

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARIA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

**AHORRO ENERGETICO APLICANDO ESTANDAR CASA PASIVA EN UNA
VIVIENDA UNIFAMILIAR**

Trabajo de Titulación para optar al Título
de Técnico Universitario en
CONSTRUCCIÓN

Alumno:
Gonzalo Iván Díaz Rojas

Profesor Guía:
Sr. Bruno Piazze Rubio

RESUMEN

KEYWORDS: Estándar Pasivo, Casa Clarisa, Comparación, Análisis.

El termino Passivhause es entendido como un estándar de construcción, basado en la arquitectura sostenible, es decir, busca que el edificio sea energéticamente eficiente, de gran confort interior, económicamente accesible y ecológico. Todos estos aspectos se trabajan simultáneamente a la hora de proyectar un edificio Passivhause.

En este trabajo se ha estudiado el estándar Passivhaus estudiando en primera instancia los principios básicos, como definición, contexto histórico, actualidad, bases exigidas y beneficios del estándar.

Luego se presentará 2 viviendas modelos, la vivienda modelo sin el estándar, y la vivienda en que se planteó un cambio en los materiales empleados en la envolvente de la vivienda original con la finalidad de aumentar su resistencia térmica, aplicando las características del estándar pasivo, considerando aumento de aislación, propiedades térmicas de los materiales y espesores.

Se realizo finalmente un análisis comparativo entre los 3 casos presentados considerando 2 factores, demanda energética de las vivienda y costo asociados, para esto se implementó un método de cálculo de gasto energético, en este último aspecto se destacará la ventaja de la inversión, el ahorro energético, y por ende, económico asociado a vivir en una vivienda con entandar pasivo.

ÍNDICE

RESUMEN	2
ÍNDICE	3
ÍNDICE DE FIGURAS	5
ÍNDICE DE TABLAS	6
SIGLAS Y/O SIMBOLOGÍAS	6
INTRODUCCIÓN	1
1.1. OBJETIVOS	2
1.1.1. Objetivos generales	2
1.1.2. Objetivos particulares	2
CAPÍTULO 1:	3
1.2. ESTANDAR PASIVO	4
1.2.1. Definición	4
1.2.2. Contexto histórico	4
1.2.3. Actualidad	5
1.2.4. Principios básicos del estándar pasivo	6
1.2.5. Beneficios	10
1.2.6. Bases exigidas por el estándar	12
CAPÍTULO 2:	14
2.2. VIVIENDA MODELO ORIGINAL: CLASA CLARISA	15
2.2.1. distribución de espacio	15
2.2.2. Construcción y materiales	17
2.3. CONSIDERACIONES	18
2.4. TRANSMITENCIA TERMICA CASA CLARISA	18
2.4.1. Muros perimetrales	18
2.4.2. Losa	19
2.4.3. Cielo	19
2.4.4. Tabique techumbre (medianero)	20
2.4.5. Piso (en contacto con el terreno)	20
2.5. PORCENTAJE DE PERDIDA DE CALOR DE LOS COMPONENTES DE LA VIVIENDA CASA CLARISA	21
2.6. GASTO ANUAL EN ENERGIA PARA LA CASA CLARISA	21
2.7. VIVIENDA CON ESTANDA PASIVO	22
2.8. DESCRIPCCION DEL PROYECTO DE LA VIVIENDA CON ESTANDAR PASIVO	23
2.8.1. Fundaciones	23
2.8.1.1. Excavaciones	23
2.8.1.2. Cimientos	23
2.8.1.3. Sobrecimientos	23
2.8.1.4. Radier	24
2.8.1.5. Muros Perimetrales	25
2.8.1.6. Tabiques Autosoportantes	26
2.8.1.7. Envigado de entrepiso	28
2.8.1.8. Muro medianero	28
2.8.1.9. Entramado cielo	28
2.8.1.10. Techumbre	29

2.8.1.11.	Ventanas	29
2.9.	TRANSMITENCIA TERMICA CASA PASIVA	29
2.9.1.	Elemento: Muros Perimetrales	29
2.9.2.	Elemento: Techumbre (Cielo)	29
2.9.3.	Elemento: piso (en contacto con el terreno)	30
2.10.	PORCENTAJE DE PERDIDA DE CALOR DE LOS COMPONENTES DE LA VIVIENDA CON ESTANDAR PASIVO	30
2.11.	GASTO ANUAL EN ENERGIA PARA LA CASA CON EL ESTANDAR PASIVO	31
3.	CONCLUSION	34
4.	BIBLIOGRAFIA	36
5.	ANEXOS	37

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1-1. Explicación del termo y la cafetera.
- Figura 1-2. Passivhaus de Darmstadt, Kranichstein.
- Figura 1-3. Orientación y compacidad
- Figura 1-4. Aislamiento térmico
- Figura 1-5. Ventana de altas prestaciones
- Figura 1-6. Puentes térmicos
- Figura 1-7. Ventilación mecánica con recuperador de calor
- Figura 1-8. Estanquidad del aire
- Figura 1-9. Ahorro energético en calefacción
- Figura 2-1. Ubicación dentro del condominio y modelo casa clarisa
- Figura 2-2. Planta primer piso casa Clarisa
- Figura 2-3. Planta segundo piso casa Clarisa
- Figura 2-4. Porcentaje de pérdidas de calor de los componentes de la vivienda Casa Clarisa
- Figura 2-5. Detalle fundaciones y sobrecimiento (Manual de construcción de viviendas, Corma)
- Figura 2-6. Detalle unión entre sobrecimiento y solera (Manual de construcción de viviendas, Corma)
- Figura 2-7. Detalle Escantillón Muro Perimetral.
- Figura 2-8. Detalle muro perimetral en planta.
- Figura 2-9. Detalle escantillón tabique interior.
- Figura 2-10. Porcentaje de pérdida de calor de los componentes de la vivienda Casa con estándar Pasivo.
- Figura 2-11. Gasto anual en calefacción
- Figura 2-12. Consumo en calefacción.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1. Transmitancia térmica muros perimetrales

Tabla 2-2. Transmitancia térmica Losa

Tabla 2-3. Transmitancia térmica cielo

Tabla 2-4. Transmitancia térmica tabique techumbre

Tabla 2-5. Transmitancia térmica Piso

Tabla 2-6. Gasto anual en energía

Tabla 2-7. Transmitancia térmica muros perimetrales solución

Tabla 2-8. Transmitancia térmica techumbre (cielo) solución

Tabla 2-9. Transmitancia térmica piso solución

Tabla 2-10. Gasto anual casa con estándar pasivo

Tabla 2-11. Cuadro comparativo Transmitancia térmica

Tabla 2-12. Resultado del costo

SIGLAS Y/O SIMBOLOGÍAS

SIGLAS:

RT	= Reglamentación térmica
EETT	= Especificaciones Técnicas
Rsi	= Resistencia térmica de superficie al interior
Rg	= Resistencia de la cámara de aire
Rse	= Resistencia térmica de superficie al exterior

SIMBOLOGÍA:

M2	= Metro Cuadrado
M3	= Metro Cúbico
MM	= Milímetros
\$	= Peso chileno
%	= Porcentaje

INTRODUCCIÓN

El cambio climático es un tema de interés social, por lo cual se está creando una conciencia generalizada nivel mundial. Como en los últimos años se ha comprobado que el calentamiento global es una realidad y que este ha generado que el cambio climático se haya convertido en unos de los mayores problemas a los que el sector de la construcción ha tenido que enfrentarse, dando solución tanto en ejecución y diseño.

Dentro de este contexto, y como consecuencia de la alarma social por el cambio climático y la implantación de estrategias en cuanto a eficiencia energética, tanto normativas como voluntarias, se está creando una conciencia social al respecto de la importancia del concepto de eficiencia energética.

Es a partir de la conciencia social, así como la posibilidad de ahorro económico, donde las certificaciones medioambientales, así como los estándares de la construcción empiezan a ser considerados dentro de la sociedad y hacer presencia importante dentro del mercado inmobiliario.

Las certificaciones medioambientales tienen gran aceptación dentro de las empresas interesadas en ofrecer una imagen de modernidad y compromiso con el medio ambiente.

El estándar Pasivo o Passivhaus, como de los máximos representantes de los estándares de construcción, posee de gran aceptación en cuanto a edificación residencial se refiere, si bien se puede aplicar a cualquier uso edificatorio, por motivos de conciencia medioambiental, así como de ahorro energético y por lo tanto económico.

La vivienda con estándar pasivo es una vivienda de muy baja demanda y consumo energético, de gran estanqueidad y donde el recuperador de calor es un elemento fundamental de la misma. Se crean así viviendas de elevado nivel de confort, donde apenas se requiere el funcionamiento de equipos de aire acondicionado ni la apertura de ventanas para ventilar debido a la gran calidad del aire interior.

1.1. OBJETIVOS

En este estudio, en primer lugar, se estudia en que consiste el estándar pasivo y sus requerimientos. Una vez analizados los principios y bases del estándar, consideraremos una vivienda modelo, donde se le hará un análisis térmico y económico, para luego hacer una comparación de la misma vivienda con el estándar pasivo aplicado.

1.1.1. Objetivos generales

- Aplicar características del estándar pasivo en una vivienda unifamiliar.
- Conocer en que consiste el estándar pasivo y requerimientos.

1.1.2. Objetivos particulares

- Alcanzar los criterios del estándar pasivo privilegiando la aislación de la envolvente.
- Realizar análisis comparativo y cuantitativo de ahorro energético entre la vivienda modelo y la vivienda con características del estándar pasivo.
- Dar a conocer principios básicos, como definición, contexto histórico, actualidad, bases exigidas y beneficios del estándar.
- Demostrar las ventajas de aplicar el estándar pasivo en la vivienda modelo.

CAPÍTULO 1:

1.2. ESTANDAR PASIVO

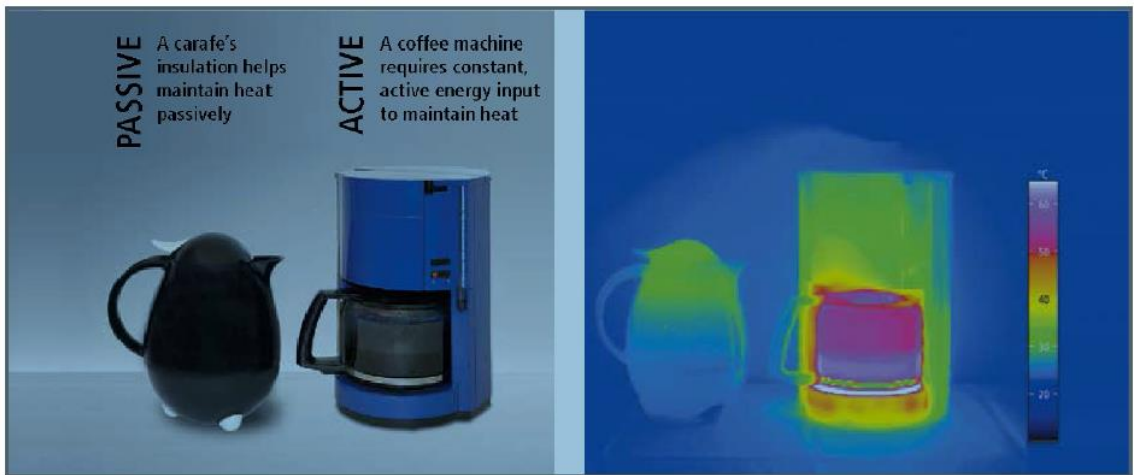
Para comprender mejor los fundamentos del estudio, a continuación, se dará a conocer el contexto histórico, así como las características del estándar pasivo y estudios de casos.

1.2.1. Definición

El término estándar pasivo no es únicamente un certificado energético, sino un concepto constructivo internacional, estudiado, analizado y con excelentes resultados obtenidos en sus más de 20 años de experiencia.

El objetivo principal del estándar pasivo es obtener elevados niveles de confort interior manteniendo el consumo energético muy bajo, contribuyendo así en un importante ahorro energético.

El estándar pasivo está basado en unos criterios de diseño que permiten el aprovechamiento de la energía y la luz natural durante el invierno y la minimización de la incidencia solar durante el verano. Al mismo tiempo, las altas exigencias técnicas y constructivas contribuyen al excelente acondicionamiento térmico conservando todo el calor absorbido en invierno y disipándolo en verano.



Fuente: PHI (Passivhaus Institut)

Figura 1-1. Explicación del termo y la cafetera.

1.2.2. Contexto histórico

El estándar de construcción pasiva se ideó en 1988 por los profesores Bo Adamson, de la *Lund University* de Suecia, y Wolfgan Feist, profesor del instituto de Edificación y Medio Ambiente de Alemania.

El primer edificio realizado bajo los estándares pasivos fue llevado a cabo en Darmstadt en 1991, y su funcionamiento fue monitorizado durante veinte años con excelentes resultados. Gracias a este proyecto fueron capaces de demostrar que el

sistema funciona incluso en climas poco favorables, ya que éste área tiene un invierno muy duro.



Fuente: https://passiv.de/former_conferences/Kran/First_Passive_House_Kranichstein_en.html

Figura 1-2. Passivhaus de Darmstadt, Kranichstein.

Tras el éxito en los resultados, que comprobó la viabilidad del sistema, se construyeron otros complejos residenciales y continuaron la investigación en busca de opciones más económicas para cumplir con el estándar. Al conseguir la experiencia práctica a los conocimientos teóricos, en 1996 fue posible fundar el Passivhaus-Institut. El objetivo principal de este instituto es promocionar, controlar y promover el desarrollo de este estándar.

