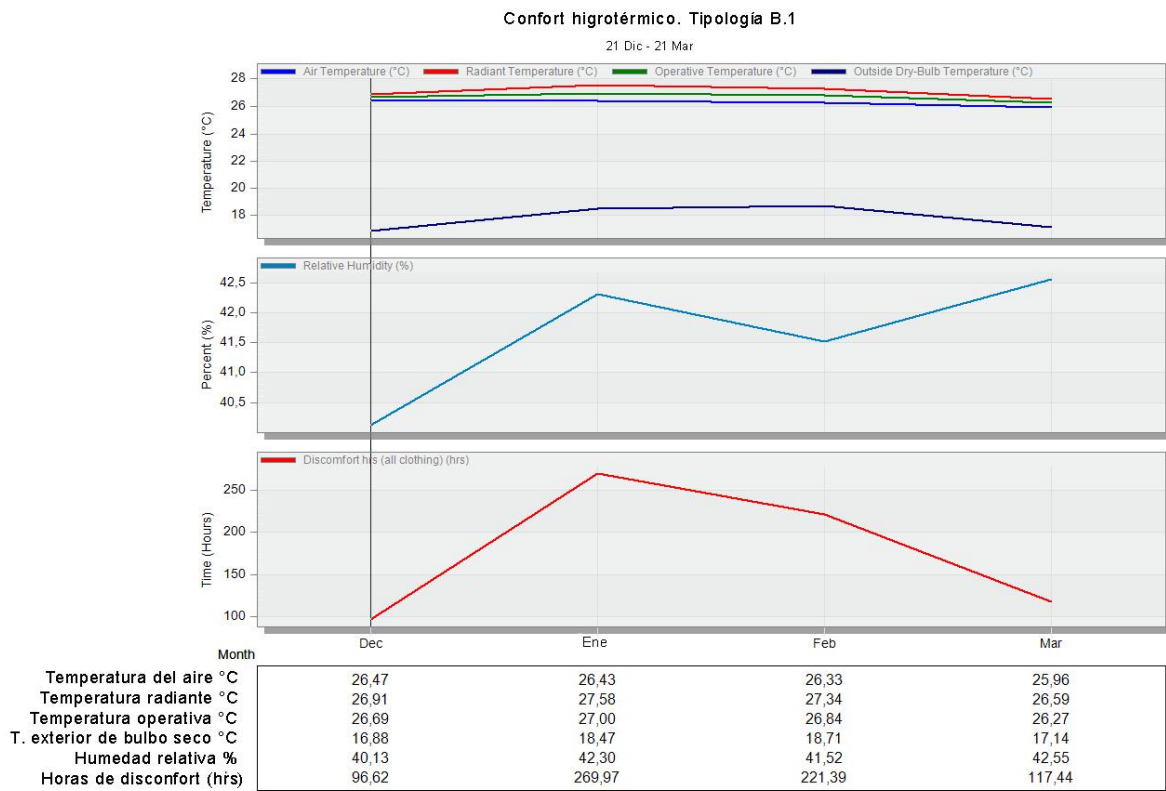


Figura 68. Confort higrotérmico obtenido por la simulación de la tipología B1. Elaboración propia – DesignBuilder v6.

En la **figura 69.** Balance de térmico de elementos constructivos de la vivienda B1, se observa una mantención de la predominancia de los muros como el elemento constructivo que genera mayor ganancia de calor al interior del recinto.

