

Recomendaciones de adaptación climática para la envolvente de la Vivienda de Emergencia.

Aplicada para la Zona climático habitacional Norte Desértica.

Estudiante: Laura García Gutiérrez

Profesor guía: Jaime Díaz Bonilla

Resumen

El territorio chileno presenta tanto múltiples climas y distintas geografías, por lo cual el diseño de la vivienda debe estar enfocado al aprovechamiento de estas diversas características. Uno de los mayores problemas presentes en Chile es el déficit habitacional, esto sumado a las múltiples amenazas de desastres socionaturales aumenta el riesgo de que las personas en situación de pobreza queden en desamparo. La solución habitacional a esto es la vivienda de emergencia, la cual debiese presentarse como una solución esporádica en nuestro país se convierte en una solución definitiva, es por esto que se debe apuntar a la vivienda de emergencia como puntapié inicial hacia la vivienda definitiva. Para esto este tipo de vivienda debe apuntar a estándares de habitabilidad dignos, por lo tanto, se propone una adaptación bioclimática de esta, considerando buscar el confort como parámetro de mejoramiento. Por lo que se evaluará la envolvente de la vivienda de emergencia en relación a la normativa térmica Chilena, para adaptarla a una zona climática del territorio en específico buscando recomendaciones de mejoramiento.

Palabras clave: Vivienda de Emergencia, Envolvente térmica, Confort Higrotérmico.

Introducción

Chile, debido a su extensión, es un país con diversos escenarios geográficos y climáticos, los cuales se asocian a **múltiples amenazas de desastre naturales**, que ponen en constante peligro a la población, desencadenando problemas de salud, problemas de tipo económicos, sociales e incluso habitacionales, ya que uno de los riesgos más grandes que conlleva las catástrofes naturales, es la pérdida total de la vivienda de los damnificados. Esto, sumado a los altos índices de pobreza, ha incrementado la gravedad del **déficit habitacional** actual del país, y lamentablemente, aún no se ven soluciones realmente eficientes que reviertan esta situación (Centro UC Políticas Públicas, 2022).

En específico, la principal solución habitacional frente a catástrofes socio naturales son las **viviendas de emergencia**, las cuales además son vendidas como propuestas habitacionales con el objetivo de que familias de bajos recursos inicien el camino hacia una vivienda propia. De este modo, independiente si la implementación de estas viviendas es bajo un escenario de desastre natural,

estas se presentan como una solución habitacional permanente para personas de estratos socioeconómicos bajos.

Uno de los problemas más graves respecto a estas es que al ser una propuesta de uso transitorio, no considera estándares de habitabilidad mínima como los de una vivienda definitiva. Su uso, planificado para un período corto desde ocurrida la catástrofe, generalmente se extiende más de lo previsto, convirtiéndose en una solución permanente, pues la vulnerabilidad y pobreza de los damnificados no les permite construir otra casa.

“Es bueno recalcar que la palabra «provisional» aplicada a viviendas es un mito: testimonio de ello es el hecho de que las casas prefabricadas “provisionales” de la Primera y Segunda Guerras Mundiales, todavía siguen siendo habitadas en Inglaterra” (Davis, 1980)

Otro problema de esta medida es que las viviendas de emergencia presentan una calidad constructiva deficiente y una baja adaptabilidad a diferentes situaciones geográficas. Respecto a esto se reconoce la falta de tolerancia frente a las

inclemencias del tiempo, pues el modelo de vivienda es insuficiente en cuanto a su resistencia contra las lluvias, el frío y el calor, lo que agrava la situación de vulnerabilidad de los habitantes.

“Las viviendas tradicionales de emergencia no han soportado las inclemencias del tiempo en estos meses de otoño- invierno, agravando la situación de vulnerabilidad de las familias que ya se encuentran previamente en una situación crítica.” (Con respecto al terremoto de Arica y Parinacota y de la Región de Tarapacá) (MOP, 2014).

Con el objetivo de encontrar soluciones frente a estas problemáticas, el presente artículo detalla dos a modo general. La primera es, reformular la vivienda de emergencia para que sea un dispositivo transitorio de refugio, no permanente como lo es ahora. Sin embargo, la principal falencia de esta medida es que las familias damnificadas generalmente no cuentan con los recursos suficientes para reconstruir otra casa en el corto o mediano plazo. Entonces, considerando lo anterior, como segunda alternativa se propone adaptar la vivienda de emergencia para que sus estándares permitan el asentamiento definitivo, tomando como principal punto a mejorar la envolvente, ya que es la permite generar una barrera entre las severas condiciones climáticas y el interior de la vivienda.

A pesar de que se reconoce que el presupuesto para la vivienda de emergencia es acotado, las mejoras son necesarias para generar un hábitat digno para los residentes. Por ello, el aumento en el presupuesto fiscal destinado a estas viviendas es necesario y de carácter urgente si es que se pretende aumentar la calidad de vida de las personas afectadas ya sea por la pobreza, o directamente por desastres naturales.



Fig. 1: Aluvión de Atacama año 2015 Fuente: REUTERS.

Marco teórico

1.1. Arquitectura Bioclimática

En la actualidad los esfuerzos apuntan a crear conciencia sobre el cuidado del planeta y sus recursos, principalmente por los efectos del calentamiento global, es por esto que han surgido diversos conceptos para habitar de una manera más sustentable, como por ejemplo, la arquitectura bioclimática, la cual busca **aprovechar los recursos del medio ambiente** para lograr una construcción más eficiente y con el menor impacto posible (Salinas, 2009), además, un punto relevante de este tipo de arquitectura es que reconoce las condiciones climáticas de las distintas zonas de un territorio, adaptando esas particularidades en su diseño.

En el caso de Chile, existe una gran variedad climática y geográfica, por lo que la arquitectura debe estar pensada de manera que responda a la diversidad de cada zona, lo que, en realidad, no es tomado en cuenta al momento de planificar viviendas estandarizadas de inmobiliarias o viviendas prefabricadas.

El **diseño bioclimático** tiene como principal objetivo mejorar las condiciones en las que habitan las personas al interior de un lugar, es decir, busca generar confort. Este último concepto es definido de modo general como el bienestar o comodidad material (RAE, 2021). Aplicado a la arquitectura se podría decir que es el conjunto de condiciones ambientales que permiten el bienestar de los habitantes de un lugar en específico.