Con el desarrollo y la construcción de diversas arquitecturas sostenibles aparecieron cada vez más proveedores de materiales y elementos para crear los sistemas de ventilación, aislamiento y los vidrios de alta eficiencia energética. Esto ayudó que los precios bajaran e impulsó el desarrollo de tecnología de construcción pasiva.

A principios del 2000 Katrin Klineberg llevó el concepto a Estados Unidos. El estándar tardó tres años en consolidarse en este país, donde en 2003 se construyó el primer edificio pasivo ubicado en la ciudad urbana en Illinois. En 2007 Katrin se unió al constructor Mike Kernagis para fundar el Passive House Institute US (PHIUS).

1.2.3. Actualidad

En la actualidad ya se han construido más de dos mil edificaciones en distintos países que cumplen con esta norma. La aplicación del estándar trajo consigo que algunas regiones de Alemania y Australia ya sea el sistema obligatorio de construcción para la edificación pública. En Inglaterra también se está pensando en establecer el estándar como requisito obligatorio de las nuevas obras.

Los proyectos para crear viviendas con el estándar pasivo se están expandiendo alrededor del mundo, con apoyos tanto de las empresas privadas como

de los gobiernos. Por ejemplo, en la ciudad de Heidelberg ciudad en Alemania, se está organizando la urbanización de 115 hectáreas en las que se construirá únicamente edificaciones con el estándar. Inicialmente se aplicó este estándar a viviendas unifamiliares, pero cada vez son más las tipologías a las que se adaptan el estándar pasivo como por ejemplos, escuelas, polideportivos, centros cívicos o bloques de viviendas colectivas.

En Chile, estos casos están muy lejos de la realidad chilena, aunque el gobierno ha intentado generar incentivos para mejorar la eficiencia energética de las viviendas sociales a través de subsidios específicos, El Ministerio del Desarrollo Social ha logrado, por ejemplo, subsidiar la instalación de paneles solares y mejoramiento térmico. Sin embargo, estos esfuerzos aún son muy modestos y la reglamentación térmica actual sigue un estándar muy bajo en comparación con otros países

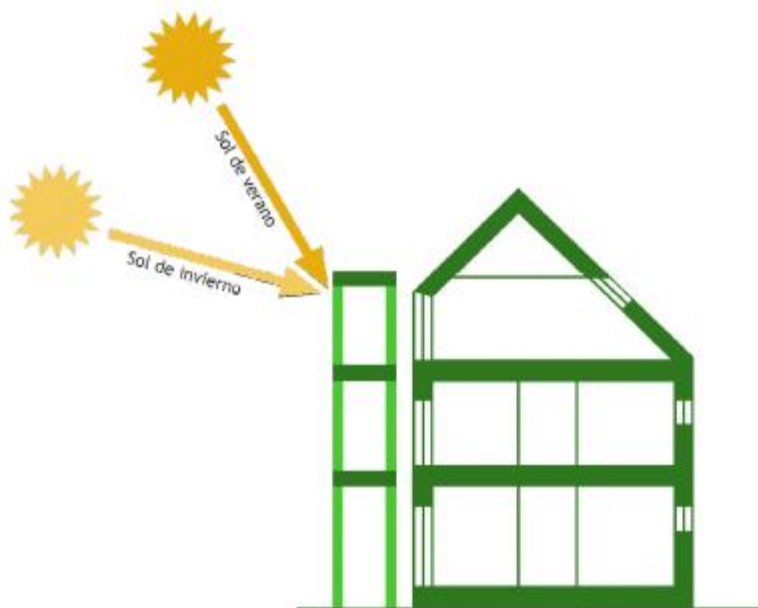
1.2.4. Principios básicos del estándar pasivo

Las construcciones con el estándar consiguen reducir en un 75% las necesidades de calefacción y refrigeración. La energía suplementaria que requiere se puede cubrir con facilidad a partir de energías renovables, convirtiéndose en una construcción con un coste energético muy bajo.

Este estándar no supone el uso de un tipo de producto, material o estilo arquitectónico específico sino la optimización de los recursos existentes a través de técnicas pasivas, como un buen factor de forma, que reduzca la superficie en contacto con el exterior para disminuir las necesidades de climatización, una orientación correcta de las ventanas para aprovechar el calor del sol cuando están cerradas y la ventilación natural al abrirla, o poner protecciones solares que impidan un sobrecalentamiento en verano, etc. Cuidando la orientación, la envolvente del edificio y aprovechando al máximo la energía del sol, se consigue que la demanda energética para su climatización sea muy baja y con una elevada calidad del aire interior. Para ello son necesarios un buen diseño y planificación, teniendo un especial cuidado con los detalles constructivo y su ejecución. Además de estas estrategias pasivas, los edificios con el estándar se planifican principalmente en torno a los siguientes puntos:

1.2.4.1. Orientación y compacidad

En climas fríos, los edificios muy compactos tienen menores demandas energéticas, puesto que, al tener una envolvente menor con respecto al volumen del propio edificio, se producen menores pérdidas a través de la envolvente. Será muy conveniente planificar una buena orientación del edificio, de maneras que la fachada mayor sea sur, para obtener ganancia de calor por radiación e iluminación natural.

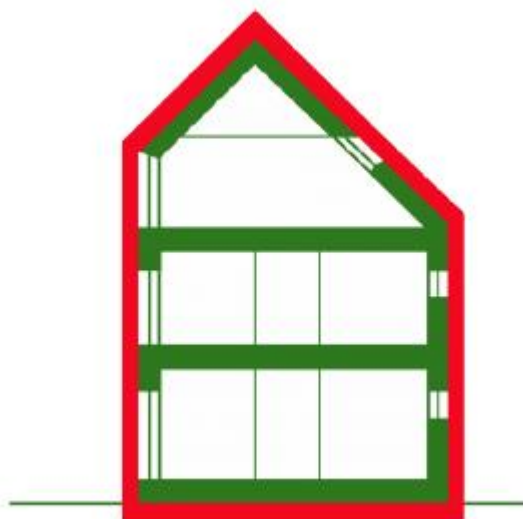


Fuente: <http://www.energiehaus.es/passivhaus/definicion/>

Figura 1-3. Orientación y compacidad.

1.2.4.2. Excelente aislamiento térmico

Un buen aislamiento térmico para cerramientos y cubiertas es beneficioso tanto en invierno como en verano. Con una baja transmitancia térmica en los cerramientos exteriores baja también la demanda energética del edificio. En función del clima, se puede optimizar el espesor del aislamiento térmico hasta encontrar el punto en el que el aumento de grosor es muy poco relevante para la mejora de la eficiencia energética. Además, se debe tener cuidado en la instalación, asegurando una continuidad en toda la envolvente, para garantizar una elevada estanqueidad.

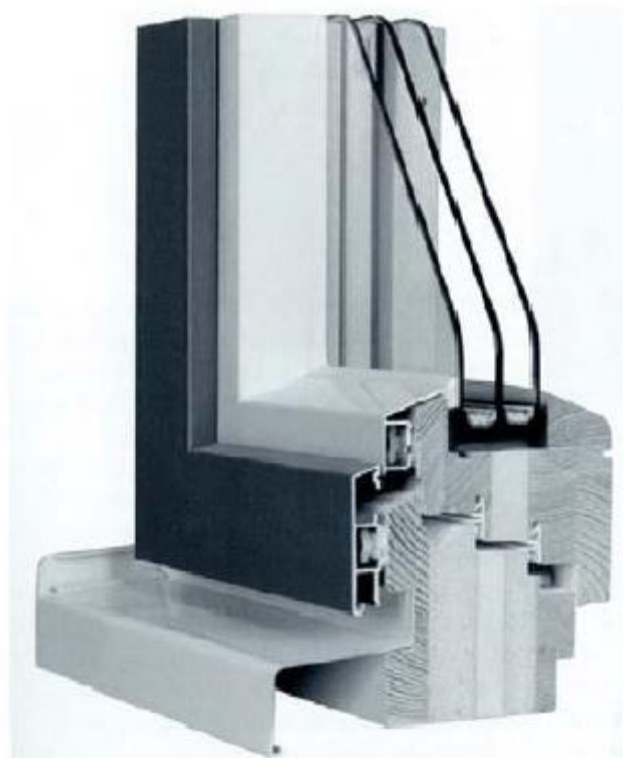


Fuente: <http://www.energiehaus.es/passivhaus/definicion/>

Figura 1-4. Aislamiento térmico.

1.2.4.3. Ventanas y puertas de altas prestaciones

Los huecos se caracterizan por ser el punto débil de la envolvente, por lo que el estándar pasivo pone especial interés en su ubicación durante el diseño proyectual y en su correcta colocación durante la obra. Las carpinterías utilizadas tienen muy baja transmitancia térmica, colocando aislante térmico en el interior de estas, y a las ventanas son de doble o triple vidrio rellenas en un gas noble (generalmente argón). El vidrio es bajo emisor para reflejar el calor al interior de la vivienda en invierno y mantenerlo en el exterior de la vivienda en invierno y mantenerlo en el exterior durante el verano. Además, es importante planificar correctamente la posición de las ventanas, estudiando el sombreado en verano y entrada de sol en invierno.

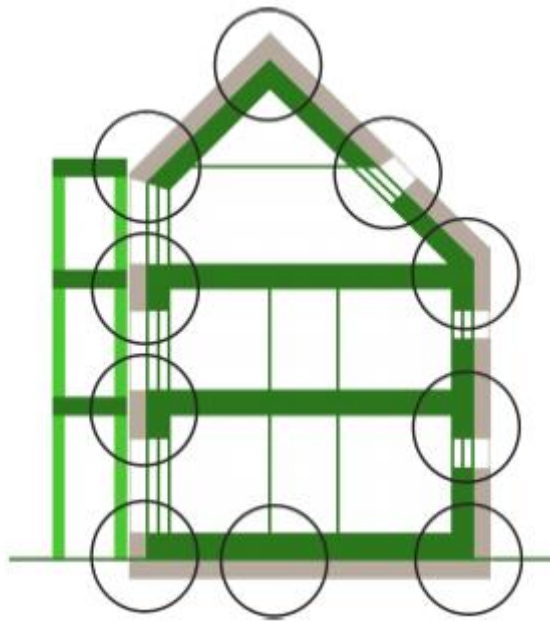


Fuente: Ventana de altas prestaciones - Guía del estándar Passivhaus, pagina 20

Figura 1-5. Ventana de altas prestaciones.

1.2.4.4. Ausencia de puentes térmicos

La transmisión de energía no sólo se da en los elementos generales como paredes o techos, sino que también se da en esquinas, ejes, juntas, etc. Los puentes térmicos son lugares del cerramiento exterior, donde el flujo de energía es más grande respecto al resto del cerramiento. Es decir, lugares de la envolvente donde se pierde energía que perjudican la eficiencia energética del edificio, por esto se les debe presentar especial atención. Un correcto planteamiento en el diseño permite eliminar los puentes térmicos y minimizar así la pérdida de energía. Se puede construir sin puentes térmicos no interrumpiendo la capa de aislamiento, usando un material con la resistencia térmica mayor, como la madera, si se interrumpe el aislamiento y cuidando las juntas entre elementos constructivos.

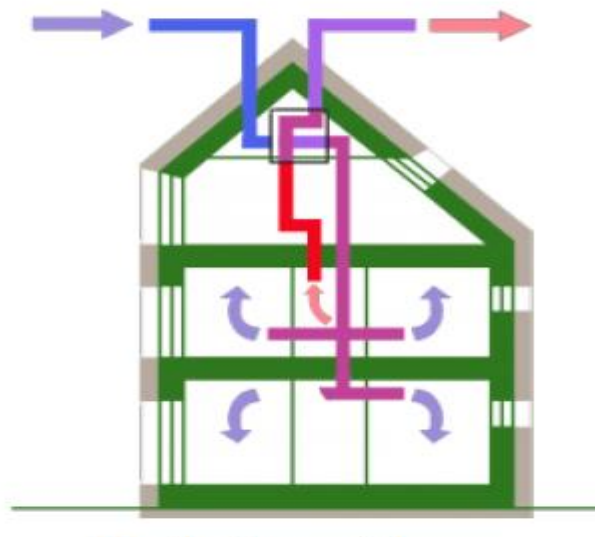


Fuente: <http://www.energiehaus.es/passivhaus/definicion/>

Figura 1-6. Puentes térmicos.

1.2.4.5. Recuperación mecánica con recuperador de calor

La ventilación mecánica es un concepto fundamental para edificios de muy bajo consumo energético. Las personas y los electrodomésticos generan calor, que será reaprovechado por el sistema de ventilación, esto se hace mediante un recuperador de calor. El recuperador de calor recoge el calor que transporta el aire interior y lo transfiere al aire fresco que se recoge del exterior, atemperando y previamente filtrado en perfectas condiciones higiénicas, su principal ventaja es la de recuperar energía.

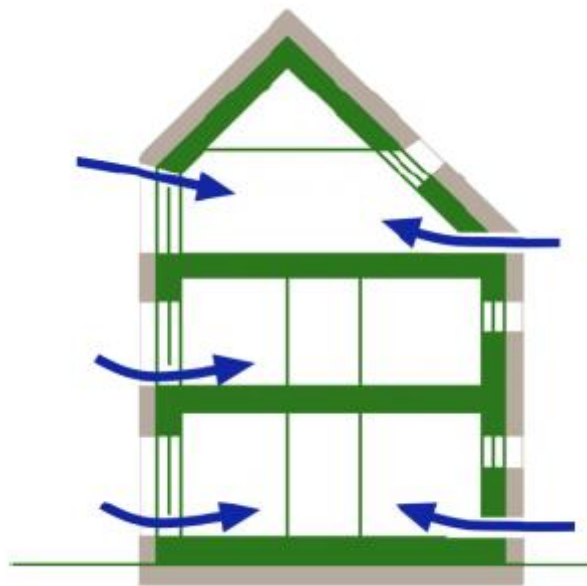


Fuente: <http://www.energiehaus.es/passivhaus/definicion/>

Figura 1-7. Ventilación mecánica con recuperador de calor.

