



**PROYECTO DE MEJORAMIENTO TÉRMICO, PARA CUARTEL DE LA
POLICÍA DE INVESTIGACIONES DE CHILE DE LA COMUNA DE MAIPÚ**

Proyecto de Título para optar al Título de Constructor Civil

Estudiante:
Raimundo Curilén Hueraleo

Profesor Guía:
Francisco Lagos Peralta

Fecha:
Marzo 2021
Santiago, Chile

DEDICATORIA

A mi familia.

Este proyecto de título lo dedico a mi familia, personas de mucho esfuerzo que debido a distintas épocas y realidades ninguno tuvo la oportunidad de estudiar en una universidad, por lo que nadie hasta la fecha ha podido obtener un título universitario, debiendo conformarse con estudiar hasta cuarto medio, si es que era posible. Por lo que me siento muy feliz de cambiar el destino de mi familia y ser el ejemplo de las nuevas generaciones, especialmente de mis sobrinos, que ya normalizarán el hecho de que tienen que ser los siguientes profesionales de la familia.

SOLO USO ACADÉMICO

AGRADECIMIENTOS

Primero que todo quiero agradecer a mi profesor Don Francisco Lagos Peralta que aceptó ser mi profesor guía, quien me apoyó y depositó su confianza en mí, dado que sin el todo esto no hubiese sido posible.

Segundo agradecer a mis colegas y amigos de trabajo, que me han apoyado moralmente durante todo mi proceso como estudiante, y por sobre todos a mis dos amigos Luis Araya y Sergio Osorio mejores personas que he conocido.

Por último, agradecer a mi pareja María Luisa Labrin Fuentes quien ha estado a mi lado desde el principio de este desafío, única testigo del esfuerzo que me significó trabajar y estudiar.

SOLO USO ACADÉMICO

RESUMEN

El presente proyecto trata de una problemática térmica que afecta al bienestar de los funcionarios y usuarios del cuartel de la Policía de Investigaciones de Chile de la comuna de Maipú, problemática que no solo afecta a la habitabilidad de sus usuarios, sino que también se traduce en una alta demanda en sus sistemas de climatización, por consiguiente, costos elevados por este concepto, sin mencionar la contaminación ambiental que esto significa. Por lo tanto, el objetivo de este documento es analizar constructivamente el inmueble para determinar el nivel de acondicionamiento térmico existente conforme a la normativa vigente, para establecer las deficiencias térmicas y proponer mejoras constructivas que las corrijan, permitiendo actualizar el inmueble a las necesidades térmicas actuales, contribuyendo a la eficiencia energética, adaptación y mitigación a la descontaminación ambiental.

Por lo que a continuación se recopilará, estudiará y analizará la normativa de acondicionamiento térmico vigente, los fundamentos térmicos, los materiales y soluciones constructivas de acondicionamiento térmico, para poder elaborar un proyecto de mejoramiento térmico que contenga un presupuesto y un detalle constructivo “corte escantillón” de las soluciones constructivas a incorporar, para una implementación real.

SUMMARY

This project is about a thermal problem that affects the civil servants and users well-being of the Investigations Police of Chile barracks in the commune of Maipu. A problem that not only affects the livability of its employees but also increases the expenditure of air conditioning systems; consequently, high costs and environmental pollution. Thus, the goal of this document is to effectively analyze the building to determine the level of existing thermal conditioning in accordance with current regulations, detect thermal deficiencies, propose regulatory improvements to troubleshoot and upgrade the property to the current thermal needs, achieving energy efficiency, adaptation and mitigation to the environmental decontamination. Therefore, the following will compile, study and analyze the regulations of current thermal conditioning, thermal fundamentals, constructive thermal conditioning materials and solutions to be able to develop a project of thermal improvement that contains a budget and useful detailed "scantillion cut" of the useful solutions to be implemented.

ÍNDICE

CAPÍTULO I: PRESENTACIÓN	1
Introducción	1
Motivaciones	3
Problemática general	3
Objetivos	4
Objetivo general	4
Objetivos específicos	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	5
Policía de Investigaciones de Chile.....	5
Sus funcionarios	5
Misión y funciones de la PDI.....	6
Áreas de servicio policial	7
Su Infraestructura	8
Normativa chilena de acondicionamiento térmico.....	8
Reglamentación térmica (Artículo 4.1.10 de la Ordenanza General de Urbanismos y Construcciones).....	9
Norma Chilena 1079 Of. 2008 – Arquitectura y Construcción – Zonificación Climático Habitacional para Chile y Recomendaciones para el Diseño Arquitectónico.....	14
Comparación de artículo 4.1.10 O.G.U.C. (Reglamentación térmica) y NCh107919 Norma Chilena 853 Of. 2007 – Acondicionamiento Térmico – Envolverte Térmica de Edificios – Calculo de Resistencias y Transmitancias Térmicas.	20
Norma Chilena 3137/1 Of. 2008 – Comportamiento térmico de ventanas, puertas y contraventanas – Cálculo de transmitancia térmica – Parte 1: Generalidades.....	24
Fundamentos térmicos	28
Confort térmico	28
Envolverte térmica.....	29
Puentes térmicos.....	29
Aislación térmica	30
Acondicionamiento térmico	30
Transferencia de calor	31
Conductividad térmica	32

Resistencia térmica.....	32
Transmitancia térmica.....	33
Materiales aislantes térmicos	34
Lana mineral o lana de roca	34
Poliestireno expandido (EPS)	35
Lana de vidrio	35
Lana poliéster o fibra de poliéster	36
Lana de oveja	37
Soluciones constructivas de acondicionamiento térmico.....	38
1° techumbre	38
2° pisos	39
3° muros	40
4° ventanas	41
Barreras de vapor y humedad.....	43
CAPÍTULO III: CASO DE ESTUDIO “CUARTEL DE LA POLICÍA DE INVESTIGACIONES DE CHILE DE LA COMUNA DE MAIPÚ”	47
Ubicación geográfica	47
Condiciones climáticas.....	48
Diseño	49
Sistema constructivo existente	50
Detalle constructivo “corte escantillón”, situación existente.....	51
Observaciones y registro fotográfico de visita a terreno.....	54
CAPÍTULO IV: CASO DE ESTUDIO CON RESPECTO A LA NORMATIVA CHILENA DE ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO	56
1 Cálculo de transmitancia térmicas techumbre.....	58
1.1 Flujo ascendente / sección guía de pino 1”x1”	59
1.2 Flujo ascendente / sección cámara de aire	59
1.3 Cálculo de superficies	60
1.4 Cálculo total ponderado / techumbre	60
1.5 Resultado.....	60
2 Cálculo de transmitancia térmica muro exterior	61
2.1 Flujo horizontal / sección ladrillo	62
2.2 Flujo horizontal / sección mortero	62

2.3 Cálculo de superficies	63
2.4 Cálculo total ponderado / superficie albañilería.....	63
2.5 Flujo horizontal / sección pilares y cadena H.A.	64
2.6 Cálculo de superficies	64
2.7 Cálculo total ponderado / Superficie muro	65
2.8 Resultado.....	65
3 Cálculo de transmitancia térmica ventana exterior	65
3.1 Flujo horizontal / vidrio	66
3.2 Flujo horizontal / marco metálico sin resistencia térmica.....	67
3.3 Flujo horizontal / ventana	67
3.4 Resultado.....	68
4 Cálculo de porcentaje de superficie vidriada	69
Superficie interior de muros perimetrales	69
Superficie de ventanas.....	71
Resultados obtenidos:	73
Análisis de los resultados obtenidos	73
CAPÍTULO V: PROYECTO DE MEJORAMIENTO TÉRMICO	78
Mejoramiento térmico techumbre	79
Consideraciones:	79
Solución constructiva:.....	80
Cálculo de transmitancia térmica techumbre proyectada.....	81
Proceso constructivo:	83
Mejoramiento térmico muros exteriores	84
Consideraciones	84
Solución constructiva:.....	85
Cálculo de transmitancia térmica muro exterior proyectado	86
Proceso constructivo	90
Mejoramiento térmico ventanas exteriores	92
Consideraciones	93
Solución constructiva:.....	93
Cálculo de transmitancia térmica ventana proyectada	94
Proceso constructivo	96
Documentación técnica	98

Presupuesto	98
Detalle constructivo “corte escantillón” situación existente, más soluciones constructivas de acondicionamiento térmico	99
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES	100
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	102
ANEXOS	103

SOLO USO ACADÉMICO

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen N° 1: Detectives trasladando a detenido.	5
Imagen N° 2: Como identificar un detective.	6
Imagen N° 3: Áreas de servicio policial.	7
Imagen N° 4: Mapa zonificación térmica de Chile, ilustrativo.	11
Imagen N° 5: Mapa zonificación térmica de la Región Metropolitana, oficial.	12
Imagen N° 6: Mapa zonificación climática de Chile, ilustrativo.	15
Imagen N° 7: Mapa zonificación climática de Chile, oficial.	16
Imagen N° 8: Mapa zonificación térmica v/s zonificación climática.	19
Imagen N° 9: Flujo de calor atravesando un elemento homogéneo.	22
Imagen N° 10: Flujo de calor atravesando un elemento heterogéneo simple.	23
Imagen N° 11: Anexo A.	26
Imagen N° 12: Anexo B.	26
Imagen N° 13: Clausula 4.	27
Imagen N° 14: Envolvente térmica y sus situaciones climáticas.	29
Imagen N° 15: Puentes térmicos lineales y puntuales.	30
Imagen N° 16: Tipos de transferencia de calor.	31
Imagen N° 17: Temperatura interior v/s temperatura exterior.	33
Imagen N° 18: Flujo de calor que pasa por unidad de superficie del elemento.	33
Imagen N° 19: Lana mineral, formato colchoneta libre.	34
Imagen N° 20: Poliestireno expandido, formato plancha.	35
Imagen N° 21: Lana de vidrio, formato rollo libre.	36
Imagen N° 22: Lana de poliéster, formato rollo.	36
Imagen N° 23: Lana de oveja, formato panel.	37
Imagen N° 24: Esquema de intervención de acondicionamiento térmico de una edificación existente.	38
Imagen N° 25: Techumbre fría v/s techumbre caliente.	39
Imagen N° 26: Ventana tradicional v/s ventana doble vidriado hermético	41
Imagen N° 27: Sistema doble vidriado hermético.	41
Imagen N° 28: Configuraciones doble vidriado hermético.	42
Imagen N° 29: Tipos de ventanas y selección de ventana más hermética.	43
Imagen N° 30: Film de polietileno, material más utilizado como barrera de vapor.	44
Imagen N° 31: Fieltro asfáltico, material más utilizado como barrera de humedad.	45

Imagen N° 32: fachada principal del cuartel de la PDI de la comuna de Maipú.	47
Imagen N° 33: Identificación geográfica del inmueble.	48
Imagen N° 34: Clima Maipú.	48
Imagen N° 35: Vista aérea del inmueble.	50
Imagen N° 36: Corte escantillón representativo, situación existente.	51
Imagen N° 37: Detalle corte de techumbre representativa.	52
Imagen N° 38: Detalle corte de muro exterior representativo.	53
Imagen N° 39: Detalle corte de ventana exterior representativa.	54
Imagen N° 40: Entretecho segundo piso, sin aislación térmica.	54
Imagen N° 41: Entretecho primer piso, con aislación térmica mal instalada.	55
Imagen N° 42: Muro interior primer piso, con eflorescencias.	55
Imagen N° 43: Muro exterior primer piso, con problemas de humedad.	56
Imagen N° 44: Identificación cálculo de transmitancia térmica “techumbre existente”.	58
Imagen N° 45: Calculo valor U, sección guía de pino 1”x1”.	59
Imagen N° 46: Calculo valor U, sección cámara de aire.	59
Imagen N° 47: Corte longitudinal de cubierta “techumbre existente”	60
Imagen N° 48: Identificación cálculo de transmitancia térmica “muro exterior existente”.	61
Imagen N° 49: Calculo valor U, sección ladrillo.	62
Imagen N° 50: Calculo valor U, sección mortero.	62
Imagen N° 51: Superficie ladrillo.	63
Imagen N° 52: Calculo valor U, sección pilares y cadena H.A.	64
Imagen N° 53: Superficie muro.	64
Imagen N° 54: Identificación cálculo de transmitancia térmica “ventana exterior existente”.	66
Imagen N° 55: Superficie de marco, ventana existente.	67
Imagen N° 56: Superficie de ventana existente.	68
Imagen N° 57: Planta primer piso, identificación de muros perimetrales.	69
Imagen N° 58: Planta segundo piso, identificación de muros perimetrales.	69
Imagen N° 59: Planta primer piso, identificación de ventanas exteriores.	71
Imagen N° 60: Planta segundo piso, identificación de ventanas exteriores.	71
Imagen N° 61: Extracto de mapa y simbología de zonificación térmica.	73
Imagen N° 62: Extracto de mapa y simbología de zonificación climática.	75

Imagen N° 63: Cubierta de techumbre existente.	79
Imagen N° 64: Entretecho primer piso con aislación térmica mal instalada y segundo piso sin aislación térmica.	80
Imagen N° 65: Solución de acondicionamiento térmico, para techumbre.....	81
Imagen N° 66: Calculo valor U, sección pino 2"x2" con aislación térmica.....	82
Imagen N° 67: Calculo valor U, sección cámara de aire con aislación térmica.	82
Imagen N° 68: Muro interior con eflorescencias y muro exterior con problemas de humedad.	85
Imagen N° 69: Solución de acondicionamiento térmico, para muros exteriores.....	86
Imagen N° 70: Calculo valor U, sección ladrillo con aislación térmica.....	87
Imagen N° 71: Calculo valor U, sección mortero con aislación térmica.....	87
Imagen N° 72: Superficie ladrillo.	88
Imagen N° 73: Calculo valor U, sección pilares y cadena H.A. con aislación térmica. .	89
Imagen N° 74: Superficie muro.	89
Imagen N° 75: Ventana existente, tipo corredera con marco de aluminio y cristal monolítico.	93
Imagen N° 76: Solución de acondicionamiento térmico, para ventanas exteriores.....	94
Imagen N° 77: Corte escantillón representativo, situación proyectada.	99
Imagen N° 78: Corte escantillón situación existente v/s situación proyectada.	101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Exigencias de acondicionamiento térmico.	10
Tabla N° 2: Porcentaje máximo superficie vidriada.	11
Tabla N° 3: Recomendaciones de acondicionamiento térmico.	15
Tabla N° 4: Resistencias térmicas de superficie en $m^2 \times K/W$	20
Tabla N° 5: Conductividad térmica de materiales.	21
Tabla N° 6: Símbolo, magnitud y unidad “conductividad térmica”.	32
Tabla N° 7: Símbolo, magnitud y unidad “resistencia térmica”.	33
Tabla N° 8: Símbolo, magnitud y unidad “transmitancia térmica”.	34
Tabla N° 9: Sistema EIFS v/s SATE.	40
Tabla N° 10: Características climáticas zona central interior (CI).	49
Tabla N° 11: Cuadro de superficies, muros perimetrales primer y segundo piso.....	70
Tabla N° 12: Cuadro de superficies, ventanas exteriores primer y segundo piso.....	72
Tabla N° 13: Cuadro resultado de transmitancias térmicas, caso de estudio.....	73
Tabla N° 14: Cuadro exigencias de acondicionamiento térmico, zona térmica 3.	74
Tabla N° 15: Transmitancias térmicas caso de estudio v/s exigencias reglamentación térmica.	74
Tabla N° 16: Cuadro recomendaciones de acondicionamiento térmico, zona climática 5 (CI).	75
Tabla N° 17: Transmitancias térmicas caso de estudio v/s recomendaciones NCh 1079.	76
Tabla N° 18: Transmitancias térmicas caso de estudio v/s RT y NCh 1079.	77
Tabla N° 19: Transmitancias térmicas caso de estudio v/s RT y NCh 1079, con checklist.....	78

CAPÍTULO I: PRESENTACIÓN

Introducción

El confort térmico dentro de un inmueble es fundamental para el bienestar y desarrollo de las personas, en términos constructivos se consigue mediante el acondicionamiento térmico de la edificación e incorporación de sistemas de climatización, considerando que es esencial el acondicionamiento térmico para que los sistemas de climatización tengan el efecto deseado dentro de un ambiente

Conscientes de esta necesidad el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), en el año 1996 creó un programa para reglamentar las exigencias de acondicionamiento térmico para las viviendas, el que consistió en efectuar modificaciones en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (O.G.U.C.). Este programa tuvo inicialmente tres etapas, la primera etapa se implementó en el año 2000 donde se agrega el artículo 4.1.10. en la O.G.U.C., estableciendo exigencias de acondicionamiento térmico solo para la techumbre de la vivienda, la segunda etapa se implementó en el año 2007 donde se amplió las exigencias de acondicionamiento térmico a muros perimetrales, pisos ventilados y ventanas, exigencias que en la actualidad se mantienen. Como tercera etapa se proyectó la certificación energética de las viviendas, pero con el pasar de los años el MINVU determinó suspenderla y optar por un proceso menos riguroso.

Por lo que, si solo se analiza la evolución de la reglamentación térmica, se puede determinar que todas las edificaciones construidas previo a esta reglamentación presentan o presentarán un mal comportamiento térmico, dado a la inexistencia de exigencias térmicas, problemática de la cual no están exentos los funcionarios y usuarios del cuartel de la Policía de Investigaciones de Chile (PDI) de la comuna de Maipú, inmueble que data del año 1980 y desde la fecha es utilizado como cuartel policial por la PDI, donde sus funcionario han tenido que realizar acciones independientes a sus sistemas de climatización existentes, para poder alcanzar un bienestar térmico dentro de sus lugares de trabajo, utilizando artefactos para refrigerar en verano y para calefaccionar en invierno, situación que ocasiona incomodidad y afecta a su desarrollo y muchas veces al funcionamiento del inmueble, sin mencionar el aumento significativo del costo de suministro eléctrico por concepto de climatización.

Dado a lo anterior, es esencial el compromiso de los profesionales de este rubro, teniendo la tarea de actualizar sus competencias constructivas en el ámbito del acondicionamiento térmico, para asesorar y difundir la importancia del acondicionamiento térmico, permitiendo mejorar las construcciones existentes cada vez que se intervengan o realicen obras de conservación, para contribuir al bienestar y desarrollo de las personas, misión que debe cumplir cabalmente un constructor civil determinando o ejecutando obras de construcción.

En este contexto, en el presente proyecto se desarrollará una propuesta constructiva de mejoramiento térmico, cuyo objetivo principal es solucionar la problemática térmica que

afecta a los funcionarios y usuarios del cuartel de la PDI de la comuna de Maipú, permitiendo modernizar el inmueble a las necesidades térmicas vigentes, por lo que a continuación se recopilará, estudiará y analizará la normativa chilena de acondicionamiento térmico, los fundamentos térmicos, los materiales y soluciones constructivas de acondicionamiento térmico, para analizar la situación constructiva existente en el inmueble y determinar las falencias térmicas o el nivel de acondicionamiento térmico respecto a la normativa vigente, para proponer las soluciones constructivas a incorporar donde se elaborará un presupuesto y detalle constructivo “corte escantillón”, documentación técnica que permitirá ilustrar las condiciones reales de su implementación.

SOLO USO ACADÉMICO

Motivaciones

La principal motivación para enfrentar esta última etapa como estudiante y obtener el título de constructor civil:

Primer enfoque, es contribuir a la recuperación y el mejoramiento térmico que carece el gran parque de edificación que fue construido previo al año 2000, año recién se comienza a exigir reglamentariamente el acondicionamiento térmico mediante la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (O.G.U.C.) y difundir que esto posible toda vez se estudie detalladamente cada caso, para dar respuestas específicas de acuerdo a realidad de cada edificación.

Por último, reafirmar mi compromiso como profesional de la construcción, a contribuir al desarrollo de la sociedad, aplicando y mejorando los estándares constructivos y así generar bienestar y calidad de vida a las personas.

Problemática general

La problemática general radica en que nuestro país existe un gran parque inmobiliario que no cuenta con las exigencias de acondicionamiento térmico, debido a que fueron construidos previo a la implementación de la reglamentación térmica o cuando no estaba completamente desarrolladas estas exigencias, por lo tanto, se puede considerar que todos estos inmuebles presentan o presentarán deficiencias de esta naturaleza, situación que exige una alta demanda energética para climatizar estas edificaciones.

Problema que se encuentra presente en el cuartel policial de la Policía de Investigaciones de Chile de la comuna de Maipú, que fue construido en el año 1980, este inmueble será utilizado como caso de estudio, para la elaboración de una propuesta constructiva de mejoramiento térmico.

Al entrevistar a los funcionarios del inmueble, describen un evidente malestar térmico tanto en invierno y verano, indicando que necesitan además de su sistema de climatización artefactos eléctricos para climatizar sus lugares de trabajo, situación que produce reiterados cortes eléctricos debido al sobreconsumo de energía, indicando que toda esta problemática entorpece muchas veces al correcto funcionamiento de sus labores, porque se apagan sus herramientas computacionales.

Objetivos

Objetivo general

El objetivo general es evaluar una propuesta constructiva de mejoramiento térmico, para el cuartel de la Policía de Investigaciones de Chile de la comuna de Maipú, que incorpore los estándares de la Reglamentación Térmica y NCh1079, dado que en la actualidad no existe una normativa de reacondicionamiento térmico para cuarteles policiales existentes.

Objetivos específicos

- Caracterizar el caso de estudio.
- Calcular la transmitancia térmica del caso de estudio y chequear los resultados con los estándares propuestos.
- Elaborar una propuesta constructiva de mejoramiento térmico, que cumpla con los estándares propuestos.
- Realizar un presupuesto itemizado y detalle constructivo cortes escantillón de la propuesta constructiva de mejoramiento térmico.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Este capítulo tiene por objetivo recopilar y dar a conocer todos los antecedentes considerados en el desarrollo del presente proyecto, con la finalidad de introducir al lector con los conocimientos y antecedentes generales.

Policía de Investigaciones de Chile

La Policía de Investigaciones de Chile (PDI) es la policía civil de Chile, tiene como misión principal investigar y aclarar delitos ya perpetrados, a fin de establecer quienes fueron sus participantes, establecer las condiciones, circunstancias en que se originaron, recolectar las evidencias y pruebas, para detener a las personas involucradas, entregándolas a la justicia.

Imagen N° 1: Detectives trasladando a detenido.



Fuente: Pagina web de la Policía de Investigaciones de Chile.

Sus funcionarios

Sus funcionarios son llamados genéricamente Detectives, se caracterizan por vestir de civil, para pasar desapercibidos realizando sus labores investigativas, excepto en las ocasiones donde deban ser reconocidos desarrollando sus labores policiales, cuando utilizan una vestimenta corporativa, caracterizada por una casaquilla color azul que tiene el logo institucional en la espalda de color amarillo, porte de armamento y placa de servicio para su identificación.

Imagen N° 2: Como identificar un detective.



Fuente: Pagina web de la Policía de Investigaciones de Chile.

Misión y funciones de la PDI

Según Ley Orgánica de la PDI, se establece que su misión fundamental es investigar los delitos de conformidad a las instrucciones que al efecto dicte el Ministerio Público, sin perjuicio de las actuaciones que en virtud de la ley le corresponda realizar sin mediar instrucciones particulares de los fiscales. Además, Indica que le corresponde en especial la prestación de otros servicios fundamentales que en su conjunto definen su contribución de la seguridad y la justicia en nuestro país. Dicho artículo le asigna por misión:

- Contribuir al mantenimiento de la tranquilidad pública.
- Prevenir la perpetración de hechos delictuosos y de actos atentatorios contra la estabilidad de los organismos fundamentales del estado.
- Dar cumplimiento a las ordenes emanadas del Ministerio Público para los efectos de la investigación, así como a las órdenes emanadas de las autoridades judiciales, y de las autoridades administrativas en los actos en que intervengan como tribunales especiales.
- Prestar su cooperación a los tribunales con competencia en lo criminal.
- Controlar el ingreso y salida de personas del territorio nacional.
- Fiscalizar la permanencia de extranjeros en el país.

- Representar a Chile como miembro de la Organización Internacional de Policía Criminal (INTERPOL).
- Dar cumplimiento a otras funciones que le encomienden las leyes.

Áreas de servicio policial

Para efectuar sus labores investigativas la PDI cuenta con distintas áreas de servicio policial entre ellas Brigadas de Investigación Criminal (BICRIM), Unidades Especializadas, Laboratorios Criminalísticos y Controles Migratorios, que se encuentran distribuidos a lo largo de todo el territorio nacional

Dentro de las áreas de servicio policial las BICRIM son las unidades con más presencia y cercanía a la ciudadanía y su funcionamiento principal radica en la investigación delitos de distinta índole a nivel comunal, investigaciones que son encomendadas por los Tribunales de Justicia y el Ministerio Público, como también atender denuncias, entre otras labores, excepto los delitos que por su especial gravedad o complejidad sean propio de una Brigada Especializada.

Cabe hacer presente que estas Unidades Policiales, además cuentan con grupos internos, uno de ellos dedicado a las investigaciones del tráfico de drogas en pequeñas cantidades y su principal función es desincentivar y reducir el microtráfico a nivel local en todo el país, estos son denominados Grupos Microtráfico Cero o MT-0.

Imagen N° 3: Áreas de servicio policial.



Fuente: Pagina web de la Policía de Investigaciones de Chile.

Su Infraestructura

Para realizar sus labores investigativas requiere de infraestructura acorde a sus funciones donde sus inmuebles son llamados genéricamente cuarteles policiales y se caracterizan por ser recintos aislados y protegidos perimetralmente por muros de albañilería o una combinación albañilería y estructuras metálicas, lo que es complementado con CCTV elementos que otorgan la seguridad necesaria dado a la complejidad de los elementos que se custodian. Sus inmuebles contemplan recintos como sala de guardia para la atención a público, sala de espera, calabozos para detención de imputados, armarillos para resguardo del armamento, salas de evidencias, salas de entrevistas, comedores, baños de funcionarios, baños de imputados y baños de público, dormitorios, oficinas y estacionamientos. El funcionamiento de estos inmuebles es durante las 24 hrs y durante todo el año, por lo tanto, considerando esto es imprescindible contar con estándares térmicos que proporcionen el bienestar para el desarrollo de sus labores, hoy en día para satisfacer estas necesidades se contempla la incorporación de acondicionamiento térmico y sistemas de climatización, características que cumplen los nuevos proyectos destinados a cuarteles policiales.

Pero por otra parte la PDI en la actualidad también posee cuarteles que dado a la data de su construcción no contemplan ningún tipo de acondicionamiento térmico, considerando solo la incorporación de sistemas de climatización, mecanismos que en cierta medida satisfacen las necesidades térmicas, porque no todos sus recintos cuentan con equipos de aire acondicionado, por infiltraciones, baja conductividad térmica de los materiales que componen la techumbre, muros exteriores y ventanas.

Normativa chilena de acondicionamiento térmico

Para comprender la normativa chilena de acondicionamiento térmico e implementarla, primero es importante entender la prelación de los instrumentos normativos regulados según la **Ley General de Urbanismos y Construcciones**, esta legislación describe en su **Artículo 2°** que tendrá tres niveles de acción:

La Ley General, que contiene los principios, atribuciones, potestades, facultades, responsabilidades, derechos, sanciones y demás normas que rigen a los organismos, funcionarios, profesionales y particulares, en las acciones de planificación urbana, urbanización y construcción.

La Ordenanza General, que contiene las disposiciones reglamentarias de la ley y que regula el procedimiento administrativo, el proceso de planificación urbana, urbanización y construcción, y los estándares técnicos de diseño y construcción exigibles en los dos últimos.

Las Normas Técnicas, que contienen y definen las características técnicas de los proyectos, materiales y sistemas de construcción y urbanización, de acuerdo con los requisitos de obligatoriedad que establece la Ordenanza General. Las normas técnicas de

aplicación obligatoria deberán publicarse en internet y mantenerse a disposición de cualquier interesado de forma gratuita.

De acuerdo con lo anterior, se puede interpretar que la Ley es el instrumento normativo de carácter general que rige el actuar del rubro de la construcción y por su naturaleza jurídica es obligatoria, la Ordenanza es el instrumento normativo de carácter específico que reglamenta la Ley y por su origen es obligatoria y por ultimo las normas técnicas o normas chilenas son instrumentos normativos de carácter más específicos o detallados sobre una materia, cuyo origen es voluntario y para acceder a ellas hay que pagarlas, disposición que cambiará a obligatoria, cuando haya sido aprobada por un Ministerio, cuando sea citada en algún tipo de Reglamento o publicadas por internet por algún organismo fiscalizador.

Por lo tanto, en términos normativos el acondicionamiento térmico se encuentra reglamentado y normado mediante:

- Artículo 4.1.10. de la Ordenanza General de Urbanismos y Construcciones.
- Norma Chilena 1079 Of. 2008 – Arquitectura y Construcción – Zonificación Climático Habitacional para Chile y Recomendaciones para el Diseño Arquitectónico.
- Norma Chilena 853 Of. 2007 – Acondicionamiento Térmico – Envolverte Térmica de Edificios – Calculo de Resistencias y Transmitancias Térmicas.
- Norma Chilena 3137/1 Of. 2008 – Comportamiento térmico de ventanas, puertas y contraventanas – Cálculo de transmitancia térmica – Parte 1: Generalidades.

Pero esto no siempre fue así, dado que las exigencias de acondicionamiento térmico fueron incorporándose gradualmente con el pasar de los años.

Reglamentación térmica (Artículo 4.1.10 de la Ordenanza General de Urbanismos y Construcciones).