En la misma línea, encontramos el concepto de **confort higrotérmico**, idea que establece que el punto de estabilidad y comodidad mental es cuando una persona se encuentra a gusto con las condiciones ambientales que lo rodean.

“La condición mental en la cual se expresa satisfacción con el ambiente térmico evaluado personalmente, conocido como confort del hombre, confort térmico de los ocupantes, satisfacción con la condición térmica del entorno esencialmente por considerarlo cuando se diseña los espacios habitados por el hombre” (ANSI/ASHRAE, 2010)

Para poder trabajar en pos de una arquitectura bioclimática, se pueden considerar distintas variables de diseño y construcción que ayuden a reconocer las cualidades del entorno, ya sea para aprovechar y admitir las condiciones climáticas a favor, para transformarlas o por el contrario,

rechazarlas si es que son condiciones que no permiten la comodidad de los habitantes.

Dentro de estos factores de diseño se encuentran los materiales, las tipologías constructivas, los tipos de uniones, entre otros, sin embargo, se identifica como un punto clave dentro del diseño arquitectónico bioclimático la envolvente de los edificios, principalmente porque es aquel elemento que permite generar una barrera entre las condiciones hostiles del medio ambiente y el interior de una construcción, como, por ejemplo, una vivienda. Esta está constituida por la fachada, la cubierta, el piso y los elementos que se encuentran en contacto directo con el suelo, y es el trabajo en conjunto de estas partes las que deben lograr separar eficientemente el exterior del interior de una manera favorable, permitiendo que además de ser una piel, sea un filtro acústico, de luz y de temperatura, de este modo, se aprovecha las condiciones naturales en favor de la calidad del hábitat, permitiendo así mejorar el confort interior.

En específico, encontramos la **envolvente térmica**, que hace referencia a un concepto más técnico y abarca las propiedades que tiene la envolvente respecto al flujo de calor que se transmite entre el interior y el exterior. Según el contexto, sus elementos pueden tener propiedades térmicas diferentes, dependiendo de la normativa exigida y los requerimientos de diseño (MART, 2006).

Los principales parámetros de estudio que miden el **confort higrotérmico** son en primer lugar, la temperatura del aire ambiente y la temperatura radiante media superficial, las cuales deben estar entre 18° y 26°C, la humedad relativa, que debe encontrarse entre 40% y 65% y la velocidad del aire entre 0 y 2 m/s. Esto es, ya que al medir el ambiente térmico en un espacio cerrado se debe tener en cuenta que el ser humano no puede percibir la temperatura local, sino el calor que pierde su cuerpo, por ende, los parámetros que se deben utilizar son los que afectan la pérdida de calor.

En cuanto a la normativa, la OGUC establece **estándares mínimos de habitabilidad** en el **artículo 4.1.10**, mediante exigencias de acondicionamiento de la envolvente térmica para las distintas zonas del país, las cuales se dividen en 7: . Esta norma establece que los elementos que conforman la envolvente deben poseer una Transmitancia térmica (U) igual o menor para la zona correspondiente, y una Resistencia térmica total (Rt) igual o superior a lo estipulado en el documento.

Además, cabe mencionar la **Norma 1079-2008**, la cual es una mejora a la normativa vigente y es el pie de inicio para la nueva reglamentación térmica que se encuentra en desarrollo actualmente, esta tiene por objetivo conseguir el confort mediante el aumento de la eficiencia energética, lo que tendría como consecuencia una disminución en su demanda en las distintas zonas del país. A modo de ejemplo, se indica que en Chile las viviendas medias y sociales sólo calefaccionan sus viviendas una parte del día durante la época de invierno, principalmente por necesidades económicas, por lo que si es que se mejora el comportamiento térmico en la vivienda se mejorarían las condiciones de temperatura interior aún sin necesidad de calefacción, logrando así acercarse más al confort en gran parte del día.

Esta norma divide todo el territorio de Chile continental en **9 zonas climático-habitacionales**: Norte Litoral, Norte Desértica, Norte Valle Central, Central Litoral, Central Interior, Sur Litoral, Sur Interior, Sur Extremo y Andina. Tomando en cuenta sus rasgos distintivos y utilizando parámetros de Temperatura, Asoleamiento, Humedad relativa, Nubosidad, Precipitaciones (Lluvias y nieve), Vientos predominantes, Heladas, Altura sobre el nivel del mar, Salinidad atmosférica y del suelo. (Nch 1079,2008)

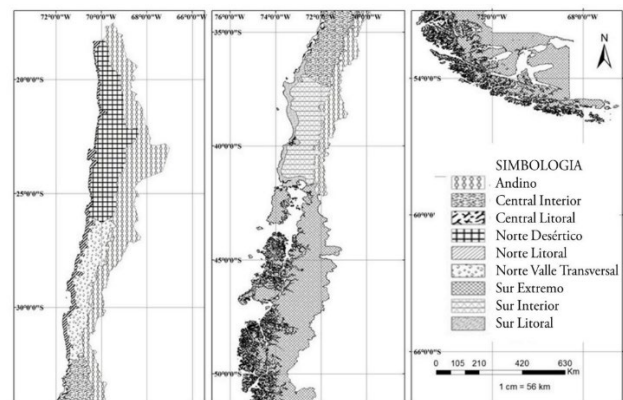


Fig. 2: Zonas climático-habitacionales Chile. Fuente: Nch 1079-2008

“Estudios realizados indican que, con soluciones como las propuestas, la temperatura interior se puede elevar en promedio 3°C a 4°C, lo que significa, por ejemplo, alcanzar en un amplio periodo del día (de julio) entre 17°C y 18°C en la zona central litoral. Ello es un impacto concreto en las condiciones de confort” (Nch1079, 2008).

En el caso específico de la vivienda social, es donde se generaría un mayor impacto al mejorar las

condiciones de confort, debido a que la calefacción puede significar un gasto importante dentro del presupuesto de las familias, por ende, el aplicar estas soluciones propuestas implicaría un menor gasto en calefacción, obteniendo un aumento directo en el confort térmico.