1.2.4.6. Estanquidad del aire

En una construcción convencional, las corrientes de aire que se pueden dar a través de ventanas, huecos o grietas provocan falta de confort al usuario y hasta puede provocar condensaciones en la construcción, particularmente durante los períodos más fríos del año. En un edificio con el estándar pasivo, la envolvente es lo más estanca posible logrando una eficiencia elevada del sistema de ventilación mecánica. Esto se logra cuidando al máximo la ejecución de unas juntas durante la construcción. La hermeticidad del edificio se mide con una prueba de presión, o ensayo Blower Door*. Para cumplir el estándar, el resultado debe ser inferior a 0.6 renovaciones de aire por hora.



Fuente: <http://www.energiehaus.es/passivhaus/definicion/>

Figura 1-8. Estanquidad del aire.

1.2.5. Beneficios

1.2.5.1. El confort

Todos los principios básicos del estándar buscan el confort interior. Una buena piel del edificio, correctamente aislada frente al frío y al calor asegura un elevado nivel de confort interior. Los edificios que cumplen el estándar son confortablemente cálidos en invierno y fresco en verano.

1.2.5.2. La sostenibilidad

La elevada eficiencia energética de este tipo de edificación reduce las emisiones de CO₂ a la atmósfera, contribuyendo a la protección del medio ambiente y a la preservación de las fuentes de energía no renovables, como los derivados del petróleo. Estos edificios pueden ahorrar hasta un 90% de su consumo de energético respecto a edificios convencionales que se construyen hoy en día. Debido a la escasa necesidad de energía en los edificios, se hace más sencillo el empleo de energías renovables como fuentes de suministro.

1.2.5.3. La eficiencia

Se requiere muy poca energía para aportar una alta calidad de aire (confort interior) con un esfuerzo técnico muy bajo.

1.2.5.4. La Innovación

El estándar pasivo servirá como base para los edificios del futuro. Poco a poco la industria está respondiendo dos tipos de construcciones, desarrollando productos de alta eficiencia energética y elementos constructivos para la prefabricación.

1.2.5.5. Uso sencillo

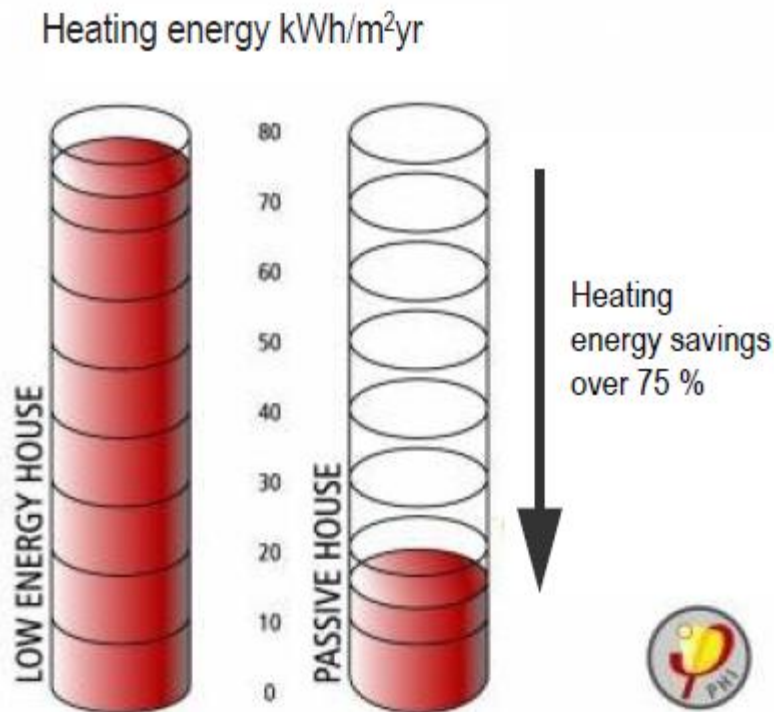
Para los ocupantes de los edificios con el estándar pasivo no es necesario estar pendiente de ventilar las estancias, por lo que no se producen pérdida de calor ni corrientes de aire, todo ello se produce gracias a una tecnología sencilla.

1.2.5.6. Larga duración de los edificios

Los altos niveles de aislamiento, la ausencia de puentes térmicos y a la envolvente estanca dan al edificio una alta calidad constructiva, lo cual hace aumentar la longevidad del edificio considerablemente.

1.2.5.7. Edificios asequibles

Los edificios contruidos bajo este estándar son edificios de mayor calidad con los convencionales. A pesar de que los costes iniciales son ligeramente superiores a los de un edificio convencional, debido a su mayor planificación y el uso de componentes de mayor calidad constructiva, los costes de mantenimiento y de la vida del edificio son mucho menores, debido a un gran ahorro energético.



Fuente: Ahorro energético en calefacción- PHI, pagina 5.

Figura 1-9. Ahorro energético en calefacción.

1.2.6. Bases exigidas por el estándar

El estándar pasivo supone que la demanda de energía, para calentar o refrigerar, es tan baja que, aun empleando un sistema tradicional de aporte energético, el consumo energético será mucho menor al de una vivienda convencional. En algunos casos la energía necesaria puede aportarse a través del aire de renovación higiénica, ya que sólo necesitaría una fuente adicional de calor en momentos puntuales. El objetivo del estándar pasivo se centra en una base para el control de ese confort interior que busca. Para poder asegurar esto, se apoya en una serie de datos que se deben cumplir y que se apreciara en la siguiente figura.

1. Demanda máxima de energía para calefacción: 15 kWh/m²a. ⁷
2. Demanda máxima de energía para refrigeración: 15 kWh/m²a.
3. Hermeticidad al paso del aire: 0,6 renovaciones por hora, con una presión / depresión de 50 Pascales.
4. La energía primaria total demandada por el edificio, es decir, la empleada para la climatización, la iluminación, el agua caliente sanitaria, la electricidad, los electrodomésticos, ordenadores, etc. no debe superar los 120 kWh/m²a.

Fuente: <https://passivehouse.com/>

Figura 1-10. Bases exigidas por el estándar.

Para esto es importante que las temperaturas superficiales interiores de la envolvente térmica en un invierno sean mayores a 17 °C. Cumpliendo estos valores y mediante la herramienta PHPP se garantiza el funcionamiento de la edificación.

Un edificio con el estándar no se consigue acumulando varios elementos pasivos, puesto que algunos elementos, pueden tener gran influencia positiva o negativa, por lo tanto, es necesario calcular adecuadamente el funcionamiento durante la fase de proyecto, teniendo en cuenta el funcionamiento del mismo durante el ciclo de un año completo en el lugar de construcción.

CAPÍTULO 2:

2. ESTUDIO DEL CASO

En este capítulo se hará un Análisis del estudio de María José Navarrete, Matías Quezada. Ahorro energético aplicando estándar pasivo en una vivienda unifamiliar. Memoria de título (Corporación de diseño tecnológico) Santiago, Chile. 2009.

Mi trabajo se enfocará en la presentación de las viviendas propuestas en el estudio, mostrando el tipo de construcción y materiales, la transmitancia térmica que contiene ambas viviendas el análisis comparativo energético y económico de la casa Clarisa y con la del estándar pasivo.

2.2. VIVIENDA MODELO ORIGINAL: CLASA CLARISA

La vivienda estudiada corresponde a la casa 1 (Fig.2-1) del proyecto "Casas Abadía de La Florida" es una vivienda unifamiliar de dos plantas, tiene una superficie de 83 m², tres dormitorios y tres baños. Fue realizado por la Empresa Constructora 3L S.A, este se ubica en Salvador Sanfuentes 150, comuna de la Florida.



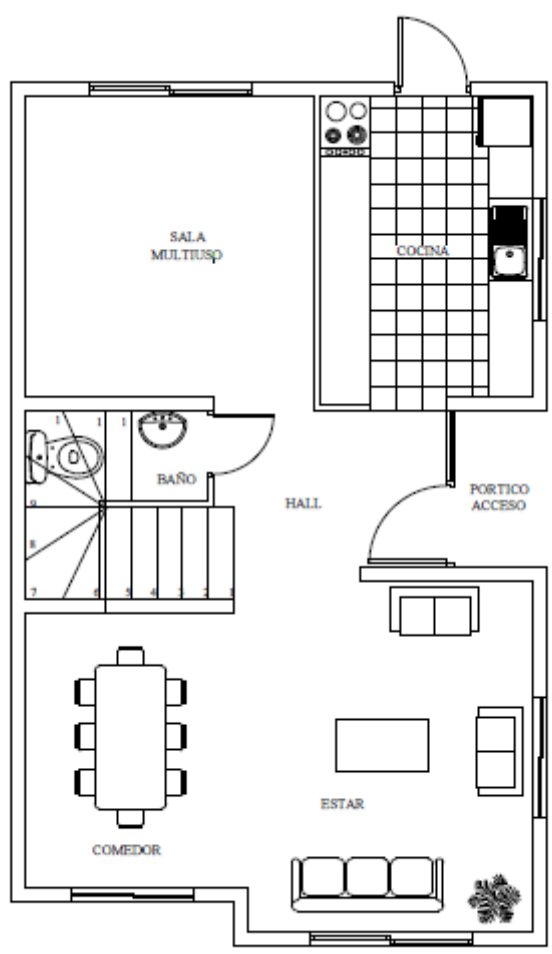
Fuente: Ahorro energético aplicando estándar pasivo en una vivienda unifamiliar. Memoria de título (Corporación de diseño tecnológico) Santiago, Chile. 2009.

Figura 2-1. Ubicación dentro del condominio y modelo casa clarisa.

2.2.1. distribución de espacio

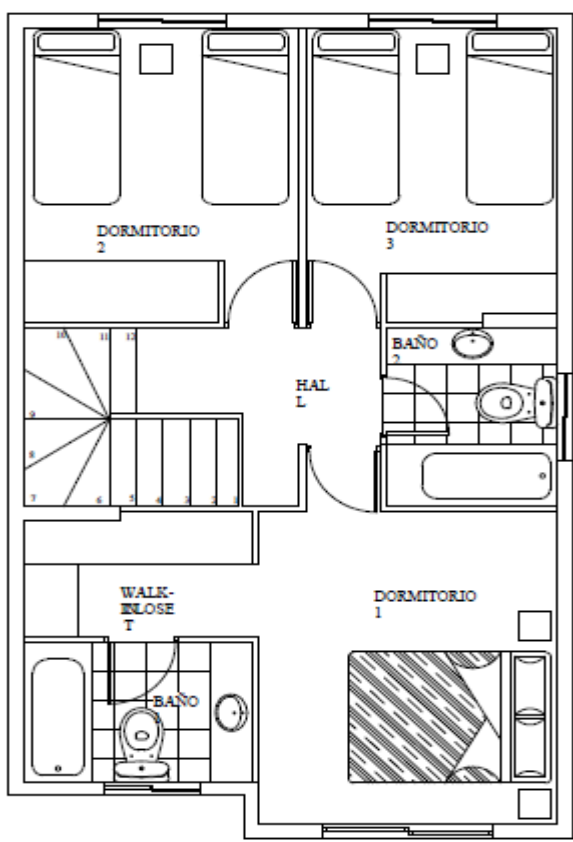
El perímetro de la vivienda es de 26,48 m, con la fachada norte de 5,0 m y una profundidad o largo de 8,24 m.

Se observa en la figura la distribución espacial de la vivienda unifamiliar pareada, destinada a una familia de no más de 6 habitantes. La orientación de la vivienda es noroeste.



Fuente: Ahorro energético aplicando estándar pasivo en una vivienda unifamiliar. Memoria de titulo (Corporación de diseño tecnológico) Santiago, Chile. 2009

Figura 2-2. Planta primer piso casa Clarisa



Fuente: Ahorro energético aplicando estándar pasivo en una vivienda unifamiliar. Memoria de titulo (Corporación de diseño tecnológico) Santiago, Chile. 2009

Figura 2-3. Planta segundo piso casa Clarisa

Se puede apreciar que la planta del primer piso cuenta con 1 baño bajo la escalera sin ventilación natural, pero se contempló un extractor de ventilación forzada.

La cocina posee una puerta por el sector sur que dirige al patio, el living-comedor recibe excelente iluminación natural debido a su orientación, en el primer piso, además, se dispone de una sala multiuso, que eventualmente podría funcionar como un cuarto dormitorio. La fachada norte posee amplias superficies vidriadas.

En el caso de la planta del segundo piso se encuentran 3 dormitorios, uno de ellos en suite y walking closet, los 2 baños cuentan con ventilación natural, dos dormitorios se encuentran en orientación sur y uno hacia el norte (suite).

2.2.2. Construcción y materiales

El método constructivo empleado en la vivienda es de albañilería confinada, para ambas plantas.

Las excavaciones fueron revestidas con lámina de polietileno.

En las fundaciones se utilizó Hormigón H5 con 20% de bolón desplazado y fueron impermeabilizadas con Igol.

Los sobrecimientos se ejecutaron en Hormigón H20.

Antes de hormigonar el radier, se revistió la superficie rípiada con polietileno negro.

Los muros perimetrales están contruidos de ladrillo prensado con dimensiones nominales de 29 x 14 x 7,1 cm., se empleó como revestimiento estuco simple, la terminación interior del muro es de ladrillo a la vista.