Este artículo nace a raíz de una iniciativa de gobierno para mejorar el confort térmico de las personas al interior de sus viviendas, asumiendo que para ello los sistemas constructivos de las viviendas debían mejorar, por lo que el Ministerio de Vivienda y Urbanismo en el año 1996 creo un programa para reglamentar el acondicionamiento térmico de las viviendas, el que consistió en realizar modificaciones en la Ordenanza. Este programa consistió originalmente en tres etapas, la primera etapa se implementó en el año 2000 donde se agrega el artículo 4.1.10. en la Ordenanza, estableciendo exigencias de acondicionamiento térmico solo para las techumbres de las viviendas, basándose en que

nuestro país posee 7 zonas térmicas, zonas que determinarán los niveles acondicionamiento térmico a realizar, la segunda etapa se implementó en el año 2007 donde se ampliaron las exigencias de acondicionamiento térmico a muros, pisos ventilados y ventanas, exigencias que a la fecha se mantienen.

Cabe destacar que paralelo a la implementación de la segunda etapa se creó el Manual de Aplicación Reglamentación Térmica, documento independiente a esta normativa, el cual cumplía un rol fundamental puesto que puso a disposición los mapas de zonificación térmica, que hace referencia esta normativa, además de incorporar material de apoyo para su implementación.

Como tercera etapa se proyectó la certificación energética de las viviendas, pero con el pasar de los años el MINVU determinó suspenderla y optar por un proceso menos riguroso. Quedando en la actualidad en consulta pública para proponer sus mejoras en sus exigencias y corregir algunos criterios.

Por lo tanto, se puede intuir que todas las edificaciones construidas previa a esta reglamentación, no cuentan con las exigencias de acondicionamiento térmico o no cumplen con dichas exigencias.

Exigencias de acondicionamiento térmico

Las exigencias se traducen en dos cuadros, el primero que indica los valores máximos de transmitancia térmica y resistencias térmicas mínimas, que deben cumplir los distintos parámetros que componen la envolvente de la vivienda, específicamente techumbre, muros perimetrales, pisos ventilados.

Tabla N° 1: Exigencias de acondicionamiento térmico.

Zona térmica	Techumbre			Muros			Pisos ventilados		
	U max	Rt min	R100 min	U max	Rt min	R100 min	U max	Rt min	R100 min
	W/m²K	m²K/W	-	W/m²K	m²K/W	-	W/m²K	m²K/W	-
1	0,84	1,19	94	4,00	0,25	23	3,60	0,28	23
2	0,60	1,67	141	3,00	0,33	23	0,87	1,15	98
3	0,47	2,13	188	1,90	0,53	40	0,70	1,43	126
4	0,38	2,63	235	1,70	0,59	46	0,60	1,67	150
5	0,33	3,03	282	1,60	0,63	50	0,50	2,00	183
6	0,28	3,57	329	1,10	0,91	78	0,39	2,56	239
7	0,25	4,00	376	0,60	1,67	154	0,32	3,13	295

Fuente: Elaboración propia, con información Art. 4.1.10. O.G.U.C.

El segundo solo establece exigencias de porcentaje máximo de superficie vidriada que deben tener las viviendas.

Tabla N° 2: Porcentaje máximo superficie vidriada.

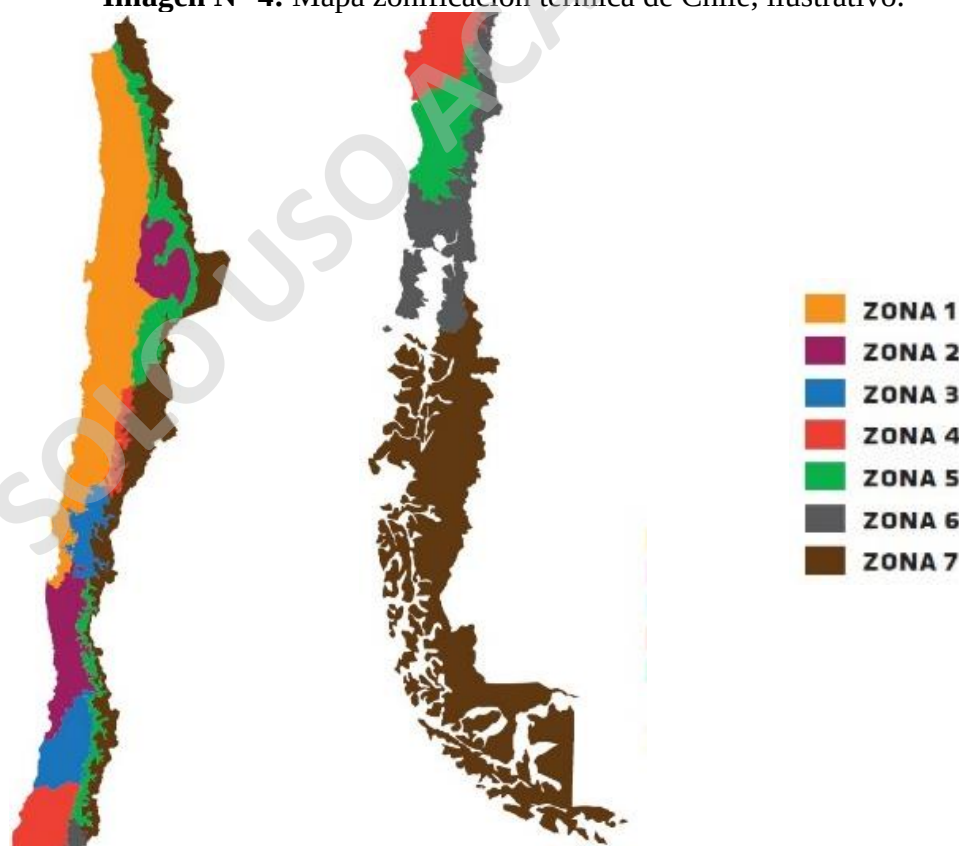
Zona térmica	Ventanas		
	% Máximo de superficie vidriada respecto a paramentos verticales de la envolvente		
	Vidrio monolítico	Doble vidriado Hemético (DVH)	
		$3,6 \text{ W/m}^2\text{K} \geq U > 2,4 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U \leq 2,4 \text{ W/m}^2\text{K}$
1	50%	60%	80%
2	40%	60%	80%
3	25%	60%	80%
4	21%	60%	75%
5	18%	51%	70%
6	14%	37%	55%
7	12%	28%	37%

Fuente: Elaboración propia, con información Art. 4.1.10. O.G.U.C.

Estas exigencias variarán de acuerdo a donde se encuentre ubicado geográficamente el proyecto en estudio, dado que esta ordenanza clasifica nuestro país en 7 zonas térmicas.

Mapa de zonificación térmica de Chile (Ilustrativo)

Imagen N° 4: Mapa zonificación térmica de Chile, ilustrativo.

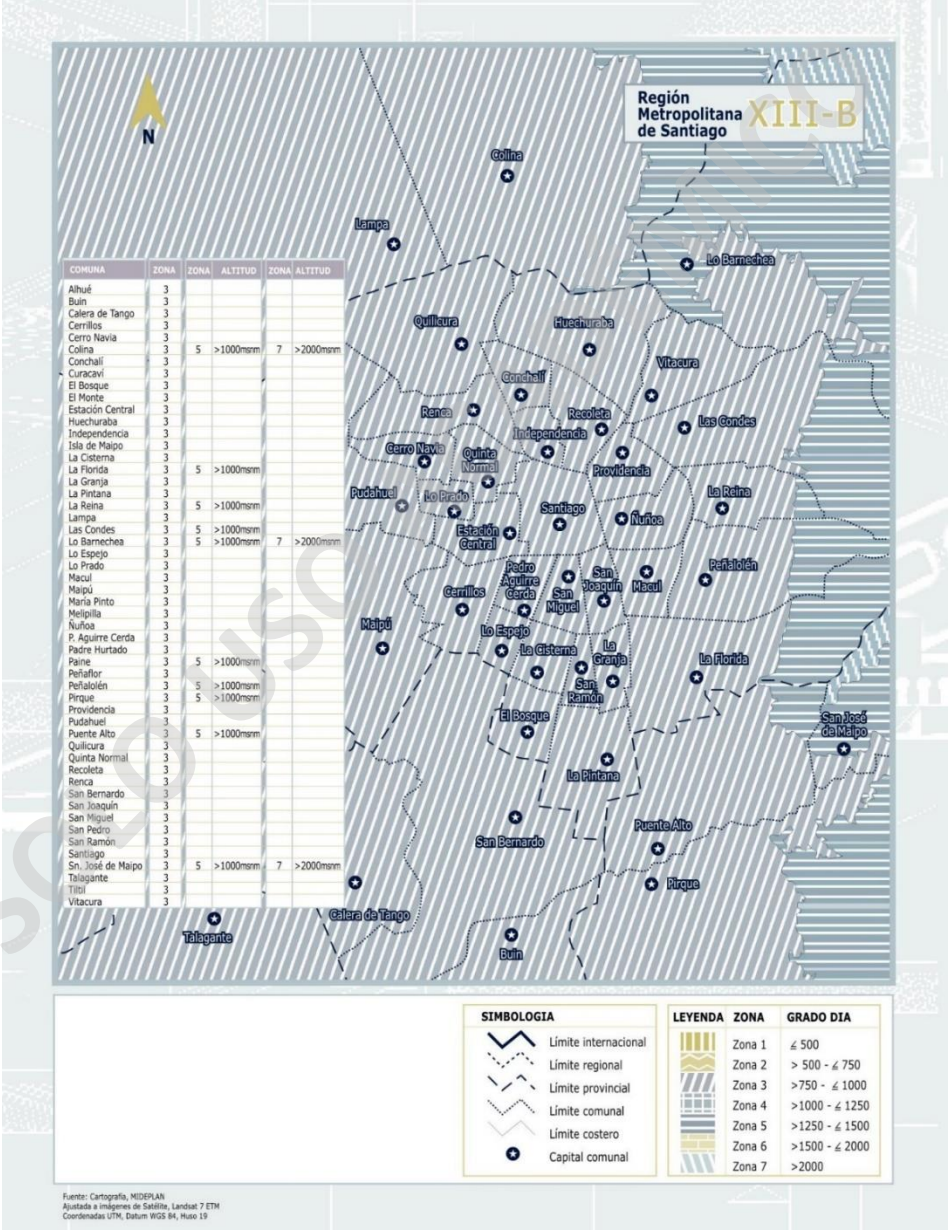


Fuente: Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social.

Pero como se mencionó esto no sucedió hasta la segunda etapa de la reglamentación. Específicamente no existe un mapa general, por lo que la imagen anterior es a modo ilustrativo ya que no está oficializada, pero si los mapas del Manual de Aplicación de la Reglamentación térmica y que para este caso sólo se dará a conocer el que le corresponde al presente caso de estudio.

Mapa de zonificación térmica de la Región Metropolitana de Santiago (Oficial)

Imagen N° 5: Mapa zonificación térmica de la Región Metropolitana, oficial.



Fuente: Manual de aplicación Reglamentación Térmica.

Alternativas para el cumplimiento

Según esta ordenanza se establecen cuatro alternativas para el cumplimiento de esta normativa y para este caso se utilizará la numero 3.

- 1) Mediante la incorporación de un material aislante etiquetado con el R100 correspondiente a la tabla anterior.
- 2) Mediante un Certificado de Ensaye otorgado por un laboratorio con inscripción vigente en el Registro Oficial de Laboratorios de Control Técnico de Calidad de la Construcción del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, reglamentado por el D.S. N°10, (V. y U.), de 2002, demostrando el cumplimiento de la transmitancia o resistencia térmica total de la solución del complejo de techumbre, muro y piso ventilado.
- 3) Mediante cálculo, el que deberá ser realizado de acuerdo con lo señalado en la norma NCh 853, demostrando el cumplimiento de la transmitancia o resistencia térmica del complejo de techumbre, muro y piso ventilado. Dicho cálculo deberá ser efectuado por un profesional competente.
- 4) Especificar una solución constructiva para el complejo de techumbre, muro y piso ventilado que corresponda a alguna de las soluciones inscritas en el Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Acondicionamiento Térmico, confeccionado por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

Procedimiento para determinar el porcentaje máximo de superficie vidriada

- a) Determinar la superficie de los paramentos verticales de la envolvente del proyecto de arquitectura. La superficie total a considerar para este cálculo corresponderá a la suma de las superficies interiores de todos los muros perimetrales que considere la unidad habitacional, incluyendo los medianeros y muros divisorios.
- b) Determinar la superficie total de ventanas del proyecto de arquitectura, correspondiente a la suma de la superficie de los vanos del muro en el cual está colocada la ventana, considerando, para ello, el marco como parte de su superficie. Para el caso de ventanas salientes, se considerará como superficie de ventana aquella correspondiente al desarrollo completo de la parte vidriada.
- c) La superficie máxima de ventanas que podrá contemplar el proyecto de arquitectura corresponderá a la superficie que resulte de aplicar la Tabla 3, respecto de la superficie de los paramentos verticales de la unidad habitacional señalada en el punto a) precedente, considerando la zona y el tipo de vidrio que se especifique.

Norma Chilena 1079 Of. 2008 – Arquitectura y Construcción – Zonificación Climático Habitacional para Chile y Recomendaciones para el Diseño Arquitectónico.

Esta norma nace como iniciativa privada con la finalidad de elevar los estándares del acondicionamiento térmico de las edificaciones, siendo creada por el Instituto Nacional de Normalización (INN) en el año 1997, estableciendo recomendaciones de acondicionamiento térmico para techumbres, muros, pisos ventilados y ventanas, pero a diferencia del Artículo 4.1.10. de la Ordenanza, esta norma define que nuestro país posee 9 zonas denominadas climáticas y no térmicas, que determinan el nivel de acondicionamiento térmico a realizar, además en su actualizada generaliza el acondicionamiento térmico para todo tipo de edificios, no solo a la vivienda como la Ordenanza, posteriormente en el año 2008 tuvo algunas modificaciones. Pero como se indicó en un principio esta norma es de origen privada, por lo que su consulta era pagada, en otras palabras, su uso era voluntario, excepto que el mandante la solicitara.

Pero si analizamos la Ley General de Urbanismos y Construcciones, específicamente el Artículo 2, el que describe los niveles de acción de su legislación, podemos apreciar que el párrafo que habla de las Normas Técnica o más conocidas como Normas Chilenas, fue modificado en el año 2013, indicando que las Normas Técnicas de aplicación obligatoria deberán publicarse en internet y mantenerse a disposición de cualquier interesado de forma gratuita, situación que en la actualidad se encuentra en su total cumplimiento gracias al Ministerio de Vivienda y Urbanismos, ya que dentro de su página web oficial de internet, mantiene una plataforma de consulta denominada Listado de Normas Técnicas Obligatorias, por lo que si se realiza el ejercicio de buscar la norma en cuestión, podemos apreciar que se encuentra a libre disposición, por lo tanto siguiendo este orden de ideas podemos concluir que su uso en la actualidad es obligatorio.

Recomendaciones de acondicionamiento térmico

Las recomendaciones de acondicionamiento térmico se traducen en un cuadro que indica los valores solo de transmitancia térmica, que deben cumplir los distintos parámetros que componen la envolvente de una edificación, específicamente la techumbre, los muros perimetrales, los pisos ventilados y ventanas.

Tabla N° 3: Recomendaciones de acondicionamiento térmico.

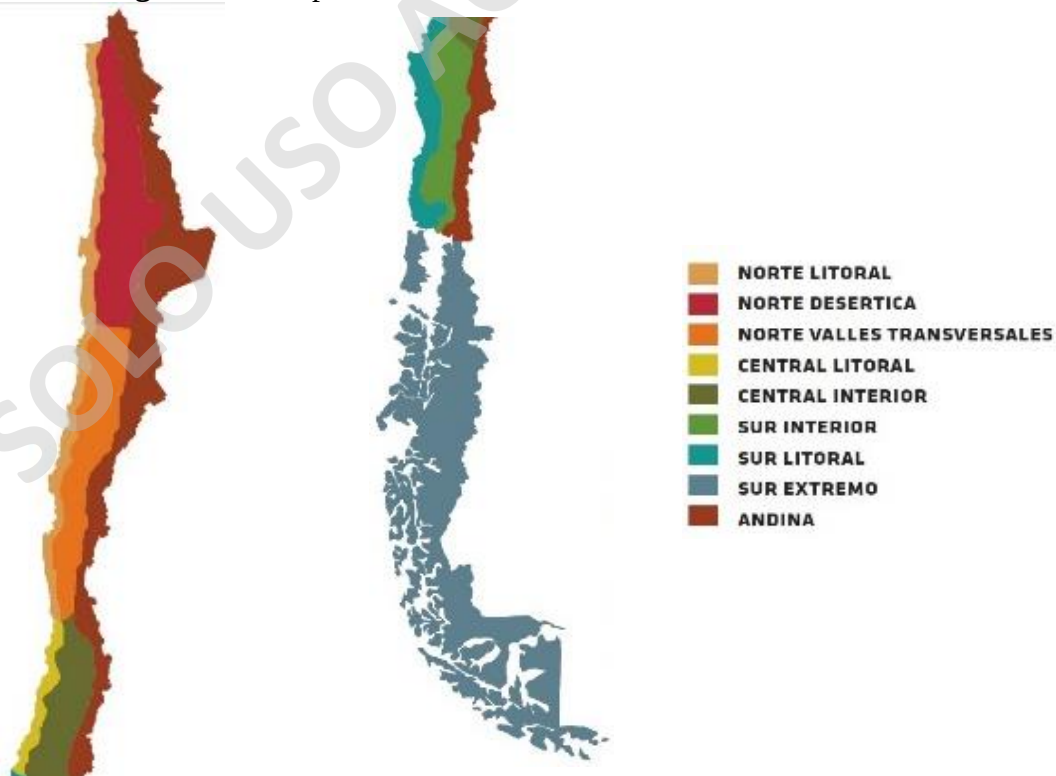
Zona climática		Techumbre (Techumbre opaca)	Muros (Elementos opacos verticales)	Pisos ventilados	Ventanas (Elementos vidriados verticales)
		U max	U max	U max	U max
		W/m2*K	W/m2*K	W/m2*K	W/m2*K
1	NL	0,80	2,00	3,00	5,80
2	ND	0,40	0,50	0,70	3,00
3	NVT	0,60	0,80	1,20	3,00
4	CL	0,60	0,80	1,20	3,00
5	CI	0,50	0,60	0,80	3,00
6	SL	0,40	0,60	0,80	3,00
7	SI	0,30	0,50	0,70	3,00
8	SE	0,25	0,40	0,50	2,40
9	AN	0,25	0,30	0,40	2,40

Fuente: Elaboración propia, con información NCh 1079.

Estos estas recomendaciones variarán de acuerdo a donde se encuentre ubicado geográficamente el proyecto en estudio, dado que esta normativa clasifica nuestro país en 9 zonas climática, zonas que se ilustran en la siguiente imagen.

Mapa de zonificación climática de Chile (Ilustrativo)

Imagen N° 6: Mapa zonificación climática de Chile, ilustrativo.



Fuente: Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social.

Mapa de zonificación climática de Chile (oficial)

Mapa de Chile y sus territorios adyacentes, incluyendo Perú, Bolivia, Argentina, y el Territorio Chileno Antártico. El mapa muestra la costa chilena, el Mar Chilo, y las islas de la zona. Incluye una leyenda (SIMBOLOGIA) que define los tipos de aguas y territorios, y una escala de 0 a 1000 km. Un inserto en la parte inferior izquierda muestra un mapa polar de la Antártida con el Territorio Chileno Antártico destacado.

pág. 16

Alternativas para el cumplimiento

Respecto a las alternativas para su cumplimiento esta normativa no tiene especificaciones, entendiéndose que se pueden aplicar las mismas indicadas en el artículo 4.1.10. de la O.G.U.C., pero si, establece nueve recomendaciones como criterio de diseño.

Recomendaciones

1. En el caso de elementos vidriados en techumbre de Zonas desde la 2 hasta la 9, se recomienda el uso de doble vidriado hermético.
2. En el caso de la instalación de aislantes térmicos, es altamente recomendable evitar los puentes térmicos. La instalación de aislantes térmicos debe ser continua en encuentros de elementos de la envolvente.
3. En el caso de pisos sobre el terreno, es altamente recomendable la instalación de aislantes térmicos en el perímetro del piso. Se recomienda un espesor de al menos 20 mm en el caso de Zonas desde la 2 a la 6 y de 50 mm en las Zonas 7, 8 y 9 (Suponiendo aislantes térmicos de conductividad térmica menor o igual que 0,040 W/ (m x k).
4. Las recomendaciones de muros también se aplican a cadenas, pilares y vigas que se ubican hacia al ambiente exterior.
5. En todas las zonas se recomienda el uso de ventilación controlada para evitar exceso de pérdidas de calor por efecto de sobre ventilación en invierno. Una sobre ventilación puede anular el efecto positivo logrado con aislación térmica en la envolvente. Un sistema de ventilación controlada puede estar constituido por sistemas mecánicos en combinación con sistemas de celosías con abertura, permitiendo así el paso de un flujo de aire en un rango tal que no existe sobre ventilación ni renovación de aire insuficiente.
6. Se considera elemento de techumbre todo aquel que tenga una inclinación menor o igual que 60° sexagesimales medidos desde la horizontal. Elementos de la envolvente con inclinación mayor que 60° sexagesimales se considera como elemento vertical (muro).
7. Se recomienda que los materiales que conforman los sistemas constructivos permanezcan secos. La presencia de humedad en ellos aumenta la transmitancia térmica de la solución constructiva.
8. En zonas con vientos de alta velocidad y altas precipitaciones, se recomienda doble puerta (mampara o chiflonera) en entradas y salidas al exterior.
9. En general, los edificios compactos presentan mejor comportamiento térmico en periodos fríos del año. Ellos se recomiendan en Zonas con climas fríos.

Ahora bien, si se sintetiza lo descrito de cada normativa de acondicionamiento, se puede concluir que el artículo 4.1.10 de la O.G.U.C. o más conocida como Reglamentación térmica sus exigencias son solo para viviendas, que establece los estándares mínimos de acondicionamiento térmico y la Nch 1079 establece recomendaciones de acondicionamiento térmico para otro tipo de edificaciones, distintas a las contenidas en la Reglamentación térmica de la vivienda del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), dado a la ausencia de exigencias térmicas para estas últimas, como por ejemplo en edificios públicos.

Es por esto último que el presente proyecto, al no existir una reglamentación de acondicionamiento térmico específica para cuarteles policiales ya construido, contemplará los estándares de ambas normativas, una por ser la reglamentación térmica y la otra por considerar otros tipos de edificios, considerando que un cuartel policial es un edificio público, por lo que se utilizaran como base normativa de acondicionamiento térmico, por lo que se realizaran los cálculos de transmitancias térmicas de la techumbre, muro exterior y cálculo de porcentaje máximo de superficie vidriada, que exige la reglamentación térmica, la transmitancia térmica de piso ventilado no se calculara dado que el inmueble evaluado no posee este elemento, además se calculara la transmitancia térmica de ventana, dado que la NCh 1079 recomienda valores de transmitancias térmicas para este elemento, a diferencia de la reglamentación térmica que solo se preocupa de cumplir con un porcentaje máximo de superficie vidriada si es ventana tradicional o un poco más de tolerancia de superficie vidriada si cambia la calidad de la ventana a doble vidriado hermético, siendo el único parámetro distinto entre ambas normativas.

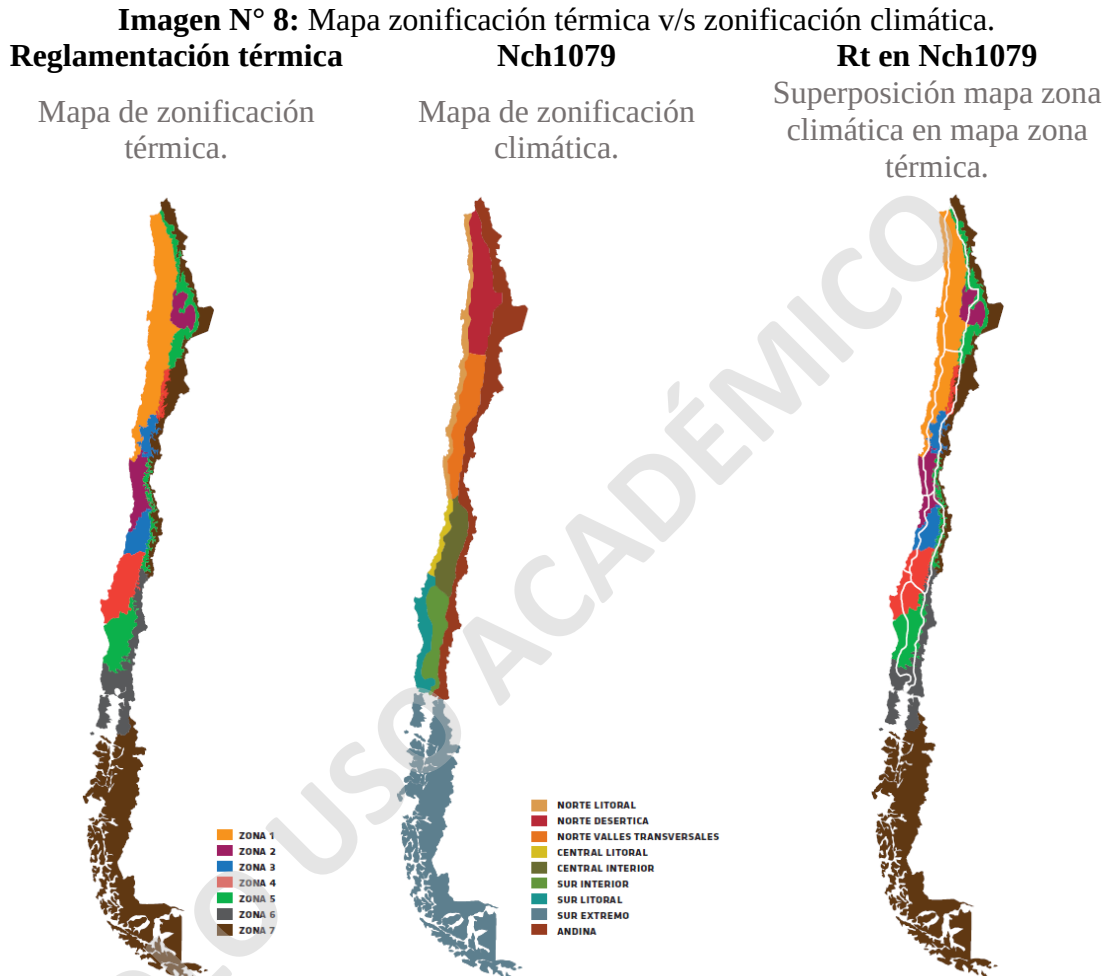
En la actualidad existen certificaciones de edificios públicos y de vivienda, las cuales en este proyecto no se ahondará, pero a modo de referencia ambas dentro de todos sus requerimientos para utilizan estas exigencias y recomendaciones, para poder certificar las edificaciones como sustentable o como vivienda calificada energéticamente. Por lo que, son buenas referencias para implementar un proyecto constructivo de mejoramiento térmico.

Respecto a los mapas de zonificación que establecen los valores de acondicionamiento térmico, sus diferencias de cantidades de zonas se deben a que la reglamentación térmica solo utilizo el criterio grados día de calefacción y la NCh 1079 se basó en las características climáticas del país, como la temperatura, humedad, oscilación térmica diaria entre otros.

Por lo tanto, la reglamentación térmica determina que nuestro país tiene 7 zonas térmicas que de norte a sur establece valores de menor a mayor exigencia térmicas, interpretando que las regiones cálidas requieren menos acondicionamiento térmico que las regiones más frías, el problema es que dado a las características geográficas de nuestro país existen microclimas que no fueron considerados, acá entra en juego la NCh 1079 normativa que al considerar más criterios para clasificar nuestro país, determino 9 zonas climáticas el que principalmente diferencia las regiones de costas y valles, rozon por la cual aumenta de 7 a 9 zonas térmica.

Comparación de artículo 4.1.10 O.G.U.C. (Reglamentación térmica) y NCh1079

En la siguiente imagen se puede apreciar gráficamente las diferentes zonas que considera cada norma, además de una superposición que demuestra lo explicado anteriormente.



Fuente: Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social.

Respecto a la actualización de la reglamentación térmica, básicamente son las exigencias de la NCh 1079, además incorporará nuevas exigencias de transmitancias térmicas para puertas y sobrecimientos, infiltraciones, ventilación, superficie de ventana por orientación del inmueble e incorporación de otros establecimientos, como educación y salud. Por lo que se puede apreciar la preocupación por el mejoramiento de las edificaciones, objetivo que en este proyecto al cual se apunta, en términos constructivos.

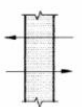
Norma Chilena 853 Of. 2007 – Acondicionamiento Térmico – Envolverte Térmica de Edificios – Calculo de Resistencias y Transmitancias Térmicas.

Esta norma existe desde 1991 mucho antes de la creación de los instrumentos normativos descritos anteriormente, nace como iniciativa privada siendo creada por el Instituto Nacional de Normalización (INN), estableciendo las fórmulas que son esenciales para calcular las resistencias y transmitancias térmicas para determinar el nivel de acondicionamiento térmico de los elementos que componen la envolvente de una edificación, indicando además los valores de conductividad térmica de los materiales más utilizados en el rubro de la construcción, siendo posteriormente modificada en el año 2007.

Y si realizamos en mismo ejercicio indicado anteriormente, podemos apreciar que también se encuentra a libre disposición en la página web oficial de internet del MINVU, por lo tanto, es obligatoria. A diferencia de los instrumentos normativos descritos anteriormente, esta normativa no establece exigencias de acondicionamiento térmico, pero si establece los cálculos de resistencias y transmitancias térmicas, cálculos necesarios para determinar el cumplimiento de las normativas descritas anteriormente

Esta norma establece, que para realizar los cálculos de resistencias y transmitancias termicas se debe considerar la posicion del elemento, el sentido del flujo de calor y la situación del elemento, donde indica dos situaciones, la primera si se encuentra de separación con espacio exterior o local abierto y la segunda de separación con otro local, desván o camara de aire, como lo establece la siguiente tabla.