Finalmente, podemos decir que, mediante conceptos como confort higrotérmico o envolvente térmica, se puede generar una primera aproximación a la arquitectura bioclimática, además, es imprescindible tomar en cuenta las características particulares de la zona en la que se emplace un edificio, ya que de esta manera, se pueden adaptar las condiciones climáticas en favor de una mayor eficiencia energética.

1.2. Vivienda de emergencia en Chile

El hecho de habitar un territorio con un sinfín de amenazas causados por desastres naturales implica que desde el gobierno se debe contar con un sistema de organización que actúe de manera coordinada y atingente a los daños que pueden provocar estos riesgos, sobre todo naturales, de los cuales no se puede tener control y donde los efectos colaterales perjudican en gran medida a la población más vulnerable.

Dentro de este sistema de respuesta, deben estar incluidas soluciones habitacionales para los damnificados, ya que, una de las consecuencias más graves que quedan posterior a una catástrofe, es la pérdida parcial o total de viviendas. Es así, como en distintas zonas han surgido propuestas bajo el concepto de arquitectura de emergencia, la cual se define como una respuesta constructiva frente a diferentes situaciones (generalmente en casos de desastres socio naturales, conflictos bélicos y crisis económicas.), y que busca dar un refugio temporal a los afectados (Maiztegui, 2020).

En específico en nuestro país, la principal manera de aplicar lo que se conoce como **arquitectura de emergencia**, es mediante las viviendas de emergencia, las cuales básicamente consisten en una casa prefabricada, que en teoría debe ser utilizada exclusivamente durante el proceso de reconstrucción o entrega de un hogar definitivo, no obstante, las limitaciones económicas de los residentes generalmente no les permite optar por una segunda casa que sí sea permanente. Estas viviendas, coloquialmente llamadas mediaguas, no solo han sido utilizadas como respuesta frente a catástrofes naturales, sino que también han sido utilizadas como soluciones habitacionales para

grupos socioeconómicamente bajos, incluso desde su implementación en Chile en los años 60, cuando la Fundación Hogar de Cristo buscaba darles un hogar a las familias sin techo.

Las viviendas de emergencia son otorgadas por la Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior (ONEMI) y por la Fundación un techo para Chile (TECHO), entidades que se proveen desde la Fundación Vivienda. Los modelos más utilizados son: OSB tipo 1 y Smart panel tipo 1 y 2, además, existen ejemplares alternativos tales como la vivienda elemental TECNOPANEL-SODIMAC, el modelo UCHILE-INV-CFCN-CORMA-PYME MAD, la Casa Fénix UTFSM-IUT, la vivienda con sistema Modarq UC-CORMA-SERCOTEC, el modelo propio de la Fundación Vivienda y el modelo Tecnopanel ONEMI-CIGIDEN-TECNOPANEL, sin embargo, estos no han sido utilizados en la realidad, salvo por el modelo de casa ELEMENTAL, que fue aplicada durante el año 2010, aunque de manera menos masiva.

Estas casas prefabricadas son entregadas durante el primer mes posterior al desastre, luego, dentro de un mes o un año se entrega conexión a servicios básicos y la solución de vivienda definitiva debería tardar de 1 a 5 años posteriores al desastre (ONEMI, 2018), sin embargo, esto no suele ser así, ya que tal como se mencionó en un principio los damnificados suelen ser personas con altos índices de pobreza por lo que se les dificulta reconstruir una nueva vivienda propia.

Además, estas viviendas pueden ser otorgadas de dos maneras distintas, ya sea en barrios de emergencia o en sitio propio, donde en el último caso no existe una regulación posterior al desastre (ONEMI, 2018), lo que nuevamente termina en el uso permanente de las viviendas de emergencia, ya que además, las personas que habitan estas casas no solo son damnificados por catástrofes de distinta índole, sino que también son usadas por personas en situación de pobreza que buscan una solución habitacional, por lo que las vivienda de emergencia se presentan como una posible respuesta, mucho más accesible y rápida que una vivienda normal, a pesar de que no cumpla los requerimientos mínimos de habitabilidad dados por la normativa por ser clasificada como un refugio transitorio y no estar planificada como vivienda definitiva.



Fig. 3: Construcción de mediagua año 1999. Fuente: Hogar de Cristo.

Métodos

La presente investigación sobre los requerimientos de envolvente térmica para la vivienda de emergencia para la zona climática Norte Desértico es de carácter cuantitativo debido que se utilizan datos duros para realizar la investigación, tanto como climáticos, demográficos como datos de cálculo según protocolos normativos para realizar una caracterización y posteriores recomendaciones de diseño.

Para realizar la investigación se tomaron en consideración 3 modelos de vivienda de emergencia, primeramente, los modelos entregados por ONEMI y TECHO, los cuales son fabricados por Fundación Vivienda, el modelo más básico OSB Tipo 1, como ejemplo de un modelo de vivienda anterior a las recomendaciones técnicas dadas por la ONEMI (ONEMI, s.f). Luego se utiliza un modelo posterior a estas recomendaciones, el cual sería el Smart Panel tipo 2, este es el modelo más utilizado en catástrofes a la fecha (ONEMI, 2018), para observar como evolucionó la vivienda de emergencia con luego de las recomendaciones de mejoramiento. Y por último un modelo alternativo representativo el cual sería la casa ELEMENTAL diseñada por TECNOPANEL, este modelo es representativo ya que fue utilizado como solución de emergencia en el terremoto del 27F en la ciudad de Constitución. La vivienda ELEMENTAL nos sirve como comparación para identificar las diferencias entre los modelos otorgados por el gobierno y un modelo alternativo. Utilizando estos modelos de vivienda de emergencia se realizó una caracterización de su envolvente térmica, indicando elementos constructivos y disposiciones espaciales para ser utilizada en la parte posterior del estudio.

Luego se eligió una zona climático habitacional como caso de estudio, la cual será posteriormente caracterizada. Esto según de la norma Nch 1979-2008, se utiliza esta norma como referencia ya que

genera una división climática más específica que su antecesora. Esta normativa aún está en desarrollo para la futura normativa oficial de acondicionamiento térmico, pero es utilizada en el presente artículo debido a que en la arquitectura debemos diseñar apuntando hacia el futuro. Para el protocolo de cálculo se utiliza la Nch 4.1.10, que es la base de la Nch 1079, la cual utiliza el mismo protocolo.