El muro medianero es de albañilería armada 15,3 cm., se empleó ladrillo prensado.

La losa tiene un espesor de 11 cm. de hormigón armado, con enlucido de yeso para el cielo de 5mm de espesor.

Los tabiques interiores son de volcometal de 8 cm. de espesor, con volcanita de 1,5 cm. de espesor en ambas caras, se empleó como aislante lana de vidrio Aislanglass de 5 cm. de espesor.

La estructura de techumbre se realizó en madera de pino estructural, para el encintado las dimensiones empleadas fueron listones de 1/2 x 2 pulg., la aislación es de Aislanglass de 82 mm. de espesor y densidad 12,5 (kg/m3).

En el cielo se empleó una plancha tipo volcanita de 10 mm de espesor con borde biselado.

Las costaneras son de pino de 2 x 2 pulg.

La estructura de techumbre cuenta con un tabique divisorio entre unidades que funciona como aislante acústico y térmico, de espesor 120 mm., éste está formado por 2 planchas de volcanita de 15 mm de espesor en cada cara y lana de vidrio Aislanglass de 60 mm. de espesor.

El alero fue contruido en pino estructural y éste tiene un ancho de 50 cm.

En la cubierta se empleó teja veneciana de hormigón de 2 cm. de espesor.

Las ventanas ocupan aproximadamente un 23 % de la superficie de los muros

perimetrales, están compuestas de perfiles de aluminio y vidrio simple de 3 mm de espesor.

Las puertas que se emplearon en el proyecto son de HDF (fibra de madera de alta densidad), de 4,5 cm. de espesor.

En el pavimento empleado en el primer piso fue de palmetas de cerámica y en la planta del segundo piso se empleó alfombra de alto tránsito de 5 mm de espesor.

2.3. CONSIDERACIONES

Antes de hacer una comparación de la vivienda con estándar y sin esta, en el trabajo estudiado se hace una mención de algunos factores que incidirán considerablemente en el análisis comparativo.

Se menciona que los muros de la envolvente, se considera que se encuentran demasiado expuestos a factores climáticos, sobre todo en invierno, ya que carecen de un eficiente sistema de aislación.

Otra mención es referente a la ubicación, específicamente la disposición con respecto al sol, se mencionó que la vivienda tiene una favorable orientación, noroeste, con grandes ventanales en la fachada norte, esto es conveniente desde el punto de vista térmico, con respecto al sur consideramos que las ventanas de los dormitorios son muy amplias para poseer vidrio simple lo que hará que los dormitorios en invierno tengan altos índices de pérdidas térmicas y por lo tanto disminuya el confort del recinto en dicho sector.

2.5. TRANSMITENCIA TERMICA CASA CLARISA

A continuación, se muestran los valores de Transmitancia térmica de los distintos elementos influyentes que se presentaron en la vivienda Clarisa, tantos como en de los muros perimetrales, losa ventilada y cielo.

La que especifica los valores límites de transmitancia, es la Reglamentación Térmica contenida en la OGUC y es la norma NCh 853 quienes especifica la metodología de cálculo de esta.

En los cuadros se muestran los valores obtenidos asociados a los materiales de cada elemento y su conductividad térmica, no nos enfocaremos en la fórmula de cálculo, si no en valores obtenidos en cada elemento.

2.5.1. Muros perimetrales

Tabla 2-1. Transmitancia térmica muros perimetrales.

Material	Conductividad Térmica (w/m ² *K)	Espesor (m)	Transmitancia Térmica Total (W/ m ² *K)
Ladrillo macizo hecho a maquina	0,46	0,14	1,89
Estuco	0,24	0,013	

Fuente: Ahorro energético aplicando estándar pasivo en una vivienda unifamiliar. Memoria de titulo (Corporación de diseño tecnológico) Santiago, Chile. 2009

Según la reglamentación térmica el máximo permitido para este tipo de muro exterior es de 1,90 W/m2k, y como muestra el cuadro resumen de componentes, el muro alcanza un valor de 1,89 W/m2K, por lo que está al límite de esta.

2.5.2. Losa

Tabla 2-2. Transmitancia térmica Losa

Material	Conductividad Térmica (w/m ² *K)	Espesor (m)	Transmitancia Térmica Total (W/ m ² *K)
Alfombra	0,05	0,005	2,87
Hormigón Armado	1,63	0,11	
Enlucido de Yeso	0,44	0,005	

Fuente: Ahorro energético aplicando estándar pasivo en una vivienda unifamiliar. Memoria de titulo (Corporación de diseño tecnológico) Santiago, Chile. 2009

La losa definida y proyectada cumple con el reglamento, sin embargo, no en todos los sectores de la vivienda, en este caso el noroeste donde se encuentra el acceso de esta, la losa no cumple con los máximos requerimientos, por lo que se considera como “piso ventilado”. Por Reglamento Térmico, este sector ventilado requiere una Transmitancia de 0,7 W/m2K, mucho menos de la cual fue proyectada y ejecutada, como se muestra en el desglose de materiales que constituyen la losa.

2.5.3. Cielo

Tabla 2-3. Transmitancia térmica cielo

Material	Conductividad Térmica (w/m ² *K)	Espesor (m)	Trasmitancia Térmica Total (W/ m ² *K)
Lana de Vidrio 12.5 Kg/m3	0,042	0,082	0,46
Yeso Cartón	0,24	0,01	

Fuente: Ahorro energético aplicando estándar pasivo en una vivienda unifamiliar. Memoria de titulo (Corporación de diseño tecnológico) Santiago, Chile. 2009

Como se observa en el cuadro en la aislación del cielo del segundo piso, se utilizó lana de vidrio Aíslenlas de 12,5 Kg/m3 en paneles y por Reglamento térmico

indica que para este producto debe tener un espesor de 82 mm, como mínimo, para ser utilizado en esta zona térmica (Zona 3).

2.5.4. Tabique techumbre (medianero)

Tabla 2-4. Transmitancia térmica tabique techumbre

Material	Conductividad Térmica (w/m ² *K)	Espesor (m)	Transmitancia Térmica Total (W/ m ² *K)
Yeso Cartón	0,24	0,03	0,54
Lana de Vidrio 12.5 Kg/m ³	0,042	0,06	
Yeso Cartón	0,24	0,03	

Fuente: Ahorro energético aplicando estándar pasivo en una vivienda unifamiliar. Memoria de título (Corporación de diseño tecnológico) Santiago, Chile. 2009

Su Transmitancia total es de 0.54 W/m2K, como muestra el desglose de los materiales en el cuadro anterior, por lo que estaría cumplimento según Reglamentación térmica.

2.5.5. Piso (en contacto con el terreno)

Tabla 2-5. Transmitancia térmica Piso

Material	Conductividad Térmica (w/m ² *K)	Espesor (m)	Transmitancia Térmica Total W/ m ² *K
Hormigón normal	0,73	0,10	3,26

Fuente: Ahorro energético aplicando estándar pasivo en una vivienda unifamiliar. Memoria de título (Corporación de diseño tecnológico) Santiago, Chile. 2009

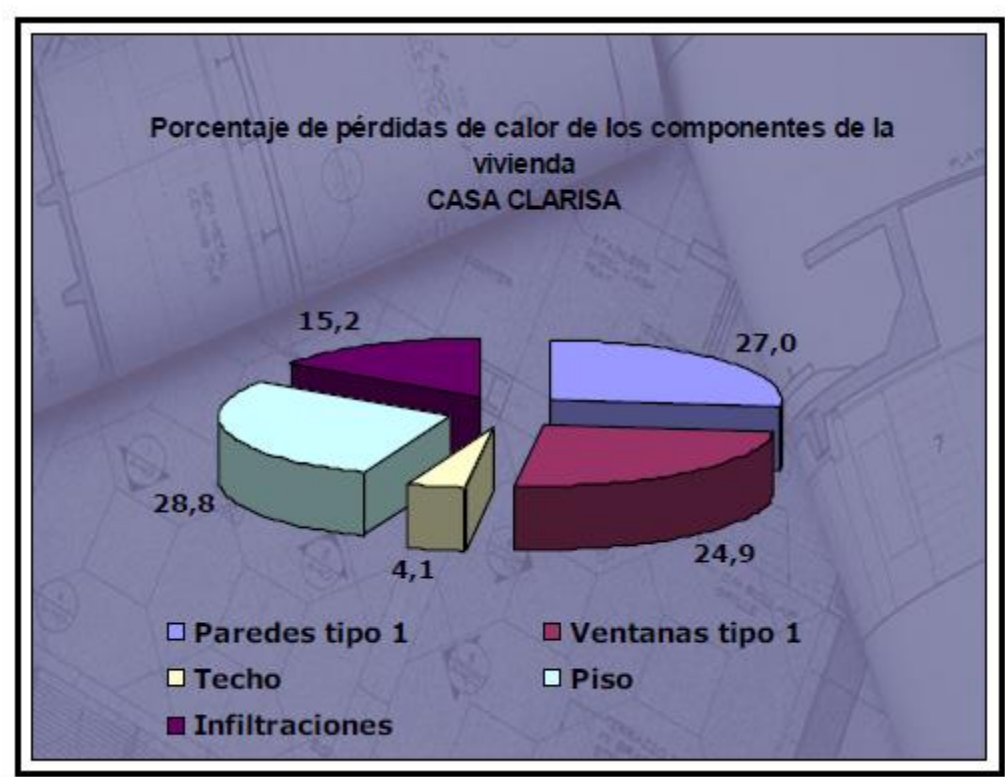
Como se puede observar en el cuadro la composición del piso carece de aislación, por lo que no estaría cumplimento en la reglamentación térmica.

La casa Clarisa, aunque hubo parámetros que cumplieron con la RT, es necesario que todos cumplan con dicho reglamento. En este caso no ocurrió, ya que no todos los elementos constructivos cumplieron o estuvieron al límite con lo que dicta la RT.

En general, las características de la vivienda modelo están muy por debajo del estándar de una vivienda pasiva, la cual se caracteriza por su alta inercia térmica, y baja Transmitancia, en otra palabra estaría clasificada como una vivienda mal aislada.

2.6. PORCENTAJE DE PERDIDA DE CALOR DE LOS COMPONENTES DE LA VIVIENDA CASA CLARISA

En el siguiente gráfico se observan los porcentajes de pérdidas de calor por componentes de la vivienda.



Fuente: Ahorro energético aplicando estándar pasivo en una vivienda unifamiliar. Memoria de título (Corporación de diseño tecnológico) Santiago, Chile. 2009

Figura 2-4. Porcentaje de pérdidas de calor de los componentes de la vivienda Casa Clarisa

Como se observa en la gráfica anterior, donde se aprecian las principales pérdidas de calor, son en muros, pisos, ya que sus componentes no llegan a cumplir del todo con la Reglamentación térmica o están al límite de esta y por supuesto las ventanas, puesto que se emplearon perfiles de aluminio sin mayores sellos y vidrio simple de espesores mínimos, que normalmente usa cualquier vivienda en la actualidad.

2.7. GASTO ANUAL EN ENERGIA PARA LA CASA CLARISA

A continuación, se detalla en la siguiente tabla, el gasto anual de energía por concepto calefacción para la Casa Clarisa.

Tabla 2-6. Gasto anual en energía

G _{v2}	3,45	[W/(m ³ oC)]
Potencia equipo Calefacción	5,9	[KW]
Factor de Uso	0,8	
Grados días	1641	
Demanda de Energía	14232,67972	KW-h/año
Rendimiento del sistema	0,75	
Consumo de energía	18976,90629	
Costo de la energía	68,53	\$/KW
Gasto anual en energía	\$ 1.300.487	\$/año

Fuente: Ahorro energético aplicando estándar pasivo en una vivienda unifamiliar. Memoria de título (Corporación de diseño tecnológico) Santiago, Chile. 2009

Se observa en la tabla anterior que el gasto anual de energía por concepto de calefacción para la casa Clarisa es de \$1.300.487, donde se consideró los meses de invierno para Santiago, de Abril a Octubre, ya que es en esta fecha donde aumenta el uso de equipos de calefacción. Al hacer el cálculo de gasto mensual, se obtiene un costo de \$185.784 en calefacción para mantener la temperatura de confort en toda la vivienda.

2.8. **VIVIENDA CON ESTANDA PASIVO**

En la investigación analizada, la casa modelo Clarisa sufrió un cambio drástico en la materialidad de la vivienda, ya que este no llegaba a cumplir con los requerimientos mínimo para ser una vivienda con el estándar pasivo.

Por Ender, la casa modelo Clarisa, paso su materialidad de albañilería a una vivienda con estructura de madera, esto por lo buena combinación de propiedades térmicas y acusicas de este material, además hicieron una disminución de la superficies vidriadas, y se remplazó el tipo de ventana en los sectores más desfavorecidos térmicamente, en la fachada norte e utilizzo vidrio simple de 5mm de espesor y en las ventanas de otras fachadas se empleó doble vidrio hermético (DVH) con cámara de aire y así poder cumplir como una casa con el estándar pasivo.

Esto ayudo a optimizar las transmitancias térmicas de los elementos de la envolvente y de este modo poder logras disminuir la demanda y consumo energético de la casa para la calefacción.

2.9. DESCRIPCION DEL PROYECTO DE LA VIVIENDA CON ESTANDAR PASIVO

Al igual que con la casa modelo Clarisa, se describirá a modo general la materialidad y detalles constructivos de la vivienda de madera con estándar pasivo.

Solamente se mostrará los detalles más importantes de cada ítem, poniendo énfasis en los elementos más determinantes en el estudio del comportamiento térmico de una vivienda, en especial el cambio de material con lo que se construyó los muros exteriores, tabiques interiores, el entrepiso y el tipo de ventana a utilizar.