Tabla N° 4: Resistencias térmicas de superficie en $m^2 \times K/W$.

Resistencias térmicas de superficie en $m^2 \times K/W$						
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}
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
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
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
NOTAS 1) Estos valores se han obtenido experimentalmente por el método de NCh851. 2) Los valores de esta tabla corresponden a velocidades del viento en el exterior menores que 10 km/h. Para velocidades superiores se debe considerar $R_{se} = 0$. 3) Bajo condiciones de pérdidas térmicas por parte del local (invierno), en general, el flujo de calor es ascendente a través de techumbres y descendente a través de los pisos. 4) Bajo condiciones de ganancias térmicas por parte del local (verano), en general, el flujo de calor es ascendente a través de los pisos y descendente a través de las techumbres.						

Fuente: NCh 853.

Conductividades térmicas de los materiales

Esta normativa establece las conductividades térmicas de los materiales más utilizados en el rubro de la construcción, dándolos a conocer en una tabla que abarca cuatro páginas, que contiene tres columnas que de derecha a izquierda, indica el nombre del material, la densidad aparente del material expresada en Kg/m³ y la conductividad térmica del material expresada en W/(m x K) que representa la transmitancia térmica lineal, siendo esta última la que se utilizará, para extraer el valor necesario para realizar el cálculo de resistencia y transmitancia térmica. Y a modo representativo se muestra la primera tabla.

Tabla N° 5: Conductividad térmica de materiales.

Material	Densidad aparente kg/m ³	Conductividad térmica, λ W/(m x K)
Agua líquida a 0°C	1 000	0,59
Agua líquida a 94°C	1 000	0,69
Aire quieto a 0°C	0,0012	0,024
Aire quieto a 100°C	-	0,031
Adobe	1 100 - 1 800	0,90
Aluminio	2 700	210
Arcilla	2 100	0,93
Arcilla expandida	300	0,09
Arcilla expandida	450	0,11
Arena	1 500	0,58
Aserrín de madera	190	0,06
Asfaltos	1 700	0,7
Azulejos	-	1,05
Baldosas cerámicas	-	1,75
Betún	1 050	0,16
Bronce	8 500	64
Cascote de ladrillo	1 300	0,41
Capotillo de arroz	117	0,06
Cebada	470	0,07
Cobre	8 930	380
Escorias	800	0,25
	1 000	0,29
	1 200	0,34
	1 400	0,41
Enlucido de yeso	800	0,35
	1 000	0,44
	1 200	0,56
Enlucido de yeso con perlita	570	0,18
Fibro-cemento	920	0,22
	1 000	0,23
	1 135	0,23
Fundición y acero	7 850	58
Grava rodada o de machaqueo	1 700	0,81
Hormigón armado (normal)	2 400	1,63
Hormigón con áridos ligeros	1 000	0,33

Fuente: NCh 853.

En esta normativa se puede apreciar dos tipos de elementos a calcular, los elementos homogéneos y los elementos heterogéneo simple.

Elementos homogéneos

El elemento homogéneo tiene la misma composición a cualquier altura de una línea paralela al flujo de calor, como lo esquematiza la siguiente imagen.

Imagen N° 9: Flujo de calor atravesando un elemento homogéneo.



Fuente: Presentación cálculo de transmitancia térmica MINVU.

Formula de transmitancia térmica:

$$U = \frac{1}{R_{Si} + \sum \frac{e}{\lambda} + R_{Se}}$$

U = es la transmitancia térmica o flujo de calor que pasa por unidad de superficie del elemento y por grado de diferencia de temperaturas entre los dos ambientes separados por dicho elemento y que se expresa en $W/(m^2 \times K)$.

R_{Si} = es resistencia térmica de la superficie al interior.

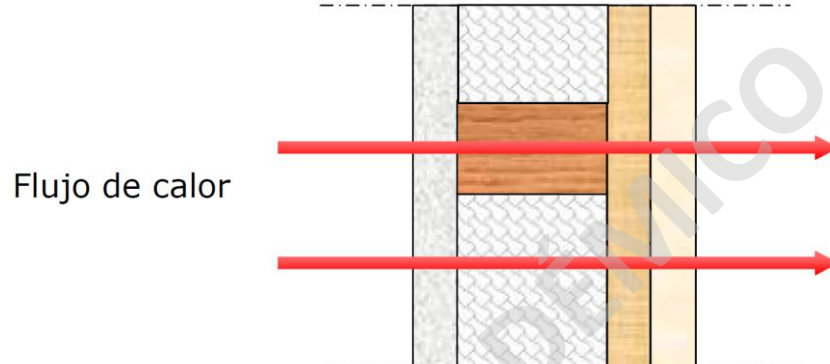
$\sum \frac{e}{\lambda}$ = es sumatoria de las resistencias térmicas de las capas que conforman el elemento.

R_{Se} = es resistencia térmica de la superficie exterior.

Elemento heterogéneo simples

El elemento heterogéneo simple tiene composiciones diferentes en la sección y debe cumplir con 2 condiciones, primero la heterogeneidad queda perfectamente definida por dos planos perpendiculares a las caras del elemento y segundo el conjunto tiene una constitución tal que no se producen flujos térmicos laterales de importancia entre la heterogeneidad y el resto del elemento, como lo esquematiza la siguiente imagen.

Imagen N° 10: Flujo de calor atravesando un elemento heterogéneo simple.



Fuente: Presentación cálculo de transmitancia térmica MINVU.

Formula de transmitancia térmica ponderada:

$$\bar{U} = \frac{U_1 A_1 + U_2 A_2}{A_1 + A_2}$$

$$\bar{U} = \frac{\sum U_i A_i}{\sum A_i}$$

$\bar{U}$ = corresponde a la transmitancia térmica ponderada o flujo de calor ponderado que atraviesa un elemento, que posee distintos materiales o con distintas configuraciones dentro de su superficie y que pasa por unidad de superficie del elemento y por grado de diferencia de temperaturas entre los dos ambientes separados por dicho elemento y que se expresa en W/ (m² x K).

$U_1 A_1$ = corresponde a la transmitancia térmica 1 multiplicada por su propia área.

$U_2 A_2$ = corresponde a la transmitancia térmica 2 multiplicada por su propia área.

$A_1 + A_2$ = corresponde a la sumatoria de las áreas del material 1 y 2.

$\sum U_i A_i$ = corresponde a la sumatoria de las transmitancias térmicas 1 y 2 multiplicadas por sus respectivas áreas.

$\sum A_i$ = corresponde a la sumatoria del área 1 y 2.

Norma Chilena 3137/1 Of. 2008 – Comportamiento térmico de ventanas, puertas y contraventanas – Cálculo de transmitancia térmica – Parte 1: Generalidades.

Esta norma establece las fórmulas, procedimientos y criterios para realizar los cálculos de transmitancia térmica de las ventanas, entre ellas ventas simples de un cristal y ventanas doble vidriado. Donde primero se debe calcular la transmitancia térmica del cristal y marco para realizar los cálculos principales de transmitancia térmica de ventana, donde se utilizan las siguientes formulas:

Formula transmitancia térmica, ventana simple:

$$U_w = \frac{\sum A_g U_g + \sum A_f U_f + \sum l_g \Psi_g}{A_g + A_f}$$

En que:

- A_g : Superficie del vidrio(s) de la ventana (m²)
- U_g : Transmitancia térmica del vidrio(s) de la ventana (W/m²K)
- A_f : Superficie del perfil o marco de la ventana (m²)
- U_f : Transmitancia térmica del marco de la ventana (W/m²K)
- l_g : Perímetro del vidrio (m)
- Ψ_g : Transmitancia térmica lineal, debido al efecto combinado del vidrio, espaciador y marco (W/mK)

Formula transmitancia térmica, ventana doble vidriado:

$$U_w = \frac{\sum A_g U_g + \sum A_p U_p + \sum A_f U_f + \sum l_g \Psi_g + \sum l_p \Psi_p}{\sum A_g + \sum A_p + \sum A_f}$$

En que:

- A_g : Superficie del vidrio(s) de la ventana (m²) 1
- U_g : Transmitancia térmica del vidrio(s) de la ventana (W/m²K) 1
- A_p : Superficie del vidrio(s) de la ventana (m²) 2
- U_p : Transmitancia térmica del vidrio(s) de la ventana (W/m²K) 2
- A_f : Superficie del perfil o marco de la ventana (m²)
- U_f : Transmitancia térmica del marco de la ventana (W/m²K)
- l_g : Perímetro del vidrio (m) 1
- Ψ_g : Transmitancia térmica lineal, debido al efecto combinado del vidrio, espaciador y marco (W/mK) 1

- l_p : Perímetro del vidrio (m)
 Ψ_p : Transmitancia térmica lineal, debido al efecto combinado del vidrio, espaciador y marco (W/mK)

Formula transmitancia térmica, vidriado simple:

$$U_g = \frac{1}{R_{se} + \sum_j \frac{d_j}{\lambda_j} + R_{si}}$$

En que:

- R_{se} : Resistencia de superficie externa.
 λ_j : Conductividad térmica del vidrio o capa de material j ;
 d_j : Espesor del vidrio de cristal o capa de material j ;
 R_{si} : Resistencia de superficie interna.

Formula transmitancia térmica, vidriado múltiple:

$$U_g = \frac{1}{R_{se} + \sum_j \frac{d_j}{\lambda_j} + \sum_j R_{s,j} + R_{si}}$$

En que:

- R_{se} : Resistencia de superficie externa.
 λ_j : Conductividad térmica del vidrio o capa de material j ;
 d_j : Espesor del vidrio de cristal o capa de material j ;
 R_{si} : Resistencia de superficie interna.
 $R_{s,j}$: Resistencia térmica del espacio de aire j .

Formula transmitancia térmica, marco metálico sin resistencia térmica

$$U_f = \frac{1}{R_{si} A_{f,i} / A_{f,di} + R_f + R_{se} A_{f,e} / A_{f,de}}$$

En que:

- $A_{f,di} ; A_{f,de} ; A_{f,i} ; A_{f,e}$: Áreas según se define en la cláusula 4, expresada en m².
 R_{si} : Resistencia apropiada de la superficie interna del marco, en m²xK/W.
 R_{se} : Resistencia apropiada de la superficie externa del marco, en m²xK/W.
 R_f : Resistencia térmica de la sección del marco, en m²xK/W.

Para aplicar las fórmulas antes descritas es necesario contar con los espesores, dimensiones, materialidades de las ventanas evaluadas y utilizar los siguientes anexos y clausula necesarios para su desarrollo de los cálculos:

Imagen N° 11: Anexo A.

Resistencias térmicas de superficie interna y externa

Para las típicas emisividades normales ($\geq 0,8$) para las superficies interna y externa del vidriado, se deben usar los valores siguientes para las resistencias de superficie R_{se} y R_{si} .

Tabla A.1 - Resistencias térmicas de superficie

Posición de la ventana	R_{si} interna $m^2 \times K/W$	R_{se} externa $m^2 \times K/W$
Vertical o inclinación, α , del vidriado a la horizontal de manera que $90^\circ \geq \alpha \geq 60^\circ$ (dirección del flujo de calor $\pm 30^\circ$ desde el plano horizontal)	0,13	0,04
Horizontal o inclinación, α , del vidriado a la horizontal de manera que $60^\circ > \alpha \geq 0^\circ$ (dirección del flujo de calor mayor que 30° desde el plano horizontal)	0,10	0,04

R_{si} , para casos especiales, por ejemplo, para una cubierta de baja emisividad en la superficie exterior del cristal interior, se puede calcular de acuerdo con EN 673, utilizando el coeficiente convectivo de ISO 6946 para el flujo de calor horizontal si $\alpha > 60^\circ$ y para flujo de calor superior, si $\alpha \leq 60^\circ$.

Fuente: NCh3137/1.

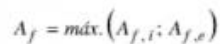
Imagen N° 12: Anexo B.

Conductividad térmica del vidrio

En ausencia de información específica para el vidrio en cuestión, se debería usar el valor $\lambda = 1,0 \text{ W/(m} \times \text{K)}$.

Fuente: NCh3137/1.

Fuente: NCh3137/1.



$$A_w = A_f + A_g$$

$$A_{f,dl} = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$$

$$A_{f,de} = A_5 + A_6 + A_7 + A_8$$

- 1) El área del marco, A_f , incluye el área del marco fijo junto con aquella de cualquier bastidor móvil o bisagra.
- 2) Las bandejas de goteo y las protuberancias similares no se consideran como parte del área desarrollada.

Fundamentos térmicos

Confort térmico

El confort térmico es el concepto que define las condiciones ambientales en las que nos sentimos cómodos y sin molestias al interior de una edificación. Esta percepción depende del intercambio térmico entre las personas y el entorno, y una serie de variables que afectan el ambiente interior. Una de estas variables es la humedad, por lo que la sensación térmica también se asocia al concepto de “confort higrotérmico”.

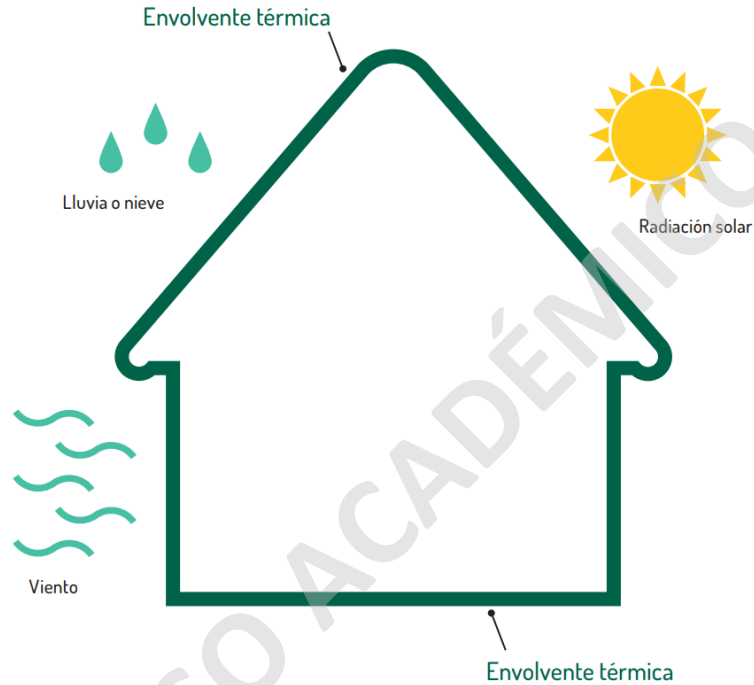
El intercambio térmico entre las personas y el entorno se produce debido a que el cuerpo humano se encuentra a una mayor temperatura (36 a 37 grados), por lo que se produce una constante pérdida de calor. Cuando nuestro cuerpo pierde calor a una velocidad adecuada estamos bajo la condición de confort térmico. Por el contrario, sentimos frío cuando lo perdemos aceleradamente, y calor cuando no logramos disiparlo o perderlo con suficiente rapidez.

Nuestro cuerpo está en permanente búsqueda del equilibrio térmico con su entorno, y lo hace a través de diferentes medios de intercambio de calor: convección, radiación y evaporación por la piel y por la respiración.

Envolvente térmica

Se denomina “Envolvente térmica” a todos los cerramientos de una edificación que limitan los recintos habitables del ambiente exterior, cerramientos compuestos por pisos, muros opacos o traslucidos (ventanas) y techumbres.

Imagen N° 14: Envolvente térmica y sus situaciones climáticas.



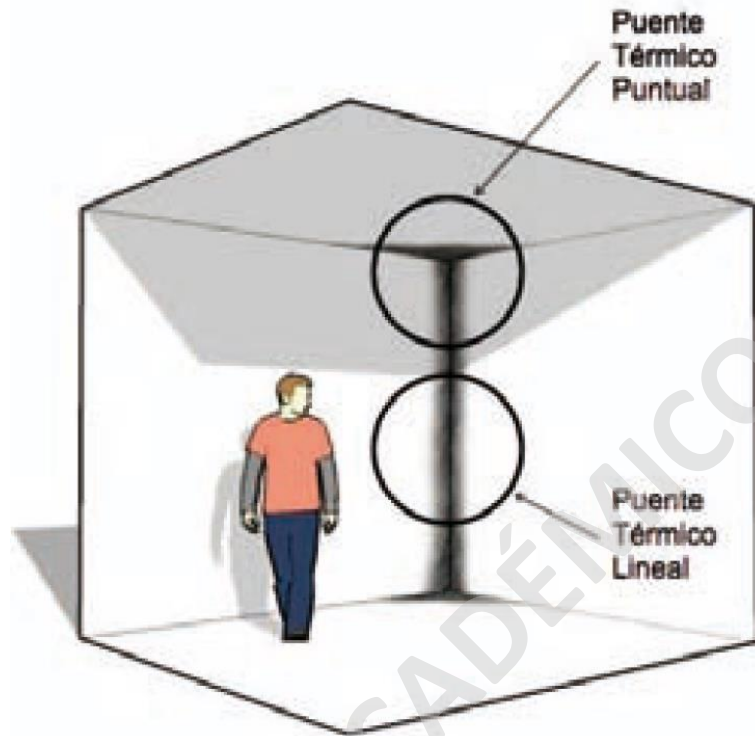
Fuente: Manual de (Re) Acondicionamiento Térmico, Una guía para el dueño de casa.

Su función principal es limitar el flujo de energía o transmitancia térmica (por conducción), entre el interior y el exterior de la edificación o viceversa. Y proteger a los habitantes del clima “adverso” exterior.

Puentes térmicos

Se denomina “Puente térmico” a las zonas de la envolvente térmica en las que hay una disminución de su eficacia, facilitando el traspaso de energía y aumentando los riesgos de condensaciones en invierno. Esto puede ser por distintos motivos como la reducción del espesor, distinta composición, confluencia de distintos cerramientos, etc.

Imagen N° 15: Puentes térmicos lineales y puntuales.



Fuente: Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos.

Aislación térmica

Se denomina “Aislación térmica” a la capacidad que tiene un material para oponerse al paso del calor, y que, en construcción, se refiere al intercambio de energía calórica entre el ambiente interior y el exterior. Si se quiere mejorar la aislación térmica de una edificación, hay que tener en cuenta que entre un 25% a 30% del calor se pierde por puertas y ventanas, otro 25% a 30% por techos y cielos, 20% a 25% por muros, 3 a 5% por pisos y 10% por renovación del aire.

Acondicionamiento térmico

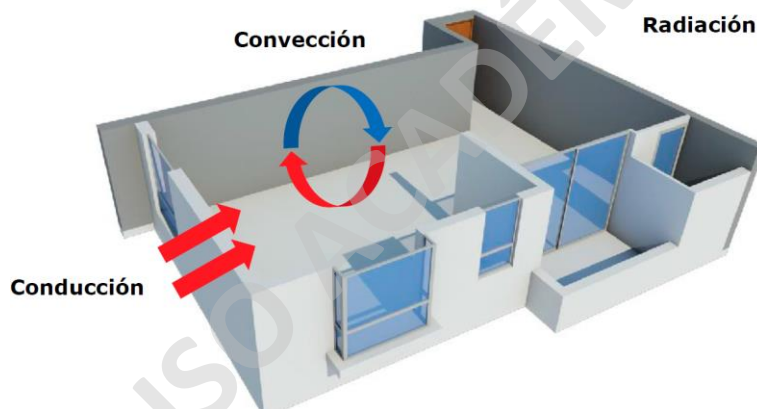
Se denomina “acondicionamiento térmico” a la acción de disminuir la transmitancia térmica de la envolvente para evitar el flujo de calor entre el interior y el exterior de la edificación. Esto se logra mediante el aumento de la aislación térmica en la envolvente, control de infiltraciones de aire y el reemplazo de las ventanas por termopaneles. Sus objetivos son mejorar el confort térmico, para aumentar las condiciones de habitabilidad, mejorar la eficiencia energética al requerir menos energía para climatizar y así contribuir al medio ambiente disminuyendo la contaminación.

Transferencia de calor

Se denomina transferencia de calor, al fenómeno físico que consiste en el traspaso de energía calórica de un medio a otro. Esto ocurre cuando dos sistemas que se encuentran en distintas temperaturas se ponen en contacto, permitiendo que la energía del punto de mayor temperatura se transfiera al de menor temperatura, hasta el punto de igualación donde se alcanza un equilibrio térmico. El proceso de la transferencia de calor es indetenible (no se lo puede frenar) aunque si ralentizarse (se puede desacelerar), empleando barreras, como aislantes térmicos.

Cabe destacar que siempre que exista una diferencia de calor en el universo, el calor tenderá a transferirse a través de los medios disponibles. Dependiendo de ellos, dicha transferencia podrá darse por tres modos: conducción, convección y radiación, si se cortara una vivienda por la mitad se esquematizaría de la siguiente forma.

Imagen N° 16: Tipos de transferencia de calor.



Fuente: Presentación cálculo de transmitancia térmica MINVU.

Conducción

La conducción es la transferencia de energía térmica de un objeto a otro a través del contacto directo. La transferencia de calor por conducción ocurre principalmente en sólidos y, en cierta medida, en líquidos, ya que las moléculas más cálidas transfieren su energía directamente a otras cercanas y más frías. Por ejemplo, la conducción cuando se toca una taza con café caliente o una lata de bebida fría. Por lo tanto, podemos concluir que es la transferencia de energía calórica solo por contacto y sin movimiento de las moléculas.

Convección

La convección es la transferencia de calor que se produce cuando las moléculas se mueven o corrientes circulan entre las regiones calientes y frías de aire, gas o líquido. La

convección ocurre tanto en líquidos como en gases, y consiste en el movimiento de masas de moléculas a diferentes temperaturas. Por ejemplo, la convección cuando se pone en el fuego una olla con agua fría, el calor del fuego se transfiere por la base de la olla calentando las moléculas de agua de contacto directo, las que se transfieren y se mueven hacia las moléculas de agua fría, en este caso de la parte inferior a la superior, por lo que se genera un flujo circundante permanente. Por lo tanto, podemos concluir que es la transferencia de energía calórica por contacto y el movimiento constante de las moléculas.

Radiación

La radiación es la transferencia de energía calórica que se produce a través de ondas electromagnéticas, que son similares a la transmisión de la luz. Por ejemplo, la radiación del calor del sol o la radiación del calor de una estufa.

Todos los objetos irradian energía electromagnética a la velocidad de la luz. La energía electromagnética se irradia en forma de ondas con propiedades eléctricas y magnéticas. Puede adoptar varias formas, incluidas la luz, las ondas de radio y la radiación infrarroja. La principal diferencia entre todos los tipos de ondas es su longitud de onda. La visión normal detecta longitudes de onda de la luz visible, mientras que las cámaras infrarrojas detectan longitudes de onda del calor irradiado (o la radiación infrarroja). Por lo tanto, podemos concluir que es la transferencia de energía calórica sin contacto y transferida por ondas electromagnéticas.

Conductividad térmica

Se denomina conductividad térmica a la 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 $W/(m \times K)$.

Es la característica propia que posee un determinado material para transmitir el calor.

Tabla N° 6: Símbolo, magnitud y unidad “conductividad térmica”.

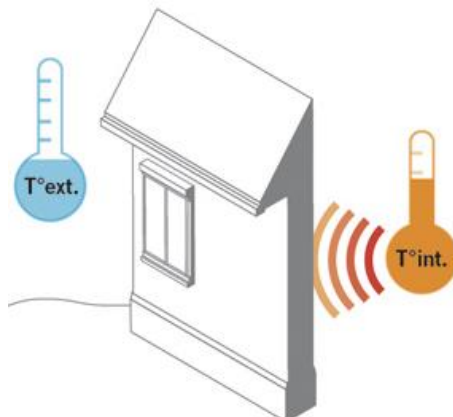
Símbolo de la magnitud	Magnitud representada	Unidad
λ	conductividad térmica	$W/(m \times K)$

Fuente: NCh853.

Resistencia térmica

Se denomina resistencia térmica a la oposición al paso de calor que presentan los elementos de construcción, se expresa $(m^2 \times K)/W$, metro cuadrado por Kelvin por Watt. Es el inverso de la transmitancia térmica, mientras menor es la transmitancia mayor es la resistencia al paso del calor.

Imagen N° 17: Temperatura interior v/s temperatura exterior.



Fuente: Pagina web, planes de descontaminación atmosférica MINVU.

Tabla N° 7: Símbolo, magnitud y unidad “resistencia térmica”.

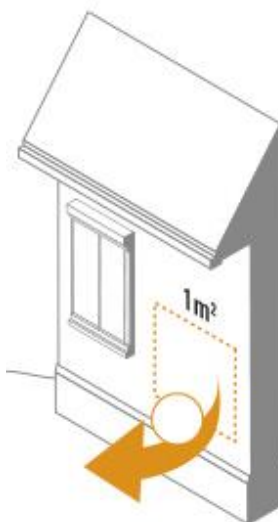
Símbolo de la magnitud	Magnitud representada	Unidad
R	resistencia térmica	(m ² x K) /W

Fuente: NCh853.

Transmitancia térmica

Se denomina transmitancia térmica al flujo de calor que pasa por unidad de superficie del elemento y por grado de diferencia de temperaturas entre los dos ambientes separados por dicho elemento, se expresa en W/ (m² x K), Watt por metro cuadrado Kelvin. Es el inverso de la Resistencia térmica, mientras mayor es la resistencia menor es el flujo de calor trasferido.

Imagen N° 18: Flujo de calor que pasa por unidad de superficie del elemento.



Fuente: Pagina web, planes de descontaminación atmosférica MINVU.

Tabla N° 8: Símbolo, magnitud y unidad “transmitancia térmica”.

Símbolo de la magnitud	Magnitud representada	Unidad
U	transmitancia térmica	W/ (m ² x K)

Fuente: NCh853.

Materiales aislantes térmicos

Al incorporar un material aislante térmico en la envolvente de una edificación, lo que se busca es agregar resistencia térmica e impedir que el calor se transmita por conducción desde el exterior al interior en verano y desde el interior al exterior en invierno, permitiendo mantener un ambiente con temperaturas confortables y disminuir la demanda de los sistemas de calefacción y refrigeración.

Por lo que las características más importantes a la hora de elegir un material aislante térmico corresponden a su conductividad térmica “ λ ”, la resistencia a la humedad y al paso del vapor, su comportamiento ante el fuego, resistencia y durabilidad, la facilidad de instalación y relación con el medio ambiente. Por lo que a continuación se presentan los materiales de aislación térmica más utilizados en Chile y sus propiedades.

Lana mineral o lana de roca

La lana mineral se fabrica mediante la fundición de una mezcla de distintas rocas con alto contenido de sílice. Es un aislante térmico, constituido por fibras minerales blancas extrafinas que se aglomeran para formar colchonetas, frazadas, bloques y caños premoldeados. Puede estar revestida por algún material como aluminio o papel Kraft, para mejorar su impermeabilidad a la humedad y al vapor de agua. Es un material que no se pudre y mantiene sus características físicas en el tiempo, sin embargo, al humedecerse pierde sus propiedades aislantes. Este producto puede causar alergias, irritación de la piel o problemas respiratorios en las personas, por lo que se deben considerar medidas especiales al manipularlo, como uso de guantes, gafas, mascarillas y ropa adecuada, para evitar los problemas descritos.

Imagen N° 19: Lana mineral, formato colchoneta libre.



Fuente: Pagina web Ecogreenhome.

Por ser un material proveniente de minerales naturales presentes en rocas, la lana mineral no causa efectos adversos conocidos al medio ambiente. Es un material reciclable e inorgánico, que no contiene químicos en su producción. Al ser incombustible, es seguro en caso de incendio, ya que no produce gases tóxicos que afecten a las personas o al medio ambiente. Su desventaja es que su elaboración conlleva un alto consumo de energía debido a que se debe fundir rocas a altas temperaturas.

Poliestireno expandido (EPS)

El poliestireno expandido, o más conocido por “plumavit” o “Aislapol” por las marcas que comercializan este producto, es una espuma rígida formada por numerosas perlas, por medio de las cuales se distribuye y retiene una gran cantidad de aire, el que le da una alta capacidad de aislación térmica. Es resistente a los procesos de envejecimiento y descomposición, así como a la acción de hongos, bacterias, termitas y una amplia gama de sustancias, aunque no resiste los rayos UV. Es uno de los aislantes más usados debido a su bajo costo.

Imagen N° 20: Poliestireno expandido, formato plancha.



Fuente: Pagina web Aislacel.

El poliestireno se fabrica a partir de petróleo, por lo que se puede reciclar en su totalidad para formar bloques del mismo material y fabricar materias primas para otra clase de productos. No es soluble al agua, por lo que no genera contaminación en ésta. Sin embargo, al ser un material muy combustible, emana gases al medio ambiente, principalmente monóxido y dióxido de carbono gases que contaminan el medio ambiente, aunque existe la posibilidad de incinerarse en plantas especiales.

Lana de vidrio

La lana de vidrio es fabricada a altas temperaturas fundiendo arenas con alto contenido de sílice. Es un producto fibroso y de alta resistencia, ideal para ser usado en soluciones que requieran aislamiento térmico y acústico. No se pudre y no es vulnerable a plagas.

Este producto es fabricado en varios formatos, principalmente en rollos y paneles. Puede estar revestido en una de sus caras con diversos materiales como papel Kraft, aluminio, polipropileno, los que permiten mejorar la impermeabilidad a la humedad y al vapor de agua, además de mejorar el rendimiento acústico, entre otras características. Este producto puede causar alergias, irritación de la piel o problemas respiratorios en las personas, por lo que se deben considerar medidas especiales al manipularlo, como uso de guantes, gafas, mascarillas y ropa adecuada, para evitar los problemas descritos.

Imagen N° 21: Lana de vidrio, formato rollo libre.



Fuente: Pagina web R&R importadora.