La zona climático habitacional elegida es la zona 2 Norte Desértico (ND), esta zona se eligió debido a que es una de las zonas más extremas presentes en el territorio y con uno de los mayores índices de déficit habitacional, lo cual es mencionado en su caracterización. La idea de elegir una zona climática en específico nace de que nuestro país posee zonas climáticas con características muy distintas y el diseño bioclimático apunta a el aprovechamiento de estas para lograr el confort.

Luego de estas caracterizaciones se evalúan las envolventes térmicas de las viviendas de emergencia, mediante los protocolos de cálculo anteriormente mencionados, para luego ser contrastadas con la normativa de referencia e identificar pros y contras con respecto a esta.

A partir de los pros y contras identificados, sumado a las recomendaciones de diseño climático para la zona ND, se establecen recomendaciones de diseño para la envolvente, tanto material como arquitectónicamente. En pos de mejorar el diseño de esta y poder adaptarlo de mejor manera a la zona climática escogida

Resultados

1.3. Caracterización de la envolvente térmica en modelos de vivienda de emergencia representativos.

A continuación, se presentan 3 modelos de Vivienda de Emergencia representativos. Primeramente 2 otorgados por ONEMI y Fundación Vivienda, sumados a un 3° ejemplo alternativo que servirá de contraste a los modelos tradicionales.

2. OSB Tipo 1 (ONEMI, Fundación Vivienda)

Modelo de vivienda de emergencia más básica y de menor costo (\$900.000) distribuida por Fundación Vivienda. Utilizada masivamente en el terremoto de Iquique (2014) e incendio de Valparaíso (2014). Este modelo es anterior al estándar ONEMI (ONEMI, s.f) dado en el 2015, aun así, sigue siendo otorgada y comercializada debido a su bajo costo.

Características:

- 19,5 m² de superficie, espacio unitario sin baño.
- Estructura: Tabiques de madera. Uniones clavadas
- Muros exteriores: Placas OSB, pino bruto seco 2x1", 2x2" y 2x3". Aislación poliestireno expandido 50 mm densidad 10kg/m³. No posee revestimiento interior.
- Cubierta: Zinc ondulado 3,5 x 0,851 m /0,35 mm. Alero 10 cm. Estructurada de vigas pino bruto 1x4", costaneras 2x2". Aislación de fieltro asfáltico 10 libras, Poliestireno expandido 50mm. Cielo de terciado 9 mm.
- Piso: Terciado estructural 15mm. Aislación hojalatería de piso (corta gotera para cubrir el perímetro de la vivienda). Barrera de humedad.



Fig.5: Vivienda OSB Tipo 1. Fuente: Fábrica FV.

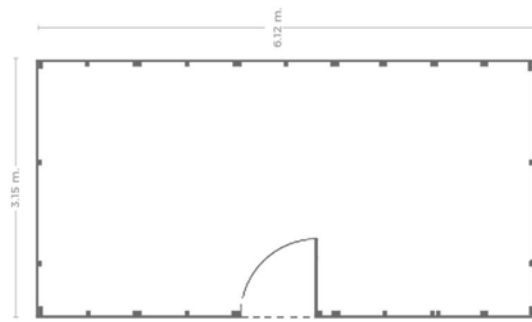


Fig.4: Planta vivienda OSB Tipo 1. Fuente: Fábrica FV.

3. Smart panel Tipo 2 (ONEMI, Fundación Vivienda)

Modelo de vivienda de emergencia de mayor costo (\$2.500.000) distribuida por ONEMI en situaciones de emergencia. Utilizada masivamente en el desastre meteorológico de Atacama (2015), la cual sería la primera vivienda de emergencia en incorporar el nuevo estándar creado luego de los desastres del 2014.

Características:

- Superficie unitaria de 24 m², sin baño.
- Muros: tabiques de madera pino bruto seco 2x1", 2x2" y 2x3". Revestimiento exterior Smart Panel, interior OSB. Aislación de Poliestireno expandido 50mm densidad 10kg/m³. Uniones clavadas.
- Cubierta: En base a viga estructural y paneles SIP (1,22x2,44x0,075 m). Zinc alum, Caballete trasera. Aislación de fieltro asfáltico 15 libras.
- Piso: Terciado estructural 15mm. Aislante Lana mineral. Estructura vigas 2 x 3".
- Cimientos: Rollizos impregnados 7" a 8"
- Ventanas: 2 Ventanas correderas de aluminio de 1x1 m. Alféizar de zinc y silicona.



Fig.6: Vivienda Smart panel Tipo 2. Fuente: Fábrica FV.

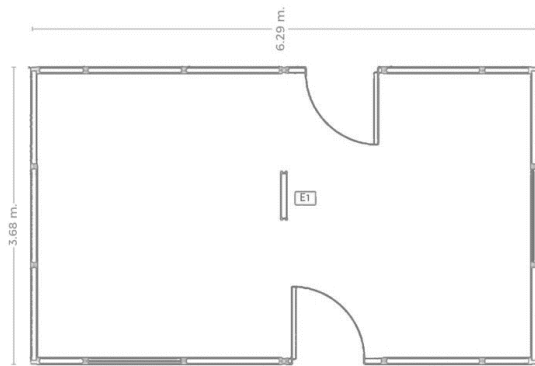


Fig. 7: Planta Vivienda Smart panel Tipo 2. Fuente: Fábrica FV.

4. Casa ELEMENTAL (TECNOPANEL, SODIMAC)

Modelo alternativo de vivienda de emergencia desarrollado por TECNOPANEL en el año 2010 posterior al terremoto del 27F, implementada en Constitución.

Este modelo busca ser una mejora con respecto a la mediagua que existía en ese entonces, los modelos básicos de Fundación Vivienda, proporcionando una mejor aislación considerando muros y techo. También una mayor velocidad en su producción (50 unidades x día) y armado de 1 día. Un punto muy importante es que está pensada para ser reutilizada para la vivienda definitiva.