2.9.1. Fundaciones

2.9.1.1. Excavaciones

Las excavaciones se harán conforme a la geometría de la vivienda. Las paredes de la excavación serán cubiertas con polietileno $e=0.2$ mm con traslape de 15 cm., con el fin de proteger el hormigón de fundación de la humedad capilar del terreno.

2.9.1.2. Cimientos

El cimiento será continuo. Se emplantillará con hormigón pobre de 42Kg/C/m^3 , con un espesor mínimo de 5 cm. El cimiento tendrá dimensiones de 40×50 cm., y se hará con hormigón de 225 Kg/C/m^3 con un 20% de bolones desplazados.

2.9.1.3. Sobrecimientos

El sobrecimiento se confeccionará de Hormigón 270Kg/C/m^3 , de dimensiones 20×30 cm., se utilizará una cadena ACMA de $20 \times 30 \times 9.2$.

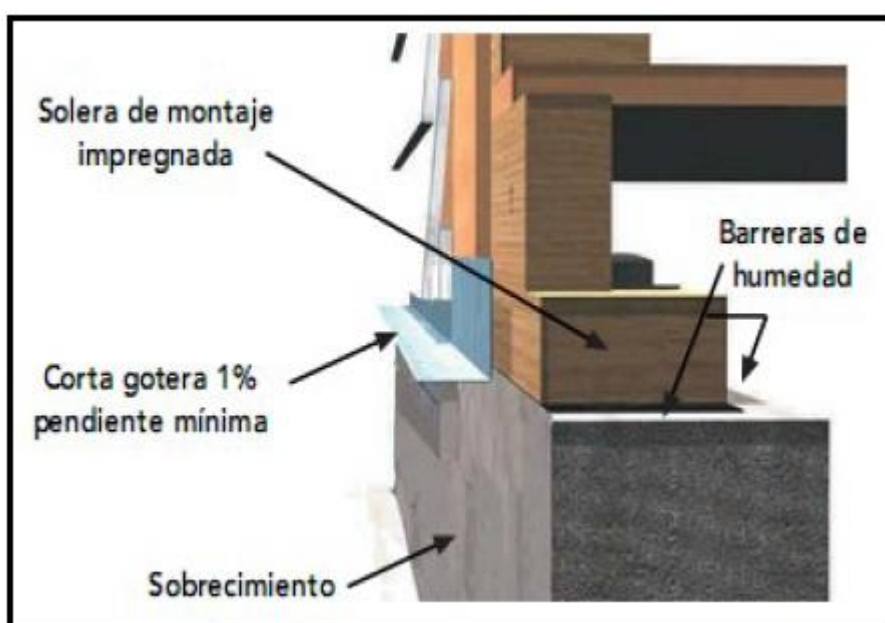
Antes de hormigonar, se dejarán fijos, perfectamente alineados y firmes los pernos de anclaje; estos pernos serán de 10 mm de diámetro, y serán colocados con una separación de 60 cm. entre cada perno.

En las figuras siguientes se observan algunos detalles para ésta parte de la vivienda:



Fuente: Ahorro energético aplicando estándar pasivo en una vivienda unifamiliar. Memoria de título (Corporación de diseño tecnológico) Santiago, Chile. 2009

Figura 2-5. Detalle fundaciones y sobrecimiento (manual de la construcción de Viviendas Corma)



Fuente: Ahorro energético aplicando estándar pasivo en una vivienda unifamiliar. Memoria de título (Corporación de diseño tecnológico) Santiago, Chile. 2009

Figura 2-6. Detalle unión entre sobrecimiento y solera (Manual de la construcción de viviendas en madera, Corma)

2.9.1.4. Radier

Compactado el terreno base, se colocará una capa de ripio de 15 cm de espesor, sobre esta se agregará 2 cm. de arena seca, con el fin de impedir el paso de la humedad, se complementará esta medida con una lámina de polietileno de espesor 2 mm continuo, con él ya colocado bajo las fundaciones, para los traslape de esta lámina se tomará una distancia de 15 cm. Sobre la barrera de humedad se coloca

aislación, de tipo poliestireno expandido de densidad 20 Kg/m³, con un espesor de 10 cm.

Instalada la aislación de poliestireno, se colocará una malla Acma tipo C-139, sobre toda superficie.

Sobre la malla colocada ira un Radier de 7 cm de espesor que será confeccionado con Hormigón 270Kg/C/m³. La plataforma de Hormigón deberá quedar perfectamente nivelada.

2.9.1.5. Muros Perimetrales

La madera utilizada para los tabiques será de pino estructural seco y tratada con CCA.

Se colocarán sobre el sobrecimiento una solera de dimensión 2x10", la que será anclada a los pernos y fijada con golilla y tuerca. Entre la solera de amarre y el sobrecimiento deberá colocarse fieltro alquitranado de 15 Lb.

Sobre la solera de amarre se colocarán platinas de anclajes, estas se clavarán a los pies derechos los cuales tendrán una escuadría de 2x6".

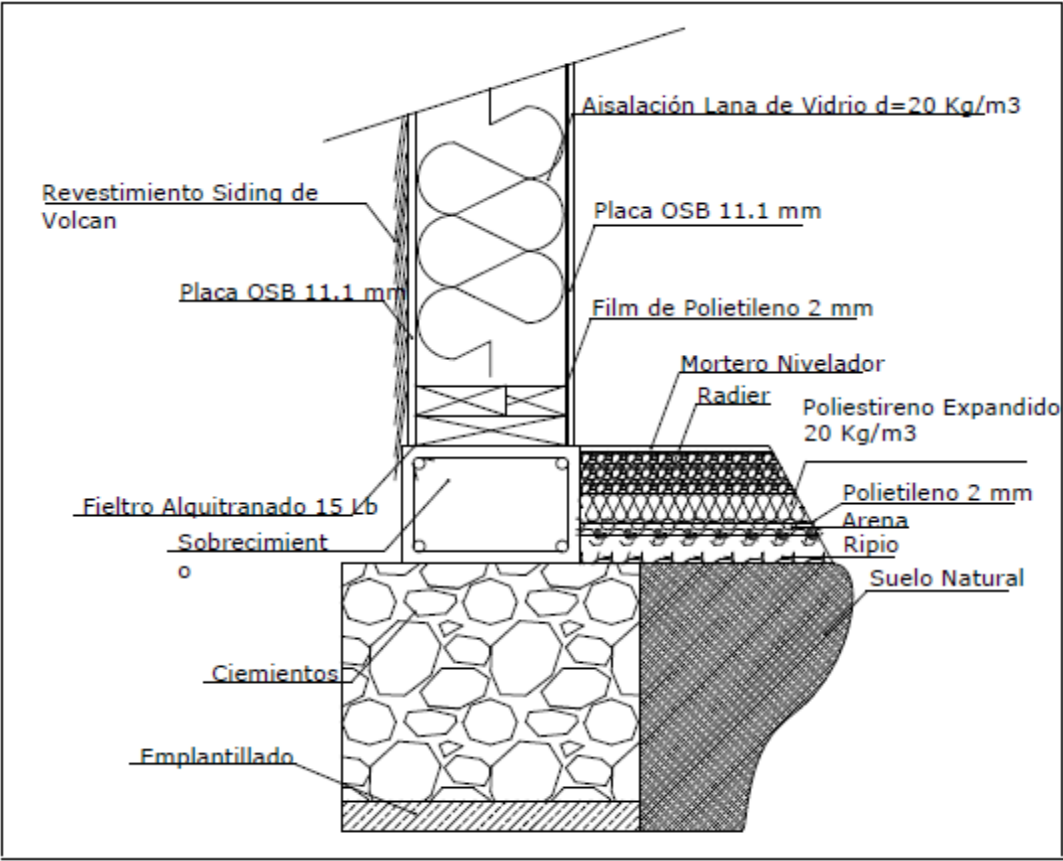
El entramado del tabique no llevará cadeneta en su estructura, por las características del espesor del muro, este se rigidizará con placas de OSB por ambas caras. Sin embargo, para el caso de vanos, se reforzará con diagonales y puntales, según sea puerta o ventana.

Por la cara exterior se colocará placas de OSB estructural de espesor 11.1 cm, procurando no dejar espacios entre uniones, sobre la placa de OSB se revestirá con el sistema Siding de Volcan.

Como aislación termo-acústica se colocaran 24 cm de Lana de vidrio en paneles, con una densidad de 20 Kg/m³, estos paneles deberán quedar perfectamente colocados, ocupando todo el espacio del entramado.

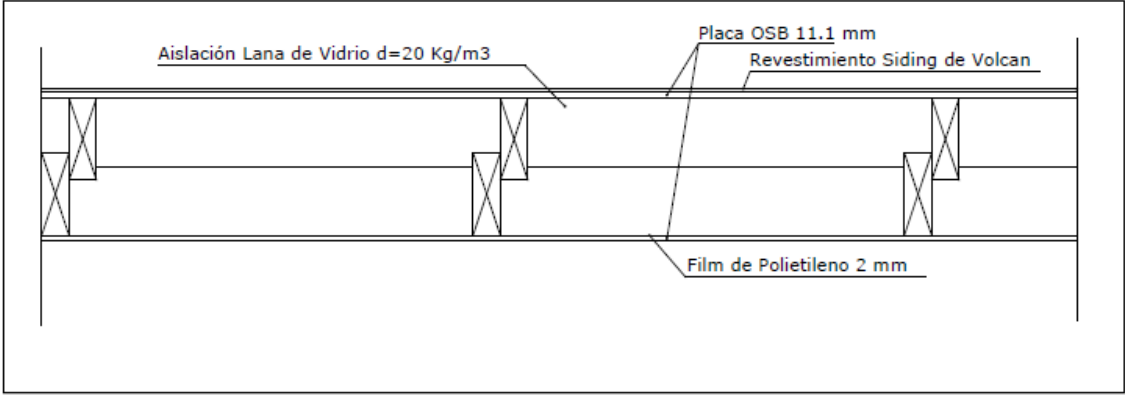
Por la cara interior se colocará polietileno e = 2 mm como barrera de vapor, con traslapes de 15 cm en uniones. Sobre el polietileno se cubrirá con placas de OSB decorativo de 11.1 cm.

En las siguientes imágenes se observan los detalles constructivos anteriormente descritos:



Fuente: Ahorro energético aplicando estándar pasivo en una vivienda unifamiliar. Memoria de título (Corporación de diseño tecnológico) Santiago, Chile. 2009

Figura 2-7. Detalle Escantillón Muro Perimetral.



Fuente: Ahorro energético aplicando estándar pasivo en una vivienda unifamiliar. Memoria de título (Corporación de diseño tecnológico) Santiago, Chile. 2009

Figura 2-8. Detalle muro perimetral en planta.

2.9.1.6. Tabiques Autoportantes

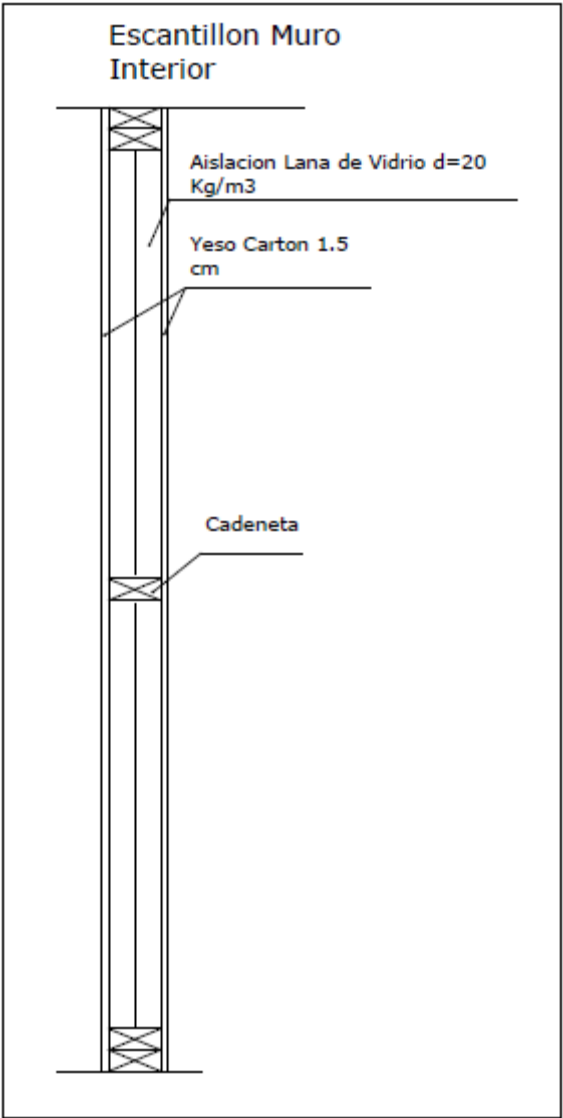
La madera utilizada en los tabiques autoportantes será de pino, con escuadría de 2x4", tratada con CCA.

Se colocarán sobre el Radier platinas de anclaje, éstas se clavarán a los pies derechos. Sobre le Radier se colocará una solera basal de 2x4" esta solera será fijada con pernos de anclaje de 1 1/2".

Se utilizará como revestimiento por ambas caras planchas de Yeso-Cartón de espesor 1.5 cm.

La aislación termo-acústica será de lana de vidrio en paneles de 20 Kg/m3 de densidad, estos paneles deberán cubrir por completo el entramado del tabique.

Para los recintos húmedos, baño y cocina se considerará planchas de Yeso Cartón RH.