Por ser un material proveniente de minerales naturales presentes en rocas, la lana de vidrio no posee riesgos de contaminar el medio ambiente, además al no ser soluble en agua, no genera contaminación en ésta. Es un material limpio e inorgánico, el vidrio utilizado es reciclado, por lo que contribuye a la reutilización de materias primas. Su desventaja es que su elaboración se conlleva un alto consumo de energía debido a que se debe fundir arena a altas temperaturas

Lana poliéster o fibra de poliéster

La lana poliéster es un material aislante a base de fibras de poliéster termoligadas que mantienen entre ellas aire en estado inmóvil, ideal para ser usado en soluciones que requieran aislamiento térmico y acústico. No se pudre y no es vulnerable a plagas.

Imagen N° 22: Lana de poliéster, formato rollo.



Fuente: Pagina web Feltrex.

Este producto es fabricado en varios formatos, principalmente en rollos y paneles. A diferencia de las otras lanas sus formatos no poseen revestimiento impermeabilizante, por lo que se debe considerar la instalación de un material impermeabilizante posterior a su instalación. Su ventaja para destacar es que este material no necesita elementos de seguridad para su manipulación e instalación y dentro de las lanas aislantes este material es el más económico. Su desventaja es que se requiere de un 50% más de espesor para llegar a los niveles de transmitancia térmica que ofrecen los aislantes convencionales.

Lana de oveja

La lana de oveja es una fibra natural y renovable que proviene de la esquila regular del animal durante su ciclo de vida. Si bien sus aplicaciones más conocidas tienen lugar en la industria textil, actualmente se está incorporando en el rubro de la construcción, siendo en la actualidad poco conocido y utilizado. En comparación a las otras lanas aislantes, la lana de oveja no necesita de un horneado a altas temperaturas. Por lo que su elaboración no se requiere la misma energía utilizada en otros materiales aislantes y dentro de los materiales aislantes naturales es uno de los más accesibles, debido a que se emplea materia prima local, abaratando el costo del producto.

Imagen N° 23: Lana de oveja, formato panel.



Fuente: Pagina web Naturcla.

Este producto está compuesto de lana natural y poliéster, con un tratamiento que le confiere propiedades ignífugas, antiácaros y fungicidas, no irritante, reciclable y con buena resistencia mecánica. No necesita ningún tipo de protección especial para su manipulación e instalación. Este material es altamente transpirable, higroscópico (hasta el 33% de su peso en humedad) un excelente aislante térmico y acústico, flexible y con una alta resistencia a la tracción, por lo que se aconseja para soluciones termo-acústicas de techos y muros.

Su desventaja radica solo a que actualmente no existe mucha demanda y por lo tanto existen pocos proveedores del material.

Soluciones constructivas de acondicionamiento térmico

Las soluciones constructivas de acondicionamiento térmico, lo que buscan básicamente es aumentar la resistencia térmica de los elementos que componen la envolvente de una edificación (techumbre, pisos, muros y ventanas), estas soluciones consisten en incorporar materiales o elementos de baja conductividad térmica para disminuir la transmitancia térmica por conducción desde el interior de un recinto habitable al exterior o medio ambiente y viceversa, en otras palabras disminuir el flujo de energía calórica que se pierde en estación de invierno o se gana en estación de verano.

Para incorporar estos materiales o elementos de baja conductividad térmica, es necesario tomar en cuenta la ubicación geográfica de la edificación, para aislar térmicamente acorde a las exigencias climáticas de la zona, considerando la diversidad de climas que posee nuestro país, por ejemplificar en una zona fría extrema lo que se requiere es conservar el calor de un recinto habitable y en una zona cálida o desértica se requiere impedir que el calor del medio ambiente ingrese a los recintos habitables.

Por otro lado, también se recomienda considerar un criterio costo-efectividad, en el sentido de no ser posible incorporar la totalidad de las soluciones constructivas de acondicionamiento térmico, por el presupuesto que disponga el usuario, por lo que se propondrá realizar el mejoramiento térmico de forma gradual buscando el mayor confort térmico y ahorro de energía, como lo grafica el siguiente esquema:

Imagen N° 24: Esquema de intervención de acondicionamiento térmico de una edificación existente.

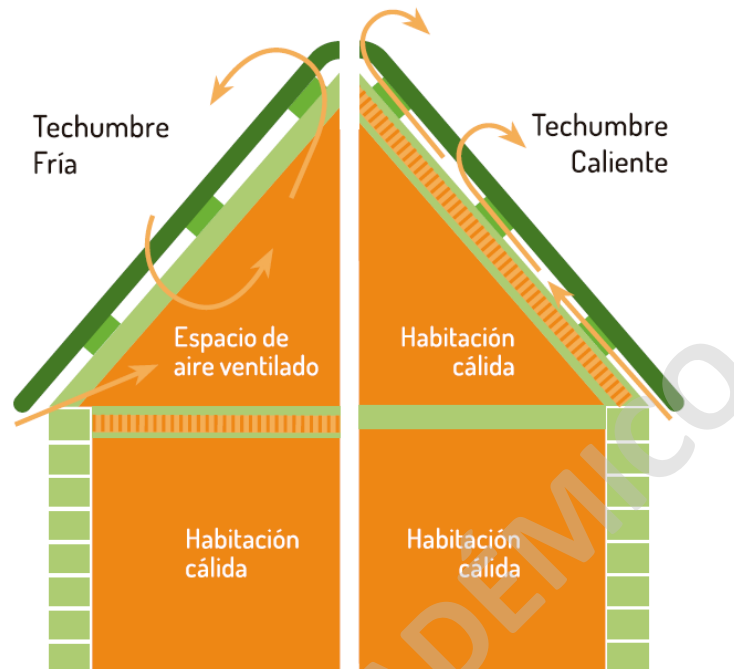


Fuente: Elaboración propia, con información de Manual de (Re) Acondicionamiento Térmico, una guía para el dueño de casa.

1° techumbre

Las soluciones de acondicionamiento térmico para techumbres existentes son solo dos, la primera consiste en incorporar el material aislante térmico bajo la estructura de la cubierta, esta solución también es conocida como techumbre caliente y la segunda consiste en incorporar el material aislante térmico sobre la estructura de cielo falso, esta solución también es conocida como techumbre fría.

Imagen N° 25: Techumbre fría v/s techumbre caliente.



Fuente: Manual de (Re) Acondicionamiento Térmico, una guía para el dueño de casa.

Estas soluciones son las más significativas cuando se requiere mejorar el confort térmico de una edificación, puesto que por este elemento se producen las mayores pérdidas o ganancias de energía calórica, considerando que la cubierta es la superficie de la edificación que se encuentra más expuesta a las condiciones climáticas, en invierno bajas temperaturas y lluvias y en verano altas temperaturas y radiación solar, por lo que es muy importante acondicionarla térmicamente, para protegerla de las inclemencias del clima.

Lo relevante en cuanto a la aislación térmica, es incorporar el material aislante a la superficie más próxima al espacio habitado. Además, es importante que la techumbre contenga una barrera de vapor y una de humedad como medida de impermeabilización del material aislante, de no contar con alguna se corre el riesgo de humedecer el material aislante por filtraciones de agua lluvia o por condensación, provocando que el material pierda sus propiedades térmicas y que afecte a todo el sistema constructivo, por consiguiente, al deterioro de la infraestructura.

2° pisos

En una edificación existente es más complejo incorporar el material aislante térmico, excepto si se trata de pisos ventilados. Por lo general existen dos opciones, la primera consiste en incorporar el material aislante térmico bajo la estructura de piso y la segunda sobre la estructura de piso. Y eventualmente una tercera opción, cuando se posea una estructura de piso de madera o metálica, donde se puede aprovechar las cavidades de la estructura para incorporar el material aislante.

El piso es el segundo elemento de la envolvente de una edificación, que pierde más energía después de la techumbre, considerando que es la superficie que se encuentra en contacto o sobre el terreno natural, por donde sube la humedad por capilaridad por las aguas lluvias o napas freáticas, por lo que es muy importante impermeabilizarlo. Actualmente además de impermeabilizarlo, también se está aislando térmicamente, con lo que se logra aumentar el confort térmico y ahorrar energía, lo relevante a la hora de decidir y utilizar alguna de las opciones descritas más allá del costo, es considerar la menos invasiva o la que más beneficie el estado de conservación de la edificación. Considerando que se está mejorando una edificación existente.

3° muros

Las soluciones de acondicionamiento térmico para muros existentes, ocurre algo similar a las posibilidades de incorporar el material aislante que el piso ventilado. La primera opción es incorporar el material aislante por la cara exterior de la estructura de muro y la segunda opción es incorporar el material aislante por la cara interior de la estructura de muro. Y eventualmente podría existir una tercera opción solo si su estructura consistiera en un entramado de madera o metálico, donde podría aprovecharse el espacio existente entre los elementos que componen sus estructuras.

Dentro de las soluciones de acondicionamiento térmico por el exterior de muros perimetrales, son conocidos el sistema constructivo EIFS o SATE y la segunda sistema constructivo fachada ventilada.

Sistema constructivo EIFS o SATE

Tabla N° 9: Sistema EIFS v/s SATE.

EIFS denominación internacional	SATE denominación nacional
Exterior Insulation Finishing System o traducida como sistema de acabado de aislamiento exterior.	Sistema de Aislación y Terminación Exterior.

Fuente: Elaboración propia.

Es un sistema de terminación y aislación de muros exteriores que puede utilizarse en casi todos los tipos de edificaciones, nuevas o antiguas, siendo aplicable sobre muros de ladrillo, cemento y paneles livianos, ya sea de fibrocemento o de madera prensada, entre otros.

Sistema constructivo fachada ventilada

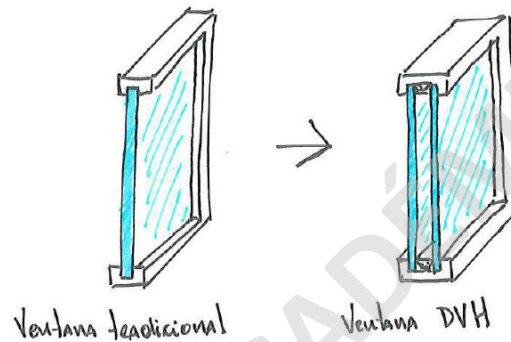
Consiste en un sistema constructivo que se incorpora por la superficie exterior de los muros perimetrales, el que se caracteriza por dejar una cámara de aire entre el muro base y terminación exterior, integrando el material aislante adosado al muro base en conjunto a un material impermeabilizante. El objetivo de la cámara de aire es funcionar como una

chimenea creando corrientes de aire por convección. De esta manera, aporta en la eficiencia y confort térmico de la edificación, evitando problemas de sobrecalentamiento y de humedad al interior de los recintos habitables.

4° ventanas

La única solución de acondicionamiento térmico para ventanas existentes consiste en reemplazar las ventanas tradicionales por ventanas de doble vidriado hermético (DVH) o más conocidas como ventanas termopanel.

Imagen N° 26: Ventana tradicional v/s ventana doble vidriado hermético

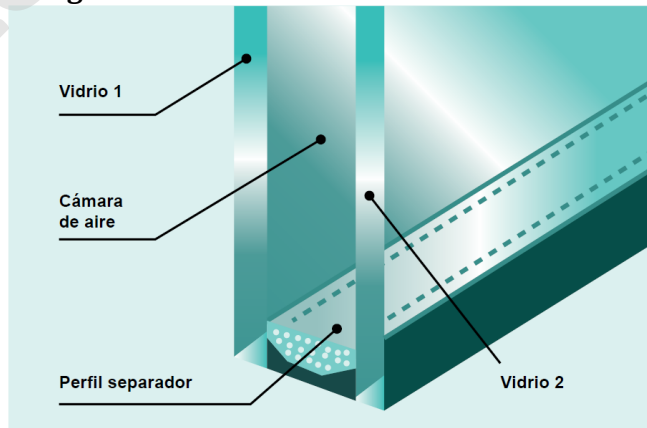


Fuente: Elaboración propia, de anotaciones.

Doble Vidriado Hermético (DVH)

Este tipo de ventana consiste en un sistema constituido por dos vidrios separados paralelamente por una cámara de aire, que se encuentran sellada herméticamente al paso del agua o humedad, este elemento es lo más eficiente en términos de mejorar la calidad térmica de una edificación.

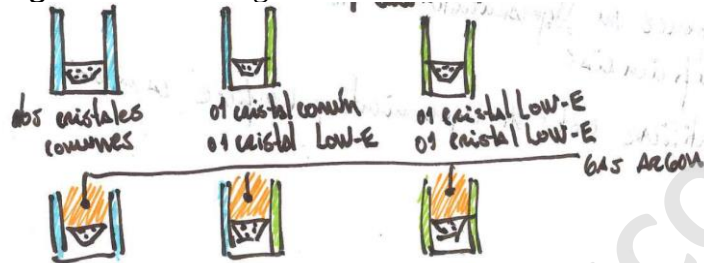
Imagen N° 27: Sistema doble vidriado hermético.



Fuente: Manual acondicionamiento térmico, criterios de intervención.

Este tipo de ventana también permite la posibilidad de elevar aún más su eficiencia térmica, cambiando la configuración de los elementos que la componen, como la calidad de los vidrios, sus espesores o ambas, el espesor de la cámara de aire o incorporación de gas argón o ambas y materialidad de sus marcos.

Imagen N° 28: Configuraciones doble vidriado hermético.



Fuente: Elaboración propia, de anotaciones.

Los vidrios pueden ser monolíticos o Low-E donde cualquiera sea el caso se puede especificar distintos espesores que van desde 4 a 6 milímetros entendiéndose que a mayor espesor más resistencia térmica.

Vidrio monolítico

El vidrio monolítico es el vidrio comúnmente utilizado y está formado por una sola lamina de vidrio, el cual se puede encontrar tinteado en su masa o reflectivo para mejorar su valor de coeficiente de sombra, en términos de aislación térmica presenta el valor de transmitancia térmica más alto del mercado de 5,6 a 5,8 W/m²K los que dependerán de su espesor.

Vidrio Low-E

El vidrio Low-E es un vidrio al que se le aplica un revestimiento de baja emisividad, en el proceso productivo, permitiendo disminuir las pérdidas de energía a través de él.

Cámara de aire

La cámara de aire puede contener aire o gas argón, cualquiera sea el caso también se puede especificar distintos espaciados entendiéndose que la incorporación de gas argón eleva su resistencia térmica y ayuda a disminuir la transmitancia de calor.

Marcos

Los marcos pueden ser de aluminio o PVC, entendiéndose que este último material posee una baja conductividad térmica, por lo tanto, es más eficiente térmicamente.

Diseño

Respecto al diseño de la ventana y para contribuir aún más a su eficiencia térmica el criterio a considerar es la hermeticidad que proporciona la apertura de la ventana, en libros se especifica que la ventana más hermética es la del tipo oscilobatiente.

Imagen N° 29: Tipos de ventanas y selección de ventana más hermética.



Fuente: Pagina web, climalit plus.

Como conclusión, se puede considerar que mientras más tratamiento contenga la elaboración de este tipo de ventanas mejor resistencia térmica poseerá, por lo tanto, será más aislante térmicamente.

Barreras de vapor y humedad

Debido a las diversas actividades que se realizan dentro de la vivienda se genera vapor, el que por presión intenta salir. Es por ello por lo que se hace necesaria la utilización de una barrera de vapor (generalmente polietileno) que impida que este atraviese el aislante humedeciéndolo y favoreciendo la aparición de condensaciones indeseadas.

Por otro lado, las barreras de humedad o barrera hídricas son materiales que impiden que ingrese el agua líquida desde el exterior a la vivienda.

Ambos fenómenos son muy diferentes y ambas barreras deben estar en concordancia. La barrera de humedad se debe instalar por el exterior del muro y debe ser impermeable al paso del agua líquida, pero permeable al paso de vapor, característica que cumplen materiales como el papel fieltro o similar. En ningún caso se puede poner polietileno que es barrera de vapor como barrera de humedad. La barrera de vapor se debe instalar por el lado caliente del aislante (hacia el interior de la vivienda) evitando que pase el vapor de agua del lado caliente al lado frío.

Es de suma importancia que estas barreras sean instaladas de forma continua y sin perforaciones, ya que el vapor y la humedad atravesaran la envolvente por el lugar donde no exista protección.

Barrera de vapor

Una barrera de vapor consiste en cualquier lamina o material que ofrece gran resistencia al paso de vapor de agua. Se considera que un material es una barrera de vapor si tiene una resistencia a la difusión de vapor de agua entre 10 y 230 MM*S/g.

Es importante aplicarla cuando se aísla la envolvente de una edificación por el lado interior, para evitar condensaciones y perdidas de energía. La barrera de vapor evita que el vapor de agua generado al interior de la vivienda atraviese el muro, humedeciendo el material aislante lo que afectaría a su capacidad de aislación. Al estar en contacto con una superficie fría, a la temperatura de rocío, este vapor condensaría originando problemas en la edificación.

A menor conductividad térmica, más aislante es el material, al aumentar la humedad aumenta su conductividad térmica y menos aislante es el material.

Imagen N° 30: Film de polietileno, material más utilizado como barrera de vapor.



Fuente: Pagina web Abaplast Ltda.

Materiales utilizados como barrera de vapor:

- polietileno
- aluminio
- láminas de metal
- láminas de poliéster
- algunas pinturas

Recomendaciones para instalación de la barrera de vapor:

Primero, las barreras de vapor se deben instalar cuando la aislación va por el lado interior del muro o techumbre, o dentro del muro, deben proteger el material aislante del vapor de agua del interior de la vivienda, es decir se tienen que instalar entre el revestimiento interior y el aislante térmico.

Segundo, la barrera de vapor es importante principalmente en la aislación de la techumbre y muros.

Tercero, cuando la aislación es realizada por el exterior de los muros, no es necesario que se coloque una barrera de vapor, ya que se debe permitir el libre paso del vapor al exterior, pero es imprescindible una barrera de humedad.

Cuarto, se debe instalar de forma continua, con uniones y traslapes sellados. Se recomienda que las juntas del material, ya sea en muros o techos, posean un traslapo de al menos 20 cm y que sean selladas con cinta adhesiva.

Cinco, se debe recordar que la instalación de barreras de vapor debe ir acompañada de medidas que aseguren una adecuada ventilación de la vivienda, para extraer así el vapor retenido en su interior.

Barrera de humedad o barrera hídrica

Las barreras de humedad impiden el paso de las humedades exteriores, como aguas lluvia, sin embargo, deben ser permeables al paso del vapor. La barrera de humedad se instala generalmente en la techumbre y muros de tabiquería. Siempre debe instalarse en el lado exterior del elemento constructivo de forma continua y sin perforaciones.

Imagen N° 31: Fieltro asfáltico, material más utilizado como barrera de humedad.



Fuente: Pagina web ferrería toso.

Materiales utilizados como barrera de humedad:

- fieltro asfáltico, más usado en techos.
- pinturas impermeabilizantes, más usado en muros.
- morteros impermeabilizantes, más usado en muros.
- láminas impermeabilizantes, más usado en muros.

Recomendaciones para instalación de la barrera de humedad:

Primero, es de suma importancia que la barrera este instalada alrededor de toda la envolvente de forma continua y sin perforaciones.

Segundo, se debe instalar por el exterior del material aislante, o sea entre este y el recubrimiento exterior de la envolvente.

Tercero, es necesario un traslapo de entre 10 y 15 cm en las juntas tanto horizontales como verticales.

Cuarto, en esquinas exteriores e interiores se deben dejar al menos 30 cm de traslapo, para asegurar la continuidad.

Quinto, en los traslapos horizontales (muros) o con pendiente (techos) debe ir la lámina superior sobre la lámina inferior.

Sexto, en cubiertas planas e inclinadas, la barrera va entre la cubierta y la estructura secundaria.

Séptimo, para adosar la barrera, se debe utilizar clavos o pernos galvanizados con golilla y sellar las uniones con cinta adhesiva.

Octavo, para una mejor hermeticidad de la edificación, se recomienda instalar las puertas y ventanas después de la instalar la barrera de humedad.

CAPÍTULO III: CASO DE ESTUDIO “CUARTEL DE LA POLICÍA DE INVESTIGACIONES DE CHILE DE LA COMUNA DE MAIPÚ”

En el contexto del presente proyecto, originado por el mal desempeño térmico del cuartel de la PDI de la comuna de Maipú, a continuación, se levantará y mostrará los antecedentes generales y constructivos de la situación existente, para evaluar los antecedentes conforme a lo establecido en la normativa chilena de acondicionamiento térmico.

Imagen N° 32: fachada principal del cuartel de la PDI de la comuna de Maipú.

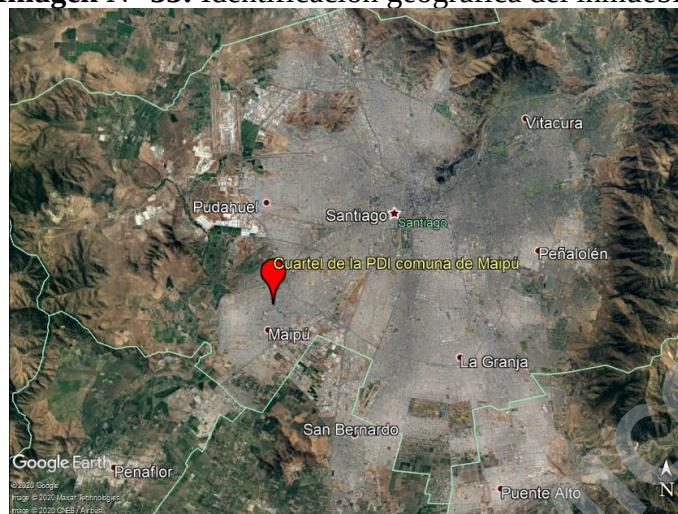


Fuente: Levantamiento fotográfico.

Ubicación geográfica

El cuartel policial objeto de estudio se encuentra ubicado en el sector sur poniente de la Región Metropolitana de Santiago, en la comuna de Maipú. Sus coordenadas geográficas son latitud: 33°30'17.19"S y longitud: 70°45'32.89"O. Maipú posee una superficie aproximada de 135,5 km² y según el censo del año 2017 tiene una población de 521.627 habitantes, posicionándola en la segunda comuna más poblada del país después de la comuna de Puente Alto.

Imagen N° 33: Identificación geográfica del inmueble.



Fuente: Google Earth Pro.

Condiciones climáticas

El clima de la comuna de Maipú es mediterráneo con estación seca prolongada con gran influencia marítima y vientos predominantes del sur y suroeste. Por esta comuna cruza el río Mapocho, el afluente llamado Zanjón de la Aguada y 132 canales agrícolas pequeños, lo que la caracteriza por ser un territorio húmedo y frío, sobre todo en los meses de invierno.

Imagen N° 34: Clima Maipú.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Día	28 °C	28 °C	27 °C	23 °C	18 °C	14 °C	13 °C	15 °C	17 °C	21 °C	24 °C	26 °C
Noche	13 °C	13 °C	12 °C	10 °C	7 °C	5 °C	3 °C	4 °C	5 °C	7 °C	9 °C	11 °C
Precipitación	2 mm	1 mm	1 mm	5 mm	22 mm	33 mm	23 mm	23 mm	19 mm	10 mm	4 mm	5 mm
Días de lluvia	1	1	2	3	5	6	7	7	6	5	2	2
Días secos	30	27	29	27	26	24	24	24	24	26	28	29
Horas de sol por día	10	10	10	9	9	9	9	9	9	9	10	10
Fuerza del viento (Bft)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Índice UV	6	5	5	4	3	3	3	3	3	4	5	5

Fuente: página web cuandovisitar.cl categoría tiempo y clima.

Los veranos son calurosos y secos y en invierno las temperaturas son suaves. La temperatura media anual en Maipú es 19° y la precipitación media anual es 150 mm. No llueve durante 316 días por año, la humedad media es del 45% y el Índice UV es 4. Y según normativa NCh 1079 que establece las zonas climático habitacionales de Chile, se encuentra ubicado dentro de la zona central interior (CI)

Tabla N° 10: Características climáticas zona central interior (CI).

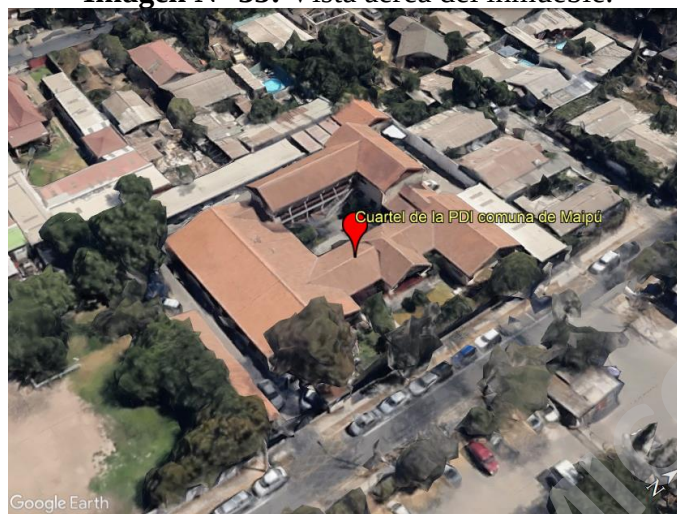
Zona	Pendiente de cubierta, valores mínimos en %		Orientación de muros que requieren protección contra el sol	Localidades más importantes	Temperatura °C				Insolación Wh/(m² x día)		Soleamiento horas sol/día		Humedad relativa %		Nubosidad décimas		Precipitación mm		Vientos predominantes	Heladas (a 1,5 m sobre el suelo)		
					Media		Oscilación media mensual													Total anual	Primero	Último
	SR	SL			E	J	E	J	E	J	21 dic	21 jul	E	J	E	J	Anual	máx. 24 h				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
CI Central Interior	15	8	E - W	San Felipe	21,4	9,9	20,3	14,9					63	78	1,3	5,0	234,2	92,8		26	Abr	Oct
				Los Andes	20,9	8,3	21,0	16,8					56	73	1,3	6,0	275,6	117,1		20	Abr	Sep
				Santiago	20,9	8,1	16,7	11,0	6 908	1 918	14,3	9,8	57	84	1,3	5,9	312,5	111,1	SSE 3,0	8	Abr	Oct
				Rancagua	19,9	7,1	15,3	11,0					61	82	2,5	6,3	436,2	137,4	SO 3,2	26	Abr	Oct
				Curicó	19,9	7,2	18,7	8,9	7 047	1 825			66	90	1,6	7,3	701,9	128,2	SSO 2,6	21	Abr	Oct
				Talca	20,3	7,6	18,9	11,4					62	88	1,3	7,5	721,2	97,2		18	Abr	Sep
				Linares	19,6	6,4	17,8	10,2					68	90	2,5	6,3	966,9	178,3		21	Abr	Oct
				Cauquenes	21,0	8,9	17,1	9,0	7 164	1 907			56	88	1,3	6,3	698,8	168,5		11	Abr	Sep
				Chillán	19,1	7,3	17,8	8,4			14,6	9,6	64	87	1,9	6,8	1 107,0	153,7	SO 2,1	24	Mar	Oct

Fuente: NCh 1079.

Diseño

El diseño del inmueble es del tipo casa patronal, está conformado por una edificación principal de 978,33 m² y dos edificaciones complementarias de 62,99 m² y 46,41 m², lo que totaliza una superficie construida de 1087,73 m² aproximados. El destino principal de sus dependencias es del tipo oficina.

Imagen N° 35: Vista aérea del inmueble.



Fuente: Google Earth Pro.

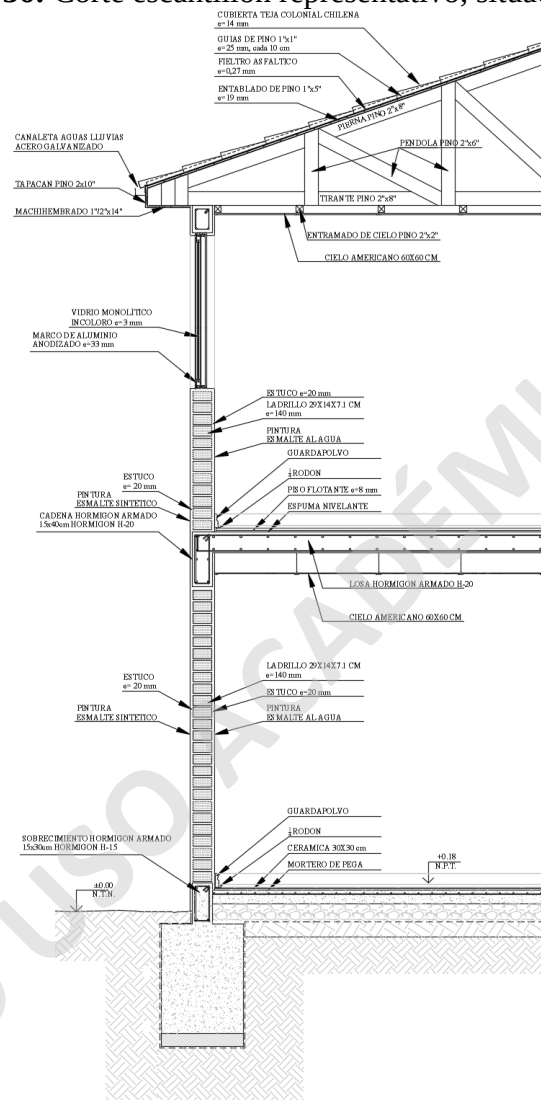
Sistema constructivo existente

El sistema constructivo existente consiste en:

- Radieres de hormigón armado.
- Muros estructurales de albañilería confinada.
- tabiquería de estructura de madera.
- techumbre de estructura de madera.
- Ventanas tradicionales con marcos de aluminio.
- Puertas de madera.

Detalle constructivo “corte escantillón”, situación existente

Imagen N° 36: Corte escantillón representativo, situación existente.



