

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE CONCEPCIÓN – REY BALDUINO DE BÉLGICA

**ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO DEL SISTEMA EIFS Y EL
SISTEMA DE FACHADA VENTILADA**

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

Alumnos:

Ignacio Eduardo Álvarez Toledo

Manuel Nicolás Romero Quezada

Profesora guía

Sra. Angélica López Guzmán

2019

RESUMEN DEL PROYECTO

Uno de los propósitos históricos y fundamentales de la construcción de viviendas, es proveer de adecuadas condiciones de habitabilidad a sus ocupantes, con prioridad en el confort térmico, cualidad básica y necesaria para la actividad humana.

Hoy en día es necesario no solo alcanzar estos parámetros de confort requeridos, sino lograrlo con el menor uso de energías no renovables posible en una vivienda, de esta necesidad nace nuestra investigación, ya que para poder disminuir el gasto de energía destinado a alcanzar este confort es necesario implementar métodos de aislación térmica.

En el presente trabajo de título se abordará el tema de la aislación térmica de muros exteriores de una vivienda, enfocándose principalmente en las características técnicas y los métodos constructivos de los sistemas EIFS y las fachadas ventiladas.

Se busca además por medio de este trabajo hacer un análisis comparativo de los métodos recién nombrados aplicados a una vivienda tipo en la región del Bio-Bio.

INDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN 1

1.1. EXPOSICIÓN GENERAL DEL PROYECTO..... 1

1.2. PRINCIPALES INTERROGANTES DEL PROYECTO 1

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO 1

1.4. METODOLOGIA PROPUESTA PARA REALIZAR EL TRABAJO..... 3

1.5. OBJETIVOS DEL PROYECTO..... 3

1.6. MARCO TEORICO 3

1.7. MARCO NORMATIVO..... 6

1.7.1.NCh 853 of 2007 Acondicionamiento Térmico – Envolvente Térmica de edificios –
Cálculo de resistencias y transmitancia térmicas del Instituto Nacional de Normalización ... 6

1.7.2.Manual de Aplicación reglamentación térmica, Art. 4.1.10 de la O.G.U.C 13

1.7.3.Artículo 4.1.10 de la O.G.U.C..... 13

2. PRIMER CAPITULO: AISLACION TERMICA DE MUROS EXTERIORES:
SISTEMA EIFS Y SISTEMA DE FACHADAS VENTILADAS..... 15

2.1. GENERALIDADES 16

2.2. SISTEMA EIFS 17

2.2.1.Composición del Sistema EIFS 18

2.2.2.Proceso constructivo del sistema EIFS 21

2.3. Fachada Ventilada 27

2.3.1.Composición de una fachada ventilada 28

2.3.2.Proceso constructivo de una fachada ventilada..... 29

3. SEGUNDO CAPITULO: CÁLCULOS TÉRMICOS APLICADOS EN
SISTEMAS EIFS Y FACHADA VENTILADA 35

3.1. Estudio de caso 36

3.2. Exigencias para los complejos de muros 38

3.3. Calculo de resistencias y transmitancias térmicas del complejo de muros..... 40

3.3.1.Cálculos en el muro de albañilería existente..... 40

3.3.2.Cálculos en muro de albañilería con sistema EIFS..... 41

3.3.3.Cálculos en muro de albañilería con fachada ventilada 42

4. TERCER CAPITULO: ANALISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DEL SISTEMA
EIFS Y EL SISTEMA DE FACHADA VENTILADA..... 46

4.1. Análisis de Precios Unitarios y Presupuesto de Obra..... 47

4.2. Análisis de precio unitario del sistema EIFS 48

4.2.1.Presupuesto de obra del Sistema EIFS 50

4.3. Análisis de precio unitario del sistema de Fachada Ventilada 51

4.3.1.Presupuesto de obra del Sistema de Fachada Ventilada 56

4.4. Análisis Técnico y Económico de ambos sistemas 56

5. CONCLUSIONES 58

6. BIBLIOGRAFIA 59

Índice de imágenes

- Imagen N°1: Consumo de energía de una vivienda
- Imagen N°2: Flujo térmico
- Imagen N°3: Abaco para el cálculo de resistencias térmicas
- Imagen N°4: Ejemplo de uso del abajo para el cálculo de resistencias térmicas
- Imagen N°5: Muro de hormigón armado
- Imagen N°6: Saco de adhesivo en polvo
- Imagen N°7: Placas de poliestireno expandido
- Imagen N°8: Malla de fibra de vidrio
- Imagen N°9: Impermeabilizante para sistema EIFS
- Imagen N°10: Imprimante
- Imagen N°11: Capa de terminación
- Imagen N°12: Excavación a 10 cm del NPT y encapsulamiento del borde inferior
- Imagen N°13: Encapsulamiento en borde inferior
- Imagen N°14: Corte de panel aislante con ayuda de escuadra
- Imagen N°15: Aplicación del adhesivo
- Imagen N°16: Traslape de las placas de poliestireno
- Imagen N°17: Sello con espuma de poliuretano
- Imagen N°18: Detalle de muro enrasado y aplomado
- Imagen N°19: Malla de fibra de vidrio embebida en el aislante
- Imagen N°20: Refuerzo en esquina expuesta
- Imagen N°21: Esquinero de PVC con malla de fibra de vidrio
- Imagen N°22: Fachada con sistema EIFS terminado
- Imagen N°23: Comportamiento de una fachada ventilada
- Imagen N°24: Composición de la fachada ventilada
- Imagen N°25: Colocación de la capa aislante
- Imagen N°26: Estructura sustentadora
- Imagen N°27: Pata de ángulo L
- Imagen N°28: Revestimiento Aquapanel
- Imagen N°29: Vivienda con Fachada Ventilada Aquapanel
- Imagen N°30: Tratamiento de juntas con cinta de fibra de vidrio
- Imagen N°31: Vivienda con Fachada Ventilada terminada
- Imagen N°32: Planta de vivienda tipo
- Imagen N°33: Elevación vivienda tipo
- Imagen N°34: Corte de muro perteneciente a la envolvente

- Imagen N°35: Mapa de la región del Bio-Bio

Índice de tablas

- Tabla N°1: Símbolos magnitudes y unidades de la NCh 853
- Tabla N°2: Resistencias térmicas de superficies
- Tabla N°3: Coeficientes de ventilación de cámaras verticales
- Tabla N°4: Exigencias para los complejos de la envolvente térmica
- Tabla N°5: Exigencias para los complejos según zonas
- Tabla N°6: Materiales R100 según zonas
- Tabla N°7: Características de materiales
- Tabla N°8: Características de materiales
- Tabla N°9: Características de materiales
- Tabla N°10: Resultados obtenidos de cálculos térmicos
- Tabla N°11: Análisis de Precio Unitario del Trazado del Sistema EIFS
- Tabla N°12: Análisis de Precio Unitario de la colocación del Sistema EIFS
- Tabla N°13: Análisis de Precio Unitario de la Limpieza global del Sistema EIFS
- Tabla N°14: Presupuesto del Sistema EIFS
- Tabla N°15: Análisis de Precio Unitario del Trazado del Sistema de Fachada Ventilada
- Tabla N°16: Análisis de precio unitario del material aislante del sistema de fachada ventilada
- Tabla N°17: Análisis de Precio Unitario de la estructura sustentadora del sistema de Fachada Ventilada
- Tabla N°18: Análisis de Precio Unitario del revestimiento del sistema de Fachada Ventilada
- Tabla N°19: Análisis de Precio Unitario de la limpieza final
- Tabla N°20: Presupuesto del sistema de Fachada Ventilada

1. INTRODUCCIÓN

1.1. EXPOSICIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El consumo energético que presentan las viviendas para alcanzar un adecuado confort térmico es un tema de gran relevancia en el sector de la construcción.

El aislamiento térmico tiene como finalidad principal ahorrar energía de calefacción o de refrigeración para dar un adecuado confort térmico a los ocupantes de una vivienda, optimizando y/o reduciendo el excesivo consumo de combustibles y energías no renovables.

La aislación térmica también les da una mejor calidad de vida y condiciones de habitabilidad a los ocupantes, reduciendo las condensaciones que se producen al interior evitando así la aparición de humedad y la proliferación de hongos y microorganismos.

Teniendo en cuenta estos antecedentes es importante aislar térmicamente las viviendas ya que, en resumidas cuentas, se transforma en un ahorro en el total del consumo de energía y en una mejor calidad de vida de los ocupantes

En el presente trabajo de título se mostrarán las características técnicas y los procesos constructivos de los sistemas de aislación térmica de muros exteriores EIFS y fachadas ventiladas, para posteriormente realizar cálculos térmicos y un análisis técnico-económico de ambos sistemas y concluir con nuestras recomendaciones de cuál sería la alternativa más viable para una vivienda tipo de albañilería ubicada en la región del Bio-Bio.

1.2. PRINCIPALES INTERROGANTES DEL PROYECTO

¿Cuáles son los beneficios que tiene la aislación térmica exterior de las viviendas?

¿Cuál es el método de aislación térmica exterior más conveniente a usar en nuestra zona?

¿Cuáles son las exigencias en cuanto a aislación térmica para construir viviendas?

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

En Chile actualmente, contamos con una reglamentación térmica que nos obliga a construir viviendas con estándares mínimos de aislación térmica en toda su envolvente.

Hoy en día el mundo toma conciencia de la importancia que tiene el ahorro de energía, ya sea por la creciente escasez de combustibles, por la contaminación que estos generan o

por los significativos gastos que conllevan el calefaccionar una vivienda.

Respecto a la demanda energética nacional, según el BNE (Balance Nacional de Energía), en Chile el 56% del consumo total en una vivienda se destina a la calefacción.

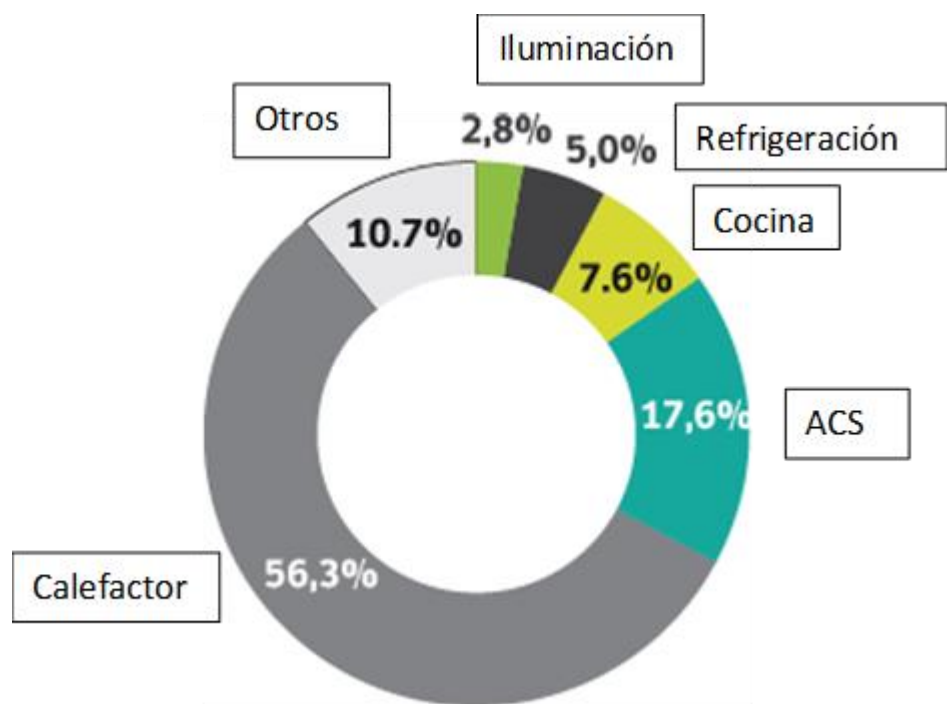


Imagen N°1: Consumo de energía de una vivienda

Fuente: Balance Nacional de Energía

Bajo este contexto es de suma relevancia tomar medidas para poder mitigar esta gran demanda de energía en cuanto a calefacción en las viviendas y también para poder cumplir con los estándares mínimos que exige el ministerio de vivienda y urbanismo en cuanto a su envolvente

Es aquí donde entra en juego la aislación térmica de las viviendas, que no solo sirve para ahorrar energía y dinero si no que se transforma en una mejor calidad de vida de sus ocupantes, mayor durabilidad de los componentes de la envolvente de la vivienda, entre otros beneficios.

La intención de realizar este trabajo se debe a nuestra preocupación como futuros profesionales de la construcción, en el ámbito de la construcción sustentable, queriendo aportar información de la importancia que tiene la aislación térmica de las viviendas, sirviendo este trabajo como una guía práctica con información técnica de los sistemas constructivos más utilizados para la aislación térmica de muros exteriores en la zona, como lo son los sistemas EIFS y fachadas ventiladas.

1.4. METODOLOGIA PROPUESTA PARA REALIZAR EL TRABAJO

Nuestra metodología de trabajo se basará en la recopilación de información en la web, realizando un filtro y seleccionando la información de las fuentes más confiables tales como normas chilenas, fichas técnicas de proveedores, manuales de la OGUC y de la CChC.

También se realizará visitas a terreno para ver el proceso constructivo de los sistemas que se mostraran en el presente trabajo y obtener fotografías e información de parte de expertos.