Fuente: Ahorro energético aplicando estándar pasivo en una vivienda unifamiliar. Memoria de título (Corporación de diseño tecnológico) Santiago, Chile. 2009

Figura 2-9. Detalle escantillón tabique interior.

Toda estructura de tabique será modulada, con el fin de aprovechar al máximo los revestimientos, tanto OSB como Plancha de Yeso-Cartón.

Los encuentros de las planchas se cubrirán con cinta y masilla base, para de éste modo conseguir una superficie continua.

2.9.1.7. Envigado de entrepiso

La madera utilizada en el envigado de entre piso, será de pino estructural, con escuadría de 2x8", tratada con CCA.

Sobre la solera superior de los tabiques exteriores, descansará la viga de entrepiso, ésta se fijara con una platina.

Sobre la cara superior se instalará placas de OSB estructural de espesor 1.5 cm, sobre éste se colocará una lámina de polietileno de espesor 2 mm.

Se revestirá la cara superior con entablado Machimbrado de 1x4", unidos con sistema de pegamento y clavos corrientes.

Para la aislación termo-acústica se utilizarán paneles de lana de vidrio de 20 de densidad, con un espesor de 24 cm.

La cara inferior será revestida con planchas de yeso-cartón de 1.5 cm.

2.9.1.8. Muro medianero

La madera utilizada en el tabique medianero, será de pino, con escuadría de 2x6", ratada con CCA. Este tabique tendrá una resistencia al fuego de F-60.

Se colocarán sobre el sobrecimiento una solera de dimensión 2x10", la que será anclada a los pernos y fijada con golilla y tuerca. Entre la solera de amarre y el sobrecimiento deberá colocarse fieltro alquitranado de 15 Lb.

Sobre la solera de amarre se colocarán platinas de anclajes, estas se clavarán a los pies derechos. Los pies derechos tendrán una escuadría de 2x6". El entramado del tabique no llevará cadeneta en su estructura, por la característica del espesor del muro, éste se rigidizará con placas de OSB por ambas caras. Sin embargo, para el caso de vanos, se reforzará con diagonales y puntales, según sea puerta o ventana.

Por la cara exterior se colocará placas de OSB estructural de 11.1 mm, sobre el OSB se instalará una doble capa de fibrocemento de espesor 4 mm.

Como aislación termo-acústica se colocarán 24 cm de lana de vidrio en paneles, con una densidad de 20 Kg/m³, estos paneles deberán quedar perfectamente colocados, ocupando todo el espacio del entramado.

Entre los muros se colocará una pieza de 2x2" de pino, cada 80 cm, la que dará separación entre los muros de ambas casas.

2.9.1.9. Entramado cielo

La madera utilizada en el entramado de cielo, será de pino, con escuadría de 2x2", tratada con CCA.

Durante la construcción se cumplirán las siguientes etapas:

Sobre los tabiques perimetrales, se construirá un entramado, fijado por clavos corriente, este entramado descansará en la solera superior del segundo piso.

La aislación termo-acústica será de paneles de lana de vidrio de densidad 20 Kg/m³ con un espesor de 24 cm.

Bajo la cara inferior del entramado se colocará polietileno de espesor 0.2 mm, con traslapo de 15 cm, y sobre este se revestirá con placas de yeso-cartón de 1.5 cm.

2.9.1.10. Techumbre

Las cerchas y el entramado se harán con pino estructural, según planos originales de la vivienda. La cubierta será de teja de fibrocemento tipo colonial. Se colocarán cubre juntas con terciado estructural de 1.2 cm, por ambas caras.

2.9.1.11. Ventanas

Se emplearán 2 tipos de ventanas:

Ventanas termopanel con doble vidrio hermético de 4 mm de espesor cada uno y cámara de aire interior de 10 mm. para la fachada oeste (menos la ventana del baño del segundo piso) y para todas las ventanas de la fachada sur. Las ventanas del muro norte serán de vidrio simple de 5 mm de espesor.

Se debe emplear sellos en toda la perfilaría de las ventanas y marcos de puertas.

2.10. TRANSMITENCIA TERMICA CASA PASIVA

2.10.1. Elemento: Muros Perimetrales

Tabla 2-7. Transmitancia térmica muros perimetrales solución.

Material	Conductividad Térmica (w/m²*K)	Espesor (m)	Transmitancia Térmica (W/m²*K)
Siding Volcán	0,23	0,006	0,15
Tablero OSB	0,28	0,011	
Lana de vidrio 20	0,037	0,24	
Tablero OSB	0,28	0,011	

Fuente: Ahorro energético aplicando estándar pasivo en una vivienda unifamiliar. Memoria de título (Corporación de diseño tecnológico) Santiago, Chile. 2009

2.10.2. Elemento: Techumbre (Cielo)

Tabla 2-8. Transmitancia térmica techumbre (cielo) solución.

Material	Conductividad Térmica (w/m²*K)	Espesor (m)	Transmitancia Térmica (W/m²*K)
Lana de vidrio 20	0,037	0,24	0,15
Yeso cartón 650	0,24	0,015	

Fuente: Ahorro energético aplicando estándar pasivo en una vivienda unifamiliar. Memoria de título (Corporación de diseño tecnológico) Santiago, Chile. 2009

2.10.3. Elemento: piso (en contacto con el terreno)

Tabla 2-9. Transmitancia térmica piso solución

Material	Conductividad Térmica (w/m²*K)	Espesor (m)	Transmitancia Térmica (W/m²*K)
Madera Pino Insigne	0,104	0,02	0,36
Poliestireno expandido	0,043	0,1	
Hormigón Armado normal	1,63	0,1	

Fuente: Ahorro energético aplicando estándar pasivo en una vivienda unifamiliar. Memoria de título (Corporación de diseño tecnológico) Santiago, Chile. 2009

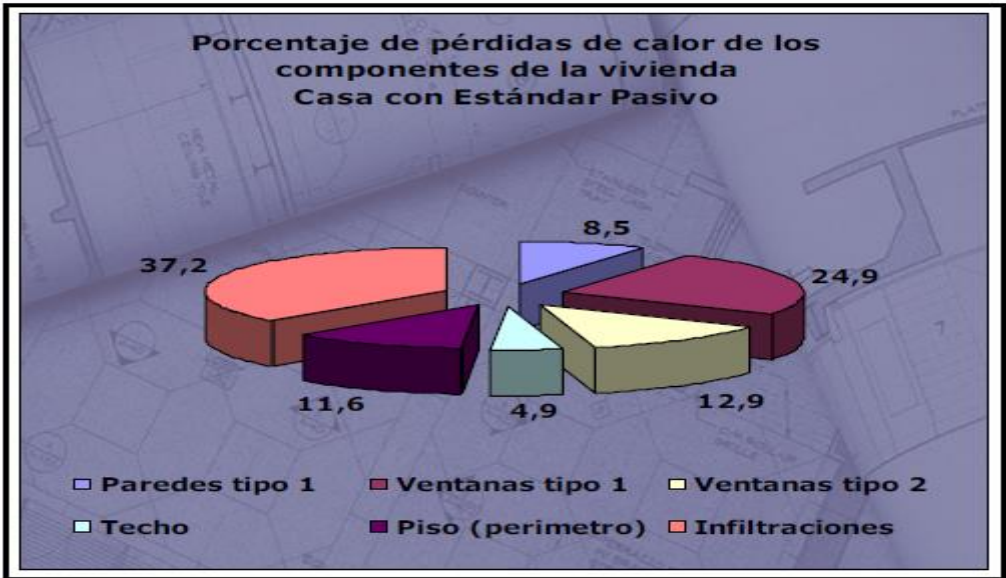
Al aplicar las soluciones de aislación expuestas, se obtuvieron considerables diferencias en las transmitancias para muro y cielo.

Como se pudo observar en los cuadros anteriores de transmitancia térmica, donde se muestran las soluciones escogidas más eficientes para los elementos de la envolvente, se consideró el espesor del elemento, costo del aislante empleado y que la solución cumpla con el valor de transmitancia térmica que propone el estándar pasivo.

Por lo tanto, se cumple el estándar pasivo para las transmitancias térmicas en muros y techumbre, es decir $\leq 0,15$ (W/m²*K), para un espesor de muro de 27 cm. y 25,5 en cielo.

2.10. PORCENTAJE DE PERDIDA DE CALOR DE LOS COMPONENTES DE LA VIVIENDA CON ESTANDAR PASIVO

A continuación, observaremos la variación de las pérdidas de calor obtenidas para esta vivienda:



Fuente: Ahorro energético aplicando estándar pasivo en una vivienda unifamiliar. Memoria de título (Corporación de diseño tecnológico) Santiago, Chile. 2009

Figura 2-10. Porcentaje de pérdidas de calor de los componentes de la vivienda
Casa con estándar Pasivo.

Como se observa en la gráfica anterior, a comparación con la casa modelo Clarisa, las pérdidas de calor en muros y piso disminuyeron considerablemente, lo mismo ocurrió con las ventanas con doble vidrio, se muestran mayores pérdidas por infiltraciones, pero en el trabajo analizado se recomendó el uso de todo tipo de sellos aislantes en puertas y ventanas, además de la reducción de puentes térmicos, lo que ayudaría disminuir considerablemente la pérdida por infiltraciones.

2.11. **GASTO ANUAL EN ENERGIA PARA LA CASA CON EL ESTANDAR PASIVO**

El gasto anual en energía para calefaccionar la casa con estándar pasivo se observa en la siguiente tabla:

Tabla 2-10. Gasto anual casa con estándar pasivo.

G _{v2}	0,94	[W/(m ³ oC)]
Potencia equipo Calefacción	1,6	[KW]
Factor de Uso	0,8	
Grados días	1641	
Demanda de Energía	3885,282012	KW-h/año
Rendimiento del sistema	0,75	
Consumo de energía	5180,376015	
Costo de la energía	68,53	\$/KW
Gasto anual en energía	\$ 355.011	\$/año

Fuente: Ahorro energético aplicando estándar pasivo en una vivienda unifamiliar. Memoria de título (Corporación de diseño tecnológico) Santiago, Chile. 2009

El gasto anual de energía por calefacción de la casa con estándar pasivo es de \$355.011, Al igual que la casa modelo Clarisa, se consideraron los meses de invierno para Santiago, entre Abril a Octubre por el aumento del uso de aparatos de calefacción, la diferencia que se obtuvo un costo mensual de \$50.715.

Si bien, aunque no cumplió con los valores recomendados por el estándar pasivo en cuanto a la demanda y consumo en calefacción y refrigeración, si se logró una disminución de un 71% anual por concepto de calefacción, lo que incide considerablemente en el costo de la energía empleada para ésta.

2.12. COMPARACION Y ANALISIS DE AMBOS CASOS

Recordamos que se optó por cambiar toda la materialidad de la envolvente de la vivienda original, pero se mantuvo la arquitectura, además como quedó demostrado que los grandes ventanales al lado sur eran desfavorables para la conducta térmica de la vivienda y también se modificaron sus dimensiones.

Con lo anterior, los valores de transmitancias térmicas en muro, cielo y piso cambiaron drásticamente, como se observa en el siguiente cuadro comparativo:

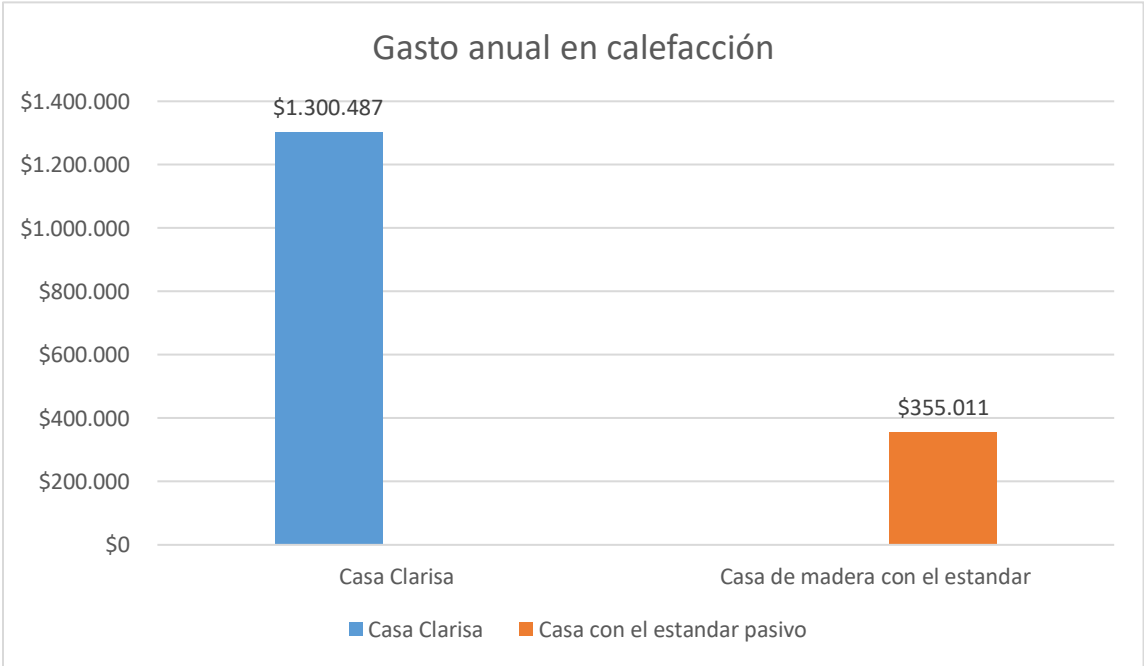
Tabla 2-11. Cuadro comparativo Transmitancia térmica.