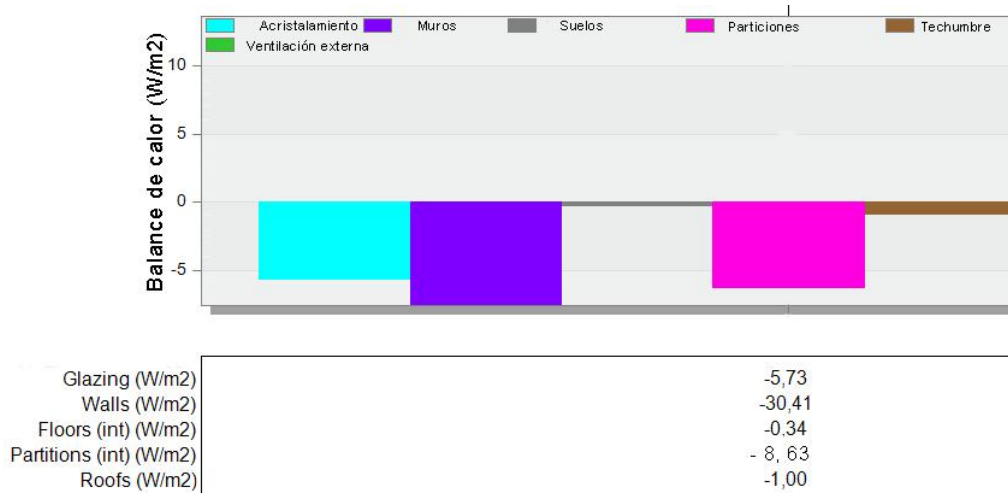


Figura 69. Balance de térmico de elementos constructivos de la vivienda B1. Elaboración propia – DesignBuilder v6.

7.8 Vivienda tipología B.2

7.8.1 Diagramas solares

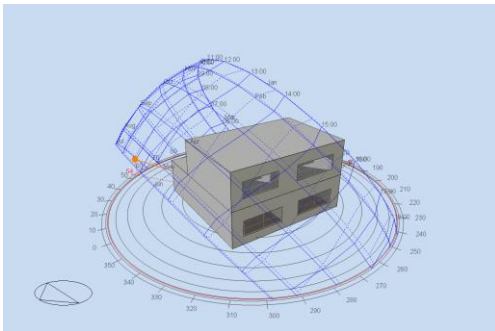


Figura 70. Diagrama solar vivienda B2. 8:00 Am 21 dic. Elaboración propia- DesignBuilder.

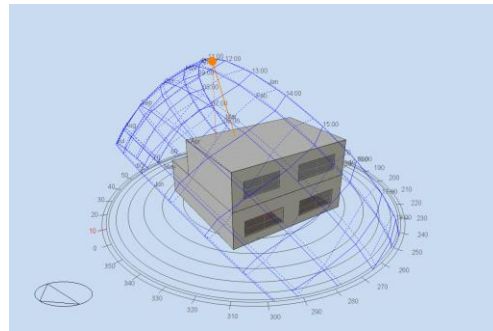


Figura 71. Diagrama solar vivienda B2. 12:00 pm 21 dic. Elaboración propia- DesignBuilder.

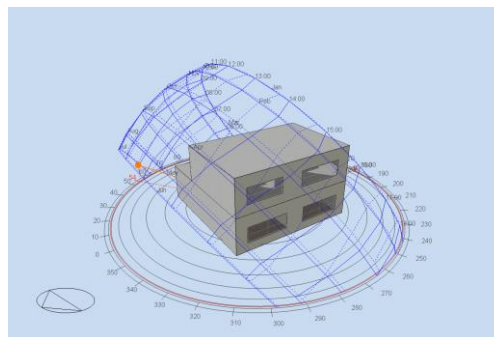
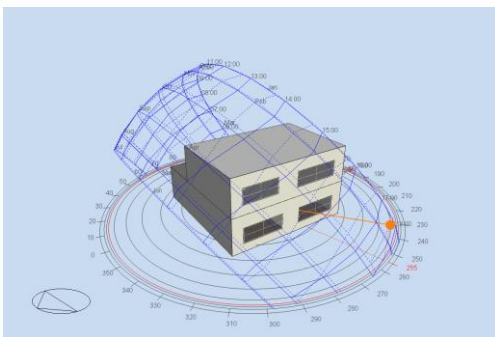


Figura 72. Diagrama solar vivienda B2.
18:00 pm 21 dic. Elaboración propia-
DesignBuilder.