1.5. OBJETIVOS DEL PROYECTO

Objetivo General del proyecto

- Analizar técnica y económicamente el sistema EIFS y el sistema de fachada ventilada para la aislación térmica de los muros exteriores de una vivienda en la región del Bio-Bio

Objetivos Específicos

- Señalar las características técnicas y los procesos constructivos de los sistemas de aislación térmica EIFS y fachadas ventiladas.
- Realizar cálculos térmicos utilizando los sistemas EIFS y fachadas ventiladas para una vivienda tipo en la Región del Bío-Bío.
- Elaborar un análisis de precio unitario y presupuesto de los sistemas EIFS y fachada ventilada aplicados a una vivienda tipo.
- Comparar ambos sistemas constructivos con los resultados obtenidos y recomendar la alternativa más viable para la región del Bio-Bio

1.6. MARCO TEORICO

Brindar un confort térmico a los ocupantes de un complejo habitacional es una cualidad básica con la que debe contar una vivienda. Brindar un confort térmico a los ocupantes de un complejo habitacional es una cualidad básica con la que debe contar una vivienda.

En Chile, el Ministerio de Vivienda y Urbanismo establece que uno de los propósitos históricos fundamentales de la construcción, particularmente de las viviendas, es proveer de adecuadas, estables y permanentes condiciones de habitabilidad a sus habitantes. Actualmente los requerimientos de habitabilidad se están enfocando en el confort higro-térmico, condición básica e imprescindible para la actividad humana. El confort higro-térmico está definido como aquel estado en que las personas expresan satisfacción con el ambiente que lo rodea, sin preferir condiciones de mayor o menor temperatura. (Espinosa

Cancino C & Cortes Fuentes A, Confort higro-térmico en vivienda social y la percepción del habitante, 2015).

En la actualidad, para poder lograr estos parámetros de confort se utilizan técnicas de aislación térmica en las viviendas, en especial en su envolvente.

Envolvente térmica de un edificio.

Serie de elementos constructivos a través de los cuales se produce el flujo térmico entre el ambiente interior y el ambiente exterior del edificio. Está constituida básicamente por los complejos de techumbre, muros, pisos y ventanas. (Ordenanza General de Urbanismo y construcción).

Nuestra investigación se centrará en los métodos usados para aislar los complejos de muros exteriores de la envolvente de una vivienda, para ello es necesario conocer algunos conceptos.

De acuerdo a principios básicos de la física, cuando hay una diferencia de temperatura entre dos ambientes se genera un flujo de calor a través del elemento que separa estos ambientes. Este flujo de calor se denomina flujo térmico y va desde el ambiente más caliente al más frío y se mide en watt (W) en el Sistema Internacional y en kilo calorías por hora (kcal/h) en unidades prácticas.

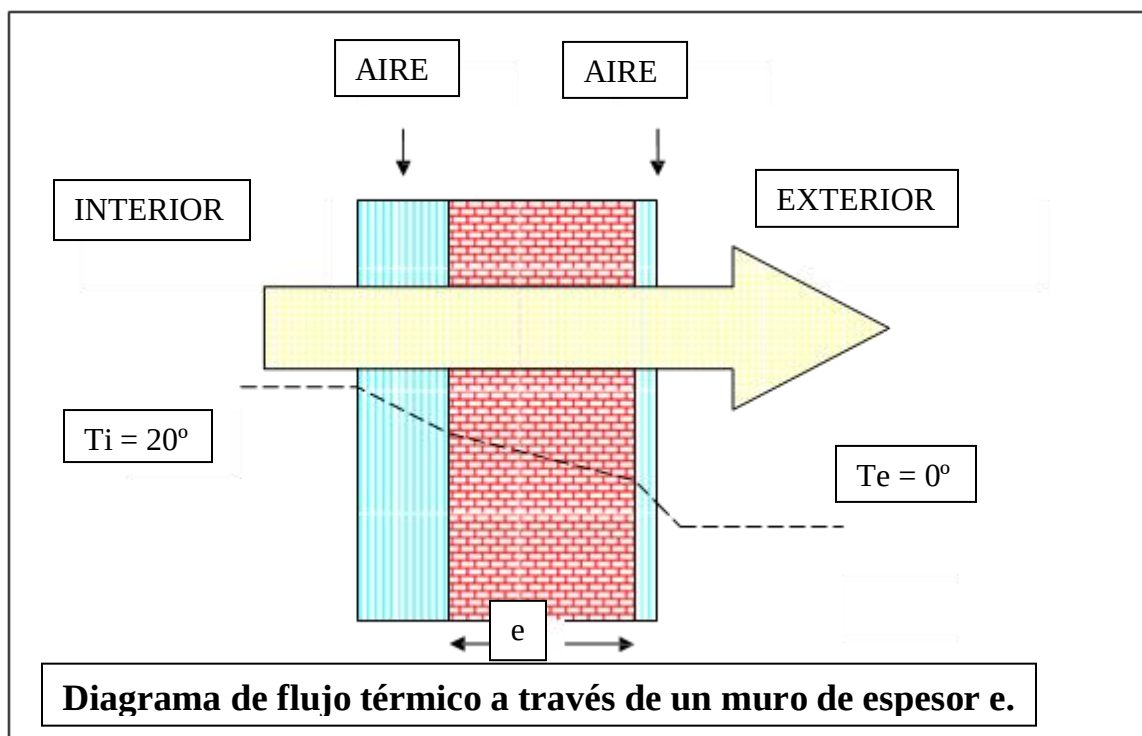


Imagen N°2: Flujo térmico

Fuente: Repositorio de la Universidad de Chile

El calor se propaga por conducción, convección y radiación. Sin embargo, en el caso de la envolvente de una vivienda la transmisión de calor está dada principalmente por la conducción, que ocurre a través de los elementos sólidos.

El flujo térmico por conducción a través de un muro depende de la superficie, del espesor del muro, de la diferencia de temperatura entre sus caras y de las características del material del muro.

A continuación, se muestran los conceptos fundamentales relacionados con el flujo térmico y que utilizaremos para desarrollar nuestro trabajo de título, extraídos de la NCh 835 Of.2007 del Instituto Nacional de Normalización y de del Manual de Aplicación reglamentación térmica, Art. 4.1.10 de la O.G.U.C:

Conductividad térmica (λ):

Propiedad que hace que un material transmita calor desde el lado de mayor temperatura hacia el de menor temperatura.

Cantidad de calor que en condiciones estacionarias pasa en la unidad de tiempo a través de la unidad de área de una muestra de material homogéneo de extensión infinita, de caras planas y paralelas y de espesor unitario, cuando se establece una diferencia de temperatura unitaria entre sus caras. Se expresa en [W/m K].

Resistencia térmica, R:

Oposición al paso del calor que presentan los elementos de construcción. Se pueden distinguir los siguientes casos:

Resistencia térmica de una capa material, R:

Para una capa de caras planas y paralelas de espesor e , conformado por un material homogéneo de conductividad térmica λ , la resistencia térmica, R , queda dada por: $R = e/\lambda$, y se expresa en m^2K/W .

Resistencia térmica total de un elemento compuesto, R_T :

Inverso de la transmitancia térmica del elemento. Suma de las resistencias de cada capa del elemento: $R_T = 1/U$, y se expresa en m^2K/W .

R 100: Resistencia térmica que presenta un material o elemento de construcción, multiplicado por 100.

Aislación Térmica:

Es la capacidad de oposición al paso de calor de un elemento o conjunto de elementos, y que en construcción se refiere esencialmente al intercambio de energía calórica entre el ambiente interior y el exterior.

Barrera de humedad:

Lámina o capa que tiene la propiedad de impedir el paso de agua a través del mismo

Barrera de vapor:

Lámina o capa que presenta una resistencia a la difusión de del vapor de agua comprendida entre 10 y 230MN s/g.

Complejo:

Conjunto de elementos constructivos que forman parte de una vivienda o edificio, tales como: complejo de techumbre, complejo de entrepiso, etc.

Elemento:

Conjunto de materiales que dimensionado y colocados adecuadamente permiten que cumplan una función definida, tales como: muros, tabiques, losas, etc.

Envolvente térmica de un edificio:

Serie de elementos constructivos a través de los cuales se produce el flujo térmico entre el ambiente interior y el ambiente exterior del edificio. Está constituida básicamente por los complejos de techumbre, muros, pisos y ventanas.

Perdidas por renovación de aire:

Perdida de calor de un espacio interior que se produce por efecto de la renovación de aire.

Puente térmico:

Parte de un cerramiento con resistencia térmica inferior al resto del mismo, lo que aumenta la posibilidad de producción de condensaciones y pérdidas de calor en esa zona en invierno.

1.7. MARCO NORMATIVO

1.7.1. NCh 853 of 2007 Acondicionamiento Térmico – Envolvente Térmica de edificios – Cálculo de resistencias y transmitancia térmicas del Instituto Nacional de Normalización

Esta norma establece los procedimientos de cálculo para determinar las resistencias y transmitancias térmicas de elementos constructivos, en particular los de la envolvente térmica, tales como muros perimetrales, complejos de techumbres y pisos, y en general, cualquier otro elemento que separe ambientes de temperaturas distintas.

En la siguiente tabla se presentan los símbolos y unidades de las magnitudes utilizadas en esta norma:

Símbolos, magnitudes y unidades		
Símbolo de la magnitud	Magnitud representada	Unidad
A	área en general, superficie de un elemento constructivo	m^2
e	espesor	m
E	emisividad total de una cámara de aire no ventilada	adimensional
h	coeficiente superficial de transferencia térmica	$W/(m^2 \times K)$
ℓ	longitud de la cámara de aire medida horizontalmente	m
L	longitud	m
K_ℓ	transmitancia térmica lineal	$W/(m \times K)$
R	resistencia térmica de una capa material	$m^2 \times K/W$
R_e	resistencia térmica del forrado exterior de un elemento constructivo	$m^2 \times K/W$
R_g	resistencia térmica de una cámara de aire no ventilada	$m^2 \times K/W$
R_i	resistencia térmica del forrado interior de un elemento constructivo	$m^2 \times K/W$
R_s	resistencia térmica de superficie	$m^2 \times K/W$
R_{si}	resistencia térmica de una superficie al interior de un edificio	$m^2 \times K/W$
R_{se}	resistencia térmica de una superficie al exterior de un edificio	$m^2 \times K/W$
R_T	resistencia térmica total	$m^2 \times K/W$
S	sección total de orificios o rendijas de ventilación al exterior de una cámara de aire	cm^2
U	transmitancia térmica	$W/(m^2 \times K)$
$\overline{U}$	transmitancia térmica media	$W/(m^2 \times K)$
ε	emisividad	adimensional
λ	conductividad térmica	$W/(m \times K)$

Tabla N° 1: Símbolos magnitudes y unidades de la NCh 853

Fuente: NCh 853

En el punto número cinco de la norma podemos encontrar los métodos de cálculo de la resistencia térmica total y de la transmitancia térmica de elementos constructivos. A continuación, se presentará un extracto de dicho punto:

“Métodos de cálculo de la resistencia térmica total y de la transmitancia térmica de elementos constructivos”

Resistencia térmica de superficies

En la tabla 2 se dan los valores R_{si} , R_{se} y $(R_{si} + R_{se})$ que deben considerarse para los cálculos señalados en esta norma, según el sentido del flujo de calor, la posición y situación del elemento separador y la velocidad del viento.

Resistencias térmicas de superficie en m² x K/W							
Posición del elemento y sentido del flujo de calor		Situación del elemento					
		De separación con espacio exterior o local abierto			De separación con otro local, desván o cámara de aire		
		R_{si}	R_{se}	$R_{si} + R_{se}$	R_{si}	R_{se}	$R_{si} + R_{se}$
Flujo horizontal en elementos verticales o con pendiente mayor que 60° respecto a la horizontal		0,12	0,05	0,17	0,12	0,12	0,24
Flujo ascendente en elementos horizontales o con pendiente menor o igual que 60° respecto a la horizontal		0,09	0,05	0,14	0,10	0,10	0,20
Flujo descendente en elementos horizontales o con pendiente menor o igual que 60° respecto a la horizontal		0,17	0,05	0,22	0,17	0,17	0,34

Tabla N°2: Resistencias térmicas de superficies

Fuente: NCh 85

Elementos simples y homogéneos

Para un elemento de caras planas y paralelas, de espesor e, conformado por un solo material de conductividad térmica λ, la resistencia térmica total queda dada por:

$R_t = 1 / U = R_{si} + e / \lambda + R_{se}$

En que:

- e/λ = resistencia térmica del material;
- R_{si} = resistencia térmica de superficie al interior;
- R_{se} = resistencia térmica de superficie al exterior

Elementos compuestos por varias capas homogéneas

Para un elemento formado por una serie de capas o placas planas y paralelas de materiales distintos en contacto entre sí, la resistencia térmica total, queda dada por:

$R_t = 1 / U = R_{si} + \Sigma (e / \lambda) + R_{se}$

En que:

$\Sigma (e/\lambda)$ = sumatoria de las resistencias térmicas de las capas que conforman el elemento

Elementos con cámaras de aire

Cuando el elemento está formado por capas o placas planas y paralelas separadas entre sí, que dejan cámaras de aire, la resistencia térmica de éstas se calcula como sigue:

La resistencia térmica aportada por la cámara dependerá de la ventilación que en ella se tenga. Por su parte, el grado de ventilación de las cámaras puede relacionarse como sigue:

- Para elementos verticales se considera el cociente entre la sección total de orificios o rendijas de ventilación al exterior, (S) y la longitud de la cámara de aire medida horizontalmente, (l)
- Para elementos horizontales se considera el cociente entre la sección total de orificios o rendijas de ventilación al exterior, (S) y la superficie de la cámara de aire, (A).