	Casa Clarisa Original	Casa Madera Estándar Pasivo	Reglamentación Térmica
Muros	1,89	0,15	1,9
Cielo	0,46	0,15	0,47
Piso	3,26	0,36	No establece

Fuente: Ahorro energético aplicando estándar pasivo en una vivienda unifamiliar. Memoria de titulo (Corporación de diseño tecnológico) Santiago, Chile. 2009

Como se puede observar en el cuadro comparativo anterior, los valore de transmitancia térmica cambiaron drásticamente, gracias a esto la vivienda de madera con estándar pasivo clasifica como una vivienda “muy aislada”.

En el siguiente grafico se aprecian las considerables diferencias de gatos anual en calefacción entre los 2 casos expuestos:



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-11. Gasto anual en calefacción.

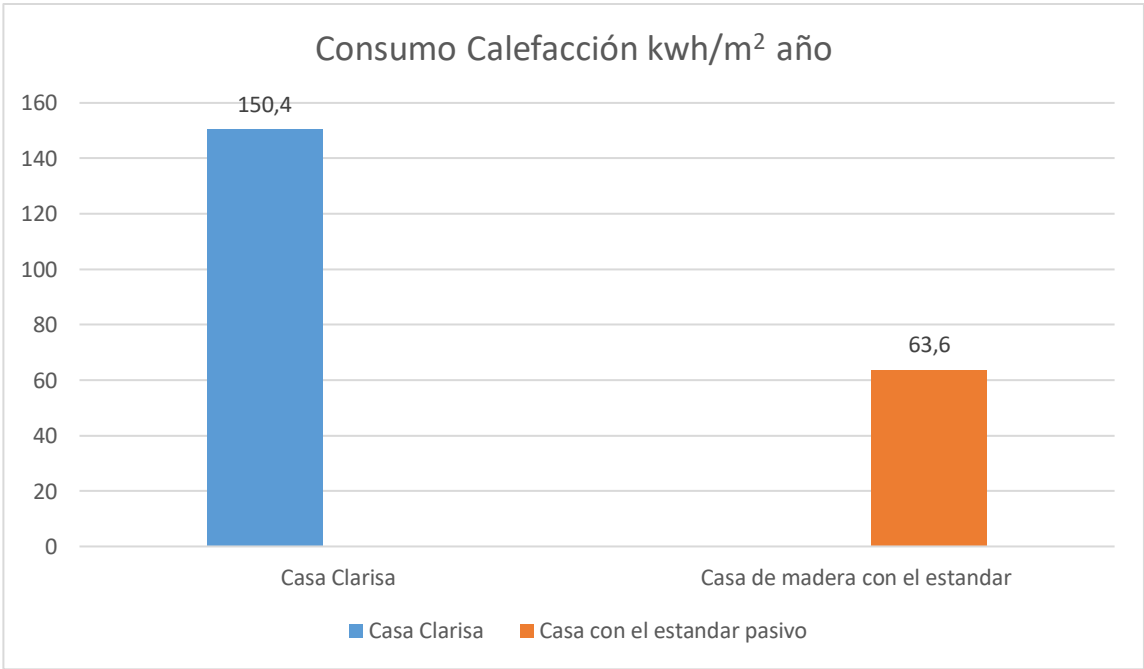
A continuación, se mostrará un cuadro con los costos empleados en las mismas partidas para la casa Clarisa y la Casa con Estándar Pasivo, teniendo en cuenta que solo varían los materiales de la envolvente (piso, cielo, muros perimetrales) y algunos elementos interiores como la losa y los tabiques interiores.

Tabla 2-12. Resultado del costo.

Costo del Proyecto	Casa Clarisa	Casa con Estándar Pasivo
	\$5.303.322	\$7.797.163

Fuente: Ahorro energético aplicando estándar pasivo en una vivienda unifamiliar. Memoria de título (Corporación de diseño tecnológico) Santiago, Chile. 2009

Se puede apreciar que para las mismas partidas donde variaron lo materiales de la envolvente, hubo un aumento de inversión para la casa con el estándar pasivo la cual sería \$2.493.841 más que el modelo original, pero con el considerable ahorro obtenido al calcular una vivienda aplicando el estándar pasivo, se puede recupera la inversión aproximadamente en 2,5 años considerando la aislación de la envolvente y el empleo de vidrios dobles con cámara de aire para los sectores más desfavorecidos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2-12. Consumo Calefacción.

Como se observa en la gráfica anterior, la vivienda Clarisa requiere un 150,4 (kWh/m²) anual, en comparación con el caso de la vivienda de madera con el estándar

pasivo, donde disminución fue considerable, esto gracias que con un empleo adecuado de la aislación se puede obtener notables ahorros energéticos.

3. CONCLUSION

Lo que se busca al aplicar el estándar pasivo, es aumentar el confort térmico, este tema abarca muchas más variables, incluyendo el aislamiento de la envolvente que es en lo que se enfocó el estudio analizado, por lo que también intervienen otros factores como la temperatura, la humedad y calidad de aire. Por lo tanto, se concluyó que el diseño pasivo también podría reducir significativamente los requisitos de energía de calefacción del edificio (controlando las demandas de refrigeración mediante ventilación natural efectiva) y constituye una alternativa viable a la opción de estándares Passivhaus para el clima del estudio. Sería ideal que las inmobiliarias tomaran como ejemplo las experiencias extranjeras para finalmente normar su aplicación, de este modo se lograría el equilibrio que se busca entre confort, costo de diseñar y construcción, considerando todos los factores mencionados durante el análisis, para así en el futuro poder estar frente a proyectos realmente eficientes energéticamente y aumenten la calidad de vida de sus ocupantes.

En el estudio analizado, la aislación toma parte fundamental en el momento de aplicar un estándar pasivo, y es posible aplicarla sin aumentar demasiado los costos como, por ejemplo, muchos países de Europa se utilizan espesores de muros aumentados en proyectos de vivienda pasiva, como es el caso de la Passive-House de Alemania. Aunque este concepto ya lleva varios años vigente en nuestro país no es muy normado, ya que las inmobiliarias hoy en día, se enfoca en viviendas más accesibles económicamente para los ocupantes, ya que estas viviendas tienen presupuestos más atractivos para la empresas, en cambio los estándares Pasivos, si bien quizá la inversión inicial aumenta un poco, y esto es motivo suficiente para que las inmobiliarias no lo apliquen mucho en Chile, la inversión a mediano y largo plazo es mucho más atractiva desde el punto de vista del ahorro energético que entrega este tipo de viviendas a lo largo de su vida útil.

Respecto al estudio analizado, el caso de la casa de madera con características del estándar pasivo hubo un ahorro considerable donde alcanzo un gasto anual en calefacción de \$355.011 que representa una disminución en un 71% con respecto al \$1.300.487 que demandaba la casa Clarisa.

Además la madera obtiene ventajas sobre la albañilería tanto en sismicidad ya que su comportamiento sísmico es superior, en lo económico por la calidad de su materialidad, en energía térmica, ya que este requiere de menos energía para la obtención de una temperatura confortable, en aislación térmica, por que permite una solución constructiva tremendamente mejor que la albañilería de ladrillo y en sustentabilidad, ya que la madera es un material renovable, a diferencia de sus competidores, acero, hormigón, ladrillos, los que además requieren mayor energía para su obtención y refinamiento y son altamente contaminantes en dicho proceso.

En este caso, no se logró alcanzar algunos valores del estándar pasivo debido a que se tomó como base una vivienda existente, que se trabajó a partir de la

arquitectura y orientación de la vivienda modelo, y solo se lograron cumplir para las transmitancias máximas en los muros y techumbre.

Si se hubiera intervenido desde el diseño de la vivienda, donde se consideran una serie de factores, habría sido posible alcanzar las demás exigencias del estándar pasivo. Sin embargo, con las notables diferencias expuestas quedo demostrado que aplicar el estándar pasivo y considerar la aislación puede lograr se una buena inversión a corto y mediano plazo.

Como quedó demostrado en el estudio, el ahorro obtenido es considerable al intentar cumplir con el estándar pasivo, y hubiese sido más atractivo si se cumpliera en su totalidad, lo que se recalca que para alcanzarlos es necesario tener esta meta desde el momento del diseño del proyecto, donde se consideran orientación, distribución interna de la vivienda, cantidad de ocupantes, radiaciones, ventilación, reducción de infiltraciones, etc. También es importante una labor fundamental del arquitecto y también de los ingenieros y constructores, para ofrecer soluciones constructivas eficientes que consideren la reducción del los puentes térmicos, la implementación de nuevas tecnologías; para así desear alcanzar elevados estándares de diseños y construcción, además para el caso de viviendas tradicionales como la casa Clarisa, al menos cumplir, a conciencia, lo que exige la RT para todos los elementos involucrados.

Se hace mención que el artículo 4.1.10 de la OGUC de la RT, puede presentar falencias en proyectos realizados posteriores a su fecha de vigencia, como fue el caso de la casa perteneciente al proyecto "Abadía de la Florida", ya que la transmitancia de la losa ventilada proyectada en el acceso no cumplió por estar un 24% inferior al valor máximo permitido por la RT. Esto demuestra que la implementación de esta no considera del todo, los diseños de los proyectos arquitectónicos de los edificios.

También se menciona, que el valor de las perdidas térmicas por transmisión de la envolvente se logró disminuir desde un 2,92 en la casa clarisa original a un 0,59 en la casa con el estándar pasivo aplicado, es decir, que de acuerdo con la clasificación de la tabla que se mostró en el informe, la vivienda paso de estar mal aislada a una muy aislada.

Como conclusión el ahorro económico obtenido a mediano y largo plazo en viviendas que cumplan e incorporen características del estándar pasivo es significativo, y es una buena opción a considerar en el momento de proyectar viviendas sociales, unifamiliares o en bloques, ya que se abarcaría varios factores que se continúan discutiendo sobre las viviendas que se construyen para los sectores más vulnerables de la sociedad, ya que esto mejoraría la calidad de vida, habilidad, confort y costo de vivir en ellas, disminuyendo el presupuesto familiar, ya que con una vivienda con características pasivas se garantiza la aislación, alta estanquidad, y mantener la temperatura interior de confort a bajo costo.

Nuestro país tiene un amplio campo por delante con respecto a introducir nuevas exigencias, estándares, materiales y proyectos concretos que tenga directa relación con la eficiencia energética, pero se hace difícil por la competencia comercial que abarca la construcción hoy en día, nuestra labor como profesionales es estar dispuesto e interesados en desarrollar, inculcar y emplear estos patrones que solo reportaran beneficios, y tenemos excelentes modelos internacionales que marcan la pauta.

Al optar por viviendas con las características descritas, los más beneficiados serían principalmente los usuarios, puesto que el ahorro económico y aumento de confort repercute directamente en la calidad de vida de quienes optan por una con características pasivas.

4. BIBLIOGRAFIA

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN (INN), of.2007. Norma Chilena 853, Acondicionamiento térmico, Envoltura térmica de edificios. Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas.

MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO (MINVU). 2006. Manual de Aplicación. Reglamentación Térmica, Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, Artículo 4.1.10.

MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO (MINVU). 2006. Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Acondicionamiento Térmico del Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

CORPORACIÓN CHILENA DE LA MADERA (CORMA), Manual de La Construcción de Viviendas en Madera.

PROYECTO ABADÍA DE LA FLORIDA. Planos y EETT.

CORPORACIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO (CDT) 2008. Aislación térmica exterior, Manual de diseño para soluciones en edificaciones. Registro técnico de materiales, www.registrotécnico.cl

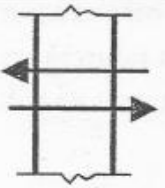
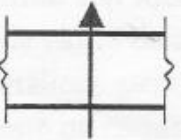
REVISTA TECNOLOGÍA Y CONSTRUCCIÓN, Julio 2008, Reportaje I.

ESTUDIO DEL ESTANDAR PASSIVHAUS, APLICACION Y COMPARATIVA CON EL CTE. Prieto Garcia, Francisco Fermin.