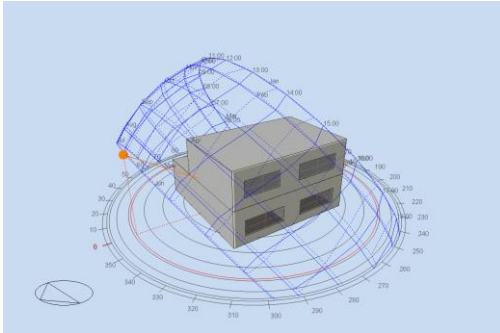


Figura 73. Diagrama solar vivienda B2
8:00 am 21 jun. Elaboración propia-
DesignBuilder.

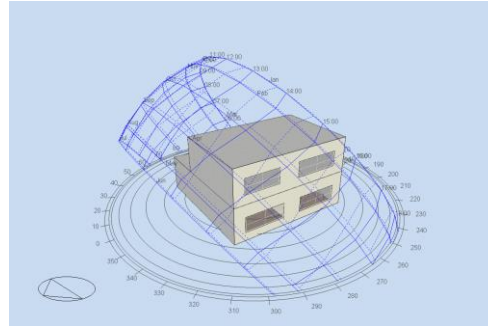


Figura 74. Diagrama solar vivienda B2.
12:00 pm 21 jun. Elaboración propia-
DesignBuilder.

Figura 75. Diagrama solar vivienda B2
18:00 pm 21 jun. Elaboración propia-
DesignBuilder.

7.8.2 Temperatura y humedad relativa

Confort higrotérmico. Tipología B.2

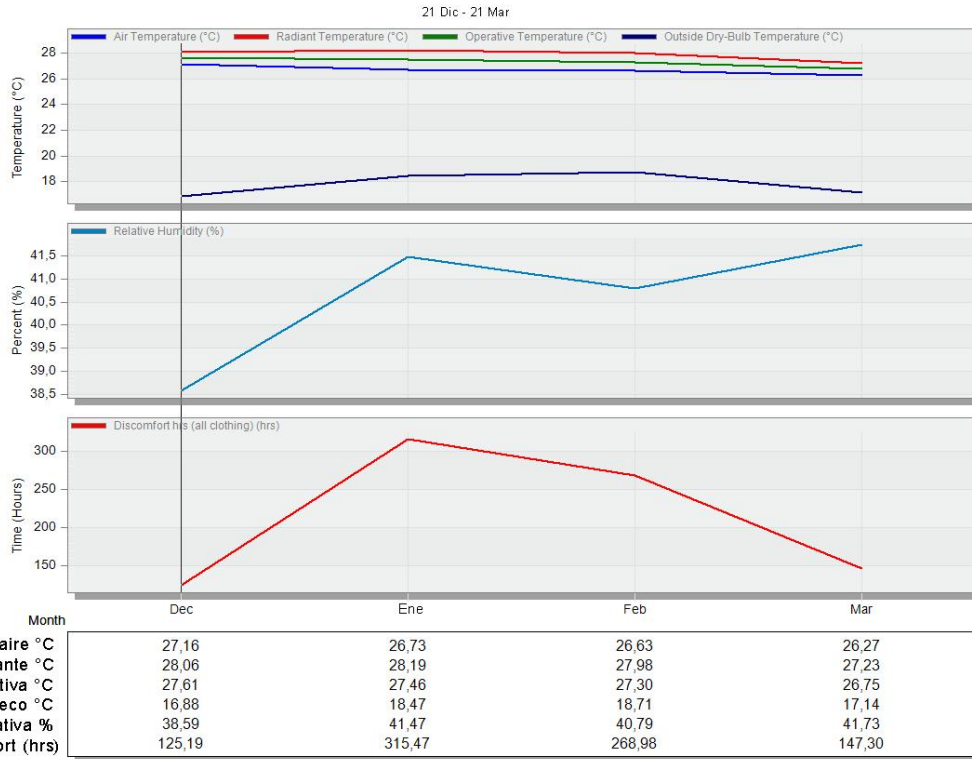


Figura 76. Confort higrotérmico obtenido por la simulación de la tipología B1. Elaboración propia – DesignBuilder v6.