Características:

- Costo de \$1.900.000 en el año 2010.
- Disponible en 3 tamaños 24, 30 y 36 m².
- Estructura de paneles SIP 75,2 mm, impermeabilización y barreras de humedad. No considera revestimiento.
- Fundaciones sobre pilotes.



Fig. 8: Casa Elemental Tecnopanel. Fuente: Plataforma Arquitectura.

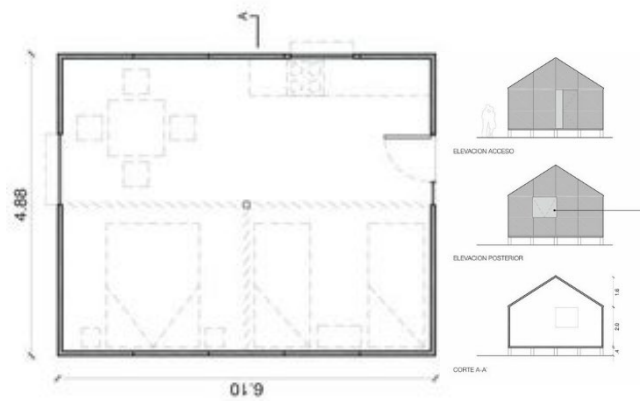


Fig. 9: Planimetría Casa Elemental Tecnopanel. Fuente: Plataforma Arquitectura.

Por la parte estructural podemos observar que los modelos de Fundación Vivienda están hechos de una estructura simple de tabiques de madera con uniones clavadas, mientras que la vivienda ELEMENTAL posee estructura en base de paneles SIP, esta estructura en cuanto a armado es mucho más rápida y eficiente debido a que los paneles son prefabricados, y también posee uniones ensamblables. Esto además de facilitar el montaje, ayuda a reducir los puentes térmicos y aporta hermeticidad a la envolvente, por el contrario de las uniones clavadas en los tabiques de madera.

Luego dentro de las soluciones de envolvente de los modelos tradicionales, podemos ver el modelo Smart panel como una simple mejora de la vivienda básica, donde se mejora aislación y revestimientos, considerando ahora revestimiento interior y aislación de piso. También incorpora ventilación cruzada y un techo a dos aguas con aislación. Considerando estas mejoras, aun así, este modelo sigue siendo una solución básica de vivienda.

A modo de conclusión el modelo ELEMENTAL a pesar de ser construido anteriormente se aprecia como un modelo de mejor calidad con respecto a los otorgados por el gobierno, de todas formas, en los siguientes apartados de este artículo podremos comprobar la eficiencia térmica de su envolvente para saber si realmente este estaría cumpliendo con los requisitos solicitados, y cuales serían sus ventajas o desventajas respecto a los mencionados anteriormente.

4.1. Caracterización zona climática Norte Desértico.

El Norte Desértico es una de las zonas más extremas presentes en el país, corresponde a zona climático habitacional 2, dentro de las 9 zonas definidas por la Norma Nch 1079-2008. Esta abarca la planicie comprendida entre la cordillera de la Costa y de los Andes. Desde el límite con el Perú hasta la altura de Potrerillos. Como límite oriental puede considerarse la línea de nivel 3000 m aprox. Se caracteriza por ser una de las zonas más extremas del país, sin precipitaciones, calurosa, atmósfera limpia, con fuerte radiación solar, noches frías, fuerte oscilación diaria de temperaturas, ambiente seco, vegetación nula, vientos fuertes de componente W. (Nch 1079-2008)

La ciudad representativa de este clima sería Calama, ubicada en la región de Antofagasta. (Nch 1079-2008). Al año 2017 la región de Antofagasta poseía uno de los mayores déficit habitacionales con respecto a la cantidad de habitantes (de un 12%) (CASEN, 2017). Lo que con el tiempo se incrementaría debido al aumento demográfico principalmente causado por la inmigración.

Tabla 1: Promedio anual datos climáticos Calama 19901-2021. Fuente: <https://es.climate-data.org/americadel-sur/chile/ii-region-de-antofagasta/calama-2058/>

Temp. media (°C)	14,1
Temp. mínima (°C)	4,25
Temp. máxima (°C)	22,6
Precipitación (mm)	3,5
Humedad (%)	28,8
Días de lluvia	6
Horas de sol	10,6

Este clima se caracteriza por poseer altas oscilaciones térmicas, siendo las noches muy frías y los días calurosos. Dónde tanto en verano como en invierno las temperaturas mínimas no sobrepasan los 10 °C y las máximas extrañamente descienden de los 20°C. También se caracteriza por ser un clima seco, dónde en el invierno alcanza una humedad relativa de 18%, siendo así la época más seca del año. Y en verano se daría la época más húmeda alcanzando un 49% en febrero, mes en el cual se producen lluvias ocasionales. (CLIMATE-DATA.ORG, 2022)

El hecho de habitar un lugar de carácter extremo en cuanto a condiciones climáticas como lo es la zona desértica dificulta la habitabilidad. Esto sumado a problemas intrínsecos como la escasez hídrica, como también los altos niveles de pobreza presentes en ella hacen que la posibilidad de enfrentar desastres se vuelva aún más complicado.

En la última década se han vivido grandes desastres en esta zona, como lo son el Terremoto (2014) y el Evento Hidrometeorológico de Atacama (2015). Este último evento es de suma importancia ya que es donde se emplean por primera vez de manera masiva las viviendas de emergencia que poseen el nuevo estándar ONEMI. El cual a pesar de haber sido utilizado las viviendas no son capaces de soportar las inclemencias del clima, dejando a la mayor parte de los afectados en mayores condiciones de vulnerabilidad.

Las condiciones climáticas y geográficas hostiles llevan a respuestas arquitectónicas propias del lugar, en el caso de zonas desérticas como el norte de Chile se presentan construcciones macizas, compactas y de pocos vanos, esto para lograr la mayor inercia térmica posible.

A partir de lo anterior surgen recomendaciones de diseño bioclimático para la zona.