PASSIVHAUSE, Adaptación del clima mediterráneo. Marta Lozano Reina, ETSAM, 2015
AHORRO ENERGETICO APLICANDO ETANDAR PASIVO EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR. Memoria de título (Corporación de diseño tecnológico) Santiago, Chile. 2009

5. ANEXOS

ANEXO A: RESISTENCIA TERMICA DE SUPERFICIE (M²*K/W) TABLA N°2 Nch
853

Posición del elemento y sentido del flujo de calor	R_{si} (m².ºK/W)	R_{se} (m².ºK/W)
Flujo horizontal en elementos verticales o con pendientes mayor de 60 ºC respecto a la horizontal. 	0,12	0,05
Flujo ascendente en elementos horizontales o con pendientes menor o igual a 60 ºC respecto a la horizontal. 	0,09	0,05
Flujo descendente en elementos horizontales o con pendientes menor o igual a 60 ºC respecto a la horizontal. 	0,17	0,05

ANEXO B: TRANSMITANCIAS MAXIMAS PERMITIDAS POR ZONAS GEOGRAFICAS. ARTICULO 4.1.10. REGLAMENTACION TERMICA

ZONA	TECHUMEN		MUROS		PISOS VENTILADOS	
	U W/m²K	Rt m²K/W	U W/m²K	Rt m²K/W	U W/m²K	Rt m²K/W
1	0,84	1,19	4,0	0,25	3,60	0,28
2	0,60	1,67	3,0	0,33	0,87	1,15
3	0,47	2,13	1,9	0,53	0,70	1,43
4	0,38	2,63	1,7	0,59	0,60	1,67
5	0,33	3,03	1,6	0,63	0,50	2,00
6	0,28	3,57	1,1	0,91	0,39	2,56
7	0,25	4,00	0,6	1,67	0,32	3,13

ANEXO C: PRESUPUESTO

Vivienda de Albañilería:

Ítem	Albañilería Ladrillo	m2						
M.O.	Albañil + 1/2 Ayudante	hd	0,0115	19000	219			
M.O.	Leyes Sociales	%	40	219	87			
Materiales	Ladrillo 29x14x7,1	uni	39,5	184	7.268			
Materiales	Cemento Polpaico Especial	sac	0,3	3.857	1.157			
Materiales	Arena	m3	0,029	10000	290			
Materiales	Perdidas	%	10	8.715	872	9.893	62,8	621.250

Ítem	Radier	m2						
M.O.	Albañil + 1 ayudante	hd	0,1	24000	2.400			
M.O.	Leyes Sociales	%	40	2.400	960			
Materiales	Ripio	m3	0,055	9000	495			
Materiales	Arena Gruesa	m3	0,034	10000	340			
Materiales	Cemento Polpaico Especial	sac	0,4	3.857	1.543			
Materiales	Perdidas	%	10	2.378	238	5.976	40,00	239.023

Ítem	Estuco	m2						
M.O.	Estucador + 1/3 ayudante	hd	0,12	16500	1.980			
M.O.	Leyes Sociales	%	40	1.980	792			
Materiales	Arena Estuco	lt	27	8	216			
Materiales	Cemento Polpaico Especial	sac	0,225	3.857	868			
Materiales	Perdidas	%	10	1.084	108	3.964	62,80	248.952

Ítem	Cielo	m2						
M.O.	Carpintero + ayudante	hd	0,1	28000	2.800			
M.O.	Leyes Sociales	%	40	1260	504			
Materiales	Pino 2x2"	uni	1,5	1459	2.189			
Maquinaria	Lana de Vidrio 12,5 Kg/m3	m2	1,05	2090	2.195			
Materiales	Yeso Cartón e=15 cm	m2	1,05	2530	2.657			
Materiales	Clavo 2x12"	Kg.	0,005	950	5	10.348	39,64	410.205

Ítem	Hormigón 270 kg/c/m3	m3						
M.O.	Concretero	hd	0,055	12000	660			
M.O.	Jornal	hd	0,055	10000	550			
M.O.	Leyes Sociales	%	40	1210	484			
Materiales	Hormigón 270 kg/c/m3	m3	1,05	52368	54.986			
Otros	Varios	%	6	54.986	3.299	59.980	43,42	2.604.314

Ítem	Tabique interior	m2						
M.O.	Carpintero +1/2 Ayudante	hd	0,12	23000	2.760			
M.O.	Leyes Sociales	%	40	2760	1.104			
Maquinaria	Fibrocemento	m2	1,05	4109	4.314			
Maquinaria	Canal Normal	mt	0,85	530	451			
Maquinaria	Montante Met.	mt	2,43	626	1.521			
Maquinaria	Tornillos Auto perforante	caja	0,038	3435	131			
Maquinaria	Lana de vidrio en panales d=20 e=10cm	m2	1	2683	2.683			
Maquinaria	Yeso Cartón e=15 cm	m2	1,05	2530	2.657			
Otros	Perdidas	%	7	11.756	823	16.443	41,65	684.855

Ítem	Ventanas Simple	m2						
M.O.	Instalador	hd	0,7	18000	12600			
M.O.	Leyes Sociales	%	40	12600	5040			
Materiales	Ventanas Simple 5 mm	m2	1	18.498	18.498	36.138	13,69	494.723

Total 5.303.322

Vivienda de Madera:

Ítem	Tabique Exterior	m2					
M.O.	Carpintero +1/2 Ayudante	hd	0,12	23000	2.760		
M.O.	Leyes Sociales	%	40	2760	1.104		
Maquinaria	Sistema Siding 6 mm	m2	1,2	5153	6.184		
Maquinaria	Osب Estructural 11,1 mm	m2	1,05	1668	1.751		
Maquinaria	Pino 2x6" seco	uni	1,09	5873	6.402		
Maquinaria	Lana de vidrio en panales d=20 e=24 cm	m2	1	7665	7.665		
Maquinaria	Polietileno e=0,2 mm	m2	1,15	171	197		
Maquinaria	Osب Estructural 11,1 mm	m2	1,05	1668	1.751		
Otros	Perdidas	%	7	23.950	1.676	29.490	62,80 1.851.978

Ítem	Tabique interior	m2					
M.O.	Carpintero +1/2 Ayudante	hd	0,12	23000	2.760		
M.O.	Leyes Sociales	%	40	2760	1.104		
Maquinaria	Yeso Cartón e=15 cm	m2	1,05	2530	2.657		
Maquinaria	Pino 2x4" seco	m2	1,09	4508	4.914		
Maquinaria	Lana de vidrio en panales d=20 e=10cm	m2	1	2683	2.683		
Maquinaria	Yeso Cartón e=15 cm	m2	1,05	2530	2.657		
Otros	Perdidas	%	7	12.910	904	17.677	41,65 736.264

Ítem	Tabique Medianero	m2					
M.O.	Carpintero +1/2 Ayudante	hd	0,05	23000	1.150		
M.O.	Leyes Sociales	%	40	1150	460		
Maquinaria	Yeso Cartón e=15 cm	m2	4,1	2530	10.373		
Maquinaria	Pino 2x6" seco	uni	1,09	5873	6.402		
Maquinaria	Lana de vidrio en panales d=20 e=24 cm	m2	1	7665	7.665		
Maquinaria	Polietileno e=0,2 mm	m2	1,15	171	197		
Maquinaria	Osب Estructural 11,1 mm	m2	1,05	1668	1.751		
Otros	Perdidas	%	7	26.388	1.847	29.845	48,00 1.432.548

Ítem	Estructura Entrepiso	m2					
M.O.	Carpintero + ayudante	hd	0,07	28000	1.960		
M.O.	Leyes Sociales	%	40	1260	504		
Materiales	Pino 2x8"	uni	0,56	10587	5.929		
Maquinaria	Lana de vidrio en panales d=20 e=16cm	m2	1	4294	4.294		
Materiales	Yeso Cartón e=15 cm	m2	1,05	2530	2.657		
Materiales	Entablado Machimbrado 1x4"	m2	1	6442	6.442		
Materiales	Osب Estructural 11,1 mm	m2	1,05	1668	1.751		
Materiales	clavo 3"	Kg.	0,06	916	55	23.592	39,64 935.170

Ítem	Cielo	m2					
M.O.	Carpintero + ayudante	hd	0,1	28000	2.800		
M.O.	Leyes Sociales	%	40	1260	504		
Materiales	Pino 2x2"	uni	1,5	1459	2.189		
Maquinaria	Lana de vidrio en panales d=20 e=24cm	m2	1	7665	7.665		
Materiales	Yeso Cartón e=15 cm	m2	1,05	2530	2.657		
Materiales	Entablado Machimbrado 1x4"	m2	1	6442	6.442		
Materiales	Clavo 2x12"	Kg.	0,005	950	5	22.261	39,64 882.416

Ítem	Radier	m2						
M.O.	Albañil + 1 ayudante	hd	0,1	24000	2.400			
M.O.	Leyes Sociales	%	40	2.400	960			
Materiales	Poliestireno Exp. 20 Kg/m3 esp. 100mm	m2	1	2.168	2.168			
Materiales	Malla Acma C-139	m2	1	1.425	1.425			
Materiales	Ripio	m3	0,055	9000	495			
Materiales	Arena Gruesa	m3	0,034	10000	340			
Materiales	Cemento Polpaico Especial	sac	0,4	3.857	1.543			
Materiales	Perdidas	%	10	5.971	597	9.928	40,00	397.115

Ítem	Ventanas DVH	m2						
M.O.	Instalador	hd	0,7	18000	12600			
M.O.	Leyes Sociales	%	40	12600	5040			
Materiales	Ventanas DVH Baja emisividad	m2	1	146.288	146.288	163.928	8,35	1.368.801

Ítem	Ventanas Simple	m2						
M.O.	Instalador	hd	0,7	18000	12600			
M.O.	Leyes Sociales	%	40	12600	5040			
Materiales	Ventanas Simple 5 mm	m2	1	18.478	18.478	36.118	5,34	192.870

Total7.797.163

ANEXO D: METODO GRADO-DIAS

El método de los Grados Días, es una forma sencilla de calcular el consumo de energía de un edificio, este método se relaciona directamente con el clima.

Calculo de grados días (base fija).

Se trata de la sumatoria de las diferencias entre la temperatura exterior promedio diaria y la temperatura base o de referencia en un determinado periodo.

D_mes,Tb = \sum_{mes} (Tb - T_{ext,m})(^{\circ}C)

Donde, Tb corresponde a la diferencia entra la temperatura de confort interior (21°C) y la temperatura que considera aportes solares e internos que contribuyen a la calefacción del recinto (DT), que por norma se considera constante y corresponde a 3°C, por lo tanto, la Tb corresponderá a 18°C., y T_ext,m corresponde a la temperatura promedio exterior diaria del periodo que se analizará.

Con esto determinado se puede lograr obtener el Gasto Anual de Energía en calefacción, los resultados obtenidos en el estudio fueron obtenidos a través de la una planilla de cálculo Excel que se explicará paso a paso.

Primero se determina el valor Gv1 o Coeficiente Volumétrico Global por transmisión de la envolvente:

$$G_{v1} = \sum_V \frac{U \cdot S}{V} (W / m^3 \cdot K)$$

Donde,

U = Transmitancia térmica del elemento (muros, ventanas, techo, piso)

S = Superficie del elemento (muros, ventanas, techo, piso)

V = Volumen encerrado por la envolvente que se consideró.

Para el cálculo se consideran las pérdidas por ventilación. Gv1 se multiplica por un factor que considera el número de infiltraciones (renovaciones de aire en una hora), que para el caso de la vivienda varía de 1-1,5. Resultando Gv2 que es el coeficiente volumétrico global de perdidas térmicas totales. En la planilla Excel se presenta como valor G.

$$G_{v2} = \sum_V \frac{U \cdot S}{V} + 1,35 \cdot n (W / m^3 \cdot K)$$

Luego considerando valores como la temperatura interior (T° de confort = 21°) y la temperatura promedio exterior del periodo considerado, se determina la potencia del equipo de calefacción.

$$P = \frac{G \cdot V \cdot (T_{in} - T_{ex})}{1000} (kW)$$

Ahora se calcula el valor de la demanda de energía.

$$Q_{cal,mes} = 3600 \cdot G \cdot V \cdot D_{mes,Tb} (J)$$

Donde D_{mes,Tab} corresponde a los grados-días correspondientes al periodo considerado, en el caso del calculo de nuestro estudio es 1641, este valor se encuentra tabulado para varias ciudades del país y se considera el periodo de invierno desde los meses de Abril a Octubre.

El valor obtenido con la formula anterior, se multiplica por el factor intermitencia y de uso, en el caso de viviendas es 0,8 y luego se divide por 3600000 para obtener el valor en kW-h/año.

$$Q_{cal,mes} = \frac{(86400 \cdot G \cdot V \cdot D_{mes,Tb}) \cdot (F_{int})}{3600000} (kW - \text{h/año})$$

Luego para obtener el consumo de energía en calefacción de la vivienda, se divide el valor de la fórmula anterior por el rendimiento del sistema, que en el caso de una estufa a parafina tradicional se consideró 0,75.

Finalmente dividiendo directamente el consumo de energía por el costo de una unidad de combustible se obtiene el gasto anual de energía.

Datos empleados en el estudio:

Infiltraciones Casa Clarisa	1,5
Infiltraciones Casa Clarisa Reacondicionada	1,5
Infiltraciones Casa con estándar pasivo	1
Tº interior (Tº de confort)	21º C
Tº exterior (invierno)	8º C ¹⁸
Factor de intermitencia ¹⁹	0,8
Rendimiento del sistema de calefacción	0,75 ²⁰

Obs.: Las infiltraciones en las casas clarisa y clarisa reacondicionada se consideran 1,5 ya que carecen de sellos especiales. A diferencia de la casa con estándar pasivo que si se consideraron sellos y aislación en las juntas.

Cálculo de Gasto anual de energía por método de los grados días de base fija

CÁLCULO DE G, POTENCIA DE EQUIPO Y CONSUMO DE ENERGÍA			
	Area	U	U*A
	m2	W/m2C	W/C
Paredes tipo 1	70,21	0,15	10,53
Ventanas tipo 1	5,34	5,74	30,65
Ventanas tipo 2	8,35	1,9	15,87
Techo	40,23	0,15	6,03
Piso (perimetro)	39,9	0,36	14,36
		Total	77,45
Volumen total de la construcción			
Volumen	131,05	[m3]	
Infiltraciones	1		
Coefficiente global de transferencia de calor de la construcción			
Gv2	0,94	[W/(m²°C)]	
Temperatura interior. Corresponde a la temperatura de confort			
T interior	21		
Temperatura exterior promedio de calculo de la ciudad donde se realiza el proyecto.			
T exterior	8		
Potencia equipo Calef.	1,6	[KW]	
Factor de intermitencia y uso. 0.9 para hospitales y similares 0.8 para viviendas y similares y 0.7 para oficinas y similares.			
Factor de Uso	0,8		
Grados Dia periodo Calef	1641		
Demanda de Energia	13987015241	J/año	
	3885,282012	KW-h/año	
Rendimiento del sistema de calefaccion. Se debe considerar el rendimiento total que incluye el rendimiento del equipo,			
Rendimiento del sistema	0,75		
Consumo de energia	5180,376015		
Costo de la energia	68,53	\$/KW	
Gasto anual en energia	\$ 355.011	\$/año	