En la tipología B2, al igual que en la tipología B1, se puede observar que las temperaturas tienden a aumentar en su interior ya que se encuentran entre los 26,27 °C y 27,16 °C. La humedad relativa promedio varía entre el 38,5% y 41,5% y se observa un considerable aumento del disconfort higrotérmico al interior de la vivienda durante estos 4 meses, siendo esta tipología la que presenta la mayor cantidad de horas de disconfort.

Por otro lado en la **figura 77. Balance de térmico de elementos constructivos de la vivienda B2**, se observa una mantención del orden de elementos constructivos que generan ganancias de calor internas.



Figura 77. Balance de térmico de elementos constructivos de la vivienda B2. Elaboración propia – DesignBuilder v6.

7.9 Discusión de resultados

Con los datos obtenidos por el software durante los 4 meses más calurosos de la comuna de Valparaíso, se genera un diagrama psicométrico utilizando el método PMV bajo el estándar ASHRAE 55. (Ver **figura 78. Diagrama psicométrico obtenido mediante el método PMV con el promedio de datos al interior de las cuatro tipologías de viviendas.**) En el diagrama se obtiene que las 4 tipologías de vivienda se encuentran dentro de la norma ASHRAE 55-2020, es decir, cumple con los valores de confort para el adulto mayor dentro de su residencia.

Se realiza sólo un diagrama psicométrico ya que las cuatro tipologías presentan leves variaciones en la temperatura y humedad relativa interna del edificio. Ahora bien, existen notorias diferencias en las horas de disconfort higrotérmico del adulto mayor destacándose las tipologías B1 y B2, ambas con orientación poniente.

Como se puede observar en los diagramas solares, las tipologías B1 y B2, presentan sombra la mayor parte del día en ambas épocas del año (invierno y verano), y recibe radiación solar directa desde las 17:00 y 18:00 horas. Si consideramos la disminución de la actividad metabólica del adulto mayor al interior de su vivienda. Las cuatro tipologías presentan datos bastante similares y que no varían más del 10% del mismo valor.