Dependiendo, entonces, del grado de ventilación de la cámara, se pueden distinguir tres casos de elementos con cámara de aire:

Elementos con cámara de aire no ventilada

Se consideran las cámaras de aire como no ventiladas cuando se cumplen las siguientes condiciones:

- S / l menor que 20 cm²/m para elementos verticales.
- S / A menor que 3 cm²/m² para elementos horizontales.

En este caso, la resistencia térmica del elemento se calcula por la fórmula siguiente:

$$R_t = 1 / U = R_{si} + R_i + R_g + R_e + R_{se}$$

En la imagen 3 se pueden obtener los valores que deben considerarse en el cálculo de las resistencias térmicas que ofrecen las cámaras de aire no ventiladas, cuando éstas presentan espesores iguales o mayores a los 8 óptimos de resistencia térmica y sus paredes tienen emisividades similares, $\epsilon_1 = \epsilon_2$; o bien, una de sus paredes está conformada por materiales corrientes de construcción, tales como: madera, hormigón, ladrillos, vidrio, papeles no metálicos, etc., cuya emisividad es igual a 0,9 y la otra pared presenta valores de emisividad diferente.

Con el objeto de aclarar el uso del ábaco, la imagen 4 muestra un ejemplo práctico de cómo usar el ábaco.

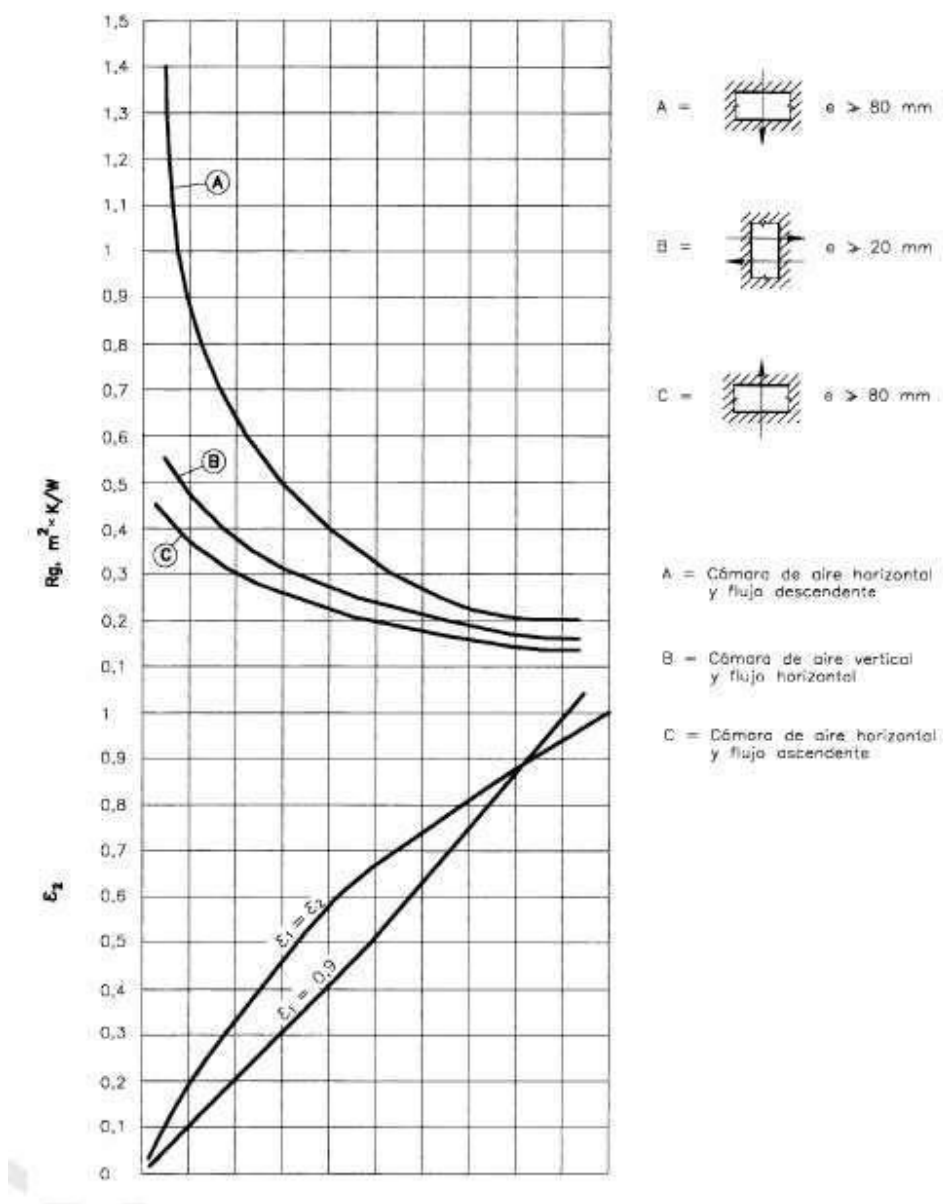


Imagen N°3: Abaco para el cálculo de resistencias térmicas

Fuente: NCh 853

Ejemplos de aplicación

- a) Calcular la resistencia térmica de un elemento vertical cuya cámara de aire no ventilada tiene un espesor de 20 mm (flujo térmico horizontal). Las emisividades son iguales: $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 0,65$.

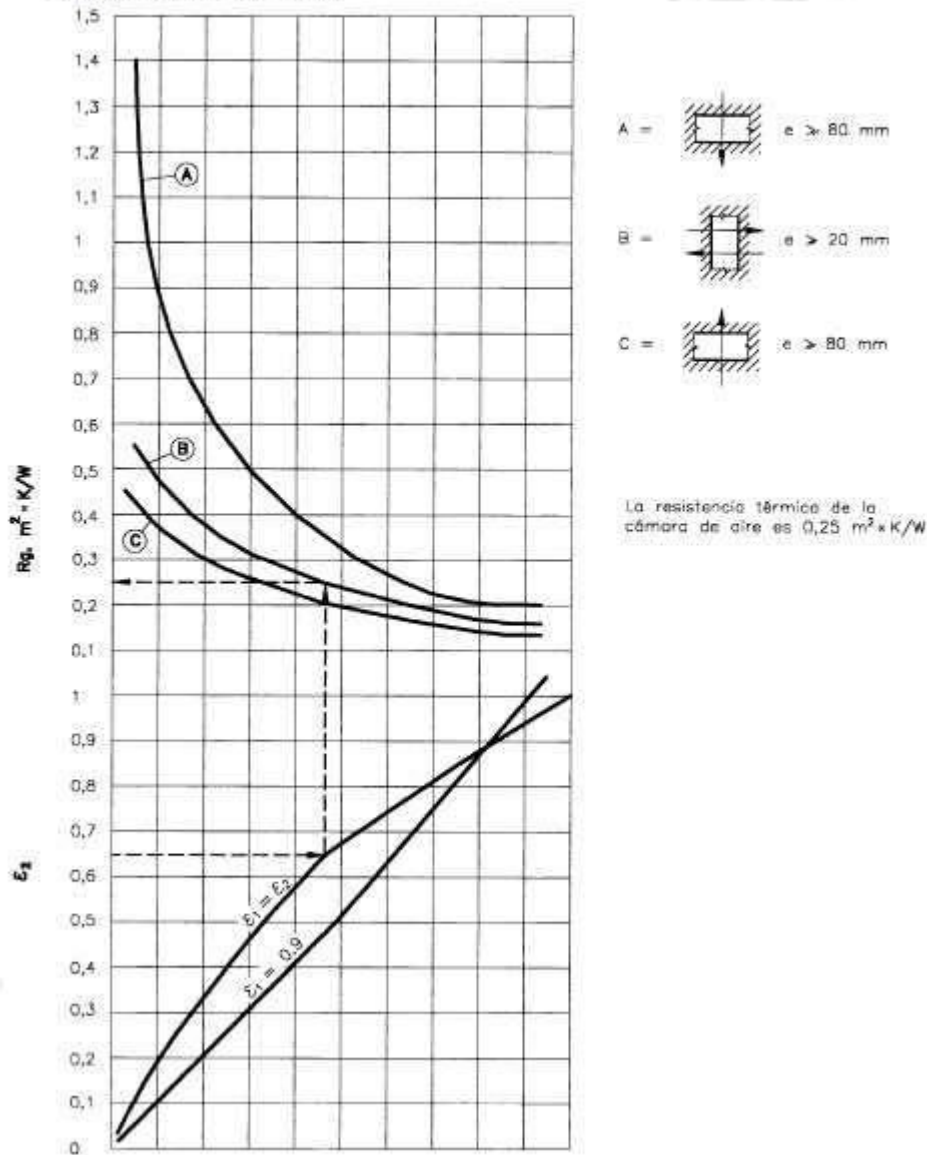


Imagen N°4: Ejemplo de uso del abaco para el cálculo de resistencias térmicas

Fuente: NCh 853

Elementos con cámara de aire medianamente ventilada

Se consideran las cámaras de aire como medianamente ventiladas cuando se cumplen las siguientes condiciones:

- $20 \leq S / l < 500 \text{ cm}^2/\text{m}$ para elementos verticales.
- $3 \leq S / A < 30 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ para elementos horizontales.

En este caso, la transmitancia térmica del elemento se calcula por la fórmula siguiente:

$$U = 1 / R_t = U_1 + \alpha(U_2 - U_1)$$

En que:

U1 = es la transmitancia térmica del elemento calculada bajo el supuesto que la cámara no está ventilada (Caso a).

U2 = es la transmitancia térmica del elemento calculada bajo el supuesto que la cámara se encuentra muy ventilada (Caso c).

α = es un coeficiente de ventilación de la cámara, que toma el valor de 0,4 para elementos horizontales y el valor de la tabla 3 para elementos verticales

Coeficiente de ventilación, α , de cámaras verticales		
Relación entre las resistencias térmicas de las capas o placas del elemento entre las cuales se encuentra la cámara	Relación S / ℓ en cm^2/m	
R_e / R_i	20 hasta 200	sobre 200 hasta 500
$R_e / R_i < 0,1$	0,10	0,25
$0,1 < R_e / R_i < 0,6$	0,20	0,45
$0,6 < R_e / R_i < 1,2$	0,30	0,60

Tabla N°3: Coeficientes de ventilación de cámaras verticales

Fuente: NCh 853

Elementos con cámara de aire muy ventilada

Se consideran las cámaras de aire como muy ventiladas cuando se cumplen las siguientes condiciones:

- S / l mayor o igual que 500 cm^2/m para elementos verticales.
- S / A mayor o igual que 30 cm^2/m^2 para elementos horizontales.

En el cálculo de la resistencia térmica total del elemento se pueden presentar dos situaciones:

El aire dentro de la cámara se mantiene en reposo

En este caso se desprecia la resistencia de la cámara de aire R_g , y la del forrado exterior del elemento, R_e .

La resistencia térmica total se calcula, entonces, mediante la fórmula siguiente:

$$R_t = 1 / U = 2 R_{si} + R$$

El aire de la cámara está en movimiento

Si la capa o placa exterior del elemento consiste en una pantalla o protección situada a cierta distancia de la capa o placa interior y no existe tabiquerías que conformen una cámara, el espacio está totalmente abierto. En este caso la resistencia térmica total del elemento queda dada por:

$$R_t = 1 / U = R_{si} + R_i + R_{se}$$

R_{si} y R_{se} ; se obtienen de la tabla 2 para elementos de separación con el ambiente exterior

1.7.2. Manual de Aplicación reglamentación térmica, Art. 4.1.10 de la O.G.U.C

El manual contiene toda la información reglamentaria sobre el tema, incorporando además capítulos destinados a facilitar la comprensión de cada aspecto y a ejemplificar con soluciones genéricas.

1.7.3. Artículo 4.1.10 de la O.G.U.C

Todas las viviendas deberán cumplir con las exigencias de acondicionamiento térmico que se señalan a continuación:

Los complejos de techumbres, muros perimetrales y pisos inferiores ventilados, entendidos como elementos que constituyen la envolvente de la vivienda, deberán tener una transmitancia térmica " U " igual o menor, o una resistencia térmica total " R_t " igual o superior, a la señalada para la zona que le corresponda al proyecto de arquitectura, de acuerdo con los planos de zonificación térmica aprobados por resoluciones del Ministro de Vivienda y Urbanismo a la siguiente tabla:

ZONA	TECHUMBRE		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

Tabla N°4: Exigencias para los complejos de la envolvente térmica

Fuente: Artículo 4.1.10 de la O.G.U.C

**2. PRIMER CAPITULO: AISLACION TERMICA DE MUROS EXTERIORES:
SISTEMA EIFS Y SISTEMA DE FACHADAS VENTILADAS**

2.1. GENERALIDADES

La aislación térmica de los muros de una vivienda consiste básicamente en la incorporación de soluciones constructivas en ellos que permitan lograr condiciones higrotermicas confortables, capaces de aumentar la resistencia térmica de su envolvente, así como también reducir los riesgos de condensación y puentes térmicos. Estas soluciones también permiten disminuir el consumo energético que presentan las viviendas.

Los muros pueden aislarse tanto por el exterior como por el interior.

Aislar los muros por el exterior de una vivienda, en construcciones nuevas como antiguas tiene múltiples beneficios tales como:

FISICO-TERMICOS

- Reducir las pérdidas de calor
- Reducir los eventos de condensación al interior de la vivienda
- Temperaturas más estables y más homogéneas en el seno de la pared
- Inercia térmica mejorada

ARQUITECTONICOS

- Los espacios interiores no se ven modificados ni reducidos

ECONOMICOS

- Se reducen los gastos de calefacción en el invierno y de refrigeración en el verano
- Protección mejorada de la fachada y de la estructura de la vivienda de los efectos de la intemperie y del deterioro producido por la humedad y las variaciones térmicas

Al incorporar materiales que sean aislantes térmicos a la composición de un muro, dada sus bajas conductividades térmicas se aumenta la resistencia térmica total de este muro perteneciente a la envolvente, ya que la resistencia total de una envolvente compuesta por capas, corresponde a la sumatoria de las resistencias individuales de cada una de las capas.