Recomendaciones de diseño arquitectónico:

- Techos ventilados: Para lograr un diseño acorde a climas cálidos y de alta radiación solar, se debe considerar que esta es captada principalmente por la techumbre, por lo que para reducir la cantidad de calor que ingresa al interior se debe generar una ventilación que lo disipe y que sea capaz de permitir el movimiento libre del aire. Por ejemplo, una doble cubierta podría ser un sistema de acondicionamiento pasivo eficiente si es que está diseñado correctamente, este se constituye por una segunda cubierta lo que permite dejar un espacio arriba del techo, lo que facilita expulsar la acumulación de humedad y calor a través de una ventilación cruzada

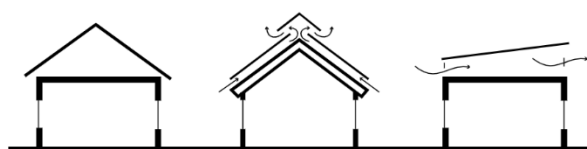
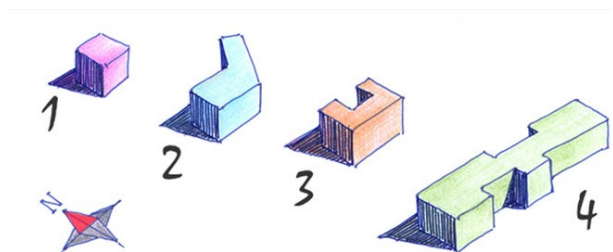


Fig. 10: Cubiertas ventiladas. Fuente: Sculz.R (1980)

- **Morfología:**
El factor de forma indica que si se disminuye la superficie de contacto interior/externo se limitan las pérdidas de calor. Las formas compactas pierden una menor energía. (Nch. 4.1.10)



1. Clima frío.
2. Clima templado.
3. Clima cálido seco.
4. Clima cálido húmedo.

Fig. 11: El factor de forma como estrategia de diseño.

Fuente:

<https://huellasdearquitectura.com/2013/05/24/el-factor-de-forma-como-estrategia-de-diseño/>
<https://huellasdearquitectura.com/2013/05/24/el-factor-de-forma-como-estrategia-de-diseño/>

- La Nch 1079 recomienda: la utilización de doble vidriado, la ventilación controlada para evitar pérdidas de calor, en zonas con vientos de alta velocidad se recomienda doble puerta.

- **Soleamiento:**
Uno de los factores determinantes en el diseño bioclimático para zonas como el Norte Desértico.

“El “principio de soleamiento” en arquitectura se define como el diseño de una casa para aprovechar la radiación y luz del sol y protegerla del sobrecalentamiento.”(CCHC, 2008)

La Cámara Chilena de la Construcción (CCHC) recomienda: Orientar la construcción para que el sol penetre cuando y donde se requiera, Emplear al exterior alguna solución que impida que el sol penetre, por ejemplo, aleros.

4.2. Evaluación de las envolventes térmicas con respecto a la Nch 1079- 2008 en la zona ND.

En este apartado se genera el cálculo de Resistencia térmica (RT) y Transmitancia Térmica (U), utilizando

los protocolos de cálculo dados por la **Nch. 4.1.10**, los cuales serán comparados con los requisitos térmicos de la zona climática de estudio ND según la **Nch 1079-2008**. Para luego ser comparados entre los casos de estudio enfocándonos principalmente en sus falencias y también en sus pros.

Tabla 2: Resistencias y Transmitancias térmicas. Fuente: Nch 1079-2008

Zona		Elementos opacos verticales (muros)	Techumbre opaca	Piso ventilado	Elementos vidriados verticales
1	NL	2,0	0,8	3,0	5,8
2	ND	0,5	0,4	0,7	3,0
3	NVT	0,8	0,6	1,2	3,0
4	CL	0,8	0,6	1,2	3,0
5	CI	0,6	0,5	0,8	3,0
6	SL	0,6	0,4	0,8	3,0
7	SI	0,5	0,3	0,7	3,0
8	SE	0,4	0,3	0,5	2,4
9	An	0,3	0,3	0,4	2,4

Tabla 3: Cálculo **Transmitancia (U) y Resistencia (RT)** térmicas de la envolvente vivienda **OSB TIPO 1**. Fuente: Elaboración propia utilizando datos y protocolos de cálculo proporcionados por la Nch 853-2007 y (ONEMI, 2018).

ELEMENTO	MATERIAL	ESPESO R m	LAMBD A W/mK	R m ² K/W	ΣR m ² K/ W	Rsi m ² K/ W	Rse m ² K/ W	RT m ² K/ W	U ó KI W/m ² K ó W/mK
MURO	Planchas OSB	0,015	0,23	0,065	0,181	0,12	0,05	0,351	2,84
	Poliestiren o expandido	0,05	0,043	0,116					
TECHO	Planchas terciado	0,009	0,23	0,039	1,2	0,09	0,05	1,34	0,75
	Poliestiren o expandido	0,05	0,043	1,163					
	Fieltro asfáltico 10 libras	0,0001							
	Zinc alum	0,005	210	0,000024					
PISO	Terciado estructural	0,015	0,23	0,065	0,065	0,17	0,05	0,29	3,44
Elementos vidriados verticales	Cristal incoloro	0,03	0,96	-	-	-	-	-	5.8

OSB Tipo 1

Según los cálculos efectuados en la **Tabla 3** envolvente no cumple con los requerimientos térmicos de la zona ND con respecto a sus materiales, en ninguno de los elementos que la conforman. Este resultado era esperado ya que la calidad de la envolvente de esta tipología es bastante deficiente y los requerimientos de la zona son exigentes.

Smart Panel tipo 2

En los cálculos presentes en la **Tabla 4** se puede apreciar que, mediante la utilización de revestimiento interior en **muros**, el valor de la transmitancia térmica (**U**) desciende considerablemente con respecto al modelo antecesor (OSB Tipo 1), de **2,84 W/m²** a **0,69 W/m²**, lo que no cumple con lo necesario indicado en la **Tabla 2**, pero son valores más próximos. De esta manera podemos apreciar la gran importancia de utilizar una envolvente completa (revestimiento/aislación/revestimiento) en la construcción.