✓ Cumple con la norma ASHRAE 55-2020

PMV = 0,10
Sensación = Neutral

PPD = 5 %
AJUSTE = 25,5 ° C

Psicrométrico (temperatura operativa) ▾

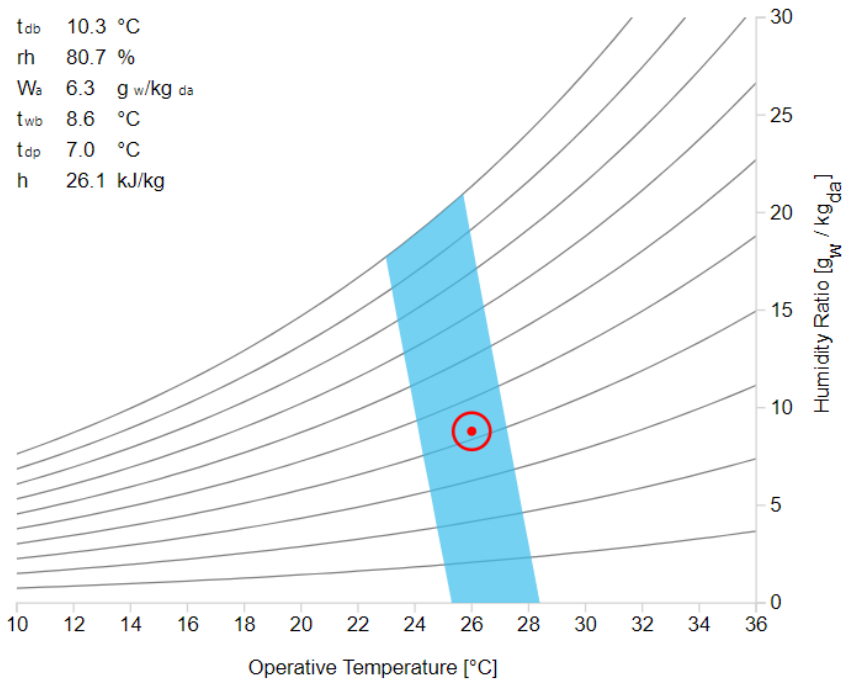


Figura 78. Diagrama psicrométrico obtenido mediante el método PMV con el promedio de datos al interior de las cuatro tipologías de viviendas. Captura de pantalla extraída de CBE Tools.

CONCLUSIONES

El reconocimiento de las condiciones climáticas de las localidades no solo permite establecer lineamientos o soluciones constructivas para los espacios, sino que también aporta en la salud y cuidado de los habitantes.

El funcionamiento corporal del adulto mayor es diferente al de un adulto joven y al de un niño, por ende, es fundamental que se consideren los rangos etarios de los usuarios al construir espacios. La disminución de la eficacia de la vasoconstricción cutánea a medida que acrecienta la edad es una de las causas por las que el adulto mayor presenta una diferencia a los otros rangos etarios al momento de regular la temperatura corporal interna. La piel es el órgano que actúa como envoltorio térmico ante nuestro organismo, es decir, es la barrera que permite generar un balance entre la temperatura del entorno y nuestra temperatura interna.

La vivienda del adulto mayor, zonas donde habitan la mayor parte del tiempo, debería actuar como la barrera protectora de las condiciones climáticas exteriores. La vulnerabilidad que este rango etario presenta ante los cambios bruscos de temperatura, humedad, vientos, etc., debe ser considerada al momento de diseñar su residencia.

Con relación al caso de estudio, las viviendas analizadas fueron construidas durante el siglo XIX y XX, épocas en las cuales el avance tecnológico no permitía generar simulaciones y a su vez, existían otro tipo de necesidades con respecto a la vivienda, como el déficit habitacional, la higiene, hacinamiento, entre otros., sin embargo, los resultados obtenidos en esta investigación demuestran que la mixtura del sistema constructivo de adobe y el sistema constructivo de madera en una vivienda para el adulto mayor ubicada en Valparaíso, cumple con las condiciones térmicas óptimas para su desarrollo en esta.

La confortabilidad higrotérmica se obtiene en las 3 metodologías utilizadas; en la encuesta, el monitoreo con el termohigrómetro y en la simulación de datos con el software DesignBuilder.

Las distintas propiedades de estos sistemas constructivos generan un equilibrio térmico al interior de la vivienda del adulto mayor, evitando que se generen valores extremos tanto de las temperaturas como de la humedad relativa.

Por otro lado, es necesario analizar las propiedades higrotérmicas de estos sistemas constructivos tradicionales ya que dada la emergencia climática actual, se deben no solo nuevos tipos de materialidades sino que también las técnicas que se utilizaron en el pasado. Un ejemplo es la construcción con adobe que dados los terremotos ocurridos en nuestro país, se descarta ante la posibilidad de ser utilizado para construir grandes recintos, dejando de lado las diversas cualidades que presenta este material como la posibilidad de ser reciclado, el ser obtenido por un recurso natural renovable y sus propiedades térmicas, que en este caso, lograron evidenciar que es efectivo para el usuario del caso de estudio en zonas templadas como Valparaíso.