Si tomamos como ejemplo un muro de hormigón armado de 10cm de espesor y de densidad 2400 kg/m³ como el siguiente:

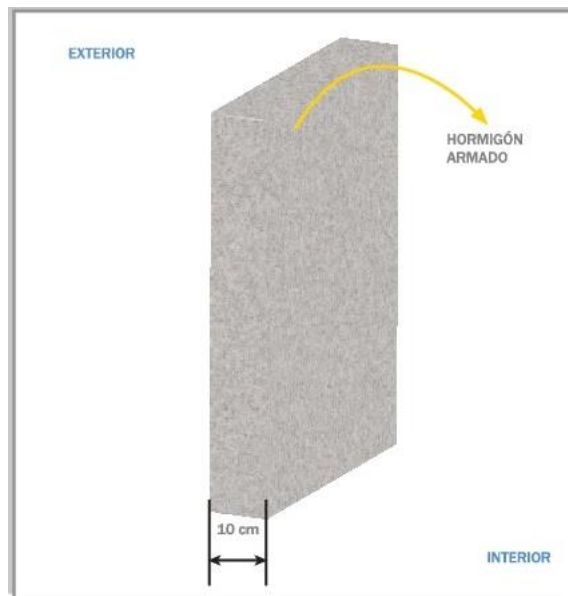


Imagen N°5: Muro de hormigón armado

Fuente: Corporación de Desarrollo Tecnológico de la CChC

Su resistencia térmica estaría dada por:

$$R_t = 1 / U = R_{si} + e / \lambda + R_{se}$$

$$R_t = 0,12 + (0,1/1,63) + 0,05 = 0,23$$

Si a este mismo muro de hormigón armado le agregamos una capa aislante de material poliestireno expandido de 15 kg/m³ y de espesor 50mm la resistencia estaría dada por:

$$R_t = 1 / U = R_{si} + \Sigma (e / \lambda) + R_{se}$$

$$R_t = 0,12 + (0,1/1,63) + (0,05/0,0413) + 0,05 = 1,44$$

Debido a la incorporación de la capa de un material aislante por la cara exterior de un muro podemos ver que la resistencia térmica total de dicho muro perteneciente a la envolvente aumenta de manera significativa por lo que aislar los muros desde el exterior se vuelve en una alternativa de aislación térmica muy efectiva, no solo por su eficacia sino por los beneficios expuestos anteriormente.

2.2. SISTEMA EIFS

El sistema EIFS (Exterior Insulation Finish Systems) es un sistema de aislación térmica y de terminación de muros exteriores que puede utilizarse ya sea en viviendas nuevas como en viviendas existentes y es aplicable a casi cualquier superficie (muros de ladrillo, hormigón, paneles livianos, entre otros).

Este sistema consiste básicamente en un sándwich de mortero modificado, aislante, malla de refuerzo, mortero y recubrimiento, que se adhiere a la cara exterior de los muros pertenecientes a la envolvente.

El sistema EIFS es un sistema flexible que permite absorber los esfuerzos o movimientos de la vivienda evitando así los problemas de grietas. Este sistema también es resistente a la humedad, polvo y hongos

2.2.1. Composición del Sistema EIFS

El sistema EIFS está constituido principalmente por tres tipos de materiales que son los siguientes:

- **Adhesivo:** El adhesivo es el producto utilizado para fijar la capa aislante en el sustrato o muro sobre el cual se aplicará la aislación y también fija la malla de fibra de vidrio de refuerzo al propio aislante. Consiste en un mortero modificado altamente adherente para fijar el aislante de manera fuerte al muro



Imagen N°6: Saco de adhesivo en polvo

Fuente: Elaboración propia

- **Capa de aislante rígida:** Esta capa es la que proporciona el aislamiento térmico al sistema EIFS, por lo general se utiliza poliestireno expandido de densidad 15 o 20 kg/m³ y su espesor va a depender de la zona climática en la que se emplace el proyecto



Imagen N°7: Placas de poliestireno expandido

Fuente: Aislapol.cl

- Sistema de estratos: El sistema de estratos corresponde a todos los lechos aplicados sobre la superficie exterior del material aislante, incluyendo la malla de refuerzo, se divide en las siguientes capas:

A) Malla de refuerzo: Es una malla de fibra de vidrio, que se coloca sobre la capa aislante para dar una mayor durabilidad y resistencia al conjunto del sistema

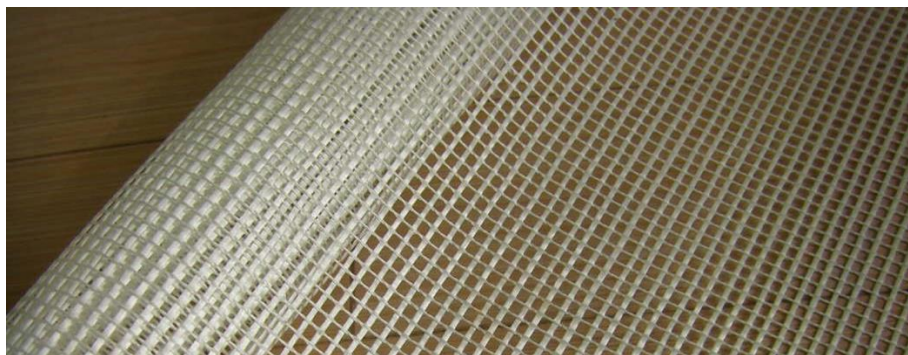


Imagen N°8: Malla de fibra de vidrio

Fuente: Directorioconstruccion.cl

B) Lecho de base: Se aplica directamente sobre la capa aislante de poliestireno expandido, la malla de fibra de vidrio va embebida en esta capa. Para el lecho de base se utiliza el mismo adhesivo con el cual se adhiere el aislante al muro.

C) Impermeabilizante: Sobre el lecho de base y con la malla de refuerzo ya embebida se aplica una capa de impermeabilizante. Este consiste en un hidrorrepelente incoloro que no permite el ingreso de agua en estado líquido a los muros, pero facilita la salida de la humedad en forma de vapor.



Imagen N°9: Impermeabilizante para sistema EIFS
Fuente: Elaboración propia

D) Lecho de impresión: Sobre el lecho de base y ya aplicada la capa impermeabilizante se coloca una capa de imprimante, para mejorar la adherencia y dar una mejor terminación al revestimiento de acabado. Esta capa al igual que el impermeabilizante tiene la capacidad de facilitar la salida de la humedad.



Imagen N°10: Imprimante
Fuente: Elaboración propia

E) Capa de terminación: Esta capa es la que le da el acabado al sistema EIFS y contribuye a la protección de este contra las inclemencias del medio ambiente. Es un revestimiento texturado con color incorporado, flexible y resistente.



Imagen N°11: Capa de terminación

Fuente: Elaboración propia

2.2.2. Proceso constructivo del sistema EIFS

Para realizar una adecuada aplicación del sistema EIFS lo primero que hay que analizar es la superficie sobre la cual se va a instalar verificando la compatibilidad del muro o sustrato.

Evaluación de la superficie del sustrato

Si el muro fuera de hormigón este deberá estar exento de partículas, restos de desmoldantes y compuestos de curado y se recomienda realizar un lavado con agua a presión antes de instalar.

Si el muro fuera de albañilería deberá estar exento de contaminaciones superficiales y libre de eflorescencia. La eflorescencia son manchas blanquecinas que aparecen en superficies en las que ha aparecido humedad. Esta debe eliminarse con un cepillo de alambre, dejando el muro lo más limpio posible.

Si el sustrato fuera un muro existente se deberá preparar la superficie, este podrá necesitar eliminación de capas de pintura, eliminación de eflorescencias, lavado con agua a presión, etc., para poder obtener una adecuada adherencia entre el muro y el sistema EIFS.

Encapsulamiento en borde inferior y superior

Una vez hecho el trazado para el inicio de la partida (tizado a -10cm del NPT) y previo al pegado de las planchas aislantes se adhiere una malla de refuerzo a los bordes del muro, esta malla es la misma que se utiliza para darle resistencia al sistema. Luego esta malla se debe adherir al canto de las planchas del material aislante, produciendo el encapsulamiento del borde inferior, lo que igual se hace con el borde superior con la finalidad de proteger todos los bordes del sistema.



Imagen N°12: Excavación a 10 cm del NPT y encapsulamiento del borde inferior

Fuente: Elaboración propia



Imagen N°13: Encapsulamiento en borde inferior

Fuente: Elaboración propia

Placa aislante

La placa aislante del sistema EIFS (poliestireno expandido) se debe cortar con cuchilla y con la ayuda de una escuadra para guiar el corte.

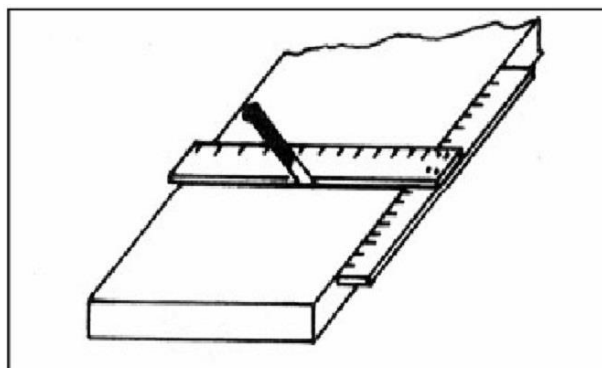


Imagen N°14: Corte de panel aislante con ayuda de escuadra

Fuente: Repositorio de la Universidad de Chile

Aplicación del adhesivo

Para aplicar el adhesivo primero debe prepararse, si el adhesivo fuese en polvo debe agregarse agua y si fuese en pasta se debe agregar cemento, todo como fue indicado anteriormente en el punto 2.2.1.

El adhesivo se aplica con llana dentada en forma vertical sobre toda la superficie de la placa de poliestireno. Es importante mantener la llana limpia, para evitar la acumulación de adhesivo en las ranuras

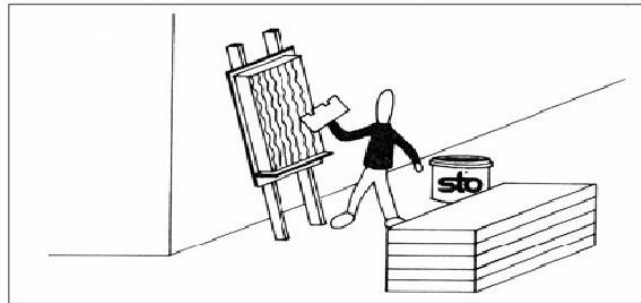


Imagen N°15: Aplicación del adhesivo

Fuente: Repositorio de la Universidad de Chile

Pegado de la placa de poliestireno

Antes de instalar las planchas en el muro, se debe asegurar que no quede exceso de adhesivo en sus bordes, ya que el adhesivo acumulado entre los paneles puede producir puentes térmicos.

La instalación de las planchas debe ser a tope y entre juntas que produzcan pequeños espacios se debe sellar con espuma de poliuretano. La separación de estas puede causar agrietamientos en las capas superficiales del sistema

Todas las juntas verticales deberán quedar traslapadas en un 50% del largo individual de las planchas, o sea que queden instaladas en forma de albañilería.

Se deben colocar los paneles con una presión adecuada para asegurar una buena adherencia entre este y el sustrato.

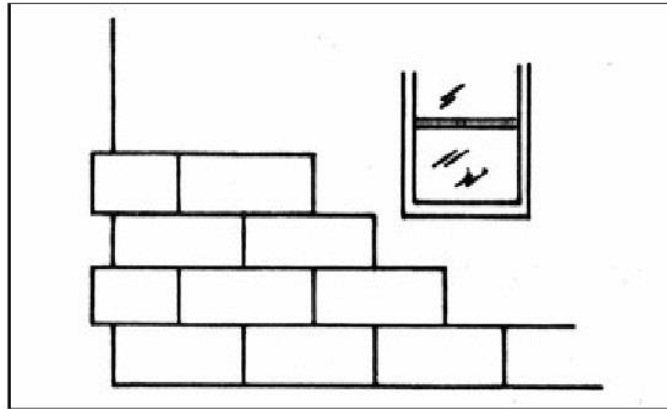


Imagen N°16: Traslape de las placas de poliestireno

Fuente: Repositorio de la Universidad de Chile

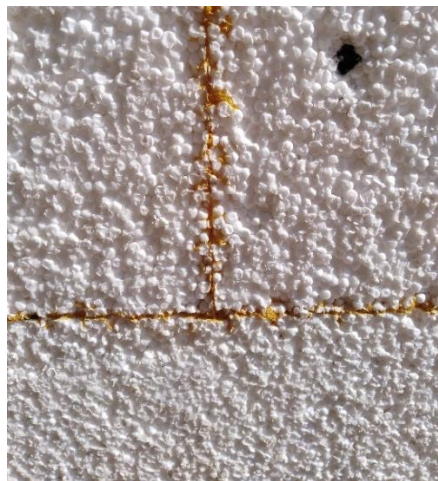


Imagen N° 17: Sello con espuma de poliuretano

Fuente: Elaboración propia

Enrasado y aplomado

Una vez instaladas las planchas de poliestireno se debe desbastar toda la superficie del muro, debiendo quedar todo el muro aplomado, para esto se utiliza una regla raspadora.