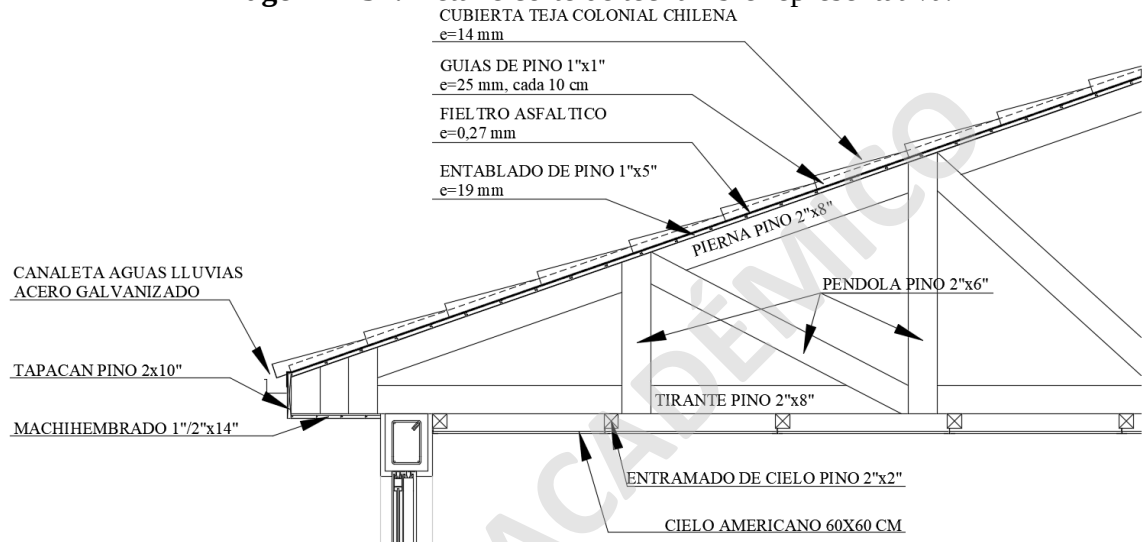
Fuente: Elaboración propia.

Techumbre

La techumbre esta compuesta por cerchas de estructura de madera, las que se encuentran apoyadas y afianzadas en cadenas, vigas y pilares de hormigon armado que conforman los muros estructurales de albañileria, la cubierta se encuentra rigidizada por un entablado de madera de pino de 1"x5" como base, que posee una capa de barrera de humeda de fieltro asfaltico y sobre esta se disponen perpendicularmente guias de pino de 1"x1", distanciadas a cada 10 cm, como subestructura para la fijacion del revestimiento exterior constituido por tejas coloniales, sus tapacanes estan revestidos por madera de pino de 2"x10", sus aleros y frontones estan revestidos por entablado de madera machiembrado

de pino 1/2x4" con terminacion de barniz, sus cielos estan compuestos principalmente por cielos modulares registrables de palmetas de fibra mineral, salvo los cielos de los baños que estan compuestos por cielo raso de yeso cartón, ambas terminaciones estan fijadas directamente a la estructura de la edificacion, que esta compuesta por un entramado de madera de pino de 2"x2", con la unica diferencia que el "cielo modular" adicionalmente posee perfilera de anclaje y fijaciones de aluminio galvanizado electropintado.

Imagen N° 37: Detalle corte de techumbre representativa.

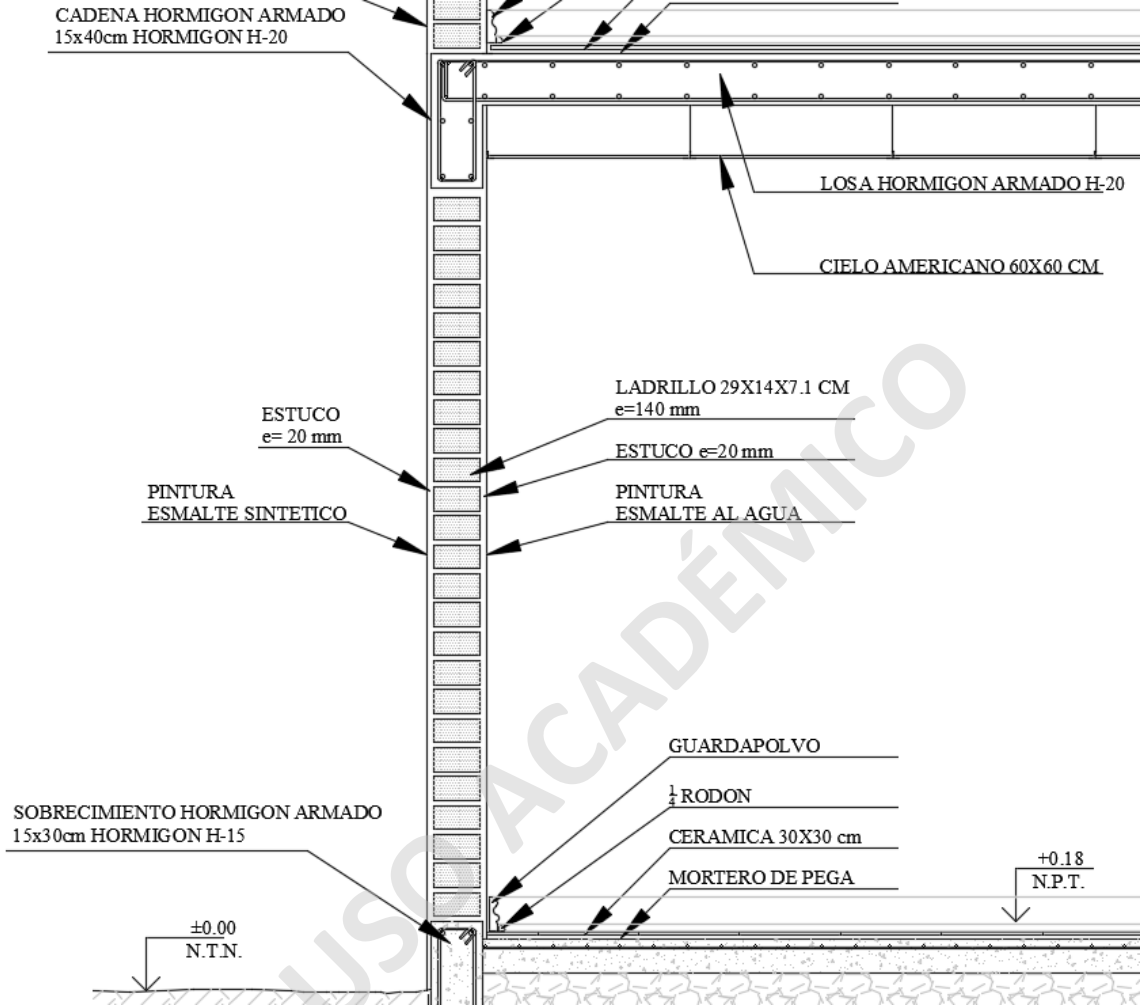


Fuente: Elaboración propia.

Muros exteriores

Los muros exteriores están compuestos por muros estructurales de albañilería confinada, por lo que están constituidos por superficies de albañilería (muro de ladrillos) los que están confinados por estructuras de hormigón armado (pilares y vigas) los cuales se unen sólidamente al muro para formar un conjunto estructural, elementos que se encuentra estucado tanto en la superficie interior como la exterior, en su cara interior tiene una terminación pintura esmalte al agua, excepto en los baños que tiene revestimiento de cerámica, en su cara exterior posee una terminación de pintura esmalte sintético.

Imagen N° 38: Detalle corte de muro exterior representativo.

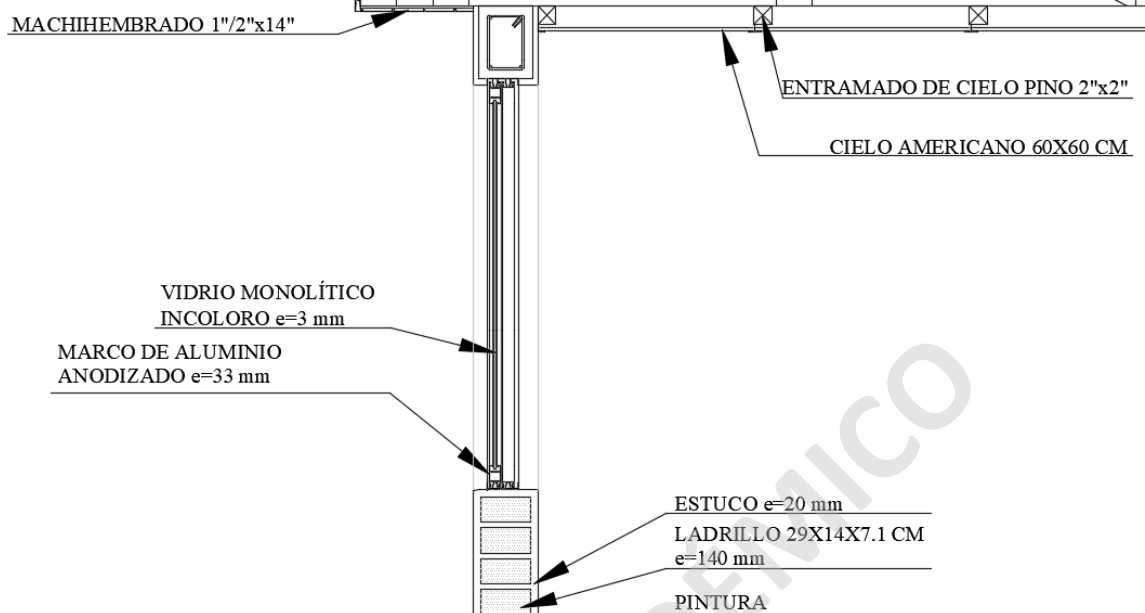


Fuente: Elaboración propia.

Ventanas exteriores

Las ventanas exteriores, son del tipo corredera de dos hojas móviles, con marcos de aluminio anodizado y vidrio monolítico, excepto las ventanas de los baños donde solo cambia el cristal por vidrio impreso catedral semilla, el que posee en una de sus caras una textura decorativa que transmite la luz natural de forma difusa e impide la visión clara dado la privacidad de los recintos.

Imagen N° 39: Detalle corte de ventana exterior representativa.



Fuente: Elaboración propia.

Observaciones y registro fotográfico de visita a terreno

Techumbre segundo piso

Al inspeccionar el entretecho del segundo piso, se apreció nula aislación térmica, problemas de infiltraciones en diferentes sectores.

Imagen N° 40: Entretecho segundo piso, sin aislación térmica.



Fuente: Levantamiento fotográfico.

Techumbre primer piso

Al retirar las palmetas del cielo americano existente en el primer piso, se apreció un entretecho con aislación térmica mal instalada, problemas de infiltraciones en diferentes sectores.

Imagen N° 41: Entretecho primer piso, con aislación térmica mal instalada.



Fuente: Levantamiento fotográfico.

Muro interior primer piso

Al inspeccionar los recintos habitables del primer piso, se apreciaron problemas de humedad en las zonas inferiores de los muros, lo que ha provocado eflorescencias deteriorando y descascarando la pintura existente.

Imagen N° 42: Muro interior primer piso, con eflorescencias.



Fuente: Levantamiento fotográfico.

Muro exterior primer piso

Al inspeccionar los muros exteriores se apreciaron problemas focalizados de humedad, los que son causados por el goteo de los equipos exteriores de aire acondicionado, lo que ha provocado el deterioro y daño en la superficie exterior de los muros.

Imagen N° 43: Muro exterior primer piso, con problemas de humedad.



Fuente: Levantamiento fotográfico.

CAPÍTULO IV: CASO DE ESTUDIO CON RESPECTO A LA NORMATIVA CHILENA DE ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO

El presente capítulo, tiene por objetivo evaluar los antecedentes recopilados del “caso de estudio”, para determinar el acondicionamiento térmico existente en el inmueble con respecto a lo establecido en la reglamentación térmica y la norma NCh 1079. Lo anterior para corroborar el cumplimiento de ambas normativas o de lo contrario las deficiencias térmicas existentes. Por lo anterior, conforme a las exigencias establecidas y de acuerdo a cálculos señalados en la norma NCh 853, a continuación, se realizarán los siguientes cálculos:

- 1 cálculo de transmitancia térmica de la techumbre.
- 2 cálculo de transmitancia térmica del muro exterior.
- 3 cálculo de transmitancia térmica de ventana exterior.
- 4 cálculo de porcentaje de superficie vidriada.

Donde identificados los materiales que componen el sistema constructivo existente, más sus respectivos espesores y conductividades térmicas establecidas en la norma NCh 853 para cada material, se emplearán las siguientes formulas:

Fórmula de transmitancia térmica:

$$U = \frac{1}{R_{Si} + \sum \frac{e}{\lambda} + R_{Se}}$$

Fórmula de transmitancia térmica ponderada:

$$\bar{U} = \frac{\sum U_i x A_i}{\sum A_i}$$

Continuando, con el cálculo de porcentaje de superficie vidriada, donde se ubicará las superficies interiores de los muros perimetrales y superficies de ventanas exteriores, para emplear las siguiente formula:

Formula de porcentaje de superficie vidriada:

$$\% \text{ Superficie vidriada} = \frac{\text{Total Superficie ventanas}}{\text{Total Superficie Interior Muros Perimetrales}}$$

Y para el cálculo de transmitancia térmica de la ventana se utilizará la norma NCh3137/1 donde se emplearán las siguientes formulas:

Formula transmitancia térmica vidriado simple y laminado:

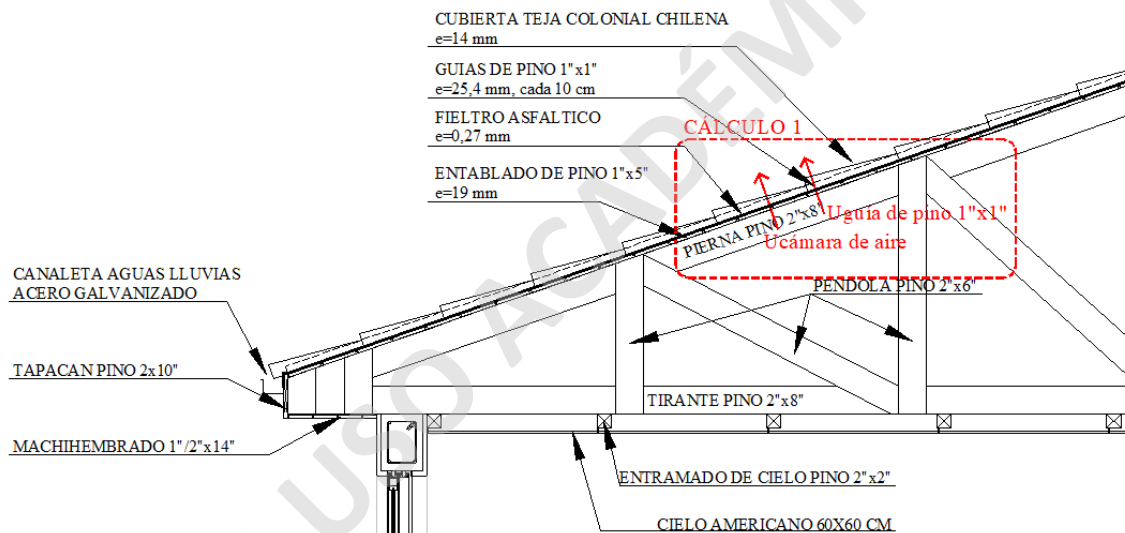
$$U_g = \frac{1}{R_{se} + \sum_j \frac{d_j}{\lambda_j} + R_{si}}$$

Obtenido todos los resultados, se compararán con ambas normativas indicadas para establecer los elementos del inmueble a acondicionar térmicamente y poder continuar con el proyecto de mejoramiento térmico.

1 Cálculo de transmitancia térmicas techumbre

A continuación, se mostrarán los cálculos de transmitancia térmica de la techumbre existente. Es dable destacar que para los presentes cálculos no serán considerados los materiales con espesores inferiores a 3 mm como, por ejemplo: papeles, folios y laminas delgadas, esto según a lo establecido en la norma NCh 853. Excepto, cuanto el elemento analizado posea una cámara de aire confinada y esta posea materiales con caras brillantes como, por ejemplo: lamina de aluminio o fierro galvanizado brillante, solo para este caso si se contemplarán en los siguientes cálculos agregando la resistencia térmica por emisividad correspondiente al abaco determinado por la misma norma, dado que estos contribuyen a aumentar la resistencia térmica de la cámara de aire confinada.

Imagen N° 44: Identificación cálculo de transmitancia térmica “techumbre existente”.

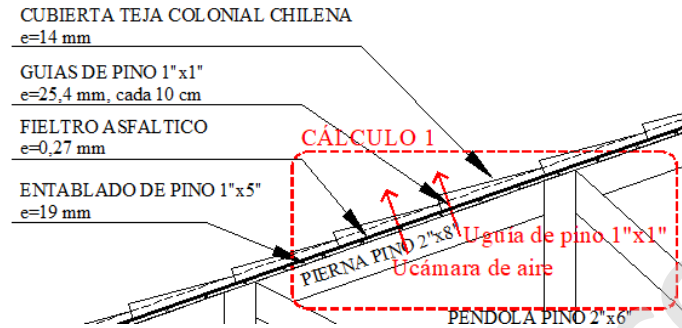


Fuente: Elaboración propia.

En esta imagen se puede apreciar que ninguno de los elementos que componen la techumbre posee un material aislante térmico, para esta situación el criterio utilizado para realizar los cálculos de transmitancia térmica fue analizar el elemento más expuesto a la intemperie, ya que esta superficie protege a sus ocupantes de las condiciones climáticas y siendo donde se pierde y gana energía calórica, dependiendo del clima y la estación del año. Determinado que la supervisa más expuesta es la cubierta, por lo que si se analiza los materiales que la componen se puede apreciar dos configuraciones por donde se produce la transmitancia térmica, denominándola $U_{\text{guía de pino } 1"x1"}$ y $U_{\text{cámara de aire}}$, como se detalla en los siguientes cálculos.

1.1 Flujo ascendente / sección guía de pino 1"x1"

Imagen N° 45: Calculo valor U, sección guía de pino 1"x1".



Fuente: Elaboración propia.

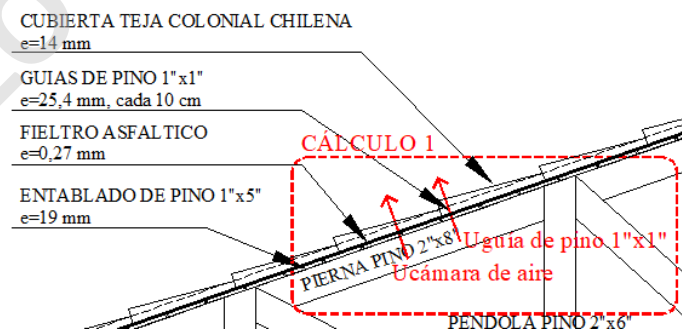
Elemento	Material	Espesor (mm)	Espesor (m)	Conductividad térmica (W/mK)	Resistencia térmica (M²K/W)	Fuente
Entablado pino 1"x5"	Madera pino insigne	19	0,019	0,104	0,18	conductividad térmica NCh853
Guía de pino 1"x1"	Madera pino insigne	25,4	0,025	0,104	0,24	conductividad térmica NCh853
Cubierta teja	Arcilla	14	0,014	0,930	0,02	conductividad térmica NCh853
Rsi					0,09	Rsi NCh853
Rse					0,05	Rse NCh853
Total resistencia térmica					0,58	
Total transmitancia térmica					1,72	

Resultado:

Valor U sección guía de pino 1"x1": $1,72 \text{ W/m}^2\text{K}$

1.2 Flujo ascendente / sección cámara de aire

Imagen N° 46: Calculo valor U, sección cámara de aire.



Fuente: Elaboración propia.

Elemento	Material	Espesor (mm)	Espesor (m)	Conductividad térmica (W/mK)	Resistencia térmica (M²K/W)	Fuente
Entablado pino 1"x5"	Madera pino insigne	19	0,019	0,104	0,18	conductividad térmica NCh853
Cámara de aire		90	0,090		0,15	resistencia térmica cámara de aire no ventilada NCh853

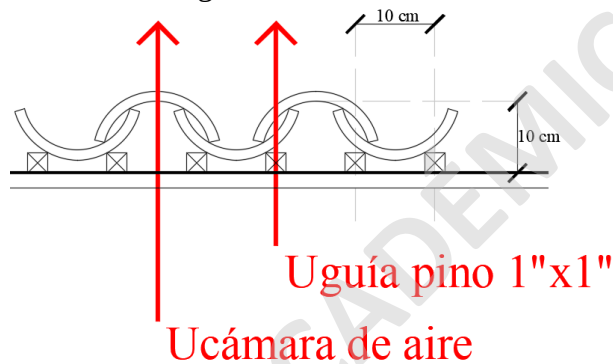
Cubierta teja	Arcilla	14	0,014	0,930	0,02	conductividad térmica NCh853
Rsi					0,09	Rsi NCh853
Rse					0,05	Rse NCh853
Total resistencia térmica					0,49	
Total transmitancia térmica					2,05	

Resultado:

Valor U sección cámara de aire: $2,05 \text{ W/m}^2\text{K}$

1.3 Cálculo de superficies

Imagen N° 47: Corte longitudinal de cubierta “techumbre existente”



Fuente: Elaboración propia.

$$\% \text{ de cubierta con guías de pino} = \frac{\text{Ancho guías de pino (mm)}}{\text{Distancia entre ejes de guías de pino (mm)}} \times 100$$

$$\% \text{ de cubierta con guías de pino} = \frac{25,4}{100} \times 100 = 25,4\%$$

$$\% \text{ de cubierta con cámara de aire} = 100 - \% \text{ de cubierta con guías de pino}$$

$$\% \text{ de cubierta con cámara de aire} = 100 - 25 = 74,6\%$$

1.4 Cálculo total ponderado / techumbre

$$U_{\text{ponderado}} = \frac{(U_{\text{guía de pino}} \times \% \text{guía de pino}) + (U_{\text{cámara de aire}} \times \% \text{cámara de aire})}{100\%}$$

$$U_{\text{ponderado}} = \frac{(1,72 \times 25,4) + (2,05 \times 74,6)}{100} = 1,97 \text{ W/m}^2\text{K}$$

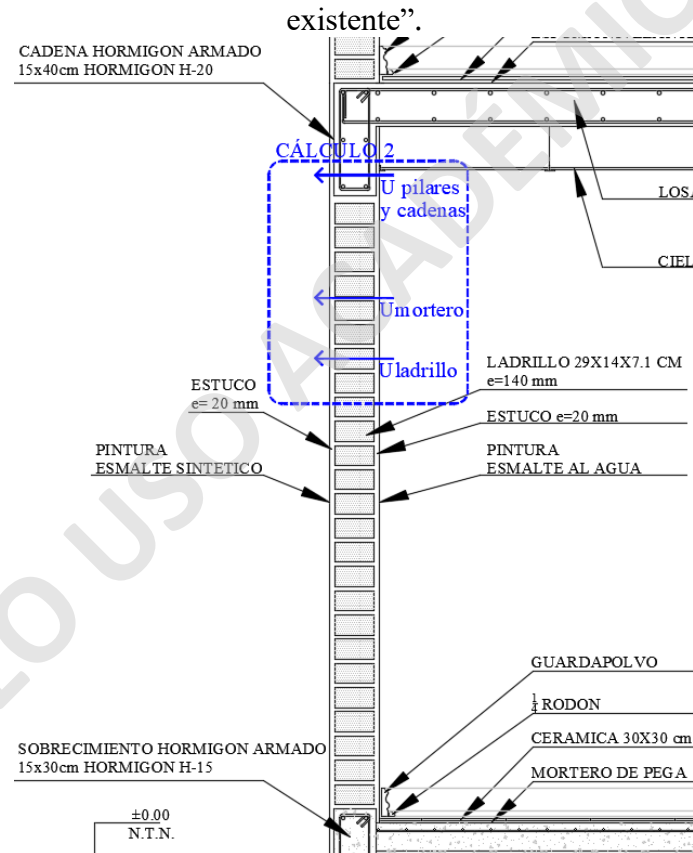
1.5 Resultado

Valor U techumbre existente: $1,97 \text{ W/m}^2\text{K}$

2 Cálculo de transmitancia térmica muro exterior

A continuación, se mostrarán los cálculos de transmitancia térmica del muro exterior existente. Es dable destacar que para los presentes cálculos no serán considerados los materiales con espesores inferiores a 3 mm como, por ejemplo: papeles, folios y laminas delgadas, esto según a lo establecido en la norma NCh 853. Excepto, cuanto el elemento analizado posea una cámara de aire confinada y esta posea materiales con caras brillantes como, por ejemplo: lamina de aluminio o fierro galvanizado brillante, solo para este caso si se contemplarán en los siguientes cálculos agregando la resistencia térmica por emisividad correspondiente al abaco determinado por la misma norma, dado que estos contribuyen a aumentar la resistencia térmica de la cámara de aire confinada.

Imagen N° 48: Identificación cálculo de transmitancia térmica “muro exterior existente”.

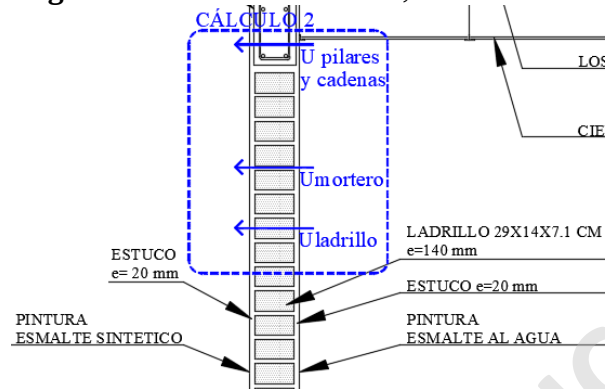


Fuente: Elaboración propia.

En esta imagen se puede apreciar que el muro exterior no posee ningún material aislante térmico, siendo el único elemento que protege a sus ocupantes de las condiciones climáticas y por donde se pierde y gana energía calórica, dependiendo del clima y la estación del año. Por lo que si se analiza los materiales que lo componen, se puede apreciar tres configuraciones por donde se produce transmitancia térmica denominándolas U ladrillo, U mortero y U pilares y cadenas, como se detalla los siguientes cálculos.

2.1 Flujo horizontal / sección ladrillo

Imagen N° 49: Calculo valor U, sección ladrillo.



Fuente: Elaboración propia.

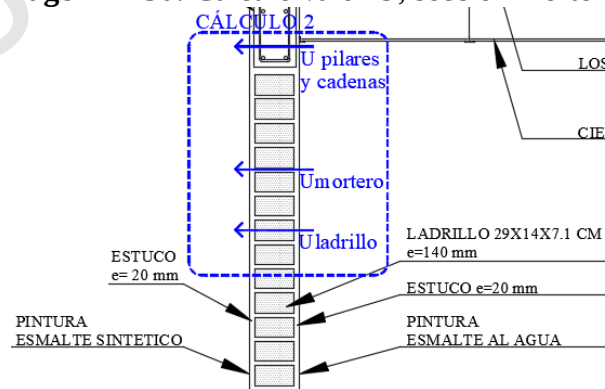
Elemento	Material	Espesor (mm)	Espesor (m)	Conductividad térmica (W/mK)	Resistencia térmica (M²K/W)	Fuente
Estuco	Mortero	20	0,020	1,40	0,01	conductividad térmica NCh853
Ladrillo	Arcilla	140	0,140	0,93	0,15	conductividad térmica NCh853
Estuco	Mortero	20	0,020	1,40	0,01	conductividad térmica NCh853
Rsi					0,12	Rsi NCh853
Rse					0,05	Rse NCh853
Total resistencia térmica					0,35	
Total transmitancia térmica					2,86	

Resultado:

Valor U sección ladrillo: $2,86 \text{ W/m}^2\text{K}$

2.2 Flujo horizontal / sección mortero

Imagen N° 50: Calculo valor U, sección mortero.



Fuente: Elaboración propia.

Elemento	Material	Espesor (mm)	Espesor (m)	Conductividad térmica (W/mK)	Resistencia térmica (M²K/W)	Fuente
Estuco	Mortero	20	0,020	1,40	0,01	conductividad térmica NCh853
Mortero	Mortero	140	0,140	1,40	0,10	conductividad térmica NCh853

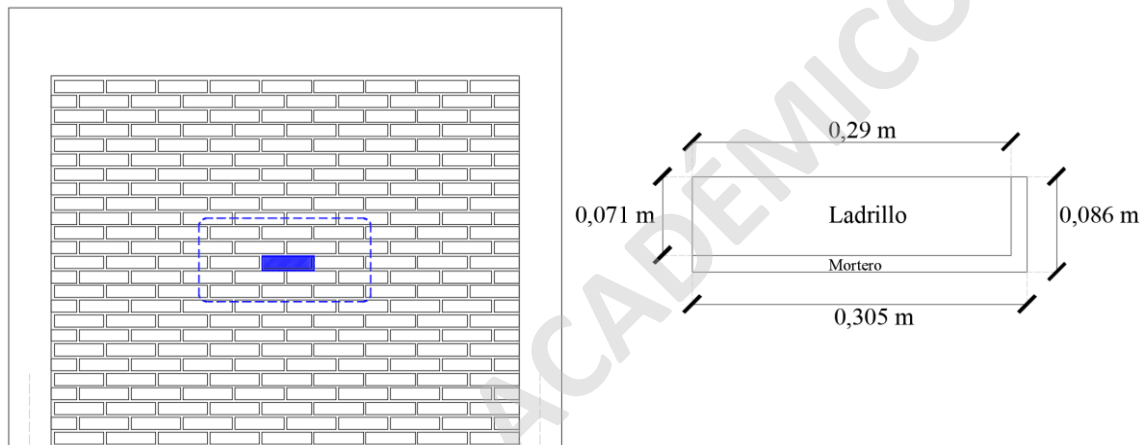
Estuco	Mortero	20	0,020	1,40	0,01	conductividad térmica NCh853
Rsi					0,12	Rsi NCh853
Rse					0,05	Rse NCh853
Total resistencia térmica					0,30	
Total transmitancia térmica					3,35	

Resultado:

Valor U sección mortero: $3,35 \text{ W/m}^2\text{K}$

2.3 Cálculo de superficies

Imagen N° 51: Superficie ladrillo.