Dicho lo anterior conocer las condiciones climáticas de las ciudades y las propiedades higrotérmicas de los sistemas constructivos es esencial para el cuidado de sus habitantes y a su vez para disminuir el gasto energético y contaminación en las urbes. La esperanza de vida aumenta y las ciudades crecen, por lo que estos factores no pueden ser ignorados al momento de diseñar.

BIBLIOGRAFÍA

- Abramo, P. (2012). La ciudad com-fusa: mercado y producción de la estructura urbana en las grandes metrópolis latinoamericanas. *EURE*, 35-69.
- AITIM Madera. (2014). PROTECCIÓN DE LA MADERA - Estructuras madera y fuego. *Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la madera*, 1-6.
- Aravena, A. (2013). Economy of Sustainable Construction. *Plataforma Arquitectura* (págs. 20-34). Santiago: Plataforma Arquitectura.
- Arquitectos Sen Fronteiras. (2016). *FICHA TÉCNICA: SISTEMA CONSTRUCTIVO ADOBE/TAPIAL*. Piura: Proxecto coñecemento da realidade [PCR].
- ASHRAE. (1996). Thermal comfort conditions. *ASHRAE Standar*, 55-66.
- ASHRAE. (2004). *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. *ASHRAE Standard*. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- ASHRAE. (Enero de 2019). *¿Qué es ASHRAE Chile?* Obtenido de ASHRAE Chile Chapter: <https://ashraechile.cl/que-es-ashrae-chile/>
- Baquero Larriva, M., & Higuera García, É. (2019). Confort térmico de adultos mayores: una revisión sistemática de la literatura científica. *Revista Española de Geriatría y Gerontología*, 281.
- Betti, G., Tartarini, F., Schiavon, S., & Nguyen, C. (2021). *Rosa de los vientos anual*. Universidad de California Berkeley: Herramienta CBE Clima. Versión 0.4.6. Centro para el Medio Ambiente Construido.
- Cabrera, J. M. (2014). *Arquitectura modular. El futuro de la construcción es con madera*. Navarra: Navarra Forestal.
- Cañete-Islas, O., Moraga-Lacoste, J. L., & López-Flores, F. (2018). Habitar la quebrada: Conformación de gradientes en las trazas vernaculares de los sectores altos de Valparaíso. *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 20-35.
- Cárdenas Jirón, L., & Higuera, E. (2015). *El barrio solar*. Madrid: Mairera.
- Carrasco Serrano, F., & Espinoza Silva, J. (Noviembre de 2016). Análisis comparativo entre la modelación y medición de la calidad térmica de viviendas sociales. *Título profesional Universidad Santa María*. Valparaíso, Valparaíso, Chile: Departamento de ingeniería mecánica Universidad Santa María.
- Certificados Energéticos. (20 de Diciembre de 2016). *certificadosenergeticos.com*. Obtenido de Certificados energéticos: <https://www.certificadosenergeticos.com/inercia-termica-construccion-edificios-eficientes>
- CORFO. (2016). *Manual de (Re) Acondicionamiento térmico*. Concepción: El Sur Impresiones.