Imagen N°18: Detalle de muro enrasado y aplomado

Fuente: Elaboración propia

Protección de puertas y ventanas

Se deben proteger todas las superficies de puertas y ventanas que puedan quedar expuestas a ensuciarse con los adhesivos del sistema, para ello se utiliza una sábana de polietileno y cinta adhesiva para que todos los elementos queden protegidos.

Aplicación de lecho de base y malla de fibra de vidrio

Sobre el muro con la placa aislante ya enrasada y aplomada se debe colocar una primera capa del lecho de base, que es el mismo adhesivo utilizado para adherir el poliestireno al muro, a continuación, se coloca la malla de fibra de vidrio para luego cubrirla embebiéndola en el adhesivo.

La malla deberá estar completamente cubierta, de manera que no se vea su color y deberá tener un traslape en sus juntas de 2 ½” (64mm). Se recomienda aplicar una segunda mano de adhesivo a modo de enlucido.



Imagen N°19: Malla de fibra de vidrio embebida en el aislante

Fuente: Elaboración propia

Refuerzos de vanos, aristas y colocación de esquineros

Antes de la colocación de la malla de fibra de vidrio en toda la superficie del muro, se deben instalar refuerzos en las esquinas de todos los vanos, en los encuentros de muros y en las aristas expuestas con el mismo tipo de malla, para luego instalar los esquineros de pvc.



Imagen N°20: Refuerzo en esquina expuesta

Fuente: Elaboración propia



Imagen N°21: Esquinero de PVC con malla de fibra de vidrio

Fuente: Elaboración propia

Aplicación de la capa impermeabilizante

Al muro con el lecho de base ya puesto se le aplica una capa de pintura hidrorrepelente y se deja secar por 24 horas. Esta capa de pintura es la misma que figura en la imagen N°9.

Aplicación del lecho de impresión

Pasadas las 24 horas de la aplicación de la capa impermeabilizante se le aplica una capa imprimante al sistema, para mejorar la adherencia entre el lecho de base y la capa de terminación. Este lecho de impresión es el mismo que figura en la imagen N°10.

Aplicación de la capa de terminación

La capa de terminación es la que le da el acabado al sistema EIFS y se aplica 24 horas después de aplicado el lecho de impresión.

Es importante planificar la aplicación del acabado de manera que estén disponibles suficientes trabajadores para terminar secciones enteras de áreas de pared a la vez y sin interrupción.



Imagen N°22: Fachada con sistema EIFS terminado

Fuente: Elaboración propia

2.3. Fachada Ventilada

La fachada ventilada es un sistema de aislación térmica de paredes verticales consistente en un revestimiento exterior soportado por perfiles de acero o aluminio o pies derechos de madera fijados al muro de la envolvente mediante fijaciones y anclajes, creando un espacio al interior. El muro debe llevar una capa de aislante como por ejemplo poliestireno expandido.

Una de las principales características de una fachada ventilada consiste en la creación de una cámara de aire, entre la pared con su aislante y el paramento exterior de revestimiento. En el interior de la cámara, se genera una corriente de aire ascendente o ‘efecto chimenea’, que provoca que el aire interior se mantenga a una temperatura intermedia entre la interior y la exterior. La renovación del aire a través de la cámara, se consigue mediante ranuras en la parte inferior y superior de la fachada

Funcionamiento de la cámara de aire

El revestimiento exterior de la fachada ventilada actúa como amortiguador térmico reduciendo la transmisión de calor de las siguientes maneras:

- **En verano**, calienta el aire contenido en la cámara, de manera que favorece la creación de corrientes de convección, haciendo que el aire caliente ascienda y que el espacio desalojado sea ocupado por aire frío, que entra a través de las ranuras situadas en la parte inferior del cerramiento.
- **En invierno**, el aire contenido en la cámara se calienta, aunque no lo suficiente como para favorecer la convección en su interior, por lo que se conserva el calor en dicho espacio.

La cámara de aire, al estar ventilada, disipa el calor que penetra a través de la capa exterior cuando las temperaturas son altas gracias al efecto chimenea, elimina el riesgo de humedad en la envolvente y el riesgo de sus patologías asociadas, garantizando la estanqueidad necesaria y el material aislante aplicado directamente al muro portante es el que le brinda las cualidades térmicas a la envolvente.

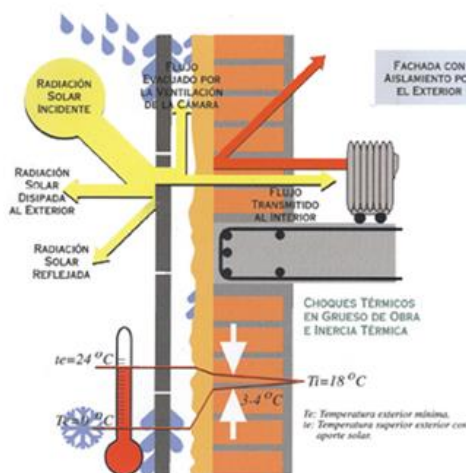


Imagen N°23: Comportamiento de una fachada ventilada

Fuente: www.certificadosenergeticos.com

2.3.1. Composición de una fachada ventilada

El sistema de fachadas ventiladas está constituido por 3 partes principales que son las siguientes:

- 1) Material aislante: Al igual que el sistema EIFS las fachadas ventiladas cuentan con un material aislante que le da la resistencia térmica al conjunto. Este material aislante puede ser de variados tipos como, poliestireno expandido, lana mineral, lana de vidrio, poliuretano proyectado, entre otros, pero generalmente se utiliza el poliestireno expandido por ser un material versátil y fácil de trabajar. Este material aislante es el mismo que figura en la imagen N° 7.
- 2) Estructura sustentadora: La estructura sustentadora es el soporte del revestimiento que va al exterior de la fachada, esta va fijada al muro mediante

sistemas de sujeción y pueden ser pies derechos de madera o alguna estructura metálica como metalcon o volcometal. La estructura sustentadora a usar en la vivienda tipo a evaluar será de perfiles C de metalcon fijados mediante patas de ángulo recto L.

- 3) Placa de revestimiento: Es el revestimiento de terminación que le da el acabado al sistema de fachada ventilada y al estar distanciada de la placa de aislamiento crea la cámara de aire al interior del sistema.

Este revestimiento debe tener una buena resistencia a la intemperie y se fabrican de diversas materialidades como por ejemplo cerámico, mármol, aluminio, fibrocemento, etc. El revestimiento utilizado en la vivienda tipo a evaluar será de una placa cementicia reforzada con una malla de fibra de vidrio por ambas caras y cantos, diseñado especialmente para ser utilizado como revestimiento de fachadas.

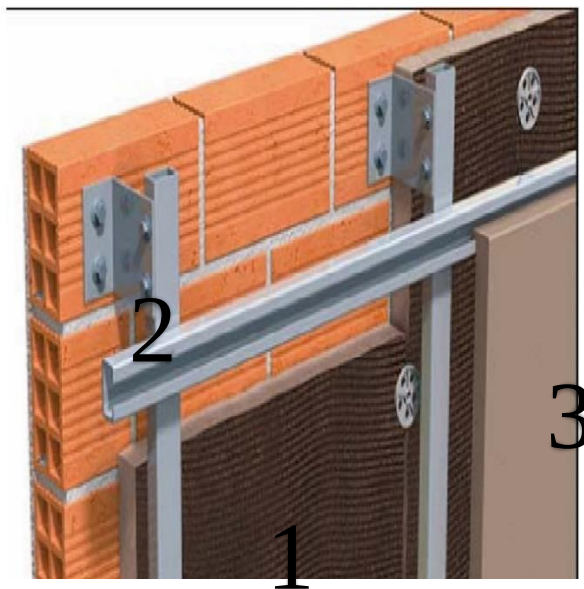


Imagen N°24: Composición de la fachada ventilada

Fuente: www.certificadosenergeticos.com

2.3.2. Proceso constructivo de una fachada ventilada

El sistema de fachada ventilada que se estudiara e implementara a la vivienda tipo constara de montantes verticales de metalcon, las cuales estarán fijadas al muro mediante patas escuadra, llevara aislante de poliestireno expandido de 50 mm de espesor y de densidad 20 kg/m³, y su revestimiento será de una placa cementicia Aquapanel de la marca Knauf, dicha placa está diseñada para ser usada como revestimiento de fachadas ventiladas y consta con refuerzo de malla de fibra de vidrio por ambas caras y cantos. Para dar terminación al sistema, a la placa de revestimiento se le agregara un acabado de mortero con grano.

Para una adecuada instalación de un sistema de fachada ventilada se deben seguir las siguientes indicaciones:

Colocación de la capa aislante

El panel aislante, en este caso poliestireno expandido se coloca directamente sobre el muro portante.

Este puede ser colocado en el sistema de tres formas:

- Sobre la estructura portadora y detrás de los pies derechos o espigas
- Entre la estructura soportante cuando esta fija sobre el muro
- En dos camas sucesivas, en el muro portador detrás de los pies derechos y entre los pies derechos

En este caso el panel aislante será colocado sobre la estructura portadora y detrás la estructura sustentadora (pies derechos).

El panel aislante de poliestireno puede fijarse al muro mediante adhesivos o mediante ataderos plásticos o metálicos.

Al ser un aislante rígido, se recomienda fijarlo mediante un adhesivo, al igual que en el sistema EIFS este puede ser en pasta o en polvo.

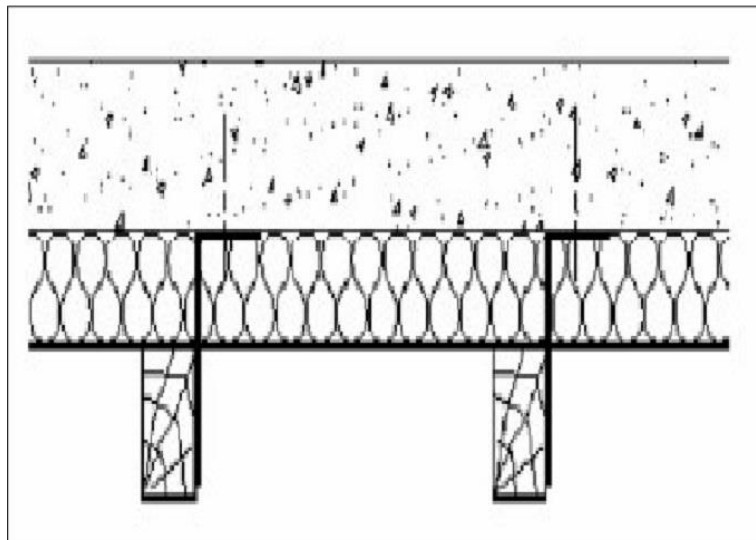


Imagen N°25: Colocación de la capa aislante

Fuente: Repositorio de la Universidad de Chile

Estructura sustentadora

La estructura sustentadora se encarga de recibir y darle soporte al revestimiento exterior, esta estructura se conforma generalmente por pies derechos que pueden ser de madera o de alguna estructura metálica como metalcom o vulcometal.

- Madera: Los pies derechos pueden estar adosados al muro, es decir en contacto directo con este o más bien pueden estar fijados con patas “escuadras”. Estos pies derechos van espaciados aproximadamente entre 40 y 60 cm.

Hay veces que puede ser necesario poner cadenas entre los pies derechos, para poder fijar el revestimiento.

- Estructura metálica: Se construye fácilmente con dos tipos de elementos: un perfil U o canal que se fija al piso y perfiles C o montantes que vendrían siendo los pies derechos, espaciados entre 40 a 60 cm. que al igual que en la estructura sustentadora de madera pueden estar en contacto directo con el muro o fijados mediante patas escuadra

En la estructura sustentadora de metal también puede ser necesaria la instalación de perfiles horizontales o cadenas entre perfiles para poder fijar el revestimiento.



Imagen N°26: Estructura sustentadora

Fuente: google

Fijación de la estructura sustentadora al muro

Las fijaciones para la estructura de madera o metálica al muro son patas de ángulo recto L.

La parte corta de la pata L constituye el ala de apoyo en el muro y la parte larga sirve de apoyo para los pies derechos, el pie derecho va fijado a la pata mediante tornillos autoperforantes cabeza hexagonal.



Imagen N°27: Pata de ángulo L

Fuente: www.laplataforma.es

Tipos de revestimientos

Para el sistema de fachadas ventiladas existen variados tipos de revestimientos, estos pueden clasificarse en revestimientos tradicionales y no tradicionales

- Revestimientos tradicionales: Estos son los más utilizados comúnmente, como por ejemplo baldosas de cerámica, pizarra natural o artificial, tablillas, fibrocemento, aluminio, zinc
- Revestimientos no tradicionales: Son revestimientos más complejos, como por ejemplo placas a base de mortero de poliéster o de cemento armado de fibras de vidrio, estratificados de melanina a base de celulosa, revestimientos fenólicos.

Como se dijo anteriormente el revestimiento utilizado para evaluar la vivienda será una placa cementicia con adhesivos aglomerantes especial para fachadas que se utiliza en sistemas de fachadas ventiladas, esta placa esta reforzada con una malla de fibra de vidrio por ambas caras, lo que la hace más resistente.

Instalación del revestimiento sobre la estructura sustentadora

La placa de revestimiento cementicia se aplica directamente a la estructura metálica y se fija a esta mediante tornillos autoperforantes cabeza de lenteja, los montantes no deben estar espaciados a más de 40 cm, de lo contrario se necesitará de una red intermedia para poder fijar la placa.