Fuente: Elaboración propia.

$$S. \text{ ladrillo y mortero} = 0,305 \text{ m} \times 0,086 \text{ m} = 0,02623 \text{ m}^2$$

$$S. \text{ ladrillo} = 0,29 \text{ m} \times 0,071 \text{ m} = 0,02059 \text{ m}^2$$

$$S. \text{ mortero} = S. \text{ ladrillo y mortero} - S. \text{ ladrillo}$$

$$S. \text{ mortero} = 0,02623 - 0,02059 = 0,00564 \text{ m}^2$$

2.4 Cálculo total ponderado / superficie albañilería

$$U_{\text{ponderado}} = \frac{(U_{\text{ladrillo}} \times S. \text{ ladrillo}) + (U_{\text{mortero}} \times S. \text{ mortero})}{S. \text{ ladrillo y mortero}}$$

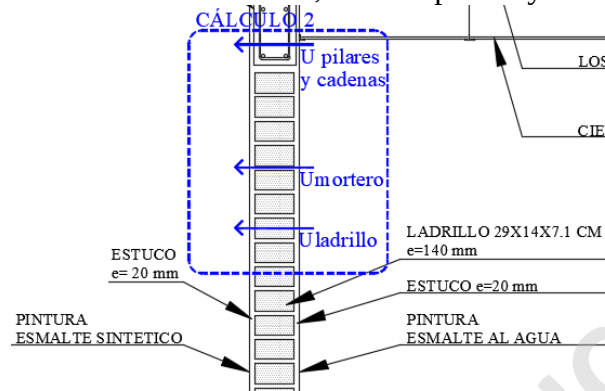
$$U_{\text{ponderado}} = \frac{(2,86 \times 0,02059) + (3,35 \times 0,00564)}{0,02623} = 2,97 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Resultado:

Valor U superficie albañilería: $2,97 \text{ W/m}^2\text{K}$

2.5 Flujo horizontal / sección pilares y cadena H.A.

Imagen N° 52: Calculo valor U, sección pilares y cadena H.A.



Fuente: Elaboración propia.

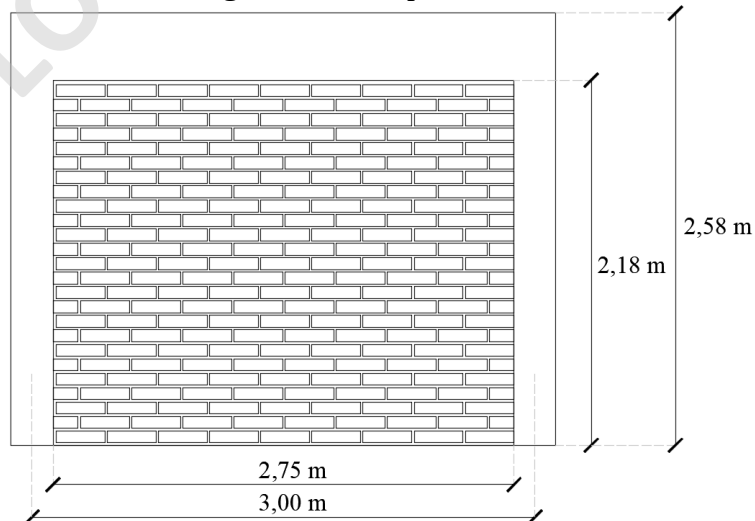
Elemento	Material	Espesor (mm)	Espesor (m)	Conductividad térmica (W/mK)	Resistencia térmica (M²K/W)	Fuente
Estuco	Mortero	15	0,015	1,40	0,01	conductividad térmica NCh853
Pilares y cadena	Hormigón armado	150	0,150	1,63	0,09	conductividad térmica NCh853
Estuco	Mortero	15	0,015	1,40	0,01	conductividad térmica NCh853
Rsi					0,12	Rsi NCh853
Rse					0,05	Rse NCh853
Total resistencia térmica					0,28	
Total transmitancia térmica					3,53	

Resultado:

Valor U sección pilares y cadena de H.A.: $3,53 \text{ W/m}^2\text{K}$

2.6 Cálculo de superficies

Imagen N° 53: Superficie muro.



Fuente: Elaboración propia.

$$S. \text{ muro} = 3,00 \text{ m} \times 2,58 \text{ m} = 7,74 \text{ m}^2$$

$$S. \text{ albañilería} = 2,75 \text{ m} \times 2,18 \text{ m} = 5,995 \text{ m}^2$$

$$S. \text{ hormigón armado} = S. \text{ muro} - S. \text{ albañilería}$$

$$S. \text{ hormigón armado} = 7,74 - 5,995 = 1,745 \text{ m}^2$$

2.7 Cálculo total ponderado / Superficie muro

$$U_{\text{ponderado}} = \frac{(U_{\text{albañilería}} \times S. \text{ albañilería}) + (U_{\text{hormigón armado}} \times S. \text{ hormigón armado})}{S. \text{ muro}}$$

$$U_{\text{ponderado}} = \frac{(2,97 \times 5,995) + (3,53 \times 1,745)}{7,74} = 3,09 \text{ W/m}^2\text{K}$$

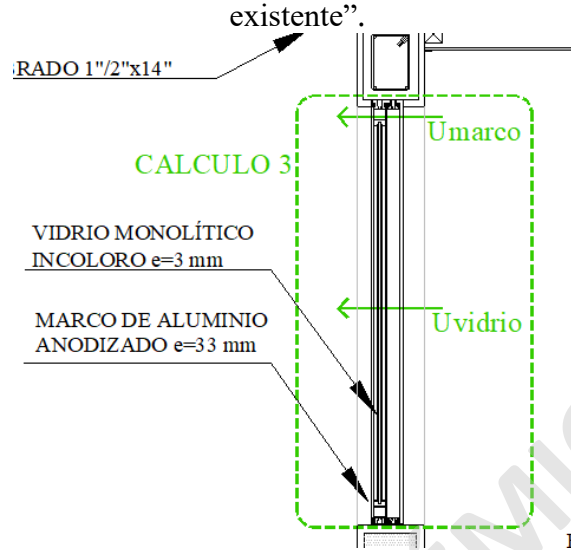
2.8 Resultado

Valor U muro exterior existente: $3,09 \text{ W/m}^2\text{K}$

3 Cálculo de transmitancia térmica ventana exterior

A continuación, se mostrarán los cálculos de transmitancia térmica de una ventana exterior representativa y existente. Es dable destacar que para los presentes cálculos se utilizara el valor $\lambda_j = 1,0 \text{ W/mK}$ en la conductividad térmica del vidrio, por la ausencia de información específica de material en cuestión y $R_f = 0$ para marcos metálicos sin resistencia térmica, ya que los marcos y bastidores de las ventanas existentes todas no poseen ningún tratamiento para agregar resistencia térmica al elemento y $\Psi_g = 0$ por tratarse de un vidriado simple, sin efecto espaciador, todo lo anterior según a lo establecido en la norma NCh 3137/1.

Imagen N° 54: Identificación cálculo de transmitancia térmica “ventana exterior existente”.



Fuente: Elaboración propia.

3.1 Flujo horizontal / vidrio

El valor U_g , correspondiente a la transmitancia térmica del vidrio, se calcula de acuerdo con la norma NCh3137/1 y según la siguiente formula:

$$U_g = \frac{1}{R_{se} + \sum_j \frac{d_j}{\lambda_j} + R_{si}}$$

En que:

- R_{se} : Resistencia de superficie externa.
- d_j : Espesor del vidrio de cristal o capa de material j ;
- λ_j : Conductividad térmica del vidrio o capa de material j ;
- R_{si} : Resistencia de superficie interna.

FUENTE		
R_{SE}	: 0,04 m²xK/W.	Rsi NCh3137/1
D_j	: 0,003 m.	Según vidrio
λ_j	: 1,00 w/mk.	NCh3137/1
R_{SI}	: 0,13 m²xK/W.	Rsi NCh3137/1

Resultado:

Valor $U_g = 5,78 \text{ W/m}^2\text{K}$

3.2 Flujo horizontal / marco metálico sin resistencia térmica

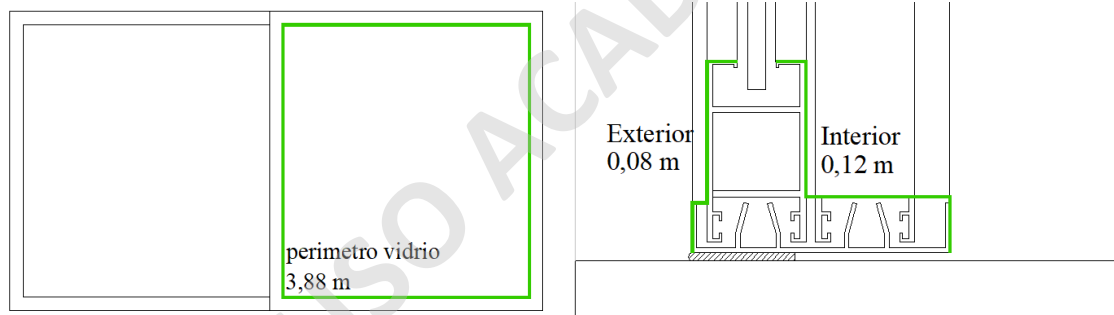
El valor U_f , correspondiente a la transmitancia térmica del marco metálico sin resistencia térmica, se calcula de acuerdo con la norma NCh3137/1 y según la siguiente formula:

$$U_f = \frac{1}{R_{si} A_{f,i} / A_{f,di} + R_f + R_{se} A_{f,e} / A_{f,de}}$$

En que:

- $A_{f,di}$; $A_{f,de}$; $A_{f,i}$; $A_{f,e}$: Áreas según se define en la cláusula 4, expresada en m².
 R_{si} : Resistencia apropiada de la superficie interna del marco, en m²xK/W.
 R_{se} : Resistencia apropiada de la superficie externa del marco, en m²xK/W.
 R_f : Resistencia térmica de la sección del marco, en m²xK/W.

Imagen N° 55: Superficie de marco, ventana existente.



Fuente: Elaboración propia.

FUENTE		
R_{si}	: 0,13 m ² xK/W.	Rsi NCh3137/1
$A_{f,i}$	: 0,4656 m ² .	Calculado
$A_{f,di}$	: 0,4656 m ² .	Calculado
R_f	: 0 m ² xK/W (marco metálico sin resistencia térmica).	R_f NCh3137/1
R_{se}	: 0,04 m ² xK/W.	Rsi NCh3137/1
$A_{f,e}$	: 0,4656 m ² .	Calculado
$A_{f,de}$	: 0,3104 m ² .	Calculado

Resultado:

Valor $U_f = 5,26 \text{ W/m}^2\text{K}$

3.3 Flujo horizontal / ventana

El valor U_w , correspondiente a la transmitancia térmica global de la ventana, se calcula de acuerdo con la norma NCh3137/1 y según la siguiente formula:

$$U_w = \frac{\sum A_g U_g + \sum A_f U_f + \sum l_g \Psi_g}{A_g + A_f}$$

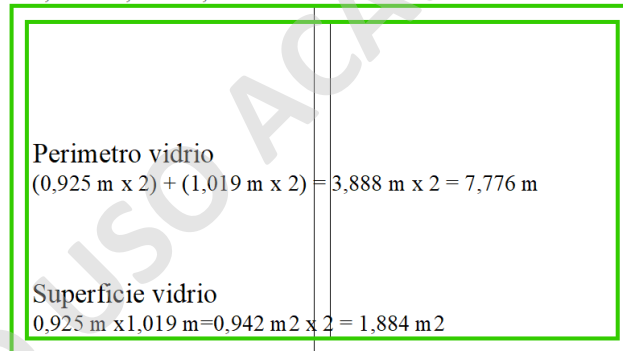
En que:

- A_g : Superficie del vidrio(s) de la ventana (m^2)
- U_g : Transmitancia térmica del vidrio(s) de la ventana (W/m^2K)
- A_f : Superficie del perfil o marco de la ventana (m^2)
- U_f : Transmitancia térmica del marco de la ventana (W/m^2K)
- l_g : Perímetro del vidrio (m)
- Ψ_g : Transmitancia térmica lineal, debido al efecto combinado del vidrio, espaciador y marco (W/mK)

Imagen N° 56: Superficie de ventana existente.

Superficie ventana

2,00 m x 1,12 m = 2,24 m²



Fuente: Elaboración propia.

		FUENTE
A_G	: 1,884 m ²	Calculado
U_G	: 5,78 W/m ² K	Calculado NCh3137/1
A_F	: 0,356 m ²	Calculado
U_F	: 5,26 W/m ² K	Calculado NCh3137/1
L_G	: 7,776 m	Calculado
Ψ_G	: 0 (vidriado simple, se debe tomar como cero, sin efecto espaciador)	NCh3137/1

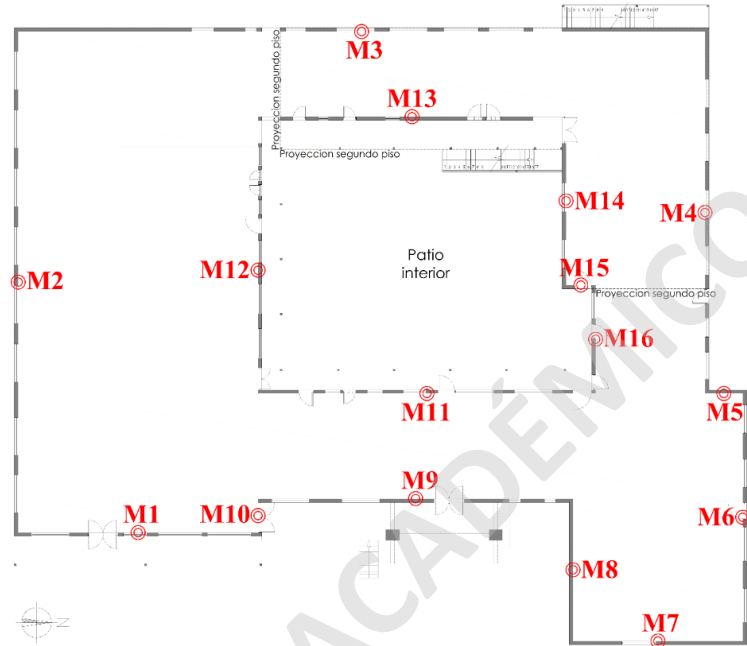
3.4 Resultado

Valor U_w ventana existente: 5,68 W/m²K

4 Cálculo de porcentaje de superficie vidriada

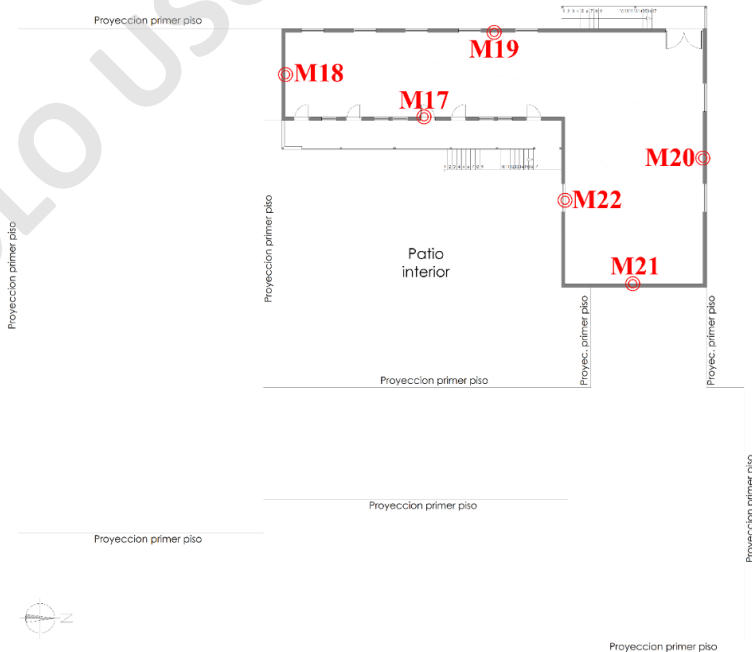
Superficie interior de muros perimetrales

Imagen N° 57: Planta primer piso, identificación de muros perimetrales.



Fuente: Elaboración propia.

Imagen N° 58: Planta segundo piso, identificación de muros perimetrales.



Fuente: Elaboración propia.

Identificado los muros perimetrales y sus superficies interiores de los muros perimetrales, según plantas que anteceden a continuación se elaboró el siguiente cuadro de superficies especificando sus medidas, considerando una altura de piso a cielo de 2.3 m.

Tabla N° 11: Cuadro de superficies, muros perimetrales primer y segundo piso.

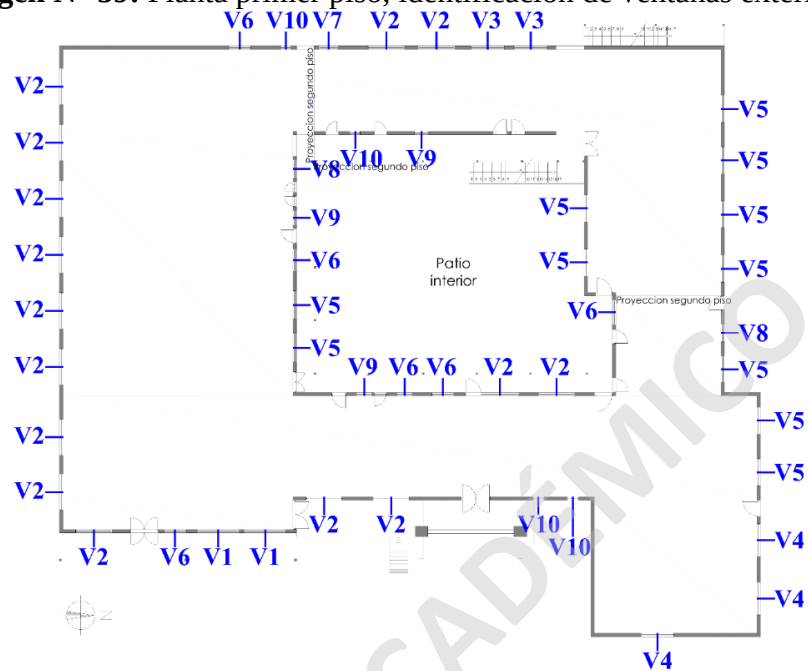
Piso	Superficie interior Muro Perimetral	Largo (m)	Alto (m)	M2
1	M1	12,7	2,3	29,3
1	M2	26,6	2,3	61,1
1	M3	36,4	2,3	83,8
1	M4	19,2	2,3	44,1
1	M5	2,0	2,3	4,6
1	M6	13,1	2,3	30,2
1	M7	9,0	2,3	20,7
1	M8	7,6	2,3	17,4
1	M9	16,7	2,3	38,4
1	M10	1,8	2,3	4,1
1	M11	17,9	2,3	41,2
1	M12	14,7	2,3	33,7
1	M13	16,3	2,3	37,6
1	M14	8,9	2,3	20,5
1	M15	1,6	2,3	3,6
1	M16	5,8	2,3	13,2
2	M17	15,0	2,3	34,4
2	M18	4,5	2,3	10,4
2	M19	22,3	2,3	51,3
2	M20	13,4	2,3	30,9
2	M21	7,4	2,3	17,0
2	M22	8,9	2,3	20,5

TOTAL 647,9

Fuente: Elaboración propia.

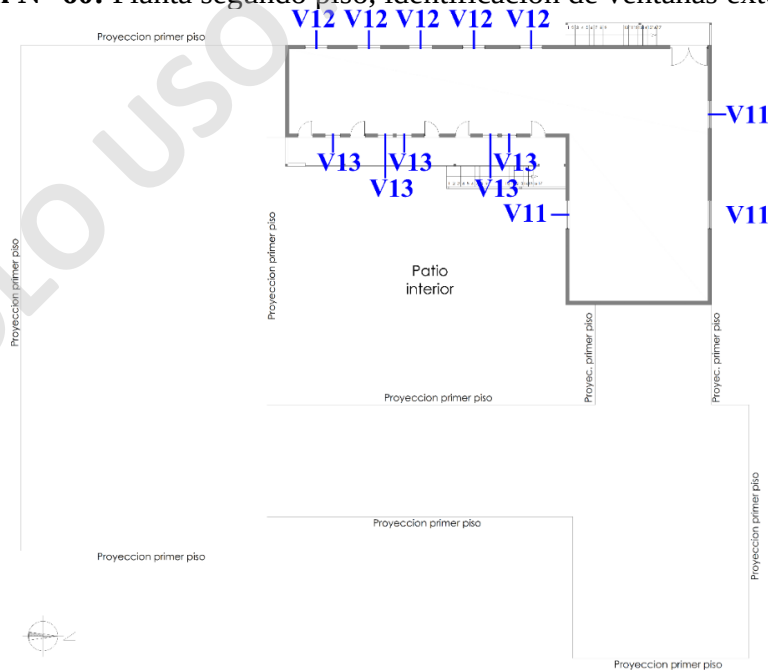
Superficie de ventanas

Imagen N° 59: Planta primer piso, identificación de ventanas exteriores.



Fuente: Elaboración propia.

Imagen N° 60: Planta segundo piso, identificación de ventanas exteriores.



Fuente: Elaboración propia.

Identificados los tipos de ventanas y sus unidades como lo muestra las plantas que anteceden a continuación se elabora el siguiente cuadro de superficies especificando sus medidas.

Tabla N° 12: Cuadro de superficies, ventanas exteriores primer y segundo piso.

Piso	Ventana tipo	Largo (m)	Alto (m)	M2	Unidades	M2
1	V1	2,3	1,5	3,5	2	6,9
1	V2	2,0	1,5	3,0	15	45,0
1	V3	1,8	0,5	0,9	2	1,8
1	V4	1,8	1,5	2,7	3	8,1
1	V5	1,5	1,5	2,3	11	25,2
1	V6	1,2	1,5	1,8	5	9,0
1	V7	1,0	1,5	1,5	1	1,5
1	V8	1,0	0,5	0,5	2	1,0
1	V9	0,8	0,5	0,4	4	1,6
1	V10	0,6	0,5	0,3	4	1,2
2	V11	1,5	1,0	1,5	3	4,5
2	V12	1,2	1,0	1,2	5	6,0
2	V13	0,8	0,5	0,4	5	2,0
TOTAL						113,8

Fuente: Elaboración propia.

$$\% \text{ superficie vidriada} = \frac{\text{Total, Superficie ventanas}}{\text{Total, Superficie Interior Muros Perimetrales}}$$

$$\% \text{ superficie vidriada} = \frac{113,8 \text{ m}^2}{647,9 \text{ m}^2}$$

$$\% \text{ superficie vidriada} = 18\%$$

Resultados obtenidos:

Tabla N° 13: Cuadro resultado de transmitancias térmicas, caso de estudio.

CASO DE ESTUDIO CUARTEL PDI MAIPÚ	
TRANSMITANCIA TÉRMICA TECHUMBRE (W/m ² K)	1,97
TRANSMITANCIA TÉRMICA MURO EXTERIOR (W/m ² K)	3,09
TRANSMITANCIA TÉRMICA PISOS VENTILADOS (W/m ² K)	NO POSEE
TRANSMITANCIA TÉRMICA VENTANA EXTERIOR (W/m ² K)	5,68
PORCENTAJE DE SUPERFICIE VIDRIADA	18%

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de los resultados obtenidos

Caso de estudio con respecto a la Reglamentación Térmica (Art. 4.1.10. O.G.U.C.)

Según la ubicación geográfica del inmueble “caso de estudio”, Maipú se encuentra inserto en la zona térmica 3, como lo grafica la siguiente imagen.

Imagen N° 61: Extracto de mapa y simbología de zonificación térmica.



LEYENDA	ZONA	GRADO DÍA
	Zona 1	≤ 500
	Zona 2	> 500 - ≤ 750
	Zona 3	> 750 - ≤ 1000
	Zona 4	> 1000 - ≤ 1250
	Zona 5	> 1250 - ≤ 1500
	Zona 6	> 1500 - ≤ 2000
	Zona 7	> 2000

Fuente: Elaboración propia, con información Manual de aplicación R.T.

Conforme con lo anterior, las exigencias térmicas establecidas en la reglamentación térmica, según mapa de zonificación térmica son las siguientes:

Tabla N° 14: Cuadro exigencias de acondicionamiento térmico, zona térmica 3.

Zona térmica	Techumbre			Muros			Pisos ventilados		
	U max	Rt min	R100 min	U max	Rt min	R100 min	U max	Rt min	R100 min
	W/m²K	m²K/W	-	W/m²K	m²K/W	-	W/m²K	m²K/W	-
1	0,84	1,19	94	4,00	0,25	23	3,60	0,28	23
2	0,60	1,67	141	3,00	0,33	23	0,87	1,15	98
3	0,47	2,13	188	1,90	0,53	40	0,70	1,43	126
4	0,38	2,63	235	1,70	0,59	46	0,60	1,67	150
5	0,33	3,03	282	1,60	0,63	50	0,50	2,00	183
6	0,28	3,57	329	1,10	0,91	78	0,39	2,56	239
7	0,25	4,00	376	0,60	1,67	154	0,32	3,13	295

Fuente: Elaboración propia, con información Art. 4.1.10. O.G.U.C.

Por lo tanto, al comparar los resultados obtenidos, con la reglamentación térmica (4.1.10. O.G.U.C.) se puede apreciar que no cumple con las exigencias mínimas de acondicionamiento térmico, recordando que mientras menor es el valor de transmitancia térmica, menos es la cantidad de energía calórica que atraviesa por el sistema constructivo desde el interior al exterior y viceversa.

Tabla N° 15: Transmitancias térmicas caso de estudio v/s exigencias reglamentación térmica.

CASO DE ESTUDIO CUARTEL PDI MAIPÚ	REGLEMENTACION TÉRMICA ARTICULO 4.1.10. O.G.U.C. ZONA TÉRMICA 3
TRANSMITANCIA TÉRMICA TECHUMBRE (W/m²K) 1,97	TRANSMITANCIA TÉRMICA TECHUMBRE (W/m²K) 0,47
TRANSMITANCIA TÉRMICA MURO EXTERIOR (W/m²K) 3,09	TRANSMITANCIA TÉRMICA MURO EXTERIOR (W/m²K) 1,90
TRANSMITANCIA TÉRMICA PISOS VENTILADOS (W/m²K) NO POSEE	TRANSMITANCIA TÉRMICA PISOS VENTILADOS (W/m²K) 0,70
TRANSMITANCIA TÉRMICA VENTANA EXTERIOR (W/m²K) 5,68	TRANSMITANCIA TÉRMICA VENTANA EXTERIOR (W/m²K) NO ESTABLECE
PORCENTAJE DE SUPERFICIE VIDRIADA 18%	PORCENTAJE DE SUPERFICIE VIDRIADA 25%

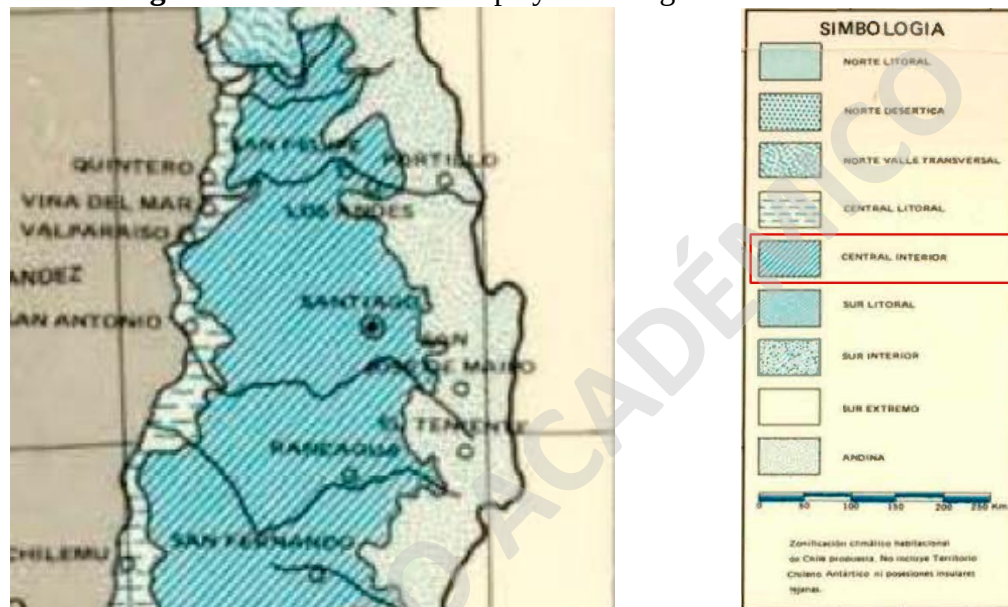
Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, se corrobora y se reafirma los problemas de confort térmico que afectan a los usuarios del inmueble. A excepción del porcentaje máximo de superficie vidria, único parámetro con el cual cumpliría el inmueble.

Caso de estudio con respecto a la norma NCh 1079

Según la ubicación geográfica del inmueble “caso de estudio”, Maipú se encuentra inserto en la zona climática 5 (central interior), como lo grafica la siguiente imagen.

Imagen N° 62: Extracto de mapa y simbología de zonificación climática.



Fuente: Elaboración propia, con información NCh 1079.