- Da Casa Martín, F., Echeverría Valiente, E., & Celis, F. (2019). Metodología para elaborar una cartografía regional y aplicar estrategias bioclimáticas según la carta de Givoni. *Revista Hábitat Sustentable Vol. 9*, 52-63.
- Dirección Meteorológica de Chile. (2020). *Reporte anual de la evolución del clima en Chile*. Santiago: Dirección Meteorológica de Chile.
- Duarte G, P. H., & Zúñiga L, I. M. (2007). Valparaíso cosmopolita: los efectos de la disposición hacia la técnica como parte de un espíritu progresista del siglo XIX. *Revista de Urbanismo*.
- Ekici, C., & Atilgan, I. (2013). *A comparision of suit dresses and summer clothes in the terms of thermal comfort*. . Turkey: Journal of environmental health science and engineering.
- Fanger, P. O. (1972). *Thermal Comfort: Analysis and Applications in Environmental Engineering*. Copenhagen : Danish Thermal Press.
- Fernández García, F. (1994). Clima y confortabilidad humana. Aspectos metodológicos. *Serie Geográfica*, 109-125.
- Fritz, A., & Ubilla, M. (2012). *Manual de diseño. construcción, montaje y aplicación de envolventes para la vivienda de madera*. Santiago: MADERA 21.
- Fuentes, L., & Pezoa, M. (2017). Crecimiento urbano reciente del Gran Valparaíso ¿Hacia una configuración com-fusa? *Revista 180*, 108-118.
- Fullerton, G., & Germain, A. (2005). *Ordenanza local Valparaíso refundada*. Valparaíso .
- Garrido Gallego, M. D. (2015). Agentes de degradación de la madera y tratamientos de prevención. *Publicaciones Didácticas*, 49-71.
- Givoni, B. (1998). *Climate Considerations in Building and Urban Design*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Grassi, G., Seravalle, G., Turri, C., Bertinieri, G., Dell’Oro, R., & Mancina, G. (2003). *Impairment of Thermoregulatory Control of Skin Sympathetic Nerve Traffic in the Elderly*. Milano: Circulation.
- Havenith, G. (2001). *Temperature regulation and technology*. Loughborough: Gerontechnology.
- Ilustre Municipalidad de Valparaíso. (2005). *Modificación al Plan Regulador de Valparaíso “Inmuebles y Zonas de Conservación Histórica, Cerros del Anfiteatro, Plan Borde Mar y Acantilados”*. Valparaíso : Ilustre Municipalidad de Valparaíso.
- ISO. (2019). *10551*. Switzerland: Ergonomics of the Thermal Environment: Assessment of the influence of the thermal environmet using subjective judgement scales.
- James R, C. (1997). *Preservation of historic adobe structures - a status report*. Washington DC: U.S Department of commerce .
- Jones, D. (2014). *Architecture. The Whole Story*. Londres: Quintessence Editions .

- Jorquera Silva, N. (2014). Culturas constructivas que conforman el patrimonio chileno construido en tierra. *AUS 16*, 30-35.
- Jorquera Silva, N. (2018). Técnicas y desarrollo histórico del patrimonio de tierra en la capital de Chile entre los siglos XVI y XX. *Anales del IAA*, 109-123.
- Jorquera, N. (2014). Culturas constructivas que conforman el patrimonio chileno construido en tierra. *Revista AUS*, 30-35.
- Koolhaas, R. (2006). *La ciudad genérica*. Barcelona: GG mínima.
- Luebert, F., & Plischoff, P. (2012). *Variabilidad climática y bioclimas de la Región de Valparaíso, Chile*. Santiago .
- MINVU. (2011). *Plan de Reconstrucción Patrimonial*. Santiago : MINVU.
- Moscoso-Cordero, M. S. (2018). *El adobe, sus características y el confort térmico*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Murphy, M. (2005). *Landscape Architecture Theory: An Evolving Body of Thought*. Misisipi: Waveland Pr Inc.
- Neila, F. (2004). *Arquitectura bioclimática en un entorno sustentable*. Santiago: Munillanería.
- Novieto, D., & Zhang, Y. (2010). Thermal comfort implications of the aging effects on metabolism, cardiac outputs and body weight. *Adapting to Change: New thinking on comfort* (págs. 9-10). Cumberland Lodge Windsor, UK London: Network for comfort and energy use in buldings.
- ODEPA. (2018). *Región de Valparaíso. Información regional 2018*. Santiago: Ministerio de Agricultura.
- Ohnaka, T. (2018). "Preferred Temperature of the Elderly after Cold and Heat Exposures Determined by Individual Self-Selection of Air Temperature.". *Journal of Thermal Biology*, 49-53.
- Olgay, V. (1963). *Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*. . Nueva Jersey: Princeton Univesity Press.
- Panerai, P. (2002). *Proyectar la ciudad*. París: Celeste .
- Pantavou, K., Theoharatos, G., Santamouris, M., & Asimakopoulos, D. (2013). Outdoor thermal sensation of pedestrians in a Mediterranean climate and a comparison with UTCI. *Building and Environment*, 82-95.
- Picón-James, Y., Orozco-Chinome, J., Molina-Franky, J., & Franky-Rojas, M. (2020). Central control of body temperature and its alterations: fever, hyperthermia and hypothermia. *MedUNAB*, 118-130.
- Pizzi, M. (2009). Situaciones de Riesgo del Adulto Mayor Autónomo en Viviendas del Estado de Chile, Bases para Propuestas de Rediseño. *FundaciónMAPFRE*, 4.