Las juntas entre placas se deben tratar con un mortero de refuerzo y una malla de fibra de vidrio que va embebida en este mortero de refuerzo en todas sus juntas como en el sistema EIFS

La placa de revestimiento aplicada a la vivienda en estudio lleva un acabado de mortero especial, que es el mismo utilizado en el sistema EIFS



Imagen N°30: Tratamiento de juntas con cinta de fibra de vidrio

Fuente: www.knauf.es



Imagen N°31: Vivienda con Fachada Ventilada terminada

Fuente: www.knauf.es

**3. SEGUNDO CAPITULO: CÁLCULOS TÉRMICOS APLICADOS EN
SISTEMAS EIFS Y FACHADA VENTILADA**

En el presente capítulo se desarrollarán los cálculos de resistencia y transmitancia térmica de los muros pertenecientes a la envolvente de una vivienda de albañilería, utilizando los sistemas EIFS y fachada ventilada

Todos los cálculos se realizarán de acuerdo a lo establecido en la NCh 853 de acondicionamiento térmico y en el manual de aplicación de reglamentación térmica del artículo 4.1.10 de la O.G.U.C.

3.1. Estudio de caso

El estudio del presente capítulo se enfocará en realizar los cálculos térmicos de los muros pertenecientes a la envolvente de una vivienda, dicha vivienda sin un sistema de aislación térmica no cumple con las exigencias que se establecen para la zona en la que se encuentra la ciudad de Concepción, los muros de la envolvente son de albañilería reforzada, con ladrillos de arcilla cocida echo a máquina de 33 x 15,4 x 11,3 cm

La vivienda consta con una superficie de 57,2 m², tiene piso de radier, estructura vertical resistente de albañilería armada, techumbre con cerchas y como se dijo anteriormente se encuentra localizada en la ciudad de Concepción.

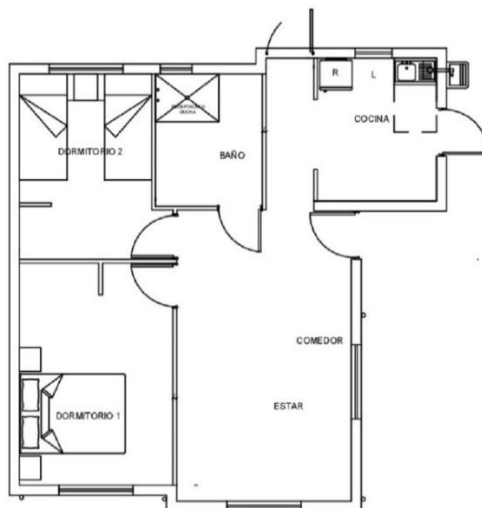


Imagen N°32: Planta de vivienda tipo

Fuente: Constructora Ravanal S.A

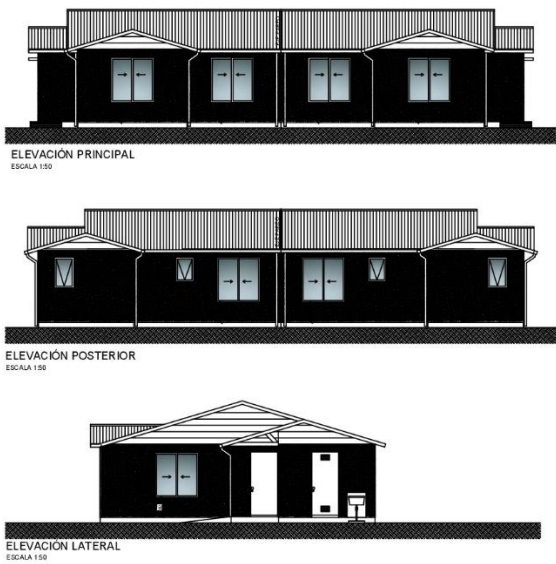


Imagen N°33: Elevación vivienda tipo

Fuente: Constructora Ravanal S.A

Complejo de muros

El complejo de muro está constituido de albañilería armada con ladrillo de 33 x 15,4 x 11,3 cm, mortero de pega y estuco.

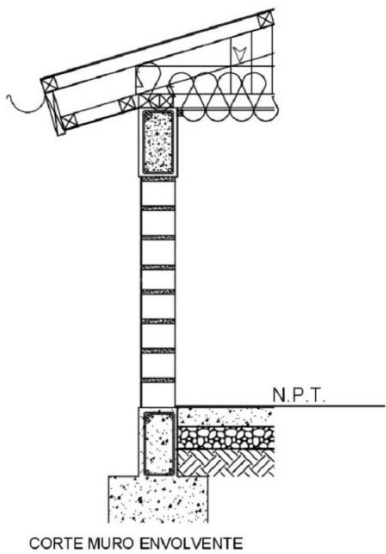


Imagen N°34: Corte de muro perteneciente a la envolvente

Fuente: Constructora Ravanal S.A

Este muro será analizado térmicamente tal cual como se encuentra y luego se analizará utilizando dos soluciones:

- Sistema EIFS
- Fachada ventilada

3.2. Exigencias para los complejos de muros

La envolvente de la vivienda está constituida por los complejos de techumbres, muros, pisos ventilados y ventanas, los cuales separan el espacio interior del espacio exterior.

Estos complejos de techumbre, muros y pisos ventilados deberán cumplir con la transmitancia térmica total (U) o con la resistencia térmica total (RT), especificada para la zona térmica que corresponda a la comuna o localidad en la cual se emplaza la vivienda.

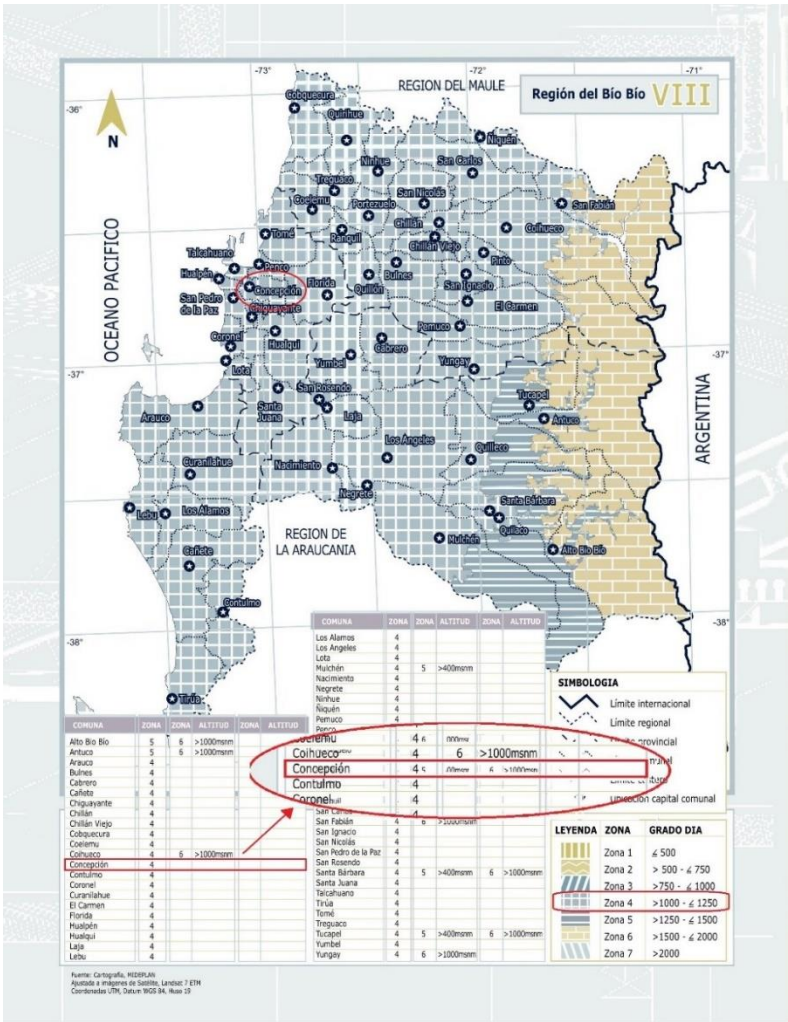


Imagen N°35: Mapa de la región del Bio-Bio

Fuente: Artículo 4.1.10 de la O.G.U.C

En el caso de la vivienda que estamos estudiando, esta se encuentra localizada en la octava región del Bio-Bio y en la ciudad de concepción, por lo tanto, según el mapa de zonificación térmica nos encontramos en la zona térmica N°4.

La zona térmica N°4 cuenta con las siguientes exigencias para el complejo de muros:

ZONA	TECHUMBRE		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

Tabla N°5: Exigencias para los complejos según zonas

Fuente: Artículo 4.1.10 de la O.G.U.C

- Tener una transmitancia térmica (U) igual o inferior a 1,7 W/(m2 x K)
- Tener una resistencia térmica total (Rt) igual o superior a 0,59 m2 x K/W

Para los efectos de cumplir con las condiciones establecidas en la tabla anterior se podrá optar entre las siguientes alternativas:

- Mediante cálculo, el que deberá ser realizado de acuerdo a lo señalado en la norma NCh 853, demostrando el cumplimiento de la transmitancia o resistencia térmica del complejo de muros
- Mediante un certificado de ensaye otorgado por un Laboratorio de Control Técnico de Calidad de la Construcción, demostrando el cumplimiento de la transmitancia o resistencia térmica total de la solución del complejo de muros
- Mediante la incorporación de un material aislante etiquetado en el R100 correspondiente a la siguiente tabla:

ZONA	TECHUMBRE R100(*)	MUROS R100 (*)	PISOS VENTILADOS R100 (*)
1	94	23	23
2	141	23	98
3	188	40	126
4	235	46	150
5	282	50	183
6	329	78	239
7	376	154	295

Tabla N°6: Materiales R100 según zonas

Fuente: Artículo 4.1.10 de la O.G.U.C

En el caso de nuestro estudio, para cumplir con las condiciones establecidas para la zona térmica N°4 se analizará el complejo de muros y se realizaran los cálculos de transmitancia y resistencia térmica según los establecido en la NCh 853.

3.3. Calculo de resistencias y transmitancias térmicas del complejo de muros

3.3.1. Cálculos en el muro de albañilería existente

El muro existente está conformado por una estructura de albañilería reforzada con estuco por ambas caras, por lo tanto, este tiene que analizarse como lo indica la NCh 853 como un elemento compuesto por varias capas homogéneas.

En este caso para cumplir las exigencias se establece la siguiente formula:

$$R_t = 1 / U = R_{si} + \Sigma (e / \lambda) + R_{se}$$

En que:

- e/λ = resistencia térmica del material;
- R_{si} = resistencia térmica de superficie al interior;
- R_{se} = resistencia térmica de superficie al exterior

A continuación, se muestran las características de los materiales que conforman el muro de la envolvente, datos necesarios para calcular las resistencias y transmitancias térmicas según NCh 853:

TABLA DE VALORES PARA DETERMINAR “U” y “Rt” EN MUROS				
Material	Espesor (m)	Densidad Kg/m³	Conductividad térmica λ W/(m·K)	Descripción
Ladrillo	0.154	1800	0,79	Albañilería
Mortero	0,025	2000	1,40	Estuco

Tabla N°7: Características de materiales

Fuente: Elaboración propia

La ecuación seria la siguiente:

$R_t = 0,12 + (0,025/1,40) + (0,154/0,79) + (0,025/1,40) = 0,350 \text{ m}^2 \times \text{K/W}$

$U = 1/0,350 = 2,857 \text{ W} / (\text{m}^2 \times \text{K})$

Podemos ver que la solución no cumple con las exigencias para la zona térmica N°4, ya que esta exige una Rt igual o mayor a 0,59 m2 x K/W y una U igual o inferior a 1,7 W / (m2xK)

.

3.3.2. Cálculos en muro de albañilería con sistema EIFS

Como el sistema EIFS consiste básicamente en una multicapa de elementos que se adhiere a la cara exterior de los muros pertenecientes a la envolvente este tiene que estudiarse según lo que indica la NCh 853 como un elemento compuesto por varias capas homogéneas.

En este caso para cumplir las exigencias se establece la siguiente formula:

$R_t = 1 / U = R_{si} + \sum (e / \lambda) + R_{se}$

En que:

- e/λ = resistencia térmica del material;
- R_{si} = resistencia térmica de superficie al interior;
- R_{se} = resistencia térmica de superficie al exterior

A continuación, se muestran las características de los materiales que conforman el muro de la envolvente, datos necesarios para calcular las resistencias y transmitancias térmicas según NCh 853:

TABLA DE VALORES PARA DETERMINAR “U” y “Rt” EN MUROS				
Material	Espesor (m)	Densidad Kg/m³	Conductividad térmica λ W/(m·K)	Descripción
Ladrillo	0.154	1800	0,79	Albañilería
Mortero	0,025	2000	1,40	Estuco
Poliestireno	0,05	20	0,0384	Aislación exterior

Tabla N°8: Características de materiales

Fuente: Elaboración propia

El muro con el sistema EIFS estaría compuesto por las siguientes capas desde el interior al exterior: mortero 2,5 cm de espesor, albañilería de 15,4 cm de espesor, mortero de 2,5 cm de espesor, poliestireno expandido de 5 cm de espesor. La resistencia del adhesivo y del sistema de estratos se desprecian por su espesor.