Conforme con lo anterior, las recomendaciones térmicas establecidas en la norma NCh 1079, según mapa de zonificación climática son las siguientes:

Tabla N° 16: Cuadro recomendaciones de acondicionamiento térmico, zona climática 5 (CI).

Zona climática		Techumbre (Techumbre opaca)	Muros (Elementos opacos verticales)	Pisos ventilados	Ventanas (Elementos vidriados verticales)
		U max	U max	U max	U max
		W/m2*K	W/m2*K	W/m2*K	W/m2*K
1	NL	0,80	2,00	3,00	5,80
2	ND	0,40	0,50	0,70	3,00
3	NVT	0,60	0,80	1,20	3,00
4	CL	0,60	0,80	1,20	3,00
5	CI	0,50	0,60	0,80	3,00
6	SL	0,40	0,60	0,80	3,00
7	SI	0,30	0,50	0,70	3,00
8	SE	0,25	0,40	0,50	2,40
9	AN	0,25	0,30	0,40	2,40

Fuente: Elaboración propia, con información NCh 1079.

Por lo tanto, al comparar los resultados obtenidos, con la norma NCh 1079 se puede apreciar que tampoco cumpliría con los valores recomendados de transmitancia térmica, recordando que mientras menor es el valor de transmitancia térmica, menos es la cantidad de energía calórica que atraviesa por el sistema constructivo desde el interior al exterior y viceversa.

Tabla N° 17: Transmitancias térmicas caso de estudio v/s recomendaciones NCh 1079.

CASO DE ESTUDIO CUARTEL PDI MAIPÚ	NORMA CHILENA NCh 1079 ZONA CLIMÁTICA 5
TRANSMITANCIA TÉRMICA TECHUMBRE (W/m ² K) 1,97	TRANSMITANCIA TÉRMICA TECHUMBRE (W/m ² K) 0,50
TRANSMITANCIA TÉRMICA MURO EXTERIOR (W/m ² K) 3,09	TRANSMITANCIA TÉRMICA MURO EXTERIOR (W/m ² K) 0,60
TRANSMITANCIA TÉRMICA PISOS VENTILADOS (W/m ² K) NO POSEE	TRANSMITANCIA TÉRMICA PISOS VENTILADOS (W/m ² K) 0,80
TRANSMITANCIA TÉRMICA VENTANA EXTERIOR (W/m ² K) 5,68	TRANSMITANCIA TÉRMICA VENTANA EXTERIOR (W/m ² K) 3,00
PORCENTAJE DE SUPERFICIE VIDRIADA 18%	PORCENTAJE DE SUPERFICIE VIDRIADA NO ESTABLECE

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, apoya el análisis anterior y también valida los problemas de confort térmico que afectan a los usuarios del inmueble.

Conclusiones

Al analizar y comparar los resultados obtenidos con ambas normativas, se puede reflejar que no cumple con ninguna normativa de acondicionamiento térmico, cumpliendo solamente con el porcentaje máximo de superficie vidriada que exige la reglamentación térmica (Art. 4.1.10. O.G.U.C.).

Tabla N° 18: Transmitancias térmicas caso de estudio v/s RT y NCh 1079.

CASO DE ESTUDIO CUARTEL PDI MAIPÚ	REGLAMENTACION TÉRMICA ARTICULO 4.1.10. O.G.U.C. ZONA TÉRMICA 3	NORMA CHILENA NCh 1079 ZONA CLIMÁTICA 5
TRANSMITANCIA TÉRMICA TECHUMBRE (W/m ² K) 1,97	TRANSMITANCIA TÉRMICA TECHUMBRE (W/m ² K) 0,47	TRANSMITANCIA TÉRMICA TECHUMBRE (W/m ² K) 0,50
TRANSMITANCIA TÉRMICA MURO EXTERIOR (W/m ² K) 3,09	TRANSMITANCIA TÉRMICA MURO EXTERIOR (W/m ² K) 1,90	TRANSMITANCIA TÉRMICA MURO EXTERIOR (W/m ² K) 0,60
TRANSMITANCIA TÉRMICA PISOS VENTILADOS (W/m ² K) NO POSEE	TRANSMITANCIA TÉRMICA PISOS VENTILADOS (W/m ² K) 0,70	TRANSMITANCIA TÉRMICA PISOS VENTILADOS (W/m ² K) 0,80
TRANSMITANCIA TÉRMICA VENTANA EXTERIOR (W/m ² K) 5,68	TRANSMITANCIA TÉRMICA VENTANA EXTERIOR (W/m ² K) NO ESTABLECE	TRANSMITANCIA TÉRMICA VENTANA EXTERIOR (W/m ² K) 3,00
PORCENTAJE DE SUPERFICIE VIDRIADA 18%	PORCENTAJE DE SUPERFICIE VIDRIADA 25%	PORCENTAJE DE SUPERFICIE VIDRIADA NO ESTABLECE

Fuente: Elaboración propia.

También cabe destacar que para este caso, el valor de transmitancia térmica más exigente en el parámetro techumbre corresponde a la reglamentación térmica, en el parámetro muros corresponde a la norma NCh 1079, en el parámetro pisos ventilados corresponde a la reglamentación térmica, pero para efecto de este caso no se considerará debido a que no se posee dicho elemento, en el parámetro porcentaje de superficie vidriada solo lo exige la reglamentación térmica y estaría en su cumplimiento, no obstante, no cumple con la transmitancia térmica recomendada por la norma NCh 1079 por lo tanto, solo se contemplará el parámetro transmitancia térmica de elementos vidriados.

Tabla N° 19: Transmitancias térmicas caso de estudio v/s RT y NCh 1079, con checklist.

CASO DE ESTUDIO CUARTEL PDI MAIPÚ	REGLAMENTACION TÉRMICA ARTICULO 4.1.10. O.G.U.C. ZONA TÉRMICA 3	NORMA CHILENA NCh 1079 ZONA CLIMÁTICA 5
TRANSMITANCIA TÉRMICA TECHUMBRE (W/m2K) 1,97	TRANSMITANCIA TÉRMICA TECHUMBRE (W/m2K) 0,47	TRANSMITANCIA TÉRMICA TECHUMBRE (W/m2K) 0,50
TRANSMITANCIA TÉRMICA MURO EXTERIOR (W/m2K) 3,09	TRANSMITANCIA TÉRMICA MURO EXTERIOR (W/m2K) 1,90	TRANSMITANCIA TÉRMICA MURO EXTERIOR (W/m2K) 0,60
TRANSMITANCIA TÉRMICA PISOS VENTILADOS (W/m2K) NO POSEE	TRANSMITANCIA TÉRMICA PISOS VENTILADOS (W/m2K) 0,70	TRANSMITANCIA TÉRMICA PISOS VENTILADOS (W/m2K) 0,80
TRANSMITANCIA TÉRMICA VENTANA EXTERIOR (W/m2K) 5,68	TRANSMITANCIA TÉRMICA VENTANA EXTERIOR (W/m2K) NO ESTABLECE	TRANSMITANCIA TÉRMICA VENTANA EXTERIOR (W/m2K) 3,00
PORCENTAJE DE SUPERFICIE VIDRIADA 18%	PORCENTAJE DE SUPERFICIE VIDRIADA 25%	PORCENTAJE DE SUPERFICIE VIDRIADA NO ESTABLECE

Fuente: Elaboración propia.

De los valores destacados anteriormente, serán utilizados como base de mejoramiento térmico para el presente proyecto, con el objetivo de cumplir con los estándares de ambas normativas de acondicionamiento térmico y considerando que no existen una reglamentación térmica específica para cuarteles policiales existentes.

CAPÍTULO V: PROYECTO DE MEJORAMIENTO TÉRMICO

Para la selección de las soluciones constructivas de acondicionamiento térmico a incorporar en el presente caso de estudio, hay que tomar en cuenta lo siguiente, primero el inmueble a intervenir no puede dejar de funcionar por las labores que cumple la policía, segundo no existe la posibilidad de trasladar a sus ocupantes a otras dependencias, mientras se realizan las intervenciones. Por lo tanto, para no afectar el funcionamiento, la incorporación del material aislante deberá ser por el exterior y de no ser posible o factible por el interior, considerando en todo momento que el proyecto se tendrá que abordar por etapas, por las razones antes expuestas.

Además, se argumenta que, al incorporar el material aislante por el exterior en conjunto a su solución constructiva, "para el caso de muros" además de aislar térmicamente e impermeabiliza la superficie, se entrega una protección tipo armadura, retardando su deterioro por agentes externos y a las condiciones climáticas, por consiguiente, preservación de la infraestructura.

Mejoramiento térmico techumbre

Para proyectar la solución de acondicionamiento térmico en la techumbre existente, se tomaron las siguientes consideraciones:

Consideraciones:

El revestimiento de cubierta existente “teja colonial chilena” se encuentra en perfectas condiciones. Por lo tanto, no se contempla su retiro.

Imagen N° 63: Cubierta de techumbre existente.



Fuente: Levantamiento fotográfico.

Como se observó material aislante térmico “Poliestireno expandido” mal instalado y deteriorado en el primer piso y nula aislación térmica en el segundo piso. Se contempla el retiro del material aislante existente, para instalar en toda la techumbre nuevo material aislante térmico compuesto por dos capas de “lana de poliéster”, que cubrirán el espacio existente entre cercha, que será instalado de tal forma que no deje ningún espacio que permita ganancias o pérdida de energía calorífica. Además, para una mejor colocación y permanencia en el tiempo del material aislante, previo a la instalación de la lana poliéster, se considera la instalación de una “malla soldada galvanizada cuadros” que será fijada entre cerchas y subestructura de cielo existente, para generar una base estable para la colocación de la lana poliéster, la cual evitará la caída de este material.

Imagen N° 64: Entretecho primer piso con aislación térmica mal instalada y segundo piso sin aislación térmica.



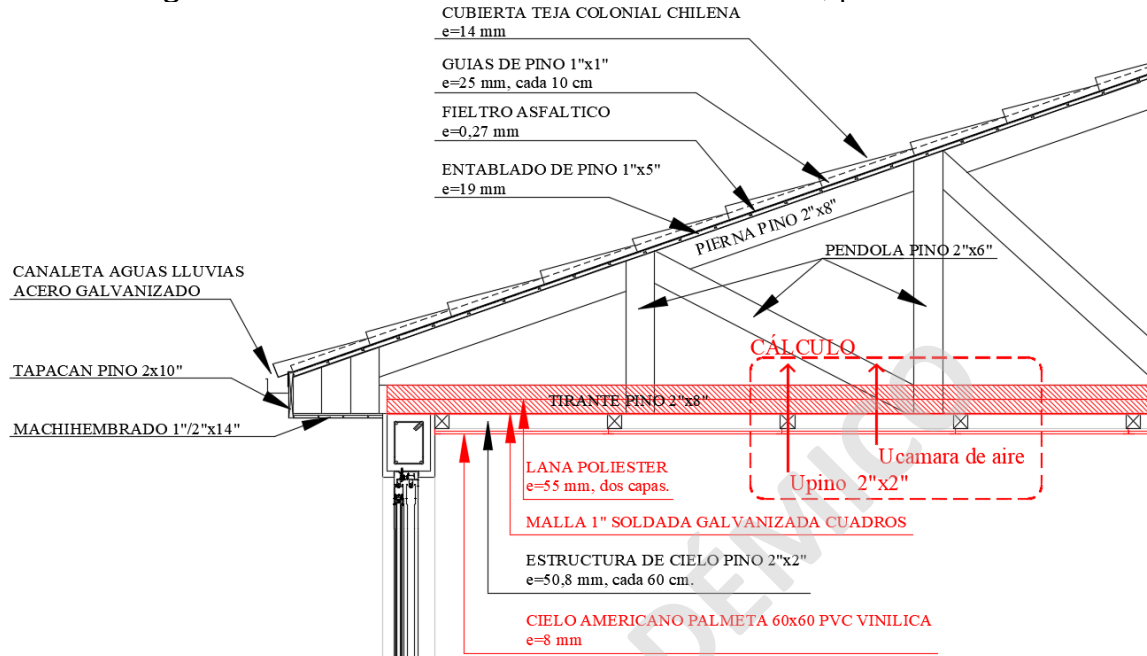
Fuente: Levantamiento fotográfico.

Finalmente, como se regularizará toda la techumbre incorporando correctamente un material aislante térmico, se considerará el cambio del cielo existente por “cielo americano, palmeta 60x60 PVC vinílico. Además, considerando la reposición del cielo y los problemas de sobre consumo de energía eléctrica, se contempla el reemplazo de la luminaria existente por luminaria led “panel led 60x60, luz fría” para recintos utilizados como oficina y “panel led circular, luz fría” para recintos tales como baños, archivos y pasillos, lo que permitirá bajar la carga de energía del inmueble.

Solución constructiva:

La solución constructiva que se proyectó para el mejoramiento térmico de la techumbre, consiste en incorporar el material aislante térmico sobre la estructura de cielo, solución que se denomina “techumbre fría”, la decisión radica en que su entretecho no es habitable, por lo tanto, no se justifica la incorporación del material aislante bajo cubierta, argumentando además que si se incorporase la aislación térmica bajo cubierta significaría más m² de intervención, dado a las inclinaciones de las aguas de la techumbre, lo que se traduce en una mayor inversión y en comparación a la aislación sobre el cielo se requiere menos m² de intervención, por aislar solo la superficie horizontal de la techumbre y por otro lado lo que se busca es acotar el volumen que demanda de climatización, objetivo que cumple la solución “techumbre fría”.

Imagen N° 65: Solución de acondicionamiento térmico, para techumbre.



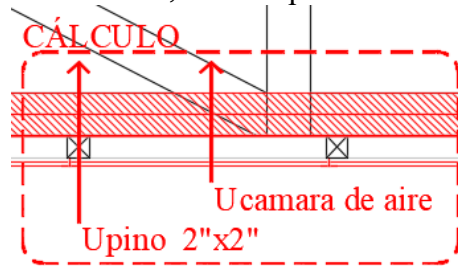
Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de transmitancia térmica techumbre proyectada

A continuación, se mostrarán los cálculos de transmitancia térmica de la techumbre, considerando la solución constructiva proyectada, con la finalidad de validar el cumplimiento del estándar propuesto. Es dable destacar que para los presentes cálculos no serán considerados los materiales con espesores inferiores a 3 mm como, por ejemplo: papeles, folios y laminas delgadas, esto según a lo establecido en la norma NCh 853. Excepto, cuanto el elemento analizado posea una cámara de aire confinada y esta posea materiales con caras brillantes como, por ejemplo: lamina de aluminio o fierro galvanizado brillante, solo para este caso si se contemplarán en los siguientes cálculos agregando la resistencia térmica por emisividad correspondiente al abaco determinado por la misma norma, dado que estos contribuyen a aumentar la resistencia térmica de la cámara de aire confinada.

1.1 Flujo ascendente / sección pino 2"x2"

Imagen N° 66: Calculo valor U, sección pino 2"x2" con aislación térmica.



Fuente: Elaboración propia.

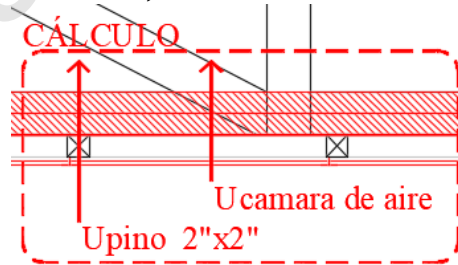
Elemento	Material	Espesor (mm)	Espesor (m)	Conductividad térmica (W/mK)	Resistencia térmica (M²K/W)	Fuente
Cielo americano	Yeso-cartón	8	0,008	0,24	0,03	conductividad térmica NCh853
Estructura de cielo	Madera pino insigne	50,8	0,051	0,104	0,49	conductividad térmica NCh853
Aislación térmica	Lana poliéster	55	0,055	0,058	0,95	conductividad térmica Proveedor feltrex
Aislación térmica	Lana poliéster	55	0,055	0,058	0,95	conductividad térmica Proveedor feltrex
Rsi					0,10	Rsi NCh853
Rse					0,10	Rse NCh853
Total resistencia térmica					2,62	
Total transmitancia térmica					0,38	

Resultado:

Valor U sección pino 2"x2": $0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$

1.2 Flujo ascendente / sección cámara de aire

Imagen N° 67: Calculo valor U, sección cámara de aire con aislación térmica.



Fuente: Elaboración propia.

Elemento	Material	Espesor (mm)	Espesor (m)	Conductividad térmica (W/mK)	Resistencia térmica (M²K/W)	Fuente
Cielo americano	Yeso-cartón	8	0,008	0,24	0,03	conductividad térmica NCh853
Cámara de aire		60	0,060		0,14	resistencia térmica cámara de aire no ventilada NCh853
Aislación térmica	Lana poliéster	55	0,055	0,058	0,95	conductividad térmica Proveedor feltrex
Aislación térmica	Lana poliéster	55	0,055	0,058	0,95	conductividad térmica Proveedor feltrex
Rsi					0,10	Rsi NCh853
Rse					0,10	Rse NCh853

Total resistencia térmica	2,27
Total transmitancia térmica	0,44

Resultado:

Valor U sección cámara de aire: $0,44 \text{ W/m}^2\text{K}$

1.3 Calculo de superficies

$$\% \text{ de cielo con pino } 2" \times 2" = \frac{\text{Ancho pino } 2" \times 2" \text{ (mm)}}{\text{Distancia entre ejes pino } 2" \times 2" \text{ (mm)}} \times 100$$

$$\% \text{ de cielo con pino } 2" \times 2" = \frac{50,8}{600} \times 100 = 8,47\%$$

$$\% \text{ de cielo con camara de aire} = 100 - \% \text{ de cielo con pino } 2 \times 2 = 100 - 8,47 = 91,53\%$$

1.4 Calculo total ponderado / techumbre

$$U_{\text{ponderado}} = \frac{(U_{\text{pino } 2" \times 2" \times \% \text{pino } 2" \times 2"}) + (U_{\text{camara de aire} \times \% \text{camara de aire}})}{100\%}$$

$$U_{\text{ponderado}} = \frac{(0,38 \times 8,47) + (0,44 \times 91,53)}{100} = 0,44 \text{ W/m}^2\text{K}$$

1.5 Cumplimiento de estándar propuesto

- Valor U situación existente: $1,97 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Valor U máximo estándar propuesto: $0,47 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Valor U calculado: $0,44 \text{ W/m}^2\text{K}$

Proceso constructivo:

- 1 Retiro de cielo y luminaria existente.
- 2 instalación de malla.
- 3 instalación de lana poliéster dos capas.
- 4 instalación de cielo americano 60x60 PVC vinílico.
- 5 instalación de luminaria led.

1 Retiro de cielo y luminaria existente.

Se retirará la totalidad del cielo existente compuesto por cielo americano y cielo yeso cartón, considerando además el retiro de luminaria, todo con transporte a botadero

autorizado, retirados estos elementos quedará despejada la superficie de cielo, para proceder a la instalación de malla que servirá para la sujeción del material aislante térmico.

2 instalación de malla.

Instalación de malla 1" soldada galvanizada cuadros, despejada la superficie de cielo quedará expuesta la subestructura de cielo existente y los tirantes de pino de las cerchas e instalaciones eléctricas, donde se utilizará la subestructura de cielo para fijar la malla con grapas o corchetes, procurando que este elemento quede por sobre la subestructura de cielo y entre cerchas.

3 instalación de lana poliéster dos capas.

Instalación de lana poliéster dos capas, instalado el primer paño de malla, (se considera un paño de malla, la instalación de esta entre y bajo la superficie de dos cerchas), se podrá colocar a instalar la lana poliéster por el paño colindante, procedimiento que se repetirá consecutivamente.

4 instalación de cielo americano 60x60 PVC vinílico.

Instalación de cielo americano 60x60 PVC vinílico, instalada la malla y aislación térmica se procederá a la colocación de perfilería de cielo americano y posteriormente las palmetas de PVC vinílico.

5 instalación de luminaria led.

Instalación de luminaria led, instalada toda la perfilería y palmetas del nuevo cielo americano se procederá a la colocación de la luminaria led, compuesta por paneles led 60x60 luz fría y panel led circular luz fría, luminaria que se considera embutida.

Mejoramiento térmico muros exteriores

Para proyectar la solución de acondicionamiento térmico para muros exteriores existentes, se tomaron las siguientes consideraciones:

Consideraciones

Al realizar una inspección visual en los muros exteriores, no presenta fisuras o problemas estructurales, pero si se aprecia problemas focalizados de humedad en los muros interiores, causados por el goteo constante de agua de las unidades exteriores de aire acondicionado. Por lo tanto, se considera retirar estos elementos y reinstalarlos, posterior a la instalación del sistema de acondicionamiento EIFS, sistema constructivo que además de mejorar el acondicionamiento térmico, mejorará la impermeabilización de los muros evitando los problemas apreciados.

Imagen N° 68: Muro interior con eflorescencias y muro exterior con problemas de humedad.



Fuente: Levantamiento fotográfico.

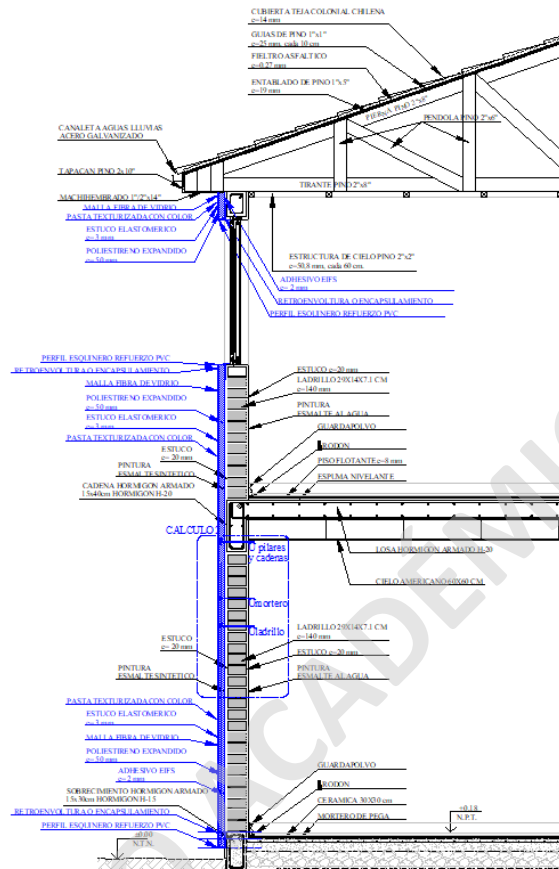
Solución constructiva:

La solución constructiva que se proyectó para el mejoramiento térmico de muros exteriores consiste en incorporar el material aislante térmico por la superficie exterior de los muros exteriores, solución que se denomina “Sistema constructivo E.I.F.S”, la decisión radica en que es la única solución constructiva de acondicionamiento térmico de muro, que no afecta al funcionamiento de un inmueble, dado que solo se trabaja por el exterior.

Y en comparación a la solución de fachada no ventilada, este sistema al requerir de una subestructura para su fijación compuestas por “soleras y pies derechos” que generalmente son de acero galvanizado, estos elementos generan una discontinuidad del material aislante, situación que permite puentes térmicos lineales o focalizados.

Y en comparación a la solución de fachada ventilada, ocurriría algo similar a la no ventilada, con la única diferencia que como su sistema proporciona una cámara de aire, se aumentaría el espesor de los muros perimetrales restando superficie útil al exterior, lo que afectaría a la circulación principal del acceso vehicular que se encuentra a un costado del inmueble estrechando aún más su circulación, considerando que en la actualidad dicha circulación es de solo de una vía.

Imagen N° 69: Solución de acondicionamiento térmico, para muros exteriores.



Fuente: Elaboración propia.

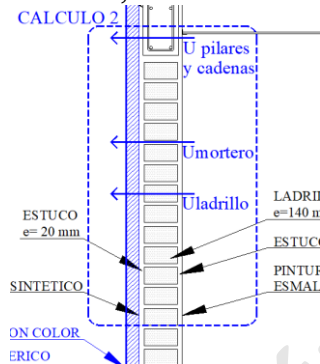
Cálculo de transmitancia térmica muro exterior proyectado

A continuación, se mostrarán los cálculos de transmitancia térmica del muro exterior, considerando la solución constructiva proyectada, con la finalidad de validar el cumplimiento del estándar propuesto. Es dable destacar que para los presentes cálculos no serán considerados los materiales con espesores inferiores a 3 mm como, por ejemplo: papeles, folios y laminas delgadas, esto según a lo establecido en la norma NCh 853. Excepto, cuanto el elemento analizado posea una cámara de aire confinada y esta posea materiales con caras brillantes como, por ejemplo: lamina de aluminio o fierro galvanizado brillante, solo para este caso si se contemplarán en los siguientes cálculos agregando la resistencia térmica por emisividad correspondiente al abaco determinado por la misma norma, dado que estos contribuyen a aumentar la resistencia térmica de la cámara de aire confinada. Por otro lado, si bien el Artículo 4.1.10. de la O.G.U.C. especifica que para el caso de muros de albañilería confinada no será exigible el valor de transmitancia térmica de los elementos estructurales tales como: pilares, cadenas y vigas de conformidad a lo determinado en la norma NCh 2123, en este proyecto si serán considerados ya que por estos elementos se producen los puentes térmicos por el cambio de composición de sus materiales, de esta forma se entregará un valor de transmitancia térmica del muro

completo y no solo de la superficie de albañilería, con la finalidad de entregar un análisis detallado de sus elementos.

2.1 Flujo horizontal / sección ladrillo

Imagen N° 70: Calculo valor U, sección ladrillo con aislación térmica.



Fuente: Elaboración propia.

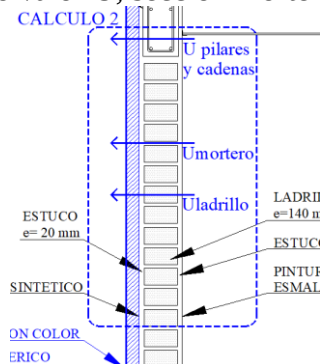
Elemento	Material	Espesor (mm)	Espesor (m)	Conductividad térmica (W/mK)	Resistencia térmica (M²K/W)	Fuente
Estuco	Mortero	20	0,020	1,40	0,01	conductividad térmica NCh853
Ladrillo	Arcilla	140	0,140	0,93	0,15	conductividad térmica NCh853
Estuco	Mortero	20	0,020	1,40	0,01	conductividad térmica NCh853
Aislación térmica	Poliestireno expandido	50	0,050	0,0361	1,39	conductividad térmica NCh853
Rsi					0,12	Rsi NCh853
Rse					0,05	Rse NCh853
Total resistencia térmica					1,73	
Total transmitancia térmica					0,58	

Resultado:

Valor U sección ladrillo: $0,58 \text{ W/m}^2\text{K}$

2.2 Flujo horizontal / sección mortero

Imagen N° 71: Calculo valor U, sección mortero con aislación térmica.



Fuente: Elaboración propia.

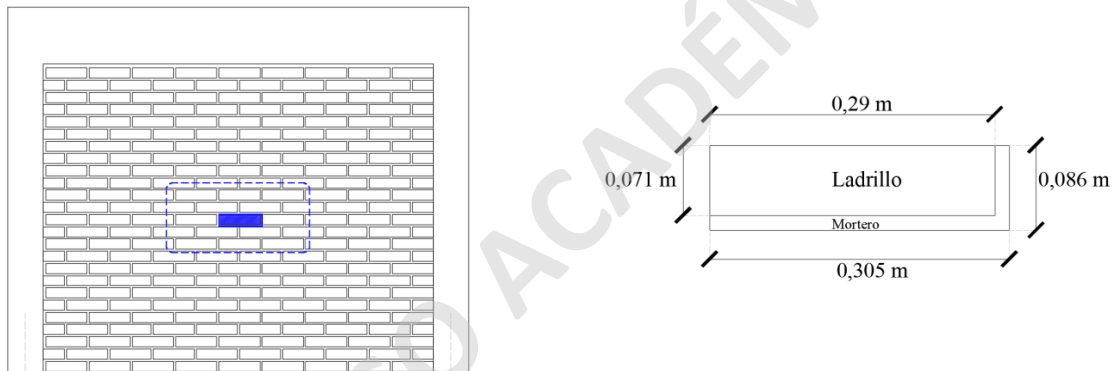
Elemento	Material	Espesor (mm)	Espesor (m)	Conductividad térmica (W/mK)	Resistencia térmica (M²K/W)	Fuente
Estuco	Mortero	20	0,020	1,40	0,01	conductividad térmica NCh853
Mortero	Mortero	140	0,140	1,40	0,10	conductividad térmica NCh853
Estuco	Mortero	20	0,020	1,40	0,01	conductividad térmica NCh853
Aislación térmica	Poliestireno expandido	50	0,050	0,0361	1,39	conductividad térmica NCh853
Rsi					0,12	Rsi NCh853
Rse					0,05	Rse NCh853
Total resistencia térmica					1,68	
Total transmitancia térmica					0,59	

Resultado:

Valor U sección mortero: $0,59 \text{ W/m}^2\text{K}$

2.3 Cálculo de superficies

Imagen N° 72: Superficie ladrillo.