- Prado, F., & Jorquera Silva, N. (2007). *Libro de resúmenes; XIII SIACOT, Valparaíso, Chile*. Valparaíso: SIACOT.
- Quizhpe Vacacela, P. F. (2016). *Propuesta de mejoramiento del sistema constructivo bahareque en Galluchaqui, para la vivienda tradicional de la cultura Saraguro*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Rodríguez, B. (26 de Marzo de 2020). Logrando DRAWDOWN. Santiago, Santiago, Chile.
- Serra, R. (1999). *Arquitectura y climas*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Torrealba, D. E. (2007). *Caracterización de daños, reparación y refuerzo en construcciones de adobe*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Departamento de Ingeniería, 2007.
- Tsuzuki, K., & Iwata, T. (2002). *Confort térmico y termorregulación para personas mayores que realizan ejercicio ligero*. Monterrey : Indoor Air.
- Valparaíso, I. M. (2005). *Modificación plan regulador de Valparaíso*. Valparaíso.
- Véliz Carvajal, J., & Muñoz Sepúlveda, C. (2018). *Equilibrio térmico*. Santiago: Universidad Técnica Federico Santa María .
- Weatherspark. (21 de Diciembre de 2021). *El clima y el tiempo promedio en todo el año en Valparaíso*. Obtenido de Weather Spark: <https://es.weatherspark.com/y/25811/Clima-promedio-en-Valpara%C3%ADso-Chile-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Summary>

Plan Regulador Comunal Valparaíso. (2005). Declaración de zonas de conservación histórica. Ilustre Municipalidad de Valparaíso.

Tabla de especificación Zona Tipo Patrimonial según informe MINVU año 2011; Plan de Reconstrucción Patrimonial.

REGION	COMUNA	LOCALIDADES	TIPO ZONA PATRIMONIAL				EGIS	OFICINA DE ARQUITECTURA
			VIVIENDAS PATRIMONIALES A POSTULAR	ZT	ZCH	ZIP		
5	Los Andes	Los Andes	9	•			.....	.....
5	Calle Larga	Calle Larga	1			•	.....	.....
5	Putendo	Putendo	21	•			Carlos Carrillo	Carlos Carrillo
5	Limache	Limache	4			•	.....	.....
5	Cartagena	Cartagena	15	•			Rukapewma	.....
5	Villa Alemana	Villa Alemana	8				Rukapewma	.....
5	Quilpué	Quilpué	3			•	.....	.....
5	Valparaíso	Valparaíso fuera ZCH y ZT	217				Asacha, José Valdés	.....
5	Valparaíso	Valparaíso ZCH y ZT	391	•	•		Borde Urbano, Legatura, Hernán Quezada, Víctor Sereno, Rukapewma, Pro Hogar, Territorio Alberto, Marcelo Oliva, Asachap	ZCH Vigente PRC + zona patrimonial propuesta DOM

Tabla tipo zona patrimonial (MINVU, 2011)

Interior de una vivienda tipo B1, habitada por dos adultos mayores.



Elaboración propia.

Sistema constructivo a la vista en viviendas del barrio



Elaboración propia