La ecuación sería la siguiente:

$$R_t = 0,12 + (0,025/1,40) + (0,154/0,79) + (0,025/1,40) + (0,05/0,0384) = 1,652 \text{ m}^2 \times \text{K/W}$$

$$U = 1/1,65 = 0,605 \text{ W} / (\text{m}^2 \times \text{K})$$

Podemos ver que la solución cumple con las exigencias para la zona térmica N°4

También se puede ver que a la solución se le incorporó un material con R100 130 m²K/W, lo que supera con creces a lo exigido para zona térmica N°4, que exige materiales con R100 igual o superiores a 46 m² x K/W

3.3.3. Cálculos en muro de albañilería con fachada ventilada

La principal característica de las fachadas ventiladas es la creación de una cámara de aire al interior del paramento exterior, entre este y el muro portante, por lo tanto este sistema o conjunto tiene que estudiarse según lo indica la NCh 853 como un elemento con cámara de aire.

Cuando un elemento está compuesto por una cámara de aire, la resistencia térmica que esta aporta dependerá de la ventilación que en ella se tenga. El grado de ventilación dependerá de la siguiente división:

Para elementos verticales en este caso el muro de la envolvente, se considera el cociente entre la sección total de orificios o rendijas de ventilación al exterior (S) y la longitud de la cámara de aire medida horizontalmente (l)

La cámara de aire puede considerarse como no ventilada, medianamente ventilada y muy ventilada.

- Si $\frac{S}{l}$ es menor que 20 cm²/m se considera como una cámara de aire no ventilada
- Si $20 \leq \frac{S}{l} < 500$ cm²/m se considera como una cámara de aire medianamente ventilada
- Si $\frac{S}{l}$ es mayor o igual que 500 cm²/m se considera como una cámara de aire muy ventilada

Como se dijo anteriormente la renovación del aire dentro de la cámara se consigue mediante ranuras en la parte inferior del sistema (s), en este caso serán celosías de 20 x 25 cm. y la cámara de aire tendrá un espesor de 0.2 m (L). Las celosías tienen espacio libre en la mayor parte de su sección, esta no está definida en cm², pero se estima que es cerca de la mitad de su sección total.

Por consiguiente $\frac{S}{l}$ es mayor que 500 cm²/m, esto quiere decir que la cámara de aire tiene calidad de muy ventilada.

Dentro de este tipo de cámara de aire se pueden presentar dos situaciones:

- El aire de la cámara se mantiene en reposo
- El aire de la cámara está en movimiento

En el caso de la fachada ventilada el aire dentro de la cámara está en movimiento ya que el efecto chimenea dentro de esta hace que el aire se renueve constantemente, este entra por la parte inferior y sale por la parte superior.

En este caso la resistencia térmica total del elemento queda dada por:

$$R_t = 1/U = R_{si} + R_i + R_{se}$$

R_{si} y R_{se} se obtienen de la tabla N°2 de resistencias térmicas de superficies

Se puede observar que la resistencia térmica de la cámara de aire se desprecia, lo que no quita sus grandes beneficios como protección contra la humedad, y dar una mayor inercia térmica al elemento.

A continuación, se muestran las características de los materiales usados y que se toman en cuenta para determinar la resistencia y transmitancia térmica de un muro con fachada ventilada:

TABLA DE VALORES PARA DETERMINAR “U” y “Rt” EN MUROS				
Material	Espesor (m)	Densidad Kg/m³	Conductividad térmica λ W/(m·K)	Descripción
Ladrillo	0.154	1800	0,79	Albañilería
Mortero	0,025	2000	1,40	Estuco
Poliestireno	0,05	20	0,0384	Aislación exterior

Tabla N°9: Características de materiales

Fuente: Elaboración propia

El muro con el sistema de fachada ventilada está compuesto por las siguientes capas desde el interior al exterior: mortero 2,5 cm de espesor, albañilería de 15,4 cm de espesor, mortero de 2,5 cm de espesor, poliestireno expandido de 50 mm de espesor y densidad 20 kg/m3. La resistencia de la cámara de aire y del forrado exterior se desprecian según NCh 853.

Por consiguiente, la resistencia térmica del muro con fachada ventilada sería:

$R_t = 1/U = 0,12 + (0,025/1,40) + (0,154/0,79) + (0,025/1,40) + (0,05/0,0384) + 0,05$

$R_t = 1,702 \text{ m}^2 \times \text{K/W}$

$U = 1 / 1,702 = 0,587 \text{ W} / (\text{m}^2 \times \text{K})$

Podemos ver que la solución cumple con las exigencias para la zona térmica N°4

También se puede ver que a la solución igual que con el sistema EIFS se le incorporó un material con R100 130 m2xK/W, lo que supera con creces a lo exigido para zona térmica N°4, que exige materiales con R100 igual o superiores a 46 m2 x K/W.

Resumen de los resultados obtenidos

A continuación, se adjunta una tabla con los resultados obtenidos del cálculo de resistencias y transmitancias térmicas de muros pertenecientes a la envolvente con y sin aislación térmica.

TIPO DE AISLACION	Rt OBTENIDO	U OBTENIDO	Rt EXIGIDO PARA ZONA 4	U EXIGIDO PARA ZONA 4
Sin aislación	0,350 m2 x K/W	2,857 W / (m2xK)	0,59 m2 x K/W	1,7 W/(m2 x K)
Sistema EIFS	1,652 m2 x K/W	0,605 W / (m2xK)	0,59 m2 x K/W	1,7 W/(m2 x K)
Sistema FV	1,702 m2 x K/W	0,587 W/(m2 x K)	0,59 m2 x K/W	1,7 W/(m2 x K)

Tabla N°10: Resultados obtenidos de cálculos térmicos

Fuente: Elaboración propia

**4. TERCER CAPITULO: ANALISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DEL
SISTEMA EIFS Y EL SISTEMA DE FACHADA VENTILADA**

En el presente capitulo se va a elaborar un análisis de precio unitario y presupuesto del sistema EIFS y del sistema de fachada ventilada aplicado a la vivienda en estudio, con productos existentes en el mercado nacional. Finalmente se realizará una comparación técnica y económica de ambos sistemas propuestos.

4.1. Análisis de Precios Unitarios y Presupuesto de Obra.

Para poder elaborar el análisis de precio unitario y presupuesto de se debe conocer la superficie que abarcan los muros de la envolvente, para esto se multiplican los metros lineales de la envolvente por su altura.

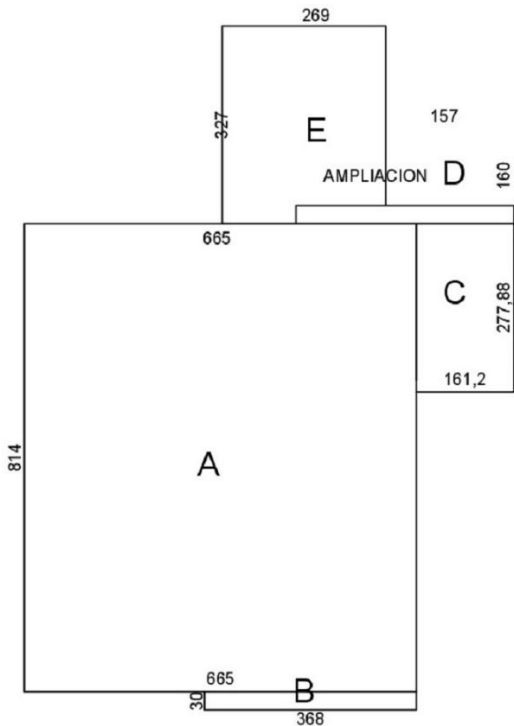


Imagen N°36: Superficie de la vivienda

Fuente: Constructora Ravanal S.A

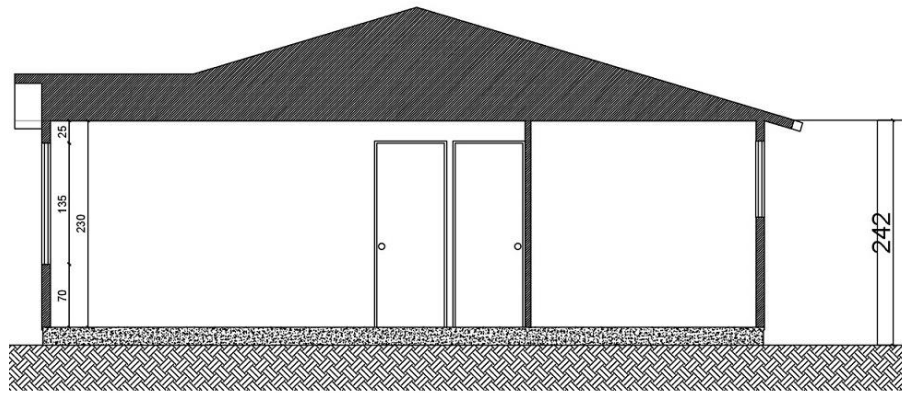


Imagen N°37: Elevación de vivienda con cotas

Fuente: Constructora Ravanal S.A

El total de metros lineales de la vivienda es de 34,004 y la altura del muro desde el nivel de terreno hasta la coronación es de 2.42 metros, por lo tanto, la superficie de muros de la envolvente es de 82,3m² aproximados, a esto se le debe de descontar la superficie de los vanos.

La vivienda consta de cuatro ventanas de 1,4 x 1.45m, una ventana de 0,7 x 1,0m, una ventana de 0,6 x 0,8m y una puerta de acceso de 0,9 x 2,05m; el total de la superficie de los vanos es de 11,145m² por lo tanto la superficie a cubrir con los sistemas de aislación es de 71,155m² aproximados.

4.2. Análisis de precio unitario del sistema EIFS

A continuación, se desarrollará un análisis de precio unitario y un presupuesto del sistema EIFS aplicado a la vivienda tipo de 71,155m², esta consta de un trazado de inicio, la instalación del sistema EIFS y una limpieza global. Los valores utilizados para realizar este análisis económico corresponden a los valores presentes en el mercado nacional.

Al precio de la mano de obra se le suma un 29% de esta que corresponde a las leyes sociales, esto incluye fondo de pensiones, salud, seguro de cesantía, impuesto único y colación.

Los componentes utilizados para la aislación térmica con el sistema EIFS son los siguientes:

- Adhesivo para pegar el aislante y para recubrir la malla de fibra de vidrio
- Placa de poliestireno expandido
- Malla de refuerzo de fibra de vidrio
- Impermeabilizante
- Pintura base, Imprimante
- Pintura de acabado con grano

En Chile existen varias empresas que fabrican estos productos una de ellas es Rhenatec, dentro de sus productos podemos encontrar Rhenatec Red Coat que es una pintura imprimante de base acuosa, Rhenatec Muro Fix que es el adhesivo utilizado para fijar el aislante y para embeber la malla de refuerzo, Rhenatec Pintura Base utilizado para dar mejor adherencia al acabado, Rhenatec Muro Finish que es el acabado del sistema EIFS.

Al realizar un análisis de precio unitario por metro cuadrado del sistema EIFS, se tienen los siguientes costos:

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
Trazado Muros EIFS				Unidad	ML
Vivienda Tipo				Cantidad:	1
A MATERIALES					
Nº	Item	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
1	Lienza para Trazado	Rollo	0,01	7690	76,9
2	Tiza para Trazado	Unid.	0,0044	1080	4,752
3	Clavos 1 1/2"	Bolsa	0,0013	1520	1,976
4					0
5					0
					0
					0
Total A					83,628
B MAQUINAS Y EQUIPOS					
Nº	Item	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
					0
Total B					0
C MANO DE OBRA					
Nº	Item	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
1	Maestro+Jornal	día	0,02	25000	500
2	Desgaste de herramientas	3%			15
Sub Total C					515
29% leyes Sociales					149
Totall C					664
Unitario C:					
D.- Total costo directo (A+B+C)					748

Tabla Nº11: Análisis de Precio Unitario del Trazado del Sistema EIFS

Fuente: Elaboración propia

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
Colocación EIFS				Unidad	M2
				Cantidad:	1
A MATERIALES					
Nº	Item	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
1	Rhenacret red coat (impermeabilizante) 20kg	Tineta	0,02	48300	966
2	Poliestireno expandido 1000x500x50 mm	Unid.	2	890	1780
3	Rhenacret muro fix (adhesivo) 25kg	Unid.	0,2	9416	1883
4	Rhenatec malla de refuerzo muro (EIFS) 1,22x45,7m	Unid.	0,02	38500	770
5	Rhenatec esquinero de pvc con malla (EIFS)	Unid.	0,06	3144	189
6	Rhenatec pintura base estandar (EIFS) 20 kg	Balde	0,01	23890	239
7	Rhenatec pintura grano muro finish (EIFS) 25 kg	Kit	0,01	23890	239
Total A					6066
B MAQUINAS Y EQUIPOS					
Nº	Item	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
					0
Total B					0
C MANO DE OBRA					
Nº	Item	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
1	Maestro	día	0,03	15000	450
2	Ayudante	día	0,25	10000	2500
3	Desgaste herramientas 3%				89
Sub Total C					3039
29% leyes Sociales					881
Total C					3920
Unitario C:					
D.- Total costo directo (A+B+C)					9985

Tabla N°12: Análisis de Precio Unitario de la colocación del Sistema EIFS

Fuente: Elaboración propia

C MANO DE OBRA					
Nº	Item	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
1	Jornal	día	0,22	10000	2200
2	Desgaste herramientas	3%			66
					0
					0
					0
					0
					0
					0
Sub Total C					2266
29% leyes Sociales					657
Total C					2923

Tabla N°13: Análisis de Precio Unitario de la Limpieza global del Sistema EIFS

Fuente: Elaboración propia

4.2.1. Presupuesto de obra del Sistema EIFS

Teniendo todos los precios por metro cuadrado de las partidas del sistema EIFS se puede elaborar un presupuesto del costo total al aplicarlo a la vivienda en estudio, el presupuesto seria el siguiente:

PRESUPUESTO					
APLICACIÓN DE SISTEMA EIFS					
Nº	Partida	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
1	Trazado Sistema EIFS	ml	34	748	25432
2	Colocación sistema EIFS en Muros	m2	71,155	9985	710504
3	Limpieza	Gl	1	2923	2923
SUBTOTAL					738860
GASTOS GENERALES 15%					110829
UTILIDADES 10%					84969
19% IVA					177585
TOTAL					1112243

Tabla N°14: Presupuesto del Sistema EIFS

Fuente: Elaboración propia

4.3. Análisis de precio unitario del sistema de Fachada Ventilada

A continuación, se desarrollará un análisis de precio unitario y un presupuesto del Sistema de Fachada Ventilada aplicado a la vivienda tipo de 71,155m2, esta consta de un trazado de inicio, pegado de la placa aislante, instalación de la estructura sustentadora, colocación del revestimiento y una limpieza global. Los valores utilizados para realizar este análisis económico, al igual que en el análisis económico del sistema EIFS, corresponden a los valores presentes en el mercado nacional.