En el caso del **complejo de techumbre** ocurre algo similar, la utilización de Panel SIP el cual posee planchas de mayor espesor hace que el valor de (**U**) disminuya, pero en este caso ambos valores son bajos debido a la utilización de revestimiento por ambos lados en el primer caso, descendiendo tan solo en **0,085 W/m²**.

Para el **complejo de piso** la utilización de un aislante de lana mineral disminuye considerablemente el valor de (**U**), dando cuenta de la gran importancia que posee la aislación dentro de la envolvente, aún así esto podría verse reforzado mediante la utilización de algún tipo de revestimiento para su mejor conservación.

ELEMENTAL

Al contrastar este modelo alternativo con los anteriores se puede apreciar que la utilización del Panel SIP posee un mejor **comportamiento térmico** con una menor cantidad de elementos, debido a que la envolvente y la estructura son lo mismo, puede prescindir de elementos como lo son los del entramado de madera en el caso tabiques.

En el **complejo de piso** podemos observar que, tal como en los casos anteriores donde no se utiliza aislación en algún elemento de la envolvente, su

resistencia térmica se vuelve considerablemente deficiente en comparación a un elemento con aislación.

Esta tipología utiliza un material distinto en los vanos en comparación a una vivienda estándar, el cual sería el **policarbonato alveolar**, esto es una buena solución en caso de un refugio de emergencia ya que su resistencia térmica es mayor a la de el vidriado común, esto debido a su espesor y materialidad. Pero en el caso de una vivienda definitiva esta solución al ser translúcida no permite una buena visibilidad hacia el exterior.

La casa ELEMENTAL a pesar de ser desarrollada varios años antes que el modelo mejorado de Fundación Vivienda posee mejores características tanto en el caso de la envolvente térmica, proporcionando una mejor aislación, hermeticidad y ahorro de material. Como en su calidad de vivienda de emergencia, debido a su rapidez de fabricación e instalación. Al año 2010 el costo de esta vivienda podría aproximarse a lo que es el costo de la tipología Smart panel en el presente por lo que también sería eficiente en este sentido.

Por todos los beneficios presentados anteriormente este modelo nos serviría como ejemplo y puntapié inicial para la consideración de nuevos modelos de **vivienda de emergencia**.

4.3. Recomendaciones de envolvente térmica (Conclusiones)

En este apartado se establece un cruce de los apartados 4.2 y 4.3, generando así recomendaciones de diseño de envolvente tanto para los materiales de los complejos de techumbre, muros y pisos ventilados como para su diseño arquitectónico. Teniendo en cuenta que el presupuesto es un aspecto secundario ya que cualquier mejora significa un aumento de costos, esto mientras no sean tan elevados respecto al original.

- Complejo de muros:
Se propone la utilización de **paneles SIP** ya que anteriormente este demostró un mejor **comportamiento** térmico en comparación a los tabiques de madera, una mayor

hermeticidad respecto a sus uniones y **rapidez de montaje** y fabricación.

Se propone también un aumento de espesor del material para poder cumplir con las exigencias térmicas y también utilizando como recomendación las soluciones constructivas de la zona, utilización de complejos de muros gruesos.

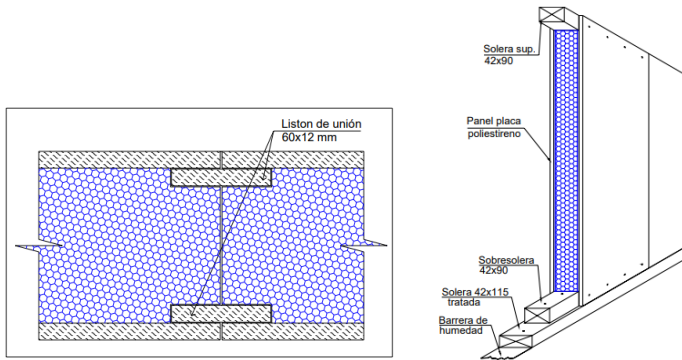


Fig.12: Unión panel. Fuente: thewall

La solución más conveniente es el Panel SIP de 115 mm, este mantiene la chapa de OSB de 11.1 mm por ambos lados, c el núcleo de poliestireno de espesor de 92mm, este panel posee Resistencia térmica $RT= 2,74 \text{ m}^2\text{C/W}$ lo que daría una Transmitancia térmica $U= 0,36 \text{ W/m}^2$, valor menor a lo recomendado por la norma para el ND ($0,5 \text{ W/m}^2$). (Thewall, s.f.)

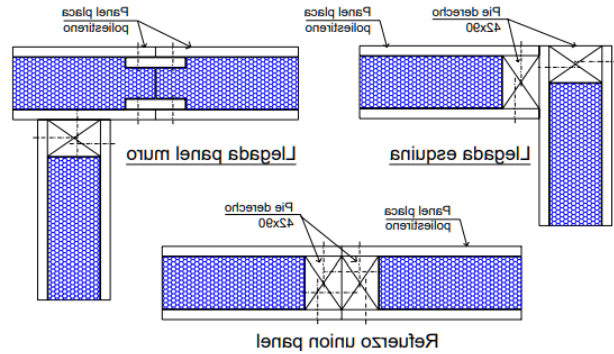
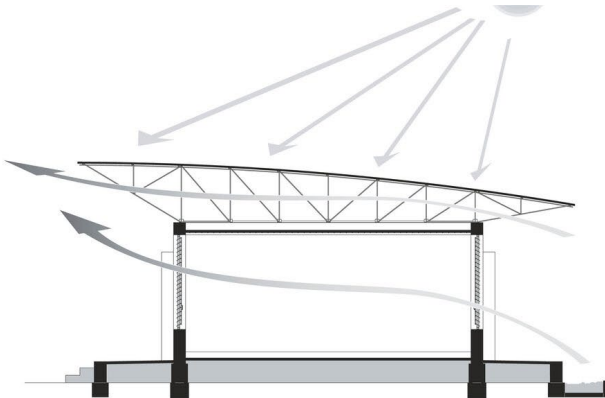


Fig. 13: Detalle panel Fuente: thewall

- Complejo de techumbre: En el caso del complejo de techumbre se recomienda la utilización de una cubierta de un agua ya que en esta zona las lluvias son escasas, esto permite incorporar aleros que cubran una mayor superficie y se permitan actividades al exterior de la vivienda., y también una solución constructiva más simple como un **entramado de madera** sin cerchas, lo cual también facilita el montaje. El contra de esto es que no permite la utilización de panel SIP, ya que este no posee dimensiones suficientes para el área de cielo

Las soluciones arquitectónicas recomendadas para el ND o zonas cálidas se recomienda el uso de **cubiertas ventiladas**. En el caso de esta zona la cubierta plana es útil, ya que está sólo permite el movimiento del aire mediante el paso del viento (Mimbrero, 2020), y cómo es sabido esta zona posee fuertes vientos por lo que esto no presentaría un problema. Esta circulación de viento no permite que el calor del exterior traspase la cubierta hacia el interior de la vivienda.