Fuente: Elaboración propia.

$$S. \text{ ladrillo y mortero} = 0,305 \text{ m} \times 0,086 \text{ m} = 0,02623 \text{ m}^2$$

$$S. \text{ ladrillo} = 0,29 \text{ m} \times 0,071 \text{ m} = 0,02059 \text{ m}^2$$

$$S. \text{ mortero} = S. \text{ ladrillo y mortero} - S. \text{ ladrillo}$$

$$S. \text{ mortero} = 0,02623 - 0,02059 = 0,00564 \text{ m}^2$$

2.4 Calculo total ponderado albañilería

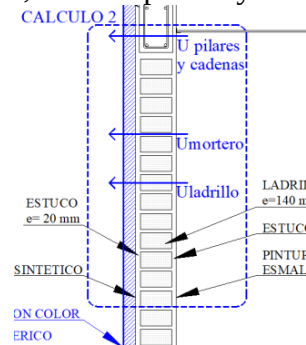
$$U_{\text{ponderado}} = \frac{(U_{\text{ladrillo}} \times S. \text{ ladrillo}) + (U_{\text{mortero}} \times S. \text{ mortero})}{S. \text{ ladrillo y mortero}}$$

$$\text{Resultado: } U_{\text{ponderado}} = \frac{(0,58 \times 0,02059) + (0,59 \times 0,00564)}{0,02623} = 0,58 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Valor U superficie albañilería: $0,58 \text{ W/m}^2\text{K}$

2.5 Flujo horizontal / sección pilares y cadena H.A.

Imagen N° 73: Calculo valor U, sección pilares y cadena H.A. con aislación térmica.



Fuente: Elaboración propia.

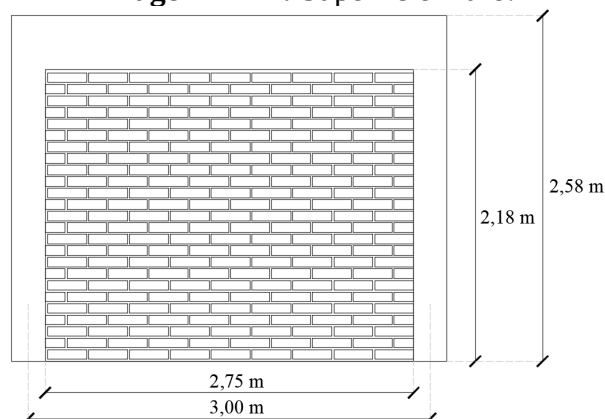
Elemento	Material	Espesor (mm)	Espesor (m)	Conductividad térmica (W/mK)	Resistencia térmica (M ² K/W)	Fuente
Estuco	Mortero	15	0,015	1,40	0,01	conductividad térmica NCh853
Pilares y cadena	Hormigón armado	150	0,150	1,63	0,09	conductividad térmica NCh853
Estuco	Mortero	15	0,015	1,40	0,01	conductividad térmica NCh853
Aislación térmica	Poliestireno expandido	50	0,050	0,0361	1,39	conductividad térmica NCh853
Rsi					0,12	Rsi NCh853
Rse					0,05	Rse NCh853
Total resistencia térmica					1,67	
Total transmitancia térmica					0,60	

Resultado:

Valor U sección pilares y cadena H.A.: $0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$

2.6 Calculo de superficies

Imagen N° 74: Superficie muro.



Fuente: Elaboración propia.

$$S. \text{ muro} = 3,00 \text{ m} \times 2,58 \text{ m} = 7,74 \text{ m}^2$$

$$S. \text{ albañilería} = 2,75 \text{ m} \times 2,18 \text{ m} = 5,995 \text{ m}^2$$

$$S. \text{ hormigón armado} = S. \text{ muro} - S. \text{ albañilería}$$

$$S. \text{ hormigón armado} = 7,74 - 5,995 = 1,745 \text{ m}^2$$

2.7 Cálculo total ponderado / muro

$$U_{\text{ponderado}} = \frac{(U_{\text{albañilería}} \times S. \text{ albañilería}) + (U_{\text{hormigón armado}} \times S. \text{ hormigón armado})}{S. \text{ muro}}$$

$$U_{\text{ponderado}} = \frac{(0,580 \times 5,995) + (0,60 \times 1,745)}{7,74} = 0,58 \text{ W/m}^2\text{K}$$

2.8 Cumplimiento de estándar propuesto

- Valor U situación existente: $3,09 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Valor U máximo estándar propuesto: $0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Valor U calculado: $0,58 \text{ W/m}^2\text{K}$

Proceso constructivo

1 retiro de unidades exteriores de aire acondicionado, con acopio en obra.

2 instalación sistema EIFS.

2.1 preparación de muro

2.2 preparación de mortero

2.3 pegado de malla para encapsulado

2.4 pegado de plancha de poliestireno

2.5 encapsulado de poliestireno

2.6 pegado de malla

2.7 aplicación de segunda capa de adhesivo

2.8 pintura esmalte al agua

3 reinstalación de unidades exteriores de aire acondicionado.

1 retiro de unidades exteriores de aire acondicionado, con acopio en obra.

Se retirarán todas las unidades exteriores de aire acondicionado y serán acopiadas en obra, para su reinstalación posterior a la instalación del sistema EIFS.

2 instalación sistema EIFS.

Instalación sistema EIFS, secuencia de instalación:

2.1 preparación de muro

Preparación de muro, se prepara el área a intervenir, verificando aplomos y limpiando la superficie de cualquier elemento que impida una correcta adherencia del mortero del sistema EIFS, para esto se considera la utilización de una hidrolavadora.

2.2 preparación de mortero

Preparación de adhesivo mortero elastómero, preparada la superficie de muro para recibir el sistema EIFS se preparará el adhesivo mortero elastómero, según indicaciones del fabricante.

2.3 pegado de malla para encapsulado

Pegado de malla para encapsulado, antes de pegar el poliestireno expandido a la superficie de muro, se procederá pegar e instalar las mallas para el encapsulado del poliestireno expandido, esto se debe realizar en los bordes inferiores del muro y toda superficie que contenga vanos.

2.4 pegado de plancha de poliestireno

Pegado de plancha de poliestireno, ya instalada la malla para el encapsulado de poliestireno, se procederá aplicar el adhesivo mortero sobre la plancha de poliestireno de forma vertical utilizando una llana dentada, para luego pegar la plancha al muro comenzando por la superficie inferior del muro, donde se deberá ejercer una presión suave sobre la plancha para un perfecto agarre y fijación definitiva. Además, se deberá planificar que la instalación de las planchas genere un encuentro escalonado de los encuentros de las planchas de poliestireno con el muro adyacente, esta misma secuencia se realizará completando la fila inferior, procurando que las planchas queden a tope una con otra, para impedir las rupturas térmicas en el sistema (la mala junta entre las planchas puede generar un agrietamiento en la capa base y en el enlucido del E.I.F.S), la segunda fila deberá comenzar con la mitad de una plancha para formar un enchape tipo albañilería y así sucesivamente. Instalados varios m² o paños completos de muros de revestimiento de poliestireno se verificará la existencia de desniveles en la superficie, donde de existir se desbastará con una llana de madera adaptada, donde se le adhiere una hoja de lija grano 12 para pulir el área desnivelada, realizado este procedimiento en todas las superficies de muro se continuará con el encapsulado del poliestireno.

2.5 encapsulado de poliestireno

Encapsulado de poliestireno, instalado todo el revestimiento de poliestireno y corroborada la homogeneidad de la superficie, se aplicará adhesivo mortero en el canto inferior de las planchas de poliestireno instaladas en la superficie inferior del muro, para encapsular con la malla o enrollar con la malla previamente instalada los bordes del enchape de

poliestireno, con la finalidad de asegurar y proteger estos cantos del material aislante, como otra alternativa se puede instalar un perfil metálico, cuyos anclajes deben ser cada 30 cm, (todo el sistema con aislamiento E.I.F.S. debe contar con la protección de su parte superior e inferior). Posteriormente se realizará el mismo procedimiento para todos los vanos existentes, con la única diferencia que se reforzaran los sus vértices con tiras de mallas de 20 cm pegadas e instaladas de forma diagonal.

2.6 pegado de malla

Pegado de malla, se aplicará sobre toda la superficie de muro ya revestido con poliestireno una capa de adhesivo mortero que no supere los 3 mm de espesor, aplicada esta capa de adhesivo se procederá a la instalación de la malla de fibra de vidrio de manera vertical sobre el muro, procurando generar un traslape de 10 cm entre cada malla, cubierta toda la superficie con malla se ejercerá presión con una llana metálica sobre la malla con la finalidad de embeber la malla con adhesivo. Realizado este procedimiento sobre toda la superficie con malla y aprovechando el adhesivo mortero aun en su estado fresco, se procederá a la instalación de esquinero utilizando el mismo adhesivo, esto tiene la finalidad de generar una unión o continuidad de mallas de los muros y proteger sus cantos o vértices, realizado todo esto se dejará secar el adhesivo.

2.7 aplicación de segunda capa de adhesivo

Aplicación de segunda capa de adhesivo, secado el adhesivo anterior se procederá a aplicar una segunda capa de adhesivo mortero de forma milimétrica con la finalidad de cubrir toda la superficie exterior de muro procurando tapar todo vestigio de la malla antes instalada, con la finalidad de generar una superficie lisa y homogénea, realizado esto se deberá dejar secar por una 24 hrs, para finalizar con una terminación de pintura esmalte al agua.

2.8 pintura esmalte al agua

Pintura esmalte al agua, completamente seca la superficie de muro se procederá a pintar la superficie de muro con pintura esmalte al agua con los utilizando los colores institucionales de la PDI.

3 reinstalación de unidades exteriores de aire acondicionado.

Reinstalación de unidades exteriores de aire acondicionado, se instalará las unidades exteriores de aire acondicionado.

Mejoramiento térmico ventanas exteriores

Para proyectar la solución de acondicionamiento térmico para ventanas existente, se tomó la siguiente consideración:

Consideraciones

Las ventanas existentes se encuentran en buenas condiciones, pero en la actualidad son ventanas más ineficientes térmicamente por la alta conductividad térmica de los materiales que la componen, situación que permite una pérdida o ganancia incontrolada de energía calórica mediante estos elementos.

Imagen N° 75: Ventana existente, tipo corredera con marco de aluminio y cristal monolítico.

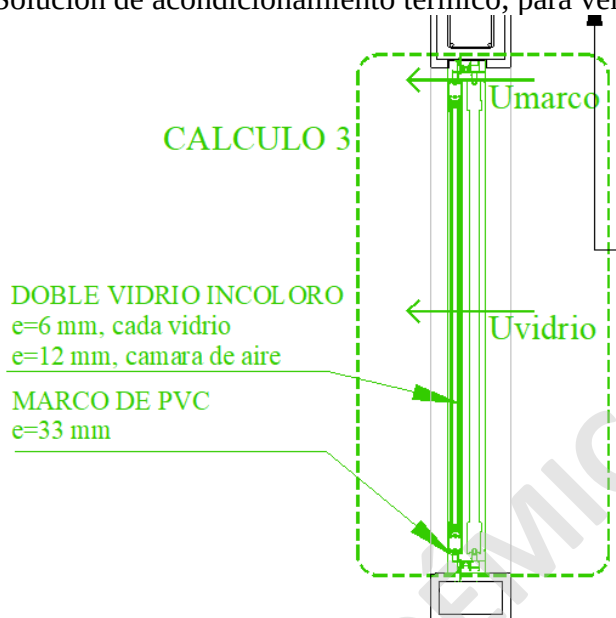


Fuente: Levantamiento fotográfico.

Solución constructiva:

La solución que se proyectó para el mejoramiento térmico de las ventanas, consiste en remplazar las ventanas existentes por ventanas doble vidriado hermético o más conocidas como “ventanas termopanel”, ventanas que están compuestas por dos láminas de vidrio que se encuentran separadas por una cámara de aire sellada herméticamente, para este caso se consideró del tipo corredera y marcos de PVC, los motivos se basan a que dichas ventanas son en la actualidad la solución más eficiente, en reducir la pérdida de energía calórica en invierno y aislación de calor en verano.

Imagen N° 76: Solución de acondicionamiento térmico, para ventanas exteriores.



Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de transmitancia térmica ventana proyectada

A continuación, se mostrarán los cálculos de transmitancia térmica de la ventana propuesta, considerando la más representativa en el inmueble. Es dable destacar que para los presentes cálculos se utilizara el valor $\lambda_j = 1,0 \text{ W/mK}$ en la conductividad térmica del vidrio, por la ausencia de información específica de material en cuestión y $R_f = 0$ para marcos metálicos sin resistencia térmica, ya que los marcos y bastidores de las ventanas existentes todas no poseen ningún tratamiento para agregar resistencia térmica al elemento y $\Psi_g = 0$ por tratarse de un vidriado simple, sin efecto espaciador, todo lo anterior según a lo establecido en la norma NCh 3137/1.

3.1 Flujo horizontal / doble vidriado

El valor U_g , correspondiente a la transmitancia térmica del doble vidriado, se calcula de acuerdo con la norma NCh3137/1 y según la siguiente formula:

$$U_g = \frac{1}{R_{se} + \sum_j \frac{d_j}{\lambda_j} + \sum_j R_{s,j} + R_{si}}$$

En que:

- R_{se} : Resistencia de superficie externa.
- λ_j : Conductividad térmica del vidrio o capa de material j ;
- d_j : Espesor del vidrio de cristal o capa de material j ;

R_{si} : Resistencia de superficie interna.
 $R_{s,j}$: Resistencia térmica del espacio de aire j .

FUENTE		
R_{SE}	: 0,04 m ² xK/W.	Rsi NCh3137/1
λ_j	: 1,00 w/mk.	NCh3137/1
D_j	: 0,006 m.	Según vidrio
R_{SI}	: 0,13 m ² xK/W.	Rsi NCh3137/1
$R_{s,j}$	: 0,173 m ² xK/W.	NCh3137/1

Resultado:

Valor $U_g = 2,87 \text{ W/m}^2\text{K}$

3.2 Flujo horizontal / ventana doble vidriado:

El valor U_w , correspondiente a la transmitancia térmica global de la ventana doble vidriado, se calcula de acuerdo con la norma NCh3137/1 y según la siguiente formula:

$$U_w = \frac{\sum A_g U_g + \sum A_p U_p + \sum A_f U_f + \sum l_g \Psi_g + \sum l_p \Psi_p}{\sum A_g + \sum A_p + \sum A_f}$$

En que:

A_g : Superficie del vidrio(s) de la ventana (m²)
 U_g : Transmitancia térmica del vidrio(s) de la ventana (W/m²K) 1
 A_p : Superficie del vidrio(s) de la ventana (m²) 2
 U_p : Transmitancia térmica del vidrio(s) de la ventana (W/m²K) 2
 A_f : Superficie del perfil o marco de la ventana (m²)
 U_f : Transmitancia térmica del marco de la ventana (W/m²K)
 l_g : Perímetro del vidrio (m) 1
 Ψ_g : Transmitancia térmica lineal, debido al efecto combinado del vidrio, espaciador y marco (W/mK) 1
 l_p : Perímetro del vidrio (m) 2
 Ψ_p : Transmitancia térmica lineal, debido al efecto combinado del vidrio, espaciador y marco (W/mK) 2

FUENTE		
A_G	: 1,884 m ²	Calculado.
U_G	: 2,87 W/m ² K	Calculado según NCh3137/1.
A_P	: 1,884 m ²	Calculado.
U_P	: 2,87 W/m ² K	Calculado según NCh3137/1.
A_F	: 0,356 m ²	Calculado.
U_F	: 2,2 W/m ² K	NCh3137/1.
L_G	: 7,776 m	Calculado.

Ψ_G	:	0,005 W/mK	NCh3137/1.
L_P	:	7,776 m	Calculado.
Ψ_P	:	0,006 W/mK	NCh3137/1.

3.3 Cumplimiento de estándar propuesto

- Valor U_w situación existente: $5,68 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Valor U_w máximo estándar propuesto: $3,00 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Valor U_w calculado: $2,83 \text{ W/m}^2\text{K}$

Proceso constructivo

- 1 retiro de ventanas existentes
- 2 instalación de ventana doble vidriado hermético

1 retiro de ventanas existentes

Antes de instalar las ventanas termopanel, se procederá a medir los diagonales de los vanos y se tomará las medidas del vano, se recomienda que la ventana sea entre 5 a 15 mm más pequeña que el vano, con las medidas se solicitará al proveedor de ventanas las requeridas. Con las ventanas termopanel en la obra, se retirarán las ventanas existentes con sus respectivos marcos, se limpiará la superficie de vano y en el caso de desprendimiento de material por retiro de la ventana se corregirá con estuco o yeso, cuidando no modificar las medidas del vano.

2 instalación de ventana doble vidriado hermético

Preparado el vano se presentará la ventana termopanel en el vano, con la ayuda de cuñas de madera se posicionará y aplomará la ventana, fijada la posición definitiva de la ventana se marcará los lugares donde irán las fijaciones, esto en los costados y horizontal superior de la ventana a 15 cm. Importante NO perforar la horizontal inferior porque se perforaría el canal de desagüe.

Marcado los lugares de fijación con taladro y broca de concreto hacer las perforaciones en las marcas, atravesando el marco de PVC y parte del vano, que servirá de guía para la posterior colocación de tarugos y tornillos de los tornillos. Retirar la ventana termopanel y terminar de perforar para colocar los tarugos en el vano, posteriormente volver a presentar la ventana y nivelar con cuñas para finalmente atornillar.

Posteriormente se retirará las cuñas de madera y se mojará con agua mediante un pulverizador los espacios existentes entre marco y vano de ventana, para posteriormente sellar los espacios con espuma de poliuretano por medio de su dosificador y dejar secar. Después de secado el material se cortará los excedentes con cuchillo cartonero y se lijar la superficie intervenida.

Realizado los trabajos anteriores, por el exterior de la ventana se sellará todas las juntas con sellante acrílico, echando un cordón con la pistola calafateadora, que después se alisará con el dedo húmedo o una cuchara. A continuación, se preparará mortero para crear un alfeizar o biselado en la horizontal inferior de la ventana, para evacuar el agua.

Curado el mortero, se pintará el vano tanto por el exterior como el interior, para disimular la espuma de poliuretano y el sellante acrílico. Dicho procedimiento deberá ser ejecutado para cada instalación de ventana termopanel.

limpiar termopanel las ventanas a medida retirar todas las ventanas existentes con respectivos marcos, retirados posteriormente se verificará las,

SOLO USO ACADÉMICO

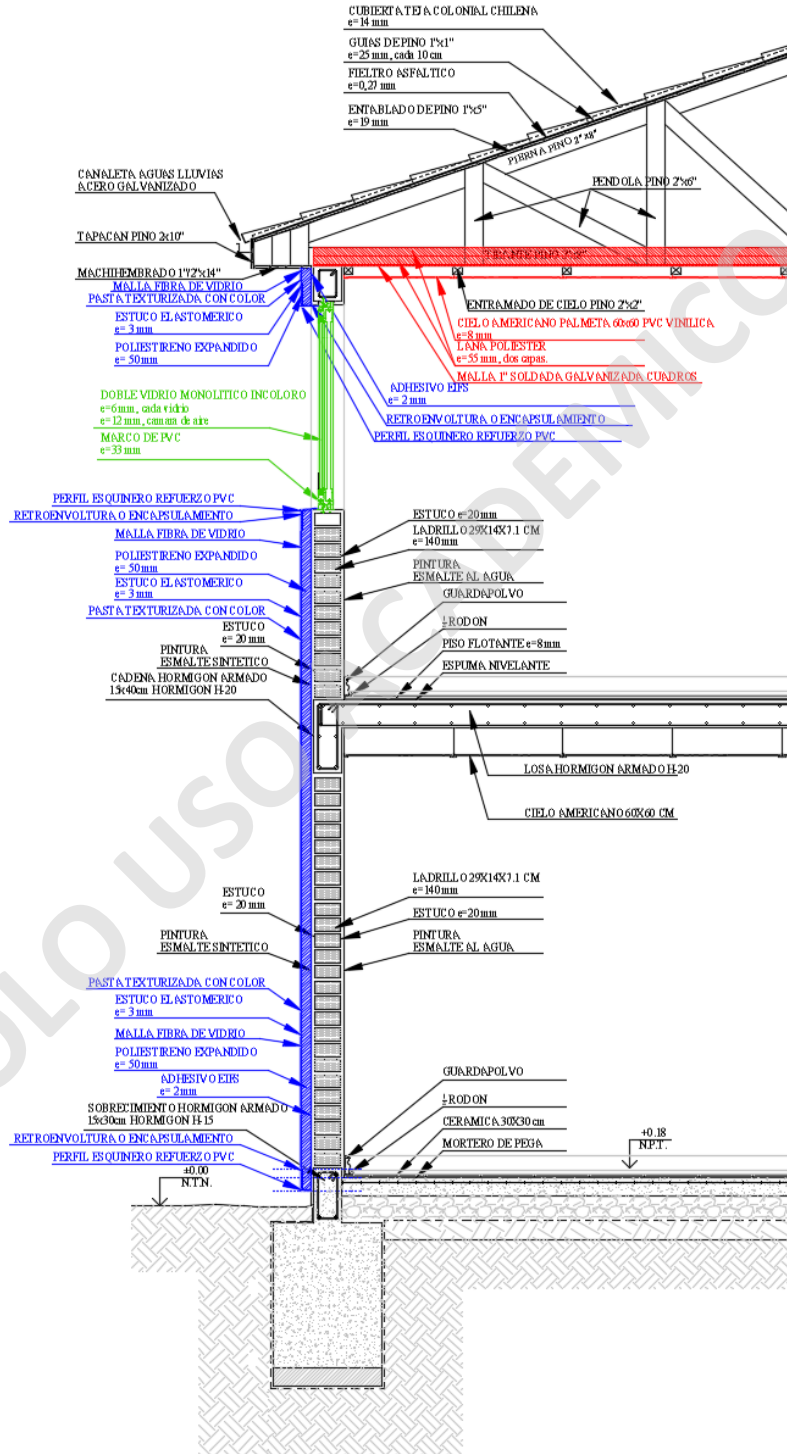
Documentación técnica

Presupuesto

N°	PARTIDA	UNIDAD	CANT.	P/UNIT. \$	SUBTOTAL \$	SUBTOTAL PARTIDA
1	OBRAS PREVIAS Y DESARMES					\$ 600.000
1.1	Instalación de Faenas	gl	1	\$ 600.000	\$ 600.000	
2	MEJORAMIENTO TÉRMICO TECHUMBRE					\$ 37.777.470
2.1	Retiro cielo yeso-cartón de baños, cocina y bodega, con transporte a botadero autorizado.	m2	92,94	\$ 965	\$ 89.641	
2.2	Retiro cielo americano de oficinas, pasillos, dormitorios y comedor, con transporte a botadero autorizado.	m2	782,21	\$ 965	\$ 754.445	
2.3	Retiro luminaria de recintos interiores, con transporte a botadero autorizado.	uni	199	\$ 4.125	\$ 820.875	
2.4	Provisión e instalación lana poliéster rollo 55mm dos capas, sobre cielo americano, incluye malla soldada galvanizada cuadros.	m2	978,33	\$ 18.144	\$ 17.751.274	
2.5	Provisión e instalación cielo americano, palmeta 60x60 PVC vinílica, para todos los recintos.	m2	875,15	\$ 14.784	\$ 12.938.267	
2.6	Provisión e instalación panel led 60x60 luz fría.	uni	127	\$ 29.323	\$ 3.724.021	
2.7	Provisión e instalación panel led circular luz fría.	uni	72	\$ 23.597	\$ 1.698.948	
3	MEJORAMIENTO TÉRMICA MUROS					\$ 17.522.696
3.1	Retiro equipos exteriores de aire acondicionado y soportes, con acopio en obra y reinstalación después de incorporar el sistema EIFS.	uni	14	\$ 150.000	\$ 2.100.000	
3.2	Provisión e instalación sistema EIFS 50mm, en todos los muros exteriores, incluye pintura esmalte al agua.	m2	421,47	\$ 36.593	\$ 15.422.696	
4	MEJORAMIENTO TÉRMICO VENTANAS					\$ 12.808.687
4.1	Retiro ventanas de aluminio, con transporte a botadero autorizado.	m2	113,94	\$ 4.641	\$ 528.772	
4.2	Provisión e instalación ventanas doble vidriado hermético corredera, marco PVC	m2	113,94	\$ 107.780	\$ 12.279.914	
5	ASEO Y ENTREGA					\$ 124.740
5.1	Aseo y entrega de la obra.	gl	1	\$ 124.740	\$ 124.740	
SUB TOTAL					\$ 68.833.593	
GASTOS GRLES. Y ÚTIL. 25%					\$17.208.398	
NETO TOTAL					\$86.041.991	
IVA 19%					\$16.347.978	
TOTAL					\$102.389.969	

Detalle constructivo “corte escantillón” situación existente, más soluciones constructivas de acondicionamiento térmico

Imagen N° 77: Corte escantillón representativo, situación proyectada.



Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

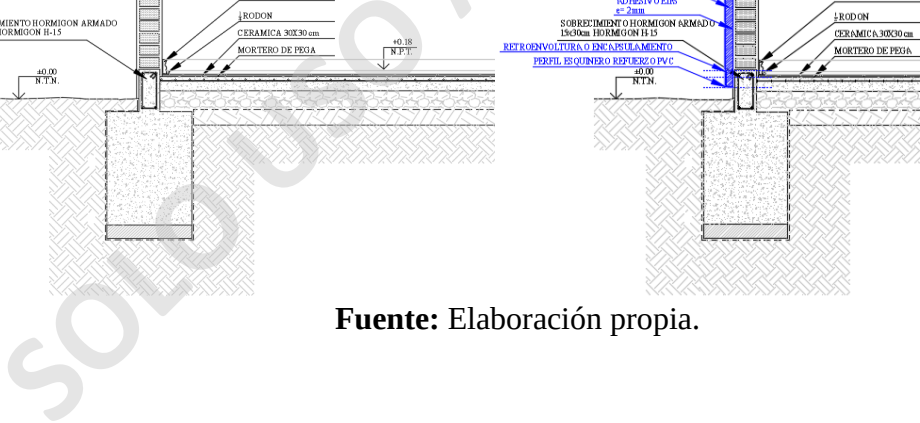
Se puede concluir que en la actualidad el inmueble de la PDI de la comuna de Maipú no cumple con ninguna normativa de acondicionamiento térmico, situación que fue corroborada mediante cálculos de transmitancia térmica según norma NCh 853 y NCh 3137/1, por lo tanto, se entiende la desconformidad térmica de los ocupantes del inmueble, dado que el inmueble fue diseñado con las necesidades constructivas de otra época.

Situación que puede ser corregida constructivamente con las incorporaciones de materiales aislantes térmicos, mediante estrategias o técnicas constructivas que se aprovechen de las características de la estructura existente como lo refleja el presente proyecto, por otro lado, es dable considerar abordar este tipo de intervenciones con el criterio costo-efectividad en el siguiente orden; techumbre, muros perimetrales y ventanas exteriores, lo anterior para el caso de no contar con el presupuesto para el mejoramiento completo.

Si observamos la situación existente, este caso representa uno de los sistemas constructivos más utilizados en Chile, sistema que si se ubica geográficamente en la Región Metropolitana no cumple y no satisface las necesidades térmicas de las personas, considerando los resultados de este proyecto podríamos concluir que estos problemas térmicos no solo afectan a los funcionarios de la PDI de Maipú, sino que también está presente en edificaciones de otros organismos públicos, privados y residenciales. Por lo tanto, da a interpretar que hay mucho que corregir dentro del parque de la edificación.

Por otra parte, uno de los objetivos de este proyecto, es concientizar una problemática térmica que muchas veces es infravalorada, mostrando y normalizando una de las posibles soluciones constructivas de mejoramiento térmico para el tipo de sistema constructivo analizado, como lo representa la solución proyectada. Lo anterior, que servirá como base para reflejar los elementos que faltan en el sistema constructivo, porque solo basta con mirar la venta de viviendas que utilizan este sistema y sigue siendo con las características de la época del inmueble analizado, diferenciado solo con la modernización de las ventanas a termopanel, pero los elementos invisibles al ojo común como la correcta aislación térmica de la techumbre o muro no hay mucho cambio, vivienda que a largo tiempo generará una desconformidad térmica y una alta demanda energética a sus ocupantes por concepto de climatización.

Finalmente, este proyecto ejemplifica y da una sólida base mostrando los antecedentes, desarrollo y soluciones implementadas en esta propuesta de mejoramiento térmico en una edificación existente, entregando la documentación técnica que servirá para su posterior estudio de costos y ejecución, por parte del profesional Constructor Civil, explicando de forma sencilla y clara los cálculos térmicos realizados para cada una de las estructuras perimetrales del inmueble, como son techumbre, muros y ventanas con sus respectivas soluciones, permitiendo de esta forma, que los profesionales de la construcción puedan entender y explicar el costo constructivo que tendrá actualizar las envolventes térmicas de una edificación con los estándares actuales.

[illegible]

Fuente: Elaboración propia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Términos de Referencia Estandarizados con Parámetros de Eficiencia Energética y Confort Ambiental, para Licitaciones de Diseño y Obra de la Dirección de Arquitectura, Según Zonas Geográficas del País y Según Tipología de Edificios. Versión 2, Actualizado 2015, Dirección de Arquitectura, Ministerio de Obras Públicas.
- Manual de Diseño Pasivo y Eficiencia Energética en Edificios Públicos. Primera Edición, mayo 2012, Instituto de la Construcción.
- Guía Desarrollo Sustentable de Proyectos Inmobiliarios. 1ª Edición, agosto 2015, Corporación de Desarrollo tecnológico.
- Manual Evaluación y Calificación. Versión 1, mayo 2014, Certificación Edificio Sustentable.
- Acondicionamiento térmico – Envolvente térmica de edificios – Calculo de resistencias y transmitancias térmicas. Norma Chilena 853-2007, Instituto Nacional de Normalización.
- Arquitectura y construcción - Zonificación climático habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico. Norma Chilena 1079-1977, Instituto Nacional de Normalización.
- Ley General de Urbanismo y Construcciones. Actualizada febrero 2018, D.F.L. N°458 de 1976, Ministerio de Vivienda y Urbanismo.
- Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. Actualizada febrero 2018, D.S. N°47 de 1992, Ministerio de Vivienda y Urbanismo.
- Guía de Diseño para la Eficiencia Energética en la Vivienda Social.

ANEXOS

SOLO USO ACADÉMICO