Como se dijo anteriormente al precio de la mano de obra se le suma un 29% que corresponde a las leyes sociales.

A continuación, se desarrollará un análisis de precio unitario y un presupuesto del sistema EIFS aplicado a la vivienda tipo de 71,155m2, esta consta de un trazado de inicio, la instalación del sistema EIFS y una limpieza global. Los valores utilizados para realizar este análisis económico corresponden a los valores presentes en el mercado nacional.

Los materiales utilizados para implementar el sistema de Fachada Ventilada son los siguientes:

- Poliestireno expandido
- Adhesivo para pegar poliestireno y tratado de juntas (mismo utilizado para el sistema EIFS)
- Perfil C Metalcon
- Escuadra de fijación
- Tornillo autoperforante cabeza hexagonal
- Tornillo autoperforante cabeza de lenteja
- Tarugo con tornillos

- Placa Cementicia
- Cinta de fibra de vidrio para tratado de juntas
- Pintura base imprimante
- Pintura con grano de acabado

Al realizar un análisis de precio unitario por metro cuadrado del sistema de Fachada Ventilada se tienen los siguientes costos:

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
Trazado Muros FV				Unidad	ML
				Cantidad:	1
A MATERIALES					
Nº	Item	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
1	Lienza para trazado	Rollo	0,01	7690	77
2	Tiza para trazado	Unid.	0,0044	1080	5
3	Clavos 1 1/2"	Kg	0,0013	1520	2
Total A					84
B MAQUINAS Y EQUIPOS					
Nº	Item	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
					0
Total B					0
C MANO DE OBRA					
Nº	Item	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
1	Maestro+Jornal	día	0,02	25000	500
2	Desgaste de herramientas	%	3		15
Sub Total C					515
29% leyes Sociales					149
Total C					664
Unitario C:					
D.- Total costo directo (A+B+C)					748

Tabla N°15: Análisis de Precio Unitario del Trazado del Sistema de Fachada Ventilada

Fuente: Elaboración propia

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
Material aislante FV				Unidad	M2
				Cantidad:	1
A MATERIALES					
Nº	Item	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
1	Poliestireno expandido 1x0,5m x 50mm	m2	2	890	1780
2	Rhenacret muro fix 25 kg (adhesivo)	Unid.	0,2	9416	1883
3	Perdidas	%	3		53
Total A					3717
B MAQUINAS Y EQUIPOS					
Nº	Item	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
					0
Total B					0
C MANO DE OBRA					
Nº	Item	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
1	Maestro+Jornal	dia	0,01	25000	250
2	Desgaste de herramientas	3%			8
Sub Total C					258
29% leyes Sociales					75
Total C					332
Unitario C:					
D.- Total costo directo (A+B+C)					4049

Tabla N°16: Análisis de precio unitario del material aislante del sistema de fachada ventilada

Fuente: Elaboración propia

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
Estructura sustentadora FV				Unidad	m2
				Cantidad:	1
A MATERIALES					
Nº	Item	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
1	Perfil C metalcon estructural 2,4m x 2x3x0,85	Pza.	1,25	3450	4313
2	Escuadra de fijacion 4"	Unid.	4	990	3960
3	Tornillo autoperforante cabeza hexagonal 1 1/2" x 12mm	Unid.	0,1	7000	700
4	Tarugo con tornillo 5mm 20 unidades	Bolsa.	0,5	2590	1295
5					0
					0
					0
Total A					10268
B MAQUINAS Y EQUIPOS					
Nº	Item	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
					0
					0
Total B					0
C MANO DE OBRA					
Nº	Item	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
1	Maestro+Ayudante	dia	0,1	27000	2700
2	Desgaste de herramientas	3%			81
Sub Total C					2781
29% leyes Sociales					806
Total C					3587
Unitario C:					
D.- Total costo directo (A+B+C)					13856

Tabla N°17: Análisis de Precio Unitario de la estructura sustentadora del sistema de Fachada Ventilada

Fuente: Elaboración propia

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
Revestimiento de FV				Unidad	M2
				Cantidad:	1
A MATERIALES					
Nº	Item	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
1	Placa cementicia Aquapanel 1.2 x 2.4m	Unid.	0,35	17990	6297
2	Tornillo autoperforante cabeza de lenteja 8mm x 1/2" 100 unidades	Unid.	0,2	2030	406
3	Cinta fibra de vidrio para juntas 50mm x 90m	Unid.	0,055	2830	156
4	Rhenacret muro fix 25 kg (adhesivo)	Unid.	0,2	9416	1883
5	Rhenatec pintura grano muro finish (EIFS) 25 kg	Kit	0,01	23890	239
					0
					0
				Total A	8980
B MAQUINAS Y EQUIPOS					
Nº	Item	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
					0
				Total B	0
C MANO DE OBRA					
Nº	Item	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
1	Maestro+Ayudante	día	0,2	27000	5400
2	Desgaste de herramientas	3%			162
				Sub Total C	5562
				29% leyes Sociales	1613
				Totall C	7175
				Unitario C:	
D.- Total costo directo (A+B+C)					16155

Tabla N°18: Análisis de Precio Unitario del revestimiento del sistema de Fachada Ventilada

Fuente: Elaboración propia

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
Limpieza FV				Unidad	GL
				Cantidad:	1
C MANO DE OBRA					
Nº	Item	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
1	Jornal	día	0,33	10000	3300
2	Desgaste herramientas	3%			99
					0
					0
					0
					0
					0
				Sub Total C	3399
				29% leyes Sociales	986
				Totall C	4385

Tabla N°19: Análisis de Precio Unitario de la limpieza final

Fuente: Elaboración propia

4.3.1. Presupuesto de obra del Sistema de Fachada Ventilada

Teniendo todos los precios por metro cuadrado de las partidas del sistema de Fachada Ventilada se puede elaborar un presupuesto del costo total al aplicarlo a la vivienda en estudio. El presupuesto seria el siguiente:

PRESUPUESTO					
Aplicacion de Fachada Ventilada a Vivienda Tipo					
Nº	Partida	Unid.	Cantid.	Precio Unit.	Total
1	Trazado sistema FV	ml	34	748	25432
2	Colocación de material aislante	m2	71,155	3995	284264,225
3	Colocación estructura sustentadora	m2	71,155	13855	985852,525
4	Colocación placa de revestimiento	m2	71,155	16155	1149509,03
5	Limpieza	GL	1	4385	4385
SUBTOTAL					2449443
GASTOS GENERALES 15%					367416
UTILIDADES 10%					281686
19% IVA					588724
TOTAL					3687269

Tabla N°20: Presupuesto del sistema de Fachada Ventilada

Fuente: Elaboración propia

Resumen de los presupuestos para ambos sistemas propuestos

Sistema EIFS	Sistema de Fachada Ventilada
\$1112243	\$3687269

4.4. Análisis Técnico y Económico de ambos sistemas

El sistema EIFS es uno de los sistemas de aislación térmica exterior más conocidos en el país, se aplica de manera sencilla y no tiene grandes complejidades, este sistema cumple muy bien con las exigencias establecidas para la zona térmica número 4, zona en la que se encuentra la ciudad de Concepción ya que de una resistencia térmica Rt de 0,350 m2 x (K/W) aumenta a 1,652 m2 x (K/W).

El sistema EIFS es un sistema flexible, ya que permite absorber los esfuerzos o movimientos de la vivienda evitando los problemas de grietas, ya que la malla de refuerzo le da una mayor resistencia a la tracción y a los impactos o golpes que pudiera recibir la fachada, sin embargo, hay una falla a la que el sistema EIFS es muy susceptible que son las perforaciones, estas implican la creación de puentes térmicos lo que disminuye la eficiencia del recubrimiento de la envolvente.

En lo económico resulta ser el sistema de menor costo, su precio por metro cuadrado resulto ser de \$13.656 y el precio total al aplicarlo a la vivienda resulto ser de \$1.112.243

El sistema de fachada ventilada es un sistema más complejo, ya que aparte del material aislante lleva una estructura sustentadora y un revestimiento que va fijada a esta.

Una de las mayores ventajas de la fachada ventilada es la creación de una cámara de aire entre el aislante y el revestimiento exterior, al producirse un calentamiento del revestimiento este se transmite al aire que esta al interior, lo que genera una corriente por convección y permite que el aire se renueve constantemente, esto impide que en el verano el calor traspase al muro y se mantenga al interior una temperatura más agradable.

El sistema de fachada ventilada igual cumple de manera excelente las exigencias térmicas para la zona número 4, y en la vivienda en estudio al aplicarse el sistema su resistencia termica total R_t aumenta de $0,350 \text{ m}^2 \times (\text{K/W})$ a $1,702 \text{ m}^2 \times (\text{K/W})$.

En lo económico resulto ser el método más costoso, su precio por metro cuadrado es de \$39.138 y el precio total al aplicarlo a la vivienda resulto ser de \$3.687.269.

Teniendo en cuenta todos estos antecedentes recomendamos el sistema EIFS, ya que es un sistema de aislación térmica exterior relativamente sencillo, con menos complejidades que el sistema de fachada ventilada, tiene un muy buen comportamiento térmico, es más conocido que el sistema de fachada ventilada por lo tanto hay más mano de obra especializada y es más económico, lo que no quita sus virtudes.

5. CONCLUSIONES

En el presente trabajo de título se propusieron dos sistemas de aislación térmica exterior para la mejora de la envolvente de una vivienda que no cumplía con las exigencias establecidas por la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción en la región del Bio-Bio, el Sistema EIFS y el Sistema de Fachada Ventilada, ambos sistemas se analizaron técnica y económicamente para determinar cuál es el más viable para implementar en una vivienda ubicada en la región del Bio-Bio.

El trabajo se llevó a cabo en dependencias de la universidad, también se realizó una visita a terreno para ver el proceso constructivo de uno de los dos sistemas analizados, el sistema EIFS. En dicha visita se pudo lograr apreciar la sencillez de dicho sistema y se pudo tomar fotografías de las diferentes partidas para poder incluirlas en el presente trabajo.

En el primer capítulo del trabajo se logró señalar las características técnicas de ambos sistemas de aislación térmica exterior mostrando cómo funcionan y cuáles son sus principales componentes, también se indicó paso a paso el proceso constructivo de ambos sistemas con sus respectivos detalles.

En el segundo capítulo del trabajo se mostró como estaba constituida la vivienda en cuestión, sus características y la zona térmica en la cual está ubicada. Se realizaron cálculos de resistencia y transmitancia térmica de los muros pertenecientes a la envolvente de dicha vivienda sin ningún tipo de aislación para posteriormente realizar los mismos cálculos implementando los sistemas EIFS y Fachada ventilada.

En el tercer capítulo se elaboró un análisis de precio unitario y un presupuesto al implementar ambos sistemas en la vivienda analizada. Finalmente se realizó un análisis técnico y económico con los resultados obtenidos

Los objetivos propuestos para desarrollar nuestro trabajo de título se cumplieron, logrando elaborar un informe detallado el cual permite determinar cuál es el sistema de aislación térmica más conveniente a utilizar en la región del Bio-Bio y en particular en la vivienda analizada.

Con los resultados y con la información obtenida se puede determinar que el sistema de aislación térmica exterior más conveniente a utilizar en una vivienda en la región del Bio-Bio y en particular en la vivienda analizada es el sistema EIFS, ya que es un sistema relativamente sencillo, fácil de aplicar con un buen comportamiento térmico similar al del sistema de fachada ventilada y es mucho más económico que este lo que no quita sus virtudes.

El presente trabajo de título sirve además como una guía práctica con información técnica y fidedigna para cualquier persona relacionada con el rubro de la construcción.

6. BIBLIOGRAFIA

Flores Pereira, Alejandra del Pilar. Métodos constructivos Para la Aislación Térmica de Muros por el Exterior de una Vivienda. Solución a Puntos Singulares. Tesis (Ingeniero Civil). Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Civil, 2007.

Calificación Energética de Viviendas, Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Ditec, 2014

Manual Técnico Aislación Térmica Exterior, Corporación de Desarrollo Tecnológico de la Cámara Chilena de la Construcción, Santiago, 2008.

Manual de Aplicación de la Reglamentación Térmica, Artículo 4.1.10, O.G.U.C

Instituto Nacional de Normalización. Norma Chilena Oficial NCh853.Of2007, Acondicionamiento térmico – Envolvente térmica de Edificios – Cálculo de Resistencias y Transmitancias Térmicas. INN, 2007.

Recursos de Internet

< <http://www.knauf.es> >

< <http://portal.ondac.com> >