En el caso de los materiales del cielo se puede utilizar una solución de tableros de OSB estructural de 15 mm con aislación de lana mineral de 5 cm. Esto sumado a la cubierta ventilada proporcionaría una techumbre adecuada para el clima.



- **Complejo de piso ventilado:**
Se recomienda una solución de entramado de madera con paneles de terciado estructural de 15mm y aislación de lana mineral de 5mm, al igual que en la solución Smart Panel tipo 2 cumpliría con a la reglamentación térmica para la zona ND con una **U= 0,68 W/m2**.
- **Elementos vidriados Verticales:**
La Nch 1079 recomienda el uso de doble vidriado para esta zona, por lo que sería recomendable utilizar ventanas de PVC con termo panel, esta es una solución de mayor costo, pero provee una mayor hermeticidad y durabilidad, por lo que permitiría ser reutilizadas posteriormente.
- **Soluciones espaciales:**

La **ventilación cruzada** es de suma importancia en una construcción para una buena circulación del aire, por sobre todo para climas calurosos, en el ND se aprovecharían los fuertes vientos para ventilar la vivienda durante el día.

La **orientación de los vanos** debe ser norte/sur y de **sombreaderos** norte/oeste.

Se recomienda una **morfología** compacta pero que a su vez permita los espacios intermedios exteriores cubiertos, para poder utilizar el exterior de la vivienda y protegerse de la alta radiación presente en la zona.

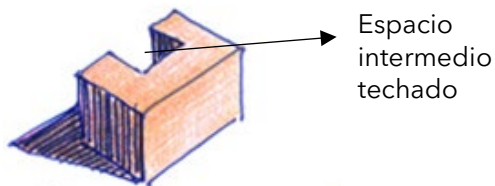


Fig. 2: El factor de forma como estrategia de diseño.
Fuente: <https://huellasdearquitectura.com/2013/05/24/el-factor-de-forma-como-estrategia-de-diseno/>

Estas recomendaciones de diseño y materialidad de la envolvente son pensadas para un posible posterior diseño de vivienda de emergencia que sea capaz de adaptarse a un clima extremo como sería el Norte Desértico en este caso. Es de vital importancia

considerar el diseño bioclimático en todo tipo de vivienda, en este caso en la vivienda de emergencia viéndolo desde un enfoque para su reutilización en una posterior vivienda definitiva, tomando en cuenta el contexto país. Este tipo de diseño ayuda directamente en la calidad de vida de las personas como al medio ambiente ya que disminuye el gasto energético utilizando sistemas pasivos de climatización. Todo en pos de propiciar el habitar digno de las personas, sobre todo las que son afectadas ya sea por desastres o condiciones de pobreza, afectadas por el déficit habitacional presente a lo largo del territorio.

Agradecimientos

A mi profesor guía Jaime Díaz Bonilla por la paciencia y buena disposición. A la profesora Jeannette Roldán por su asesoría y al profesor Mauricio Loyola por el formato.

Referencias

Fábrica FV (2018). Viviendas prefabricadas Fundación Vivienda. <https://fabricafv.cl/>

MART. (2006). Manual de Aplicación Reglamentación Térmica Ordenanza General de Urbanismo y Construcción. Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública, ONEMI. (2018). Habitabilidad Transitoria en Desastres en Chile: Experiencia en el período 2014 - 2017. Santiago, Chile.

ONEMI. (s.f.). Viviendas de emergencia. Obtenido de Onemi.gov.cl: <https://www.onemi.gov.cl/viviendas-de-emergencia/>

Nch 1079. (2008). Arquitectura y construcción-zonificación climático habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico. Santiago, Chile: INN-CHILE.

Nch 853. (2007). Acondicionamiento térmico-Envolvente térmica de edificios- Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas. Santiago, Chile: INN-CHILE.

ANSI/ASHRAE. (2010) Standard 55. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy

Basulto, David (2010). "Casa ELEMENTAL Tecnopanel: una alternativa eficiente a la vivienda de emergencia" 28 mar 2010. Plataforma Arquitectura. Accedido el 6 Jul 2022. <<https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-39644/casa-elemental-tecnopanel-una-alternativa-eficiente-a-la-vivienda-de-emergencia>> ISSN 0719-8914

CASEN. (2017) Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional. Ministerio de Desarrollo Social.

«Estadística climatológica Tomo I (pg 279-300)». Dirección General de Aeronáutica Civil. Marzo de 2001. Consultado el 12 de enero de 2015.

Maiztegui, B. (2020) "Arquitectura de emergencia, ¿Construcción local o prefabricación?" <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/939302/arquitectura-de-emergencia-construccion-local-o-prefabricacion>.

Davis I.(1980) . "Arquitectura de emergencia". Editorial Gustavo Gili, Barcelona (1980): 42

CLIMATE-DATA.ORG (2022) Tabla climática, datos históricos del tiempo Calama. Clima Calama Chile. <https://es.climate-data.org/america-del-sur/chile/ii-region-de-antofagasta/calama-2058/>

CCHC (2008). AISLACIÓN TÉRMICA EXTERIOR.manual de diseño para soluciones en edificaciones. CORPORACIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO de la CÁMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCIÓN.

Thewall (s.f) Información técnica paneles SIP estructurales. Especificaciones PANEL ELEMENTA. Thewall Structural Insulated Panel.

Mimbrero, D. (2020) Cubiertas ventiladas. Téctonica.archi <https://tectonica.archi/articles/cubiertas-ventiladas/>